8ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

26-28 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2013

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΟΛΟΣ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

Οργάνωση
Ένωση για την Εκπαίδευση
στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
και
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Σχολή επιστημών του ανθρώπου
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

8ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Πρακτικά Συνεδρίου

ISBN: 978-618-80580-2-6

Επιμέλεια έκδοσης: Βαβουγυιός Διονύσης & Παρασκευόπουλος Στέφανος
Επιμέλεια κειμένου: Κυριαζής Βαΐτσης
2013, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Web site: **8sefepet.uth.gr**

8ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

26-28 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2013

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΟΛΟΣ

Συνέδριο με σύστημα κριτών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν με διπλά τυφλή κρίση από δύο κριτές. Οι κριτές ήταν όλοι μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής του Συνεδρίου.

ΧΑΙΡΕΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ / ΕΝΕΦΕΤ

Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία έχει γίνει το αντικείμενο ευρείας κλίμακας καινοτομιών, συζητήσεων, μελετών, πολιτικών αντιπαραθέσεων και ερευνητικών προγραμμάτων. Σε επίπεδο ερευνητών, στη περιοχή αυτή τα τελευταία 50 χρόνια είμαστε μάρτυρες ανάδειξης και δημιουργίας διεθνών επιστημονικών οργανισμών ή ομάδων, οι οποίες έχουν στόχο να προωθήσουν την ποιότητα της εκπαίδευσης μέσω της έρευνας και της ανάπτυξης. Ένα παράδειγμα αποτελεί η European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.), τα μέλη της οποίας είναι κατ' εξοχήν ερευνητές.

Στη χώρα μας από τη δεκαετία του '80 έχουν δημιουργηθεί εργαστήρια και ομάδες στα πανεπιστήμια, έχουν δημιουργηθεί περιοδικά, έχουν γίνει ημερίδες, έχουν εκδοθεί βιβλία με αντικείμενο τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και πιο πρόσφατα σε συνδυασμό με την Τεχνολογία. Σημαντική ώθηση στη διάδοση της έρευνας στην Ελλάδα έδωσαν τα Πανελλήνια Συνέδρια. Μετά από μία αρχική Διημερίδα στην Αθήνα, θεσμοθετήθηκαν συνέδρια με τον τίτλο « Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών» ο οποίος διατηρείται μέχρι σήμερα δείχνοντας τη συνέχεια των επιστημονικών δραστηριοτήτων και συζητήσεων αυτής της ανερχόμενης ερευνητικής και εκπαιδευτικής κοινότητας. Το πρώτο συνέδριο έγινε στη Θεσσαλονίκη το 1997. Τα πανελλήνια συνέδρια συνεχίσθηκαν αδιάλειπτα τα επόμενα χρόνια στην Κύπρο, Κρήτη, Αθήνα, Γιάννενα, Φλώρινα, Αλεξανδρούπολη και το παρόν 8ο στη σειρά στο Βόλο. Μετά το 3ο Συνέδριο στην Αθήνα η τότε Επιστημονική Επιτροπή αποφάσισε τη δημιουργία ενός ιστότοπου ως μέσου πληροφόρησης, επικοινωνίας ερευνητών και εκπαιδευτικών καθώς και διάδοσης των μελετών και συζητήσεων στα συνέδρια με τον τίτλο Κόμβος Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας ΚΟΔΙΦΕΕΤ.

Η ιδέα συγκρότησης επιστημονικής ένωσης ωρίμαζε για αρκετά χρόνια έως ότου στη Φλώρινα και στη συνέχεια στην Αλεξανδρούπολη αποφασίσθηκε και συγκροτήθηκε η Ενωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία «ΕΝΕΦΕΤ».

Η ΕΝΕΦΕΤ είναι επιστημονικό σωματείο μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, που εκπροσωπεί επιστήμονες από την Ελλάδα και την Κύπρο, που ασχολούνται με την έρευνα και την εκπαίδευση στην περιοχή της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας, που έχουν δηλαδή κοινό ενδιαφέρον τη μελέτη των σκοπών της εκπαίδευσης στις ΦΕ&Τα, των φαινόμενων μάθησης και διδασκαλίας σε αυτή τη γνωστική περιοχή, των παραγόντων που επηρεάζουν αυτά τα φαινόμενα, καθώς και την ανάπτυξη διδακτικών υλικών και καταστάσεων, που στοχεύουν στην καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης και του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία. Η ΕΝΕΦΕΤ προωθεί τη βασισμένη σε έρευνες πληροφόρηση των μελών της εκπαιδευτικής κοινότητας ώστε με αναστοχασμό και τεκμηριωμένες διδακτικές επιλογές να βελτιωθεί η ποιότητα της παρεχόμενης εκπαίδευσης

Στο σημερινό επίπεδο εξέλιξης της η έρευνα για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία έχει κατορθώσει να θέσει ένα ευρύ σύνολο προτάσεων και ερωτημάτων τα οποία σχετίζονται με τους σκοπούς της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας με το χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης, με τη βιωματική γνώση των μαθητευόμενων και με το μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε αντικείμενο διδασκαλίας, Οι ερευνητές στη Διδακτική των ΦΕ, οι οποίοι είναι ικανοί σε ζητήματα έρευνας, αισθάνονται μερικές φορές ότι γνωρίζουν τις λύσεις στα προβλήματα που αφορούν τις ανάγκες των μαθητών ως προς την κατανόηση των γνωστικών, μεθοδολογικών, επιστημολογικών, και κοινωνικών διαστάσεων της επιστήμης και της σχέσης με την τεχνολογία. Εχει παρατηρηθεί όμως ότι η διάχυση των εκπαιδευτικών ερευνών στην πολιτική και πρακτική της εκπαίδευσης στην Ελλάδα και σε πολλές άλλες χώρες παρουσιάζει προβλήματα. Στο πλαίσιο της κοινωνίας της γνώσης αποκτά ύψιστη σημασία η η επικοινωνία και η συζήτηση σχετικά με την ειδική συνεισφορά των ερευνητών, τις πρακτικές και τις σχέσεις τους με τους εκπαιδευτικούς σε όλες τις βαθμίδες, με τους επιστήμονες

των Φυσικών Επιστημών, με άλλες επιστημονικές κοινότητες, με στελέχη της εκπαίδευσης που εμπλέκονται στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία.

Στο πλαίσιο αυτό οι σκοποί της ΕΝΕΦΕΤ Σωματείου είναι:

Η συνεισφορά του στην ανάπτυξη της επιστημονικής έρευνας, βασικής και εφαρμοσμένης, στην Εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας και στη διάχυση των ερευνητικών αποτελεσμάτων στους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς που έχουν σχέση με την εκπαίδευση καθώς και η επικοινωνία με τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων.

Η προαγωγή της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

Η αντιπροσώπευση και υποστήριξη των Ελλήνων ερευνητών της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Η διοργάνωση και η διεξαγωγή του ανά διετία τακτικού επιστημονικού συνεδρίου με τίτλο «Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση».

Το Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ σκοπεύει κάθε φορά να φέρει κοντά ώριμους και νέους ερευνητές, εκπαιδευτικούς, υπηρετούντες και φοιτητές, καθώς και ανθρώπους που διαμορφώνουν την εκπαιδευτική πολιτική στην περιοχή των ΦΕ, για να συζητήσουν καινούργιες και παλιότερες ιδέες που αφορούν την Εκπαίδευση στις ΦΕ. Να παρουσιασθεί και συζητηθεί η δουλειά των ερευνητών και οι δυνατότητες αξιοποίησής της στην εκπαιδευτική πράξη και να συζητηθούν τα προβλήματα της εκπαίδευσης των ΦΕ και να προταθούν ιδέες και λύσεις βελτίωσης και αποτελεσματικότητάς της.

Η ανταπόκριση της ερευνητικής και εκπαιδευτικής κοινότητας στο παρόν 8ο Συνέδριο και οι συνεχείς προσπάθειες της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής εγγυώνται την επιτυχή διεξαγωγή του Συνεδρίου

Για το Διοικητικό Συμβούλιο
Ο Πρόεδρος

Δημήτρης Ψύλλος
Καθηγητής Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΑ..... 15

ΠΡΟΣΚΕΚΛΗΜΕΝΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ..... 19
Φράκταλς, Χάος, Πολυπλοκότητα: Διδακτικές Προσεγγίσεις 21
Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις 30
Συνδυασμός πραγματικών και εικονικών μέσων πειραματισμού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών..... 42
Εμπειρική Έρευνα στη Διαχρονική Φύση των Εναλλακτικών Ιδεών σε Έννοιες της Φυσικής 43

ΣΥΜΠΟΣΙΟ..... 67
ΣΥΜΠΟΣΙΟ: Διδασκαλία και μάθηση πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας 69
Λύση αλγοριθμικών προβλημάτων πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας 74
Διδασκαλία και μάθηση προβλημάτων πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας: Επίδραση της εξάσκησης στη λύση προβλημάτων στην επίδοση φοιτητών χημείας 83
Επίδοση φοιτητών σε ολικά και σε βήμα-βήμα αναλυμένα προβλήματα ηλεκτροχημείας..... 92

ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΤΡΑΠΕΖΙΑ..... 101
Στρογγυλό Τραπέζι 1: Η Επιμόρφωση Β' Επιπέδου: το μεικτό μοντέλο 103
Στρογγυλό Τραπέζι 2: Προβλήματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και Επιμόρφωσης των Εκπαιδευτικών που τις διδάσκουν. 104

ΠΡΟΦΟΡΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ..... 105
Συνεδρία 1: Πειράματα και Προσομοιώσεις στην Διδασκαλία της Φυσικής 107
Η Ψηφιακή Θερμοκάμερα ως Εργαστηριακό / Πειραματικό Εργαλείο της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες – Έρευνα, Πειραματισμοί, Αξιολόγηση, Συμπεράσματα, Προτάσεις 107
Η τρίτη Διάσταση σε 3D Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις Πραγματικού Χρόνου για την (διαδικτυακή και επιτόπια) Εκπαίδευση – Προτάσεις και Εφαρμογές 115
Ένα πλήρες Διαδραστικό Περιβάλλον με Δυναμικές Προσομοιώσεις του μικροΚόσμου για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες 123
Προσομοίωση / 3D Οπτικοποίηση i) των Περιστρεφόμενων Διανυσμάτων για την παραγωγή ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών, και ii) της Καταστατικής Εξίσωσης του Ιδανικού Αερίου με Εκπαιδευτικά Λογισμικά – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση 131
Δισδιάστατες-Τρισδιάστατες Ψηφιακές Αναπαραστάσεις / Προσομοιώσεις για την Πρωτοβάθμια Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο του μαθήματος των Φυσικών και Αρχικές Αντιλήψεις Φοιτητών 139
Ψηφιακές Αναπαραστάσεις και Τεχνικές για την Εκπαιδευτική Αξιοποίηση των Διαγραμμάτων Feynman 147
Συνεδρία 2: Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία της Φυσικής Ι 153
Σχεδιασμός διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος για τη συνδυασμένη προώθηση εννοιολογικής κατανόησης σε θέματα αστροβιολογίας και της δεξιότητας επιχειρηματολογίας 153
Ερευνητική δράση στη διδασκαλία της ροπής στην τεχνολογική εκπαίδευση με τη βοήθεια κατασκευών της εκπαιδευτικής ρομποτικής 161
Δημιουργία νοημάτων σχετικά με την Πλάγια Βολή από μαθητές Α' Λυκείου με τη χρήση βιωματικής μάθησης και 2D – 3D μικρόκοσμων 171
Χρήση ΤΠΕ στην ανάπτυξη ενός καινοτόμου εργαστηριακού περιβάλλοντος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης: μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω διαδικτύου 179
Συνεδρία 3: Διδασκαλία και μάθηση στη Χημεία..... 187
Διερεύνηση των ευρετικών συλλογισμών και της διαφοροποίησής τους κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας από μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς 187

Εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων του προγράμματος PARSEL σε θέματα Χημείας – Αποτελεσματικότητα και σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία 195
Διερεύνηση Οπτικοχωρικής Ικανότητας Φοιτητών Χημείας. Εργαλεία Εκτίμησης Δεξιοτήτων Νοητικής Οπτικοποίησης και Χειρισμού της Τρισδιάστατης Μοριακής Δομής 204
Εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL στη διδασκαλία της οργανικής χημείας στο λύκειο 212
«Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟΥ – ΜΙΑ ΔΙΗΛΙΚΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ» 220
Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις 228
Συνεδρία 4: Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία Ι 236
Σωματιδιακά και δομικά μοντέλα της ύλης: Όψεις και απόψεις της διδακτικής για τη μάθηση και τη διδασκαλία τους 236
Ανάλυση Οπτικών Αναπαραστάσεων του Μικρόκοσμου στα Σχολικά Βιβλία: Ο άξονας του Κυρίαρχου Εννοιολογικού Πλαισίου Αναπαριστώμενης Έννοιας 246
Έργα αξιολόγησης Φυσικών Επιστημών στο PISA και στα σχολικά εγχειρίδια: ποιος ο ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων; 254
Μια μέθοδος ανάλυσης της επιχειρηματολογίας σχολικών βιβλίων: Η περίπτωση της περιοδικότητας σε κείμενα Φυσικής 264
Η οργάνωση της γνώσης σε πανεπιστημιακά βιβλία γενικής χημείας και στην πρόταση SOMA για τη χημεία α΄ λυκείου: Η περίπτωση του χημικού δεσμού 272
Συνεδρία 5: Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική 280
Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου 280
Διδάσκοντας για την 'ύλη' στο δημοτικό σχολείο – Μια πρόταση για εννοιολογική αλλαγή 288
Μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού σχετικά με την ανάκλαση του φωτός. 296
Η έννοια της τριβής, οι νόμοι της και ο ρόλος της στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση: Αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου και πρόταση για εποικοδομητική διδακτική παρέμβαση σ' ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας 304
Ο Σχεδιασμός, η Εφαρμογή και η Αξιολόγηση μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης 314
Η Κοσμολογική Αρχή σαν εργαλείο διδασκαλίας Σύγχρονης Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση .. 323
Συνεδρία 6: Διδασκαλία και μάθηση της Βιολογίας 328
ΤΑ ΝΟΗΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΤΡΑΧΕΙΟΦΥΤΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ 328
Αντιλήψεις φοιτητών για τα οργανικά συστήματα. Ποιος ο ρόλος της αλληλεπίδρασης κατά τη συζήτηση σε ομάδες στη διαμόρφωση των αντιλήψεών τους 335
«Βιοπαιδαγωγισμός»: Μια νέα θεωρία μάθησης, εφαρμοσθείσα στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας στο Γυμνάσιο 344
Η εννοιολογική οικολογία της θεωρίας της εξέλιξης στο ελληνικό κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο. 357
Η διδασκαλία του αναπνευστικού συστήματος σε ένα περιβάλλον εποικοδομητικού τύπου με τη συμβολή των ΤΠΕ 366
Συνεδρία 7 : Αντιλήψεις Μαθητών και Φοιτητών Ι 374
Αναπαραστάσεις της δομής του ατόμου - Μια διηλικιακή προσέγγιση σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης 374
Η κατανόηση του νερού ως διαλύτη: Εξέλιξη μερικών αντιλήψεων των μαθητών από το δημοτικό μέχρι το λύκειο 382
Μερικές παρανοήσεις φοιτητών σε θέματα που σχετίζονται με την πυρηνική φυσική και την κοινωνία 391
Σχέση του δείκτη νοημοσύνης με τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών Δημοτικού στις έννοιες της δύναμης και του βάρους 399
Η εικόνα του/της επιστήμονα στις σχεδιαστικές αναπαραστάσεις παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 406
Στάσεις μαθητών Λυκείου για τη χρήση των Διαδραστικών Πινάκων στην εκπαιδευτική διαδικασία .. 414
Συνεδρία 8: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση – Μελέτη Περιβάλλοντος Ι 423
Η συμβολή του θεατρικού παιχνιδιού, μέσα από πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, για τη βελτίωση της αυτοπεποίθησης και της έκφρασης μαθητών/τριων λυκείου 423
Διδακτική αξιοποίηση του ψηφιακού περιβάλλοντος wikispaces για την ανάπτυξη μιας διαθεματικού τύπου εργασίας για το ΝΕΡΟ με μαθητές/ριες της Δ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου 431

Γνώσεις και απόψεις παιδιών για τη σημασία του νερού για την επιβίωση: μελέτη περίπτωσης μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 439
Η εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο: Μια καινοτόμος διδακτική προσέγγιση 447
Συνεδρία 9 : Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική ΙΙ 455
Το Μοντέλο Διερευνητικής Προσέγγισης ΔΙΕΔΙΑ -Διερευνητικές Διαδρομές (Inquiry Routes - INROU)..... 455
Η πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος από τους μαθητές. Εμπόδια, δυσκολίες, προοπτικές. 462
Η μεταφορά μιας Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την πλεύση – βύθιση από την Ελλάδα στη Φινλανδία: όψεις της αξιολόγησης 471
Η εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές ως κριτήριο για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων 479
Η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού στις γραφικές παραστάσεις κινηματικών φαινομένων 487
Συνεδρία 10: Φυσικές Επιστήμες και Προσχολική Εκπαίδευση..... 496
Συναισθηματικός εγγραμματισμός και έννοιες φυσικών επιστημών: μια διδακτική παρέμβαση με χρήση των ΤΠΕ στην προσχολική ηλικία 496
Διδασκαλία του μαγνητισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με και χωρίς τη χρήση των ΤΠΕ: μια μελέτη περίπτωσης 504
Οι Φυσικές Επιστήμες και τα Εικαστικά συνεργάζονται για την ανίχνευση και αξιοποίηση ιδεών και γνώσεων των νηπίων σχετικά με τους ζωντανούς οργανισμούς. 512
Οι Φυσικές Επιστήμες και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνίας συνομιλούν για τον κύκλο ζωής της πεταλούδας. 521
Συνεδρία 11: Αντιλήψεις , Στάσεις και Πρακτικές Εκπαιδευτικών 529
Στάσεις εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο 529
Αξιολόγηση του σχολικού εγχειριδίου της Γεωγραφίας Ε΄ δημοτικού: Η άποψη των μαθητών 539
Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο 546
Συνεδρία 12: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση – Μελέτη Περιβάλλοντος ΙΙ 556
Ανάπτυξη δεξιοτήτων διαλογικής επιχειρηματολογίας μαθητών Λυκείου με την εφαρμογή διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος με θέμα τις κλιματικές αλλαγές 556
Γνώσεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή: παράγοντες που τα επηρεάζουν 563
Η έννοια «ενέργεια» και οι ζωντανοί οργανισμοί 571
Αξιοποίηση νέων τεχνολογιών (GIS και GPS) στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Ανάλυση μελέτης περίπτωσης 579
Συνεδρία 13 : Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία της Φυσικής ΙΙ 587
Σχόλια από τη Διδασκαλία του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής 587
Η Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εφαρμογή: Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm. 596
Λογισμικά και Φύλλα Excel για τη διδασκαλία Φακών και αρχής Fermat 605
"Καλές πρακτικές στη διδασκαλία της φυσικής της πτήσης" 613
Συνεδρία 14: Άτυπες, Διαθεματικές και Εναλλακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες..... 621
Βιβλιογραφικές όψεις της άτυπης εκπαίδευσης: ο ρόλος του εκπαιδευτικού 621
Μια βόλτα στο Λούνα Παρκ: Μετασχηματίζοντας τη διδασκαλία της φυσικής σε πραγματικά περιβάλλοντα 629
Η αξιοποίηση της ζωγραφικής κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση 645
Συνεδρία 15 : Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία ΙΙ 654
Ανάπτυξη διδακτικού υλικού Χημείας Β΄ Γυμνασίου στα πλαίσια του Νέου Αναλυτικού Προγράμματος Κύπρου 654
Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες 664
Ο σχεδιασμός αναλυτικών προγραμμάτων για τον επιστημονικό γραμματισμό από εκπαιδευτικούς των Σχολείων Δεύτερης Ευκαιρίας 672
Η εικονογράφηση στο εγχειρίδιο Χημείας της Α΄ Λυκείου: Μια συγκριτική προσέγγιση 681
Ένταξη μαθημάτων βιολογίας σε διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες για την α΄ γυμνασίου: Αξιολόγηση από ειδικούς της εκπαίδευσης και της επιστήμης 690

Φυσικές Επιστήμες και αυτοαντίληψη μαθητών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Αναλύοντας το διεθνές πρόγραμμα PISA 701
Συνεδρία 16: Θέματα Επιστημολογίας, Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Επιστημών 710
Διδασκαλία και Μάθηση της έννοιας του Νόμου στο πλαίσιο της Φύσης της Επιστήμης 710
Αναπτύσσοντας τις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα κατά την εφαρμογή μιας διερευνητικής διδακτικής μαθησιακής σειράς 718
Στρατηγικές επιχειρηματολογίας των μαθητών κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης σε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που εμπεριέχουν κίνδυνο 727
Η Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες και η σχέση της με τις Πεποιθήσεις των παιδιών για το Νοητικό Κόσμο και τη Φύση της Επιστήμης 736
The impact the computational experiment approach to pre service Engineering Students' epistemic beliefs and modeling indicators during the development of the Einstein Model of a Solid Body 744
Ενοποίηση της διδασκαλίας των επιστημονικών μεθόδων και γνώσεων με την αξιοποίηση ιστορικών και επιστημολογικών στοιχείων 754
Συνεδρία 17 : Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών 762
Ανάλυση και Ερμηνεία των στοιχείων μίας Έρευνας Μικτών Μεθόδων για την Αξιολόγηση Διδακτικού Έργου στο μάθημα επιλογής «Οι έννοιες των ΦΕ» στο ΤΕΑΠΗ/ΕΚΠΑ 762
Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία για μετεκπαιδευόμενους εκπαιδευτικούς Α/θμιας Εκπ/σης 770
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΤΑ ΝΕΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ 778
Η 'Συνεργατική - συμμετοχική' προσέγγιση ανάπτυξης δραστηριοτήτων ως μέθοδος βελτίωσης της γνώσης των εκπαιδευτικών 786
Αναστοχασμοί σε θέματα Διδασκαλίας Επιστήμης και Τεχνολογίας προς εκπαιδευτικούς 794
Συνεδρία 18: Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου 802
Αποτύπωση πτυχών της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου μελλοντικών Εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση ενός Εργαλείου Αναπαράστασης του περιεχομένου 802
Η χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου για την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου υποψηφίων εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης 809
Επισκόπηση των τεχνικών αξιολόγησης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών μέσα από το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας. 822
Διερεύνηση συστατικών στοιχείων της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, μεταξύ εκπαιδευτικών Β/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη Θεωρία της Εξέλιξης 829
Συνεδρία 19 : Αντιλήψεις Μαθητών και Φοιτητών ΙΙ 838
Η έρευνα για την εξέλιξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών Γυμνασίου–Λυκείου και πρωτοετών φοιτητών φυσικού τμήματος σε θέματα ενέργειας 838
Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου και η εξάρτησή τους από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης 849
Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών Φυσικής για το φαινόμενο της εξάτμισης 858
Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των αριστούχων μαθητών της Γ΄ Λυκείου στην έννοια του βάρους 866
Οι αντιλήψεις των μαθητών του Γυμνασίου για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια 872
Συνεδρία 20: Διδασκαλία και Μάθηση στη Φυσική ΙΙΙ 880
Διδασκαλία βασικών εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση διδακτικών μοντέλων κατασκευασμένων από μαθητές Επαγγελματικών Λυκείων 880
Μελέτη της επίδρασης του πειράματος επίδειξης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος στους Μαθητές της Β Λυκείου και σύγκριση αυτής με την παραδοσιακή διδασκαλία 890
Τα ρολόγια quartz ως αφορμή για τη διδασκαλία της δομής της ύλης μέσω της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου 900
Χρήση βιντεοσκοπημένου πειράματος σε μάθημα για τις ακτινοβολίες, τη ραδιενέργεια και την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη 908
Συνεδρία 21: Διδασκαλία και μάθηση της Γεωγραφίας –Γεωλογίας 914
Ερμηνεία του φυσικού αναγλύφου με τη χρήση χαρτών από μαθητές Δημοτικού 914
Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στο νέο Πρόγραμμα Σπουδών Γεωγραφίας 922
Αντιλήψεις, στάσεις και απόψεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής. Μελέτη περίπτωσης. 930
Αξιοποίηση των ΤΠΕ για τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» στη Β΄ Γυμνασίου. Καινοτομία «εξ ανάγκης» ή κάλυψη νέων αναγκών των μαθητών; 938

Συνεδρία 22: Εκπαίδευση Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες 946
Εποικοδομητισμός και ΤΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες στο πλαίσιο της Παράλληλης Στήριξης 946
Η εκπαίδευση των παιδιών με κώφωση στα μαθήματα των φυσικών επιστημών. 954
Εκπαιδεύοντας άτομα με κινητικές δυσκολίες στην Φυσική με την βοήθεια ρομποτικού εργαστηρίου . 962
Ειδική Συνεδρία 23: Διδασκαλία κα μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες 970
Προσεγγίζοντας επαναστατικές θεωρίες της Φυσικής με εννοιολογική χαρτογράφηση σε υπολογιστικό περιβάλλον 970
Μετά τη διδασκαλία… αντιλήψεις μαθητών Β & Γ Λυκείου σε έννοιες της δύναμης τριβής 978
Παρουσίαση Διδακτικών Εργαλείων, που Υποστηρίζουν τη Διδασκαλία του Κεφαλαίου «Οξέα – Βάσεις – Ιοντική Ισορροπία», στη Χημεία της Γ' Λυκείου 986
Εφαρμογή των γνώσεων της χημείας και της βιολογίας του λυκείου για μετατροπή τηγανέλαιου σε βιοντίζελ. 995
Τίτλος: Αξιοποίηση κινηματογραφικών ταινιών, αστυνομικών τηλεοπτικών σειρών και γνωστών ιστορικών προσώπων για τη μελέτη του D.N.A. από μαθητές Γ΄ Γυμνασίου: μια εναλλακτική διαθεματική εκπαιδευτική προσέγγιση 1004
Ειδική Συνεδρία 24:Περιβαλλοντική Εκπαίδευση 1012
Το διδακτικό μονοπάτι, μια τεχνική διαθεματικής διδασκαλίας της βιοκοινωνίας του φαραγγιού του Αστριτσίου 1012
Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση - Περιβαλλοντική εκπαιδευτική προσέγγιση με χρήση νέων τεχνολογιών. Το παράδειγμα περιβαλλοντικού προγράμματος «Ανθρώπινες παρεμβάσεις σε καμένη περιοχή» 1020
Αξιοποιώντας τις Νέες Τεχνολογίες στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος 1031
Μια καινοτόμα – περιβαλλοντική προσέγγιση με τίτλο: Η θάλασσα 1037
Οι κατασκευές και το παιχνίδι στις Φυσικές Επιστήμες: Το παράδειγμα των μορφών και εναλλακτικών μορφών ενέργειας 1044
Συνεδρία 25: Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία 1049
Μελέτη και Μαθηματική περιγραφή της Ευθύγραμμα Ομαλά Επιταχυνόμενης Κίνησης 1049
στην Α΄ Λυκείου - με τη χρήση Εκπαιδευτικού Λογισμικού Διαδραστικών Επιστημονικών Προσομοιώσεων 1049
Ανάπτυξη ενός φύλλου εργασίας βασισμένου στο λογισμικό Interactive Physics για τη διδασκαλία του απλού εκκρεμούς στη Γ Γυμνασίου. 1060
Διδασκαλία δεξιοτήτων Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στο δημοτικό σχολείο: δημιουργία ιστοσελίδων Ιστορίας από μαθητές δημοτικού 1068

ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ 1078
Ηλιακή Ενέργεια και Προσανατολισμός 1080
Προκαταρκτική διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για τη φωτοσύνθεση ... 1091

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ 1098
Εργαστήριο 1: Καινοτόμες Πειραματικές Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών 1100
Εργαστήριο 2: «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ …» τον Φυσικό Κόσμο στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση 1107

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ 1116

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Ασημόπουλος Στέφανος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
2. **Βαβουγυιός Διονύσιος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. **Καραγιαννίδης Χαράλαμπος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. **Κόλλιας Βασίλειος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
5. **Νησιώτου Ιουλία**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
6. **Παρασκευόπουλος Στέφανος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
7. **Χρηστίδου Ίλυα**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
8. **Σαραντόπουλος Παναγιώτης**, Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος
9. **Μωραΐτη Τζένη**, Διδάσκουσα ΠΔ/407, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
10. **Παπαλεξόπουλος Παναγιώτης**, Δρ Φυσικός Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
11. **Τσιχουρίδης Χαρίλαος**, Ms., Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
12. **Καπλάνης Ξενοφών**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
13. **Μαλάκος Σταμάτης**, Φυσικός, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
14. **Γρηγορίου Φωτεινή**, Δασκάλα Ειδικής Αγωγής, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
15. **Χαλμπές Αντώνιος**, Δάσκαλος , Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
16. **Βαΐτσης Κυριαζής**, Φυσικός, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Γραμματειακή υποστήριξη:
Βαΐτσης Κυριαζής: Τεχνική υποστήριξη Η/Υ - Προβολικά, Κατασκευή – συντήρηση ιστοσελίδας Συνεδρίου, Επιμέλεια Πρακτικών Συνεδρίου - CD
Χαλμπέ Μαρία: Επικοινωνία, e-mail, Εγγραφές, Γενικότερη διοικητική υποστήριξη

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. **Αθανασίου Κυριάκος**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
2. **Ασημόπουλος Στέφανος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. **Βαβουγυιός Διονύσιος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. **Βλάχος Φίλιππος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
5. **Δημητρίου Αναστασία**, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
6. **Ζαχαρία Ζαχαρίας**, Πανεπιστήμιο Κύπρου
7. **Ιωαννίδης Γεώργιος**, Πανεπιστήμιο Πατρών
8. **Καλκάνης Γεώργιος**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
9. **Καλλέρη Μαρία**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
10. **Καλογιαννάκης Μιχαήλ**, Πανεπιστήμιο Κρήτης,
11. **Καραγιαννίδης Χαράλαμπος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
12. **Καριώτογλου Πέτρος**, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
13. **Κασσέτας Ανδρέας**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
14. **Κατσίκης Απόστολος**, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
15. **Κεβρεκίδης Θεόδωρος**, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
16. **Κλωνάρη Κατερίνα**, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
17. **Κόλλιας Βασίλειος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
18. **Κωνσταντίνου Κώστας**, Πανεπιστήμιο Κύπρου
19. **Κώτσης Κώστας**, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
20. **Λαμπρινός Νίκος**, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
21. **Μαλανδράκης Γεώργιος**, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
22. **Μαυρικάκη Ευαγγελία**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
23. **Μικρόπουλος Αναστάσιος**, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
24. **Μιχαηλίδης Παναγιώτης**, Πανεπιστήμιο Κρήτης
25. **Μίχας Παύλος**, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

26. **Παπαγεωργίου Γεώργιος**, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
27. **Παπαδοπούλου Πηνελόπη**, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
28. **Παρασκευόπουλος Στέφανος**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
29. **Πετρίδου Ελένη**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
30. **Σιγάλας Μιχάλης**, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
31. **Σκορδούλης Κώστας**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
32. **Σπηλιωτοπούλου Βασιλική**, ΑΣΠΑΙΤΕ Πατρών
33. **Σπύρτου Άννα**, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
34. **Σταμοβλάσης Δημήτριος**, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
35. **Σταύρου Δημήτριος**, Πανεπιστήμιο Κρήτης
36. **Τζιμογιάννης Αθανάσιος**, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
37. **Τζουγκράκη Χρύσα**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
38. **Τσαπαρλής Γεώργιος**, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
39. **Τσελφές Βασίλης**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
40. **Τσιτσιπής Γεώργιος**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
41. **Φασουλόπουλος Γεώργιος**, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
42. **Χαλκιά Κρυσταλλία**, Πανεπιστήμιο Αθηνών
43. **Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης**, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
44. **Χρηστίδου Ιλυα**, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
45. **Ψύλλος Δημήτριος**, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
46. **Ψυχάρης Σαράντος**, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

8sefepet.uth.gr

Η ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η προσωρινή διοίκηση της ΕΝΕΦΕΤ αποτελείται από τους:

1. **Δημήτριο Ψύλλο** του Κωνσταντίνου, Πρόεδρο
2. **Πέτρο Καριώτογλου** του Παύλου, Αντιπρόεδρο
3. **Κρυσταλλία Χαλκιά – Θεοδωρίδου** του Βασιλείου, Γραμματέα
4. **Δημήτριο Σταύρου** του Ιωάννου, Ταμία
5. **Χρυσή Τζουγκράκη** του Ιωσήφ, Μέλος
6. **Γεώργιο Παπαγεωργίου** του Κωνσταντίνου, Μέλος
7. **Κωνσταντίνο Κωνσταντίνου** του Πέτρου, Μέλος
8. **Γεώργιο Τσαπαρλή** του Ροδόλφου, Μέλος και
9. **Διονύσιο Βαβουγυιό** του Γεωργίου, Μέλος.

www.enephet.gr

Εισαγωγή στα Πρακτικά

Εισαγωγή στα Πρακτικά του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Διονύσης Βαβουγυιός
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, dvavou@uth.gr

Το 8ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση οργανώθηκε από την «ΕΝΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ/ΕΝΕΦΕΤ» σε συνεργασία με το Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και πραγματοποιήθηκε στον Βόλο από την Παρασκευή 26 έως την Κυριακή 28 Απριλίου 2013. Το Συνέδριο αποτέλεσε το όγδοο από μια σειρά ιδιαίτερα επιτυχημένων και αποδοτικών συνεδρίων που είχαν ως κύριο σκοπό να δημιουργήσουν μια κοινότητα ερευνητών, διδασκόντων και διδασκομένων η οποία θα εργάζεται με συνέπεια και συνέχεια για την ανάπτυξη και την καθιέρωση της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στην πατρίδα μας.

Πλαίσιο και σκοποί του Συνεδρίου

Τα τελευταία χρόνια ο ερευνητικός χώρος της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρουσίασε έντονη δραστηριότητα αναφορικά με την διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης. Η κοινότητα των ερευνητών πέρασε αρχικά από την συμπεριφοριστική προσέγγιση, τη διαδικασία μεταφοράς της γνώσης και το σεβασμό του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών στην ιδέα της ανακάλυψης, υιοθετώντας προσεγγίσεις μαθητοκεντρικές και ομαδοσυνεργατικές. Στη συνέχεια οι ερευνητές υιοθέτησαν την ιδέα του εποικοδομητισμού δίνοντας έμφαση στις ιδέες των μαθητών και καθορίζοντας τον ρόλο τους στη διδασκαλία και μάθηση. Στις μέρες μας στο πλαίσιο της παγκοσμιοποίησης, η κοινότητα των ερευνητών ασχολείται με τις θεωρητικές ιδέες της μάθηση μέσω διερεύνησης ή/και μοντελοποίησης, οι οποίες δίνουν έμφαση τόσο στις διαδικασίες διερεύνησης που οδηγούν στη μάθηση των επιστημονικών μοντέλων όσο και στη μύηση στις επιστημονικές διαδικασίες.

Οι ιδέες της διερεύνησης και μοντελοποίησης ευνοούνται από την ανάπτυξη των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ), οι οποίες προσφέρουν τα κατάλληλα εργαλεία και υποστήριξη. Παράλληλα σχετικά νέες ιδέες όπως η έννοια του επιστημονικού εγγραμματισμού, οι διαπολιτισμικές ή/και διαθεματικές προσεγγίσεις, όπως και προσεγγίσεις για την εκπαίδευση ειδικών ομάδων μαθητών και μαθητών με ειδικές ανάγκες έχουν κάνει αισθητή την παρουσία τους στο σχετικό πεδίο. Οι νέες αυτές προσεγγίσεις ενσωματώνουν και αξιοποιούν μεταξύ άλλων τις αρχικές ιδέες των μαθητών και επεκτείνουν την έννοια της ανακάλυψης. Βασικός στόχος της επιστημονικής κοινότητας της ΔΦΕ παραμένει η αναζήτηση των κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα περιεχόμενα τα οποία επιθυμούμε να διδάξουμε στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης αναβαθμίζοντας και βελτιστοποιώντας την εκπαιδευτική πράξη και πρακτική. Αποτελεί επομένως επιτακτική ανάγκη για την κοινότητα της ΔΦΕ η διερεύνηση του πλαισίου της εκπαιδευτικής διαδικασίας όπως αυτή υλοποιείται στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης όπως και η διερεύνηση των τρόπων και των μεθόδων αξιοποίησης των ερευνητικών αποτελεσμάτων στη διδακτική πράξη.

Το 8ο Συνέδριο ελπίζοντας ότι θα συνεχίσει την επιτυχημένη πορεία των προηγούμενων Πανελλήνιων Συνεδρίων Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, έθεσε ως στόχους:

- Να παρουσιασθεί και να συζητηθεί η δουλειά των ερευνητών στο χώρο της ΔΦΕ ώστε τα ερευνητικά αποτελέσματα να είναι χρήσιμα και αξιοποιήσιμα στην εκπαιδευτική πράξη.

- ❖ Να αναδειχθεί η πραγματική κατάσταση που επικρατεί στην σύγχρονη σχολική τάξη και να προταθούν ιδέες και λύσεις βελτίωσης και αποτελεσματικότητάς της διδασκαλίας και μάθησης των ΦΕ.
- ❖ Να φέρει σε επαφή ώριμους και νέους ερευνητές, εκπαιδευτικούς της δημόσιας και ιδιωτικής εκπαίδευσης, φοιτητές και φοιτήτριες, καθώς και ανθρώπους που διαμορφώνουν την εκπαιδευτική πολιτική στην περιοχή των ΦΕ, για να συζητήσουν θέματα τα οποία αφορούν την Εκπαίδευση στις ΦΕ.
- ❖ Να ωθήσει στις ανάπτυξη νέων ερευνητικών προσανατολισμών και συνεργασιών

Για το λόγο αυτό στις συνεδρίες, τα συμπόσια, τα εργαστήρια και τα στρογγυλά τραπέζια του Συνέδριο παρουσιάσθηκαν, συζητήθηκαν και περιέχονται στα πρακτικά εισηγήσεις και, γενικότερα, επιστημονικές δραστηριότητες σχετικές με μια μεγάλη ποικιλία θεμάτων που καλύπτουν επιπρόσθετα όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Διδασκαλία και Μάθηση ΦΕ (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Γεωλογία, Γεωγραφία, Περιβάλλον)
- Μοντέλα και Μοντελοποίηση στη Διδασκαλία και Μάθηση ΦΕ
- Άτυπες προσεγγίσεις στη Διδασκαλία και Μάθηση ΦΕ
- Διεπιστημονικές, διαθεματικές και διαπολιτισμικές προσεγγίσεις στη Διδασκαλία και Μάθηση ΦΕ
- Εκπαίδευση ειδικών ομάδων / Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες
- Επιστημονικός και τεχνολογικός εγγραμματισμός
- Η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία ΦΕ
- Φύση, Ιστορία και Φιλοσοφία των ΦΕ στην Εκπαίδευση
- Εκπαίδευση και Επιμόρφωση εκπαιδευτικών ΦΕ
- Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία ΦΕ
- Οικολογικές και Περιβαλλοντικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις
- Διδακτικές Προσεγγίσεις

Οργάνωση και διεξαγωγή του Συνεδρίου

Για την οργάνωση του 8ου Συνεδρίου χρειάσθηκαν δυό περίπου χρόνια και η δουλειά άρχισε μετά την λήξη των εργασιών του προηγουμένου συνεδρίου. Οι οικονομικές και πολιτικές συγκυρίες ήταν καθοριστικές. Οι δυσκολίες σχεδόν απαγορευτικές. Η υλοποίησή του έγινε δυνατή χάρις στην βοήθεια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, της Περιφέρειας Θεσσαλίας και του Δήμου Νοτίου Πηλίου όπως και μιας ομάδας εθελοντών μεταπτυχιακών και προπτυχιακών φοιτητών του Πανεπιστημίου μας που δούλεψε ακούραστα για την πραγματοποίηση του πλαισιώνοντας την Επιστημονική και την Οργανωτική Επιτροπή του. Από την θέση αυτή δεν μπορούμε παρά να ευχαριστήσουμε όλους τους φορείς και άτομα που προσέφεραν στην συλλογική μας προσπάθειας όπως και το Υ.Παι.Π.Θ.Α για την προσφορά της αιγίδας του που έλυσε μεταξύ άλλων και τα προβλήματα μετακίνησης των συναδέλφων.

Για τις ανάγκες του Συνεδρίου δημιουργήθηκε ο Ιστότοπος:

http://www.8sefepet.uth.gr/

στον οποίο σταδιακά αναρτήθηκαν όλες οι σχετικές με το Συνέδριο ανακοινώσεις. Ο Ιστότοπος συνδέθηκε με τον Κόμβο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (ΚΟΔΙΦΕΕΤ, www.kodipheet.gr) όπου υπάρχουν εκτός των άλλων και τα πρακτικά των προηγουμένων συνεδρίων.

Η ανταπόκριση της κοινότητας ήταν μεγάλη. Κατατέθηκαν 138 εργασίες, οι οποίες πέρασαν από τη διαδικασία της διπλής τυφλής κρίσης από δυό κριτές μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής. Τελικά εγκρίθηκαν και παρουσιάστηκαν στο συνέδριο 121 προφορικές εισηγήσεις, οργανωμένες σε 25 συνεδρίες και ένα Συμπόσιο ενώ 2 παρουσιάστηκαν ως αναρτημένες εργασίες. Οργανώθηκαν επίσης 2 εξειδικευμένα Εργαστήρια και 2 Στρογγυλά Τραπέζια σχετικά με την επιμόρφωση των συναδέλφων μέσω των οποίων συνεχίστηκε η παράδοση των προηγουμένων Συνεδρίων.

Τέλος προσκλήθηκαν, τέσσερες συνολικά κεντρικοί ομιλητές και ομιλήτριες οι κ καθηγητές Κ. Σκορδούλης, Κώτσης και η καθηγήτρια κ Κ. Χαλκιά, από το ΕΚΠΑ/Πανεπιστήμιο Αθηνών και ο αναπληρωτής καθηγητής κ. Ζ. Ζαχαρία από το Πανεπιστήμιο της Κύπρου.

Σκέψεις και προοπτικές

Από τις εργασίες που υποβλήθηκαν για κρίση έγινε φανερό ότι πέραν των ερευνητικών εργασιών υπήρξαν και εργασίες που αποτελούν προτάσεις των εκπαιδευτικών που προέρχονται από την εμπειρία της καθημερινής διδασκαλίας και αποτελούν καλές εκπαιδευτικές πρακτικές. Οι εργασίες αυτές κρίθηκαν και όσες κατά τους κριτές ήταν αξιόλογες περιλήφθηκαν σε Ειδικές Συνεδρίες.

Όπως και στο προηγούμενο Συνέδριο έτσι και στο 8ο συνέδριο οι εργασίες που απορρίφθηκαν αποτέλεσαν φιλότιμες προσπάθειες των εκπαιδευτικών κυρίως της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης να εκθέσουν τις προσωπικές εκπαιδευτικές τους εμπειρίες όπως και τις ερευνητικές τους ανησυχίες ανταποκρινόμενοι στα κριτήρια που τα συνέδρια έχουν θέσει. Απόρριψη σημαίνει απλά και μόνο ότι η προσπάθεια δεν ολοκληρώθηκε με βάση τα κριτήρια την στιγμή αυτή, τίποτε περισσότερο.

Τέλος πιστεύουμε ότι η ύπαρξη πλέον της Ένωσής μας, της ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ/ΕΝΕΦΕΤ, όπως και του εξαιρετικού ιστότοπού της (http://www.enephet.gr/) θα αποτελέσουν αυτό που το 7ο Συνέδριο κατέγραψε ως μελλοντικά ζητούμενο : ένα διαρκές βήμα διαλόγου ώστε η κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών να διαμορφώσει συγκεκριμένη εκπαιδευτική πολιτική και να έχει σημαίνοντα και σημαντικό λόγο σε κάθε πτυχή του χώρου που υπηρετεί επηρεάζοντας ουσιαστικά τις εξελίξεις στο χώρο της παιδείας.

Προσκεκλημένες Ομιλίες

Φράκταλς, Χάος, Πολυπλοκότητα: Διδακτικές Προσεγγίσεις

Κωνσταντίνος Σκορδούλης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kskordul@primedu.uoa.gr

Συνεργασία: **Ευγενία Κολέζα** (ΠΤΔΕ, Παν. Πατρών), **Δημήτρης Σταύρου** (ΠΤΔΕ, Παν. Κρήτης), **Στέφανος Ασημόπουλος** (ΠΤΔΕ, Παν. Θεσσαλίας), **Άνθιμος Χαλκίδης** (Διδάσκων ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ), **Θεόδωρος Βίτσας** (Β'/θμια Εκπαίδευση), **Τέλης Γκιόλμας** (Υποψ. Διδάκτ. ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ), **Βασίλης Τόλιας** (Υποψ. Διδάκτ., ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ), **Σαράντος Οικονομίδης** (Β'/βάθμια Εκπαίδευση), **Κώστας Καραμάνος** (Συνεργάτης, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ)

Η παρουσίαση αποτελεί απολογισμό ερευνητικού έργου που ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '90 και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Αφετηριακή του παραδοχή αποτελεί η διαπίστωση ότι (όχι μόνο) το Ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι «συντηρητικό», από την άποψη ότι με την προσήλωσή του στην Κλασική Φυσική προβάλλει μια μηχανιστική εξεικόνιση του φυσικού κόσμου. Δηλαδή, μια κοσμοαντίληψη που δεν αντιστοιχεί στα επιτεύγματα της Φυσικής του 20ου αιώνα, στη Φυσική που προέκυψε μετά τη 2η Επιστημονική Επανάσταση.

Στόχος αυτής της ερευνητικής πορείας δεν είναι άλλος από το να βρει το κατάλληλο διδακτικό μέσο ώστε να προσεγγίσουν οι εκπαιδευόμενοι (μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές κατά κύριο λόγο) τη νέα αντίληψη που εισάγουν οι φυσικές επιστήμες για τον κόσμο: την απομάκρυνση από την άκαμπτη αιτιοκρατία (ντετερμινισμό), την αποδοχή της συμπαρουσίας του τυχαίου γεγονότος, τη μη-γραμμικότητα στην εξέλιξη των φαινομένων, την (α)συνέχεια.

Η επιλογή της διδακτικής διαπραγμάτευσης των τριών θεματικών περιοχών (Φράκταλς, Χάος, Πολυπλοκότητα) έγινε με το κριτήριο του ότι δεν αποτελούν μια «επιστημολογική τομή» με την κλασική σκέψη αλλά μπορεί να θεωρηθεί ότι εν δυνάμει αποτελούν μια «γέφυρα» για το πέρασμα από την κλασική στη μετακλασική σκέψη.

Πράγματι, κατά μία θεωρητική προσέγγιση, η Γεωμετρία Φράκταλ (η «Γεωμετρία του Φυσικού Κόσμου» κατά τον Mandelbrot) μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της Ευκλείδειας Γεωμετρίας, το Χάος είναι μία κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί ένα κλασικό δυναμικό σύστημα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και η Πολυπλοκότητα παρουσιάζει ιδιότητες που περιγράφονται στο πλαίσιο της κλασικής Θεωρίας Συστημάτων.

Θα προσπαθήσω να παρουσιάσω τους κύριους σταθμούς αυτής της ερευνητικής πορείας, διατηρώντας την ιστορική σειρά, επισημαίνοντας κυρίως τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν στη διαδικασία υλοποίησής της.

Το Γενικό Περίγραμμα

1.Φράκταλς

1.1. Οι Απόψεις Μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και Φοιτητών για την έννοια της Διάστασης.

Η επιστημολογική προσέγγιση της Γεωμετρίας Fractal με βάση τη μεθοδολογία του Lakatos, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Γεωμετρία Fractal εντάσσεται στις Ημι-εμπειρικές Θεωρίες, κυρίως με βάση το ότι η ανάπτυξή της στηρίζεται στη χρήση πειραματικών μέσων όπως οι Η/Υ. Ως εκ τούτου, η Γεωμετρία Fractal γονιμοποιεί τον κλάδο των «Πειραματικών Μαθηματικών» δίνοντας τη βάση για διαθεματικές προσεγγίσεις στα Μαθηματικά και τη Φυσική.

Η μαθηματική προσέγγιση της Γεωμετρίας Fractal αναδεικνύει ως θεμελιώδη την έννοια της διάστασης. Η έννοια της κλασματικής διάστασης είναι εξαιρετικά δύσκολο να κατανοηθεί στο πλαίσιο ενός συστήματος συντεταγμένων ακεραίων διαστάσεων.

Για την υπέρβαση του «διδακτικού εμποδίου», η έννοια της διάστασης εξετάστηκε όσον αφορά την ιστορική της εξέλιξη και αναλύθηκε στα πλαίσια της Διδακτικής Φαινομενολογίας του Freudenthal.

Στη συνέχεια, διερευνήθηκαν οι απόψεις μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και φοιτητών των Παιδαγωγικών Τμημάτων σχετικά με την έννοια της διάστασης.

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από την έρευνα είναι ότι οι φοιτητές έχουν μια περιορισμένη γεωμετρική κυρίως αντίληψη της έννοιας της διάστασης ως ιδιότητας των αντικειμένων να εκτείνονται σε μήκος, πλάτος και βάθος. Η έννοια υπό την παραμετρική και τοπολογική της υπόσταση είναι ελάχιστα κατανοητή.

Ένα δεύτερο σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η σχέση μήκους, εμβαδού και όγκου με την διάσταση του αντικειμένου που εξετάζεται, σε μικρό μόνο βαθμό έχει κατανοηθεί όχι μόνο από τους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης αλλά ακόμα και από τους φοιτητές.

Από την έρευνα επίσης προέκυψε ότι το σύστημα συντεταγμένων λειτουργεί και ως «επιστημολογικό εμπόδιο» στην προσπάθεια των εκπαιδευομένων να κατανοήσουν την έννοια της διάστασης.

1.2. Ικανότητα Επίλυσης Προβλήματος στη Fractal Διάσταση από Μαθητές της Β΄Λυκείου

Αναλύσαμε την επίδοση των μαθητών Β' Λυκείου στο θέμα «Μετρώντας τη fractal διάσταση σφαιρών από τσαλακωμένο χαρτί» που τέθηκε στον Πανελλήνιο διαγωνισμό Φυσικής 2003. Συγκεκριμένα στο θέμα αυτό γινόταν η περιγραφή μιας πειραματικής δραστηριότητας, με σκοπό τη μέτρηση της fractal διάστασης σφαιρών από τσαλακωμένο χαρτί και σφαιρών από θερμοπλαστικό φύλλο περιτύλιξης. Η εκφώνηση του προβλήματος και η επίλυσή του έχουν δημοσιευτεί στο περιοδικό Φυσικός Κόσμος της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, τεύχος 11 (170) Μάρτιος – Απρίλιος - Μάιος 2003.

Οι ερωτήσεις για τον υπολογισμό της fractal διάστασης στην περίπτωση αυτή, είχαν ως προαπαιτούμενο γνώσεις βασικών εννοιών όπως πυκνότητα, ιδιότητες λογαρίθμων, κλίση ευθείας και λόγος δύο φυσικών μεγεθών.

Από τους 220 μαθητές που συμμετείχαν στο διαγωνισμό, με το θέμα στοιχειωδώς ασχολήθηκαν 110 μαθητές και απάντησαν στα περισσότερα ερωτήματα 32 μαθητές.

Παρατηρήθηκαν δυσκολίες στην κατανόηση του λόγου δύο φυσικών μεγεθών. Περίπου το 60 % των μαθητών φάνηκε να μην αντιλαμβάνονται το νόημα του λόγου δύο φυσικών μεγεθών. Δυσκολίες καταγράφηκαν επίσης στην «αλλαγή της κλίμακας». Αρκετοί μαθητές φάνηκε ότι αγνοούσαν ότι το εμβαδόν μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο, ενώ ο όγκος ανάλογα με τον κύβο του παράγοντα κλιμάκωσης για σχήματα που περιγράφονται από την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στην εύρεση της κλίσης ευθείας.

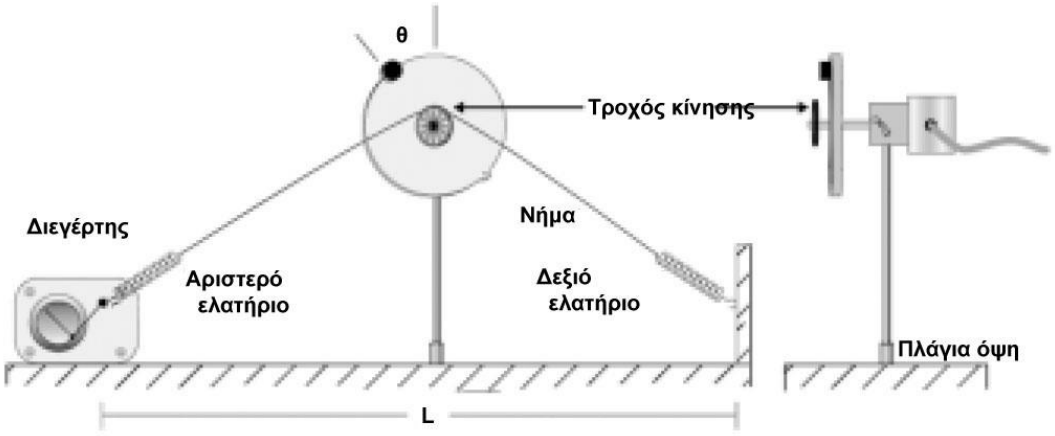
Το σημαντικό βέβαια για την έρευνά μας είναι ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με τις επαναληπτικές διαδικασίες.

Με βάση τα συμπεράσματα των προηγούμενων ερευνών, προτάθηκαν μια σειρά από δραστηριότητες που στοχεύουν στην κατανόηση της έννοιας της διάστασης στην ευκλείδεια, τοπολογική και fractal μορφή της και την ομαλή και σταδιακή εισαγωγή στοιχείων της Γεωμετρίας Fractal στα Αναλυτικά Προγράμματα Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

2. Χάος

2.1. Εκπαιδεύοντας Φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. και μαθητές Β' Λυκείου με το χαοτικό εκκρεμές

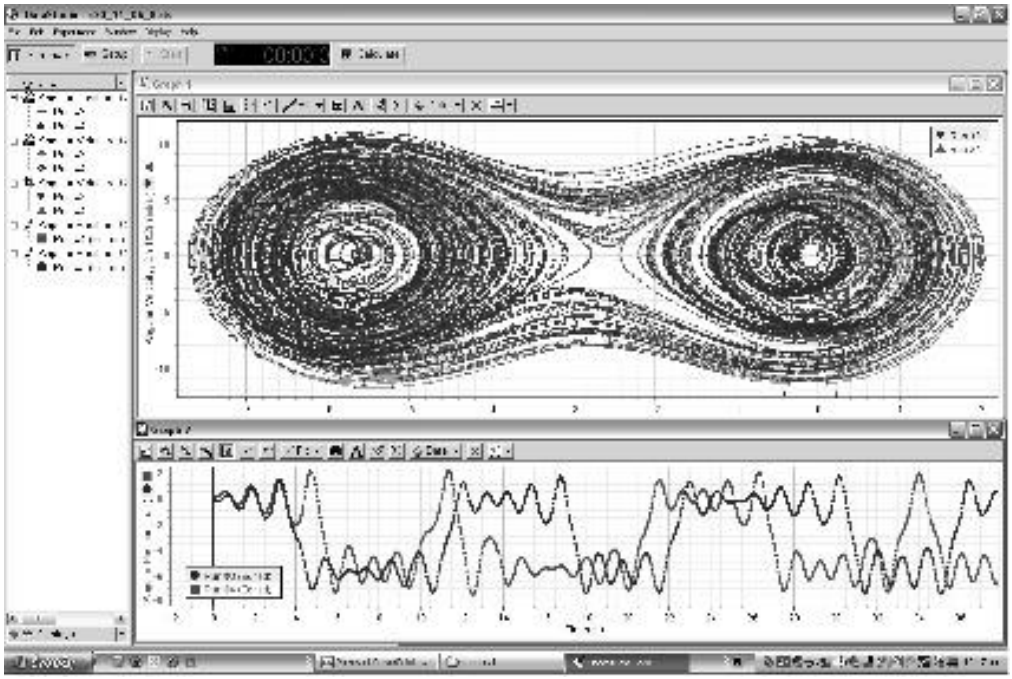
Η διδακτική ακολουθία που αναπτύχθηκε έχει ως επίκεντρο μια πειραματική διάταξη, το «χαοτικό εκκρεμές» (εικόνα 1) της εταιρίας PASCO (http://www.pasco.com/). Σχεδιάστηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς και είναι διασυνδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο, σε οριζόντιο άξονα, ομογενή δίσκο αλουμινίου ροπής αδράνειας I_0. Ένας μικρός κύλινδρος ορείχαλκου μάζας m προσαρτάται στον δίσκο έκκεντρα. Το σύστημα λειτουργεί ως απλό εκκρεμές με απόσβεση. Η ανάρτηση δύο ελατηρίων αντίρροπα και εφαπτομενικά στον δίσκο επιβάλλει μια δύναμη επαναφοράς (-kx) εκτός της βαρυτικής. Το σύστημα συμπεριφέρεται πάλι ως απλό εκκρεμές αλλά έτσι έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει και ως ανάστροφο εκκρεμές με απόσβεση. Στην πρώτη περίπτωση στη θέση ευσταθούς ισορροπίας η μάζα m βρίσκεται στο κάτω μέρος του δίσκου ενώ στην δεύτερη υπάρχουν δύο θέσεις ευσταθούς ισορροπίας εκατέρωθεν της θέσης μέγιστου ύψους της μάζας m. Ένας περιστροφικός κινητήρας συνδεδεμένος με το άκρο του ενός ελατηρίου ασκεί στο σύστημα μια περιοδική δύναμη (Asin(Ω·t)) ώστε αυτό να εκτελέσει εξαναγκασμένη ταλάντωση μίας ή δύο θέσεων ισορροπίας. Τέλος, ένας σταθερός μαγνήτης πολύ κοντά στον δίσκο επάγει μια δύναμη απόσβεσης μέσω των ρευμάτων Eddy που δημιουργούνται στον τελευταίο. Η δύναμη είναι ελεγχόμενη αφού εξαρτάται από την απόσταση μαγνήτη - δίσκου και ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής (-bω), αφήνει δε την αντίσταση του αέρα ως μικρή διαταραχή έξω από τις βασικές εξισώσεις κίνησης.



Εικόνα 1: Το χαοτικό εκκρεμές

Στο πλήρες σύστημα είναι δυνατή η μεταβολή όλων των βασικών παραμέτρων του, δηλαδή της μάζας του εκκρεμούς, της σταθεράς των ελατηρίων, της σταθεράς απόσβεσης και της συχνότητας του διεγέρτη. Για κατάλληλες τιμές των παραπάνω παραμέτρων το σύστημα μπορεί να μεταβεί από την αρμονική στη χαοτική συμπεριφορά. Η ανάγνωση των τιμών της γωνίας φ, από έναν Η/Υ - μέσω μιας συσκευής διασύνδεσης (interface) και ενός ανιχνευτή περιστροφής - παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας, σε πραγματικό χρόνο, των γραφικών παραστάσεων της γωνίας φ=φ(t) συναρτήσει του χρόνου καθώς επίσης του διαγράμματος του χώρου των φάσεων ω=ω(φ). Η χρήση του λογισμικού παρουσίασης και ανάλυσης δεδομένων της ίδιας εταιρίας δίνει τις γραφικές παραστάσεις στην ίδια οθόνη ώστε να επιτυγχάνεται η σύγκρισή τους αλλά και η σύγκριση με προηγούμενες καταγραφές).

Με βάση τη συγκεκριμένη συσκευή σχεδιάστηκαν 2 διδακτικές παρεμβάσεις: 1) σε 2 ομάδες μαθητών Β΄ Λυκείου (σύνολο 6 άτομα) οι οποίοι είχαν επιλεγεί με κριτήριο τις επιδόσεις τους στη Φυσική και τα Μαθηματικά και η διδακτική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν το Workshop Physics 2) σε 18 τεταρτοετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. Αθηνών όπου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του teaching experiment.



Εικόνα 2: Σύγκριση γραφικών παραστάσεων φ=φ(t) (κάτω) και ω=ω(φ) (πάνω) για δύο διαδοχικές καταγραφές στην περίπτωση χαοτικής κίνησης του εκκρεμούς

Και οι δύο διδακτικές παρεμβάσεις που αναπτύχθηκαν δείχνουν ότι είναι δυνατόν οι εκπαιδευόμενοι να οδηγηθούν στην αναγνώριση νομοτελειακής συμπεριφοράς σε μια φαινομενικά τυχαία κίνηση και να αναγνωρίσουν τη δυνατότητα ύπαρξης νομοτέλειας δίχως τη δυνατότητα μακροπρόθεσμης πρόβλεψης. Επίσης οι εκπαιδευόμενοι αναγνώρισαν ότι σε νομοτελειακή συμπεριφορά μικρές μεταβολές στις αρχικές συνθήκες μπορούν να επιφέρουν σημαντικά διαφορετικά αποτελέσματα.

Η διδακτική παρέμβαση φαίνεται να επηρεάζει και τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των εκπαιδευόμενων περί νομοτέλειας και δυνατότητας μακροπρόθεσμης πρόβλεψης. Πολλοί φοιτητές υποστηρίζουν στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, ότι η εκδοχή να υπάρχει νομοτέλεια χωρίς δυνατότητα πρόβλεψης δεν ήταν γι' αυτούς δυνατή.

3. Πολυπλοκότητα

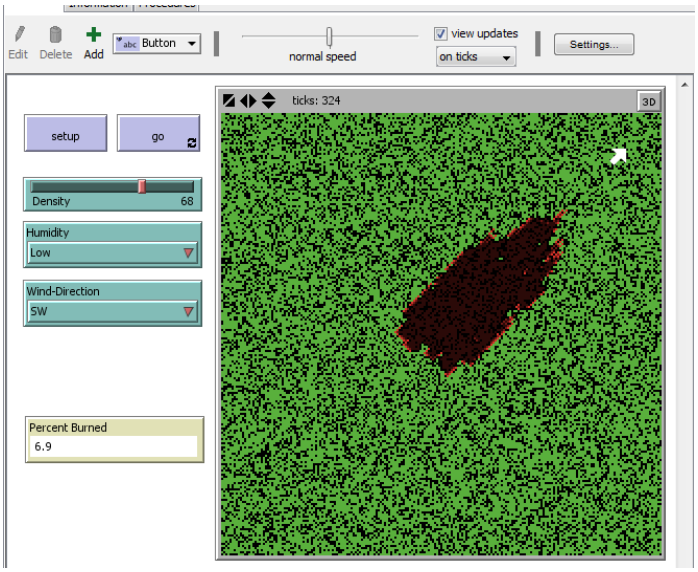
3.1. Χρήση Απλών Μορφών Πολυ-πρακτορικών Συστημάτων για τη Διδασκαλία Βασικών Ιδιοτήτων των Πολύπλοκων Συστημάτων

Τα οικοσυστήματα εκδηλώνουν πολύπλοκη συμπεριφορά, η οποία θα αναδειχθεί μέσα από πέντε βασικές ιδιότητες οι οποίες τα χαρακτηρίζουν: την εξάρτησή τους από την παρατήρηση / τον παρατηρητή (observation-dependence ή observer-dependence, ήτοι την «απόσταση» από την οποία παρατηρούνται και το χρόνο παρατήρησης), την αυτο-οργάνωση (self-organisation), την ανάδυση (emergence), την ύπαρξη βρόχων ανάδρασης (feedback loops) και την αυτοαναπαραγωγή (autopoiesis).

Χρησιμοποιήσαμε πολύ-πρακτορικά συστήματα (multi-agent-based systems) ως εργαλείο διδασκαλίας για την κατανόηση, από μέρους των διδασκομένων, των βασικών ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τα οικολογικά συστήματα ως Πολύπλοκα Συστήματα (Complex Systems). Το πολύ-πρακτορικό σύστημα προσομοίωσης και μοντελοποίησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό της NetLogo (version 4.0.4) και από αυτό επελέγησαν συγκεκριμένα μοντέλα από τη Βιβλιοθήκη Μοντέλων (Models' Library) που διαθέτει, τα οποία τροποποιήθηκαν κατάλληλα και δημιουργήθηκαν παραλλαγές τους, οι οποίες εξυπηρετούσαν τους διδακτικούς σκοπούς της έρευνας. Τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία της πολυπλοκότητας σε προπτυχιακούς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθήνας.

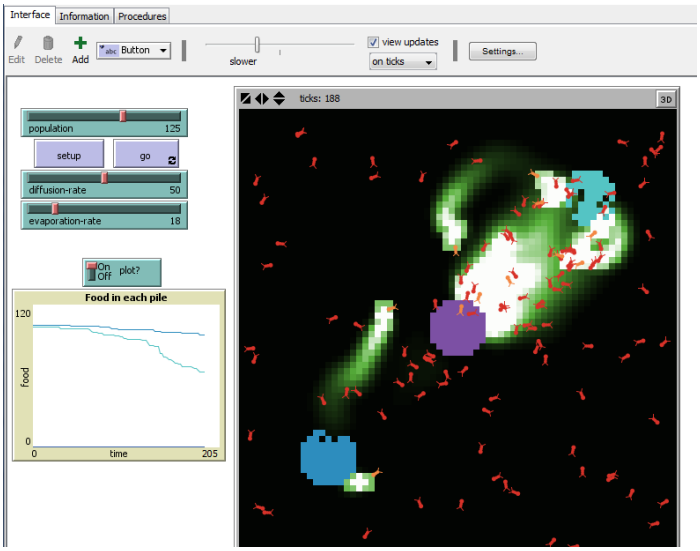
Οι φοιτητές εκπαιδεύτηκαν σε μοντέλα της NetLogo που αναπτύχθηκαν από την ερευνητική

ομάδα ως προεκτάσεις μοντέλων που ήδη υπήρχαν στη Βιβλιοθήκη μοντέλων (Models' Library). Συγκεκριμένα, δημιουργήσαμε, στηριγμένοι στο Μοντέλο "Fire" της NetLogo, ένα άλλο στο οποίο η εστία της «φωτιάς» είναι (πιο ρεαλιστικά) στο κέντρο του «δάσους». Επιπλέον μπορεί να καθοριστεί η «διεύθυνση του ανέμου» αλλά και το αν το «δάσος» θα έχει «υψηλή» ή «χαμηλή υγρασία» (εικόνα 3).

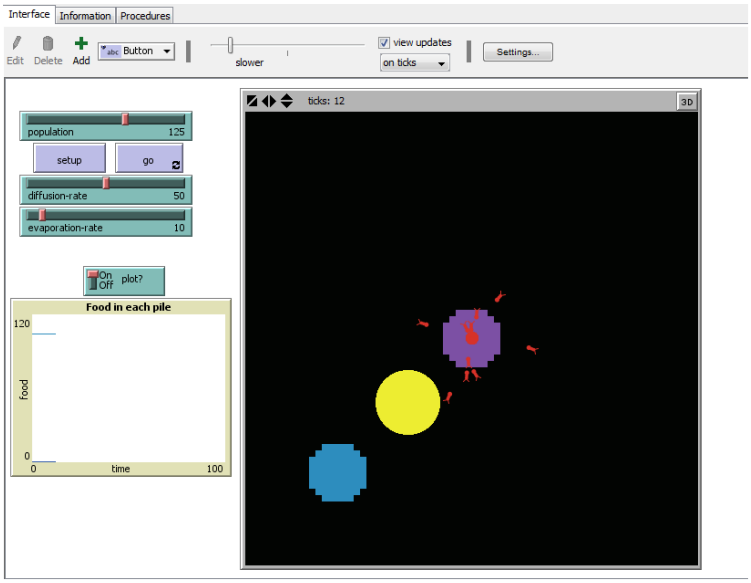


Εικόνα 3: Στιγμιότυπο οθόνης από το μοντέλο που δομήθηκε με βάση το Μοντέλο "Fire" της NetLogo

Στηριγμένοι, στο μοντέλο "Ants" της NetLogo, δημιουργήσαμε,, δύο παραλλαγές του: Στη μία τα μυρμήγκια αναζητούν τροφή από δύο μόνο, ολόιδιες, αλλά και ισαπέχουσες από τη φωλιά εστίες τροφής. Στην άλλη υπάρχει μια μόνο εστία τροφής, αλλά μεσολαβεί εμπόδιο ανάμεσα στη φωλιά και την εστία τροφής. Τα δύο αυτά μοντέλα (παραλλαγές του μοντέλου "Ants"), απεικονίζονται στις εικόνες 4 και 5 αντίστοιχα.

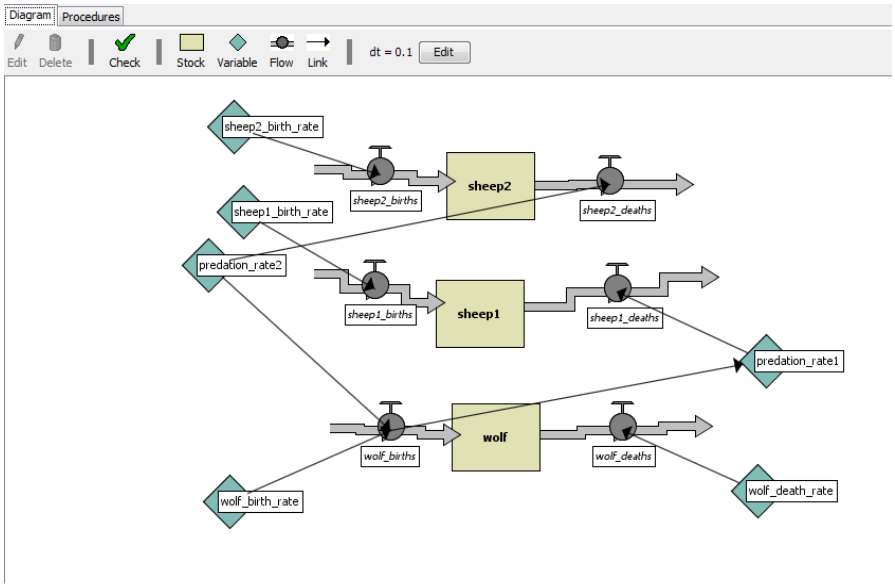


Εικόνα 4: Στιγμιότυπο οθόνης από το μοντέλο που δομήθηκε με βάση το Μοντέλο "Ants" της NetLogo, με δύο ισαπέχουσες εστίες τροφής

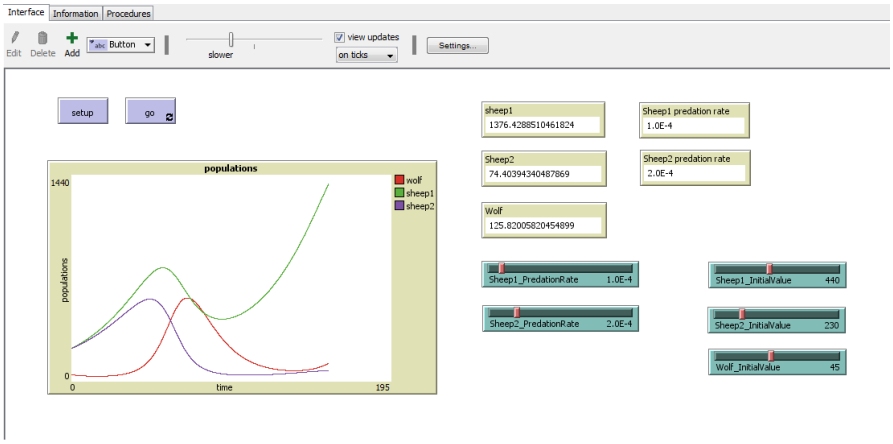


Εικόνα 5: Στιγμιότυπο οθόνης από το μοντέλο που δομήθηκε με βάση το Μοντέλο "Ants" της NetLogo, με μία εστία τροφής και εμπόδιο

Τέλος σε μία παραλλαγή του Μοντέλου "Wolf Sheep Predation (System Dynamics) της NetLogo που αναπτύχθηκε υπάρχει όχι ένα αλλά δύο είδη προβάτων με διαφορετικό ρυθμό θήρευσης από το λύκο. Στην Εικόνα 6 απεικονίζεται η Δυναμική του Συστήματος αυτού όπως τη δίνει η NetLogo, ενώ στην εικόνα 7, η γραφική παράσταση των πληθυσμών του συστήματος αυτού, στο περιβάλλον στο οποίο αλληλεπιδρούν οι μαθητές.



Εικόνα 6: Στιγμιότυπο οθόνης από το μοντέλο που δομήθηκε με βάση το Μοντέλο "Wolf Sheep Predation (System Dynamics)" της NetLogo, όπου απεικονίζεται η δυναμική του συστήματος



Εικόνα 7: Στιγμιότυπο οθόνης από το μοντέλο που δομήθηκε με βάση το Μοντέλο "Wolf Sheep Predation (System Dynamics)", όπου απεικονίζεται η γραφική παράσταση της χρονικής εξέλιξης των πληθυσμών και το περιβάλλον χειρισμού

Με τα μοντέλα αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω, οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να αλληλεπιδρούν. Όπως φαίνεται από τα ευρήματα, η χρήση προεκτάσεων των μοντέλων της NetLogo βοηθάει τους διδασκόμενους (εδώ υποψήφιους εκπαιδευτικούς) να κατανοήσουν βασικές ιδιότητες των πολύπλοκων συστημάτων. Συγκεκριμένα:

α) με τη χρήση των τροποποιημένων μοντέλων της NetLogo και αλληλεπίδραση με αυτά σε υπολογιστή οι προπτυχιακοί φοιτητές και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατορθώνουν να κατανοήσουν σημαντικές πτυχές και ιδιότητες των πολυπλόκων συστημάτων και συγκεκριμένα:

i) το ότι η συλλογική συμπεριφορά του συστήματος διαφέρει και είναι πιο σύνθετη από την απλή επαλληλία των συμπεριφορών των επιμέρους μελών του,

ii) ότι τα συστήματα αυτά διέρχονται από μία ***κρίσιμη φάση***, όπου η συμπεριφορά τους αλλάζει απότομα αλλά και είναι μη προβλέψιμη,

iii) ότι σε ένα πολύπλοκο σύστημα ενυπάρχουν ως δυνατές εξελίξεις η *ευστάθεια* και η *αστάθεια* και τέλος

iv) ότι η αύξηση του βαθμού πολυπλοκότητας σε ένα σύστημα (όπως ένα τροφικό δίκτυο) το καθιστά κατά κανόνα πιο *ευσταθές*

ΕΡΓΟΓΡΑΦΙΑ

Aristotelis Gkiolmas, Kostas Karamanos, Anthimos Chalkidis, Constantine Skordoulis, Maria Papaconstantinou & Dimitrios Stavrou, "Using simulations of NetLogo as a tool for introducing Greek High-School students to eco – systemic thinking", to be published in *Advances in Systems Science and Applications.*

Dimitrios Stavrou, Stefanos Assimopoulos and Constantine Skordoulis, "A unit on deterministic chaos for student teachers", to be published in *Physics Education*, (July 2013)

Karamanos K., Gkiolmas A., Chalkidis A., Papaconstantinou M., Stavrou D. & Skordoulis C. (2012), "Ecosystem Food-Webs as Dynamic Systems: Educating Undergraduate Teachers in Conceptualizing Aspects of Food Webs' Systemic Nature and Comportment", *Advances in Systems Science and Applications, v.12* n.4 (Dec 2012), pp. 49-68

Kostas Karamanos, Aristotelis Gkiolmas, Constantine Skordoulis, (2011) "Recent developments in the digital approach of symbolic dynamics", *Kybernetes*, Vol. 40 Iss: 5/6, pp.921 – 925

C. Skordoulis, T. Vitsas, V. Dafermos, E. Koleza (2009), "The System of Coordinates as an obstacle in understanding the concept of Dimension", *International Journal of Science and Mathematics*

Education, Vol. 7 (2), 253-272

Gkiolmas A., Chalkidis A., Stavrou D., Karamanos K., Papakonstantinou A. and Skordoulis C. (2012), A constructionist method for teaching teachers about basic properties of complex systems using a NetLogo model, *Constructionism 2012,* Athens, pp. 270-280

Gkiolmas A., Chalkidis A., Papaconstantinou A., Stavrou D., Karamanos K. and Skordoulis C. (2010), Teaching concepts of Complex Systems to prospective Greek Primary School teachers, with the use of NetLogo models*, MAPS2 Conference, Teaching of/with Agent-Based Models in the Social Science*, April 8th-9th, 2010, ENS ULM, Paris, France

Gkiolmas A., Chalkidis A., Papaconstantinou A., Stavrou D., Karamanos K. and Skordoulis C. (2010), Ecosystem Food Webs as Dynamic Systems: Educating Undergraduate Teachers in Conceptualizing Aspects of Food Webs' Systemic Nature and Comportment, *Proceedings of the 6th HSSS Conference,* Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS) & Univ. of the Aegean, Mytilene

Gkiolmas A., Chalkidis A., Stavrou D., Karamanos K. and Skordoulis C. (2009), The programming environment of NetLogo as a tool for introducing Greek high- school students to eco-systemic thinking, *Proceedings of 5th HSSS Conference "From Systemic Thinking to Systems Design and Systems Practice"*, Hellenic Society for Systemic Studies (HSSS) & Democritus University of Thrace, Xanthi, Greece

Stavrou D., Assimopoulos S. & Skordoulis C. (2009). *Teaching and Learning Deterministic Chaos: An Empirical Study on Pre-Service Teachers.* In: M.F. Tasar & G. Cakmakci (Eds.) Contemporary Science Education Research: Teaching (pp. 165 - 168) Ankara, Turkey: Pegem Akademi.

Aristotelis Gkiolmas and Constantine Skordoulis (2008), "Common viewpoints between Feminist Epistemologies and Chaos Theory: A Balanced Discussion", In Anna Chronaki (Edit): "Mathematics, Technologies, Education: The Gender Perspective", pp. 145-150, Thessaly University Press, Volos, Greece

Skordoulis, C., Tolias, V. & Stavrou, D. (2005). *Teaching Chaos with a Pendulum to Greek Secondary School Students*. In: Matthews M.R. (ed.), Second International Pendulum Conference, 249-258. University of New South Wales, Australia

Γκιόλμας Α., Χαλκίδης Α., Παπακωνσταντίνου Α. & Σκορδούλης Κ. (2013), Αξιοποίηση της NetLogo στη Διδασκαλία Δυο Ιδιοτήτων των Πολύπλοκων Συστημάτων στη Φύση, *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνέδριου «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία»,* ΕΤΠΕ και Παν. Πειραιά, Πειραιάς, Μάιος *(έγινε δεκτό για δημοσίευση)*

Γκιόλμας Α., Χαλκίδης Α., Παπακωνσταντίνου Α. & Σκορδούλης Κ. (2011), Χρήση απλών μορφών πολυ-πρακτορικών συστημάτων για τη διδασκαλία βασικών ιδιοτήτων των πολύπλοκων συστημάτων, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνέδριου «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία»,* ΕΤΠΕ και ΠΤΔΕ Παν. Πατρών, σ.173-183

Σταύρου Δ. & Ασημόπουλος Στ. (2011) Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην Εκπαίδευση. Στο: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 138 – 145

Ασημόπουλος Στ., Σταύρου Δ. & Σκορδούλης Κ. (2009). *Εκπαιδεύοντας Φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. σε σύγχρονες Θεωρίες της Φυσικής. Στο:* Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. & Ζουπίδης, Α. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην

Εκπαίδευση – Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών., σελ. 216 – 223.

Γκιόλμας Α., Χαλκίδης Α., Σταύρου Δ., Σκορδούλης Κ. (2008), "Το Περιεχόμενο Της Έννοιας «Πολυπλοκότητα» (Complexity) ως Χαρακτηριστικό των Οικοσυστημάτων. Η Εκπαιδευτική Αξία, και οι Στόχοι της Διδασκαλίας της", *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνέδριου της ΠΕΕΚΠΕ «Προς την Αειφόρο Ανάπτυξη: Φυσικοί Πόροι, Κοινωνία, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση»,* Ναύπλιο, Δεκέμβριος

Σταύρου Δ. & Ασημόπουλος Στ. (2008). *Χάος, Νομοτέλεια, Πρόβλεψη: Απόψεις των φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. Αθηνών για φιλοσοφικές έννοιες που εμφανίζονται στη Θεωρία Χάους.* Στο: Κ. Σκορδούλης, Θ. Νικολαΐδης, Ε. Κολέζα, Δ. Χασάπης (Επιμ.) Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική, Πρακτικά 4ης Συνάντησης Αθηνών, 28 – 30 Σεπτεμβρίου 2007, σελ. 333 – 342. Εκδόσεις Νήσος

Σ. Οικονομίδης & Κ. Σκορδούλης, (2004), «Ικανότητα επίλυσης προβλήματος στην fractal διάσταση από μαθητές της Β΄ Λυκείου", Πρακτικά 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής, Λουτράκι

Θ. Βίτσας, Κ. Σκορδούλης, Ε. Κολέζα, (2003), "Ευκλείδειες και Ημιεμπειρικές Θεωρίες: Ο ρόλος των Πειραμάτων στον Υπολογιστή (Computer Experiments)", Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Η Συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», σελ. 251-256, Αθήνα 2003

Θ. Βίτσας, Ε. Κολέζα, Κ. Σκορδούλης, (2002), "Ευκλείδειες και Ημιεμπειρικές Θεωρίες στα Μαθηματικά: Η Περίπτωση της Γεωμετρίας Φράκταλ", Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση», σελ. 337-342, Θεσσαλονίκη

Θ. Βίτσας, Ε Κολέζα, Κ. Σκορδούλης (2001): « Η έννοια της διάστασης: Ιστορική και Διδακτική προσέγγιση.» (40 Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωμετρίας, Πανεπιστήμιο Πατρών 28-30 Μαΐου 1999) Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνέδριου Γεωμετρίας: 'Η έρευνα στη Γεωμετρία και τη Διδακτική της στο κατώφλι του 21ου αιώνα', σελ. 9-20, Εκδ. Πατάκης

Θ. Βίτσας, Ε Κολέζα, Κ. Σκορδούλης (1997): « Ιστορική Εξέλιξη της έννοιας της διάστασης: Από τον Ευκλείδη στη Μορφοκλασματική Γεωμετρία.» (1ο Μεσογειακό Συνέδριο στα Μαθηματικά, 2-5 Ιανουαρίου 1997, Λευκωσία, Κύπρος.)

Κ. Σκορδούλης (1997),"Θεωρία του Χάους και Διαλεκτική", *Θέσεις* 58, 47-58

Θ. Βίτσας, Ε. Κολέζα, Κ. Σκορδούλης, (1996), "Διάσταση: Η Δυναμική Εξέλιξη μιας Έννοιας Προϋπόθεση μιας Διδακτικής Πρότασης", *Μαθηματική Επιθεώρηση* 46, 75-91

Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις

Κρυσταλλία Χαλκιά
ΠΤΔΕ, Παν/μιο Αθηνών,
kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να ανοίξει ένα βήμα διαλόγου μεταξύ των μελών της εκπαιδευτικής κοινότητας για την διδασκαλία των θεωριών φυσικής του 20ου αιώνα στο Λύκειο. Στην εργασία διερευνώνται οι προϋποθέσεις για την εισαγωγή τους στο μάθημα της φυσικής, οι δυσκολίες που παρουσιάζει το εγχείρημα αυτό, αλλά και τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσουν οι μαθητές. Το νοητικό άλμα που απαιτείται για τη μετάβαση από το κοσμοείδωλο της Νευτώνειας σκέψης στα κοσμοείδωλα που προβάλλουν οι θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα είναι τεράστιο. Από την άλλη, η παιδαγωγική τους αξία (συνειδητοποίηση της φύσης της επιστήμης και της πολιτισμικής τους διάστασης) και το έντονο ενδιαφέρον των μαθητών συνηγορούν υπέρ μιας προσπάθειας εισαγωγής τους στο Λύκειο. Στην εργασία παρουσιάζονται προτάσεις για τον διδακτικό μετασχηματισμό των κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα, καθώς και ερευνητικά δεδομένα από την εφαρμογή τους σε μαθητές του Λυκείου στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα κρίνονται ως πολύ ενθαρρυντικά, υποστηρίζοντας την ανάγκη για μια πιο καινοτόμα αντίληψη του αναλυτικού προγράμματος φυσικής στο Λύκειο.

Abstract

The present work hopes to trigger a dialogue between the members of the educational community regarding the necessity for teaching 20th century physics theories to upper secondary students. Possible requirements, teaching difficulties, as well as possible benefits for the students are discussed. The mental jump demanded for the transition from the image of the world as imposed by the Newtonian thought to the images of the world as raised by the 20th century physics theories is huge. On the other hand, the pedagogical value of these theories (realizing the nature of science and their cultural dimension) as well as the students' keen interest are in favor of examining the introduction of 20th century physics in the upper secondary education. Suggestions for the didactical transformation of the scientific content of these theories are presented, supported by research data from relevant classroom implementations in Greece. The results are very encouraging, suggesting the need for innovative interventions to the physics curriculum.

Ιστορική εισαγωγή στο θέμα

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια μιας προσπάθειας η οποία ξεκίνησε δύο χρόνια πριν, στο προηγούμενο συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ (7ο) που έγινε στην Αλεξανδρούπολη, προκειμένου να ανοίξει ένα βήμα διαλόγου μεταξύ των μελών της εκπαιδευτικής κοινότητας και της ερευνητικής κοινότητας της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών για την εισαγωγή ή μη των μεγάλων κοσμοθεωριών της Φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Για ιστορικούς λόγους θα πρέπει να αναφερθεί ότι δημοσιεύσεις σχετικές με έρευνες που αναφέρονται στον τρόπο που μαθητές της ανώτερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατανοούν έννοιες των θεωριών του 20ου αιώνα έχουν καταγραφεί στο παρελθόν από Έλληνες ερευνητές (Dimitriadi & Halkia 2012, Velentzas & Halkia 2011, 2012, Stavrou, Assimopoulos & Skordoulis 2009, Tsaparlis, & Papaphotis 2009, Stavrou, Duit, & Komorek 2008, Hatzidaki 2008, Tampakis & Skordoulis 2007, Kalkanis, Hatzidaki & Stavrou, 2003). Όμως, στο σύνολό του το θέμα ετέθη για πρώτη φορά αρχικά στο 7ο συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ στο πλαίσιο ενός συμποσίου (Χαλκιά 2011) που συγκέντρωσε αρκετούς από τους σχετικούς ερευνητές στον χώρο (Βελέντζας 2011,

Δημητριάδη 2011, Σταύρου 2011, Χατζηδάκη 2011) και για δεύτερη φορά στο 14ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΕΦ (Χαλκιά 2012) στο πλαίσιο μιας σχετικής εισήγησης.

Εισαγωγή

Το θέμα της διδασκαλίας των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής στο Λύκειο ανοίγει μια μεγάλη συζήτηση και εγείρει πολλά ερωτήματα. Οπωσδήποτε το θέμα αυτό δεν είναι απλό να συζητηθεί, ιδιαίτερα τώρα που διανύουμε μία περίοδο σύγχυσης, ασάφειας και αβεβαιότητας η οποία δεν ευνοεί τους προβληματισμούς και τη διάθεση για εισαγωγή προκλητικών και καινοτόμων θεωριών σε ένα σχολείο που φαίνεται να έχει χάσει τον προσανατολισμό του. Μάλιστα αυτό επιτείνεται αφενός από τα διάφορα σλόγκαν που τελευταίως κυκλοφορούν στο χώρο της εκπαίδευσης, όπως είναι η απαίτηση για τη «σύνδεση με την αγορά εργασίας» και αφετέρου από την για πολλά χρόνια κοινωνική απαίτηση για την με κάθε τρόπο εισαγωγή των μαθητών στην Ανώτατη Εκπαίδευση. Έτσι, αυτή η ασαφής κατάσταση που έχει δημιουργηθεί εμποδίζει την ύπαρξη ενός επί της ουσίας διαλόγου για το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών.

Επιπλέον, η εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητα της διδακτικής φυσικών επιστημών φαίνεται ότι δεν έχει λύσει ακόμα τις διαφορές της με την διδασκαλία της Νευτώνειας κοσμοθεωρίας. Πράγματι, πολλές έρευνες επιβεβαιώνουν ότι η διδασκαλία της Νευτώνειας κοσμοθεωρίας συνήθως περιορίζεται σε περιγραφικά στοιχεία και στην μαθηματική διαχείριση των εννοιών και δεν προχωρά στην αναζήτηση των επιστημολογικών παραδοχών και των συνεπαγωγών της, πράγμα που θα απαιτούσε από τους/τις μαθητές/τριες να προβληματιστούν και να ασκηθούν σε λεπτούς και πειθαρχημένους συλλογισμούς και ως εκ τούτου να οικοδομήσουν ένα συνεκτικό εννοιολογικό πλαίσιο κατανόησης της θεωρίας.

Δεδομένης της παραπάνω κατάστασης, οι οποιεσδήποτε προτάσεις για τη διδασκαλία των μεγάλων «αφηγήσεων» της Φυσικής του 20ου αιώνα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση θα πρέπει να προβλέπουν την ένταξή τους σε ένα μάλλον αφιλόξενο περιβάλλον. Το περιβάλλον αυτό διαμορφώνεται από ανασφαλείς και αμήχανους εκπαιδευτικούς, από αδιάφορους έως και εχθρικούς προς τη γνώση που προσφέρει το σχολείο μαθητές, καθώς και από μια καθηλωμένη από τους οικονομικούς περιορισμούς και χωρίς όραμα εκπαιδευτική ηγεσία. Όμως, στη δύσκολη εποχή που ζούμε ίσως χρειάζεται να αντιδράσουμε ανατρέχοντας στις πολιτισμικές βάσεις της φυσικής, οι οποίες θα μας βοηθήσουν να επανατοποθετηθούμε απέναντι στο γνωστικό αντικείμενό μας και να αντικρίσουμε με δυναμισμό, μαχητικότητα και αισιοδοξία το εκπαιδευτικό περιβάλλον στο οποίο λειτουργούμε.

Εκπαιδευτική κοινότητα και κοσμοθεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα

Το θέμα της διδασκαλίας των θεωριών φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν φαίνεται να έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την εκπαιδευτική κοινότητα, η οποία συνήθως το αντιμετωπίζει με πρόδηλη αμηχανία. Το απαιτούμενο άλμα από τον διδακτικό χειρισμό της Νευτώνειας σκέψης στον διδακτικό χειρισμό της επιστημονικής «σκέψης» του 20ου αιώνα φαίνεται άλλοτε να τρομάζει και άλλοτε να αφήνει αδιάφορους τους εκπαιδευτικούς. Και όμως, η προσπάθεια εξοικείωσης των μαθητών με τις θεωρίες φυσικής του 20ου αιώνα είναι απαραίτητη για να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης, και να εκπαιδευτούν στο ευρύτερο πεδίο της φυσικής (Χαλκιά 2011).

Οι όποιες επιφυλάξεις των ερευνητών της εκπαιδευτικής κοινότητας που κατά καιρούς εκφράζονται, ίσως οφείλονται στο γεγονός ότι οι θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα είναι πολύ απομακρυσμένες από την αριστοτέλεια σκέψη που διέπει τη σκέψη πολλών

μαθητών, αλλά ακόμη και από τη νευτώνεια σκέψη την οποία, όπως έχει δείξει η έρευνα, δεν έχουν κατακτήσει πολλοί από τους μαθητές του Λυκείου. Ένας επιπλέον λόγος είναι ότι ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται από διαφορετικές σχολές επιστημονικές σκέψης, που κάθε μία από αυτές εκφράζει μια διαφορετική κοσμοθεωρία και κινείται σε διαφορετικό επιστημολογικό και οντολογικό επίπεδο (Χαλκιά 2011).

Η κατανόηση των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα απαιτεί την απομάκρυνση από την αισθητηριακή εμπειρία, την εγκατάλειψη της κοινής λογικής και την ικανότητα διαχείρισης διαφορετικών θεωριών (και συνεπώς εννοιολογικών σχημάτων) που κάθε μία από αυτές αναφέρεται σε διαφορετική κλίμακα διαστάσεων του κόσμου μας.

20ος αιώνας: Ο αιώνας των μεγάλων «αφηγήσεων» της φυσικής

Ο 20ος αιώνας ήταν ένας πλούσιος σε γεγονότα αιώνας που χαρακτηρίστηκε από δύο Παγκοσμίους Πολέμους, από ευρύτερες ανακατατάξεις σε πολιτικά συστήματα και από ανακατανομές εδαφών. Επίσης σημαδεύτηκε από κινήματα στην τέχνη, αλλά και από τη διατύπωση μεγάλων κοσμοθεωριών στη φυσική. Πώς όμως προέκυψαν οι θεωρίες αυτές και ποια ήταν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους;

Οι μεγάλες κοσμοθεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα και το ευρύτερο κοινωνικο-πολιτισμικό περιβάλλον της εποχής

Όπως προαναφέρθηκε, ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται από διαφορετικές σχολές επιστημονικής σκέψης, που κάθε μία από αυτές εκφράζει μια διαφορετική κοσμοθεωρία και κινείται σε διαφορετικό επιστημολογικό και οντολογικό επίπεδο. Οι κοσμοθεωρίες αυτές αντανακλούν τους προβληματισμούς που επικρατούν στο ευρύτερο κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο της εποχής (Χαλκιά 2011). Πράγματι, οι κοινωνικές ανακατατάξεις που σημειώνονται τον 20ο αιώνα δημιουργούν τις προϋποθέσεις για τη ρήξη με το παλιό και την ανάγκη για τη νεωτερική σκέψη. Αυτό απεικονίζεται σε όλους τους τομείς της επιστήμης, αλλά και της τέχνης. Στο πεδίο της φυσικής ξεκινά η ρήξη με τον παλιό τρόπο σκέψης (τη νευτώνεια φυσική) και η αναζήτηση της νέας κοσμοθεωρίας. Τα πράγματα όμως, όπως αποδείχθηκε, δεν ήταν και τόσο απλά.

Στις αρχές του 20ου αιώνα, μετά τη βιομηχανική επανάσταση και τις αλλαγές που επήλθαν σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο, επικρατούσε αισιοδοξία και απόλυτη πίστη στις δυνατότητες της επιστήμης. Ο κόσμος αναζητούσε το καινούργιο και ήταν έτοιμος να δεχτεί μια νέα ανατρεπτική κοσμοθεωρία. Η Θεωρία της Σχετικότητας του προσφέρει το εντυπωσιακό και το καινούργιο. Έχει ως προνομιακό χώρο μελέτης κυρίως τον μεγάκοσμο. Προσφέρει μια νέα κοσμοθεωρία στο πλαίσιο του ντετερμινισμού, χτίζοντας μία νέα ενιαία εικόνα του φυσικού κόσμου. Ταυτόχρονα όμως, προκαλεί μεγάλες ανατροπές στην έως τότε θεώρησή μας για έννοιες της κλασσικής φυσικής: αμφισβητεί τη θέση του προνομιακού παρατηρητή, αλλάζει την αντίληψή μας για το χώρο και το χρόνο προτείνοντας την ενιαία θεώρησή τους, εισάγει την έννοια της σχετικότητας στο πώς αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο κ.λ.π.

Λίγο αργότερα, στο διάστημα του μεσοπολέμου και λίγο πριν το οικονομικό κραχ, η ανθρωπότητα βιώνει την αβεβαιότητα, την ανασφάλεια και την απροσδιοριστία της εποχής. Η κοινότητα των φυσικών βρίσκεται σε αδιέξοδο, προσπαθώντας να κατανοήσει τις θεμελιώδεις ιδιότητες της ύλης. Έχει να αντιμετωπίσει δυσεπίλυτα ζητήματα, όπως είναι η αλληλεπίδραση ύλης και ακτινοβολίας. Ταυτόχρονα στη Γερμανία και στον ακαδημαϊκό κόσμο της Βαϊμάρης (δημοκρατία της Βαϊμάρης), κυριαρχούσε η νεορομαντική υπαρξιστική αντίληψη της Φιλοσοφίας της Ζωής και ο ανορθολογισμός που τη συνόδευε (Φόρμαν 2012). Στο πλαίσιο αυτό, η Κβαντική Θεωρία βυθίζεται στο

υποατομικό επίπεδο προσπαθώντας να μελετήσει τον αόρατο μικρόκοσμο και υπονομεύει τον ντετερμινισμό με τον κεντρικό ρόλο που αποδίδει στην πιθανότητα. Προκαλεί την εντονότερη ρήξη με την κλασσική φυσική από όλες τις θεωρίες του 20ου αιώνα, διατυπώνει την αρχή της απροσδιοριστίας και αμφισβητεί τη δυνατότητα μιας ενιαίας αναπαράστασης του φυσικού κόσμου (όπως θα υπαγόρευε ο ντετερμινιστικός τρόπος σκέψης). Με την εισαγωγή της έννοιας της συμπληρωματικότητας η καλύτερη γνώση του φυσικού κόσμου επιτυγχάνεται με τη συνεκτίμηση των διαφόρων ανεξάρτητων περιγραφών του.

Αρκετά χρόνια αργότερα, μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, το 1960 και τη σχετική αισιοδοξία που ακολουθεί, η ανάγκη για ορθολογισμό επιστρέφει, αλλά σε μία ανθρωπότητα που αντιμετωπίζει έναν πολύπλοκο κόσμο και προβλήματα που έχουν σύνθετες συμπεριφορές. Η επίλυσή τους απαιτεί συνήθως συνδυασμό γνώσεων από διάφορα πεδία. Η Θεωρία του Χάους μελετά τα πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα και την αλληλεπίδραση της τυχαιότητας και νομοτέλειας στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα. Με τα συστήματα αυτά επιτυγχάνει να περιγράψει το ντετερμινιστικό χάος. Είναι μία διαθεματική θεωρία που αναφέρεται στον μακρόκοσμο (ή μεσόκοσμο) και πέτυχε να δώσει επιτυχείς προβλέψεις με πολλές εφαρμογές σε καθημερινό επίπεδο, όπως είναι η εξέλιξη των καιρικών φαινομένων, η συμπεριφορά της καρδιάς, η λειτουργία του συγκοινωνιακού συστήματος, οι διακυμάνσεις στους πληθυσμούς των ζώων, η στροβιλώδης ροή των ρευστών, κ.λπ.

Τα νοητικά πειράματα οργανικά στοιχεία των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα

Εγγενές χαρακτηριστικό των θεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα και ειδικότερα της Θεωρίας της Σχετικότητας και της Κβαντικής Θεωρίας αποτελούν τα νοητικά πειράματα. Οι θεωρίες αυτές, πέρα από την δεδομένη μαθηματική περιγραφή τους, έγιναν γνωστές από τα διάσημα νοητικά πειράματά τους. Ίσως δεν είναι υπερβολικό να πούμε ότι τα νοητικά πειράματα μαζί με τα μαθηματικά συγκροτούν τη γλώσσα των δύο κοσμοθεωριών.

Τα νοητικά πειράματα λειτούργησαν ως εργαλεία σκέψης για τους επιστήμονες της εποχής οι οποίοι μελετούσαν καταστάσεις σε κλίμακες έξω από εκείνες της καθημερινής ζωής. Οι συγκεκριμένοι επιστήμονες σχεδίασαν νοητικά πειράματα για να σκεφτούν πάνω σε ένα φανταστικό σενάριο με στόχο να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν μία υπόθεση ή θεωρία (Gendler 2000). Ως εκ τούτου, είναι πειράματα που σχεδιάστηκαν για να εκτελεστούν όχι σε πραγματικές συνθήκες, αλλά στο μυαλό (Βελέντζας 2013, Mach 1976, Brown 1991, Sorensen 1992).

Όμως, τα νοητικά πειράματα εκτός από εργαλεία σκέψης, λειτούργησαν και ως εργαλεία επικοινωνίας. Πράγματι, οι επιστήμονες που καθόρισαν τις δύο κοσμοθεωρίες των αρχών του 20ου αιώνα σχεδίασαν νοητικά πειράματα και για να επικοινωνήσουν με άλλους συναδέλφους τους, προκειμένου να τους εξηγήσουν τη βασικά σημεία της θεωρίας τους ή για να αμφισβητήσουν βασικά σημεία της θεωρίας άλλων, δηλαδή με στόχο να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα τη σκέψη άλλων επιστημόνων (Blown & Bryce 2012, Velentzas & Halkia 2011). Επιπλέον, όμως σχεδίασαν νοητικά πειράματα με στόχο να επικοινωνήσουν με το ευρύ κοινό, δηλαδή είτε για να παρουσιάσουν τη θεωρία τους στο ευρύ κοινό, είτε για να παρουσιάσουν θεωρίες του 20ου αιώνα στο ευρύ κοινό (Velentzas & Halkia 2011). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο Einstein (1961), οι Einstein & Infeld 1938, ο Gamow (1990) και οι Ladau και Rumer (1960). Μάλιστα, όπως επισημαίνει ο Galili (2009), τα νοητικά πειράματα «αντιπροσωπεύουν την χαριτωμένη και μοναδική φύση της επιστημονικής δραστηριότητας για την οποία οι επιστήμονες είναι υπερήφανοι».

Συνοψίζοντας, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι βασικά δυναμικά στοιχεία των νοητικών πειραμάτων είναι ότι χρησιμοποιούν απλή γλώσσα, βασίζονται στην αφήγηση, έχουν μεγάλη αναπαραστατική δύναμη και προκαλούν την φαντασία. Τα στοιχεία αυτά βοηθούν ώστε τα νοητικά πειράματα να καταστούν αφενός αποτελεσματική γέφυρα επικοινωνίας μεταξύ της ερμητικά κλεισμένης επιστημονικής κοινότητας και του ευρύ κοινού και αφετέρου σημαντικά διδακτικά εργαλεία (Klassen 2006).

Η παιδαγωγική αξία των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα

Ένα βασικό ερώτημα που προκύπτει για την εισαγωγή των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα στο Λύκειο έχει να κάνει με το κατά πόσον η διδασκαλία αυτών των σύνθετων θεωριών έχει να συνεισφέρει στον εμπλουτισμό του γνωσιακού και πολιτισμικού «κεφαλαίου» του μαθητικού πληθυσμού. Διάφοροι λόγοι μπορούν να συνηγορήσουν υπέρ της εισαγωγής αυτών των θεωριών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μερικοί από τους οποίους είναι:

α) Η γνωριμία με την ιστορία της φυσικής και τη φύση της επιστήμης

Οι κοσμοθεωρίες της Φυσικής του 20ου αιώνα, όπως είναι η Θεωρία της Σχετικότητας, η Κβαντική Θεωρία και η Θεωρία του Χάους, ανήκουν στην πρόσφατη ιστορία της Φυσικής, την οποία το μάθημα της φυσικής δεν μπορεί να αγνοεί. Η έκθεση των μαθητών στις κοσμοθεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα τους βοηθά να διαπιστώσουν διάφορες διαστάσεις της φύσης της επιστήμης. Πράγματι, το γεγονός ότι παρά τις προσπάθειες της επιστημονικής κοινότητας, δεν κατέστη ακόμη δυνατόν να φιλοτεχνηθεί μία κοσμοθεωρία αλλά απαιτούνται πολλαπλές «αφηγήσεις» για την κατανόηση του κόσμου μας, που καθεμιά αναφέρεται σε διαφορετική κλίμακα και βασίζεται σε διαφορετικές οντολογικές παραμέτρους, βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η επιστήμη είναι ανθρώπινη κατασκευή (Fullbrook 2007). Επιπλέον, μέσω των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συνειδητοποιήσουν και ένα άλλο από τα πλέον βασικά χαρακτηριστικά της φύσης της επιστήμης, που είναι η δημιουργική και ευφάνταστη πλευρά της (Lederman et al. 2005).

Η πλευρά αυτή φαίνεται να αποκαλύπτεται ιδιαίτερα μέσω των νοητικών πειραμάτων που αποτελούν οργανικό στοιχείο των θεωριών του 20ου αιώνα (Galili 2009, Velentzas, Halkia & Skordoulis 2007). Η παιδαγωγική αξία των νοητικών πειραμάτων επισημαίνεται και από τους Reiner & Burko (2003), καθώς τα νοητικά πειράματα είναι εγγενή της σκέψης της φυσικής επιστήμης και βοηθούν τους μαθητές να εξοικειωθούν με την κουλτούρα της φυσικής, να αναπτύξουν λεπτούς συλλογισμούς και να αποκτήσουν εργαλεία επιχειρηματολογίας.

β) Η αναγκαιότητα υπέρβασης της κοινής λογικής και της αισθητηριακής εμπειρίας για την κατανόηση του κόσμου

Επιπλέον, οι κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα απαιτούν την ανατροπή (υπέρβαση) της αισθητηριακής εμπειρίας όπως προκύπτει από την καθημερινή ζωή (Dimitriadi & Halkia 2012). Ως εκ τούτου, οι μαθητές που θα διδαχθούν τις θεωρίες αυτές θα έρθουν αντιμέτωποι με το γεγονός ότι μία κοσμοθεωρία μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με την κοινή λογική και την καθημερινή εμπειρία. Για παράδειγμα, στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας (ΕΘΣ) οι μαθητές θα πρέπει να αποδεχθούν ότι ο φυσικός κόσμος δεν μπορεί να ερμηνεύεται με απόλυτους όρους, δεδομένου ότι οι μετρήσεις του χρόνου και χώρου εξαρτώνται από τη σχετική κίνηση του αντικειμένου και του παρατηρητή, ενώ στην

Κβαντική Θεωρία (ΚΘ) θα πρέπει να αποδεχθούν την κυματοσωματιδιακή φύση του φωτός, κ.ο.κ. Για να μπορέσουν δε να οικοδομήσουν τη σχετική γνώση θα χρειαστεί να αξιοποιήσουν την φαντασία τους, να αναπτύξουν την κριτική ικανότητά τους και να αποκτήσουν στάση που θα τους καθιστά έτοιμους να αποδέχονται απρόσμενες καταστάσεις (Angotti et al. 1978). Δηλαδή, οι μαθητές θα ασκηθούν στο γεγονός ότι συχνά η υιοθέτηση λειτουργικών ερμηνευτικών πλαισίων για τον κόσμο απαιτεί υπέρβαση του προφανούς.

γ) Η συνειδητοποίηση της πολιτισμικής διάστασης της επιστήμης

Το μάθημα της φυσικής όπως διδάσκεται στις σχολικές αίθουσες δύσκολα αποκαλύπτει την επίδραση της επιστήμης στον ανθρώπινο πολιτισμό, πράγμα που δημιουργεί την αίσθηση στους μαθητές ότι η φυσική είναι μια συγκέντρωση δεδομένων και «στεγνών» πληροφοριών για τον φυσικό κόσμο. Όμως, οι μεγάλες αφηγήσεις (κοσμοθεωρίες) της φυσικής του 20ου αιώνα βοηθούν να αποκαλυφθεί ακριβώς αυτή η σχέση, εφόσον είχαν τεράστια επίδραση τόσο στην φιλοσοφία όσο και στην τέχνη (Arriassecq and Greca 2012). Οι φυσικοί, όπως και οι καλλιτέχνες, του 20ου αιώνα αλληλεπιδρούν με την κοινωνία, επηρεάζονται από τις πολιτικές και ιδεολογικές αντιπαραθέσεις της εποχής και δημιουργούν ερμηνευτικά πλαίσια για τον φυσικό κόσμο που θέτουν φιλοσοφικά ερωτήματα (π.χ. για τον χώρο και χρόνο). Την παράλληλη σχέση μεταξύ των διαφόρων κινημάτων της τέχνης (όπως του κυβισμού, του ντανταϊσμού, του σουρεαλισμού), της λογοτεχνίας και των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής έχουν αναδείξει διάφοροι ερευνητές (Arriassecq and Greca 2012, Parkinson 2008, Miller 2001, Shlain 2001, Kirchhoff & Matheson 1997). Κεντρικό ζήτημα στις αναζητήσεις όλων αποτελεί ο νέος τρόπος αναπαράστασης και ερμηνείας διαφόρων οντοτήτων (όπως π.χ. ο χώρος και ο χρόνος) που πια καθίσταται φανερό ότι δεν έχουν το ίδιο νόημα όπως εκείνο που διαισθητικά αντιλαμβανόμαστε μέσω των αισθήσεων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κοινού προβληματισμού αποτελούν «Οι δεσποινίδες της Αβινιόν» του Πικάσο και η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας του Αϊνστάιν (Miller 2001, Shlain 2001). Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι η γνώση των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα θα βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ένα μεγάλο μέρος της πολιτισμικής παραγωγής του 20ου αιώνα, παρέχοντάς τους τα ερμηνευτικά εργαλεία για την ανάλυση πολλών εμβληματικών έργων τέχνης και λογοτεχνίας (Dimitriadi & Halkia 2012, Arriassecq and Greca 2012). Έτσι, ίσως μαζί με την πιθανή εισαγωγή των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα στην εκπαίδευση θα πρέπει να δει κανείς και τη διαμόρφωση και άλλων γνωστικών αντικειμένων (λογοτεχνία, τέχνη, ιστορία, κ.λπ.) που σε συνεργασία θα μπορούσαν να δώσουν στους μαθητές μια πιο ολοκληρωμένη αίσθηση για τον 20ο αιώνα και τον πολιτισμό εν γένει.

δ) Οι κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα αφορμή για τη δημιουργία θετικής στάσης προς την επιστήμη

Η διδασκαλία των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα μπορεί να προκαλέσει στους μαθητές μια αίσθηση θαυμασμού, ενθουσιασμού και ενδιαφέροντος για την επιστήμη. Διατρέχοντας κανείς τις κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα διαπιστώνει ότι η διαμόρφωσή τους στους κόλπους την ερευνητικής κοινότητας είναι γεμάτη από περιπέτειες, μυστήριο και μια απρόσμενη πολυπλοκότητα, πράγμα που είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για τους μαθητές (Shabajee & Postlethwaite 2000). Η απρόσμενη συμπεριφορά των οντοτήτων του μικρόκοσμου, του μακρόκοσμου και του μεγάκοσμου, προξενεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια στους μαθητές, καθώς και τη διάθεση να εμπλακούν στην προσπάθεια για την

κατανόηση τους (Dimitriadi & Halkia 2012). Επιπλέον, δημιουργεί μία δια-βίου θετική στάση προς την επιστήμη και τον συνεχή της διάλογο με τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Προσπάθειες διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης των κοσμοθεωριών του 20ου αιώνα σε σχολική γνώση

Παραπάνω έγινε μια προσπάθεια αποτύπωσης της παιδαγωγικής αξίας που θα μπορούσε να έχει η διδασκαλία της φυσικής του 20ου αιώνα στο Λύκειο. Όμως, τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά. Παρά το όφελος που μπορεί να έχουν για την εκπαίδευση οι κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα έχουν και κάποιες εγγενείς δυσκολίες, που απορρέουν από τον ισχυρά αφαιρετικό χαρακτήρα τους και από το γεγονός ότι συνήθως αναφέρονται σε κλίμακες εκτός της καθημερινής αισθητηριακής εμπειρίας. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει ακόμη επαρκής ερευνητική εμπειρία για την εισαγωγή τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υπάρχουν στον διεθνή χώρο ερευνητές οι οποίοι έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό και έχουν επιχειρηματολογήσει υπέρ της εισαγωγής τους στο αναλυτικό πρόγραμμα ακόμη και για ηλικίες μικρότερες των 16 ετών (Shabajee and Postlethwaite 2000).

Η προσπάθεια διδακτικού μετασχηματισμού τους σε σχολική επιστήμη αποτελεί πρόκληση για την εκπαιδευτική ερευνητική κοινότητα (Χαλκιά 2011). Η κατανόησή τους απαιτεί συνήθως σοβαρή υπέρβαση της καθημερινής αισθητηριακής εμπειρίας, ενώ οι εφαρμογές τους οδηγούν σε συνέπειες που προκαλούν τον κοινό νου, σε βαθμό που πολλές φορές οι μαθητές να μην μπορούν να διακρίνουν τα όρια μεταξύ επιστημονικής σκέψης και επιστημονικής φαντασίας. Αυτό βέβαια είναι το δυνατό αλλά και το αδύνατο σημείο τους για την διδακτική ενσωμάτωσή τους. Φαίνονται ελκυστικές για τους μαθητές, αλλά ως επινοήσεις για την ερμηνεία της λειτουργίας ενός φανταστικού κόσμου, που βρίσκεται πολύ μακριά από τον «πραγματικό» κόσμο μας. Έτσι, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι προϋποθέσεις για την διδακτική πραγμάτευσή τους. Η νοητική διαχείρισή τους απαιτεί τη χρήση αφαιρετικής σκέψης, τη δυνατότητα προβολής σε ασύλληπτα -για τον κοινό νου- μεγέθη (ταχύτητες, αποστάσεις, μάζες, κ.λπ.), την αποδοχή της αβεβαιότητας και την έννοια της συμπληρωματικότητας, την αξιοποίηση της μη γραμμικότητας και της μη προβλεψιμότητας, ως βασικών στοιχείων ερμηνείας των φαινομένων ακόμη και του καθημερινού κόσμου μας.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε κάποιες πρώτες απόπειρες διδακτικού μετασχηματισμού θεωριών φυσικής του 20ου αιώνα που έγιναν σε ερευνητικό επίπεδο στην Ελλάδα. Οι απόπειρες αυτές αναφέρονται στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, στη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας (Αρχή της ισοδυναμίας) και στην Κβαντική Θεωρία (Αρχή της Απροσδιοριστίας) (Dimitriadi & Halkia 2012, Velentzas & Halkia 2011, 2013).

Τα βασικά βήματα του διδακτικού μετασχηματισμού που ακολουθήσαμε στις προαναφερόμενες ερευνητικές εργασίες ήταν:

α. Προσδιορισμός και καταγραφή των εννοιολογικών βημάτων που ακολουθούν τα ελληνικά και διεθνή Πανεπιστημιακά βιβλία φυσικής για κάθε κοσμοθεωρία. Εστίαση στις κομβικές έννοιες της κάθε θεωρίας.

β. Επιλογή της ποιοτικής έναντι της ποσοτικής προσέγγισης της κάθε θεωρίας. Η ποιοτική προσέγγιση θεωρούμε ότι είναι απαραίτητη για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, διότι διαφορετικά ο εννοιολογικός φόρτος που απαιτείται για τη διαχείριση των μαθηματικών εννοιών λειτουργεί ως ανάχωμα για την ουσιαστική κατανόηση των κομβικών εννοιών. Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές συνήθως είτε

παραμένουν στον μαθηματικό χειρισμό των σχέσεων και δεν προχωρούν στην ποιοτική κατανόηση των εννοιών, είτε βαριούνται, απογοητεύονται και εγκαταλείπουν την προσπάθεια. Συνεπώς, θεωρούμε ότι η ποιοτική προσέγγιση είναι απαραίτητη για μια πρώτη επαφή των μαθητών με τις θεωρίες φυσικής του 20ου αιώνα. Η ποιοτική προσέγγιση των θεωριών επιτυγχάνεται μέσω των νοητικών πειραμάτων, τα οποία όπως ήδη έχουμε επισημάνει παρουσιάζουν σημαντικά επικοινωνιακά και διδακτικά πλεονεκτήματα. Επιπλέον, επειδή όπως επισημαίνει η Nersessian (1992), τα νοητικά πειράματα είναι τα βασικά εργαλεία μέσω των οποίων οι επιστήμονες αλλάζουν τις εννοιολογικές δομές τους, μπορούν να λειτουργήσουν ως εξαιρετικά διδακτικά εργαλεία για οποιαδήποτε διδακτική παρέμβαση σχετική με τις κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα.

γ. Εντοπισμός των διδακτικών εργαλείων (νοητικών πειραμάτων) μέσω των οποίων θα προσεγγιστεί η θεωρία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα νοητικά πειράματα *Το τρένο του Einstein*, *Το ρολόι του φωτός του Einstein*, *Ο ανελκυστήρας του Einstein*, *Το μικροσκόπιο του Heisenberg*.

δ. Αξιοποίηση των εκλαϊκευτικών κειμένων που έγραψαν γνωστοί επιστήμονες με στόχο να επικοινωνήσουν με το ευρύ κοινό και να του γνωστοποιήσουν τις νέες θεωρίες. Χρησιμοποιήθηκαν κείμενα και νοητικά πειράματα από τα βιβλία των Einstein (1961), Einstein & Infeld (1938), Gamow (1990) Landau & Rumer (1960). Βασικά στοιχεία αυτών των κειμένων είναι η αξιοποίηση αφηγηματικών τεχνικών, η χρήση μεταφορών και αναλογιών, η εκφορά τους μέσω απλής γλώσσας (αποφυγή σύνθετων όρων, ελάχιστη χρήση μαθηματικού φορμαλισμού), κ.λπ. Τα στοιχεία αυτά τα καθιστούν ιδιαίτερα ελκυστικά στους μαθητές (Holbrow 2012, Halkia & Mantzouridis 2006, Klassen 2006). Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε να χρησιμοποιηθούν κείμενα γνωστών φυσικών ώστε να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα της μετασχηματισμένης από επιστημονική σε δημόσια γνώση.

ε. Εντοπισμός των ιδεών των μαθητών για τις υπό μελέτη έννοιες στη διεθνή βιβλιογραφία ή ανίχνευσή τους με σχετική έρευνα. Έννοιες και όροι που θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσκολίες στους μαθητές δεν χρησιμοποιήθηκαν. Για παράδειγμα, ο όρος «σύστημα αναφοράς» δεν χρησιμοποιήθηκε. Οι μαθητές διατύπωσαν τα επιχειρήματά τους από τη πλευρά δύο παρατηρητών, όπου ο ένας κινείται με σταθερή ταχύτητα σε σχέση με τον άλλο (Dimitriadi & Halkia 2012). Επίσης, έγινε προσπάθεια να μην παρουσιαστούν οι συνέπειες των δύο αξιωμάτων της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας ως περίεργα και παράξενα φαινόμενα, αλλά αντίθετα να προκύψουν με απλά παραδείγματα και να αιτιολογούνται από την εφαρμογή των δύο αξιωμάτων. Έτσι, οι μαθητές δεν θεώρησαν τις συνέπειες ως ιδιαιτερότητες των παρατηρητών που αντιλαμβάνονται διαφορετικά το χώρο και το χρόνο (λάθος πρόσληψη των σχετικών εννοιών μέσω των αισθήσεων). Προς αυτή την κατεύθυνση οι όροι «συστολή μήκους» και «διαστολή χρόνου» δεν χρησιμοποιήθηκαν, αλλά προέκυψαν ως συμπέρασμα ότι το μήκος και ο χρόνος είναι σχετικές έννοιες (Dimitriadi & Halkia 2012).

στ. Σχεδιασμός διδακτικής-μαθησιακής σειράς για τη διδασκαλία μιας θεωρίας ή μιας αρχής, βασισμένη στα εννοιολογικά βήματα και στις κομβικές έννοιες, όπως είχαν καταγραφεί από τη διερεύνηση της σχετικής βιβλιογραφίας.

ζ. Σχεδιασμός φύλλων εργασίας, βασισμένων πάνω στις εντοπισμένες δυσκολίες των μαθητών, με την χρήση κατάλληλων αποσπασμάτων από τα εκλαϊκευτικά κείμενα που προαναφέραμε (μετασχηματισμός της δημόσιας γνώσης σε σχολική γνώση).

Μεθοδολογία έρευνας

Η πειραματική παρέμβαση
Και στις δύο έρευνες που προαναφέραμε ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:
α) Σε κάθε μία έρευνα συμμετείχαν 40 μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των 3-4 ατόμων από διάφορα σχολεία της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας.
β) Στόχος των ερευνών ήταν η ανίχνευση των μαθησιακών διαδικασιών των μαθητών σε σχέση α) με τα δύο αξιώματα της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας και με τις συνέπειές τους (σχετικότητα του ταυτοχρονισμού, διαστολή του χρόνου, συστολή του μήκους (Dimitriadi & Halkia 2012) και β) με την Αρχή της Ισοδυναμίας (Γενική Θεωρία της Σχετικότητας) μέσω του νοητικού πειράματος *Ο ανελκυστήρας του Einstein* (Velentzas & Halkia 2013), και γ) με την Αρχή της Απροσδιοριστίας (Κβαντική Θεωρία) μέσω του νοητικού πειράματος *Το μικροσκόπιο του Heisenberg* (Velentzas & Halkia 2011).
γ) Η μέθοδος παρέμβασης ήταν το διδακτικό πείραμα, μία μέθοδος κλινικής συνέντευξης όπου ο ερευνητής λειτουργεί και ως δάσκαλος, με στόχο την ανάδειξη και ερμηνεία των ατομικών ερμηνευτικών πλαισίων των μαθητών (Komorek & Duit 2004).

Η συλλογή των δεδομένων και η μεθοδολογία ανάλυσή τους
α) Όλες οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν και απομαγνητοφωνήθηκαν. Ακολούθως έγινε ποιοτική ανάλυση των δεδομένων με στόχο να αναδειχθούν οι μαθησιακές διαδικασίες των μαθητών και οι δυσκολίες που συναντούν στη νοητική επεξεργασία των ερωτημάτων.
β) Ένα μετά-τεστ δόθηκε στους μαθητές 15 ημέρες έως 1 μήνα αργότερα, προκειμένου να διαπιστωθεί η σταθερότητα της αποκτηθείσας γνώσης.

Αποτελέσματα
Θα παρουσιαστούν εν συντομία τα βασικότερα αποτελέσματα των δύο ερευνών:
Α) Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας (Dimitriadi & Halkia 2012)
Οι μαθητές μπόρεσαν: α) να κατανοήσουν τις βασικές ιδέες της θεωρίας σχετικά με τα δύο αξιώματα, β) να διαχειριστούν τις συνέπειες της θεωρίας (σχετικότητα του ταυτοχρονισμού, σχετικότητα του μήκους, σχετικότητα του χρόνου).
Οι μαθητές συνάντησαν κάποιες δυσκολίες που συνδέονταν με τις ιδέες τους σχετικά με το ότι: α) υπάρχει ένα απόλυτο σύστημα αναφοράς, β) τα αντικείμενα έχουν σταθερές (αμετάβλητες) ιδιότητες, γ) ισοδυναμία των παρατηρητών σημαίνει είτε ομοιότητα είτε ισοδυναμία των δυνατοτήτων τους, και δ) υπάρχει ένας προνομιακός παρατηρητής.
Β) Αρχή της ισοδυναμίας/Γενική Θεωρία της Σχετικότητας (Velentzas & Halkia 2013)
Οι μαθητές μέσω του νοητικού πειράματος «Ο ανελκυστήρας του Einstein» μπόρεσαν: α) να εξαγάγουν το συμπέρασμα ότι η επιτάχυνση προς τα πάνω /κάτω στη Γη προσθέτει/αφαιρεί βαρύτητα και στη συνέχεια να «οδηγηθούν νοητικά» στις συνθήκες έλλειψης βαρύτητας, β) να συμπεράνουν ότι η επιτάχυνση εκτός βαρυτικού πεδίου «μιμείται» τη βαρύτητα, να διατυπώνουν την Αρχή της Ισοδυναμίας και να δίνουν εξηγήσεις για σχετικά φαινόμενα, και γ) να οδηγηθούν στην συνέπεια της Αρχής της Ισοδυναμίας ότι το φως εκτρέπεται από τη δράση βαρυτικού πεδίου.
Γ) Αρχή της απροσδιοριστίας/Κβαντική Θεωρία (Velentzas & Halkia 2011)
Οι μαθητές μέσω του νοητικού πειράματος «Το μικροσκόπιο του Heisenberg" μπόρεσαν να οδηγηθούν στην διατύπωση της Αρχής της Απροσδιοριστίας (ΑΑ) και να είναι σε θέση να δίνουν εξηγήσεις για το νόημα και για συνέπειες αυτής της αρχής.
Ειδικότερα οι μαθητές μπόρεσαν: α) να διατυπώνουν την Αρχή της Απροσδιοριστίας, β) να εξηγούν ότι η Αρχή της Απροσδιοριστίας δεν είναι συνέπεια ατέλειας συσκευών αλλά γενική αρχή στη φύση, γ) να εφαρμόζουν την Αρχή της Απροσδιοριστίας και να εξηγούν

ότι οι επιπτώσεις της είναι εμφανείς στο μικρόκοσμο, δ) να υποστηρίζουν, αντίθετα με την αρχική τους άποψη, ότι η τροχιά σωματιδίου είναι αδύνατο να προσδιοριστεί ως απείρως λεπτή γεωμετρική γραμμή. Ωστόσο περισσότεροι από τους μισούς μαθητές δεν αμφισβητούσαν την ύπαρξη μιας τέτοιας τροχιάς.

Συμπεράσματα

Από τον συνδυασμό των αποτελεσμάτων των δύο ερευνών προκύπτει ότι η παραπάνω προτεινόμενη μέθοδος για τη διδασκαλία των δύο μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα σε μαθητές Λυκείου είχε πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Οι μαθητές συμμετείχαν με προθυμία και θετική διάθεση στην όλη διαδικασία. Το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν εκλαϊκευτικά κείμενα με βασικό το στοιχείο της αφήγησης, έγινε ελάχιστη χρήση μαθηματικού φορμαλισμού, αποφεύχθηκαν οι σύνθετοι όροι και οι μαθητές λειτούργησαν σε ομάδες, φαίνεται ότι βοήθησε τους μαθητές να διαχειριστούν σε ικανοποιητικό βαθμό σύνθετες θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα. Είναι σημαντικό ότι οι μαθητές μπόρεσαν να φτάσουν νοητικά σε καταστάσεις που υπερβαίνουν σημαντικά την καθημερινή εμπειρία, να αμφισβητήσουν την "προνομιακή" τους θέση στον κόσμο και να μάθουν να "βιώνουν αβεβαιότητες".

Οπωσδήποτε, για την εισαγωγή των κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση θα πρέπει να γίνει πολύ πιο συστηματική έρευνα που να αξιοποιεί τις υπάρχουσες ερευνητικές προτάσεις και να τολμήσει να υπερβεί παγιωμένες αντιλήψεις περί διδασκαλίας της φυσικής.

Βιβλιογραφία

Βελέντζας, Α. & Χαλκιά Κ. (2011). Προτάσεις για τη Διδασκαλία Νόμων και Αρχών της Φυσικής του 20ου Αιώνα στο Λύκειο με την Αξιοποίηση Ιστορικών Νοητικών Πειραμάτων. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ.), σελ. 129-137, http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 31/05/11.

Βελέντζας, Α. (2013). Νοητικά Πειράματα: Ο ρόλος τους στην ανάπτυξη και στη διδασκαλία της Φυσικής. Εκδοτικός Όμιλος Συγγραφέων Καθηγητών, Αθήνα.

Δημητριάδη, Κ. & Χαλκιά Κ. (2011). Μια εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στο Λύκειο. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ.), σελ. 113-120, http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 31/05/11.

Σταύρου Δ. & Ασημόπουλος Σ. (2011). Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην Εκπαίδευση. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ.), σελ.138-145, http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 31/05/11.

Φόρμαν, Π. (2012). Το πολιτισμικό περιβάλλον της Δημοκρατίας της Βαϊμάρης, η αιτιότητα και η κβαντική θεωρία, 1918-1927: Η προσαρμογή των Γερμανών φυσικών και μαθηματικών σε ένα εχθρικό περιβάλλον. Η κρίση στη Φυσική και η Δημοκρατία της Βαϊμάρης (Επιμ. Θ. Αραμπατζής και Κ. Γαβρόγλου). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης.

Χαλκιά, Κρ. (2011), Διδάσκοντας θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Θεωρητικά ζητήματα, ερευνητικές κατευθύνσεις, προτάσεις. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ.), σελ.110-112, http://www.7sefepet.gr.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας θεωρίες της Φυσικής του 20ου αιώνα στο Λύκειο: Προκλήσεις και διλήμματα / Η περίπτωση της Ειδικής θεωρίας της Σχετικότητας. 14ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών με θέμα: Ανιχνεύοντας το τοπίο της Σύγχρονης Φυσικής. Αναδυόμενοι χώροι και νέες Τάσεις, 29/3-1/4 2012, Καμένα Βούρλα (προσκεκλημένη ομιλία).

Χατζηδάκη Π. (2011). Η 'φύση της επιστήμης' ως δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο εννοιολογικής αλλαγής προς την κβαντική θεωρία. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ.), σελ. 121-128, http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 31/05/11.

Angotti, J.A., Caldas, I.L., Pelizoicar Neto D., Rudinger E. & Pernambuco M.M. (1978). Teaching Relativity with a different philosophy. American Journal of Physics, 46, 1258-1262.

Arriassecq, I. & Greca, I. (2012). A teaching-learning sequence for the special relativity in high school level historically and epistemologically contextualized. Science & Education, 21(6), 827-851.

Blown, E. J. & Bryce, T.G. (2012). Thought- Experiments About Gravity in the History of Science and in Research into Children's Thinking. Science & Education, (Published online 1 Nov. 2012), DOI: 10.1007/s11191-012-9548-3.

Brown, J. (1991). The Laboratory of the Mind. Thought Experiments in the Natural Sciences Routledge, London.

Dimitriadi, K. & Halkia, K. (2012). Secondary Students' Understanding of Basic Ideas of Special Relativity. International Journal of Science Education, 34(16), 2565-2582, DOI:10.1080/09500693.2012.705048.

Einstein, A. (1961). Relativity: The special and the general theory, a popular exposition. New York: Grown Publishers.

Einstein, A., & Infeld, L. (1938). The evolution of physics. New York: Simon and Schuster.

Fullbrook, E. (2007). Real Science Is Pluralist. Post-autistic economics review, 42, 22-42.

Galili, I. (2009). Thought Experiments: Determining. Science & Education, 18, 1-23.

Gamow, G. (1990). Mr Tompkins in paperback, Cambridge University Press [Στα Ελληνικά 1995: Οι Περιπέτειες του κ. Τομπκινς., μτφ. Κοτριδης Ν., Δίαυλος]

Gentler, T. (2000). Thought Experiments. Thinking skills, 388-394.

Halkia, K. Mantzouridis, D. (2005). Students' views and atttudes towards the communication code used in press articles about science. International Journal of science education, 27(12), 1395-1411.

Hatzidaki, P. (2008). The Heisenberg microscope: a powerful instructional tool for promoting meta-cognitive and meta-scientific thinking of quantum mechanics and the 'nature of science'. Science & Education, 17(6), 613-619.

Holbrow, C. H. (2012). Oersted Medal Address 2012: Narrative and Witz in Physics. American Journal of Physics, 80(6), pp. 468

Kalkanis, G., Hatzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. Science Education, 87, 257-280.

Kirchhoff, E. & Matheson, C. (1997). Chaos and Literature, Philosophy and Literature 21(1), 28-45.

Klassen, S. (2006). The science thought experiments: how it may be used profitably in the classroom? Interchange, 37(1-2), 77-96.

Komorek, M., Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non- linear systems. International Journal Science Education, vol.26, 5: 619-633

Landau, L., Rumer, Y. (1960). What is relativity? New York: Basic Books, [Στα Ελληνικά: Τι είναι η θεωρία της Σχετικότητας. Μτφ. Κιάος Ν., Μαργαρίτης Α., Εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικού].

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (2005). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), 497-521.

Mach, E. (1896/1976). On thought experiment in E. Mach Knowledge and Error (translation 1926 by Cormack T. and Foulkes P.) (Dordrecht: Reidel, 1976), 134-147.

Miller, A. (2001). Einstein-Picasso. Space, time and the beauty that causes havoc. New York: Basic Books

Nersessian, N. (1993). In the Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as mental modeling. Proceedings of the Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association, vol.2, pp. 291-301.

Parkinson, G. (2008). Surrealism, Art and Modern Science. Relativity, Quantum Mechanics, Epistemology. Yale University Press, New Haven and London, pp.294.

Reiner, M. & Burco L. (2003). On the limitations of thought experiments in physics and the consequences for science education. Science & Education, 12, 358-385.

Shabajee, P. and Postlethwaite, K. (2000). What happened to modern physics?, School Science Review, 81(297), 51-56.

Shlain, L. (2001). Art and Physics: Parallel Visions in Space, Time & Light. Perennial, HarpersCollinsPublishers.

Sorensen, R. (1992). Thought Experiments, Oxford University Press, New York and London.

Stavrou, D., Assimopoulos, S. & Skordoulis, C. (2009). Teaching and Learning Deterministic Chaos: An Empirical Study on Pre-Service Teachers. In: M.F. Tasar & G. Cakmakci (Eds.) Contemporary Science Education Research: Teaching, pp. 165 – 168, Ankara, Turkey: Pegem Akademi.

Stavrou, D., Duit, R., & Komorek, M. (2008). A teaching and learning sequence about the interplay of chance and determinism in nonlinear systems. Physics Education, 43(4), 417-422.

Tampakis, C. & Skordoulis, C. (2007). The History of Teaching Quantum Mechanics in Greece. Science & Education, 16(3-5), 371-391.

Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. (2009). High-school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: The case of basic quantum chemical concepts. International Journal of Science Education, 31(7), 895-930.

Velentzas A. & Halkia K. (2013). The Use of Thought Experiments in Teaching Physics to Upper Secondary-Level Students: Two Examples from the Theory of Relativity. International Journal of Science Education, 35(18), 3026-3049, DOI:10.1080/09500693.2012.682182.

Velentzas, A. & Halkia, K. (2011). The "Heisenberg's Microscope" as an Example of Using Thought Experiments in Teaching Physics Theories to Students of the Upper Second School. Research in Science Education, 41(4), 525-539, DOI: 10.1007/s11165-010-9178-1.

Velentzas, A., Halkia, K. and Skordoulis, C. (2007). Thought Experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics: Their Presence in Textbooks and in Popular Science Books, Science & Education, 16(3-5), 353-370.

Συνδυασμός πραγματικών και εικονικών μέσων πειραματισμού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Ζαχαρίας Ζαχαρία
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής
Πανεπιστήμιο Κύπρου
zach@ucy.ac.cy

Περίληψη

Η έρευνα στον τομέα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών μέσω διερώτησης επιβεβαιώνει ότι οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν σύνθετες έννοιες, να αποκτήσουν βαθύτερη γνώση για τη φύση της Επιστήμης και να αναπτύξουν εργαστηριακές δεξιότητες όταν πειραματίζονται. Πολλές μελέτες δείχνουν ότι ο εικονικός πειραματισμός, μέσα από τη χρήση εικονικών εργαστηρίων (προσομοιώσεις ηλεκτρονικού υπολογιστή), όταν συνοδεύεται με κατάλληλη καθοδήγηση για τους μαθητές, μπορεί να οδηγήσει, σε κάποιες περιπτώσεις, σε καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την τυπική διδασκαλία και τον πραγματικό πειραματισμό. Για παράδειγμα, μια προσομοίωση επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν υποθέσεις για φαινόμενα που είναι δύσκολο να παρατηρηθούν στην πραγματικότητα και να ελέγξουν τις υποθέσεις αυτές. Ακόμα, οι προσομοιώσεις μπορούν να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη σύνδεση μη παρατηρήσιμων διαδικασιών (π.χ. χημικές αντιδράσεις σε μοριακό επίπεδο) με συμβολικές εξισώσεις και παρατηρήσιμα φαινόμενα. Παρά τα πλεονεκτήματα, η αξία του εικονικού πειραματισμού έναντι του πραγματικού πειραματισμού τυγχάνει αμφισβήτησης. Σε αυτή την ομιλία, θα αναφερθώ στο κατά πόσο αυτή η διστακτικότητα όσον αφορά την αξία και τη χρήση του εικονικού πειραματισμού είναι δικαιολογημένη.

Εμπειρική Έρευνα στη Διαχρονική Φύση των Εναλλακτικών Ιδεών σε Έννοιες της Φυσικής

Κων/νος Θ. Κώτσης
ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων,
kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη είναι μια έρευνα για τις αντιλήψεις σε έννοιες της φυσικής (συγκεκριμένα στη μηχανική), σε πέντε διαφορετικές ομάδες, μαθητές Δημοτικού, μαθητές Γυμνασίου, μαθητές Λυκείου, φοιτητές ΠΤΔΕ και εν ενεργεία εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο για όλες τις ομάδες, από όπου προκύπτει ότι υπάρχει μια σχέση στις απαντήσεις των υποκειμένων της έρευνας ανάλογα με τη βαθμίδα εκπαίδευσης. Γίνεται ανάλυση για το πότε οι διαφορές στις απαντήσεις είναι στατιστικά σημαντική και πότε έχει τυχαία διακύμανση.

Abstract

This study is an empirical survey of perceptions on concepts of physics (mechanics), in five different groups, Primary school students, Medium school students, High school students, University students of Primary Education Department and Teachers in Primary Education. The same questionnaire was used for all groups, which shows that there is a relationship in the answers of the target groups, depending on the level of education. We analyzed the differences from the responses that sometimes have statistically significant and sometimes have random variation.

Εισαγωγή

Είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι οι μαθητές αναπτύσσουν ένα σύνολο ιδεών και αντιλήψεων σχετικά με τις έννοιες και τις αρχές της Φυσικής. Τα παιδιά μέσω των αλληλεπιδράσεων που έχουν με το περιβάλλον (κοινωνικό, πολιτιστικό και τεχνολογικό), την κοινωνική επαφή τους και τη γλώσσα τους, αρχίζουν να δημιουργούν ένα φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Τις αντιλήψεις αυτές τις χρησιμοποιούν, για να εξηγήσουν αυτό το οποίο αντιλαμβάνονται ότι συμβαίνει γύρω τους. Η καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (π.χ. Trowbridge and McDermott 1980) και η αναζήτηση των αιτίων που τις προκαλούν απασχόλησαν εδώ και τρεις δεκαετίες τους ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Το αποτέλεσμα των ερευνών είναι ότι οι αρχικές προσωπικές γνώσεις των μαθητών, δηλαδή, οι ιδέες τους και οι απόψεις τους, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη μάθηση. Οι μαθητές χρησιμοποιούν τις ιδέες τους προκειμένου να κατανοήσουν αυτά που βλέπουν και ακούνε, και μέσω αυτών, ερμηνεύουν τις νέες γνώσεις που αποκτούν.

Είναι πρακτικά αδύνατο στα πλαίσια της παρούσας έρευνας να γίνει μια αναλυτική επισκόπηση της εκτεταμένης βιβλιογραφίας για τις ιδέες των μαθητών και την εννοιολογική τους αλλαγή.

Σε πολλές περιπτώσεις οι ιδέες που χρησιμοποιούνται από τα παιδιά είναι πολύ εδραιωμένες και δεν εκριζώνονται με τη διδασκαλία στη πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μπορεί να παραμείνουν ακόμη και μετά την ενηλικίωσή τους. Οι πρωτογενείς - διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών παρεμβαίνουν καθοριστικά στη μαθησιακή διαδικασία και θέτουν εμπόδια και δυσκολίες στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Αυτό καταδεικνύεται από τις δυσκολίες που συναντούν στην επίλυση προβλημάτων της Φυσικής (Reif, 1981) στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι περισσότεροι μαθητές, ακόμη και αυτοί που θεωρούνται «καλοί», εμφανίζουν αδυναμίες στο χειρισμό των βασικών εννοιών της Φυσικής και στην ανάπτυξη μηχανισμών ορθής επιστημονικής σκέψης, ακόμη και μετά από πολυετή διδασκαλία. Συνήθως η γνώση τους δεν είναι δομημένη (Van Heuvelen 1991a), αλλά βασίζεται στην απομνημόνευση ανεξάρτητων γεγονότων, διαδικασιών και εξισώσεων, που είναι φτωχά οργανωμένες για χρήση ή εφαρμογή (Van Heuvelen 1991b). Η αδρανής γνώση των μαθητών έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών δυσκολιών στην ερμηνεία φυσικών φαινομένων και στην επίλυση προβλημάτων. Τα διάφορα προβλήματα αντιμετωπίζονται

ως συστήματα από ελατήρια, κεκλιμένα επίπεδα, νήματα ή τροχαλίες και όχι ως συστήματα που λειτουργούν με βάση τις αρχές της Φυσικής. Από την άλλη μεριά, πολλοί μαθητές οι οποίοι δεν μπορούν να μελετήσουν ποιοτικά απλά φυσικά φαινόμενα, είναι σε θέση να επιλύουν προβλήματα Φυσικής χειριζόμενοι περίπλοκες μαθηματικές σχέσεις και υπολογισμούς (McMillan & Swadener, 1991). Παρόμοια φαίνεται να είναι η κατάσταση και στην Ελλάδα, όπου η εκπαίδευση των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επικεντρώνεται κυρίως στην αποστήθιση ορισμών και στην τυποποιημένη αλγεβρική εφαρμογή των διαφόρων σχέσεων (τύπων) σε προβλήματα ή ασκήσεις Φυσικής (Τζιμογιάννης 1999a και 1999b). Συνήθως, οι μαθητές δεν είναι σε θέση να εξηγήσουν τη διαδικασία ή τη μεθοδολογία που ακολουθούν για την επίλυση ενός προβλήματος, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις αναζητούν άκριτα συνδυασμούς τύπων ή εξισώσεων που σχετίζονται ή όχι με το προς επίλυση πρόβλημα. Στον ελληνικό χώρο, στην εργασία των Κουμαρά κ.ά. του 1990, γίνεται επισκόπηση των αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Πρόσφατες έρευνες στον Ελληνικό χώρο (Στύλος κ.ά. 2007, Stylos et al, 2008) επαναφέρουν το γεγονός ότι, οι μαθητές οι οποίοι αποφοιτούν από το Λύκειο, αν και έχουν διδαχθεί το γνωστικό αντικείμενο της φυσικής πολλές φορές κατά τη διάρκεια των σπουδών τους, εξακολουθούν να έχουν σε σημαντικό βαθμό εσφαλμένες αντιλήψεις σε έννοιες και φαινόμενα της φυσικής.

Είναι, επίσης, γνωστό σήμερα, από τεκμηριωμένες έρευνες, ότι ακόμη και οι φοιτητές Πανεπιστημίων εμφανίζουν σοβαρά προβλήματα στην κατανόηση βασικών νόμων της φυσικής και στην εφαρμογή τους σε πραγματικές καταστάσεις (π.χ. Gustafson & Rowell, 1995, Appleton, 1995, Maloney et all, 2001, Kelly, 2000, Guisasola et al, 2002, Itza-Ortiz et al, 2004, Libarkin et al. 2005, Thorn and Gunstone, 2007, Yalcin et all, 2008). Σε ανάλογα συμπεράσματα, καταλήγουν έρευνες για την Ελλάδα, (Κώτσης, 2002) για φοιτητές ΠΤΔΕ ή ακόμη και για φοιτητές Τμήματος Φυσικής (Πετροχείλου κ.ά., 2006 και 2007, Κώτσης & Στύλος, 2007). Καταγραφή των αντιλήψεων φοιτητών των Παιδαγωγικών Τμημάτων στον Ελληνικό χώρο έχουν γίνει για διάφορες περιοχές της Φυσικής, όπως για τα θερμικά φαινόμενα (Καρανίκας, 1996), για τις δυνάμεις του βάρους, τριβής και αντίστασης του αέρα (Κώτσης, 2003), όπου καταδεικνύεται η ισχύς τους, ακόμα και σε αυτή τη βαθμίδα εκπαίδευσης. Συχνά οι φοιτητές δεν γνωρίζουν ότι χρησιμοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις σε διάφορα πλαίσια και συχνά οι αρχικές αντιλήψεις τους διατηρούνται πολύ περισσότερο χρόνο μετά τις επιστημονικές γνώσεις που έμαθαν, τις οποίες ξεχνούν μετά από τις εξετάσεις (Brass et al, 2003).

Οι μαθητές εξακολουθούν να φέρουν εναλλακτικές ιδέες και μετά την αποφοίτηση τους από το Λύκειο και αυτές οι ιδέες αποτελούν ένα πρόβλημα για όσους πρόκειται να γίνουν εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Schoon & Boone, 1998). Ο εκπαιδευτικός, καθώς προϋπήρξε μαθητής, πιθανόν να μεταφέρει αντιλήψεις των εννοιών, τις οποίες δεν μετέβαλε στην μετέπειτα κοινωνική και εκπαιδευτική διαδρομή του. Οι εκπαιδευτικοί μεταφέρουν μαζί τους όχι μόνο την ακαδημαϊκή γνώση που έλαβαν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους, αλλά ακόμη και συγκεκριμένες αξίες, «πιστεύω» και αντιλήψεις σχετικά με την επιστήμη, τη διδασκαλία της επιστήμης, τους ίδιους εκπαιδευτικούς και γενικά την εμπειρία τους από τη μακρόχρονη παρουσία τους στο εκπαιδευτικό σύστημα (Mellado, 1998).

Αποτελέσματα ερευνών που γίνονται για την καταγραφή των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με φυσικά φαινόμενα/έννοιες, δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν απόψεις διαφορετικές από τις επιστημονικά αποδεκτές (Ginns & Watters, 1995, Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1998, Summers, 1992, Webb, 1992). Για παράδειγμα, έρευνα που διεξήχθη σε εκπαιδευτικούς έδειξε ότι έχουν ουσιαστικά προβλήματα κατανόησης της έννοιας της δύναμης, π.χ. δεν θεωρούν ότι η τριβή και το βάρος είναι δυνάμεις (Summers, 1992). Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι οι εναλλακτικές απόψεις των εκπαιδευτικών είναι σε πολλές περιπτώσεις όμοιες με αυτές των μαθητών (Σπύρτου, 1998). Πολλές φορές έχει καταγραφεί ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν τις ίδιες αντιλήψεις που έχουν και οι μαθητές των (Smith & Neale, 1989, De Jong et al., 1998, Σπύρτου, 2002), αν και υπάρχουν σε μικρότερο βαθμό και είναι διατυπωμένες με έναν επιστημονικοφανή μανδύα (είτε με χρήση ορολογίας, είτε μέσα από πολύπλοκους συλλογισμούς) (Cochran & Jones, 1998).

Τα τελευταία χρόνια γίνονται συστηματικές έρευνες που σχετίζονται με τις γνώσεις των εκπαιδευτικών, ποια είναι η φύση τους, ποιος είναι ο τρόπος που οικοδομούνται και

επανοικοδομούνται και πώς αυτές επηρεάζουν τη διδακτική πράξη. Υποστηρίζεται μάλιστα ότι πολλές διορθωτικές αλλαγές που επιχειρήθηκαν κατά το παρελθόν στην εκπαίδευση, αποτύγχαναν, διότι δε λαμβάνονταν υπόψη οι υπάρχουσες γνώσεις και πεποιθήσεις των δασκάλων (Van Driel et al, 2001, Μολοχίδης, 2005).

Οι διδάσκοντες χρησιμοποιούν ένα σύνολο από στρατηγικές και τεχνικές, τις οποίες συνδυάζουν με τις γνώσεις τους για το γνωστικό αντικείμενο, την πείρα ή την προσωπική τους άποψη για την αποτελεσματική διδακτική μεθοδολογία και τις θεσμοθετημένες δραστηριότητες, προκειμένου να πετύχουν τους στόχους (Βλάχος, 2004). Εάν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, οι αντιλήψεις των μαθητών πρέπει να αλλάζουν προς εκείνες που αποδέχεται η επιστήμη, τότε η διαπραγμάτευση τους, με τον εκπαιδευτικό, είναι απαραίτητη (Driver et al, 1995). Αν όμως ο εκπαιδευτικός έχει εναλλακτικές ιδέες, τότε σημαίνει ότι οι αυτές θα επηρεάζουν με τη σειρά τους τις αντιλήψεις των μαθητών και το κλίμα της τάξης. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες των μαθητών, δεν δηλώνονται ούτε υπονοούνται, αποτελούν όμως κομβικό σημείο στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων. Στην μεγαλύτερη πλειοψηφία (Μολοχίδης, 2005) το σύνολο των εναλλακτικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών είναι γνήσιο υποσύνολο των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. Η ελλιπής γνώση του διδακτικού αντικειμένου, όπως και η μη ταύτιση των απόψεων τους με τις αντίστοιχες επιστημονικές (Schoon & Boone, 1998) επηρεάζει διάφορες διαδικασίες (οργάνωση δραστηριοτήτων, παρουσίαση του περιεχομένου, φύση των ερωτήσεων, κατανόηση των προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών) κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Kallery & Psillos, 2001).

Πολλές εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για βασικές έννοιες, παρατηρήθηκε πως προήλθαν ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας τους (Βασιλοπούλου, 1998). Ο Adeniyi (1985), διαπίστωσε ότι, ο διδάσκων, ήταν όχι μόνο ανεπαρκής στην αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων, αλλά συχνά ήταν και εκφραστής τους. Διαπιστώθηκε ότι ο διδάσκων δεν ήξερε πώς να αντιμετωπίσει τις αντιλήψεις των μαθητών του, καταφεύγοντας στην αυθεντία της «σωστής» απάντησης, στην προσπάθειά του να καλύψει τις δικές του αδυναμίες.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, που έχουν διαμορφωθεί πριν και εκτός του σχολείου, συχνά ενισχύονται μέσα στην τάξη από αντίστοιχες αντιλήψεις των δασκάλων τους. Η αντοχή και επέκταση των εναλλακτικών αντιλήψεων σε μαθητές και εκπαιδευτικούς είναι ένα ακόμα στοιχείο που καθιστά τη διερεύνηση και διαχείρισή τους, σημαντικό θέμα για την εκπαιδευτική έρευνα.

Έρευνα

Ένας από τους σημαντικούς παράγοντες για την εφαρμογή του εποικοδομητικού μοντέλου διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικός. Υπάρχει πληθώρα ερευνών, οι οποίες έχουν αναδείξει ότι σε πολλές περιπτώσεις ο εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχει εσφαλμένες αντιλήψεις, ανάλογες με εκείνες των μαθητών, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να βοηθήσει ουσιαστικά στην εννοιολογική αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών του. Ανάλογες έρευνες έχουν γίνει πρόσφατα και για εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Bayraktar, 2009 και Taber & Tan, 2010) σε διεθνές επίπεδο. Θα ήταν ενδιαφέρον αν στην έρευνα υπήρχαν και οι αντιλήψεις καθηγητών Φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά δεν κατέστη δυνατό, για τεχνικούς λόγους, διότι δυστυχώς ο χώρος αυτός είναι πολύ δύσκολο να συνεργασθεί για έρευνα επί της διδακτικής, αφού ακόμα δεν αποδέχεται την αναγκαιότητά της.

Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει αφενός να κατέχει την επιστημονική γνώση και αφετέρου να την εφαρμόζει στη σχολική τάξη. Είναι ενδιαφέρον λοιπόν *να* ***ερευνηθεί αν υπάρχει κάποια σχέση στη αλυσίδα, των αντιλήψεων εννοιών της φυσικής, μαθητών δημοτικού, μαθητών γυμνασίου, μαθητών λυκείου, φοιτητών υποψηφίων εκπαιδευτικών, εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.*** Την σχέση αυτή διερευνά η παρούσα μελέτη.

Επειδή ο σκοπός της παρούσας μελέτης δεν είναι η ανίχνευση νέων εναλλακτικών ιδεών, αλλά το αν και πόσο αλλάζουν με τη βαθμίδα εκπαίδευσης, θεωρήθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες της έρευνας ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής.

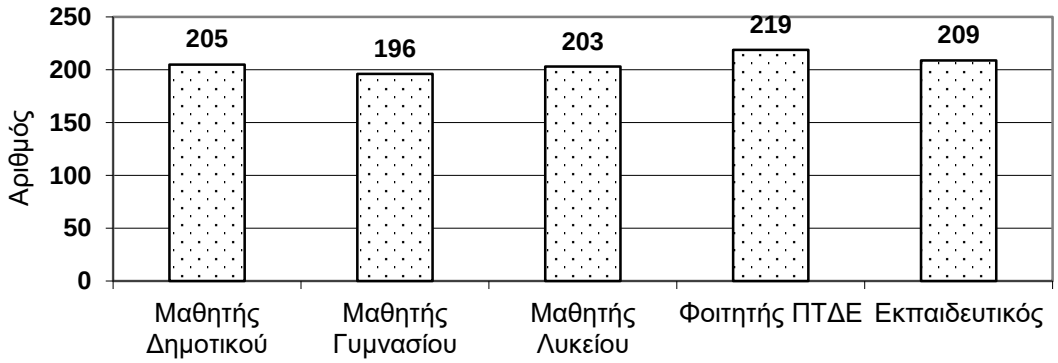
Επιλέχθηκε να επικεντρωθεί η έρευνα στη μηχανική γιατί είναι ένας τομέας της Φυσικής, ο οποίος έχει εξέχουσα θέση, μεταξύ των άλλων τομέων της, όπως το φως, τον ήχο, τη θερμότητα,

τον ηλεκτρισμό, κλπ. Αυτό ισχύει, διότι οι εν λόγω τομείς ορίζονται από τη μηχανική, υπό την έννοια ότι, χωρίς τους νόμους της κίνησης, για παράδειγμα, δεν θα υπήρχε κινητική θεωρία των αερίων ή δεν θα υπήρχε ηλεκτρομαγνητική θεωρία (Carson and Rowlands, 2005). Επίσης, οι έννοιες του βάρους, της δύναμης και της μάζας είναι από τις πιο θεμελιώδεις έννοιες της φυσικής και ουσιαστικά αφορούν γενικές γνώσεις φυσικής.

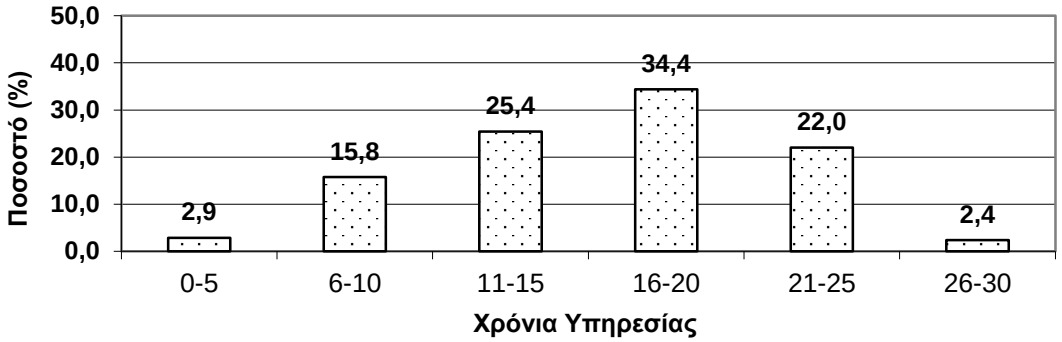
Στην βιβλιογραφία για την ανίχνευση των αντιλήψεων στη μηχανική έχουν αναπτυχθεί μερικά από τα πιο γνωστά ερωτηματολόγια πολλαπλής επιλογής, τα οποία απευθύνονται σε μαθητές της Λυκείου και σε φοιτητές και δεν μπορεί να συμπληρωθούν από μαθητές του Δημοτικού Σχολείου και του Γυμνασίου. Συνεπώς, ένα ερωτηματολόγιο για να απευθυνθεί σε όλες τις ομάδες της έρευνας, θα πρέπει να περιλαμβάνει απλές ερωτήσεις εννοιολογικής κατανόησης που να μπορούν να απαντήσουν και οι μαθητές του Δημοτικού Σχολείου. Τέτοιο ερωτηματολόγιο είχε αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες σε μαθητές του Δημοτικού Σχολείου (Κώτσης & Βέμης, 2002, Κώτσης & Κολοβός, 2002, Κώτσης, 2004). Ερωτήσεις από το ίδιο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε σε έρευνα σε μαθητές Λυκείου (Κώτσης & Αναγνωστόπουλος, 2006), αλλά και σε πρωτοετείς φοιτητές (Στύλος κ.ά., 2007) και σε φοιτητές μεγαλύτερων ετών (Κώτσης & Στύλος, 2009).

Το Δείγμα

Η έρευνα όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στόχευε σε πληθυσμούς από μαθητές του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης, και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Για την επιλογή του δείγματος χρησιμοποιήθηκε ο νομός Ιωαννίνων για όλες οι ομάδες έρευνας. Η διάρκεια της έρευνας ήταν περίπου 20 μήνες και ξεκίνησε τον Μάιο του 2009. Όλοι οι μαθητές τριών βαθμίδων της εκπαίδευσης είναι από την πόλη των Ιωαννίνων. Οι φοιτητές είναι από το ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και οι εκπαιδευτικοί είναι υπηρετούντες (είτε ως μόνιμοι ή αναπληρωτές) στο Νομό Ιωαννίνων. Οι μαθητές του Δημοτικού φοιτούσαν στην Ε΄ Τάξη. Οι μαθητές Γυμνασίου στην Γ΄ Τάξη και οι μαθητές του Λυκείου στην Β΄ Τάξη. Οι φοιτητές που χρησιμοποιήθηκαν βρισκόντουσαν στο τέλος του τρίτου έτους, αφού είχαν διδαχθεί ένα υποχρεωτικό μάθημα, στο πρώτο έτος, στη μηχανική. Η κατανομή του δείγματος φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Η κατανομή του πληθυσμού της έρευνας



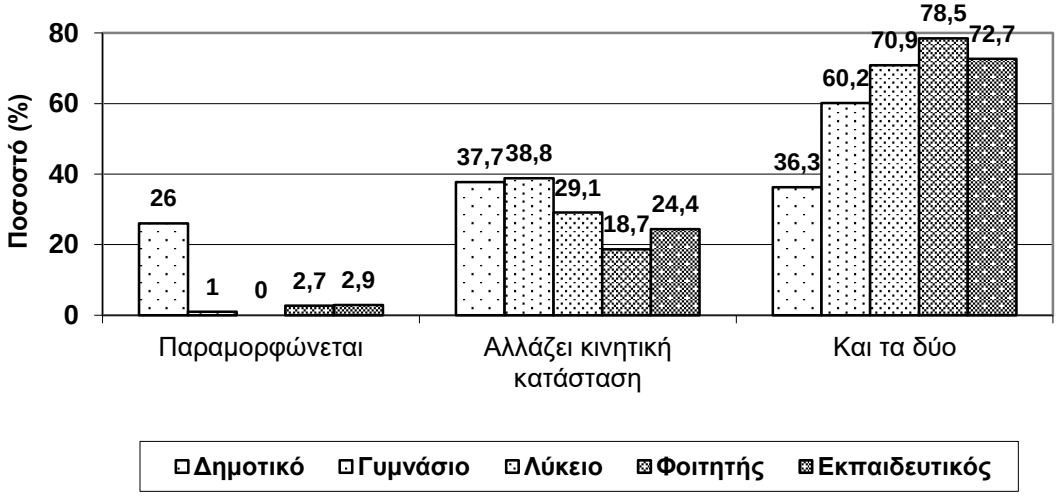
Σχήμα 2: Η κατανομή των ετών υπηρεσίας των εκπαιδευτικών που ανταποκρίθηκαν στην έρευνα

Οι εκπαιδευτικοί που βοήθησαν στην έρευνα είχαν ως προς τα χρόνια υπηρεσίας την κατανομή που φαίνεται στο σχήμα 2. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι αυτή η κατανομή των εκπαιδευτικών που υπηρετούν στο νομό Ιωαννίνων, αλλά η κατανομή αυτών που ανταποκριθήκαν στην έρευνα.

Αποτελέσματα

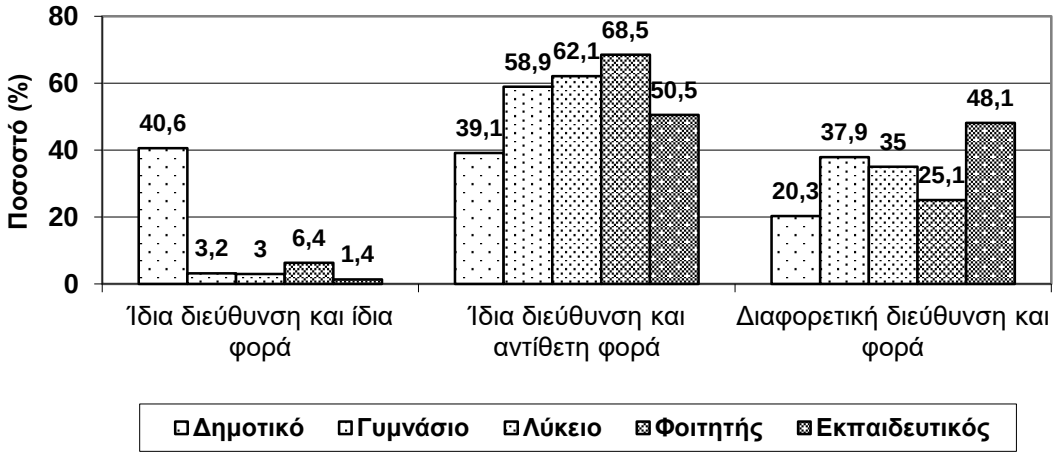
Η επεξεργασία των απαντήσεων του ερωτηματολογίου έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS 17.0 και παρουσιάζονται με τη μορφή ραβδογραμμάτων. Για να διερευνηθεί αν οι απαντήσεις στα ερωτήματα της έρευνας εξαρτώνται από την ομάδα των υποκειμένων της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 test με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS, package 17.00. Το στατιστικό κριτήριο του χ^2 test, καθιστά δυνατή τη διαπίστωση αν οι απαντήσεις στα ερωτήματα της έρευνας είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους.

Στην ερώτηση 1, η οποία έχει να κάνει με τον ορισμό της δύναμης, «η δύναμη είναι η αιτία που ένα σώμα», οι απαντήσεις των υποκειμένων της έρευνας φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 1.

Από τις απαντήσεις, διαπιστώνεται ότι στο δημοτικό, μόνο το 36,3% δίνει τη σωστή απάντηση (και τα δύο), ενώ στο γυμνάσιο και στο λύκειο τα ποσοστά της σωστής απάντησης, αυξάνονται και γίνονται 60,2% και 70,9 % αντίστοιχα. Οι φοιτητές δίνουν σωστή απάντηση σε ποσοστό 78,5% και λίγο λιγότερα απαντούν σωστά οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας (72,7%).

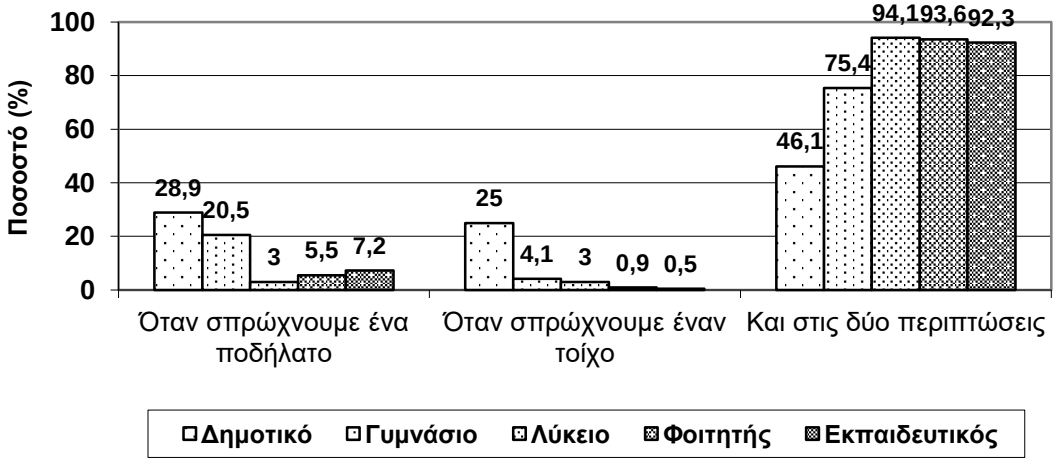


Σχήμα 4: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 2.

Στην επόμενη ερώτηση ανιχνεύεται το κατά πόσο γίνεται κατανοητή η έννοια της κατεύθυνσης μιας δύναμης. Η ερώτηση 2 έχει ως εξής: «Με έναν φίλο σου κάνεις κόλλα-πέντε. Τι κατεύθυνση έχουν οι δυνάμεις που ασκεί ο ένας στον άλλον, στα χέρια σας;» Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 4.

Από τις απαντήσεις, διαπιστώνεται ότι στο δημοτικό, μόνο το 39,1% επί του δείγματος δίνει τη σωστή απάντηση (ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά), ενώ στο γυμνάσιο και στο λύκειο τα ποσοστά της σωστής απάντησης, γίνονται 58,9% και 62,1% αντίστοιχα. Οι φοιτητές δίνουν σωστή απάντηση σε ποσοστό 68,5%, αλλά στους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας απαντούν οι σωστές απαντήσεις πλησιάζουν μόνο το 50,5%.

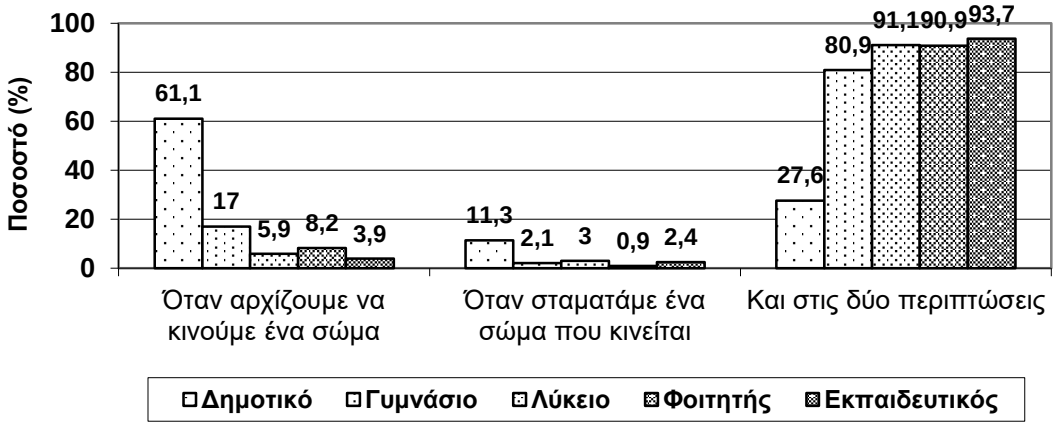
Η ερώτηση 3 πραγματεύεται αν συνδέεται η δύναμη με το εμφανές αποτέλεσμα της επίδρασής της και είναι η «Πότε ασκούμε μια δύναμη;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 3.

Η σωστή απάντηση (και στις δύο περιπτώσεις) αποδίδεται μόνο από το 46,1% των μαθητών του δημοτικού. Στο γυμνάσιο οι σωστές απαντήσεις πλησιάζουν το 75,4%. Τόσο οι μαθητές του λυκείου (94,1%) όσο και οι φοιτητές (93,6%) και οι εκπαιδευτικοί (92,3%) δίνουν πολύ μεγάλα ποσοστά σωστών απαντήσεων.

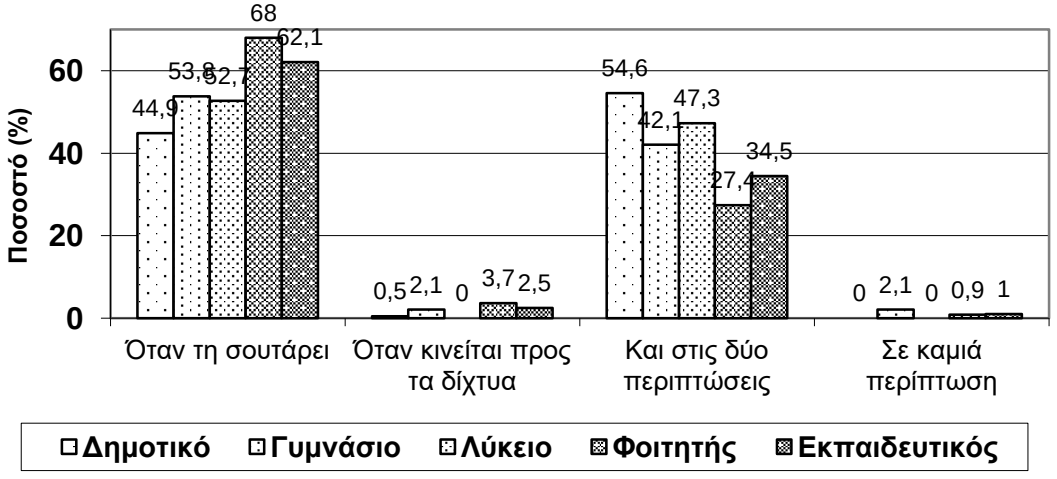
Στην επόμενη ερώτηση (4) ανιχνεύεται αν η δύναμη συνδέεται με τα αποτέλεσμα της δράσης της στην κίνηση. Τίθεται η ερώτηση «Πότε ενεργεί μια δύναμη;». Οι απαντήσεις των υποκειμένων της έρευνας φαίνεται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 4.

Οι περισσότεροι μαθητές του δημοτικού συνδέουν την δράση ενός σώματος μόνο με την κίνησή του. Τη σωστή απάντηση (και στις δύο περιπτώσεις), την δίνει μόνο το 27,6%. Στο γυμνάσιο οι σωστές απαντήσεις φτάνουν στο 80,9% και στο λύκειο γίνονται 91,1%. Σε υψηλά ποσοστά είναι οι σωστές απαντήσεις τόσο στους φοιτητές (90,9%), όσο και στους εκπαιδευτικούς (93,7%).

Η ερώτηση 5 ανιχνεύει τη γνωστή εναλλακτική ιδέα που έχουν οι μαθητές για τη δύναμη και που είναι η αριστοτελική αντίληψη, δηλαδή η δύναμη συνδέεται με την κίνηση ενός σώματος. Συγκεκριμένα καλούνται να απαντήσουν στην ερώτηση «Πότε ένας ποδοσφαιριστής ασκεί δύναμη σε μια μπάλα;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 7.



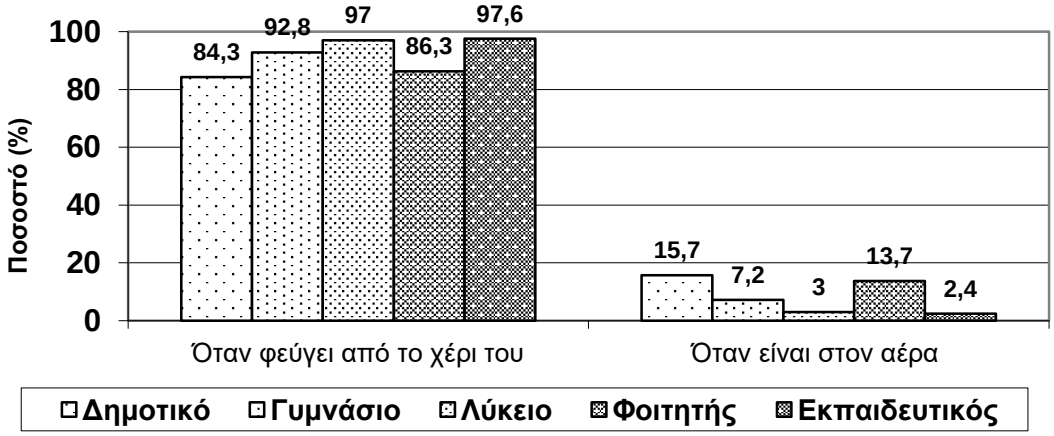
Σχήμα 7: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 5.

Η σωστή απάντηση (όταν ο ποδοσφαιριστής σουτάρει τη μπάλα) δίνεται από το 44,9% των μαθητών του δημοτικού, ενώ η γνωστή αριστοτελική αντίληψη, η οποία περιλαμβάνεται στην απάντηση «και στις δύο περιπτώσεις», εκφράζεται από το 54,6%. Στο γυμνάσιο οι σωστές απαντήσεις γίνονται 53,8% και στο λύκειο δεν αλλάζουν σημαντικά και είναι στο 52,7%. Οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν τη σωστή απάντηση σε ποσοστά 68% και 62,15% αντίστοιχα.

Η ερώτηση 6, η οποία είναι «Ένα παιδί πετά μια πέτρα. Πότε το παιδί ασκεί δύναμη στην πέτρα;», βρίσκεται στο ίδιο πνεύμα με την προηγούμενη ερώτηση, μόνο που δεν υπάρχουν οι απαντήσεις «και στις δύο περιπτώσεις» και «σε καμιά περίπτωση». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 8.

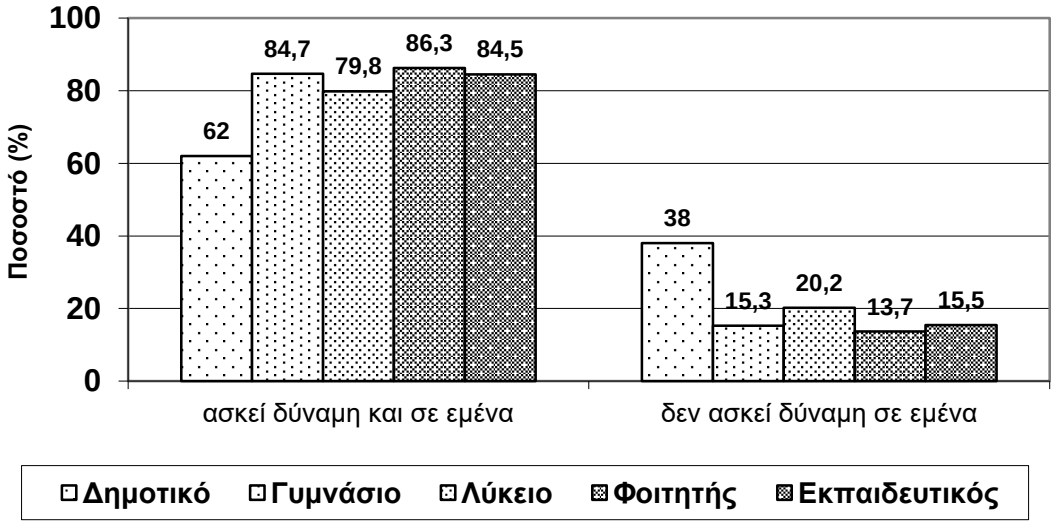
Από τις απαντήσεις διαπιστώνεται ότι η μεγάλη πλειοψηφία όλων των ομάδων έρευνας, δηλώνει τη σωστή απάντηση, δηλαδή «όταν φεύγει από το χέρι του». Στο δημοτικό το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 84,3%, στο γυμνάσιο 92,8%, στο λύκειο 97%, στους φοιτητές 86,3%

και στους εκπαιδευτικούς 97,6%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ η συγκεκριμένη ερώτηση πραγματεύεται το ίδιο θέμα με τη 5, οι διαφορές των ποσοστών οφείλονται στο εδώ δεν υπάρχουν οι απαντήσεις «και στις δύο περιπτώσεις» και «σε καμιά περίπτωση», όπως υπάρχουν στη 5.



Σχήμα 8: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 6.

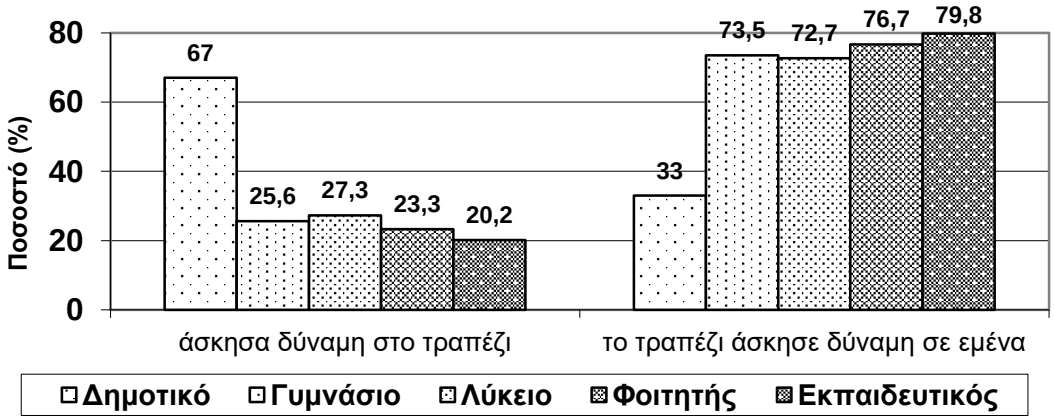
Η ερώτηση 7 ανιχνεύει τις αντιλήψεις για τη δύναμη μέσα από τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, αυτόν της δράσης-αντίδρασης. Συγκεκριμένα καλούνται να απαντήσουν οι ερωτώμενοι στην ερώτηση «Σκοντάφτω σε μια πέτρα, την οποία και την μετακινώ. Η πέτρα…». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 9.



Σχήμα 9: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 7.

Από τις απαντήσεις διαπιστώνεται ότι στο δημοτικό οι μαθητές δίνουν τη σωστή απάντηση (ασκεί δύναμη και σε εμένα) σε ποσοστό 62 %, ενώ οι μαθητές του γυμνασίου σε μεγαλύτερο ποσοστό 84,7%, αφού έχουν διδαχθεί τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Στο λύκειο οι σωστές απαντήσεις φτάνουν στο 79,8%. Οι φοιτητές απαντούν σωστά κατά 86,3% και σχεδόν στα ίδια ποσοστά βρίσκονται και οι εκπαιδευτικοί (84,5%).

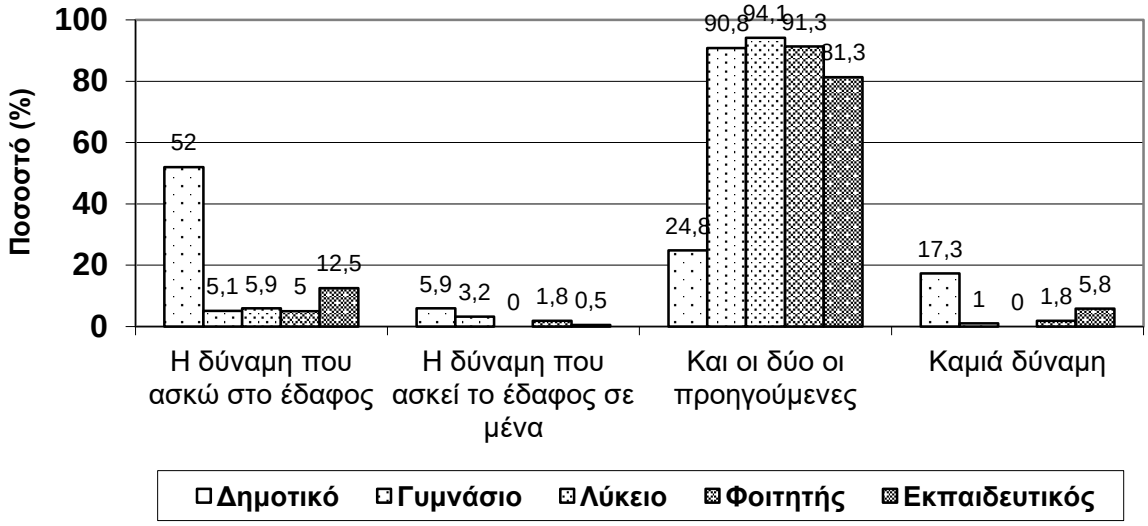
Σχετικά με τη δράση-αντίδραση είναι και η ερώτηση 8. Συγκεκριμένα τίθεται η ερώτηση «Χτυπώ το χέρι μου σε ένα τραπέζι και με πονάει το χέρι γιατί …». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 10.



Σχήμα 10: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 8.

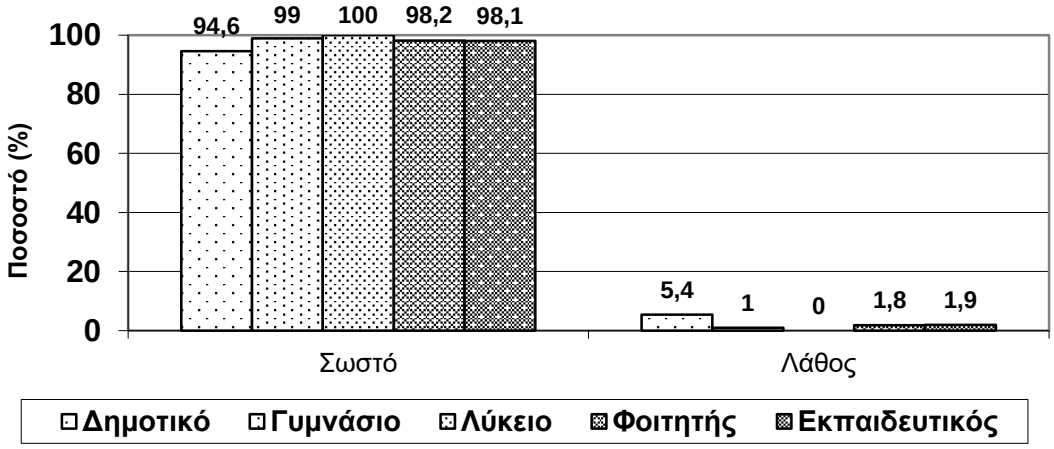
Στο δημοτικό οι μαθητές δίνουν τη σωστή απάντηση (το τραπέζι άσκησε δύναμη σε εμένα) σε ποσοστό μόνο κατά 33%, στο γυμνάσιο κατά 73,5 και στο λύκειο κατά 76,7%. Οι φοιτητές δίνουν σωστή απάντηση κατά 76,7% και τέλος οι εκπαιδευτικοί σε ποσοστό 79,8%.

Στο τρίτο νόμο του Νεύτωνα αναφέρεται και η επόμενη ερώτηση 9. Εδώ καλούνται να προσδιορίσουν οι ερωτώμενοι την δράση και την αντίδραση από μια στατική κατάσταση. Συγκεκριμένα τίθεται η ερώτηση «Είσαι ακίνητος στην πρωινή προσευχή. Σημείωσε ποιες δυνάμεις υπάρχουν (μόνο μια απάντηση)». Οι απαντήσεις των υποκειμένων της έρευνας φαίνονται στο σχήμα 11.



Σχήμα 11:. Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 9.

Οι περισσότεροι μαθητές του δημοτικού (52%) είναι ευνόητο να υποστηρίζουν στην απάντηση ότι υπάρχει μόνο η δύναμη που ακούν στο έδαφος, αφού δεν γνωρίζουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Μόνο ένα ποσοστό 24,8% δίνουν την σωστή απάντηση (και οι δύο οι προηγούμενες). Στο γυμνάσιο το ποσοστό των σωστών απαντήσεων γίνεται 90,8% και στο λύκειο 94,1%. Τέλος οι φοιτητές δίνουν κατά 91,3% την σωστή απάντηση, ενώ οι εκπαιδευτικοί κατά 81,3%.

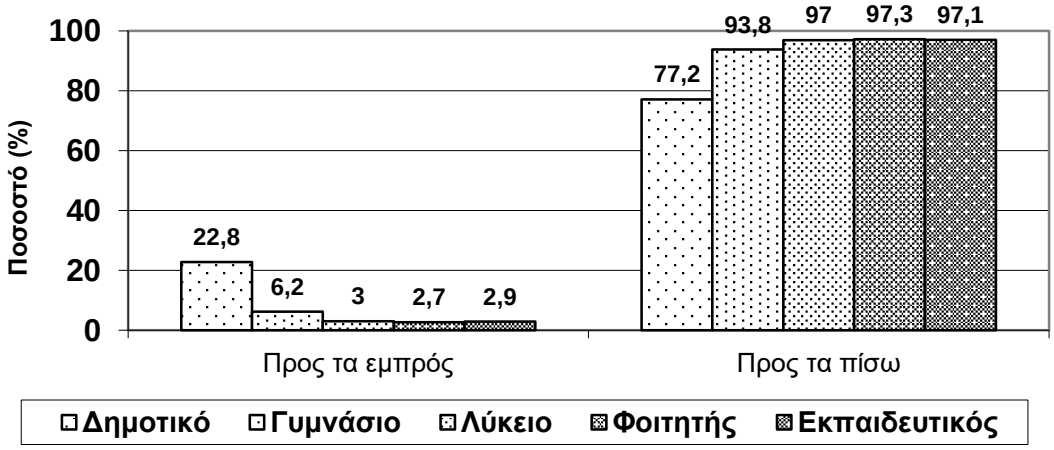


Σχήμα 12: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 10.

Στην επόμενη ερώτηση 10 τίθεται μια ερώτηση σωστού-λάθους, συγκεκριμένα: «Όταν κολυμπάμε, σπρώχνουμε το νερό με μια δύναμη προς πίσω και αυτό μας σπρώχνει με μια δύναμη και πάμε προς τα μπροστά». Η ερώτηση αυτή είναι η σωστή ερμηνεία με βάση τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα στο γιατί κολυμπάμε και τέθηκε έτσι για να διαπιστωθεί με το σωστό-λάθος αν οι ερωτώμενοι την αναγνωρίζουν. Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 12.

Σε όλες τις ομάδες έρευνας η μεγάλη πλειοψηφία δίνει τη σωστή απάντηση (σωστό) σε πολύ μεγάλα ποσοστά, δημοτικό 94,6%, γυμνάσιο 99%, λύκειο 100%, φοιτητές 98,2 % και εκπαιδευτικοί 98,1%.

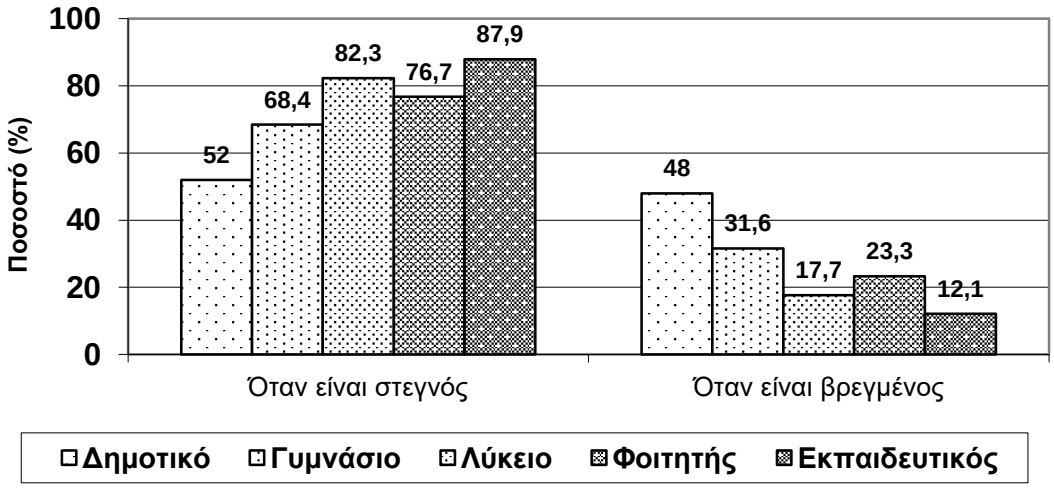
Η επόμενη ερώτηση 11, γίνεται λίγο πιο δύσκολη για ένα παραπλήσιο φαινόμενο, το οποίο ερμηνεύεται με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Συγκεκριμένα τίθεται η ερώτηση «Όταν περπατάμε, σπρώχνουμε το έδαφος…». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 13.



Σχήμα 13. Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 11.

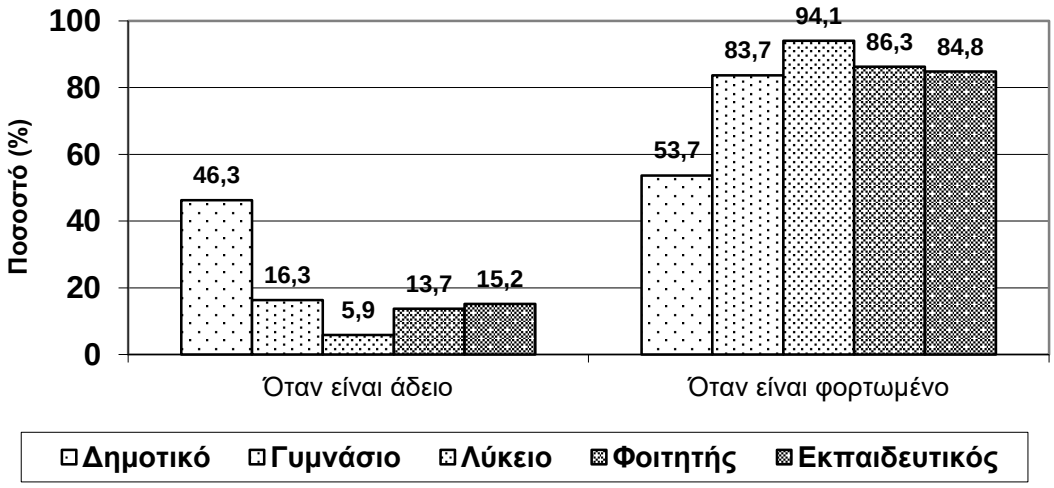
Από τις απαντήσεις διαπιστώνεται ότι οι μαθητές του δημοτικού δίνουν τη σωστή απάντηση (προς τα πίσω) σε ποσοστό 77,2%, ενώ όλες οι άλλες ομάδες έρευνας έχουν πολύ υψηλά ποσοστά επιλογής της σωστής απάντησης. Αναλυτικά, στο γυμνάσιο 93,8%, στο λύκειο 97%, οι φοιτητές 97,3% και οι εκπαιδευτικοί 97,1%.

Η επόμενη ερώτηση 12, οι ερωτώμενοι καλούνται να απαντήσουν για ένα φαινόμενο, το οποίο μπορεί να έχουν διδαχθεί αλλά σίγουρα υπάρχει διαισθητική εμπειρία, τουλάχιστο στις μεγάλες ηλικίες. Η ερώτηση έχει ως εξής «Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη τριβή μεταξύ ενός αυτοκινήτου και του δρόμου». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 14.



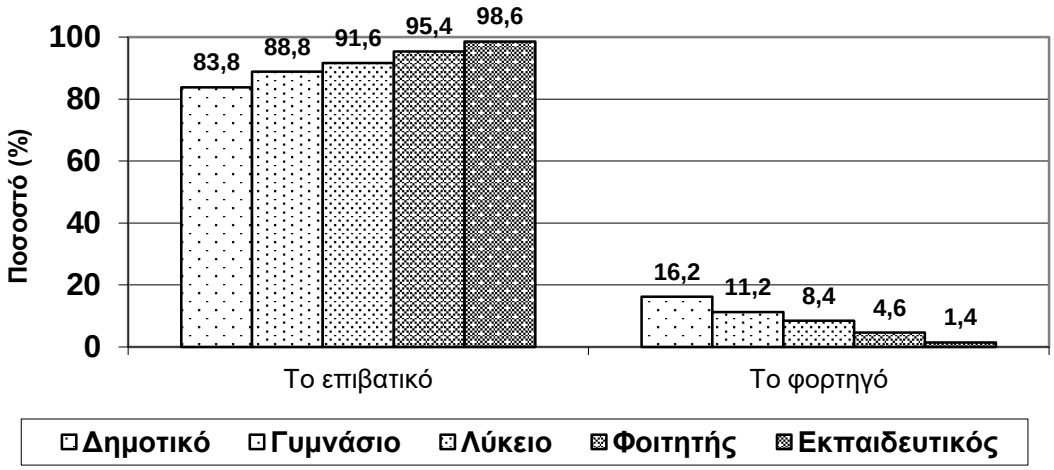
Σχήμα 14: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 12.

Οι μαθητές του δημοτικού είναι μοιρασμένοι ως προς τις απαντήσεις τους, κάτι που είναι αναμενόμενο, αφού δεν έχουν μεν διδαχθεί την τριβή, αλλά μπορεί να μην έχουν ούτε τη βιωματική εμπειρία. Τη σωστή απάντηση (όταν είναι στεγνός), τη δίνει το 58%. Στο γυμνάσιο το ποσοστό των σωστών απαντήσεων γίνεται 68,4% και αυτό το ποσοστό ανεβαίνει στο 82,3%. Οι σωστές απαντήσεις των φοιτητών είναι στο 76,7% και των εκπαιδευτικών στο 87,9%. Στο ίδιο ύφος, βιωματικής εμπειρίας, είναι και η ερώτηση 13. Η ερώτηση έχει ως εξής «Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο. Όταν είναι …». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 15.



Σχήμα 15: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 13.

Από τα δεδομένα διαπιστώνεται ότι οι μαθητές του δημοτικού έχουν μοιρασμένες τις απαντήσεις τους, αφού δεν έχουν διδαχθεί την τριβή, αλλά μπορεί να μην έχουν την ανάλογη βιωματική εμπειρία. Σωστή απάντηση (όταν είναι φορτωμένο) δίνει το 53,7%. Στο γυμνάσιο και στο λύκειο, όπου διδάσκονται την τριβή, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων φτάνει στο 83,7% και 94,1% αντίστοιχα. Στους φοιτητές το ανάλογο ποσοστό γίνεται 86,3% και στους εκπαιδευτικούς 84,8%.

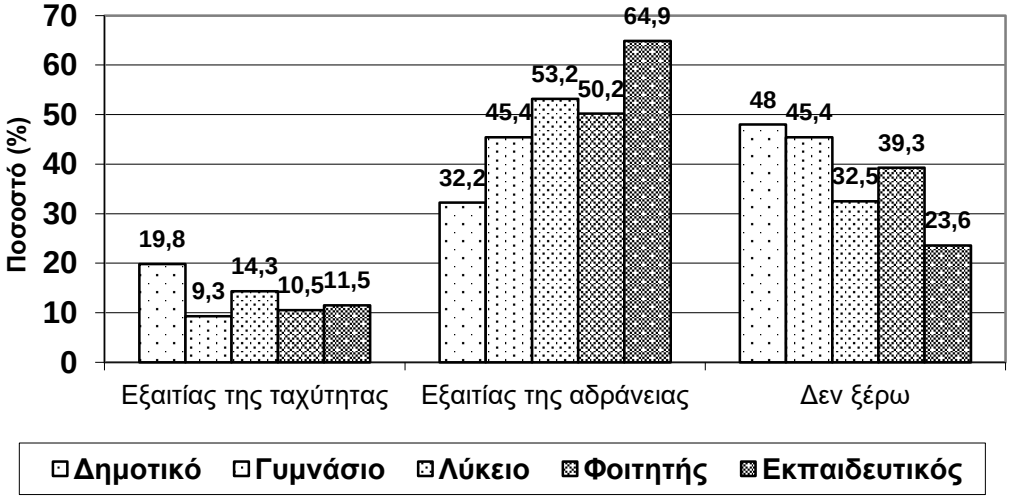


Σχήμα 16: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 14.

Η ερώτηση 14 αφορά εφαρμογή του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα, διατυπωμένη όμως ως απλή βιωματική εμπειρία. Η ερώτηση έχει ως εξής «Ένα ελαφρύ επιβατικό αυτοκίνητο κι ένα βαρύ φορτηγό βρίσκονται σε κόκκινο φανάρι. Όταν ανάψει πράσινο «γκαζώνουν» το ίδιο, ποιο θα ξεκινήσει πιο γρήγορα;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 16.

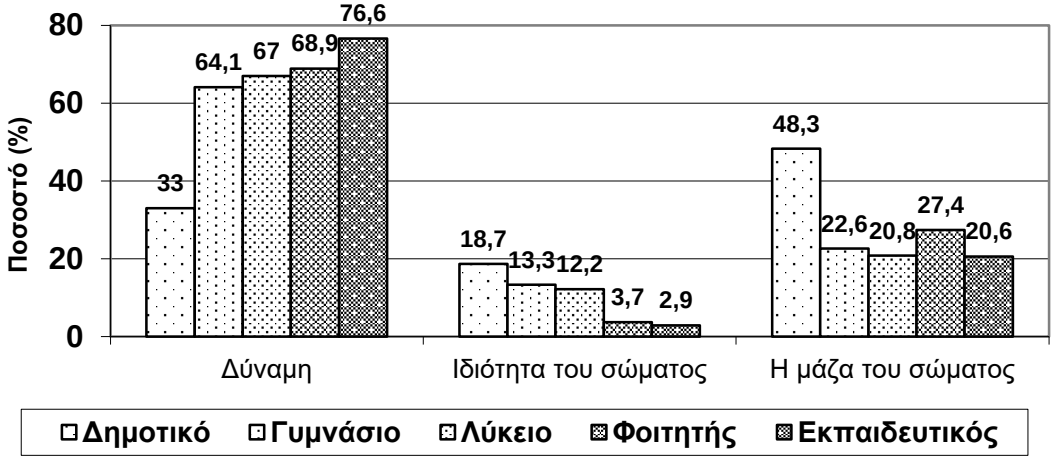
Από τις απαντήσεις διαπιστώνεται ότι ακόμα και οι μαθητές έχουν ορθή αντίληψη του φαινομένου και δίνουν τη σωστή απάντηση (το επιβατικό) σε ποσοστό 83,8%. Στις επόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης, στο γυμνάσιο και λύκειο, όπου διδάσκονται το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, αλλά και η εμπειρία είναι πιο έντονη, τα ποσοστά γίνονται 88,8% και 91,6% αντίστοιχα. Τέλος στους φοιτητές το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 95,4% και στους εκπαιδευτικούς γίνεται πολύ υψηλό και φτάνει το 98,6%

Η ερώτηση 15 εστιάζεται σε μια δύσκολη έννοια, αυτή της αδράνειας. Συγκεκριμένα τα υποκείμενα της έρευνας ερωτώνται στην ερώτηση «Όταν ξεκινάει το αυτοκίνητο, οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 17.



Σχήμα 17: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 15.

Μόνο ένας στους τρεις (32,2%), από τους μαθητές του δημοτικού, δίνει τη σωστή απάντηση (εξαιτίας της αδράνειας). Στο γυμνάσιο αυξαίνει το ποσοστό των σωστών απαντήσεων στο 45,4%, ενώ στο λύκειο γίνεται 53,2%. Στους φοιτητές το αντίστοιχο ποσοστό γίνεται 50,2% και στους εκπαιδευτικούς εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό σωστών απαντήσεων, το οποίο είναι 64,9%.

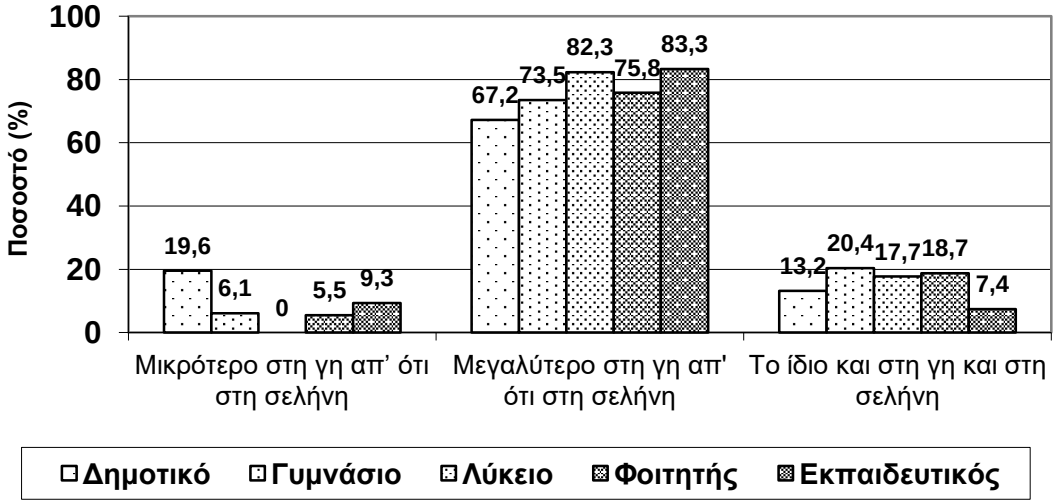


Σχήμα 18: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 16.

Οι επόμενες ερωτήσεις εστιάζονται σε μια δύναμη, η οποία είναι γνωστή στον άνθρωπο από πολύ μικρή ηλικία, αυτή του βάρους. Η ερώτηση 16 έχει να κάνει με τη αντίληψη, το τι είναι βάρος και έχει ως εξής, «Το βάρος ενός σώματος είναι:». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 18.

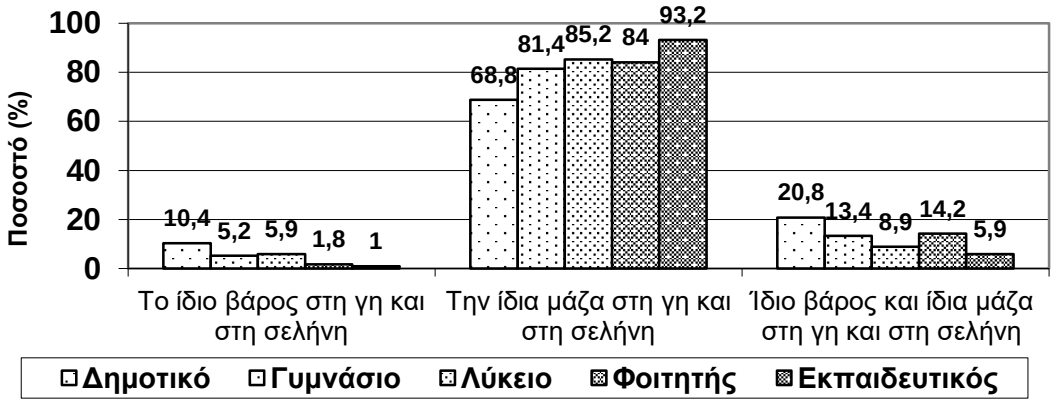
Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι οι μαθητές του δημοτικού δίνουν σε μεγαλύτερο ποσοστό (48,3%) ως απάντηση την γνωστή αντίληψη ότι το βάρος είναι η μάζα του σώματος. Μόνο το 33% από αυτούς, δίνει τη σωστή απάντηση, ότι το βάρος είναι δύναμη. Στο γυμνάσιο, οι σωστές απαντήσεις, φτάνουν στο 64,1%, ενώ στο λύκειο γίνονται 67%. Οι φοιτητές έχουν λίγο υψηλότερα ποσοστά σωστών απαντήσεων (68,9%), ενώ οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν το υψηλότερο ποσοστό (76,6%) από όλες της ομάδες έρευνας.

Η επόμενη ερώτηση 17, πραγματεύεται αν μπορούν να αντιληφθούν τα υποκείμενα της έρευνας, την εξάρτηση του βάρους από την βαρύτητα και έχει ως εξής: «Η βαρύτητα στη σελήνη είναι μικρότερη από τη βαρύτητα της γης. Το βάρος μιας σοκολάτας είναι». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 19.



Σχήμα 19: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 17.

Η σωστή απάντηση, ότι το βάρος της σοκολάτας, είναι μεγαλύτερο στη γη από ότι στη σελήνη, δίνεται από τους μαθητές του δημοτικού σε ποσοστό 67,2%, από τους μαθητές του γυμνασίου 73,5% και από μαθητές του λυκείου 82,3%. Οι φοιτητές δίνουν την σωστή απάντηση σε ποσοστό 75,8% και τέλος οι εκπαιδευτικοί έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό (83,3%) ορθών απαντήσεων.

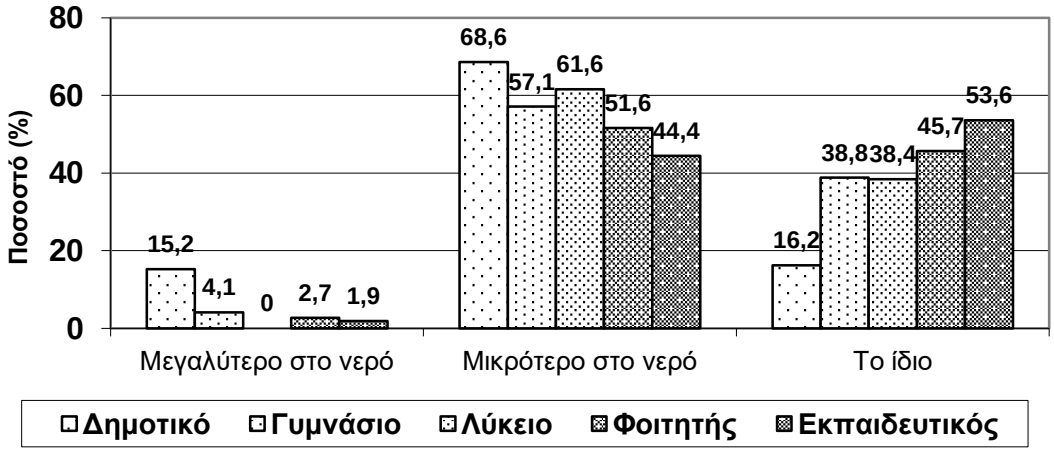


Σχήμα 20: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 18.

Στο ίδιο σενάριο βρίσκεται και η ερώτηση 18 και έχει να κάνει με το διαχωρισμό των εννοιών της μάζας και του βάρους και έχει ως εξής: «Ένα μήλο έχει…». Η κατανομή των απαντήσεων των ερωτηθέντων παρουσιάζεται στο σχήμα 20.

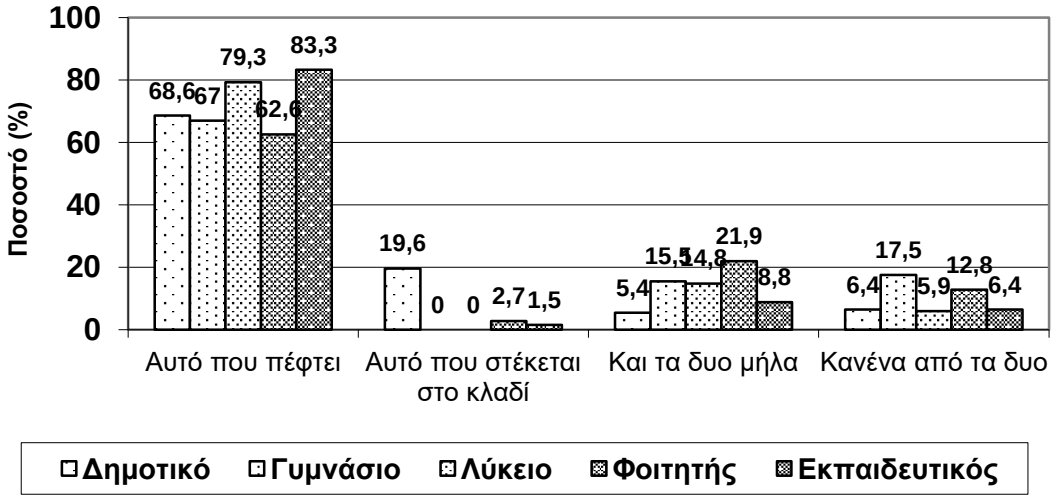
Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι οι μαθητές του δημοτικού απαντούν σωστά, ότι το μήλο έχει ίδια μάζα στη γη και στη σελήνη, σε ποσοστό 68,8%. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων γίνεται στο γυμνάσιο 81,4%, ενώ στο λύκειο φτάνει το 85,2%. Οι φοιτητές δίνουν σωστές απαντήσεις σε ποσοστό 84% και τέλος οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων (93,2%).

Η επόμενη ερώτηση αρ.19, έχει να κάνει με την έννοια του βάρους πάλι, αλλά μέσα σε υγρό, όπου εμφανίζεται και η δύναμη της άνωσης. Η ερώτηση είναι η εξής: «Όταν είσαι στη θάλασσα και σηκώνεις μια πέτρα μέσα από το νερό, το βάρος της πέτρας είναι:». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 21.



Σχήμα 21: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 19.

Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι μόνο το 16,2% των μαθητών του δημοτικού δηλώνουν τη σωστή απάντηση, δηλαδή το βάρος είναι το ίδιο. Υφίσταται ισχυρή λόγω βιωματικής εμπειρίας, η αντίληψη, ότι το βάρος ενός σώματος, μέσα στο νερό είναι μικρότερο. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων στο γυμνάσιο γίνεται 38,8% και είναι περίπου το ίδιο και στο λύκειο (38,4%). Στην ομάδα των φοιτητών οι σωστές απαντήσεις φτάνουν στο 45,7%. Στους εκπαιδευτικούς το ποσοστό γίνεται 53,6%, δηλαδή ένας στους δύο δηλώνει τη σωστή απάντηση.

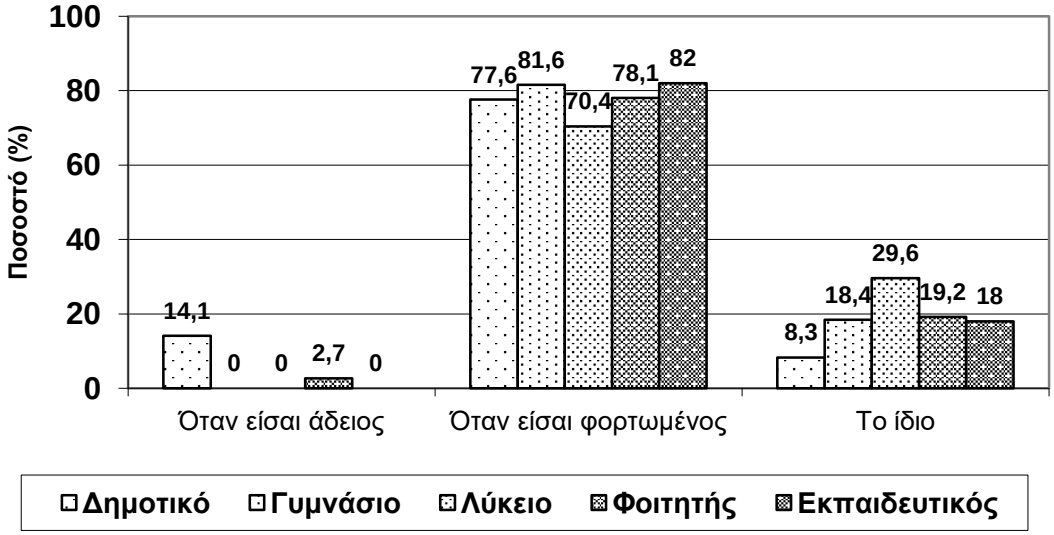


Σχήμα 22: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 20.

Οι επόμενες ερωτήσεις πραγματεύονται τις δύσκολες έννοιες του έργου, της ενέργειας και της ισχύος. Η ερώτηση αρ. 20 έχει ως εξής: «Σε μια μηλιά, ένα μήλο στέκεται στο κλαδί του κι ένα άλλο πέφτει προς το έδαφος. Ποιο από τα δυο μήλα παράγει έργο;». Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 22.

Η σωστή απάντηση, ότι αυτό που πέφτει παράγει έργο, δηλώνεται ορθά από τους μαθητές του δημοτικού σε ποσοστό 68,6%. Στο γυμνάσιο το ποσοστό είναι σχεδόν το ίδιο (67%), ενώ στο λύκειο το ποσοστό των ορθών απαντήσεων φτάνει στο 79,3%. Στην ομάδα το φοιτητών οι σωστές απαντήσεις πέφτουν στο 62,6%, ενώ στους εκπαιδευτικούς φτάνουν το 83,3%. Από τις απαντήσεις διαπιστώνεται, επίσης, ότι αυτοί που υποστήριξαν ότι και τα δύο μήλα παράγουν έργο, έχουν ταυτίσει τις έννοιες του έργου και της ενέργειας και η σύγχυση αυτή εμφανίζεται μεγαλύτερη στην ομάδα των φοιτητών (21,9%).

Η ερώτηση αρ. 21, πραγματεύεται πάλι την έννοια του έργου και έχει ως εξής: «Ανεβαίνεις στο δεύτερο όροφο του σπιτιού σου, τη μια φορά άδειος και την άλλη φορτωμένος με πράγματα. Πότε ξοδεύεις μεγαλύτερο έργο;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 23.

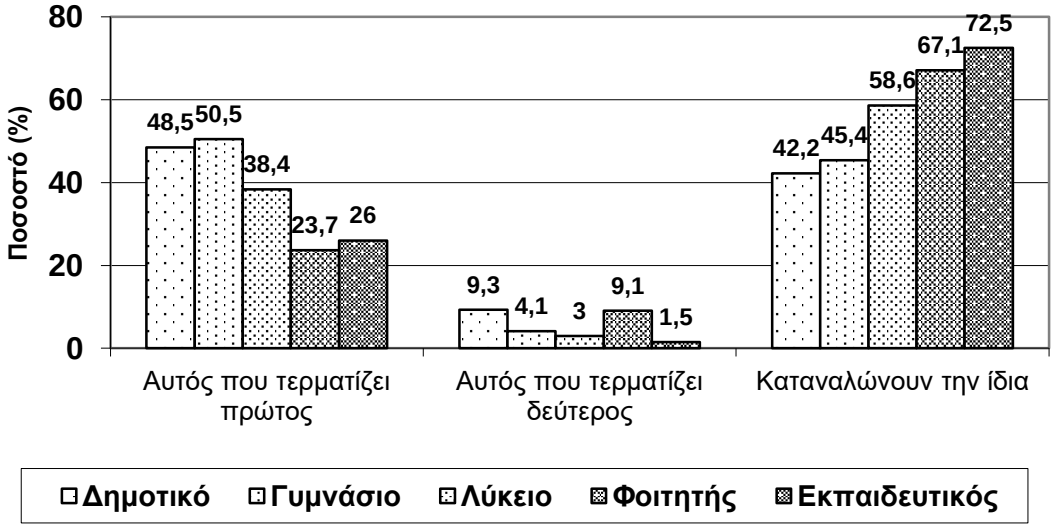


Σχήμα 23: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 21.

Η σωστή απάντηση, δηλαδή ότι ξοδεύουμε περισσότερο έργο, όταν είσαι φορτωμένος, δηλώνεται από τους μαθητές του δημοτικού σε ποσοστό 77,6%. Το ποσοστό αυτό αυξάνει στο

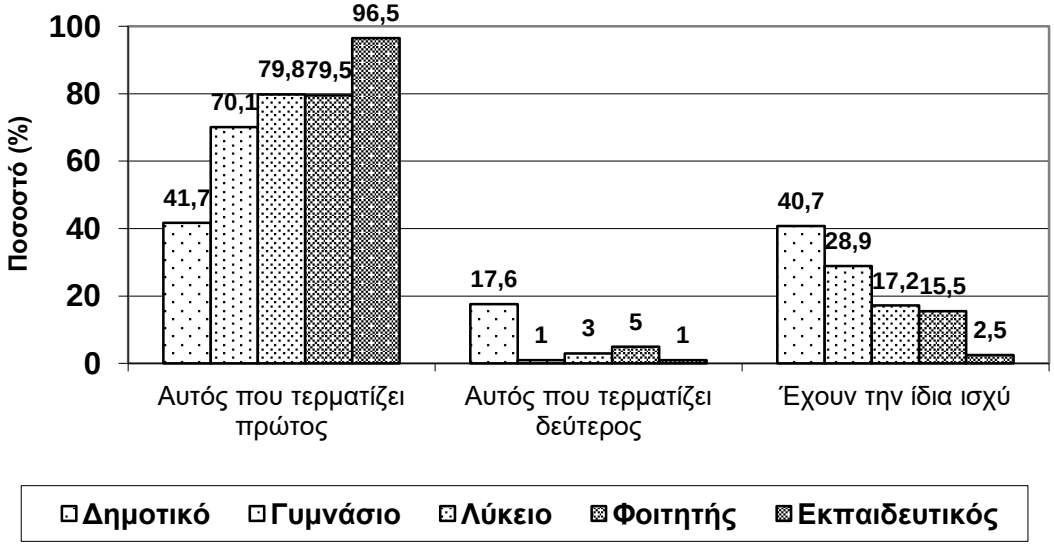
γυμνάσιο 81,6% και στο λύκειο μειώνεται στο 70.4%. Τέλος η ομάδα των φοιτητών και των εκπαιδευτικών, δηλώνει τη σωστή απάντηση σε ποσοστό 78,1% και 82% αντίστοιχα. Όπως στην προηγούμενη ερώτηση, έτσι και σε αυτήν την ερώτηση, η απάντηση « το ίδιο», δηλώνει ταύτιση των εννοιών έργου και ενέργειας και εμφανίζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στους μαθητές του λυκείου (29,6%).

Οι επόμενες δύο ερωτήσεις αφορούν το διαχωρισμό των εννοιών ενέργειας και ισχύος. Η ερώτηση αρ. 22 έχει ως εξής: «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος και το ίδιο ύψος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος καταναλώνει περισσότερη ενέργεια;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 24.



Σχήμα 24: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 22.

Η σωστή απάντηση, ότι καταναλώνουν την ίδια ενέργεια και οι δύο αθλητές, δηλώνεται από τους μαθητές του δημοτικού σε ποσοστό 42,2%. Στο γυμνάσιο το ποσοστό γίνεται 45,4 % και στο λύκειο αυξάνεται στο 58,6%. Στους φοιτητές η σωστή απάντηση δηλώνεται από το 67,1% και στους εκπαιδευτικούς από το 72,5%. Αυτοί που απάντησαν ότι αυτός που τερματίζει πρώτος καταναλώνει περισσότερη ενέργεια, έχουν ταυτίσει την ενέργεια με την ισχύ.



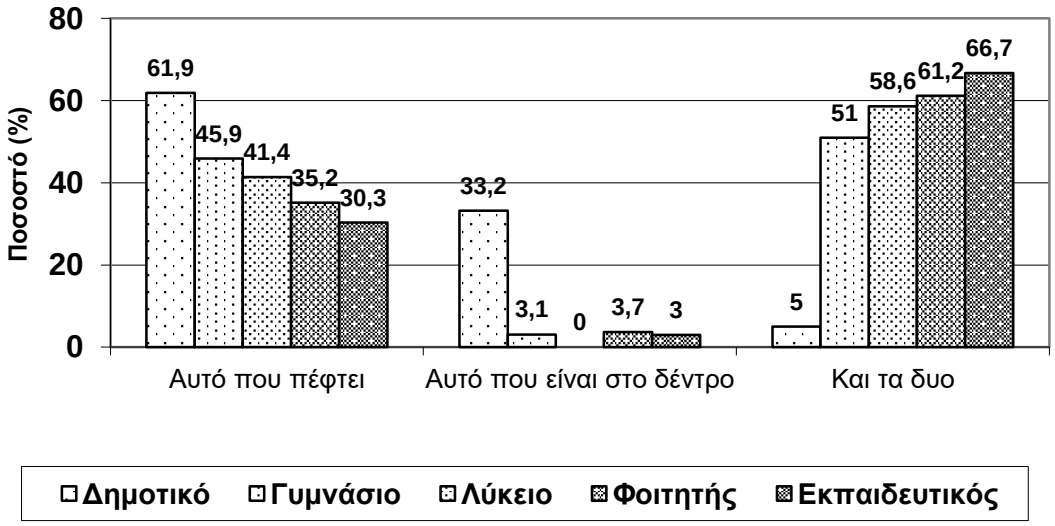
Σχήμα 25: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 23.

Στην ίδια λογική διατυπώνεται και η ερώτηση αρ. 23, η οποία έχει ως εξής: «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος και ύψος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος έχει μεγαλύτερη ισχύ;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 25.

Από τις απαντήσεις των υποκειμένων της έρευνας προκύπτει ότι η σωστή απάντηση, «αυτός που τερματίζει πρώτος έχει μεγαλύτερη ισχύ», δηλώνεται από το 41,7% των μαθητών του δημοτικού. Στο γυμνάσιο το ποσοστό της σωστής απάντησης, φθάνει στο 70,1% και στο λύκειο γίνεται 79,8%. Στα ίδια επίπεδα ορθών απαντήσεων κινείται και η ομάδα των φοιτητών (79,5%), ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων (96,5%).

Όπως στη προηγούμενη ερώτηση, έτσι και σε αυτή, υπάρχουν ερωτηθέντες οι οποίοι συγχέουν την έννοια της ισχύος με αυτή της ενέργειας και είναι αυτοί που δηλώνουν την απάντηση «έχουν την ίδια ισχύ». Όμως και στις δύο ερωτήσεις, εμφανίζεται μείωση του ποσοστού των ερωτηθέντων, όπου συγχέουν τις δύο έννοιες, όσο αναβαίνει η βαθμίδα εκπαίδευσης.

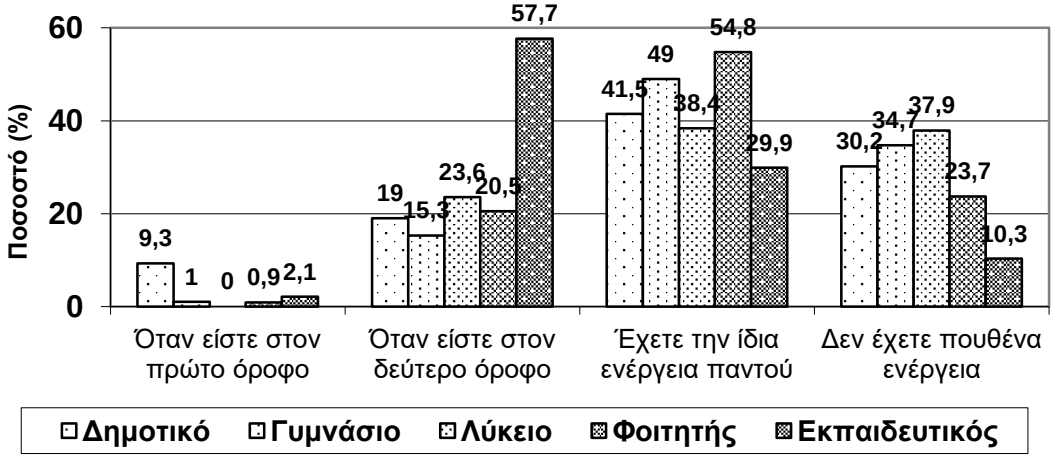
Η ερώτηση 24 είναι σχεδόν ίδια με την ερώτηση 20 και έχει ως εξής: «Σε μια πορτοκαλιά ένα πορτοκάλι είναι πάνω στο δέντρο κι ένα άλλο πέφτει. Ποιο από τα δυο πορτοκάλια έχει ενέργεια;». Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 26.



Σχήμα 26: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 24.

Στην ερώτηση αυτή, η σωστή απάντηση, ότι και τα δύο έχουν ενέργεια, δηλώνεται από τους μαθητές του δημοτικού, μόνο από το 5%. Στο γυμνάσιο, όπου έχουν διδαχθεί για τη δυναμική και την κινητική ενέργεια, οι σωστές απαντήσεις φτάνουν στο 51%, ενώ στο λύκειο φτάνουν στο 58,6%. Οι φοιτητές δηλώνουν τη σωστή απάντηση σε ποσοστό 61,2% και τέλος οι εκπαιδευτικοί σε ποσοστό 66,7%. Αυτοί που απάντησαν ότι έχει ενέργεια το πορτοκάλι που πέφτει, έχουν συνδέσει, προφανώς, την ενέργεια με την κίνηση, αλλά καθώς η βαθμίδα εκπαίδευσης ανεβαίνει, τα ποσοστά αυτής της εναλλακτικής ιδέας αποδυναμώνονται.

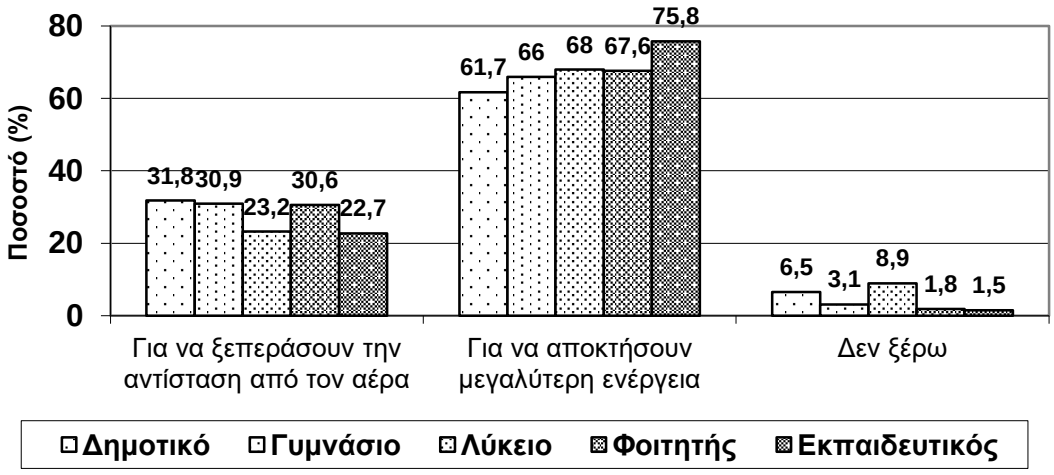
Η ερώτηση αρ. 25, συνδέεται με τη δυναμική ενέργεια και έχει ως εξής: «Είστε στο μπαλκόνι του σπιτιού σας και κοιτάζετε το ηλιοβασίλεμα. Πού έχετε μεγαλύτερη ενέργεια ως προς το έδαφος της γης;». Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 27.



Σχήμα 27: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 25.

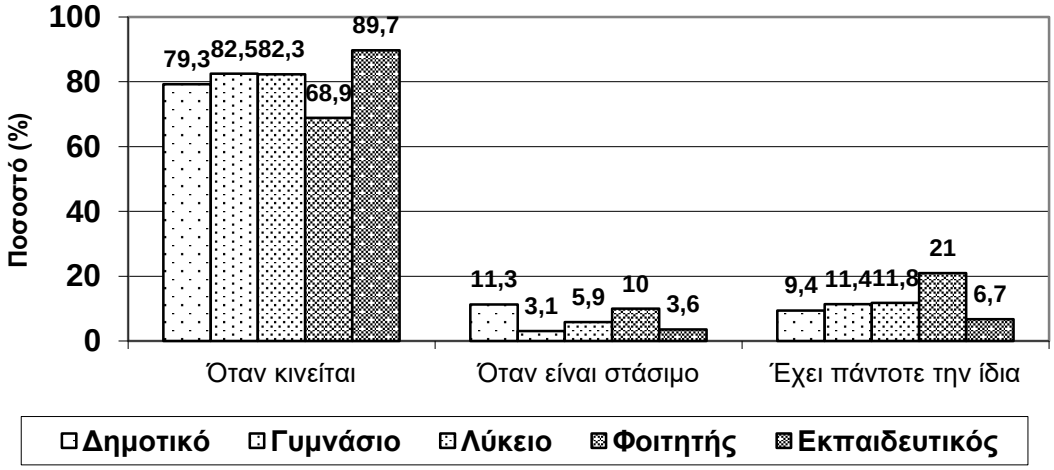
Η σωστή απάντηση, ότι «μεγαλύτερη ενέργεια (δυναμική) έχει ένα σώμα όταν βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος από το έδαφος», δηλώνεται μόνο από το 19% των μαθητών του δημοτικού. Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων στο γυμνάσιο είναι μόλις 15,5% και στο λύκειο 23,6%. Οι φοιτητές δηλώνουν σωστά σε ποσοστό 20,5% και μόνο οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων (57,7%). Πολλοί από τους ερωτώμενους, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, δηλώνουν είτε ότι δεν έχουν καθόλου ενέργεια, είτε έχουν παντού την ίδια, αφού πρόκειται για μια στατική κατάσταση και χωρίς κίνηση, με αποτέλεσμα να μην κατανοούν ορθά την επιστημονική έννοια της δυναμικής ενέργειας.

Η ερώτηση αρ.26 διερευνά την έννοια της κινητικής ενέργειας και έχει ως εξής: «Γιατί οι αθλητές που πηδούν άλμα σε μήκος, παίρνουν φόρα και τρέχουν;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 28.



Σχήμα 28: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 26.

Από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, προκύπτει ότι η σωστή απάντηση «για να αποκτήσουν μεγαλύτερη ενέργεια», δηλώνεται από τους μαθητές του δημοτικού από το 61,7%. Στο γυμνάσιο και στο λύκειο οι σωστές απαντήσεις δεν αλλάζουν κατά πολύ και φτάνουν στο 66% και στο 68% αντίστοιχα. Στα ίδια επίπεδα σωστών απαντήσεων φτάνουν και η ομάδα των φοιτητών, ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων (75,8%). Η απάντηση «για να ξεπεράσουν την αντίσταση από τον αέρα», φαίνεται ότι επηρεάζει ένα σημαντικό αριθμό των υποκειμένων της έρευνας, μιας και είναι γνωστό ότι σε αυτό το άθλημα λαμβάνεται υπόψη η ταχύτητα του αέρα κατά την ώρα του άλματος.



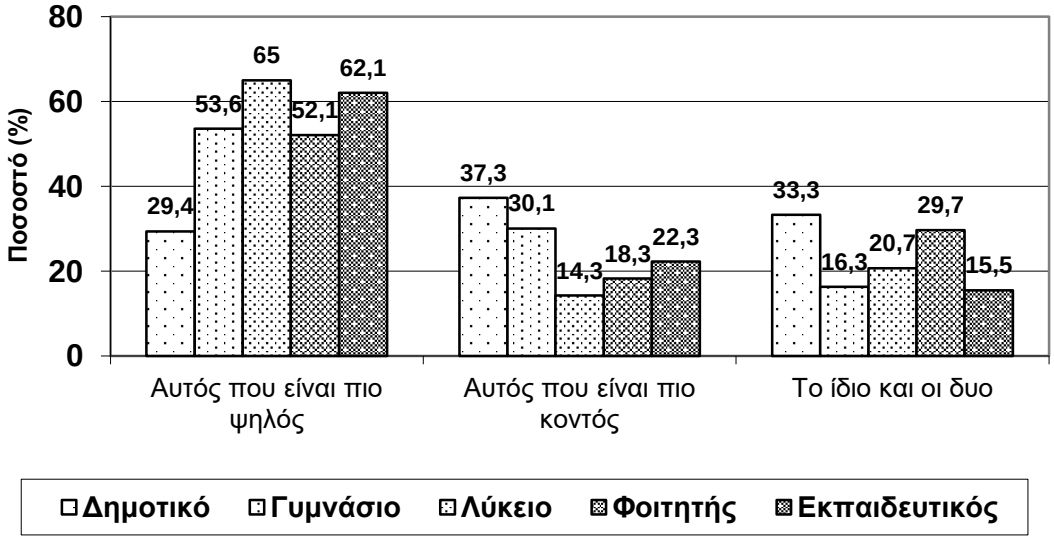
Σχήμα 29: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 27.

Η ερώτηση αρ.27 έχει να κάνει πάλι με την σύνδεση ενέργειας και κίνησης και είναι η εξής: «Ένα φορτηγό πότε έχει μεγαλύτερη ενέργεια;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα αρ.29.

Σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης εκφράζεται σε μεγάλα ποσοστά η σωστή απάντηση, ότι μεγαλύτερη ενέργεια έχει το φορτηγό όταν κινείται. Στο δημοτικό το ποσοστό είναι 79,3%, στο γυμνάσιο 82,5% και σχεδόν ίδιο στο λύκειο (82,3%). Οι φοιτητές δηλώνουν σε χαμηλότερο ποσοστό τη σωστή απάντηση (68,9%), ενώ οι εκπαιδευτικοί έχουν το μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων (89,7%).

Η τελευταία ερώτηση, η 28, έχει να κάνει πάλι με την έννοια του έργου και έχει ως εξής: «Δυο αρσιβαρίστες σηκώνουν το ίδιο βάρος. Ποιος ξοδεύει μεγαλύτερη ενέργεια;». Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στο σχήμα 30.

Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές του δημοτικού δηλώνουν σε ποσοστό 29,4% τη σωστή απάντηση, δηλαδή ότι ο ψηλός Ποιος ξοδεύει μεγαλύτερη ενέργεια. Οι απαντήσεις των μαθητών του δημοτικού είναι σχεδόν μοιρασμένες και στις τρεις απαντήσεις. Οι σωστές απαντήσεις στο γυμνάσιο φτάνουν 53,6% και στο λύκειο στο 65%. Οι φοιτητές δηλώνουν την σωστή απάντηση σε ποσοστό 52,1% και οι εκπαιδευτικοί σε ποσοστό 62,1%.



Σχήμα 30: Η κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 28.

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, όπως αναπτύχθηκε στη προηγούμενη παράγραφο, διαπιστώθηκε ότι για όλες τις ερωτήσεις υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά των απαντήσεων, ως προς τη βαθμίδα των ερωτηθέντων. Είναι ενδιαφέρον να γίνει αναλυτικά ο έλεγχος αυτός για κάθε ερώτηση, για τις συνεχόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης, δηλαδή για τα ζεύγη των ομάδων Δημοτικό-Γυμνάσιο, Γυμνάσιο-Λύκειο, Λύκειο-Φοιτητής και Φοιτητής-Εκπαιδευτικός. Ο έλεγχος έγινε με τη χρήση του κριτηρίου χ^2. Για να μη γίνει μια ανούσια παράθεση σελίδων με τους πίνακες συνάφειας για όλα τα ζεύγη των ομάδων εκπαίδευσης, δίνονται μόνο τα τελικά συγκεντρωτικά αποτελέσματα. Όλα τα αποτελέσματα για τη στατιστική ή τυχαία διακύμανση της διαφοράς σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης, για όλες τις ερωτήσεις της έρευνας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Στατιστικές Διαφορές των απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο

Ερώτηση	Έννοια	Δημοτικό Γυμνάσιο	Γυμνάσιο Λύκειο	Λύκειο Φοιτητής	Φοιτητής Εκπαιδευτικός
1	Δύναμη (Αποτέλεσμα)	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
2	Κατεύθυνση Δύναμης	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
3	Δύναμη - Κίνηση	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
4	Δύναμη - Κίνηση	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
5	Επίδραση Δύναμης	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
6	Επίδραση Δύναμης	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
7	Δράση - Αντίδραση	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
8	Δράση - Αντίδραση	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
9	Δράση - Αντίδραση	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.
10	Δράση - Αντίδραση	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
11	Δράση - Αντίδραση	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
12	Τριβή	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.
13	Τριβή	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
14	Δύναμη - Μάζα	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.	Τ.Δ.
15	Αδράνεια	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.
16	Βάρος - Μάζα	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
17	Βάρος - Βαρύτητα	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
18	Βάρος - Βαρύτητα	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
19	Βάρος - Άνωση	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
20	Έργο	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
21	Έργο	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
22	Ενέργεια	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.

23	Ισχύς	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.
24	Ενέργεια	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
25	Ενέργεια (Δυναμική)	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
26	Ενέργεια (Κινητική)	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Τ.Δ.
27	Ενέργεια (Κινητική)	Σ.Δ.	Τ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.
28	Ενέργεια	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.	Σ.Δ.

Σ.Δ. = Στατιστική Διαφορά *Τ.Δ. = Τυχαία Διακύμανση*

Από το παραπάνω πίνακα, μπορούν να προκύψουν πολλά και διάφορα συμπεράσματα για κάθε ερώτηση. Π.χ. στην ερώτηση 8 υπάρχει στατιστική σημαντική αλλαγή από το δημοτικό στο γυμνάσιο, αλλά από εκεί και μετά σε όλες τις υπόλοιπες βαθμίδες έρευνας οι απαντήσεις των ερωτημένων έχουν τυχαία διακύμανση. Στην ερώτηση 14 σε όλες τις συνεχόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης υπάρχουν τυχαίες διακυμάνσεις στις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Στην ερώτηση 28 σε όλες τις συνεχόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Στην ερώτηση 13 μέχρι τη βαθμίδα του φοιτητή υπάρχει στατιστική διαφορά στις απαντήσεις των ερωτηθέντων, η οποία μεταξύ φοιτητών και εκπαιδευτικών, εμφανίζεται ως τυχαία διακύμανση. Σε άλλες ερωτήσεις προκύπτει εναλλαγή της στατιστικής διαφοράς και της τυχαίας διακυμάνσεις μεταξύ των απαντήσεων των διαφόρων βαθμίδων εκπαίδευσης.

Συμπεράσματα

Κάθε μαθητής έχει δημιουργήσει το δικό του νοητικό μοντέλο, τις δικές του εναλλακτικές ιδέες, για να εξηγήσει τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, τα οποία παρατηρεί και τα οποία συνδέονται με έννοιες της φυσικής. Η εξήγηση αυτή, πολλές φορές δεν συνάδει με την αντίστοιχη επιστημονική, με αποτέλεσμα σε κάθε βαθμίδα της εκπαίδευσης να γίνεται προσπάθεια να επέλθει εννοιολογική αλλαγή, μέσα από τη διδασκαλία. Το επιτυχές ή μη, αποτέλεσμα της εννοιολογικής αλλαγής, συνδέεται με πολλούς παράγοντες, όπως είναι ο τρόπος διδασκαλίας, ο ίδιος ο εκπαιδευτικός, η ηλικία του μαθητή κ.ά. Το σίγουρο όμως είναι, ότι το αποτέλεσμα της μάθησης συνδέεται με την ύπαρξη ή μη ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες τη Φυσικής. Δεν μπορεί να δηλώνεται ως επιτυχημένη μια διδασκαλία σε μια έννοια της φυσικής και ταυτόχρονα να υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες για αυτή.

Από την έρευνα προέκυψε ότι, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες για όλες τις έννοιες της φυσικής. Υπάρχει μεταβολή τους και τις περισσότερες φορές μείωση του ποσοστού τους, από βαθμίδα σε βαθμίδα, (Δημοτικό-Γυμνάσιο, Γυμνάσιο-Λύκειο, Λύκειο-Πανεπιστήμιο και Πανεπιστήμιο-Εκπαιδευτικός). Ως ένα γενικό συμπέρασμα, αυτό δηλώνει ότι το ίδιο το εκπαιδευτικό σύστημα επιτυγχάνει στον σκοπό του. Η μεγάλη ή η μικρή μείωση του ποσοστού των εναλλακτικών ιδεών, εξαρτάται από την ίδια την έννοια. Υπάρχουν έννοιες, όπως η σύνδεση του βάρους με το πεδίο βαρύτητας της γης, όπου είναι ελάχιστη η ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών. Υπάρχουν όμως και έννοιες, όπως η ενέργεια, όπου ακόμα και μετά από όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, οι εναλλακτικές ιδέες είναι ισχυρές σε μεγάλο ποσοστό και αυτό σίγουρα δηλώνει ότι δεν έχει επέλθει η γνώση της έννοιας.

Όλα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η σωστή επιστημονική απάντηση ή η εναλλακτική ιδέα σε έννοια της φυσικής έχει να κάνει με τη βαθμίδα εκπαίδευσης και με ότι συνεπάγεται αυτό (ηλικία, βιωματική εμπειρία, επανάληψη διδασκαλίας της έννοιας κ.λ.π.). Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να διερευνηθεί αν υπάρχει τέτοια σχέση και τι μπορεί να πληροφορίες μπορεί να δώσει η τυχόν ύπαρξή της. Η σχέση αυτή να διερευνηθεί και σίγουρα θα χρειαστούν αναλυτικότερες και μακροχρόνιες έρευνες, για να μπορέσει να δοθεί για κάθε έννοια, με ακρίβεια η πληροφορία για την κατάλληλη ηλικία στην οποία θα πρέπει να διδαχθεί ο μαθητής, ώστε να υπάρξει εννοιολογική αλλαγή.

Βιβλιογραφία

Adeniyi, E. O. (1985), Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education,* 19(4), 311-316.

Appleton, K., (1995), Students teachers confidence to teach science: is more science knowledge necessary to improve self-confidence?, *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369.

Bayraktar, S., (2009), Misconceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion, *International Journal of Science and mathematical Education*, 7(2), 273-291.

Brass, C., Gunstone, R., Fensham, P. (2003), Quality Learning of Physics: Conceptions Held by High School and University Teachers. *Research in Science Education,* 33: 245–271.

Carson, R., & Rowlands, S., (2005), Mechanics as the logical point of entry for the enculturation into scientific thinking, *Science & Education,* 14(3-5), 473-492.

Cochran K., Jones, L., (1998), The Subject Matter Knowledge of Preservice Science Teachers. International Handbook of Science Education, B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds), Kluwer Academmic Publishers, Great Britain, 707-718.

De Jong, O., Korthagen, F., & Wubbels, T., (1998), Research on Science Teacher Education in Europe: Teacher Thinking and Conceptual Change, στο Fraser B.J. & Tobin K.G. (eds): *International Handbook of science Education*. Kluwer, 745-758.

Driver, R., Guesne, E. T., & Tiberghien, A., (1985), Children's ideas and learning science, in R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*, Milton Keynes: Open University Press.

Ginns, I., Watters, J., (1995), An Analysis of Scientific Understandings of Preservice Elementary Teacher Education Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(2), pp. 205-222.

Guisasola, J., Zubimendi, J. & Ceberio, A-M., (2002), The evolution of the concept of capacitance throughout the development of the electric theory and the understanding of its meaning by University students, *Science & Education* 11, 247-261.

Gustafson, F. B., Rowell M. P., (1995), Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education,* 17(5), 589-605.

Itza-Ortiz, S., Rebello, S. & Zollman, D., (2004), Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism, *European Journal of Physics* 25, 81.

Kallery, M. & Psillos, D., (2001), Preschool Teachers' Content Knowledge in Science: their understanding of elementary science concepts and issues raised by children's questions, *International Journal of Early Years Education*, 9 (3), 165-179.

Kelly, J., (2000), Rethinking the elementary science methods course: a case for content, pedagogy, and informal science education, *International Journal of Science Education*, 22(7), 755-777.

Libarkin, JC., Anderson SW, Dahl, J., Beilfuss, M., Boone, W., (2005) Qualitative analysis of college students' ideas about the earth: interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, v. 53, p. 17-26.

Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & van Heuvelen, A., (2001), Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics, Supplement,* 69(7), S12

McMillan, III C., and Swadener, M., (1991), Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics, J. Res. Sci. Teach., 28:8, 661-670.

Mellado, V., (1998), The classroom practice of preservice teachers' and their conceptions of teaching and learning science, *Science Teacher Education*, 82, 197-214.

Reif, F., (1981), Teaching problem solving. A scientific approach, *Phys. Teach*. 19, 310-316.

Schoon, K. & Boone, W. (1998). Self-Efficacy and Alternative Conceptions of Science of Preservice Elementary Teachers, Science Education, 82 (5), 553-568.

Smith, D. C., & Neale, D., (1989), The construction of subject matter knowledge in primary science teaching, Teacher & Teaching Education, V. 5, No 1, 1-20.

Stylos, G., Evangelakis G. A., and Kotsis, K. T., (2008), Misconceptions on classical mechanics by freshman university students: A case study in a Physics Department in Greece, *Themes in Science and Technology Education,* 1 (2), 157-177.

Summers, M. K. (1992), Improving primary school teachers' understanding of science concepts-theory into practice, *International Journal of Science Education*, v14, 25-40.

Taber, K. S., & Tan, K. C. D., (2010), The Insidious Nature of "Hard-Core" Alternative Conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students and pre-service teachers' thinking about ionisation energy, *International Journal of Science Education*, 33, 259-297.

Thong, W. M., Gunstone, R., (2007), Some Student Conceptions of Electromagnetic Induction, *Res Sci Educ,* 38:31–44.

Trowbridge, D. E., and McDermott, L. C., (1980), Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, *American Journal of Physics*, 48(12), 1020-1028.

Van Driel J., De Jong O. & Verloop N., (2002), The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Science Teacher Education*, 86 (4), 575-590.

Van Heuvelen A. (1991a), Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies, *American Journal of Physics*, 59(10), 891-897

Van Heuvelen A. (1991b), Overview, Case Study Physics, *American Journal of Physics*, 59(10), 898-907

Webb, P., (1992), Primary science teachers' understandings of electric current, *International Journal of Science Education*, 14(4), 423-429.

Yalcin, M., Altun, S., Turgut, U., Aggu, F., (2008), First Year Turkish Science Undergraduates' Understandings and Misconceptions of Light. *Sci & Educ* DOI 10.1007/s11191-008-9157-3.

Βασιλοπούλου, Μ., (1998), Διερεύνηση και Διδακτική αντιμετώπιση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών του γυμνασίου για τη Βιοποικιλότητα, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Ε. Κ. Π. Α.

Βλάχος, Ι., (2004), Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες - Η πρόταση της Εποικοδόμησης. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Καρανίκας, Ι. (1996). Μελέτη των προβλημάτων της διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. Διδακτορική διατριβή, Π. Τ. Δ. Ε, του Ε. Κ. Π. Αθηνών.

Κουμαράς, Π, Ψύλλος, Δ., Βαλασιάδης, Ο., Ευαγγελινός, Δ., (1990), Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 125-154.

Κώτσης, Κ. Θ., (2002), Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3:2-3, 201-211.

Κώτσης, Κ. Θ., (2003), Αντιλήψεις Φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τον λόγο ύπαρξης των δυνάμεων του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα σ.* 700-706.

Κώτσης, Κ. Θ., (2004), Διαφορές Αντιλήψεων σε Έννοιες της Μηχανικής, Φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, οι οποίοι εισήχθησαν στο Πανεπιστήμιο με τα δύο τελευταία εισαγωγικά συστήματα εξετάσεων, *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», Αθήνα*, Τόμος Α΄, 422-428.

Κώτσης, Κ. Θ., και Αναγνωστόπουλος, Αν., (2006), Αντιλήψεις των μαθητών Α' Λυκείου για βασικές έννοιες και αρχές της Φυσικής, όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, μάζα, βάρος και 2ος νόμος του Νεύτωνα, *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ) με θέμα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Μάθηση»*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Βόλος, 411-418.

Κώτσης, Κ. Θ., και Βέμης, Κ., (2002), Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό για φαινόμενα που στηρίζονται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο, 257-262.

Κώτσης, Κ. Θ., και Κολοβός, Χ., (2002), Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό στην έννοια της δύναμης, *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο, 250-256

Κώτσης, Κ. Θ., και Στύλος, Γ., (2007), Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 1ετών και 2ετών φοιτητών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με έννοιες τις Νευτώνειας Μηχανικής, *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση «Οι Πολλαπλές Προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών»*, 487-494.

Κώτσης, Κ. Θ., και Στύλος, Γ., (2009), Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 1ετών και 2ετών φοιτητών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με έννοιες τις Νευτώνειας Μηχανικής, *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, Επιμέλεια Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α.*, 487-494.

Μολοχίδης, Α., (2005), Ανάπτυξη Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την Αυτοεπιμόρφωση των Δασκάλων σε Φαινόμενα και Έννοιες των Ρευστών Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Μπισδικιάν Γκ., Ψύλλος Δ., (1998), Ανάπτυξη γνώσης περιεχομένου και απόκτηση δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων: Η περίπτωση της θερμότητας, *Πρακτικά, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Επιμέλεια Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, Δ. Ψύλλος, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη*, 101-106

Πετροχείλου Ε., Μάνεσης, Ε., Ρίζος Ι., και Κώτσης, Κ., (2007), Εξέλιξη των αντιλήψεων φοιτητών τμήματος Φυσικής σε Έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής κατά τα δύο πρώτα έτη των σπουδών τους, *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Επιμέλεια: Κατσίκης Α, Κώτσης Κ, Μικρόπουλος Α, Τσαπαρλής Γ,* Ιωάννινα, Τεύχος Β, 520-527.

Πετροχείλου Ε., Ρίζος Ι., και Κώτσης, Κ., (2006), Αντιλήψεις νέοεισερχόμενων φοιτητών του τμήματος Φυσικής αναφορικά με την έννοια της δύναμης, *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ) με θέμα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Μάθηση»*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Βόλος, 910-913.

Σπύρτου Α., (2002), Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. Διδακτορική διατριβή, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Σπύρτου, Α., (1998), Εξέλιξη των αντιλήψεων των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία της Φυσικής. *Πρακτικά. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Επιμέλεια Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, Δ. Ψύλλος, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη*, 571-576.

Στύλος, Γ., Ευαγγελάκης Γ., και Κώτσης Κ., (2007), Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών επτά τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής, *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Επιμέλεια: Κατσίκης Α, Κώτσης Κ, Μικρόπουλος Α, Τσαπαρλής Γ, Ιωάννινα,* Τεύχος Β, Ιωάννινα, 528-537.

Τζιμογιάννης Α., (1999a), Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές. Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση (1ο Μέρος), *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 105, 115-122.

Τζιμογιάννης Α., (1999b), Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές. Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση (2ο Μέρος), Σύγχρονη Εκπαίδευση, 106, 111-117.

Συμπόσιο

ΣΥΜΠΟΣΙΟ: Διδασκαλία και μάθηση πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας

Διοργανωτής: **Γεώργιος Τσαπαρλής**
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας,
Τομέας Φυσικοχημείας 451 10 Ιωάννινα
gtseper@cc.uoi.gr

Εισαγωγή στο Συμπόσιο

Περίληψη

Η ηλεκτροχημεία (ΗΧ) συνιστά έναν πολύ σημαντικό κλάδο της επιστήμης και της τεχνολογίας, που μελετά κρίσιμα σύγχρονα τεχνολογικά προβλήματα, όπως την ηλεκτροχημική μετατροπή της ενέργειας. Έχοντας μακρόχρονη εμπειρία στη διδασκαλία τόσο των εργαστηριακών ασκήσεων ΗΧ όσο και του θεωρητικού μαθήματος της ΗΧ σε φοιτητές χημείας, ήταν λογικό να με έχει απασχολήσει ερευνητικά η διδασκαλία και η μάθηση της ΗΧ. Στο συμπόσιο αυτό περιλαμβάνονται τρεις περατωθείσες εργασίες μεταπτυχιακών φοιτητών μου που ασχολήθηκαν με τη διδασκαλία και/ή τη μάθηση της λύσης προβλημάτων ΗΧ. Και στις τρεις εργασίες, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από τις τελικές εξετάσεις του υποχρεωτικού μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ», του δεύτερου έτους σπουδών (4ο εξάμηνο) του Τμήματος Χημείας, που περιλαμβάνουν την ΗΧ. Η πρώτη εργασία μελέτησε την ικανότητα των φοιτητών χημείας να λύνουν αλγοριθμικά προβλήματα και τις εννοιολογικές δυσκολίες τους στην ΗΧ ισορροπίας. Η δεύτερη εργασία ασχολήθηκε με τις συνέπειες της άσκησης των φοιτητών στη λύση προβλημάτων κατά τη διάρκεια του διδακτικού εξαμήνου. Τέλος, η τρίτη εργασία επεξεργάστηκε τις επιδόσεις φοιτητών χημείας σε δύο μορφές του ίδιου προβλήματος ΗΧ, το «ολικό» πρόβλημα και το «βήμα-βήμα αναλυμένο» πρόβλημα. Σε όλες τις περιπτώσεις διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας.

Symposium: Teaching and learning of university electrochemistry

Georgios Tsaparlis
Department of Chemistry, University of Ioannina, Ioannina, Greece, gtseper@cc.uoi.gr

Electrochemistry (EC) constitutes a very important branch of science and technology, which studies current crucial problems, such as the electrochemical conversion of energy. Having a long experience in teaching both the laboratory and the lecture course of EC to Greek chemistry students, it was reasonable that I have been interested in research on the teaching and learning of EC. This symposium includes three completed studies by graduate students of mine, which dealt with the teaching and/or learning of problem solving in EC. In all three studies, we have used data from final-semester summative examinations of the "Physical Chemistry II" compulsory course (which includes EC), taught to fourth-semester (second-year) chemistry students. The first study dealt with students' algorithmic problem solving ability and their conceptual difficulties in equilibrium EC, in particular with more demanding questions that required application of knowledge to problem solving. The second study studied the outcomes of students' practice on problem solving in EC, which was carried out during the semester. Finally, the third study analyzed students' performance in two forms of the same EC problem, the "total problem" and the "step-wise" problems. In all cases, suggestions for the improvement of teaching are made.

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι σήμερα η πιο χρήσιμη και διαδεδομένη μορφή ενέργειας. Η παραγωγή της γίνεται κυρίως από ηλεκτρογεννήτριες μηχανές, με τη χρησιμοποίηση της ενέργειας που εκλύεται κατά την καύση των διαφόρων καύσιμων ουσιών. Οι τρόποι αυτοί παραγωγής έχουν όμως μεγάλα μειονεκτήματα: α) Οι νόμοι της θερμοδυναμικής υπαγορεύουν ότι η απόδοση των θερμικών μηχανών (π.χ. των κινητήρων αυτοκινήτων) είναι πολύ κάτω του 100%. β) Από τις αντιδράσεις καύσης παράγονται αέρια προϊόντα που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον. Η ηλεκτροχημική μετατροπή ενέργειας στηρίζεται στην απευθείας μετατροπή της

ενέργειας μιας αυθόρμητης χημικής αντίδρασης σε ηλεκτρική ενέργεια κατά ηλεκτροχημικό ψυχρό τρόπο (*ψυχρή καύση*), π.χ. με την «καύση» του υδρογόνου ($2H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$).

Η ηλεκτροχημική μετατροπή ενέργειας μελετάται από έναν πολύ σημαντικό κλάδο της επιστήμης και της τεχνολογίας, την ηλεκτροχημεία (ΗΧ). Η ΗΧ συνιστά ένα παραδοσιακό κεφάλαιο της πανεπιστημιακής φυσικοχημείας. Θέματα ΗΧ διδάσκονται ακόμη και στα πλαίσια πανεπιστημιακών μαθημάτων γενικής χημείας και εισαγωγικής αναλυτικής χημείας. Οι βάσεις όμως της ΗΧ τίθενται στη μέση εκπαίδευση με τη διδασκαλία βασικών εννοιών, όπως οι ηλεκτρολύτες, τα ιόντα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα των ηλεκτρολυτών και οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

Σε μια ανασκόπηση της διδασκαλίας και της μάθησης της ΗΧ, οι de Jong και Treagust (2002), θεωρούν ότι «η ΗΧ κατατάσσεται από καθηγητές και μαθητές ως μια από τις πιο δύσκολες περιοχές του προγράμματος σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης». Με τους συγγραφείς αυτούς συμφωνεί και ο Τσαπαρλής σε ανασκόπηση της διδασκαλίας και της μάθησης της φυσικοχημείας (Tsaparlis, 2007). Η έρευνα έχει δείξει ότι πολλές από τις δυσκολίες που σχετίζονται με την ΗΧ στην τριτοβάθμια εκπαίδευση έχουν τις ρίζες τους σε προηγούμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η καλή γνώση των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων είναι προϋπόθεση για τη μελέτη της ΗΧ, αλλά το θέμα αυτό παρουσιάζει τις δικές του δυσκολίες (de Jong, Acampo, & Verdonk 1995). Οι Garnett και Treagust (1992a, 1992b) μελέτησαν της εννοιολογικές δυσκολίες των μαθητών λυκείου σε δύο περιοχές: (α) ηλεκτρικά κυκλώματα και αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, (β) γαλβανικά και ηλεκτρολυτικά στοιχεία. Σύμφωνα με τους Birss και Truax (1990), οι σπουδαστές είναι δυνατόν να αντιμετωπίζουν δυσκολίες με τις πιο προχωρημένες προσεγγίσεις στην ΗΧ. Οι Sanger και Greenbowe (1997, 1999) συνέταξαν έναν κατάλογο των συνήθων παρανοήσεων στην ΗΧ που κάλυψε τα γαλβανικά στοιχεία, τα ηλεκτρολυτικά στοιχεία και τα γαλβανικά στοιχεία συγκεντρώσεως. Τέλος, ο Özkaya (Özkaya 2002, Özkaya, Uce & Sahin 2003) μελέτησε τις σχετικές εννοιολογικές δυσκολίες μελλόντων εκπαιδευτικών.

Η ΗΧ περιλαμβάνει βασικά δύο μείζονες ενότητες, την ιοντική ΗΧ και την ηλεκτροδιακή ΗΧ. Η πρώτη μελετά τα συστήματα των ηλεκτρολυτών: τα τήγματα ιοντικών ενώσεων και τα διαλύματα ηλεκτρολυτών (οξέων, βάσεων και αλάτων). Η δεύτερη μελετά τα ηλεκτροχημικά στοιχεία.

Η ηλεκτροδιακή ΗΧ στηρίζεται στις οξειδοαναγωγικές ημιαντιδράσεις και αντιδράσεις. Τα φαινόμενα της οξείδωσης και της αναγωγής έχουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον γιατί συμβαίνουν σε πολλές σημαντικές διεργασίες, με μεγάλη σημασία για τη ζωή του ανθρώπου. Κοινό γνώρισμα όλων αυτών των αντιδράσεων είναι η μεταφορά ηλεκτρονίων μεταξύ των αντιδρωσών ουσιών και επομένως η μεταβολή του αριθμού οξείδωσης ορισμένων από τα στοιχεία που συμμετέχουν στις αντιδράσεις αυτές.

Διακρίνουμε τα ηλεκτροχημικά στοιχεία σε δύο κατηγορίες: τα γαλβανικά στοιχεία και τα ηλεκτρολυτικά στοιχεία. Σε ένα γαλβανικό στοιχείο γίνεται μια αυθόρμητη χημική αντίδραση και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Σε ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο εφαρμόζεται στο στοιχείο *ηλεκτρική διαφορά δυναμικού* (ηλεκτρική τάση) από μια εξωτερική ηλεκτρική πηγή και συμβαίνει στο στοιχείο μια *μη αυθόρμητη* (μια *εξαναγκασμένη*) χημική αντίδραση. Παρατηρούμε ότι η αντίδραση σε ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο είναι αντίστροφη της δράσης στο αντίστοιχο γαλβανικό στοιχείο.

Ως μέλος του Τομέα Φυσικοχημείας στο Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, διδάσκω από το 1978 εργαστηριακά μαθήματα φυσικοχημείας, σημαντικό τμήμα των οποίων αποτελούν οι ασκήσεις ΗΧ. Εξάλλου, στα πλαίσια των θεωρητικών μαθημάτων φυσικοχημείας, με μια πολύ μικρή διακοπή, από το 1985-86 διδάσκω το μάθημα της ΗΧ, αρχικά ως αυτόνομο μάθημα και εν συνεχεία μέχρι σήμερα ως το μεγαλύτερο τμήμα (περίπου τα 2/3) του μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ» (το άλλο τμήμα είναι η φαινομενολογική χημική κινητική). Ως διδακτικό εγχειρίδιο χρησιμοποιώ δικές μου σημειώσεις (Τσαπαρλής, 1987/2002) που βασίζονται ως επί το πλείστον στο βιβλίο των Bocris και Reddy (1970), καθώς και το βιβλίο Φυσικοχημείας του Atkins στην ελληνική του μετάφραση (Atkins, 1998 & 2009). Είναι επομένως λογικό να με έχει απασχολήσει ερευνητικά η διδασκαλία τόσο της εργαστηριακής ΗΧ (Tsaparlis & Gorezi 2005, 2007), όσο και της θεωρητικής ΗΧ (Tsaparlis 2005).

Στο συμπόσιο αυτό περιλαμβάνονται τρεις περατωθείσες εργασίες μεταπτυχιακών φοιτητών μου. Και οι τρεις εργασίες ασχολήθηκαν με τη διδασκαλία και/ή τη μάθηση της λύσης προβλημάτων

ΗΧ. Είναι γνωστό ότι τα προβλήματα διακρίνονται στα πραγματικά προβλήματα και στα αλγοριθμικά προβλήματα (Tsaparlis & Angelopoulos 2000, Tsaparlis 2005). Στην περίπτωση των αλγοριθμικών προβλημάτων απαιτείται βέβαια (ή είναι χρήσιμη) σε σημαντικό βαθμό η εννοιολογική κατανόηση, η επίλυσή τους όμως μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή μιας γνωστής πορείας (ενός αλγορίθμου) στην οποία έχει προηγηθεί εντατική άσκηση των φοιτητών. Αντίθετα, στην περίπτωση των πραγματικών προβλημάτων η πορεία της λύσης δεν είναι εν γένει γνωστή στον λύτη, αλλά απαιτείται κριτική σκέψη και γενικότερα η εμπλοκή των λεγόμενων ανώτερης τάξεως γνωσιακών ικανοτήτων (higher-order cognitive skills, HOCS) (Zoller & Tsaparlis 1997, Tsaparlis & Zoller 2003). Είναι φανερό ότι τα πραγματικά προβλήματα είναι πολύ δυσκολότερα από τα αλγοριθμικά (Tsaparlis & Angelopoulos 2000, Tsaparlis 2005). Τα τελευταία απαιτούν κατώτερης τάξεως γνωσιακές ικανότητες (LOCS), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι και αυτά δεν έχουν τις απαιτήσεις τους, π.χ έχει βρεθεί ότι στην επιτυχία επίλυσής τους παίζει σημαντικό ρόλο η λογική σκέψη των υποκειμένων (επίπεδο νοητικής ανάπτυξης κατά Piaget) (Tsaparlis, Kousathana, & Niaz 1997).

Και στις τρεις εργασίες, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από την τελική εξέταση του υποχρεωτικού μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ», του δεύτερου έτους σπουδών (4ο εξάμηνο) του Τμήματος Χημείας. Το μάθημα περιλαμβάνει δύο μέρη, Μέρος Α, Ηλεκτροχημεία και Μέρος Β, Φαινομενολογική Χημική Κινητική, με το τμήμα της ΗΧ να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα (55-60%). Ως ελάχιστος βαθμός επιτυχίας ήταν το 4,5/10 (45%).

Όπως είναι γνωστό, η παρακολούθηση των θεωρητικών μαθημάτων στα ελληνικά πανεπιστήμια δεν είναι υποχρεωτική, ενώ συνήθως δεν υπάρχουν προαπαιτούμενα μαθήματα ούτε υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των επανεξετάσεων, χωρίς η αποτυχία να έχει τυπικές συνέπειες για την πρόοδο των φοιτητών. Συνέπεια αυτού είναι ότι οι συμμετέχοντες στις εξετάσεις φοιτητές ποικίλουν ως προς το αν είχαν παρακολουθήσει τις παραδόσεις του μαθήματος ή όχι και ως προς πραγματικό έτος σπουδών τους. Οι φοιτητές που παρακολούθησαν συστηματικά τις παραδόσεις ήταν μια μειονότητα (μεταξύ του 1/4 και του 1/3, 18-30 φοιτητές), ενώ και αυτοί που παρακολούθησαν διέφεραν ως προς την συνέπεια της παρακολούθησης.

Η χρησιμοποιούμενη διδακτική μέθοδος ήταν συνδυασμός τυπικής διάλεξης με μεθοδολογίες που βασίζονται στη σύγχρονη διδακτική των φυσικών επιστημών. Ιδιαιτέρως, ο διδάσκων κατέβαλλε προσπάθεια να εμπλέκει τους φοιτητές στο μάθημα κατά ενεργητικό και αλληλεπιδραστικό τρόπο, με το να: (α) να ρωτά συχνά ερωτήσεις, (β) να καλεί τους φοιτητές να λύνουν προβλήματα στον πίνακα μπροστά σε όλη την τάξη, και/ή (γ) να αναθέτει στους φοιτητές διάφορες γνωσιακές δραστηριότητες (π.χ. να συμπληρώσουν μια ημιαντίδραση ή να κάνουν εφαρμογή της εξίσωσης του Nernst κατά τη διάρκεια των μαθημάτων και, περιφερόμενος στην τάξη, να ελέγχει επιτόπου τις προσπάθειες των φοιτητών και να ασχολείται με τις δυσκολίες και τα λάθη τους). Σε όλες τις περιπτώσεις, ο διδάσκων ασχολούνταν κάθε φορά με έναν φοιτητή (ή φοιτήτρια), επιμένοντας ώστε ο φοιτητής να καθοδηγηθεί σε μια αποδεκτή απάντηση.

Πριν από το μάθημα «Φυσικοχημείας ΙΙ», οι φοιτητές είχαν διδαχθεί εισαγωγικά μαθήματα αναλυτικής χημείας, τα οποία περιλαμβάνουν βασικά θέματα ΗΧ, όπως οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, κανονικά δυναμικά οξειδοαναγωγής και την εξίσωση του Nernst. Σημειωτέον ότι στα μαθήματα της αναλυτικής χημείας ακολουθούσαν το Αμερικανικό Σύστημα ως προς τα πρόσημα των δυναμικών, διακρίνοντας δυναμικά αναγωγής και δυναμικά οξείδωσης, τα οποία για δεδομένο οξειδοαναγωγικό ζεύγος έχουν την ίδια απόλυτη τιμή αλλά αντίθετο πρόσημο. Αντίθετα, στα μαθήματα ΗΧ, ακολουθούνταν η Ευρωπαϊκή Σύμβαση, που θεωρεί αναλλοίωτο το πρόσημο των δυναμικών, ανεξαρτήτως τού αν αναφερόμαστε σε ημιαντίδραση αναγωγής ή οξείδωσης.

Με τη Βασιλική Εξάρχου, μελετήσαμε την ικανότητα φοιτητών χημείας για λύση αλγοριθμικών προβλημάτων στην ΗΧ. Ειδικότερα, ασχοληθήκαμε με τις δύο ημιαντιδράσεις των γαλβανικών στοιχείων, την πρόβλεψη της αυθόρμητης αντίδρασης, το μέγεθος και πρόσημο του ΔΕο, και την εφαρμογή της εξίσωσης του Nernst για τον προσδιορισμό της τιμής της σταθεράς χημικής ισορροπίας της αντίδρασης ή της σταθεράς του γινομένου διαλυτότητας δυσδιάλυτου άλατος. Βρήκαμε ακόμη τη συχνότητα των εννοιολογικών δυσκολιών και των παρανοήσεων των φοιτητών.

Με την Κωνσταντίνα Μαλάμου εξετάσαμε τις συνέπειες της άσκησης στη λύση προβλημάτων ΗΧ σε δευτεροετείς φοιτητές χημείας κατά τη διάρκεια του διδακτικού εξαμήνου. Ως μέτρο συγκρίσεως χρησιμοποιήσαμε την επίδοση στις τελικές εξετάσεις των φοιτητών που συμμετείχαν στα προβλήματα, τους οποίους συγκρίναμε με τους φοιτητές που δεν συμμετείχαν στις ασκήσεις.

Τέλος, με τον Ηλία Μεγαλονίδη, μελετήσαμε τις επιδόσεις φοιτητών χημείας σε δύο μορφές του ίδιου προβλήματος ηλεκτροχημείας. Στη μία μορφή το πρόβλημα ήταν «ολικό», όπου υπήρχε ένα και μοναδικό ζητούμενο, ενώ στη δεύτερη μορφή το πρόβλημα ήταν «βήμα-βήμα αναλυμένο», έχοντας περισσότερα του ενός ζητούμενα και όπου το τελικό ζητούμενο ήταν το ίδιο με του ολικού προβλήματος. Όπως βρέθηκε, το αναλυμένο πρόβλημα μπορεί να βελτιώσει πάρα πολύ τις επιδόσεις των φοιτητών.

Σε όλες τις εργασίες διατυπώνονται και προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας.

Βιβλιογραφία

Atkins, P.W. (1998 & 2009). Φυσικοχημεία, 3η Έκδοση, Τόμος Ι, 1998 (Μετάφρ. Σ. Αναστασιάδης, Γ. Ν. Παπαθεοδώρου, Σ. Φαράντος, Γ. Φυτάς) και Τόμος ΙΙΙ, 2009 (Μετάφρ. Κ. Δεληγιάννης, Ν. Κοπιδάκης, Γ. Κωτσόπουλος, Σ. Πυρπασόπουλος, 2009). Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Τσαπαρλής Γ. (1987/2002). Ηλεκτροχημεία. Πανεπιστημιακά Μαθήματα, γ΄ έκδοση 2001-02. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Birss V. I. & Truax D. R. (1990). An effective approach to teaching electrochemistry. Journal of Chemical Education, 67, 403-409.

Bockris J. O'M. & Reddy A. K. N. (1970). Modern electrochemistry, Vol. 1, Ionics, Vol. 2, Electrodics in chemistry. New York, Plenum Press.

de Jong O. Acampo J. & Verdonk A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions : Actions and conceptions of chemistry teachers. Journal of Research in Science Teaching, 32, 1097-1110.

de Jong, O. & Treagust, D. (2002). Teaching and learning of electrochemistry. In Gilbert, J.K., de Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F. and van Driel, J.H.(eds) Chemical education: Towards research-based Practice (Chapter 14). New York: Springer.

Garnett P. J. & Treagust D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. Journal of Research in Science Teaching, 29, 121-142.

Garnett P. J. & Treagust D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. Journal of Research in Science Teaching, 29, 1079-1099.

Özkaya A. R., (2002). Conceptual difficulties experienced by prospective teachers in electrochemistry: Half-cell potential, cell potential, and chemical and electrochemical equilibrium in galvanic cells, Journal of Chemical Education, 79, 735-738.

Özkaya A. R., Üce M., & Şahin M. (2003). Prospective teachers' conceptual understanding of electrochemistry: Galvanic and electrolytic cells. *University Chemistry Education,* 7, 1-12.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (1997). Students' misconceptions in electrochemistry: Current flow in electrolyte solutions and the salt bridge. Journal of Chemical Education, 74, 819-823.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. Journal of Chemical Education, 76, 853-860.

Tsaparlis G. (2005). Non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry: a correlation study of the role of selective cognitive variables. Research in Science and Technological Education, 23, 125-148.

Tsaparlis, G. (2007). Teaching and learning physical chemistry – review of educational research. In Ellison, M.D. and Schoolcraft, T.A. (eds) Advances in teaching physical chemistry (Chapter 7). Washington DC: American Chemical Society (distributed by Oxford University Press)

Tsaparlis G. & Angelopoulos V. (2000). A model of problem-solving: Its operation,validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems. Science Education, 84, 151-153.

Tsaparlis G. & Gorezi, M. (2005). A modification of a conventional expository physical chemistry laboratory to accommodate an inquiry/project-based component: method and students' evaluation. Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education, 5, 111-131.

Tsaparlis G. & Gorezi, M. (2007). Addition of a project-based component to the expository physical chemistry laboratory. Journal of Chemical Education, 84, 668-670 (plus the full paper in JCE Software).

Tsaparlis G., Kousathana M., & Niaz M. (1998). Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of M-demand, and their effect on student performance. Science Education, 82, 437-454.

Tsaparlis G. & Zoller U. (2003). Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: Implications for university in-class assessment and examinations. University Chemistry Education, 7, No. 2, 50-57.

Zoller U. & Tsaparlis G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. Research in Science Education, 27, 117-130.

Λύση αλγοριθμικών προβλημάτων πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας

Βασιλική Εξάρχου, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
451 10 Ιωάννινα, gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη

Μελετούμε την ικανότητα φοιτητών χημείας για λύση αλγοριθμικών προβλημάτων και τις εννοιολογικές δυσκολίες τους στην ηλεκτροχημεία ισορροπίας, με βάση δεδομένα επιδόσεων των φοιτητών στην τελική εξέταση εξαμήνου. Μόνο επιτυχή γραπτά ελήφθησαν υπόψη. Χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από επτά εξετάσεις που διελάμβαναν τη λύση τεσσάρων προβλημάτων, τα οποία υποδιαιρέθηκαν σε οκτώ υποπροβλήματα. Το 47,5% των φοιτητών πραγματεύθηκε με επιτυχία τις δύο ημιαντιδράσεις που υπεισέρχονταν σε ηλεκτροχημικά (γαλβανικά) στοιχεία, την πρόβλεψη της αυθόρμητης αντίδρασης και το μέγεθος και πρόσημο του ΔE^o. Ο παραπάνω αριθμός έπεσε στο 33,8% στην περίπτωση της εφαρμογής της εξίσωσης του Nernst για τον προσδιορισμό της τιμής της σταθεράς χημικής ισορροπίας της αντίδρασης ή της σταθεράς του γινομένου διαλυτότητας δυσδιάλυτου άλατος. Επιπροσθέτως, μελετήσαμε τις παρακάτω πλευρές: Συσχετισμός της επίδοσης στα προβλήματα με την επίδοση στη συνολική εξέταση της ηλεκτροχημείας. Επίδραση ενός φροντιστηριακού μαθήματος την παραμονή της εξέτασης. Συχνότητα των εννοιολογικών δυσκολιών και των παρανοήσεων μεταξύ των επιτυχόντων στην εξέταση φοιτητών και της τελευταίας ανεπιτυχούς εξέτασης των ίδιων φοιτητών. Τέλος, συζητούμε προτάσεις για τη διδασκαλία.

Abstract

We have used data from final-semester summative exams to study the chemistry students' algorithmic problem-solving ability and their conceptual difficulties in equilibrium electrochemistry. Data from seven examination papers were used, involving the solution of four problems that were divided into eight sub-problems. 47.5% of the students were successful in dealing with the two half reactions entering into electrochemical (galvanic) cells, the prediction of the spontaneous cell reaction, and the size and sign of the ΔE^o value. The above figure dropped to 33.8% in the case of the application of the Nernst equation for determining the value of the equilibrium constant of a reaction or the solubility product constant of a dissoluble salt. In addition, the following aspects were examined: correlation of the performance in the problems with performance in the overall electrochemistry examination; effect of a tutorial lesson on the eve of the exam; frequency of conceptual difficulties and of misconceptions among successful in the examination students and the same students' performance in their last failed paper. Finally, suggestions for teaching are discussed.

Εισαγωγή

Η ηλεκτροχημεία (ΗΧ) αποτελεί ένα σημαντικό κεφάλαιο της φυσικοχημείας και έχει σημαντικές εφαρμογές στη χημεία και στην τεχνολογία (βλ. Εισαγωγή στο Συμπόσιο). Εκτός από βασικό τμήμα της φυσικοχημείας, θέματα ΗΧ διδάσκονται επίσης στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και στα πρώτα έτη των τμημάτων χημείας στη γενική και στην αναλυτική χημεία, ενώ μελετάται περαιτέρω στα πλαίσια των μαθημάτων φυσικοχημείας και ενόργανης ανάλυσης. Το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται η ΗΧ χαρακτηρίζεται τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές ως ένα από τα πιο δύσκολα αντικείμενα στην ύλη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (de Jong & Treagust 2002). Ιδιαίτερη δυσκολία προκαλούν στους φοιτητές τα προβλήματα της ΗΧ, και ιδιαίτερα τα προβλήματα στα οποία υπεισέρχονται ηλεκτροχημικά (γαλβανικά) στοιχεία, όπου απαιτείται η εφαρμογή της εξίσωσης Nernst (Tsaparlis, 2007).

Είναι γνωστό ότι τα προβλήματα διακρίνονται στα πραγματικά προβλήματα και στα αλγοριθμικά προβλήματα, όπου τα πρώτα είναι πολύ πιο απαιτητικά, απαιτώντας ανώτερης τάξεως γνωσιακές ικανότητες (higher-order cognitive skills, HOCS, Zoller & Tsaparlis 1997, Tsaparlis & Zoller 2003). Αντίθετα, τα αλγοριθμικά προβλήματα απαιτούν την εφαρμογή μιας γνωστής

πορείας (ενός αλγορίθμου) στην οποία έχει προηγηθεί εντατική άσκηση των φοιτητών, γι' αυτό είναι λιγότερο απαιτητικά, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν έχουν και αυτά τις απαιτήσεις τους. Για περισσότερα για τη φύση των προβλημάτων, βλ. την Εισαγωγή στο Συμπόσιο. Στην εργασία αυτήν μας ενδιαφέρουν τα αλγοριθμικά προβλήματα της ΗΧ.

Πολύ σημαντική για την επίλυση των αλγοριθμικών προβλημάτων είναι η εννοιολογική κατανόηση. Οι Nurrenbern και Pickering (1987) και Pickering (1990). έδειξαν ότι πρωτοετείς φοιτητές τα πήγαιναν πολύ καλύτερα σε παραδοσιακές υπολογιστικές ασκήσεις παρά σε εννοιολογικές ερωτήσεις. Οι Zoller et al. (1995) συνέδεσαν τις εννοιολογικές ερωτήσεις με τις ικανότητες HOCS, ενώ τις αλγοριθμικές ερωτήσεις και ασκήσεις με τις ικανότητες LOCS.

Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο την εφαρμογή μεθόδων διδασκαλίας για να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες στην κατανόηση σε θέματα ΗΧ δευτεροετών φοιτητών του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος του 4ου εξαμήνου «Φυσικοχημεία ΙΙ» (2ο έτος σπουδών). Εκτός από την ΗΧ, το μάθημα αυτό περιελάμβανε και θέματα χημικής κινητικής (ΧΚ). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2008-2009.

Ανάμεσα στους διδακτικούς στόχους για το μάθημα της ΗΧ σχετικοί με την παρούσα εργασία είναι ότι οι φοιτητές πρέπει: Να κατανοούν το ρόλο των ηλεκτροδίων και τις ημιαντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής. Να περιγράφουν τη δομή των ηλεκτροχημικών (γαλβανικών) στοιχείων. Να συμβολίζουν τα στοιχεία που βασίζονται στα επιμέρους ηλεκτρόδια / να γράφουν τη συνολική αντίδραση του ηλεκτροχημικού στοιχείου. Να εξηγούν τη σύμβαση για το πρόσημο και να συσχετίζουν την ΗΕΔ ενός στοιχείου με την αυθόρμητη κατεύθυνση της αντίδρασης. Επίσης: Να χρησιμοποιούν την εξίσωση Nernst για αντιδράσεις / να ορίζουν την έννοια της πρότυπης ΗΕΔ ενός στοιχείου (ΔE^o) και να τη συσχετίζουν με τη σταθερά χημικής ισορροπίας (K) της αντίδρασης του στοιχείου. Να ορίζουν την K_{sp} ενός δυσδιάλυτου άλατος και να υπολογίζουν την τιμή της από τα πρότυπα δυναμικά των ηλεκτροδίων. Και τέλος να αναγνωρίζουν τη διαφορά ανάμεσα στην Ευρωπαϊκή Σύμβαση και στο Αμερικανικό Σύστημα σε σχέση με το πρόσημο των πρότυπων ηλεκτροδιακών δυναμικών και τη σημασία του.

Μεθοδολογία της έρευνας

Χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από την τελική εξέταση του Ιουνίου, την επαναληπτική εξέταση του Σεπτεμβρίου, καθώς και την πτυχιακή εξέταση του Ιανουαρίου του υποχρεωτικού μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ», το οποίο διδάσκει επί πολλά έτη ο ένας συγγραφέας (ΓΤ) στους δευτεροετείς φοιτητές του Τμήματος Χημείας (4ο εξάμηνο σπουδών). Το μάθημα περιλαμβάνει δύο μέρη, Μέρος Α, Ηλεκτροχημεία και Μέρος Β, Φαινομενολογική Χημική Κινητική, με το τμήμα της ΗΧ να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα (55-60%). Ως ελάχιστος βαθμός επιτυχίας ήταν το 4,5/10 (45%).

Όπως είναι γνωστό, η παρακολούθηση των θεωρητικών μαθημάτων στα ελληνικά πανεπιστήμια δεν είναι υποχρεωτική, ενώ συνήθως δεν υπάρχουν προαπαιτούμενα μαθήματα ούτε υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των επανεξετάσεων, χωρίς η αποτυχία να έχει τυπικές συνέπειες για την πρόοδο των φοιτητών. Συνέπεια αυτού είναι ότι οι συμμετέχοντες στις εξετάσεις φοιτητές ποικίλουν ως προς το αν είχαν παρακολουθήσει τις παραδόσεις του μαθήματος ή όχι και ως προς πραγματικό έτος σπουδών τους. Η χρησιμοποιούμενη διδακτική μέθοδος ήταν συνδυασμός τυπικής διάλεξης με μεθοδολογίες που βασίζονται στη σύγχρονη διδακτική των φυσικών επιστημών. Για περισσότερα για τη διδακτική μέθοδο, βλ. την Εισαγωγή στο Συμπόσιο.

Πριν από το μάθημα «Φυσικοχημείας ΙΙ», οι φοιτητές είχαν διδαχθεί εισαγωγικά μαθήματα αναλυτικής χημείας, τα οποία περιλαμβάνουν βασικά θέματα ΗΧ, όπως οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, κανονικά δυναμικά οξειδοαναγωγής και την εξίσωση του Nernst. Σημειωτέον ότι στα μαθήματα της αναλυτικής χημείας ακολουθούσαν το Αμερικανικό Σύστημα ως προς τα πρόσημα των δυναμικών, διακρίνοντας δυναμικά αναγωγής και δυναμικά οξείδωσης, τα οποία για δεδομένο οξειδοαναγωγικό ζεύγος έχουν την ίδια απόλυτη τιμή αλλά αντίθετο πρόσημο. Αντίθετα, στα μαθήματα ΗΧ, ακολουθούνταν η Ευρωπαϊκή Σύμβαση, που θεωρεί αναλλοίωτο το πρόσημο των δυναμικών, ανεξάρτητα του αν αναφερόμαστε σε ημιαντίδραση αναγωγής ή οξείδωσης. Για τη διδασκαλία και μελέτη χρησιμοποιήθηκαν πανεπιστημιακές σημειώσεις που έχουν συνταχθεί από τον διδάσκοντα (Τσαπαρλής, 1987/2002), οι οποίες βασίστηκαν κυρίως στο βιβλίο των Bockris και Reddy (1970).

Σε κάθε εξέταση υπήρχαν δύο είδη ερωτήσεις: (α) απλές ερωτήσεις γνώσεων, (β) πιο απαιτητικές ερωτήσεις που απαιτούσαν εφαρμογή γνώσεων στη λύση προβλημάτων. Μόνο ερωτήσεις του τύπου (β) μάς ενδιαφέρουν σε αυτήν την εργασία. Να σημειωθεί ότι μερικές φορές, στην αρχή της γραπτής εξέτασης δόθηκε μόνο του ένα επιπλέον απαιτητικό πρόβλημα, με τη δυνατότητα να λυθεί με τη χρήση σημειώσεων ή βιβλίων [βλ. και εργασίες (1) των Μεγαλονίδη και Τσαπαρλή και (2) των Μαλάμου και Τσαπαρλή σε αυτό το Συμπόσιο].

Στην έρευνα χρησιμοποιήσαμε τέσσερα προβλήματα που διελάμβαναν τις δύο υπεισερχόμενες σε ηλεκτροχημικό (γαλβανικό) στοιχείο ημιαντιδράσεις, τη συνολική αντίδραση του στοιχείου και στον υπολογισμό του ΔE^o, καθώς και στην εφαρμογή της εξίσωσης Nernst και τα οποία δόθηκαν σε επτά διαφορετικές εξετάσεις (βλ. Παράρτημα). Όλα τα γραπτά βαθμολογήθηκαν από τον διδάσκοντα, με βάση βαθμολογικό σχήμα που βασιζόταν στο να δίδεται πλήρης βαθμολογία για τις απαντήσεις που θεωρούνταν ορθές και πλήρεις και με το να αφαιρούνται προκαθορισμένες μονάδες βαθμολογίας για δεδομένα λάθη και παραλείψεις. Κάθε ερώτηση στην εξέταση ελάμβανε προκαθορισμένη βαθμολογία, που ήταν σημειωμένη στο κείμενο των θεμάτων της εξέτασης. Οι διάφορες ερωτήσεις έπαιρναν διαφορετική βαθμολογία, ανάλογα με τη σημασία και τη δυσκολία τους.

Μόνο τα επιτυχή γραπτά ελήφθησαν υπόψη. Περαιτέρω, συγκρίναμε το επιτυχή γραπτά με τα αντίστοιχα (για τους ίδιους φοιτητές) τελευταία αποτυχημένα γραπτά. Σκοπός μας ήταν να ελέγξουμε τη διόρθωση ή όχι των παρανοήσεων και των εννοιολογικών δυσκολιών ανάμεσα στην επιτυχή και την τελευταία ανεπιτυχή εξέταση.

Αποτελέσματα

Οι Πίνακας 1 δίνει τα ποσοστά επιτυχίας στα επιμέρους προβλήματα Β και στο σύνολο των τεσσάρων προβλημάτων και κάνει σύγκριση με τα αντίστοιχα ποσοστά επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά.

Πίνακας 1. Ποσοστά επιτυχίας στα επιμέρους προβλήματα Β και στο σύνολο των τεσσάρων προβλημάτων.

Πρόβλημα	*Συνολικός αριθμός γραπτών*	*Αριθμών επιτυχόντων φοιτητών***	*Ποσοστό επιτυχίας στο πρόβλημα*	*Ποσοστό επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά*
Β1	16	1	6,3%	87,5%
Β2	55	15	27,3%	49,1 %
Β3	103	47	45,6%	68,0 %
Β4	140	71	50,7%	66,4 %
Β	*314*	*149*	*47,5%*	*65,0%*

Γενικά, η γνώση των υπεισερχόμενων ημιαντιδράσεων και η συμπλήρωσή τους είναι σημαντικό εμπόδιο, ενώ δυσκολίες προκαλούν και η πρόβλεψη της αυθόρμητης αντίδρασης, αλλά και ο υπολογισμός του ΔE^o. Το πολύ μικρό ποσοστό επιτυχίας (6,3%) στο Β1 μπορεί να αποδοθεί (α) στη δυσκολία της ημιαντίδρασης $Hg_2Cl_2(s) / Hg$ και ίσως και στην εμπλοκή του αδρανούς ηλεκτροδίου λευκοχρύσου. Εξάλλου, η έλλειψη αριθμητικών δεδομένων για τις τιμές των E^o και η απαίτηση για αλγεβρικό υπολογισμό με βάση την πληροφορία ότι $E_1^o > E_2^o$ προσδίδουν στο Β1 χαρακτηριστικά μη αλγοριθμικού προβλήματος και αυτό πρσφέρει πρόσθετη εξήγηση για τη χαμηλή επίδοση (Tsaparlis 2005). Το Β2 έχει χαμηλότερο ποσοστό επιτυχίας από το ισοδύναμό του Β3 (27,6 έναντι 45,6%) λόγω του ότι δίδεται ως σύνθετο πρόβλημα, δηλαδή τα ερωτήματα που μελετάμε εδώ δεν διατυπώνονται ρητώς, αλλά συνιστούν απαραίτητα βήματα για τον υπολογισμό της σταθεράς του γινομένου διαλυτότητας [βλ. και εργασίες (1) των Μεγαλονίδη και Τσαπαρλή και (2) των Μαλάμου και Τσαπαρλή σε αυτό το Συμπόσιο). Σε όλες τις περιπτώσεις, τα ποσοστά επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά είναι αρκετά υψηλότερα από ό,τι στα μελετώμενα προβλήματα, που σημαίνει ότι εν γένει

η αντιμετώπιση των προβλημάτων είναι αρκετά πιο απαιτητική από την απάντηση σε ερωτήσεις γνώσης.

Οι Πίνακας 2 δίνει τα ποσοστά επιτυχίας στα επιμέρους προβλήματα Γ και στο σύνολο των τεσσάρων προβλημάτων και κάνει σύγκριση με τα αντίστοιχα ποσοστά επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά.

Πίνακας 2. Ποσοστά επιτυχίας στα επιμέρους προβλήματα Γ και στο σύνολο των τεσσάρων προβλημάτων.

Πρόβλημα	*Συνολικός αριθμός γραπτών*	*Αριθμών επιτυχόντων φοιτητών***	*Ποσοστό επιτυχίας στο πρόβλημα*	*Ποσοστό επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά*
Γ1α	55	12	21,8%	49,1%
Γ1β	140	47	33,6%	66,4 %
Γ2α	16	12	75,0%	87,5 %
Γ2β	103	35	34,0%	68,0 %
Γ	*314*	*106*	*33,8%*	*65,0%*

Γενικά τα ποσοστά επιτυχίας δεν είναι υψηλά (με εξαίρεση το Γ2α). Πολλοί φοιτητές ενώ υπολογίζουν σωστά την απόλυτη τιμή του ΔE^o κάνουν λάθος στο πρόσημο. Άλλοι πάλι δεν λαμβάνουν υπόψη ότι στην ισορροπία $\Delta E^o = 0$. Εξάλλου, παρατηρούμε ότι η μέση επίδοση στα προβλήματα Γ είναι χαμηλότερη από ό,τι στα Β, που σημαίνει ότι η εφαρμογή της εξίσωσης του Nernst είναι απαιτητική. Όπως αναμενόταν, και σε αυτή την περίπτωση, τα ποσοστά επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά είναι αρκετά υψηλότερα από ό,τι στα μελετώμενα προβλήματα.

Τα προβλήματα Γ1β και Γ2β έχουν παρόμοια ποσοστά επιτυχίας και το ίδιο συμβαίνει με τις αντίστοιχες επιδόσεις στην ΗΧ συνολικά. Και εδώ το Γ1α έχει χαμηλότερο ποσοστό επιτυχίας από το ισοδύναμό του Γ1β (21,8 έναντι 33,6%) λόγω του ότι δίδεται ως σύνθετο πρόβλημα. Η επίδοση στο πρόβλημα Γ1α ήταν η χαμηλότερη των προβημάτων Γ, που δείχνει τη δυσκολία του υπολογισμού της σταθεράς γινομένου διαλυτότητας.

Μελέτη του συσχετισμού της επίδοσης στα προβλήματα με την επίδοση στην ηλεκτροχημεία συνολικά

Ο Πίνακας 3 έχει τα σχετικά δεδομένα (συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman). Παρατηρούμε σχετικά υψηλούς συντελεστές, ενώ έχουμε μικρότερες τιμές στα Β1 και Γ2α, στα οποία είχαμε και χαμηλότερες επιδόσεις.

Πίνακας 3. Συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman της επίδοσης στα προβλήματα και στην ηλεκτροχημεία συνολικά.

Πρόβλημα	*N*	*Pearson*	*Spearman*
Β1 (Γ2α)	16	0,537 (0,032)	0,575 (0,020)
Β2 (Γ1α)	57	0,678 (0,000)	0,716 (0,000)
Β3 (Γ2β)	105	0,698 (0,000)	0,684 (0,000)
Β4 (Γ1β)	142	0,637 (0,000)	0,640 (0,000)
Σταθερά K_{sp} (Γ1β + Γ1α)	199	0,671 (0,000)	0,698 (0,000)
Σταθερά ισορροπίας Κ (Γ2α + Γ2β)	121	0,692 (0,000)	0,680 (0,000)

Επίδραση της παρακολούθησης φροντιστηριακού μαθήματος

Σε ορισμένες περιπτώσεις ο διδάσκων δίδαξε ένα φροντιστηριακό μάθημα την παραμονή της εξέτασης, κατά το οποίο αντιμετωπίστηκε με αλληλεπιδραστικό τρόπο η λύση των προβλημάτων

της αμέσως προηγούμενης εξέτασης. Οι Πίνακες 4 και 5 έχουν τα δεδομένα για τη σύγκριση των επιδόσεων ανάμεσα στους φοιτητές που παρακολούθησαν το φροντιστήριο και εκείνους που δεν το παρακολούθησαν. Παρατηρούμε ότι ενώ στο Β4 και στο Γ1β είχαμε μεγάλη διαφορά υπέρ των φοιτητών που είχαν παρακολουθήσει το φροντιστήριο, ενώ οι επιδόσεις είναι παρόμοιες στα Β3 και Γ2β. Τα Β3 και Γ2β είχαν δύο δυσκολίες: (α) ότι στο ένα ημιστοιχείο δεν υπεισερχόταν στην ημιαντίδραση το υλικό του ηλεκτροδίου, (β) την μη οικεία ημιαντίδραση $MnO_2(s) / Mn^{2+}(aq)$.

Πίνακας 4. Επιδόσεις φοιτητών στους οποίους <u>είχε</u> και <u>δεν</u> είχε προηγηθεί <u>φροντιστήριο</u> στα προβλήματα Β.

Πρόβλημα	Συνολικός αριθμός γραπτών	Αριθμών επιτυχόντων φοιτητών	Ποσοστό επιτυχίας στο πρόβλημα	Ποσοστό επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά
(1) Επίδοση φοιτητών που ΠΑΡΗΚΟΛΟΥΘΗΣΑΝ το φροντιστήριο				
Β3	78	36	46,1%	75,6%
Β4	101	65	64,4%	71,3%
ΣΥΝΟΛΟ 1	179	101	56,4%	73,2%
(1) Επίδοση φοιτητών που ΔΕΝ ΠΑΡΗΚΟΛΟΥΘΗΣΑΝ το φροντιστήριο				
Β3	25	11	44,0%	53,8%
Β4	39	6	15,4%	49,2%
ΣΥΝΟΛΟ 2	64	17	26,6%	50,0%

Πίνακας 5. Επιδόσεις φοιτητών στους οποίους <u>είχε</u> και <u>δεν</u> είχε προηγηθεί <u>φροντιστήριο</u> στα προβλήματα Γ.

Πρόβλημα*	Συνολικός αριθμός γραπτών	Αριθμών επιτυχόντων φοιτητών**	Ποσοστό επιτυχίας στο πρόβλημα	Ποσοστό επιτυχίας στην ΗΧ συνολικά
(1) Επίδοση φοιτητών που ΠΑΡΗΚΟΛΟΥΘΗΣΑΝ το φροντιστήριο				
Γ2β	78	27	34,6%	76,3%
Γ1β	101	41	40,6%	71,4%
ΣΥΝΟΛΟ 1	179	68	38,0%	73,9%
(1) Επίδοση φοιτητών που ΔΕΝ ΠΑΡΗΚΟΛΟΥΘΗΣΑΝ το φροντιστήριο				
Γ2β	25	8	32,0%	44,0%
Γ1β	39	6	15,4%	53,8%
ΣΥΝΟΛΟ 2	64	14	21,9%	50,0%

Εννοιολογικές δυσκολίες και παρανοήσεις στα επιτυχή γραπτά

Ο Πίνακας 6 παραθέτει πληροφορίες για τις εννοιολογικές δυσκολίες και τις παρανοήσεις που απαντώνται στις απαντήσεις των φοιτητών, μαζί με τη συχνότητά τους:

Πίνακας 6. Συχνότητα εννοιολογικών δυσκολιών και παρανοήσεων στα επιτυχή γραπτά.

Έρευνα σε γραπτά μόνο επιτυχόντων φοιτητών (n = 137)		
	Συχνότητα	*%*
Φοιτητές που απάντησαν ΣΩΣΤΑ στο πρόβλημα	52	37,2%
Φοιτητές που ΔΕΝ απάντησαν στο πρόβλημα	18	13,1%
Λάθη		
Ημιαντιδράσεις		
Δεν γνωρίζουν τη μία ή και τις δύο ημιαντιδράσεις	13	9,5 %
Δεν συμπληρώνουν σωστά τις ημιαντιδράσεις	5	3,6%
Όταν πολλαπλασιάζουν με έναν αριθμό μια ημιαντίδραση πολλαπλασιάζουν επίσης το E^o.	0	0
ΔE°, αυθόρμητη αντίδραση		
Υπολογίζουν σωστά την απόλυτη τιμή του ΔE^o, αλλά κάνουν λάθος στο πρόσημο	45	32,8 %
Αναμειγνύουν το Αμερικανικό με το Ευρωπαϊκό Σύστημα: για μια αντίδραση οξείδωσης αλλάζουν το πρόσημο του, E^o, αλλά για να υπολογίσουν το ΔE^o αφαιρούν αντί να προσθέσουν τις τιμές των δύο E^o .	8	5,8 %
Αγνοούν ότι $\Delta E^o = E^o_{\text{αναγωγής}} - E^o_{\text{οξείδωσης}}$	6	4,4 %
Αγνοούν ότι όσο μεγαλύτερη αλγεβρικά είναι η τιμή του E^o μιας ημιαντίδρασης, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση για αναγωγή.	2	1,4 %
Η Εξίσωση Nernst		
Στην κατάσταση ισορροπίας δεν λαμβάνουν $\Delta E^o = 0$	18	13,1 %
Αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν σωστά την εξίσωση τοιυ Nernst	6	4,4 %

Σύγκριση επιτυχών γραπτών με τα αντίστοιχα γραπτά τελευταίας αποτυχίας

Ο Πίνακας 7 παραθέτει πληροφορίες για τις εννοιολογικές δυσκολίες και τις παρανοήσεις που απαντώνται στις απαντήσεις των φοιτητών, μαζί με τη συχνότητά τους: (α) στους επιτυχόντες φοιτητές και (β) στα γραπτά τελευταίας αποτυχίας των ίδιων φοιτητών.

Πίνακας 7. Συχνότητα εννοιολογικών δυσκολιών και παρανοήσεων στα επιτυχή γραπτά και στα αντίστοιχα γραπτά τελευταίας αποτυχίας.

	Γραπτά τελευταίας αποτυχίας φοιτητών (n =33)		*Επιτυχή γραπτά των ίδιων φοιτητών (n = 33)*	
	Συχνότητα	*%*	*Συχνότητα*	*%*
Φοιτητές που απάντησαν ΣΩΣΤΑ στο πρόβλημα	1	3,3 %	8	24.2 %
Φοιτητές που ΔΕΝ απάντησαν στο πρόβλημα	11	33.3 %	2	6.0%
ΛΑΘΗ				
Ημιαντιδράσεις				
Δεν γνωρίζουν τη μία ή και τις δύο ημιαντιδράσεις	11	33.3 %	1	3.0 %
Δεν συμπληρώνουν σωστά τις ημιαντιδράσεις	2	6.0%	2	6.0%

Όταν πολλαπλασιάζουν με έναν αριθμό μια ημιαντίδραση πολλαπλασιάζουν επίσης το E^o.	1	3,0 %	0	0
ΔE°, αυθόρμητη αντίδραση				
Υπολογίζουν σωστά την απόλυτη τιμή του ΔE^o, αλλά κάνουν λάθος στο πρόσημο	4	12.1 %	9	27.3 %
Αναμειγνύουν το Αμερικανικό με το Ευρωπαϊκό Σύστημα: για μια αντίδραση οξείδωσης αλλάζουν το πρόσημο του, E^o, αλλά για να υπολογίσουν το ΔE^o αφαιρούν αντί να προσθέσουν τις τιμές των δύο E^o .	3	9.0 %	1	3.0 %
Αγνοούν ότι $\Delta E^o = E^o_{\text{αναγωγής}} - E^o_{\text{οξείδωσης}}$	0	0 %	1	3.0 %
Αγνοούν ότι όσο μεγαλύτερη αλγεβρικά είναι η τιμή του E^o μιας ημιαντίδρασης, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση για αναγωγή.	0	0 %	1	3.0 %
Η Εξίσωση Nernst				
Στην κατάσταση ισορροπίας δεν λαμβάνουν $\Delta E^o = 0$	6	18,2 %	8	24.2 %
Αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν σωστά την εξίσωση του Nernst	7	21,2 %	5	15.1 %

Συμπεράσματα και προτάσεις

Συμπερασματικά, η γνώση των υπεισερχόμενων ημιαντιδράσεων και η συμπλήρωσή τους είναι σημαντικό εμπόδιο στη λύση των προβλημάτων των γαλβανικών στοιχείων, π.χ. η ημιαντίδραση $Hg_2Cl_2(s) \rightarrow Hg(l)$. Δυσκολίες προκαλούν και η πρόβλεψη της αυθόρμητης αντίδρασης και ο υπολογισμός του ΔE^o. Αρκετοί δεν έλαβαν υπόψη ότι στην ισορροπία ισχύει ότι $\Delta E^o = 0$. Σημαντική είναι η σύγχυση ανάμεσα στην εφαρμογή του Αμερικανικού Συστήματος για το πρόσημο των E^o (την οποία οι φοιτητές είχαν διδαχθεί σε προηγούμενα μαθήματα αναλυτικής χημείας) και στην εφαρμογή της διδαχθείσας στο μάθημα της ηλεκτροχημείας Ευρωπαϊκής Σύμβασης. Ιδιαίτερη δυσκολία προκαλεί η διατύπωση του σύνθετου προβλήματος, όπου τα ερωτήματα δεν διατυπώνονται ρητώς, αλλά συνιστούν απαραίτητα βήματα για τον υπολογισμό/ του μοναδικού ζητουμένου («ολικό» και «αναλυτικό» πρόβλημα - βλ. τις άλλες εργασίες του Συμποσίου).

Τα ποσοστά επιτυχίας στην ηλεκτροχημεία (ΗΧ) συνολικά ήταν αρκετά υψηλότερα από ό,τι στα μελετηθέντα προβλήματα, άρα τα προβλήματα είναι αρκετά πιο απαιτητικά από τις απλές ερωτήσεις γνώσης. Γενικά βρέθηκαν σχετικά υψηλοί συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στις επιδόσεις στα προβλήματα και στην επίδοση στη συνολική εξέταση στην ΗΧ. Τέλος, εντοπίσαμε και τις εννοιολογικές δυσκολίες και τις παρανοήσεις που απαντώνται στα επιτυχή γραπτά, μαζί με τη συχνότητά τους, ενώ συγκρίναμε τα γραπτά των επιτυχόντων φοιτητών με τα γραπτά τελευταίας αποτυχίας των ίδιων φοιτητών.

Περνώντας στις διδακτικές προτάσεις, θα πρέπει πρώτα να δώσουμε προσοχή στις σχετικές έννοιες και στις κρίσιμες σχετικές εννοιολογικές λεπτομέρειες. Εξάλλου, είναι απαραίτητο να εισαχθούν φροντιστηριακά μαθήματα σε μικρά τμήματα (μέχρι 15) φοιτητών για τα θεωρητικά πανεπιστημιακά μαθήματα, όπου η διδασκαλία θα γίνεται με σύγχρονη μεθοδολογία, όπως ενεργητική μάθηση, αλληλεπίδραση διδάσκοντος-διδασκομένων, συνεργατική μάθηση. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στο να ενθαρρύνονται και να ασκούνται οι φοιτητές και στην ολοκλήρωση των αριθμητικών πράξεων – στην παρούσα κατάσταση ένα σημαντικό μέρος φοιτητών δεν ασχολήθηκαν καθόλου με τις αριθμητικούς υπολογισμούς και από όσους ασχολήθηκαν πολύ λίγοι κατέληξαν σε σωστό αποτέλεσμα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ***Τα προβλήματα της έρευνας***

Σημειώσεις:

Σε κάθε πρόβλημα διακρίνουμε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος (**Β1, Β2, Β3, Β4**) *αναφέρεται στις δύο υπεισερχόμενες στο ηλεκτροχημικό (γαλβανικό) στοιχείο ημιαντιδράσεις,τη συνολική αντίδραση του στοιχείου και στον υπολογισμό του* ΔE^o*. Το δεύτερο μέρος αναφέρεται στην εφαρμογή της εξίσωσης του Nernst για τον υπολογισμό της σταθεράς γινομένου διαλυτότητας* **(Γ1α, Γ1β)** *ή τον υπολογισμό της σταθεράς ισορροπίας* **(Γ2α, Γ2β)**.

Τα προβλήματα Β1 και Β2 δόθηκαν μόνο σε μία εξέταση το καθένα (2004 και 2004 αντιστοίχως). Το Β3 δόθηκε σε τρεις διαφορετικές εξετάσεις (2006). Το Β4 δόθηκε σε πέντε διαφορετικές εξετάσεις (2005, 2006).

Β1 (Γ2α) Δίδεται το ηλεκτροχημικό στοιχείο (-) Cd | Cd^{2+}(aq) (a = 1) | Hg_2Cl_2(s) | Hg(Pt) (+)

Να υπολογίσετε το ΔE^o συναρτήσει των E_1^o (στο αριστερό ηλεκτρόδιο) και E_2^o (στο δεξιό ηλεκτρόδιο) και να δώσετε την αλγεβρική έκφραση για τον υπολογισμό της σταθεράς χημικής ισορροπίας *K* για την αντίδραση. Δίδεται ότι $E_2^o > E_1^o$.

Β2 (Γ1α) Δίδεται το ηλεκτροχημικό στοιχείο Ag(s) | Ag_2CrO_4(s) | I^-(aq) | | Ag^+(aq) | Ag(s). Χρησιμοποιώντας το στοιχείο αυτό, να υπολογίσετε τη σταθερά του γινομένου διαλυτότητας του Ag_2CrO_4. Δεδομένα: Ag_2CrO_4(s) / Ag(s), E^o : = +0,45V, Ag^+(aq) / Ag(s), E^o : = +0,80V.

Β3 (Γ2β) Δίδεται το ηλεκτροχημικό στοιχείο

(-)Pt | Fe^{2+}(aq), (a = 0,90) Fe^{3+}(aq), (a = 0,10) | | Mn^{2+}(aq) (a = 0,10) | MnO_2(s) |Pt (+)

Να γράψετε την αντίδραση που γίνεται στο στοιχείο αυτό και να υπολογίσετε το ΔE^o και τη σταθερά χημικής ισορροπίας *K* για την αντίδραση.

Δεδομένα: Fe^{3+} / Fe^{2+}, E^o : = +0,77V, MnO_2(s) / Mn^{2+}(aq), E^o : = +1,23V.

Β4 (Γ1β) Δίδεται το ηλεκτροχημικό στοιχείο

(-)Ag | AgCl(s) | Cl^- (aq) (a = 0,10) | | Ag^+(aq) (a = 0,10) | Ag (+)

Να γράψετε την αντίδραση που γίνεται στο στοιχείο αυτό και να υπολογίσετε τη ΔE^o και τη σταθερά γινομένου διαλυτότητας K_{sp} για τον AgCl.

E^o : AgCl(s) / Ag(s) = +0,2223V, Ag^+(aq) / Ag(s) = +0,80V.

Βιβλιογραφία

Τσαπαρλής Γ. (1987/2002). Ηλεκτροχημεία. Πανεπιστημιακά Μαθήματα, γ΄ έκδοση (2001-02). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Bockris J. O'M. & Reddy A. K. N. (1970). Modern electrochemistry, Vol. 1, Ionics, Vol. 2, Electrodics in chemistry. New York, Plenum Press.

De Jong, O. & Treagust D. (2002). Teaching and learning of electrochemistry. In Gilbert J. K., de Jong O., Justi R., Treagust D. F., & van Driel J. H.(eds.) Chemical education: Towards research-based practice, Ch. 14. Springer.

Nurrenbern, S. & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving. Is there a difference? Journal of Chemical Education, 64, 508-510.

Pickering, M. (1990). Further studies on concept learning versus problem solving. Journal of Chemical Education, 67, 254-255.

Tsaparlis G. (2005). Non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry: a correlation study of the role of selective cognitive variables. Research in Science and Technological Education, 23, 125-148.

Tsaparlis G. (2007). Teaching and learning physical chemistry – Review of Educational Research. In M.D. Ellison & T.A. Schoolcraft (Eds.), Advances in Teaching Physical Chemistry, Ch. 7. Washington DC: American Chemical Society (Distributed by Oxford University Press).

Tsaparlis G. & Zoller U. (2003). Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. University Chemistry Education, 7, No. 2, 50-57.

Zoller, U., Lubezki, A., Nakhleh, M., Tessier, B., & Dori, Y.J. (1995). Success on algorithmic and LOCS vs. conceptual chemistry exam questions. Journal of Chemical Education, 72, 987-989.

Zoller U. & Tsaparlis G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: the case of chemistry. Research in Science Education, 27, 117-130.

Διδασκαλία και μάθηση προβλημάτων πανεπιστημιακής ηλεκτροχημείας: Επίδραση της εξάσκησης στη λύση προβλημάτων στην επίδοση φοιτητών χημείας

Κωνσταντίνα Μαλάμου, Γεώργιος Τσαπαρλής
Γενικό ενιαίο Λύκειο Μαργαριτίου, nmalamou@gmail.com
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
Πανεπιστημιούπολη, Δουρούτη, 45110, *gtsepser@cc.uoi.gr*

Περίληψη

Εξετάζονται οι συνέπειες της άσκησης στη λύση προβλημάτων ηλεκτροχημείας σε δευτεροετείς φοιτητές χημείας κατά τη διάρκεια του διδακτικού εξαμήνου. Ειδικότερα, μελετήθηκε η επιμέλεια και η ενασχόληση των φοιτητών με τα προβλήματα και έγινε σύγκριση της επίδοσης στις τελικές εξετάσεις των φοιτητών που συμμετείχαν στα προβλήματα με αυτούς που δεν συμμετείχαν. Η έρευνα έδειξε ότι η συμμετοχή των φοιτητών στην επίλυση προβλημάτων κατά τη διάρκεια του εξαμήνου είχε θετικά αποτελέσματα στην επίδοσή τους στην τελική εξέταση: οι φοιτητές αυτοί σημείωσαν στατιστικά σημαντική υπεροχή στις επιδόσεις τους στην τελική εξέταση έναντι των φοιτητών που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις. Ο αριθμός όμως των φοιτητών που συμμετέσχαν τακτικώς στις ασκήσεις ήταν μικρός. Για να έχουν τέτοιου είδους παρεμβάσεις ουσιαστικότερα αποτελέσματα, θα πρέπει να υπάρξει ριζική αλλαγή στην οργάνωση της διδασκαλίας και τις διδακτικές μεθόδους που εφαρμόζονται στα πανεπιστημιακά τμήματα, αλλά και στον τρόπο που οι ίδιοι οι φοιτητές αντιμετωπίζουν την ενασχόληση με τα μαθήματα.

Abstract

We examined the outcomes of students' practice on problem solving in electrochemistry. The students were in their second year of chemistry studies and the practice was carried out students during the semester. More specifically, we studied students' diligence and engagement with the problems and a comparison was made according to the performance in the final examination of the students who participated in the practice problems with those who did not. The results showed that student participation in solving problems during the semester had a positive effect on their performance in the final examination: these students performed better and their superiority was statistically significant. The number however of students who participated regularly in the exercises was small. In order that such interventions have more substantial results, there should be a change in course organization and in teaching methods employed in university departments, as well as changes in the way the students themselves deal with their courses.

Εισαγωγή

Η ηλεκτροχημεία (ΗΧ) είναι ένα από τα αντικείμενα της χημείας που διδάσκεται στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και στα πρώτα έτη των τμημάτων χημείας στη γενική και στην αναλυτική χημεία, ενώ μελετάται περαιτέρω στα πλαίσια των μαθημάτων φυσικοχημείας και ενόργανης ανάλυσης (Tsaparlis, 2007). Το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται η ΗΧ χαρακτηρίζεται τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές ως ένα από τα πιο δύσκολα αντικείμενα στην ύλη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (de Jong & Treagust 2002). Η παρούσα μελέτη είχε ως στόχο την εφαρμογή μεθόδων διδασκαλίας για να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες στην κατανόηση σε θέματα ΗΧ δευτεροετών φοιτητών του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος του 4ου εξαμήνου «Φυσικοχημεία ΙΙ» (2ο έτος σπουδών). Εκτός από την ΗΧ, το μάθημα αυτό περιελάμβανε και θέματα χημικής κινητικής (ΧΚ). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2008-2009.

Έρευνες σχετικά με την επίλυση προβλημάτων στη χημεία έχουν δείξει ότι αυτή επηρεάζεται από τρεις κύριους παράγοντες: α) τη φύση του προβλήματος και τη βασική ιδέα στην οποία βασίζεται το πρόβλημα, β) προσωπικά χαρακτηριστικά του μαθητή, στα οποία συμπεριλαμβάνονται διάφορα γνωστικά χαρακτηριστικά, το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης και το

υπόβαθρο των γνώσεων και γ) περιβαλλοντικούς παράγοντες μάθησης, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων και την προσωπική και ομαδική δραστηριότητα (Gabel & Bunce 1994).

Οι διδακτικοί στόχοι για το τμήμα της ΗΧ ήταν οι φοιτητές: να κατανοούν τον ρόλο των ηλεκτροδίων και τις ημιαντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής / να ερμηνεύουν τη διαφορά ενός γαλβανικού και ενός ηλεκτρολυτικού στοιχείου / να περιγράφουν τη δομή των ηλεκτροχημικών στοιχείων / να συμβολίζουν τα στοιχεία που βασίζονται στα επιμέρους ηλεκτρόδια / να αναγνωρίζουν τα ηλεκτρόδια α΄ και β΄ είδους / να γράφουν τη συνολική αντίδραση του ηλεκτροχημικού στοιχείου και να σχεδιάζουν στοιχείο που να αντιστοιχεί σε μια δεδομένη αντίδραση / να εξηγούν τη σύμβαση για το πρόσημο και να συσχετίζουν την ΗΕΔ ενός στοιχείου με την αυθόρμητη κατεύθυνση της αντίδρασης. Επίσης: να χρησιμοποιούν την εξίσωση Nernst για ημιαντιδράσεις και για αντιδράσεις / να ορίζουν την έννοια της πρότυπης ΗΕΔ ενός στοιχείου (ΔE^o) και να τη συσχετίζουν με τη σταθερά χημικής ισορροπίας (Κ) της αντίδρασης του στοιχείου / να ορίζουν την K_{sp} και να υπολογίζουν την τιμή της από τα πρότυπα δυναμικά των ηλεκτροδίων / και τέλος να αναγνωρίζουν τη διαφορά ανάμεσα στην Ευρωπαϊκή Σύμβαση και στο Αμερικανικό Σύστημα σε σχέση με το πρόσημο των πρότυπων ηλεκτροδιακών δυναμικών και τη σημασία του.

Μεθοδολογία της έρευνας

Α. Υλοποίηση της έρευνας

Ο αριθμός των προβλημάτων/ασκήσεων που ανατέθηκαν από τον διδάσκοντα κατά τη διάρκεια των μαθημάτων ήταν συνολικά έξι. Κάποιες από αυτές δουλεύτηκαν από τους φοιτητές στην τάξη, κατά τη διάρκεια του μαθήματος, με την καθοδήγηση, τη βοήθεια και τις διευκρινήσεις του διδάσκοντος, και παραδόθηκαν επώνυμα στο τέλος του μαθήματος. Κάποιες άλλες ανατέθηκαν ως εργασία για το σπίτι. Η παράδοση των ασκήσεων δεν ήταν υποχρεωτική κατά την παρουσία των φοιτητών στο μάθημα. Τέλος όλες οι εργασίες, αφού διορθώθηκαν, επιστράφηκαν στους φοιτητές, ώστε να έχουν την ευκαιρία να ξαναλύσουν τις ασκήσεις μόνοι τους, να αντιληφθούν τα λάθη τους ή ενδεχομένως να λύσουν τις απορίες που μπορεί να προέκυψαν στην πορεία, συζητώντας με τον διδάσκοντα.

Αφού συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία των φοιτητών που συμμετείχαν στις εργασίες (π.χ. αριθμός εργασιών, αριθμός φοιτητών που παρακολούθησαν), τα στοιχεία της έρευνας συμπληρώθηκαν με εκείνα που λήφθηκαν από τις τελικές εξετάσεις του Ιουνίου και του Σεπτεμβρίου. Οι τελικές εξετάσεις είχαν και οι δύο την ίδια δομή, η οποία είχε ως εξής: Η εξέταση ήταν γραπτή κλειστού βιβλίου, αποτελούνταν από 10 θέματα ανοικτού τύπου και χωρίστηκε σε δύο μέρη, το τμήμα της ΗΧ και το τμήμα της ΧΚ. Το τμήμα της ΗΧ περιελάμβανε 6 θέματα, ενώ το τμήμα της ΧΚ 4 θέματα. Η συμμετοχή των δύο αντικειμένων στο συνολικό βαθμό ήταν 60% και 40% αντίστοιχα. Η εξέταση διήρκησε συνολικά 3 ώρες και 30 λεπτά.

Εκτός από τα 10 θέματα της εξέτασης, στην αρχή της γραπτής εξέτασης δόθηκε μόνο του ένα επιπλέον απαιτητικό πρόβλημα, με τη δυνατότητα να λυθεί με τη χρήση σημειώσεων ή βιβλίων. Στη συνέχεια της εργασίας αναφέρεται ως **συνολικό πρόβλημα**, ΣΠ. Η εξέταση του ΣΠ έγινε σε ξεχωριστό φύλλο από τα υπόλοιπα θέματα της εξέτασης, το οποίο παραδόθηκε αμέσως μετά την παρέλευση χρόνου 30-40 λεπτών. (Μια αυστηρή διάρκεια του πρώτου μέρους της εξέτασης δεν είχε προσδιοριστεί εξαρχής, ώστε οι φοιτητές να αντιμετωπίσουν τη λύση του ΣΠ χαλαρότερα.) Για να λύσει κάποιος το ΣΠ θα έπρεπε να σκεφθεί και να δομήσει μόνος του τα στάδια επίλυσης. Παρακάτω δίνουμε ένα παράδειγμα ΣΠ:

Ένας χημικός στην πόλη του Μεξικού, όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1,3 atm, προσδιόρισε το pH ενός διαλύματος στους 25° C, τοποθετώντας το διάλυμα σε ένα ηλεκτρόδιο υδρογόνου και μετρώντας το δυναμικό του ηλεκτροδίου σε σχέση με ένα πρότυπο ηλεκτρόδιο καλομέλανος (ηλεκτρόδιο αναφοράς). Κατά το υπολογισμό του pH έκανε λάθος, θεωρώντας ότι το αέριο που (φυσαλίδες του) αποβαλλόταν από το ηλεκτρόδιο υδρογόνου ήταν υπό πίεση 1 atm. Αν η τιμή του pH που προσδιόρισε ήταν 4,00, ποιά ήταν η σωστή τιμή;

Το ΣΠ είχε σχέση με το πρώτο θέμα της κυρίως εξέτασης στο μέρος της ΗΧ, το οποίο ονομάστηκε **αναλυτικό πρόβλημα**, ΑΠ. Το ΑΠ, όπως και τα υπόλοιπα θέματα της κυρίως εξέτασης, έπρεπε να λυθεί με κλειστά βιβλία. Το ΑΠ έδινε την ευκαιρία στους φοιτητές να απαντήσουν σε επιμέρους ερωτήματα και μέσω αυτών να μπορέσουν να φτάσουν σταδιακά στην τελική απάντηση του προβλήματος. Το ΣΠ και το ΑΠ βαθμολογούνταν με τον ίδιο μέγιστο βαθμό, ο βαθμός όμως του ΣΠ διπλασιαζόταν (διπλάσια βαθμολογία bonus). Έτσι, αν ένας φοιτητής πετύχαινε βαθμολογία Ο και Α στο ΣΠ και στο ΑΠ αντιστοίχως, ο βαθμός που του καταχωριζόταν τελικά για τη λύση του σχετικού προβλήματος ήταν ο μεγαλύτερος από τους δύο βαθμούς (2 × Ο) και Α.

Β. Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Αρχικός στόχος της έρευνας ήταν να εντοπιστούν τα γραπτά των φοιτητών που είχαν πάρει μέρος στις ασκήσεις κατά τη διάρκεια του εξαμήνου και για τους οποίους διαθέταμε στοιχεία για τις επιδόσεις τους. Γι' αυτούς τους φοιτητές μελετήθηκαν οι επιδόσεις τους: α) στο ΣΠ, β) στο ΑΠ), γ) στο τμήμα της ΗΧ δ) στο τμήμα της ΧΚ, και ε) στο σύνολο του μαθήματος (γενικός-τελικός βαθμός του μαθήματος). Η μελέτη των παραπάνω παραμέτρων γίνεται τόσο για τα γραπτά του Ιουνίου όσο και για τα γραπτά του Σεπτεμβρίου. Για τους φοιτητές που συμμετέσχαν και στις δύο περιόδους της εξεταστικής συγκεντρώθηκαν τα αντίστοιχα στοιχεία.

Στη συνέχεια μελετήθηκαν οι υπόλοιποι φοιτητές, αυτοί δηλαδή που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις κατά τη διάρκεια του εξαμήνου. Επιπλέον οι φοιτητές κατατάσσονται σε ξεχωριστές ομάδες, ανάλογα με την παλαιότητά τους, αν δηλαδή είναι δευτεροετείς, τριτοετείς ή φοιτητές παλιότερων ετών. Μια άλλη κατάταξη διαχωρίζει τους φοιτητές που συμμετέσχαν στις ασκήσεις ανάλογα με τον αριθμό των ασκήσεων. Έτσι δημιουργείται μία ομάδα στην οποία ανήκουν φοιτητές που συμμετέσχαν σε 1 ή 2 ασκήσεις και ονομάζεται "*χαμηλής συμμετοχής στις ασκήσεις*" και άλλη μία στην οποία ανήκουν οι φοιτητές που παρέδωσαν 3 έως 6 ασκήσεις και ονομάζεται "*υψηλής συμμετοχής στις ασκήσεις*". Επίσης μελετήθηκαν οι φοιτητές που δεν ασχολήθηκαν με το ΣΠ και συγκρίνονται οι επιδόσεις τους ανάλογα με το βαθμό τους στο ΑΠ, αφού έχουν καταταγεί σε δύο ομάδες: μία με ικανοποιητική επίδοση στο ΣΠ και μία με κακή επίδοση σε αυτό. Τέλος εξετάζονται ποιοι από τους φοιτητές που ξαναέλυσαν το πρόβλημα (ΑΠ) βελτίωσαν τον βαθμό τους, σε σχέση με το βαθμό τους στο ΣΠ και πόσοι χειροτέρεψαν τον βαθμό τους, κάνοντας και την αντίστοιχη στατιστική μελέτη. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος SPSS (Ψιλούτσικου, 2008).

Αποτελέσματα

Α. Μελέτη φοιτητών που πήραν μέρος στις ασκήσεις

Από το σύνολο των δευτεροετών φοιτητών, οι 43 συμμετέσχαν στα προβλήματα/ασκήσεις ΗΧ που δόθηκαν κατά τη διάρκεια του εξαμήνου. Ο Πίνακας 1 δείχνει την κατανομή των συχνοτήτων των φοιτητών για τη συμμετοχή τους στις ασκήσεις. Το 51,2% των φοιτητών συμμετέσχε σε μία μόνο άσκηση, ενώ ελάχιστοι φοιτητές συμμετέσχαν σε 4 (2 φοιτητές), σε 5 (3 φοιτητές) και σε 6 ασκήσεις (3 φοιτητές).

Πίνακας 1. Κατανομή συχνοτήτων για τη συμμετοχή των φοιτητών στις ασκήσεις κατά τη διάρκεια του εξαμήνου.

Αριθμός ασκήσεων	Συχνότητα	Αθροιστική συχνότητα	Ποσοστό (%)	Αθροιστικό (%)
1	22	22	51,2	51,2
2	4	26	9,3	60,5
3	9	35	20,9	81,4
4	2	37	4,7	86,1
5	3	40	7,0	93,1
6	3	43	7,0	100,1
Σύνολο	43	43	100	100

Στη συνέχεια, μελετούμε την επίδοση των φοιτητών συναρτήσει του έτους παλαιότητας για τους φοιτητές που συμμετέσχαν στις εργασίες. Με βάση την παλαιότητά τους, οι φοιτητές κατατάσσονται στους "νέους": είναι οι δευτεροετείς φοιτητές του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009. Στους φοιτητές "2007-2008": είναι οι τριτοετείς φοιτητές. Και στους "παλιούς": είναι οι φοιτητές παλιότερων ετών, δηλαδή οι τεταρτοετείς φοιτητές και παλιότεροι. Ο Πίνακας 2 δίνει τα αναλυτικά δεδομένα. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 97,7% των φοιτητών που πήραν μέρος στις ασκήσεις ήταν δευτεροετείς φοιτητές που παρακολούθησαν για πρώτη φορά το μάθημα, ενώ από τους φοιτητές του τέταρτου έτους και παλαιότερους κανένας δεν συμμετέσχε σε αυτές. Στο σύνολο των φοιτητών, η κατανομή ως προς την παλαιότητα είναι: 27,6% δευτεροετείς, 34,9% τριτοετείς και το 37,5% τεταρτοετείς.

Πίνακας 2. Χαρακτηρισμός φοιτητών ως προς το έτος παρακολούθησης και συμμετοχή στις ασκήσεις.

		Χαρακτηρισμός φοιτητών			**Σύνολο**
		"Νέοι"	**"Παλιοί"**	**"2007-2008"**	
Συμμετοχή στις ασκήσεις	Αριθμός φοιτητών	42	1	0	43
	Ποσοστό %	**97,7%**	**2,3%**	**0,0%**	100,0%
Μη συμμετοχή στις ασκήσεις	Αριθμός φοιτητών	0	52	57	109
	Ποσοστό %	**0,0%**	**47,7%**	**52,3%**	100,0%
Σύνολο	Αριθμός φοιτητών	42	53	57	152
	Ποσοστό %	**27,6%**	**34,9%**	**37,5%**	100,0%

Πίνακας 3. Στατιστικά δεδομένα Ιουνίου και Σεπτεμβρίου για τους φοιτητές που συμμετείχαν στις ασκήσεις (n = 39 και n = 7 αντίστοιχα).

		Συνολικό πρόβλημα (max=1.00)	**Αναλυτικό πρόβλημα (max=1.00)**	**Ηλεκτροχημεία (max=6)**	**Χημική Κινητική (max=4)**	**Συνολικός βαθμός (max=10)**
Αρ. Απαντήσεων	Ιούνιος Σεπτέμβριος	39 7	27 6	39 7	39 7	39 7
Μέσος όρος	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,372 0,050	0,561 0,312	2,30 (3,83)* 2,41 (4,02)*	1,53 (3,83)* 1,46 (3,65)*	3,83 3,87
Τυπικό σφάλμα μ. ο.	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,055 0,029	0,065 0,101	0,19 (0,32)* 0,52 (0,87)*	0,18 (0,45)* 0,23(0,58)*	0,32 0,66
Τυπ. απόκλιση	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,344 0,076	0,337 0,246	1,21 (2,02)* 1,38 (2,30)*	1,11(2,78)* 0,62 (1,55)*	2,02 1,76
Ελαχ. βαθμός	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,00 0,00	0,00 0,10	0,05 (0,08)* 0,35 (0,58)	0,00 (0,00)* 0,70 (1,75)*	0,00 1,05
Μέγ. βαθμός	Ιούνιος Σεπτέμβριος	1,00 0,20	1,00 0,70	4,60 (7,67)* 4,30 (7,17)*	3,70 (9,25)* 2,40 (6,00)*	7,70 5,75

**Για τις τιμές εντός παρενθέσεων έχει γίνει αναγωγή στο 10 ώστε να είναι συγκρίσιμες.*

Πίνακας 4. Στατιστικά δεδομένα Ιουνίου και Σεπτεμβρίου για τους φοιτητές που ΔΕΝ συμμετέσχαν στις ασκήσεις (n = 96 και n = 46 αντίστοιχα).

		Συνολικό πρόβλημα (max=1.00)	Αναλυτικό πρόβλημα (max=1.00)	Ηλεκτροχημεία (max=6)	Χημική Κινητική (max=4)	Συνολικός βαθμός (max=10)
Αρ. Απαντήσεων	Ιούνιος Σεπτέμβριος	96 46	50 37	96 46	96 46	96 46
Μέσος όρος	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,275 0,014	0,412 0,411	1,55 (2,58)* 2,40 (4,00)*	0,98 (2,45)* 1,51 (3,78)*	2,53 3,83
Τυπικό σφάλμα μ. ο.	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,036 0,007	0,486 0,051	0,12 (0,20)* 0,13 (0,22)*	0,10 (0,25)* 0,12 (0,30)*	0,20 0,18
Τυπ. απόκλιση	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,352 0,046	0,342 0,309	1,19 (1,98)* 0,89 (1,48)*	0,98 (2,45)* 0,81 (2,03)*	1,96 1,25
Ελαχ. βαθμός	Ιούνιος Σεπτέμβριος	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 (0,00)* 0,00 (0,00)*	0,00 0,00
Μέγ. βαθμός	Ιούνιος Σεπτέμβριος	1,00 0,20	1,00 1,00	4,50 (7,50)* 4,60 (7,67)*	3,50 (8,75)* 4,00 (10,00)*	7,90 6,55

**Για τις τιμές εντός παρενθέσεων έχει γίνει αναγωγή στο 10 ώστε να είναι συγκρίσιμες.*

Οι 39 από τους 43 φοιτητές που συμμετέσχαν στις ασκήσεις (90,7%) πήραν μέρος στην εξέταση του Ιουνίου, ενώ οι 4 (9,3%) δεν πήραν μέρος. Από τους 39 που πήραν μέρος στην εξέταση του Ιουνίου, οι 24 (61,5%, ή 55,8% στο σύνολο των 43 φοιτητών) πέτυχαν. Από τους εναπομείναντες 15 αποτυχόντες και 4 μη συμμετασχόντες, οι 4 (9,3%) πέτυχαν στην εξέταση του Σεπτεμβρίου, οι 3 απέτυχαν (7%), ενώ 12 (27,9%) από αυτούς απουσίασαν από την εξέταση του Σεπτεμβρίου.

Η μεγάλη αποχή των φοιτητών αυτών από την εξέταση του Σεπτεμβρίου είναι δύσκολο να εξηγηθεί χωρίς ειδική μελέτη. Ίσως να οφείλεται είτε σε απογοήτευσή τους από την αποτυχία τους στην εξέταση του Ιουνίου (παρά την όποια επιμέλειά τους στο μάθημα), είτε να είναι συμπτωματική και να οφείλεται σε διαφορετικό προγραμματισμό της μελέτης τους σε σχέση με τα διάφορα μαθήματα. Παρά το μικρό δείγμα στις εξετάσεις του Σεπτεμβρίου (n = 7), παρουσιάζουμε συγκριτικά τα αποτελέσματα για τις δύο περιόδους (Πίνακας 3).

Β. Μελέτη επίδοσης των φοιτητών που ΔΕΝ πήραν μέρος στις ασκήσεις

Όσον αφορά τους φοιτητές που δεν πήραν μέρος στις ασκήσεις κατά τη διάρκεια του εξαμήνου, στον Πίνακα 4 δίνουμε τις επιδόσεις στις εξετάσεις Ιουνίου και του Σεπτεμβρίου (n = 109). Σύγκριση των Πινάκων 3 και 4 δείχνει ότι οι μαθητές που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις τον Ιούνιο πέτυχαν χαμηλότερο μέσο όρο σε σχέση με αυτούς που συμμετέσχαν στις ασκήσεις, ενώ τον Σεπτέμβριο η απόδοση ήταν σχεδόν η ίδια και για τις δύο ομάδες. Όσοι δε συμμετέσχαν στις ασκήσεις και έλαβαν μέρος τον Σεπτέμβριο πέτυχαν υψηλότερη μέση βαθμολογία σε σχέση με αυτούς που συμμετέσχαν τον Ιούνιο. Η μέγιστη βαθμολογία φαίνεται να είναι υψηλότερη τον Σεπτέμβριο τόσο για την ΗΧ όσο και για τη ΧΚ, ενώ είναι χαμηλότερη για τον συνολικό βαθμό όσον αφορά τους φοιτητές που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις. Αξιοσημείωτο είναι ότι στους φοιτητές που δεν έδωσαν ασκήσεις, υπήρξαν φοιτητές που πέτυχαν υψηλότερο μέγιστο βαθμό και για τις δύο εξεταστικές.

Μελετώντας τη συμμετοχή των φοιτητών που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις, διαπιστώνουμε ότι στο δείγμα του Ιουνίου, το 70,8% απέτυχαν, ενώ οι επιτυχόντες ήταν το 29,1%. Γι' αυτούς που συμμετέσχαν στις εξετάσεις του Σεπτεμβρίου, τα ποσοστά επιτυχίας-αποτυχίας ήταν 52,2%-47,8% αντίστοιχα.

Γ. Στατιστικές συγκρίσεις

Στην περίπτωση της εξέτασης του Ιουνίου κάναμε και στατιστικές συγκρίσεις, ενώ το πολύ μικρό δείγμα των φοιτητών του Σεπτεμβρίου που συμμετέσχαν στις ασκήσεις (n = 7) καθιστά

αναξιόπιστη μια τέτοια σύγκριση. Η διαφορά των επιδόσεων στο συνολικό πρόβλημα (ΣΠ) (0,372/1 έναντι 0,275/1) είναι στατιστικά μη σημαντική (t = 1,461). Αντίθετα στην περίπτωση του αναλυτικού προβλήματος (ΑΠ) (0,561/1 έναντι 0,412/1) η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική υπέρ των φοιτητών που συμμετέσχαν στις ασκήσεις: t = 1,835, α = 0,05 (με κρίσιμη τιμή για δίπλευρο τεστ 1,973). Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ των φοιτητών που συμμετέσχαν στις ασκήσεις βρίσκουμε και στις συγκρίσεις στην ΗΧ (3,83/10 έναντι 2,58/10, t = 3,307, α = 0,002), στη ΧΚ (3,83/10 έναντι 2,45/10, t = 2,851, α = 0,005), και στο σύνολο της εξέτασης (3,83/10 έναντι 2,53/10, t = 3,462, α = 0,002).

Δ. Σύγκριση συγκεντρωτικών επιδόσεων Ιουνίου και Σεπτεμβρίου

Επιπλέον μελετήσαμε συγκεντρωτικά τις επιδόσεις στις δύο εξεταστικές περιόδους. Μόνο το 25,7% των φοιτητών (28 στους 109) πέτυχαν στις εξετάσεις του Ιουνίου, ενώ το 32,1% απέτυχαν (35 στους 109). Στις εξετάσεις του Σεπτεμβρίου, το 22,0% (24 στους 109) πέτυχαν και το 20,1% (22 στους 109) απέτυχαν, ενώ ένα 12,8% απέτυχαν για δεύτερη φορά (14 στους 109).

Ο Πίνακας 5 δίνει τα συγκεντρωτικά δεδομένα Ιουνίου και Σεπτεμβρίου.για τους φοιτητές που συμμετέσχαν και ΔΕΝ συμμετέσχαν στις ασκήσεις (n = 46 και n = 142 αντίστοιχα). Στατιστικές συγκρίσεις δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές υπέρ των φοιτητών που συμμετέσχαν στις ασκήσεις στην ΗΧ (t = 2,452, α = 0,05), στη ΧΚ (t = 2,216, α = 0,005) και στο σύνολο της εξέτασης (t = 2,715, α = 0,01).

Πίνακας 5. Συγκεντρωτικά δεδομένα Ιουνίου και Σεπτεμβρίου για τους φοιτητές που συμμετέσχαν και ΔΕΝ συμμετέσχαν στις ασκήσεις

	Ηλεκτροχημεία (max=6)	**Χημική Κινητική (max=4)**	**Συνολικός βαθμός (max=10)**
	ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΣΧΑΝ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ (n = 46)		
Μέσος όρος	2,32 (3,86)*	1,52 (3,80)*	3,84
Τυπ. απόκλιση	1,22 (2,04)*	1,15(2,88)*	2,11
	ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΣΥΜΜΕΤΕΣΧΑΝ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ (n = 142)		
	1,82 (3,04)*	1,15 (2,88)*	2,95
	1,17 (1,95)*	0,96(2,40)*	1,86

**Για τις τιμές εντός παρενθέσεων έχει γίνει αναγωγή στο 10 ώστε να είναι συγκρίσιμες.*

Ε. Ομαδοποίηση φοιτητών ανάλογα με τη συμμετοχή τους στις εργασίες

Σε αυτό το σημείο της έρευνας, οι φοιτητές χωρίζονται σε δύο ομάδες ανάλογα με τη συμμετοχή τους στις ασκήσεις. Η μία ομάδα ονομάζεται ομάδα υψηλής συμμετοχής και περιλαμβάνει όλους τους φοιτητές που συμμετείχαν σε τρεις και άνω ασκήσεις και θα ονομάζεται *ομάδα υψηλής συμμετοχής* (Η) και σε μια άλλη στην οποία περιλαμβάνονται όλοι όσοι έχουν συμμετάσχει σε 1 έως 2 ασκήσεις και θα ονομάζεται *ομάδα χαμηλής συμμετοχής* (L). Παρατηρούμε ότι στην ομάδα L τα ποσοστά επιτυχίας είναι 42,3%, αποτυχίας 46,2% αντίστοιχα, ενώ το 11,5% απέσχαν από τις εξετάσεις. Σε αντίθεση, στην ομάδα Η, το 70,6% πέτυχαν στις εξετάσεις και μόνο το 23,5% απέτυχαν, ενώ το ποσοστό αποχής στην ομάδα Η ήταν μόλις 5,9%. Δηλαδή ενώ στην ομάδα L τα ποσοστά επιτυχίας-αποτυχίας είναι περίπου ισοκατανεμημένα, στην ομάδα Η υπάρχει συντριπτική υπεροχή των επιτυχόντων. Για την εξεταστική του Σεπτεμβρίου, στην ομάδα L τα ποσοστά επιτυχίας-αποτυχίας είναι 28,6%-21,4%, παρουσιάζοντας την ίδια ακριβώς τάση με αυτή του Ιουνίου, ενώ το ποσοστό

αποχής είναι σημαντικά αυξημένο και φτάνει στο 50%. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ομάδα Η σε αυτή την εξεταστική, όπου όσοι φοιτητές κατατάσσονται σε αυτή, απέσχαν από τις εξετάσεις δηλ. η αποχή ήταν 100%.

ΣΤ. Μελέτη επίδοσης φοιτητών στο συνολικό και αναλυτικό πρόβλημα

Μια επιπλέον παράμετρος που μελετήθηκε ήταν η επίδοση των φοιτητών στο ΣΠ σε σχέση με το ΑΠ. Αρχικά οι φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μία στην οποία ανήκουν οι φοιτητές που δεν έλυσαν ξανά το ΣΠ παρόλο που τους βοηθούσε η εκφώνηση και τα επιμέρους ερωτήματα, και σε μία άλλη στην οποία οι φοιτητές έλυσαν ξανά το πρόβλημα πιστεύοντας ότι η εκφώνηση στο ΑΠ τους βοηθούσε ώστε να πετύχουν τον μέγιστο δυνατό βαθμό στη βαθμολογία. Στη συνέχεια, οι φοιτητές που έλυσαν το ΣΠ αλλά όχι το ΑΠ χωρίζονται σε δύο υποομάδες, μία στην οποία κατατάσσονται οι φοιτητές που έδειξαν ικανοποιητική επίδοση στο ΣΠ (*ομάδα υψηλής επίδοσης*, Η) και σε μια άλλη στην οποία οι φοιτητές δεν έδειξαν καλή επίδοση στο ΣΠ (*ομάδα χαμηλής επίδοσης*, L).

Πίνακας 6. Ομαδοποίηση φοιτητών ανάλογα με την επίδοσή τους στο συνολικό πρόβλημα για την εξεταστική του Ιουνίου.

Ομάδα	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**	**Αθροιστικό Ποσοστό %**
Υψηλής επίδοσης (Η)	21	36,2	36,2
Χαμηλής επίδοσης (L)	37	63,8	100,0
Σύνολο	58	100,0	

Από τον Πίνακα 6 φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών ενώ δεν είχε ικανοποιητική επίδοση στο ΣΠ, παρόλα αυτά δεν ξαναέλυσε το πρόβλημα την περίοδο του Ιουνίου. Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου, μια τέτοια μελέτη δεν μπορεί να γίνει μιας και οι όλοι φοιτητές (10), κατατάσσονται στην ομάδα L.

Επίσης μελετήθηκε πόσοι από τους φοιτητές που έλυσαν ξανά το ΣΠ ως ΑΠ, βελτίωσαν και πόσοι χειροτέρεψαν τον βαθμό τους σε καθεμιά από τις εξεταστικές περιόδους. Από το σύνολο των φοιτητών που μελετήσαμε, 77 έλυσαν ξανά το πρόβλημα τον Ιούνιο, εκ των οποίων το 58,4% βελτίωσαν τον βαθμό, 13% τον χειροτέρεψαν και το 28,6% επανέλαβαν τον ίδιο, ενώ για το Σεπτέμβριο, το 81,4% τον βελτίωσαν, το 2,3% τον χειροτέρεψαν και το 16,3 επανέλαβαν τον ίδιο βαθμό.

Συμπεράσματα και Συζήτηση

1. Σε όλες τις στατιστικές συγκρίσεις που έγιναν, οι φοιτητές που συμμετέσχαν στις ασκήσεις σημείωσαν στατιστικά σημαντική υπεροχή στις επιδόσεις τους έναντι των φοιτητών που δεν συμμετέσχαν στις ασκήσεις κυρίως στην ΗΧ, στη ΧΚ και στο σύνολο της εξέτασης, για την εξεταστική του Ιουνίου. Στην εξεταστική του Σεπτεμβρίου όμως, οι επιδόσεις δεν διαφοροποιούνται για τις δύο ομάδες στην ΗΧ, τη ΧΚ και το συνολικό βαθμό.

2. Από τους συμμετέχοντες στις ασκήσεις (ανεξάρτητα από τον αριθμό των ασκήσεων), η συντριπτική πλειονότητα (90,7%), συμμετέσχαν στις εξετάσεις είτε του Ιουνίου είτε του Σεπτεμβρίου. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η συμμετοχή στις ασκήσεις αποτελεί ένα κίνητρο για τους φοιτητές ώστε να πάρουν μέρος στις εξετάσεις.

2. Από τους συμμετέχοντες στις ασκήσεις, αρκετά μεγάλο ποσοστό (61,5%) πέτυχαν στις εξετάσεις. Αυτό σημαίνει ότι στις ασκήσεις συμμετέσχαν οι επιμελείς φοιτητές, οι οποίοι θα επιτύγχαναν ούτως ή άλλως στις εξετάσεις ή ότι εκτός από τους επιμελείς φοιτητές, μέσω των ασκήσεων κινητοποιήθηκαν και κάποιοι άλλοι φοιτητές που ενδεχομένως να μη συμμετείχαν στις εξετάσεις.

3. Μεγάλο μέρος των φοιτητών δεν αντιμετωπίζουν με συστηματικότητα τις εξετάσεις, ακόμη και όταν έχουν καταβάλει κάποιου είδους προσπάθεια κατά τη διάρκεια του εξαμήνου, με τη συμμετοχή τους στις ασκήσεις. Οι λόγοι αυτής της συμπεριφοράς είναι άγνωστοι.

4. Από τους αποτυχόντες του Ιουνίου, μεγάλο ποσοστό (63,2%) απείχαν από τις εξετάσεις του Σεπτεμβρίου. Αυτό ίσως συνδέεται με τον γενικότερο προγραμματισμό της μελέτης των φοιτητών σε σχέση με τα διάφορα μαθήματα.

5. Αποσπασματική ήταν η συμμετοχή στις ασκήσεις: το 51,2% παρέδωσε μόνο μία άσκηση. Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές δεν αντιμετώπισαν με σοβαρότητα τέτοιου είδους παρέμβαση στο μάθημα, ενδεχομένως επειδή έχουν συνηθίσει σε πιο παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας π.χ. τη διάλεξη, θεωρώντας ότι πρέπει να παραμένουν αμέτοχοι στο μάθημα.

6. Εκτός από έναν φοιτητή, οι συμμετασχόντες στις ασκήσεις ήταν δευτεροετείς φοιτητές (97,7%). Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές παλαιότερων ετών απέχουν από εναλλακτικές διδακτικές μεθόδους είτε γιατί δεν πιστεύουν στη χρησιμότητά τους, είτε γιατί δίνουν προτεραιότητα στην παρακολούθηση των μαθημάτων του έτους στο οποίο τυπικά φοιτούν, αμελώντας τα μαθήματα των προηγούμενων ετών. Είναι πολύ πιθανό ότι οι φοιτητές αυτοί παραμελούν γενικότερα την παρακολούθηση των μαθημάτων, μιας και αυτή δεν είναι υποχρεωτική.

7. Τον Ιούνιο οι συμμετασχόντες στις ασκήσεις πέτυχαν στο μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας, ενώ οι μη συμμετασχόντες απέτυχαν στην πλειονότητά τους. Η επίδοση του Σεπτεμβρίου για τις δύο ομάδες φοιτητών ήταν σχεδόν 50% αποτυχία 50% επιτυχία, η επιτυχία και η αποτυχία δηλ. ήταν ανεξάρτητες της συμμετοχής τους στις ασκήσεις. Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές που ασχολήθηκαν συστηματικά με το μάθημα πέτυχαν στην πρώτη προσπάθειά τους.

8. Η επίδοση στο ΣΠ και στο ΑΠ έδειξε ότι οι φοιτητές με χαμηλή επίδοση στο ΣΠ δεν ενθαρρύνθηκαν στη λύση του ΑΠ, μιας και θεώρησαν το πρόβλημα πέρα από τις δυνατότητές τους.

9. Οι φοιτητές με υψηλή επίδοση στο ΣΠ στην πλειονότητά τους πέτυχαν στο μάθημα, ενώ το αντίθετο συνέβη με αυτούς που είχαν χαμηλή επίδοση.

10 Οι νέοι φοιτητές είχαν υψηλότερη επίδοση στο ΣΠ.

11. Η εκφώνηση στο ΑΠ βοήθησε σε σημαντικό βαθμό την πλειονότητα των φοιτητών ώστε να επιτύχουν καλύτερη βαθμολογία.

12. Ένας αριθμός φοιτητών πέτυχαν τον ίδιο βαθμό και στους δύο τύπους προβλημάτων, δηλαδή κάποιοι φοιτητές ενώ πίστεψαν ότι μπορούν να πετύχουν μεγαλύτερο βαθμό στο ΑΠ, τελικά δεν τα κατάφεραν.

Γενικεύοντας τα συμπεράσματα, για να γίνει μια συστηματική μελέτη για την επίδραση των ασκήσεων στην επίδοση των φοιτητών πρέπει να αλλάξει ριζικά το σύστημα οργάνωσης και λειτουργίας των πανεπιστημιακών τμημάτων. Για να είναι το δείγμα αξιόπιστο, θα πρέπει η παρουσία των φοιτητών να είναι τακτική/υποχρεωτική στα μαθήματα και όχι αποσπασματική. Θα πρέπει ακόμη να ανατίθενται ασκήσεις και εργασίες στους φοιτητές από το σύνολο των διδασκόντων, ώστε να αντιμετωπίζονται από τους φοιτητές με σοβαρότητα. Θα πρέπει δηλαδή να υπάρξει μια ριζική αλλαγή τόσο στην οργάνωση των τμημάτων, στις διδακτικές μεθόδους (Τσαπαρλής, 1991), αλλά και στον τρόπο που οι ίδιοι οι φοιτητές αντιμετωπίζουν την ενασχόληση με τα μαθήματα.

Βιβλιογραφία

Τσαπαρλής, Γ. (1991). Θέματα διδακτικής φυσικής και χημείας στη μέση εκπαίδευση. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Ψιλούτσικου, Μ. (2008). Σημειώσεις για το μάθημα Ποσοτικές Μέθοδοι Ι και ΙΙ, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα Βασισμένες στο βιβλίο των Darren George. & Paul Mallery "SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference 11.0 Update" Copyright, 2003 Pearson Education Inc.

Gabel, D.L. & Bunce, D.M. (1994). Research on problem solving: chemistry, in: D.L. GABEL (Ed.) Handbook of Research on Science Teaching and Learning: a project of the National Science Teachers Association (New York, Macmillan).

Jong, D. O., Treagust D., (2002). Chemical Education: Towards Research-based Practice, Ch. 14, Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers.

Tsaparlis G. (2007). Teaching and learning physical chemistry – Review of educational research. In M.D. Ellison & T.A. Schoolcraft (Eds.), *Advances in Teaching Physical Chemistry,* Ch. 7. Washington DC: American Chemical Society (Distributed by Oxford University Press).

Επίδοση φοιτητών σε ολικά και σε βήμα-βήμα αναλυμένα προβλήματα ηλεκτροχημείας

Ηλίας Μεγαλονίδης, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
45110, Ιωάννινα, gtsepser@cc.uoi.gr

Περίληψη

Μελετούμε τις επιδόσεις φοιτητών χημείας σε δύο μορφές του ίδιου προβλήματος ηλεκτροχημείας. Στη μία μορφή το πρόβλημα ήταν «ολικό», όπου υπήρχε ένα και μοναδικό ζητούμενο, ενώ στη δεύτερη μορφή το πρόβλημα ήταν «βήμα-βήμα αναλυμένο», έχοντας περισσότερα του ενός ζητούμενα και όπου το τελικό ζητούμενο ήταν το ίδιο με του ολικού προβλήματος. Όπως βρέθηκε, το αναλυμένο πρόβλημα μπορεί να βελτιώσει πάρα πολύ τις επιδόσεις των φοιτητών. Πολύ μεγάλη βελτίωση παρουσίασαν οι μέτριοι και "κακοί" φοιτητές. Δεν βρέθηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο φύλων. Ακόμη εντοπίστηκαν τα λάθη και τα στάδια που προκαλούν δυσκολίες στην επίλυση. Τέλος γίνονται προτάσεις για τη διδασκαλία.

Abstract

We study chemistry students' performance in two forms of the same electrochemistry problem. One form is the "total problem", with just one question (outcome). In its second form the problem was ιν "stepwise" form, having more than one questions/sub-problems, and where the answer to the final question was the same as the outcome of the total problem. It was found that the stepwise problem could improve a lot students' performance. Quite large improvement was noted in the case of the moderate and "bad" students. No gender differences were noted. In addition, student errors and the steps in the problem solution that caused problems were detected. Finally, suggestions for teaching are made.

Εισαγωγή

Η ηλεκτροχημεία (ΗΧ) είναι ένα γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται στο λύκειο και στα πρώτα έτη σπουδών γενικής και αναλυτικής χημείας, καθώς επίσης και στα πλαίσια του μαθήματος της φυσικοχημείας. Σύμφωνα με μια Ολλανδική μελέτη, οι μαθητές, όπως και οι καθηγητές τους χαρακτήρισαν την ΗΧ ως ένα από τα δυσκολότερα αντικείμενα στην ύλη της χημείας στην βαθμίδα του λυκείου (de Jong, Acampo, & Verdonk 1995). Έρευνες έχουν δείξει ότι τα προβλήματα που σχετίζονται με την ΗΧ προκαλούνται σε προηγούμενα στάδια της εκπαίδευσης (de Jong & Treagust 2002).

Στον παρακάτω Πίνακα 1 δίνονται μερικές παρανοήσεις των μαθητών στην ΗΧ, από εργασίες των Garnett and Treagust (1992) και των Sanger and Greenbowe (1997).

Πίνακας 1. Μερικές παρανοήσεις μαθητών στην ηλεκτροχημεία

Σε ένα πίνακα με δυναμικά αναγωγής τα είδη με τις περισσότερο θετικές τιμές E^o είναι η άνοδος.
Η ταυτότητα της ανόδου και της καθόδου εξαρτάται από τη φυσική διάταξη των ημιστοιχείων.
Η άνοδος, όπως τα ανιόντα, είναι πάντα αρνητικά φορτισμένη. Η κάθοδος, όπως τα κατιόντα, είναι πάντα θετικά φορτισμένη.
Τα κατιόντα και τα ανιόντα κινούνται μέχρι οι συγκεντρώσεις τους να εξισωθούν.
Τα ηλεκτρόνια μπορούν να «ρέουν» μέσα από υδατικά διαλύματα χωρίς βοήθεια από τα ιόντα.
Μόνο αρνητικά φορτισμένα ιόντα αποτελούν μια ροή ρεύματος στον ηλεκτρολύτη και στη γέφυρα άλατος.
Τα δυναμικά των στοιχείων προκύπτουν από την πρόσθεση ξεχωριστών δυναμικών αναγωγής.
Τα δυναμικά των ημιστοιχείων δεν είναι εντατικά μεγέθη.

Στην εργασία αυτή μελετούμε τις επιδόσεις φοιτητών χημείας σε δύο μορφές του ίδιου προβλήματος ΗΧ. Στη μία μορφή το πρόβλημα ήταν «ολικό» (ΟΠ), δηλαδή οι φοιτητές καλούνταν να επιλύσουν το πρόβλημα, έχοντας ένα και μοναδικό ζητούμενο. Στη δεύτερη μορφή το

πρόβλημα ήταν «βήμα-βήμα αναλυμένο» (ΑΠ), δηλαδή οι φοιτητές καλούνταν να λύσουν το πρόβλημα, έχοντας όμως περισσότερα του ενός ζητούμενα. Το τελικό ζητούμενο του ΑΠ ήταν το ίδιο με του ΟΠ. Ειδικότερα εξετάζουμε το αν η αναλυτική διατύπωση βοηθάει τους φοιτητές να αντιμετωπίσουν ένα απαιτητικό πρόβλημα ΗΧ, όπως ήταν το ΟΠ. Εξετάζουμε ακόμη τη συμπεριφορά των φοιτητών απέναντι στο πρόβλημα της ΗΧ σε σχέση με ταυτόχρονα εξεταζόμενο πρόβλημα χημικής κινητικής, εντοπίσαμε τα κυριότερα λάθη και τα επιμέρους στάδια του κάθε προβλήματος που προκάλεσαν δυσκολία στη λύση τους, καθώς και την επίδραση του φύλου.

Μέθοδος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια δύο εξεταστικών περιόδων (Ιουνίου και Σεπτεμβρίου 2005) του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στα πλαίσια της εξέτασης του μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ» του 4ου εξαμήνου σπουδών, το οποίο διδάσκει επί πολλά έτη ο ένας συγγραφέας (ΓΤ) στους δευτεροετείς φοιτητές του Τμήματος Χημείας (4ο εξάμηνο σπουδών). Το μάθημα περιλαμβάνει δύο μέρη, Μέρος Α, Ηλεκτροχημεία και Μέρος Β, Φαινομενολογική Χημική Κινητική, με το τμήμα της ΗΧ να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα (55-60%). Στην εξέταση του Ιουνίου συμμετέσχαν 93 φοιτητές, ενώ τον Σεπτέμβριο 42 φοιτητές. Διδάσκων ήταν ο ένας συγγραφέας (ΓΤ). Ως ελάχιστος βαθμός επιτυχίας ήταν το 4,5/10 (45%).

Η χρησιμοποιούμενη διδακτική μέθοδος ήταν συνδυασμός τυπικής διάλεξης με μεθοδολογίες που βασίζονται στη σύγχρονη διδακτική των φυσικών επιστημών (για περισσότερα για τη διδακτική μέθοδο, βλ. Εισαγωγή στο Συμπόσιο). Ως διδακτικό εγχειρίδιο χρησιμοποιήθηκαν σημειώσεις του διδάσκοντος (Τσαπαρλής, 1987/2002) [που βασίζονται κυρίως στο βιβλίο των Bockris και Reddy (1970)], καθώς και το βιβλίο Φυσικοχημείας του Atkins στην ελληνική του μετάφραση (Atkins, 1998). Ο χρόνος διδασκαλίας ήταν διαφορετικός για τους φοιτητές, αφού άλλοι το είχαν παρακολουθήσει κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου και άλλοι το είχαν διδαχθεί σε παλαιότερες χρονικές περιόδους, πάντοτε από τον ίδιο καθηγητή. Όπως είναι γνωστό, η παρακολούθηση των θεωρητικών μαθημάτων στα ελληνικά πανεπιστήμια δεν είναι υποχρεωτική, ενώ συνήθως δεν υπάρχουν προαπαιτούμενα μαθήματα ούτε υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των επανεξετάσεων, χωρίς η αποτυχία να έχει τυπικές συνέπειες για την πρόοδο των φοιτητών.

Όπως αναφέραμε στην Εισαγωγή, τα προβλήματα που μας ενδιαφέρουν σε αυτή τη μελέτη δόθηκαν σε δύο διαφορετικές μορφές, το «ολικό» (ΟΠ), και το «βήμα-βήμα αναλυμένο» (ΑΠ). Αυτά σχεδιάστηκαν έτσι ώστε η επίλυσή τους να διευκολύνει την επίλυση του τελικού «σταδίου», το οποίο ήταν και το ζητούμενο του ΟΠ. Με αυτόν τον τρόπο, θελήσαμε να εξετάσουμε την επίδραση που θα είχε στην επίλυση των προβλημάτων η παρουσίασή τους με «βήμα-βήμα αναλυμένο» τρόπο, σε σχέση με την παρουσίασή τους με «ολικό» τρόπο, η επίδραση διαφόρων άλλων παραγόντων, καθώς και οι δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά την διάρκεια της επίλυσης. Οι εκφωνήσεις των προβλημάτων παρατίθενται στο Παράρτημα.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την εξέταση ήταν η εξής: Στην αρχή δόθηκε στους φοιτητές το ΟΠ χημικής κινητικής. Η διάρκεια εξέτασης ορίστηκε στα 25 λεπτά. Για να παρακινηθούν οι φοιτητές να ασχοληθούν με το πρόβλημα, η συνολική βαθμολογία για το ΑΠ ήταν 10 μονάδες συν 5 μονάδες bonus (η βαθμολογία ήταν σημειωμένη στο φύλλο των θεμάτων της εξέτασης, άρα ήταν γνωστή στους φοιτητές). Κατόπιν τους δόθηκε το ΟΠ ΗΧ. Η χρονική διάρκεια της εξέτασης ήταν και σε αυτή την περίπτωση 25 λεπτά. Η συνολική βαθμολογία ήταν επίσης 15 μονάδες, εκ των οποίων οι 5 μονάδες ήταν και πάλι bonus. Κατόπιν δόθηκαν στους φοιτητές τα θέματα της γραπτής εξέτασης του μαθήματος «Φυσικοχημεία ΙΙ», στα οποία συμπεριλαμβάνονταν και οι «αναλυμένες» μορφές των δύο ΟΠ. Η βαθμολογία του καθενός από τα δύο αυτά προβλήματα ήταν 10 μονάδες σε αυτή την φάση της εξέτασης. Το ΟΠ και το ΑΠ βαθμολογούνταν με τον ίδιο μέγιστο βαθμό (10), ο βαθμός όμως του ΣΠ πολλαπλασιαζόταν επί 1,5 (λόγω της βαθμολογία bonus). Έτσι, αν ένας φοιτητής πετύχαινε βαθμολογία Ο και Α στο ΟΠ και στο ΑΠ αντιστοίχως, ο βαθμός που του καταχωριζόταν τελικά για τη λύση του σχετικού προβλήματος ήταν ο μεγαλύτερος από τους δύο βαθμούς (1,5 × Ο) και Α.

Η βαθμολόγηση των γραπτών έγινε από τον διδάσκοντα, ενώ ο άλλος συγγραφέας βαθμολόγησε τα ΟΠ και τα ΑΠ, σύμφωνα με βαθμολογικό σχήμα που συμφωνήθηκε μεταξύ των

δύο. Ένας αριθμός 18 γραπτών βαθμολογήθηκε και από τον διδάσκοντα και κατόπιν έγινε στατιστική σύγκριση των δύο βαθμολογιών. Προέκυψε μη στατιστικά σημαντική διαφορά των δύο βαθμολογιών. Επίσης και οι συντελεστές συσχέτισης Pearson r και Spearman ρ μεταξύ των δύο βαθμολογητών είχαν υψηλές τιμές: $r = 0,93$ ($p = 0,0001$), $\rho = 0,98$ ($p = 0,0001$).

Αποτελέσματα

Όλες οι βαθμολογίες έχουν αναχθεί σε 10)βάθμια κλίμακα. Τα αποτελέσματα στα προβλήματα της ΗΧ παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις βαθμολογίας στα προβλήματα ηλεκτροχημείας

		N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2005	ΟΛΙΚΟ	70	3,81	3,13
	ΑΝΑΛΥΜΕΝΟ	70	6,15	3,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005	ΟΛΙΚΟ	25	1,52	2,58
	ΑΝΑΛΥΜΕΝΟ	25	1,53	1,39

Τον Ιούνιο ο μ.ο των επιδόσεων στο ΑΠ (6,15) είναι μεγαλύτερος απο τον μ.ο των επιδόσεων στο ΟΠ (3,80). Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($t = 5,3$, $p < 0,001$). Τον Σεπτέμβριο όμως η αντίστοιχη διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ($t = 0,816$, $p = 0,419 > 0,05$). Αυτό πρέπει να αποδοθεί στην ιδιαίτερη δυσκολία του προβλήματος του Σεπτεμβρίου, κάτι που φαίνεται και από τις πολύ χαμηλότερες επιδόσεις του Σεπτεμβρίου. Να σημειωθεί ότι η χαμηλή βαθμολογία παρέμεινε και για το ΑΠ του Σεπτεμβρίου, κάτι που μπορεί να αποδοθεί σε ψυχολογικούς λόγους, λόγω της απογοήτευσης που πρέπει να προκάλεσε η δυσκολία του ΟΠ. Να ληφθεί ακόμη υπόψη ότι τον Σεπτέμβριο είχαμε πολύ χαμηλό ποσοστό επιτυχίας στο μάθημα, ένδειξη ότι οι φοιτητές στην περίοδο αυτή δεν ήταν καλά προετοιμασμένοι.

Μελετήσαμε ακόμη τον συσχετισμό ανάμεσα στις επιδόσεις στο ΟΠ και το ΑΠ, χρησιμοποιώντας τους συντελεστές συσχέτισης Pearson r και Spearman ρ. Για τον Ιούνιο, έχουμε $r = 0,388$ ($p = 0,001$) και $\rho = 0,432$ ($p = 0,001$), υπάρχει δηλαδή θετικός συσχετισμός που είναι στατιστικά σημαντικός. Για τον Σεπτέμβριο, έχουμε $r = 0,396$ ($p = 0,011$) και $\rho = 0,419$ ($p = 0,007$), που και πάλι είναι στατιστικά σημαντικός.

Βελτίωση επίδοσης από το ολικό στο αναλυμένο πρόβλημα

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Τον Ιούνιο, σημαντικό ποσοστό φοιτητών παρουσίασαν βελτίωση στο ΑΠ. Αντίθετα, τον Σεπτέμβριο το συντριπτικό ποσοστό των φοιτητών (75%) είχαν πολύ μικρή βελτίωση στο ΑΠ. Σε πιθανές εξηγήσεις αναφερθήκαμε παραπάνω.

Πίνακας 3. Βελτίωση βαθμολογίας στο πρόβλημα ηλεκτροχημείας

	ΙΟΥΝΙΟΣ 2005			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005		
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα
0 εως 2	13	29,55	29,55	12	75,00	75,00
2 εως 4	7	15,91	45,45	4	25,00	100,00
4 εως 6	12	27,27	72,73	0	0,00	100,00
6 εως 8	8	18,18	90,91	0	0,00	100,00
8 εως 10	4	9,09	100,00	0	0,00	100,00
Σύνολο	44	100,00		16,00	100,00	

Μελέτη των επιμέρους σταδίων των προβλημάτων

Θελήσαμε να εντοπίσουμε τα επιμέρους στάδια του κάθε προβλήματος που προκάλεσαν δυσκολία στη λύση τους.

ΙΟΥΝΙΟΣ: Η απλή συσχετισμένη ανάλυση έδειξε διαφορά μεταξύ των μ.ο των βαθμολογιών των επιμέρους σταδίων, η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($F_{2,138} = 20,61$, $p = 0,001$). Οι μέσοι όροι των

βαθμολογιών ήταν: H_1 = 7,84, H_2 = 6,06, H_3 = 5,7. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους συσχετισμένους ελέγχους με το στατιστικό κριτήριο *t* ήταν: H_1 - H_2 t = 4,24 (df = 69, p = 0,003)), H_1 - H_3 t = 5,03 (df = 69, p = 0,003), H_2 - H_3 t = 2,27, (df = 69, p = 0,081). Άρα στατιστικά σημαντική διαφορά προκύπτει μεταξύ των H_1 και H_2 και μεταξύ των H_1 και H_3. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι περισσότεροι δεν κατάφεραν να ξεπεράσουν το 2ο στάδιο, το οποίο αποδεικνύεται ότι ήταν αυτό στο οποίο αντιμετώπισαν τη μεγαλύτερη δυσκολία.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ: Η ίδια διαδικασία έδειξε ότι, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στους μ.ο των βαθμολογιών των επιμέρους σταδίων ($F_{4,156}$ = 4,74, p = 0,001). Οι μέσοι όροι των βαθμολογιών ήταν: H_1 = 2,29, H_2 = 1,37, H_3 = 1,06, H_4 = 0,83, H_5 = 0.27. Οι συσχετισμένοι έλεγχοι t ανά ζεύγος μεταβλητών έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά στις βαθμολογίες μεταξύ των ζευγών: H_1 - H_4, t = 3,45 (df = 39, p = 0,01), H_1 - H_3, t = 3,33 (df = 39, p = 0,02), H_1 - H_5, t = 5,06 (df = 39, p = 0,01). Άρα οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν να ξεπεράσουν το 3ο στάδιο και να προχωρήσουν παρακάτω. Πάντως δυσκολία παρουσίασε και το 2ο στάδιο.

Κατάταξη ανάλογα με την επίδοση

Ανάλογα με την επίδοσή τους στο ΟΠ, χωρίσαμε τους φοιτητές σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει αυτούς που η επίδοσή τους χ είναι $10 > \chi \geq 7$, ενώ η δεύτερη ομάδα τους υπολοίπους ($\chi < 7$). Η κάθε ομάδα χωρίστηκε σε δύο υποομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει αυτούς που δεν βελτιώθηκαν στο ΑΠ, ενώ η δεύτερη υποομάδα αυτούς που η επίδοσή τους ήταν μεγαλύτερη στο ΑΠ. Αν χ: επίδοση στο ΟΠ, και y: επίδοση στο ΑΠ, οι υποομάδες έχουν ως εξής: Υποομάδα 1.1: $10 > \chi \geq 7$, $y \leq \chi$. Υποομάδα 1.2: $10 > \chi \geq 7$, $y > \chi$. Υποομάδα 2.1: $\chi < 7$, $y \leq \chi$. Υποομάδα 2.2: $\chi < 7$, $y > \chi$.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Τον Ιούνιο, μεγαλύτερο ποσοστό φοιτητών (56,7%) είναι στην κατηγορία 2.2, ενώ σχετικά υψηλό ποσοστό (26,9%) στην κατηγορία 2.1. Τον Σεπτέμβριο, το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών (57,5%) ανήκει στη κατηγορία 2.1, ενώ μεγάλο είναι και το ποσοστό (40,0%) που ανήκει στην κατηγορία 2.2

Πίνακας 4. Κατανομή συχνοτήτων υποομάδων επίδοσης για το πρόβλημα ηλεκτροχημείας

	ΙΟΥΝΙΟΣ 2005			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005		
ΥΠΟΟΜΑΔΕΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα
1.1	5	7,46	7,46	1	2,50	2,50
1.2	6	8,96	16,42	0	0,00	2,50
2.1	18	26,87	43,28	23	57,50	60,00
2.2	38	56,72	100,00	16	40,00	100,00
Σύνολο	67	100,00		40	100,00	

Συμπεριφορά

Μελετήσαμε ακόμη τη συμπεριφορά των φοιτητών απέναντι στα προβλήματα κινητικής και ΗΧ, ανάλογα με την υποομάδα επίδοσης στην οποία κατατάχθηκαν με βάση την επίδοσή τους (προηγούμενο εδάφιο).

Η πρώτη ομάδα (ίδια συμπεριφορά) περιλαμβάνει τους φοιτητές οι οποίοι ανήκουν στην ίδια υποομάδα επίδοσης στο πρόβλημα κινητικής και στο πρόβλημα ΗΧ. Η δεύτερη ομάδα (διαφορετική συμπεριφορά) περιλαμβάνει τους φοιτητές οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικές υποομάδες, όσο αφορά την επίδοσή τους και στα δύο είδη προβλημάτων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Προκύπτει ότι οι μισοί περίπου φοιτητές παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά ως προς το αν βελτιώνονται ή όχι, μεταξύ του προβλήματος κινητικής και του προβλήματος ΗΧ. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί λόγω του διαφορετικού βαθμού δυσκολίας των δύο προβλημάτων και της διαφορετικής φύσης τους.

Πίνακας 5. Κατανομή συχνοτήτων συμπεριφοράς ως προς τις υποομάδες επίδοσης

	ΙΟΥΝΙΟΣ 2005	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα	Συχνότητα	Συχνότητα %	Αθροιστική συχνότητα
ΙΔΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	20	47,62	47,62	20	50,00	50,00
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	22	52,38	100,00	20	50,00	100,00
Σύνολο	42	100,00		40	100,00	

Επίδραση του φύλου

Μελετήθηκε η επίδραση του φύλου στην επίδοση των φοιτητών στο ΟΠ και στο ΑΠ, όσο και στην βελτίωση που παρουσίασαν αυτοί κατά την επίλυση του ΑΠ, σε σχέση με την επίδοσή τους στο ΟΠ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Μέσοι όροι επιδόσεων και βελτίωσης σε σχέση με το φύλο

		ΙΟΥΝΙΟΣ 2005			ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005		
		N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	N	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΑΓΟΡΙΑ	19	5,87	3,86	8	1,27	1,08
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	51	6,25	3,40	17	1,65	1,53
	ΣΥΝΟΛΟ	70	6,15	3,50	25	1,53	1,39
ΟΛΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΑΓΟΡΙΑ	30	2,97	3,33	9	0,81	1,32
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	61	3,79	3,12	19	2,37	3,03
	ΣΥΝΟΛΟ	91	3,52	3,20	28	1,87	2,68
ΒΕΛΤΙΩΣΗ	ΑΓΟΡΙΑ	12	5,13	2,52	6	1,25	1,20
	ΚΟΡΙΤΣΙΑ	32	4,24	2,87	10	1,17	1,11
	ΣΥΝΟΛΟ	44	4,48	2,78	16	1,20	1,10

Για την επίδραση του φύλου στις επιδόσεις των φοιτητών, στις δύο μορφές προβλημάτων, καθώς και στη βελτίωση που παρουσίασαν αυτοί στην αναλυτική μορφή των προβλημάτων, σε σχέση με την ολική μορφή, έγινε *ανάλυση διακύμανσης* (one way ANOVA). Από τις αναλύσεις προκύπτει ότι, τόσο για τον Ιούνιο όσο και για τον Σεπτέμβριο, οι μέσοι όροι δεν έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά, σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Άρα τα δύο φύλα (αγόρια και κορίτσια) δεν διαφοροποιούνται όσον αφορά τις επιδόσεις τους στις δύο μορφές των προβλημάτων, ούτε σε ό,τι αφορά την βελτίωση της επίδοσης που παρουσιάζουν στο ΑΠ σε σχέση με το ΟΠ.

Παρατηρούμενα λάθη

Τον Ιούνιο, από τους 46 φοιτητές που είχαν λάθη στο πρόβλημα, οι 21 είχαν εφαρμόσει λανθασμένα τον νόμο του Nernst, επομένως δεν κατείχαν τη απαραίτητη θεωρία για τη σωστή επίλυση του προβλήματος. Επίσης, 25 φοιτητές έκαναν λάθος σε αριθμητικούς υπολογισμούς και ιδιαίτερα στις πράξεις που είχαν σχέση με τους λογαρίθμους. Τον Σεπτέμβριο, από τους 33 φοιτητές που ασχολήθηκαν με την επίλυση του προβλήματος, κανένας δεν έγραψε στις δυνατές αναγωγές την ημιαντίδραση $H_2O \rightarrow H_2$ με $E^o = 0,0$ V. Επίσης κανένας δεν έγραψε στις δυνατές οξειδώσεις την ημιαντίδραση $H_2O \rightarrow O_2$ με $E^o = +1,23$ V. Το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών έκανε λάθος κατά τον υπολογισμό της E^o της ημιαντίδρασης $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ (ερώτημα β΄ του ΑΠ). Συγκεκριμένα όλοι χρησιμοποίησαν τη μέθοδο της αντιστροφής και πρόσθεσης των επιμέρους αντιδράσεων, που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θερμότητας αντίδρασης, αντί του σωστού τρόπου με την χρήση της ΔG:

$Fe^{3+} + 3e \rightarrow Fe$ $E^O = -0,04V$ (1) $Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$ $E^o = -0,44V$ (2)

Με αντιστροφή της (2) και πρόσθεση κατά μέλη με την (1) έχουμε: $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$ $E^o=0,40V$. Το συγκεκριμένο λάθος υπήρχε ακόμα και στα γραπτά φοιτητών που είχαν

εφαρμόσει τη σωστή διαδικασία για την λύση των επόμενων βημάτων του προβλήματος, οδηγώντας φυσικά σε λάθος αποτέλεσμα.

Συμπεράσματα και προτάσεις

Η παρουσίαση των προβλημάτων με «βήμα-βήμα αναλυμένο» (ΑΠ) τρόπο στους φοιτητές βελτιώνει πάρα πολύ τις επιδόσεις τους στην λύση προβλημάτων ηλεκτροχημείας. Η μη

βελτίωση που εμφανίζεται στα αποτελέσματα του Σεπτεμβρίου πρέπει μάλλον να αποδοθεί αφενός στη ιδιαίτερη δυσκολία του προβλήματος, αφετέρου στη συνολικά χαμηλή επίδοση των φοιτητών, η οποία ήταν πιθανόν αποτέλεσμα μικρής προετοιμασίας των φοιτητών για τις εξετάσεις.

Από την κατάταξη των φοιτητών ανάλογα με την επίδοση, προέκυψε ότι αυτοί που χαρακτηρίζονται ως μέτριοι- κακοί είχαν πολύ μεγάλη βελτίωση κατά τη λύση του ΑΠ. Δεν βρέθηκε να υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο φύλων όσον αφορά την επίδοση τόσο στο ολικό πρόβλημα (ΟΠ) όσο και στο ΑΠ, αλλά και όσον αφορά τη βελτίωση που παρουσιάζουν κατά την επίλυση του ΑΠ.

Τα λάθη που εντοπίσθηκαν είναι κυρίως ο τρόπος εύρεσης του E^o μιας ημιαντίδρασης από τον συνδυασμό επιμέρους ημιαντιδράσεων, καθώς και η μη αναγνώριση κάποιων ημιαντιδράσεων ως οξειδώσεων και ως αναγωγών. Παρατηρήθηκαν επίσης πάρα πολλές περιπτώσεις με λάθη σε αλγεβρικές πράξεις, ειδικά στη χρήση των λογαρίθμων.

Η έρευνά μας εστίασε στην επίδραση που έχει στους φοιτητές η παρουσίαση των προβλημάτων ηλεκτροχημείας με «βήμα-βήμα αναλυμένο» τρόπο, τη βελτίωση που αυτοί παρουσιάζουν, την επίδραση του φύλου σε αυτές τις επιδόσεις, καθώς και στα λάθη που κάνουν. Θεωρητικά στηρίχθηκε στην άποψη ότι η «ελάφρυνση» της εργαζόμενης μνήμης θα είχε αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη επιτυχία στην επίλυση προβλημάτων. Τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με τα θεωρητικώς αναμενόμενα. Πρέπει δηλαδή οι διδάσκοντες σε πρώτη φάση να βοηθούν τους λύτες, δίνοντάς τους τα προβλήματα σε «αναλυμένη» μορφή, ελαφρύνοντας έτσι την εργαζόμενη μνήμη τους και βοηθώντας τους να κάνουν σβολοποίηση των δεδομένων.

Η επεξεργασία των εντοπισθέντων λαθών δείχνει ότι το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η έλλειψη των βασικών γνώσεων της θεωρίας. Παρατηρήθηκε όμως και ένας αρκετά μεγάλος αριθμός λαθών που οφείλονται σε έλλειψη πρακτικής άσκησης στην επίλυση προβλημάτων (λάθος εφαρμογή των σχέσεων, χρήση συμβόλων, αριθμητικά λάθη κ.ά.). Προτείνεται λοιπόν η παρακολούθηση φροντιστηριακών μαθημάτων σε υποχρεωτική βάση από τους φοιτητές, όπου θα γίνεται εξάσκηση στη επίλυση των διδασκόμενων προβλημάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Τα Προβλήματα

Ολικό πρόβλημα Ιουνίου 2005 (Ritchie, Thislethwaite, & Craig 1975)

Ένας χημικός στην πόλη του Μεξικού, όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 78,1 kpa, προσδιόρισε το *p*H ενός διαλύματος στους 25° C, τοποθετώντας το διάλυμα σε ένα ηλεκτρόδιο υδρογόνου και μετρώντας το δυναμικό του ηλεκτροδίου σε σχέση με ένα πρότυπο ηλεκτρόδιο καλομέλανος (ηλεκτρόδιο αναφοράς). Κατά τον υπολογισμό του *p*H έκανε λάθος, θεωρώντας ότι το αέριο που (φυσαλίδες του) αποβαλλόταν από το ηλεκτρόδιο υδρογόνου ήταν υπό πίεση 1 atm. Αν η τιμή του *p*H που βρήκε ήταν 4,00, ποια ήταν η σωστή τιμή; (Ritchie et al., 1975)

Βήμα-βήμα αναλυμένο πρόβλημα Ιουνίου: τα ερωτήματα (το στέλεχος του προβλήματος είναι το ίδιο)

Να γράψετε την ημιαντίδραση που γίνεται στο ηλεκτρόδιο (ημιστοιχείο) που υπεισέρχεται στο πρόβλημα, καθώς και την εξίσωση Nernst για την παραπάνω ημιαντίδραση. (1,5 μονάδες)

Ποιο είναι το αέριο που (φυσαλίδες του) αποβαλλόταν από το ηλεκτρόδιο;
Να υπολογίσετε το δυναμικό του παραπάνω ημιστοιχείου. (3,5 μονάδες)
Να υπολογίσετε την ζητούμενη σωστή τιμή του *p*H. (5 μονάδες)

Ολικό πρόβλημα Σεπτεμβρίου 2005 (Ritchie, Thislethwaite, & Craig 1975)

ΔΙΑΘΕΤΟΥΜΕ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΔΕΔΟΜΕΝΑ: (T = 298 K): $\frac{RT}{F}$ = 0,02569V 2,303 $\frac{RT}{F}$ = 0,05916V

Δυναμικά οξειδοαναγωγής E^o σε V (βολτ) στους 25 °C: $Fe^{2+} \rightarrow Fe$ -0,44 , $Fe^{3+} \rightarrow Fe$ -0,04 , $Cl_2 \rightarrow Cl^-$ +1,36 , $Br_2 \rightarrow Br^-$ +1,09 , $K^+ \rightarrow K$ -2,93

Διαθέτουμε ίσους όγκους από τα παρακάτω δύο διαλύματα:

Διάλυμα Α: 2.0M $FeCl_3$ και 2.0×10^{-4} M $FeCl_2$ στους 25 °C.

Διάλυμα Β: 3.0M KBr και 2.0×10^{-4}M σε Br_2 επίσης στους 25°C.

Θα συμβεί κάποια χημική αντίδραση και ποια αν αναμείξουμε τα δυο αυτά διαλύματα;

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: 1) Οι συντελεστές ενεργότητας να θεωρηθούν ίσοι με 1 (πολύ χονδρική προσέγγιση), 2) Τα διαλύματα βρίσκονται και η αντίδραση γίνεται σε περιβάλλον απαλλαγμένο από οξυγόνο.

Βήμα-βήμα αναλυμένο Σεπτεμβρίου: Τα ερωτήματα (το στέλεχος του προβλήματος είναι το ίδιο)

1) Να γράψετε όλες τις δυνατές ημιαντιδράσεις οξείδωσης και όλες τις δυνατές ημιαντιδράσεις αναγωγής που μπορεί να γίνουν. ΠΡΟΣΟΧΗ: *Σε κάθε ημιαντίδραση πρέπει να υπάρχει το αντίστοιχο αντιδρών (π.χ δεν μπορεί να είναι αντιδρών το Κ ή το O_2)* (0,5+0,5=1 μονάδες)

2) Να υπολογίσετε την τιμή του E^o για την ημιαντίδραση: $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ (δεν υπάρχει στα δεδομένα) (10/3 μονάδες)

3) Με βάση τις τιμές των E^o να βρείτε ποια είναι η προτιμώμενη οξείδωση και ποια η προτιμώμενη αναγωγή. Κατόπιν να γράψετε την προβλεπόμενη αντίδραση με βάση τις τιμές των E^o. Ποια είναι η τιμή του ΔE^o για την αντίδραση αυτή; Είναι η αντίδρα-ση αυτή αυθόρμητη; (4/3 μονάδες)

4) Να καταστρώσετε την εξίσωση του Nernst για την παραπάνω αντίδραση (1 μονάδα)

5) Να αντικαταστήσετε στην εξίσωση του Nernst τις άγνωστες τιμές από τα δεδομένα του προβλήματος και να υπολογίσετε το ΔE. Με βάση το αποτέλεσμα, να απαντήσετε τέλος στο ερώτημα του ποια χημική αντίδραση θα συμβεί αν ανα-μείξουμε τα δύο διαλύματα της εκφώνησης του προβλήματος; (10/3 μονάδες).

Βιβλιογραφία

Atkins, P.W. (1998). Φυσικοχημεία. Τόμος Ι. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Τσαπαρλής Γ. (1987/2002). Ηλεκτροχημεία. Πανεπιστημιακά Μαθήματα, γ΄ έκδοση (2001-02). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Bockris J. O'M. & Reddy A. K. N. (1970). Modern electrochemistry, Vol. 1, Ionics, Vol. 2, Electrodics in chemistry. New York, Plenum Press.

De Jong O. Acampo J. & Verdonk A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions : Actions and conceptions of chemistry teachers. Journal of Research in Science Teaching. 32, 1097-1110.

De Jong, O. & Treagust D. (2002). Teaching and learning of electrochemistry In Gilbert J. K., de Jong O., Justi R., Treagust D. F., & van Driel J. H.(eds.) Chemical education: Towards research-based practice, Ch. 14. Springer.

Garnett P. J. & Treagust D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. Journal of Research in Science Teaching, 29, 1079-1099.

Ritchie, I. M., Thislethwaite, P. J., Craig, R. A. (1975). Problems in physical chemistry. Wiley.

Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (1997). Students' misconceptions in electrochemistry: Current flow in electrolyte solutions and the salt bridge. Journal of Chemical Education, 74, 819-823.

Στρογγυλά Τραπέζια

Στρογγυλό Τραπέζι 1: Η Επιμόρφωση Β' Επιπέδου: το μεικτό μοντέλο

Δ. Ψύλλος[1], Χ. Ζαγούρας[2], Β. Δαγδιλέλης[3], Α. Ταραμόπουλος[4]
[1]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, psillos@eled.auth.gr*
[2]*Πανεπιστήμιο Πατρών & ΙΤΥΕ-Διόφαντος, zagouras@cti.gr*
[3]*Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, dagdil@uom.gr*
[4]*Πρότυπο Πειραματικό Σχολείο Α.Π.Θ. και Γενικό Λύκειο Ν. Ζίχνης, ttar@sch.gr*

Περίληψη

Η Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στην Παιδαγωγική και Διδακτική αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στα ΚΣΕ για τους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης πρόκειται σύντομα να διευρυνθεί με την εφαρμογή μοντέλου μεικτής διδασκαλίας και μάθησης (blended): ένα μικρό μέρος των μαθημάτων θα υλοποιηθεί με δια ζώσης διδασκαλία (πρόσωπο με πρόσωπο), ενώ τα υπόλοιπα θα υλοποιηθούν εξ αποστάσεως (με σύγχρονη διδασκαλία ή ασύγχρονα, με ανάθεση εργασιών και δραστηριοτήτων). Το μοντέλο αυτό θα εφαρμοστεί για πρώτη φορά στην Ελλάδα σε μεγάλη κλίμακα. Στην Στρογγυλή Τράπεζα θα παρουσιασθούν και θα συζητηθούν θεσμικά και διδακτικά θέματα, που αφορούν στην οργάνωση και εφαρμογή τους μοντέλου για όλους τους εκπαιδευτικούς και ειδικά για τους ΠΕ04.

Λέξεις κλειδιά: μεικτό μοντέλο, επιμόρφωση Β' επιπέδου, επιμόρφωση κλάδου ΠΕ04

Abstract

Teacher education on the pedagogic and didactic utilization of ICT in Lifelong Learning Centers for teachers of primary and secondary education will soon be enriched with the deployment of a blended model of teaching and learning: a small part of the lessons will be realized by live teaching (face to face), while the rest of the lessons will be realized remotely (by syncrounous or asyncronous distance education teaching, via homework and activity assignment). This blended model will be used in Greece for the first time in a large scale. In this Round Table structural and didactical issues will be presented and discussed, concerning the organization and implementation of the model for all teachers in general and science teachers in particular.

Keywords: blended model, 2nd level teachers education, science teachers education

Στρογγυλό Τραπέζι 2: Προβλήματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και Επιμόρφωσης των Εκπαιδευτικών που τις διδάσκουν.

Συντονιστής: Σαραντόπουλος Παναγιώτης, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ 04, Μαγνησίας
Συμμετέχουν: Κοντογεωργίου - Παπανικολάου Ασημίνα, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ 04, Λάρισας. Χατζή Μαρία , Σχολική Σύμβουλος ΠΕ 70 , Βόλου

ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η διδασκαλία των μαθημάτων Φυσικών Επιστημών, τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, παρά την προσπάθεια πολλών εκπαιδευτικών δεν επικεντρώνεται στην επίτευξη των στόχων του επιστημονικού εγγραμματισμού.
2. Τα ΑΠΣ τα οποία είναι γνωσιολογικά προσανατολισμένα καθώς και η χρησιμοποιούμενη γλώσσα τόσο των σχολικών εγχειριδίων όσο και των εκπαιδευτικών δημιουργούν προβλήματα.
3. Οι εκπαιδευτικοί δύσκολα υιοθετούν καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας (π.χ διδακτική αξιοποίηση των ιδεών των μαθητών, ένταξη πειραματικών προσεγγίσεων και ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φ.Ε.) είτε λόγω ωρολογίου προγράμματος, είτε λόγω έλλειψης υποδομής και στήριξης είτε και λόγω πιθανών αντιδράσεων από γονείς για τη διδακτέα ύλη.
4. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι συνήθως αποσπασματική. Όταν πραγματοποιείται συνδέεται με Προγράμματα της ΕΕ (ΚΠΣ, ΕΣΠΑ) και στοχεύει κατά κύριο λόγο, πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, στην απορρόφηση των σχετικών κονδυλίων.
5. Η Γ/βάθμια εκπαίδευση παρόλο που χρησιμοποιεί τόσο την Α/θμια όσο και την Β/θμια για ερευνητικούς σκοπούς, δεν προτείνει πρακτικές υλοποιήσιμες στις συνήθεις συνθήκες του σχολείου και στα πλαίσια του ΑΠΣ των μαθημάτων. Παραμένει-επιμένει στις διαπιστώσεις και οι εκάστοτε προτάσεις καθίστανται υλοποιήσιμες μόνο με την αλλαγή ωρολογίων και Αναλυτικών Προγραμμάτων.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Συνειδητοποίηση-προβληματισμός από πλευράς του εκπαιδευτικού της αλλαγής του ρόλου του. Αντίστοιχα και για τους γονείς του θεσμικού ρόλου του σχολείου.
2. Οι εκάστοτε οδηγίες του ΥΠΑΙΠΘΑ αναφορικά με την διδακτέα ύλη να μην αναφέρονται σε σελίδες, ωθώντας έτσι τον εκπαιδευτικό να επικεντρώνεται στο σχολικό εγχειρίδιο, αλλά στους στόχους του ΑΠΣ τους οποίους καλείται να επιτύχει.
3. Ενοποίηση των μαθημάτων Φυσικών Επιστημών στο Γυμνάσιο και δυνατότητα πραγματοποίησης των μαθημάτων σε συνεχόμενο δίωρο.
4. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών να καταστεί υποχρέωση της πολιτείας κατά το ανάλογο της συνταγματικής επιταγής της παροχής υποχρεωτικής παιδείας. Να αποδεσμευθεί από κοινοτικά προγράμματα, να σχεδιασθεί με ορίζοντα 5ετίας ή και 10ετίας, και να εστιασθεί τόσο στους στόχους της παιδείας που η πολιτεία έχει επιλέξει όσο και στις ανάγκες των εκπαιδευτικών.
5. Να δημιουργηθεί πιστοποιημένο μητρώο επιμορφωτών ανά αντικείμενο και οι εκάστοτε χρησιμοποιούμενοι επιμορφωτές να αξιολογούνται ως προς το παρεχόμενο έργο τους από τους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς.
6. Ως μοντέλο επιμόρφωσης προτείνεται αυτό της μεικτής (παραδοσιακή και εξ'αποστάσεως αντίστοιχο με αυτό της Επιμόρφωσης ΤΠΕ Β επιπέδου και του Μείζονος Προγράμματος Επιμόρφωσης. Σε επίπεδο περιφέρειας θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στοιχεία και χαρακτηριστικά του Μείζονος Προγράμματος Επιμόρφωσης. Προγράμματα με την ονομασία «Το Μικρό Μείζον» που πραγματοποιούνται με πρωτοβουλία Σχολικών Συμβούλων να τύχουν της υποστήριξης της πολιτείας και να γενικευθούν.
7. Δημιουργία ΕΚΦΕ και για την Α/θμια εκπαίδευση κατά αναλογία με τα αντίστοιχα της Β/θμιας ή να στελεχωθούν τα ήδη υπάρχοντα της Β/θμιας και με εκπαιδευτικούς της Α/θμιας
8. Πραγματοποίηση κοινών επιμορφωτικών συναντήσεων εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης με πρωτοβουλία-ευθύνη των αντιστοίχων Σχολικών Συμβούλων.

Προφορικές Εργασίες

Συνεδρία 1: Πειράματα και Προσομοιώσεις στην Διδασκαλία της Φυσικής

Η Ψηφιακή Θερμοκάμερα ως Εργαστηριακό / Πειραματικό Εργαλείο της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες – Έρευνα, Πειραματισμοί, Αξιολόγηση, Συμπεράσματα, Προτάσεις

Ευαγγελία Μπούρμπουλα, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
linabour@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Με ερευνητικά ερωτήματα: α) τη δυνατότητα των μετρήσεων μιας –φθηνής, προσιτής από ένα εκπαιδευτικό εργαστήριο– ψηφιακής θερμοκάμερας να είναι επαρκώς ακριβείς και στο πεδίο τιμών που απαιτείται για να χρησιμοποιηθούν σε πειραματισμούς που διενεργούνται σε εκπαιδευτικά (πανεπιστημιακά ή σχολικά) εργαστήριο φυσικών επιστημών και β) την εφικτότητα χειρισμού της από τους εκπαιδευόμενους (φοιτητές ή μαθητές), αλλά και γ) την εφικτότητα ένταξή της (μεθοδολογικά και πρακτικά) στην εκπαιδευτική διαδικασία των φυσικών επιστημών, σχεδιάσαμε, οργανώσαμε και –στη συνέχεια– αξιολογήσαμε εκπαιδευτικές διαδικασίες που διενεργήθηκαν από εκπαιδευτικούς / φοιτητές / μαθητές με τη χρήση –από τους ίδιους– της θερμοκάμερας σε επιλεγμένα πειράματα. Τα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα θετικά ώστε να δικαιολογούν και προτάσεις γενίκευσης της εκπαιδευτικής αξιοποίησης της ψηφιακής θερμοκάμερας σε πάρα πολλά πειράματα, όλα όσα απαιτούν μετρήσεις θερμοκρασίας, αλλά –κυρίως– και άλλα που δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιούνται χωρίς της χρήση της.

Abstract

With inquiring questions of: a) the capability of measurements of - a cheap and accessible - digital infrared camera from an educational laboratory, that could be sufficiently precise and in the field of rates that are required in order to be used in experiments that are held in educational (university or school) laboratory of natural sciences and b) the feasibility of handling it from the learners (university or school students), as also g) the feasibility of her integration (methodological and practical) in the educational process of natural sciences, we planned, organized and following we evaluated the educational processes that were held from educators/university and school students with the personal use of the infrared camera in selected experiments. The results are particularly positive so as, in addition, to justify proposals of generalization of the educational use of digital infrared camera in a lot of experiments, which require measurements of temperature, but - mainly - to others that are not possible to be realized without her use.

Σκεπτικό – Ερευνητικά Ερωτήματα

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι νέες τεχνολογίες έχουν ένα διογκούμενο ρόλο και μια πολυ-παραγοντική και ευρεία επιρροή στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες. Αυτές οι τεχνολογίες άλλαξαν τους στόχους στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ενώ η ταχεία εξέλιξή τους απαιτεί την προετοιμασία των μαθητών μέσω της ανάληψης πολύπλοκων projects τα οποία θα συνδέουν τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας με σημαντικά θέματα των φυσικών επιστημών και την ανάπτυξη του επιστημονικού, του γλωσσικού και τεχνολογικού ενγραμματισμού (M. Linn, 2006). Ειδικότερα όσον αφορά τα φαινόμενα μεταφοράς ενέργειας/θερμότητας, οι κύριοι στόχοι που θα πρέπει να ακολουθούνται είναι η κατανόηση και η εκμάθηση από τους εκπαιδευόμενους της μεταφοράς ενέργειας/θερμότητας σε διάφορα φαινόμενα. Για την πραγματοποίηση αυτού του στόχου, η πρόσφατη πρακτική αφορούσε τη διδασκαλία των φαινομένων σε θεωρητικά μαθήματα, τα οποία συμπληρώνονταν με πειράματα στο κλασσικό εργαστήριο. (R. Cabello et al, 2006) Η κάμερα υπερέρυθρης ακτινοβολίας, ως μέσου

οπτικοποίησης διαφόρων φυσικών φαινομένων στο εργαστήριο, από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους, θα μπορούσε να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο προκειμένου να ανακαλύψουν και να κατανοήσουν θεμελιώδεις αρχές ή έννοιες που αφορούν φαινόμενα μεταφοράς ενέργειας/θερμότητας. Προκειμένου να προκληθεί το ενδιαφέρον και ο ενθουσιασμός για την επιστήμη, θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να προετοιμάζονται κατάλληλα ώστε να είναι ικανοί να διδάξουν τις φυσικές επιστήμες. Συμπληρωματικά, δεν μπορούμε να περιμένουμε το ενδιαφέρον για τις φυσικές επιστήμες να ξεκινήσει στις ύστερες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αντί αυτού, χρειαζόμαστε δασκάλους στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση που θα απολαμβάνουν τις φυσικές επιστήμες και να αισθάνονται άνετα διδάσκοντάς τις. Για αυτό το λόγο και θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες έτσι ώστε να οι μελλοντικοί δάσκαλοι να έχουν επαρκείς γνώσεις στις φυσικές επιστήμες, προκειμένου να αισθάνονται ασφαλείς στη διδασκαλία τους, να γνωρίζουν τις κατάλληλες μεθόδους διδασκαλίας σε μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τέλος να αξιοποιούν κατάλληλα τα σύγχρονα μέσα στις τάξεις τους. (D. Zollman, 1994)

Τα –γενικότερα– ερευνητικά ερωτήματα τα οποία ανακύπτουν από αυτήν την πραγματικότητα και οδήγησαν σε αυτή την ερευνητική διαδικασία ήταν:

- η εισαγωγή νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση στις Φ.Ε και ειδικότερα στα πειράματα εργαστηρίου, είναι δυνατό να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση φυσικών φαινομένων;
- είναι δυνατό και σε ποιο βαθμό οι οπτικοποιήσεις φυσικών φαινομένων σε πειράματα του εργαστηρίου να συνδράμουν στην άμεση παρατήρηση και διαισθητική αντίληψη της ροής ενέργειας/θερμότητας;
- ποια είναι η πρακτική αξία τέτοιου είδους εφαρμογών σε ένα πειραματικό εργαστήριο στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας;
- σε ποιο βαθμό και με ποιο τρόπο θα μπορούσε να ενταχθεί η χρήση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία τόσο στην τριτοβάθμια/δευτεροβάθμια αλλά και στην ύστερη πρωτοβάθμια εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες;

Οι –γενικότεροι– ερευνητικοί στόχοι ήταν αντίστοιχα:

- η μελέτη της αναγκαιότητας και χρησιμότητας της θερμοκάμερας ως εργαλείο κατανόησης των φυσικών φαινομένων που αφορούν τη ροή ενέργειας/θερμότητας.
- η δυνατότητα ένταξης της χρήσης της ως εκπαιδευτικού εργαλείου στα βήματα της επιστημονικής εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (έναυσμα, υπόθεση, πειραματισμός, συμπεράσματα / πρότυπα).

Η Ιδέα

Στο πλαίσιο των παραπάνω γενικών ερευνητικών ερωτημάτων και στόχων, αποφασίσαμε τη σχεδίαση / διενέργεια μιας ερευνητικής διαδικασίας για τη δοκιμή της θερμοκάμερας ως μέσου οπτικοποίησης φυσικών φαινομένων σε πειράματα του εργαστηρίου φυσικών επιστημών, την ένταξή της στην επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση (Καλκάνης, 2007) κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και την αξιολόγηση της ως εκπαιδευτικού εργαλείου. Η συγκεκριμένη διαδικασία είχε ως αντικείμενο θεματικές των φυσικών επιστημών που αφορούσαν τη ροή ενέργειας/θερμότητας, και ειδικότερα τα αντίστοιχα πειράματα που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο φυσικών επιστημών.

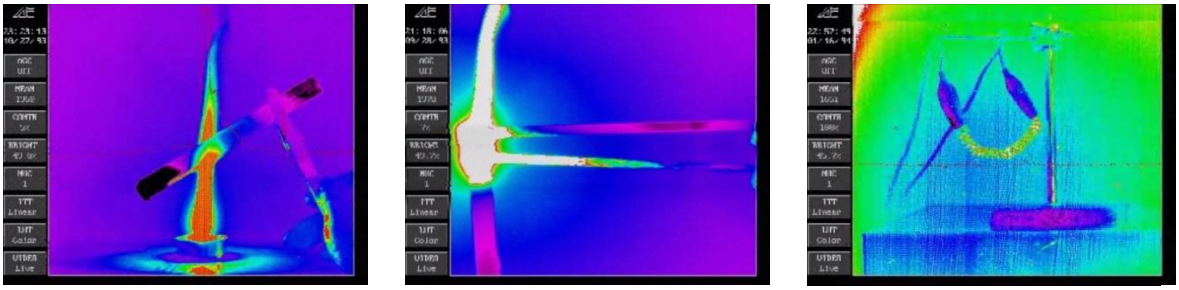
Η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε κατά την ερευνητική διαδικασία (ή ερευνητική μεθοδολογία) περιγράφεται στη συνέχεια.

Η Εφαρμογή

Η έρευνα ήταν ενδεικτική με κύριο στόχο την αξιολόγηση του εργαλείου από τους φοιτητές τόσο ως μέσο κατανόησης των φυσικών φαινομένων από τους μελλοντικούς και υφιστάμενους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας. Στόχος επίσης της έρευνας ήταν η σύνταξη από μέρους του συμμετεχόντων φύλλου εργασίας σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο, το οποίο θα περιελάμβανε τη χρήση της θερμοκάμερας, με επιλογή της θεματικής από τους ίδιους. Πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του

Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 39 φοιτητές (4 τριτοετείς προπτυχιακοί και 19 μεταπτυχιακοί του συγκεκριμένου τμήματος, 14 φοιτητές του Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ και 2 επιμορφούμενοι δάσκαλοι του Μαράσλειου Διδασκαλείου). Η επιλογή/αξιολόγηση του δείγματος των φοιτητών θεωρείται επιτυχής για τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της έρευνας σε μαθητές και φοιτητές γιατί όλοι είχαν ολοκληρώσει τον θεωρητικό και πρακτικό (πειραματικά εργαστήρια) κύκλο των αντίστοιχων σπουδών και είχαν τόσο τη δυνατότητα να παραγάγουν φύλλα εργασιών για την ύστερη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση με βάση το επιστημονικό μοντέλο όσο και να αξιολογήσουν το εκπαιδευτικό εργαλείο. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια:

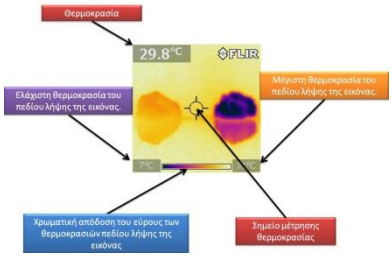
- 1ο Στάδιο - Βιντεοσκόπηση Πειραμάτων. Με βάση τις θεματικές που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα σπουδών του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών (Καλκάνης, 2010), Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, έγινε η εξής επιλογή πειραμάτων προς βιντεοσκόπηση τους με θερμοκάμερες (συνολικά 46 λήψεις με θερμοκάμερες Amber Radiance 1 και Flir SC325, που πραγματοποιήθηκαν στον Τομέα Αντοχής Υλικών, της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου): Θερμικά Αποτελέσματα του Ηλεκτρικού Ρεύματος, Ηλεκτρομαγνητικό Κουδούνι, Ηλεκτρομαγνητικοί Κινητήρες, Θέρμανση/Ψύξη των Σωμάτων, Θερμική Ισορροπία, Διάδοση Θερμότητας με Αγωγή, Θερμική Αγωγιμότητα των Μετάλλων και Νερού, Μεταφορά Θερμότητας με Ρεύματα στα Υγρά και τα Αέρια, Θερμικά Ρεύματα στα Υγρά και τα Αέρια, Διάδοση /Απορρόφηση/Ανάκλαση Θερμότητας με Ακτινοβολία, Θερμική Γραμμική/Κυβική Διαστολή και Συστολή των Στερεών, Θερμική Διαστολή και Συστολή των Υγρών και Αερίων, Ψύξη κατά την Εξάτμιση, Δυνάμεις Τριβής μεταξύ Στερεών Σωμάτων.



Εικόνα 1: Στιγμιότυπα από τη λήψη βίντεο των επιλεγμένων πειραμάτων του εργαστηρίου

- **2ο Στάδιο** - Εξοπλισμός του Εργαστηρίου με Θερμοκάμερα. Το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος εξοπλίστηκε με θερμοκάμερα Flir i5. Η θερμοκάμερα αυτή έχει τη δυνατότητα λήψης φωτογραφιών υψηλής ευκρίνειας. Διαθέτει ενσωματωμένη οθόνη, μέσω της οποίας ο χειριστής έχει τη δυνατότητα εκτός από τη λήψη φωτογραφιών, να βλέπει άμεσα το περιβάλλον λήψης και την εξέλιξη των φαινομένων. Η συγκεκριμένη θερμοκάμερα δεν έχει τη δυνατότητα λήψης βίντεο.

Εικόνα 2: Θερμοκάμερα Flir i5



Εικόνα 3: Οθόνη Θερμοκάμερας Flir i5

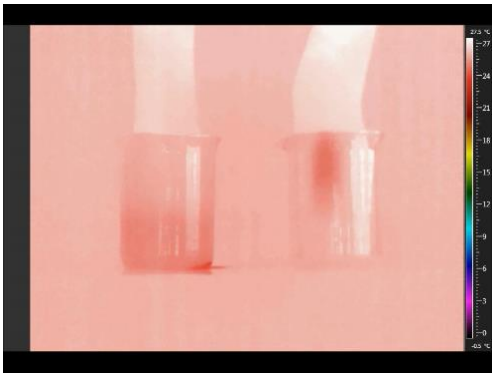
- 3ο Στάδιο - Διεξαγωγή της έρευνας. Η διεξαγωγή της έρευνας πραγματοποιήθηκε με βάση το επιστημονικό μοντέλο (Καλκάνης, 2007), ζητήθηκε από τους φοιτητές η δημιουργία φύλλου εργασίας και η αξιολόγηση του εργαλείου. Αρχικά έγινε εισήγηση με στόχο την παροχή πληροφοριών για τη φύση της υπερέρυθρης ακτινοβολίας, τη θερμοκάμερα ως συσκευή τις δυνατότητές και τις εφαρμογές της, τις θεματικές και τα πειράματα που βιντεοσκοπήθηκαν και το επιστημονικό μοντέλο. Τα πειράματα που επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικά προς προβολή ήταν: Μετάδοση θερμότητας με αγωγή, Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, Μετάδοση θερμότητας με ρεύματα, Θερμική Αγωγιμότητα νερού, Διαστολή αερίων και υγρών, Γραμμική και Κυβική Διαστολή, Εξάτμιση, Θερμικά αποτελέσματα Ηλεκτρικού ρεύματος, λειτουργίας Κινητήρα και Κουδουνιού, Θερμικά Αποτελέσματα Τριβής. Η εφαρμογή των βημάτων της επιστημονικής διαδικασίας με διερεύνηση στην ίδια την ερευνητική διαδικασία, έγινε ως εξής:

- Ένανσμα ενδιαφέροντος. Δόθηκε η θερμοκάμερα στους φοιτητές και τους ζητήθηκε να παρατηρήσουν και να συγκρίνουν τα θερμικά αποτυπώματα του χώρου του εργαστηρίου σε σχέση με αυτό που έβλεπαν. Ακολούθησε η λήψη φωτογραφιών του χώρου. Προκειμένου να κατανοήσουν τόσο τις δυνατότητες του εργαλείου όσο και την έννοια του θερμικού αποτυπώματος, έγινε λήψη θερμοκρασίας και φωτογραφιών της επιφάνειας ενός γραφείου από μελαμίνη, ενός χεριού και του θερμικού αποτυπώματος του χεριού πάνω στην επιφάνεια του γραφείου μετά την απομάκρυνσή του.

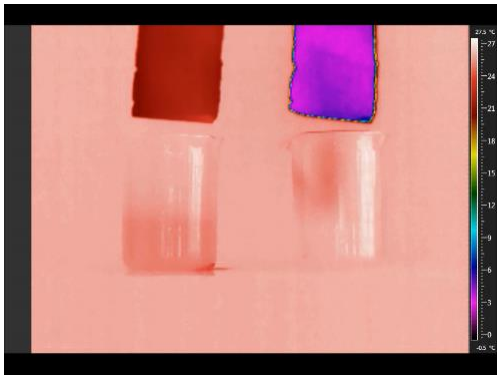
- Διατύπωση Υποθέσεων. Με εισήγηση/παρουσίαση, έγινε προσπάθεια οι φοιτητές (προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί) και οι δάσκαλοι να κατανοήσουν τις ιδιότητες και τη χρήση της θερμοκάμερας. Η παρουσίαση αφορούσε την αποσαφήνιση των όρων ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, υπερέρυθρη ακτινοβολία, θερμογραφία, θερμοκάμερα, επιστημονικό μοντέλο ως εκπαιδευτική διαδικασία στις Φυσικές Επιστήμες. Επίσης παρουσιάστηκαν και οι λήψεις των επιλεγμένων πειραμάτων του Εργαστηρίου.

- **Πειραματισμός**. Έγιναν δύο διαφορετικά πειράματα, με συμμετοχή των ίδιων των φοιτητών. Το 1ο πείραμα αφορούσε στην εξάτμιση δύο υγρών νερού και βενζίνης και τις διαφορές θερμοκρασίας κατά τη μετατροπή τους από υγρό σε αέριο σε σχέση με το χρόνο. Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν 2 δοχεία ζέσεως, 2 λωρίδες φωτοτυπικού χαρτιού, 50 ml βενζίνη και 50 ml νερό. Πριν από την όλη διαδικασία έγιναν θερμομετρήσεις μέσω της θερμοκάμερας όλων των υλικών (δοχεία ζέσεως, υγρά, χαρτί), έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί ότι όλα είχαν περίπου την ίδια θερμοκρασία δωματίου(+/- 0,5 °C).

Αμέσως μετά βυθίσαμε το φωτοτυπικό χαρτί σε κάθε δοχείο για 5 δευτερόλεπτα και τα αποσύραμε και παρατηρήσαμε τις διαφορές θερμοκρασίας των δύο χαρτιών, σε χρόνο 20 δευτερολέπτων. Την όλη διαδικασία την παρακολουθούσαν οι φοιτητές/δάσκαλοι μέσα από την οθόνη της θερμοκάμερας.



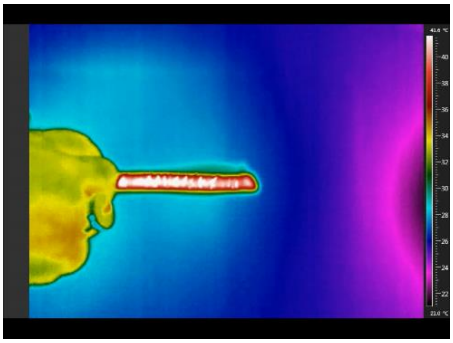
Εικόνα 4: Πριν τον εμποτισμό



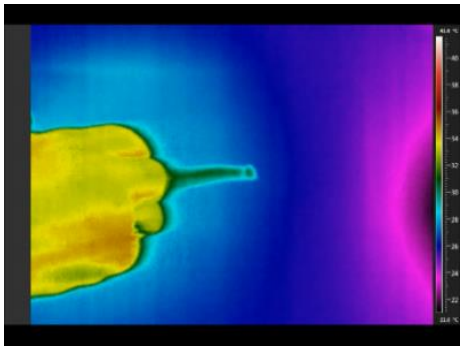
Εικόνα 5: Μετά τον εμποτισμό

1ο Πείραμα -Εξάτμιση νερού και βενζίνης

Το 2ο Πείραμα αφορούσε στις θερμικές επιπτώσεις της τριβής και την εξάρτησή της από το υλικό. Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκαν μια επιφάνεια από μελαμίνη, γόμα, σαπούνι υγρού πιάτων. Αφού έγινε η θερμομέτρηση μέσω της θερμοκάμερας για να διαπιστώσουμε ότι όλα τα υλικά βρίσκονται περίπου στην ίδια θερμοκρασία δωματίου (+/- 0,5 °C), τρίψαμε τη γόμα 10 φορές σε ευθεία γραμμή κατευθείαν στην επιφάνεια. Επαναλάβαμε το ίδιο (αφού τα υλικά είχαν επανέλθει στη θερμοκρασία δωματίου), αλλά αυτή τη φορά με τη επάλειψη της επιφάνειας με μικρή ποσότητα υγρού σαπουνιού. Την όλη διαδικασία την παρακολουθούσαν οι φοιτητές/δάσκαλοι μέσα από την οθόνη της θερμοκάμερας.



Εικόνα 6: Τριβή απευθείας στην επιφάνεια



Εικόνα 7: Τριβή αφού έχει απλωθεί σαπούνι

2ο Πείραμα Τριβή -Εξάρτηση από υλικό

Με την ολοκλήρωση και των δύο πειραμάτων έγινε προφορική διατύπωση των παρατηρήσεων και σχολιασμός τους. Ακολούθησε συζήτηση με σχόλια και παρατηρήσεις για την ίδια τη χρήση της θερμοκάμερας στα πειράματα.

- Διατύπωση Θεωρίας. Αφού συζητήσαμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων και καταλήξαμε στα ανάλογα συμπεράσματα, ζητήθηκε από τους φοιτητές να δημιουργήσουν ένα φύλλο εργασίας για την ύστερη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση κατά περίπτωση, στο οποίο θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί η θερμοκάμερα σε οποιοδήποτε στάδιο του επιστημονικού μοντέλου έκριναν. Η επιλογή της θεματικής και του πειράματος ήταν ελεύθερη και προς τούτο τους δόθηκε πλήρης κατάλογος των πειραμάτων του εργαστηρίου αλλά και ηλεκτρονική πρόσβαση στα βιβλία των Φυσικών επιστημών. (ΟΕΔΒ, 2010)

- Γενίκευση. Δόθηκε στους ερωτηθέντες Φύλλο Αξιολόγησης, όπου ζητήθηκε να απαντήσουν σε 9 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

Η Αξιολόγηση

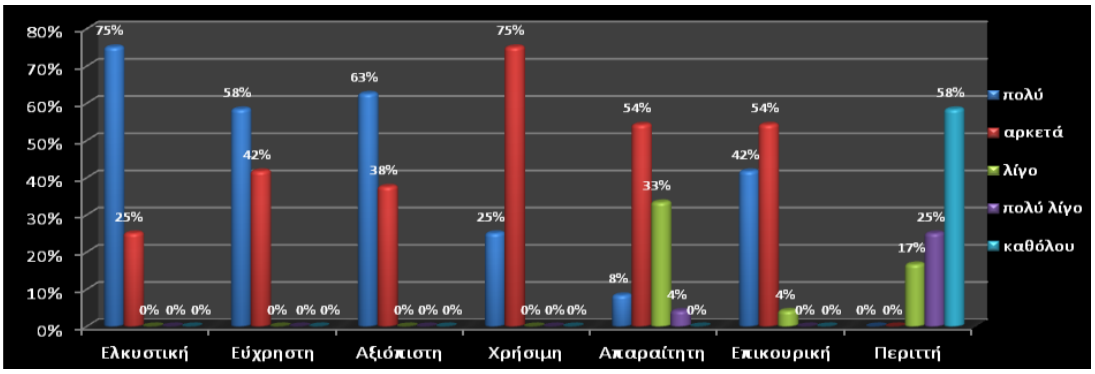
Όπως ήδη αναφέρθηκε η έρευνα είχε δύο βασικούς άξονες, ο πρώτος αφορούσε τη χρήση και ένταξη της θερμοκάμερας ως εκπαιδευτικού εργαλείου και ο δεύτερος την αξιολόγησή της. Ενδεικτικά με βάση τις απαντήσεις που δόθηκαν από τους ερωτηθέντες, υπήρξαν τα παρακάτω αποτελέσματα: Οι ερωτηθέντες ενέταξαν τη χρήση της θερμοκάμερας ή βίντεο/φωτογραφίες από θερμοκάμερα σε ποσοστό 100% στον στάδιο του πειραματισμού, 50% στο έναυσμα και 30% στη γενίκευση. Οι ενότητες και τα πειράματα τα οποία επέλεξαν να εντάξουν τη χρήση του εργαλείου ήταν:

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ /ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ Θερμικά και Φωτεινά Αποτελέσματα του Ηλεκτρικού **ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ – ΟΠΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ**	5

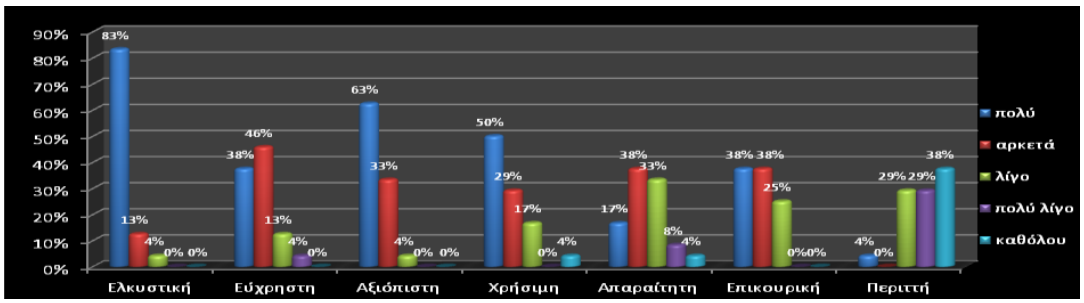
Ευθύγραμμη Διάδοση του Φωτός	1
ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	
Διάδοση Θερμότητας με Αγωγή	5
Θερμική Αγωγιμότητα των Μετάλλων	3
Θερμική Αγωγιμότητα του Νερού	2
Θερμική Αγωγιμότητα του Αέρα	1
Διάδοση – Απορρόφηση – Ανάκλαση Θερμότητας με	2
Θερμικά Ρεύματα στα Υγρά	2
Θέρμανση / Ψύξη των Σωμάτων – Θερμική Ισορροπία	2
Θερμικά Ρεύματα στα Αέρια – Μεταφορά Θερμότητας με	1
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	
Θερμομόνωση Υλικών	1
Θερμική Γραμμική Διαστολή και Συστολή των Στερεών	1
Θερμική Διαστολή και Συστολή των Υγρών	2
Θερμική Διαστολή και Συστολή των Αερίων	1
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	
Τήξη Στερεών σε Υγρά	2
Εξαέρωση Υγρών με Βρασμό	4
Εξαέρωση Υγρών με Εξάτμιση	1
Εξαέρωση Υγρών με Βρασμό	1
ΕΚΤΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	
Θερμικά αποτελέσματα ηλιακού φωτός	1
Συσχετισμός θερμικών και ηλεκτρικών ιδιοτήτων της ύλης	1
Ελεύθερη Πτώση	1
Μηχανικές Ταλαντώσεις	1

Όσον αφορά την αξιολόγησή της ως εκπαιδευτικού εργαλείου, ενδεικτικά υπήρξαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

Η Θερμοκάμερα ως εργαλείο κατανόησης Φυσικών Φαινομένων σε Πειράματα του Εργαστηρίου

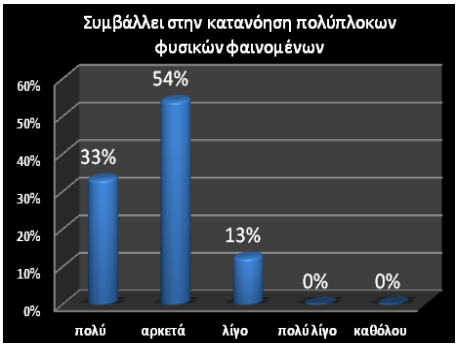


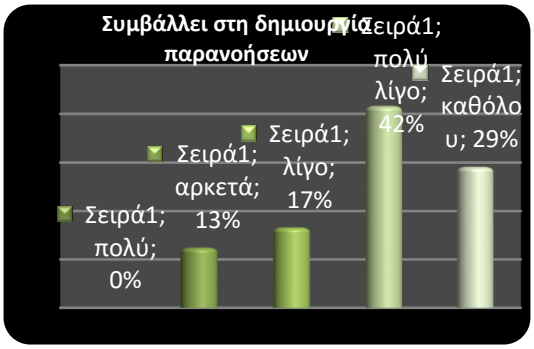
Η θερμοκάμερα ως εργαλείο κατανόησης φαινομένων ροής θερμότητας στην Α/θμια & Β/θμια Εκπ/ση

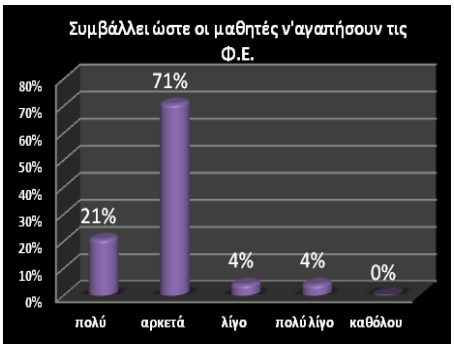


Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα η θερμοκάμερα ως εργαλείο κατανόησης Φυσικών Φαινομένων σε Πειράματα του Εργαστηρίου, θεωρείται πολύ ελκυστική (75%), εύχρηστη (58%), αξιόπιστη (63%) και χρήσιμη (50%). Αρκετά απαραίτητη (38%). Επικουρική πολύ (38%) και αρκετά (38%). Ενώ το 58% θεώρησε ότι δεν είναι καθόλου περιττή.

Ως εργαλείο κατανόησης φαινομένων ροής θερμότητας στην Α/θμια & Β/θμια Εκπ/ση, θεωρείται πολύ ελκυστική (83%), αξιόπιστη (63%) και χρήσιμη (50%). Αρκετά εύχρηστη (46%) και απαραίτητη (38%). Ενώ το 38% θεώρησε ότι δεν είναι καθόλου περιττή.







Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα το 54% των ερωτηθέντων θεώρησε ότι η θερμοκάμερα συμβάλλει αρκετά στην κατανόηση πολύπλοκων φυσικών φαινομένων, το 42% ότι συμβάλλει πολύ λίγο στη δημιουργία παρανοήσεων, ενώ το 71% θεώρησε ότι βοηθάει αρκετά ώστε οι μαθητές να αγαπήσουν τις φυσικές επιστήμες. Τέλος το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (83%) θεώρησε ότι η θερμοκάμερα, με βάση το επιστημονικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερο στο στάδιο του πειραματισμού.

Συμπεράσματα -Προτάσεις

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η θερμοκάμερα είναι σε κάθε περίπτωση ένα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση φυσικών φαινομένων, κυρίως μέσω πειραμάτων. Μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων θεώρησε απαραίτητη τη ένταξή στις πειραματικές ασκήσεις και έκρινε ότι η χρήση της είναι απλή και εύκολη. Οι ερωτηθέντες απάντησαν σε μεγάλο ποσοστό ότι η θερμοκάμερα ή και εικόνες/βίντεο αυτής, θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε μαθητές της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης. Δεν θεώρησαν όμως την ένταξή της απαραίτητη. Μπόρεσαν και ενσωμάτωσαν με μεγάλη ευκολία το εργαλείο στην εκπόνηση των φύλλων εργασίας με βάση το επιστημονικό μοντέλο, σε θεματικές που είχαν να κάνουν περισσότερο όπου η ροή θερμότητας ήταν προφανής (μετάδοση θερμότητας με αγωγή, ρεύματα, θερμικά αποτελέσματα ηλεκτρικού ρεύματος) και λιγότερο σε φαινόμενα όπου η ροή θερμότητας δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή (τριβή). Όσον αφορά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με βάση το επιστημονικό μοντέλο, οι ερωτηθέντες θεώρησαν ότι η θερμοκάμερα θα ήταν πιο χρήσιμη στο στάδιο του πειραματισμού. Γενικότερα, η εισαγωγή της Θερμοκάμερας στο Εκπαιδευτικό Εργαστήριο

Φυσικών Επιστημών, παρέχει ένα δυνατό εργαλείο στον εκπαιδευόμενο και τον εκπαιδευτή, για την άμεση και ακριβή μέτρηση θερμοκρασιών, την κατανόηση των αρχών της ροής θερμότητα/ενέργειας, και εν γένει τη μελέτη των φυσικών φαινομένων. Η γενικότερη συμπεριφορά φοιτητών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, δείχνει ξεκάθαρα το ενδιαφέρον τους για το εργαλείο. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην έρευνα χειρίστηκαν χωρίς καμία δυσκολία τη θερμοκάμερα στον περιβάλλοντα χώρο και κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, αντιλαμβανόμενοι άμεσα το νόημα αυτών που έβλεπαν στην οθόνη. Συμπερασματικά η χρήση της θερμοκάμερας βοηθά στην άμεση ποσοτική/ποιοτική αξιολόγηση και κατανόηση των φυσικών φαινόμενων μιας και αποτελεί ένα προσιτό και φθηνό εργαλείο στο εκπαιδευτικό εργαστήριο και διευκολύνει σε πρακτικό επίπεδο τις διαδικασίες των πειραμάτων με την άμεση οπτικοποίησή τους, αλλά και τις μετρήσεις θερμοκρασιών. Η υπερέρυθρη θερμογραφία στα χέρια του εκπαιδευόμενου θα μπορούσε να είναι ένα πρακτικό ερευνητικό εργαλείο στην οπτικοποίηση φαινομένων, το οποίο παρέχει γρήγορη αξιολόγηση με την παρουσίαση πολύ ευδιάκριτων εικόνων.

Βιβλιογραφία

Καλκάνης, Γ.Θ. (2007), Πρωτοβάθμια εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα, Αθήνα

Καλκάνης, Γ. Θ., (2010) ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών, ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι Εφαρμογές τους, Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες, Αθήνα

Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, (2006) ΦΥΣΙΚΑ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ - Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Ε' και ΣΤ' Δημοτικού, βιβλίο για το μαθητή, τετράδιο εργασιών, βιβλίο για το δάσκαλο, Αθήνα

Zollman Dean, (1994) Preparing future science teachers: the physics component of a new programme, Phys. Educ. Vol. 29. P.271

Cabello R., Navarro-Esbriâ J., Llopis R., (2006) Infrared Thermography as a Useful Tool to Improve Learning in Heat Transfer Related Subjects, Int. J. Engng Ed. Vol. 22, No. 2, pp. 373±380, 2006, TEMPUS Publications

Marcia Linn, (2003) Technology and science education: Starting points, research programs, and trends, International Journal of Science Education, Vol. 25, No 6., pp. 727-758

http://micro-kosmos.uoa.gr

Η τρίτη Διάσταση σε 3D Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις Πραγματικού Χρόνου για την (διαδικτυακή και επιτόπια) Εκπαίδευση – Προτάσεις και Εφαρμογές

Παναγιώτης Τσάκωνας, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
ptsakon@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, έχουν ωριμάσει οι τεχνολογίες δημιουργίας γραφικών πραγματικού χρόνου σε τρεις διαστάσεις, επιτρέποντας τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού κατάλληλου για την προσομοίωση / οπτικοποίηση φαινομένων των Φυσικών Επιστημών, η μελέτη των οποίων διευκολύνεται σε μέγιστο βαθμό από την επί πλέον διάσταση. Ανάλογη εξέλιξη (και διάδοση) παρουσιάζει και το υλικό (hardware), με έμφαση στις κάρτες γραφικών, το κόστος κτήσης του οποίου έχει πάψει πλέον να είναι απαγορευτικό για το σχολείο, τον εκπαιδευτικό, το μαθητή. Η εργασία αυτή επιχειρεί να συνοψίσει τις διαθέσιμες δυνατότητες των γλωσσών προγραμματισμού που εμπλουτίζονται από βιβλιοθήκες ρουτινών γραφικών όπως η OpenGL και η DirectX, για τη δημιουργία λογισμικού εκτελέσιμου τόσο σε τοπικό όσο και σε διαδικτυακό επίπεδο. Παρουσιάζονται βασικές εκδόσεις λειτουργικά ολοκληρωμένων προτάσεων και προτείνονται πρόσθετες τεχνικές εκμετάλλευσης και προτάσεις διδακτικών προσεγγίσεων.

Abstract

In recent years, the technology used to generate 3D images in real time has reached a stage of evolution appropriate for the purposes of creating educational software suitable for simulating / visualizing physical phenomena, the study of which is largely facilitated by the extra dimension. Respectively, the hardware needed to run such software, mainly graphics cards, has become affordable for schools, teachers and students. In this paper, the capabilities of programming languages (enriched by graphics libraries such as OpenGl and DirectX) available for software executed either locally or over the internet are summarized. Minimal versions of existing fully-operational software titles are presented and additional techniques as well as teaching approaches are proposed.

Το Ιστορικό

Το 1992 η εταιρεία Silicon Graphics παρουσίασε στην αγορά το πακέτο OpenGL (Open Graphics Library) που συνιστά μια Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (Application Programming Interface – API) για την παραγωγή γραφικών σε δύο και τρεις διαστάσεις. Αν και το αντίστοιχο θεωρητικό υπόβαθρο προϋπήρχε (κυρίως με τη μορφή μαθηματικών μοντέλων βασισμένων στην Άλγεβρα Πινάκων), η καινοτομία του προϊόντος ήταν οι βελτιστοποιημένοι αλγόριθμοι, τόσο σε υπολογιστικό επίπεδο (πολλαπλασιασμός πινάκων), όσο και στην απεικόνιση με χαρακτηριστικά αυξημένης ποιότητας (χρήση τεχνικής double buffering, επιτάχυνση γραφικών σε επίπεδο hardware κ.λπ.).

Δύο χρόνια αργότερα, η Microsoft παρουσίασε το δικό της προϊόν, με τη μορφή του API που ονομάστηκε DirectX και ενσωμάτωνε δυνατότητες παραγωγής multimedia περιεχομένου για τη νέα γενιά λειτουργικών συστημάτων που ξεκίνησε με τα Windows 95. Το DirectX συνιστούσε την μετεξέλιξη του WinG (που λειτουργούσε σε περιβάλλον Windows 3.x) και αποτέλεσε ικανό κίνητρο για τους κατασκευαστές παιχνιδιών να εγκαταλείψουν το MS-DOS ως βάση ανάπτυξης του λογισμικού τους και να στραφούν στα Windows, αφού τους έδινε την ίδια ελευθερία (και ταχύτητα!) διαχείρισης του hardware.

Διάφορες εναλλακτικές προτάσεις εμφανίστηκαν στην αγορά, με τη μορφή των SDL, Allegro, OpenMAX, OpenML, OpenAL, OpenCL, FMOD, αλλά η κυριαρχία των OpenGL και DirectX δεν αμφισβητήθηκε.

Παράλληλα με τα παιχνίδια, εμφανίστηκαν προτάσεις λογισμικού για PC, που επέτρεπαν στο χρήστη να δημιουργήσει εικόνες τριών διαστάσεων, είτε στατικές είτε κινούμενες. Σε μια εποχή (αρχές δεκαετίας '90) όπου οι όροι PC και multimedia δεν ταίριαζαν στην ίδια πρόταση, πακέτα όπως το AutoCAD και το 3DStudio, άρχισαν να γεφυρώνουν το χάσμα. Το 3D Studio, εφοδιασμένο με Πρόσθετα (plug-ins) που επέτρεπαν τον "προγραμματισμό" της κίνησης (διέθετε 4 διαφορετικά plug-ins για την εφαρμογή Αντίστροφης Κινηματικής – Inverse Kinematics) και μια "γλώσσα προγραμματισμού" (με τη μορφή της scripting language MAXScript), σύντομα έγινε το πρότυπο για τη δημιουργία animation σε δύο και τρεις διαστάσεις.

Παρόμοια εξέλιξη σημειώθηκε και στις γλώσσες προγραμματισμού (C++, Delphi, Visual BASIC, Java), οι οποίες, σε περιβάλλον Windows πλέον, απέκτησαν επαρκώς ανοικτή αρχιτεκτονική ώστε στο βασικό ρεπερτόριο των εντολών τους να επιτρέπουν την ενσωμάτωση των API's τρίτων κατασκευαστών, είτε με τη μορφή στοιχείων ActiveX είτε με αναφορά σε αρχεία DLL.

Το επόμενο βήμα ήταν, προφανώς, η προσθήκη αντίστοιχων δυνατοτήτων σε ιστοσελίδες, είτε σε applets γραμμένων σε Java, είτε μέσω της επέκτασης HTML 5.0. Η εμπορική διαμάχη μεταξύ των φυλλομετρητών, επεκτάθηκε και στον τομέα αυτό με την εισαγωγή επεκτάσεων στην JavaScript μέσω πακέτων όπως τα VRML, WebGL, JOGL κ.λπ.

Κατά τα φαινόμενα, η δημιουργία παιχνιδιών θα συνεχίσει να αποτελεί το βασικό κίνητρο για την εξέλιξη της τρισδιάστατης απεικόνισης. Έτσι, διάφορες πλατφόρμες / περιβάλλοντα ανάπτυξης όπως το **Unity3D**, το **Adobe Shockwave** και άλλα, τα οποία απευθύνονται σε δημιουργούς παιχνιδιών, κυκλοφορούν και εξελίσσονται.

Στο περιβάλλον του Διαδικτύου, η πληθώρα και η ποικιλία των διαθέσιμων τεχνολογιών, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι δεν γίνονται όλες αποδεκτές από όλους τους κατασκευαστές και δεν υποστηρίζονται στην ολότητά τους, συσκοτίζει αρκετά το τοπίο και καθιστά αρκετά δύσκολη την επιλογή μιας πλατφόρμας εργασίας που αφ΄ ενός να συγκεντρώνει όλα τα επιθυμητά τεχνικά χαρακτηριστικά και αφ΄ ετέρου να μπορεί να εκτελεστεί απρόσκοπτα σε οποιοδήποτε υπολογιστή. Κατά τα φαινόμενα, μια τέτοια επιλογή συνεπάγεται τον περιορισμό στη χρήση συγκεκριμένου υποσυνόλου φυλλομετρητών με χαρακτηριστικό παράδειγμα φυλλομετρητή μη υποστηρίζοντος την τεχνολογία αυτή τον Internet Explorer!

Σε κάθε περίπτωση ο επίδοξος δημιουργός αναλαμβάνει το ρίσκο της επιλογής του και διατρέχει πάντα τον κίνδυνο οι δημιουργίες του να μην εκτελούνται οπουδήποτε, είτε τώρα είτε στο μέλλον. Επίσης πρέπει να λάβει υπόψη του ότι το περιβάλλον εκτέλεσης δεν (θα πρέπει να) περιορίζεται σε παραδοσιακά (επιτραπέζια ή φορητά) υπολογιστικά συστήματα. Μπορεί να επεκτείνεται ακόμη και σε κινητά τηλέφωνα τελευταίας τεχνολογίας, τα οποία φυσικά περιορίζουν τις δυνατότητες θέασης, αλλά αποτελούν ιδανικό μέσο διάδοσης του υλικού και χρήση από τους μαθητές και όχι μόνο.

Η Πρόταση

Από το 2008 στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών έχει καταβληθεί μια συστηματική προσπάθεια για την παραγωγή και (κυρίως) την προτυποποίηση των χαρακτηριστικών που (πιστεύουμε ότι) οφείλει να έχει τέτοιου τύπου λογισμικό:

Πλήρως λειτουργική διεπαφή για την "εξερεύνηση" της τρισδιάστατης απεικόνισης (περιστροφή, μεγέθυνση, σμίκρυνση, προσθαφαίρεση στοιχείων της οπτικοποίησης, μαζί με δυνατότητα αποθήκευσης / ανάκλησης των συνδυασμών τους για γρήγορη επαναφορά σε διδακτικά χρήσιμες προβολές). Επιπρόσθετα, δυνατότητα επιλεγμένων μεταβάσεων από δύο σε τρεις διαστάσεις και αντίστροφα.

Πλήρης χρωματική παραμετροποίηση, ώστε να επιτρέπεται η ξεκάθαρη θέαση τόσο στην οθόνη του υπολογιστή, όσο και σε προβολή για μεγάλο ακροατήριο, με ανάδειξη των λεπτομερειών μέσω των χρωματικών αντιθέσεων, και δυνατότητα αποθήκευσης / ανάκλησης χρωματικών συνδυασμών που αποδεικνύονται επιτυχείς μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία.

Ποικιλία μεθόδων οπτικοποίησης (σημεία, καμπύλες, επιφάνειες), ώστε να διευκολύνεται, εκ μέρους του εκπαιδευόμενου, η κλιμακωτή πρόσληψη της παρουσιαζόμενης πληροφορίας. Επιλογή της πυκνότητας σχεδίασης (πλήθος σημείων ανά άξονα).

Χρήση διαβάθμισης χρώματος κατά τρόπο που να αναδεικνύει ποιοτικά τις μεταβαλλόμενες τιμές του προσομοιούμενου φυσικού μεγέθους.

Εμφάνιση και έλεγχος των τιμών των φυσικών παραμέτρων (στις εφαρμογές όπου έχει έννοια μια τέτοια δυνατότητα) ώστε να επιτρέπεται η προσομοίωση του φυσικού φαινομένου.

Έλεγχος του ρυθμού εξέλιξης της προσομοίωσης με επιπρόσθετη τη δυνατότητα αντιστροφής του χρόνου.

Καταγραφή χρονικών "σημείων ενδιαφέροντος" και δυνατότητα αυτόματης ή χειροκίνητης αναπαραγωγής τους, προκειμένου να εστιάσει ο εκπαιδευόμενος σε επιλεγμένες λεπτομέρειες της προσομοίωσης / οπτικοποίησης.

Δυνατότητα επικόλλησης σε άλλες εφαρμογές ή/και αποθήκευσης των παραγόμενων εικόνων.

Δυνατότητα ανοίγματος πολλαπλών παραθύρων για τη συγκριτική προσομοίωση φυσικών φαινομένων.

Δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο (για την έκδοση της εφαρμογής που εκτελείται τοπικά) μέσω ενσωματωμένου φυλλομετρητή και αποθήκευσης των Δεσμών που ο χρήστης κρίνει χρήσιμες για μελλοντική αναφορά.

Δυνατότητα επιλογής της χρησιμοποιούμενης γλώσσας στη διεπαφή της εφαρμογής, ώστε να είναι κατάλληλη για εκτέλεση οπουδήποτε. Στην τοπικά εκτελούμενη έκδοση της εφαρμογής, συνοδευτικό εργαλείο (utility) για τη μετάφραση της γλώσσας της διεπαφής χωρίς επέμβαση στον πηγαίο κώδικα.

Ενσωμάτωση διαδικασίας γραπτής εξέτασης του εκπαιδευόμενου με ερωτήσεις κλειστού τύπου όλων των παραλλαγών (συμπλήρωσης κενού, αντιστοίχισης, σωστού – λάθους, πολλαπλής επιλογής, κ.λπ.) επιλεγόμενων από ενσωματωμένη Βάση Δεδομένων, με προαιρετικά χαρακτηριστικά: χρονικό περιορισμό (ανά ερώτηση ή ανά δοκιμασία), διαβάθμιση δυσκολίας των ερωτήσεων, εμφάνιση βαθμολογίας, παροχή συμβουλών μελέτης μετά το πέρας της δοκιμασίας, παράθεση συγκριτικής επίδοσης (Σειρά Επιτυχίας - Percentile) ενός εκπαιδευόμενου είτε με προηγούμενες προσπάθειές του, είτε με άλλους εκπαιδευόμενους, βαθμολόγηση της Αξιοπιστίας (Validity) των ερωτήσεων που περιέχονται στη Βάση με σκοπό τη μελλοντική βελτίωσή τους, κ.λπ.

Δυνατότητα παραγωγής έντυπων ερωτηματολογίων στα οποία περιλαμβάνονται (και) ερωτήσεις ανοικτού τύπου.

Συνοδευτικό λογισμικό για τη δημιουργία Βάσης Ερωτήσεων με όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά.

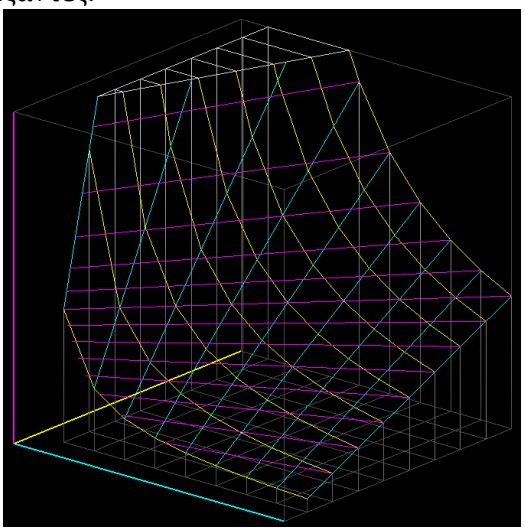
Προηγούμενες έρευνες σε τίτλους εκπαιδευτικού λογισμικού που έχουν δημιουργηθεί με οδηγό την προαναφερθείσα λίστα, αποδεικνύουν ότι τα χαρακτηριστικά αυτά δημιουργούν προστιθέμενη αξία, αφού καθιστούν το προϊόν αυτοτελές και ικανό να στηρίξει εξ ολοκλήρου μια εκπαιδευτική προσέγγιση είτε με τη μορφή επίδειξης, είτε σε επίπεδο αυτοδιδασκαλίας.

Η Εφαρμογή

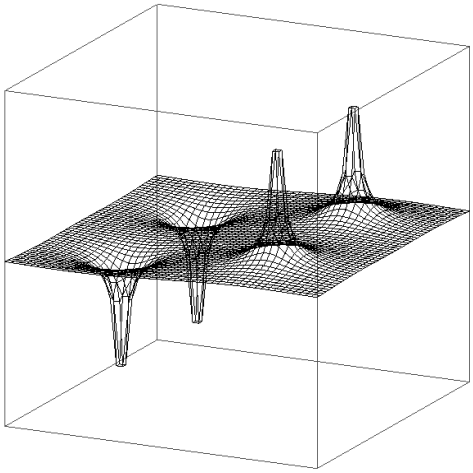
Επί του παρόντος έχουν δημιουργηθεί τίτλοι λογισμικού που αναφέρονται στην Ταλάντωση και τη Σύνθεσή τους, στα Κύματα και τη Συμβολή τους σε επίπεδο ελαστικό μέσο, στη λειτουργία Κυκλώματος Εναλλασσόμενου Ρεύματος που περιέχει συνδυασμούς στοιχείων R L και C, στο Περιστρεφόμενο Διάνυσμα και στο εξ αυτού παραγόμενο ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενο μέγεθος, στην Καταστατική Εξίσωση των Ιδανικών Αερίων, στις Αντιστρεπτές Μεταβολές που υφίσταται μια ποσότητα ιδανικού αερίου και τις προβολές τους σε άξονες P-V, V-T και P-T. Υπό ανάπτυξη βρίσκονται ένας τίτλος για ην αναπαράσταση του χωροχρόνου και την καμπύλωση που υφίσταται λόγω της παρουσίας μάζας, καθώς και ένας τίτλος για την αναπαράσταση των στοιχείων ενός ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργείται από σημειακά φορτία, με αναπαράσταση , των διανυσμάτων της Έντασης, των Δυναμικών Γραμμών, των

Ισοδυναμικών Επιφανειών με έμφαση στο μηχανικό ανάλογο της Διαφοράς Δυναμικού με την Υψομετρική Διαφορά σε Βαρυτικό πεδίο κ.λπ.

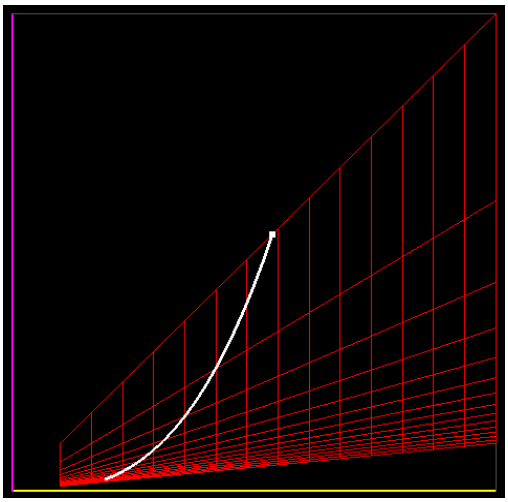
Μερικά στιγμιότυπα των τίτλων αυτών φαίνονται στη συνέχεια συνοδευόμενα από σύντομες επεξηγηματικές λεζάντες:



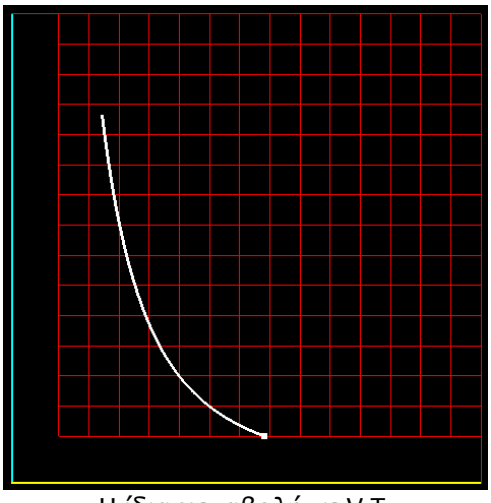
Σχεδίαση ισόχωρων, ισόθερμων και ισοβαρών καμπυλών.



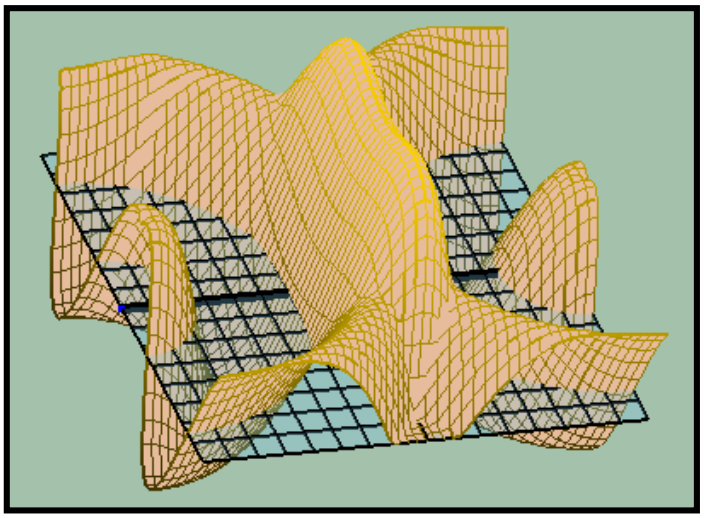
Κατανομή Δυναμικού στην περιοχή τεσσάρων σημειακών φορτίων (δύο θετικών και δύο αρνητικών.



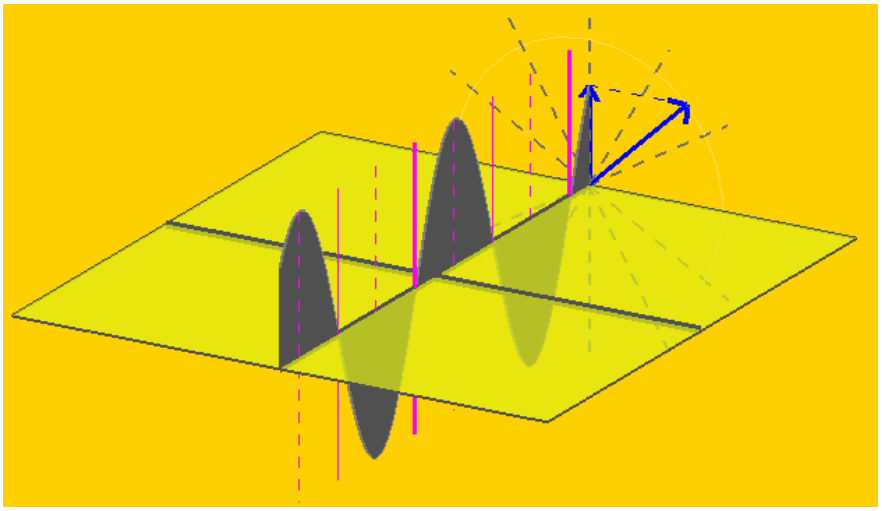
Αδιαβατική μεταβολή σε P-T.



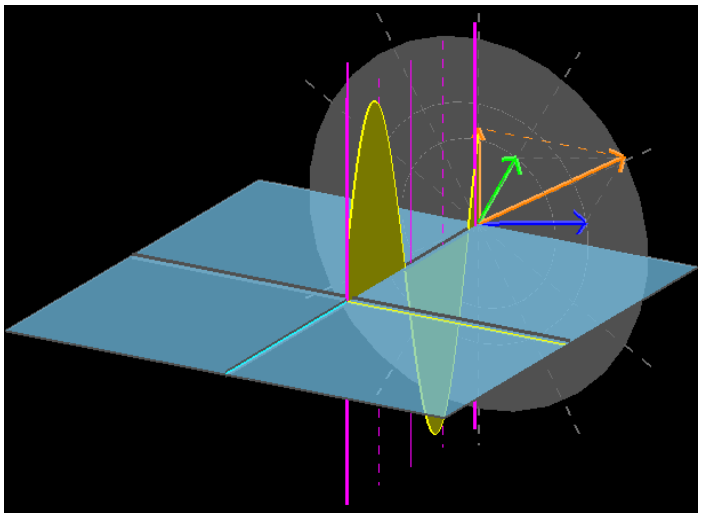
Η ίδια μεταβολή σε V-T.



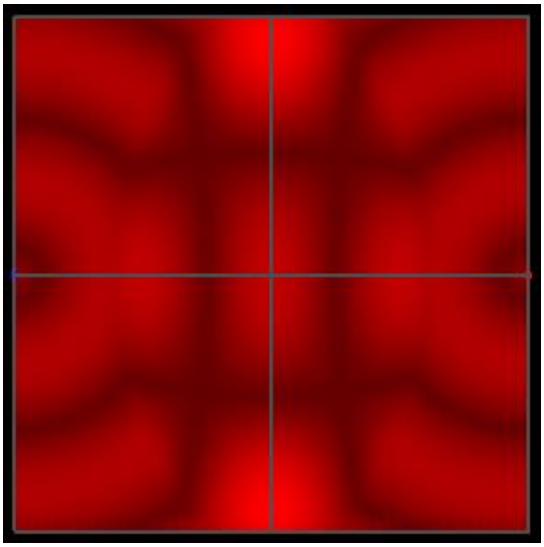
Έναρξη της Συμβολής Κυμάτων σε επίπεδο ελαστικό μέσο από δύο σύμφωνες πηγές.



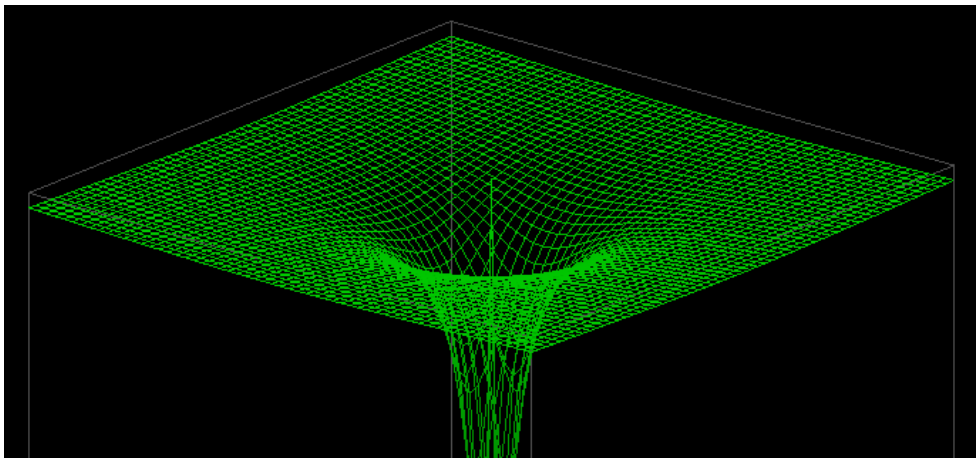
Περιστρεφόμενο διάνυσμα που παράγει μια ημιτονοειδή καμπύλη.



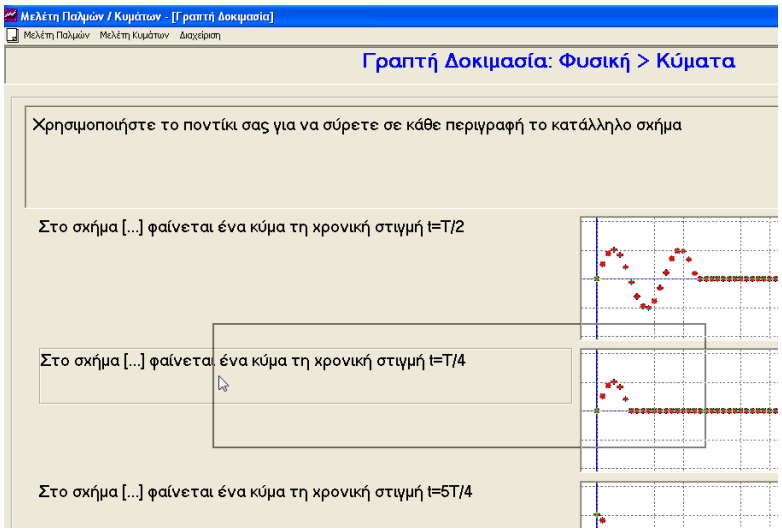
Σύνθεση ταλαντώσεων με διαφορά φάσης και ανόμοια πλάτη.



Κάτοψη Συμβολής κυμάτων: σταδιακή μετατροπή των μετώπων κύματος από ομόκεντρους κύκλους σε κροσσούς συμβολής.



Χωροχρονική παραμόρφωση λόγω της παρουσίας μάζας.



Γραπτή Δοκιμασία: Ερώτηση Πολλαπλής Επιλογής με προτεινόμενες απαντήσεις σε μορφή εικόνων που έχουν παραχθεί από το ίδιο το λογισμικό.

Τα Συμπεράσματα

Τα περισσότερα από τα προαναφερθέντα λογισμικά έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας μέσω ερωτηματολογίων που μοιράστηκαν σε μαθητές Λυκείου, φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών / μελλοντικούς δασκάλους και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Όπως προέκυψε, λογισμικό με τα χαρακτηριστικά αυτά συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση των θεματικών ενοτήτων που διαπραγματεύεται και μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εποπτικό μέσο διδασκαλίας που λειτουργεί συνδυαστικά με τα ήδη υπάρχοντα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ανεξάρτητα ακόμη και σε επίπεδο αυτοδιδασκαλίας.

Συνεπώς, θεωρούμε χρήσιμη τη συνέχιση της συζήτησης επί των διαθέσιμων τεχνολογιών και της χρήσης τους από ένα σώμα εκπαιδευτικών / προγραμματιστών, των οποίων η διαρκώς αυξανόμενη εμπειρία θα τους καθιστά ικανούς να αξιοποιούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς όχι μόνο τα ήδη υπάρχοντα χαρακτηριστικά και δυνατότητες της τρισδιάστατης φωτορεαλιστικής απεικόνισης, αλλά και όσα αναμένονται να προκύψουν μελλοντικά.

Η Βιβλιογραφία, οι Αναφορές

Τσάκωνας Π., Γκικοπούλου Ο., Καλκάνης Γ.Θ. (2011). "Προσομοιώσεις / Συσχετίσεις Μικροσκοπικών Ταλαντώσεων και Μακροσκοπικών Κυμάτων με ένα Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση". 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση", Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρούπολη, 15-18 Απριλίου

Ιμβριώτη Δ., Γκικοπούλου Ο. (2009). "Το εκπαιδευτικό πρότυπο του μικροΚόσμου και οι Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις του ερμηνεύουν και ενοποιούν τα φαινόμενα του ΜακροΚόσμου στο μάθημα των Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης", 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση "Οι Πολλαπλές Προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών", Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγική Σχολή, Φλώρινα, 7-10 Μαΐου

Καλκάνης Γ. Θ. κά., (2003). Λογισμικά «Ιπτάμενες Μηχανές» και «Επαναληπτικές Διαδικασίες», Εργαστήριο ΦΕΤΠ - Α.Ε.Ε.Ε., Πρόγραμμα "ΠΛΕΙΑΔΕΣ" / ΝΗΡΙΗΔΕΣ, ΕΑ.ΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας» 2003-2007, Μέτρο 1.2, Γ΄ΚΠΣ, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2007α). "Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα), Αθήνα

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007β). "ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. κά. (2007γ). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ … 1. τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία των Σωμάτων, 2. την Εξάτμιση, το Βρασμό και την Υγροποίηση των Σωμάτων, 3. την Τήξη και την Πήξη των Σωμάτων, 4. τις Δυνάμεις μεταξύ των Σωμάτων, 5. τις Ανανεώσιμες Αποθήκες Ενέργειας"» (βλ. http://www.edutv. ypepth.gr), Εργαστήριο ΦΕΤΠ Πανεπιστημίου Αθηνών, Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση / Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα

Dimopoulos, V., Kalkanis, G (2003) "An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations", *4th ESERA Conference, "Research and the quality of science education", The Netherlands, Noordwijkerhout, August 19-23*

Grigoriou V, Gikopoulou O., Papageorgiou K., Kalkanis G., (2010). "Prospective Physics Teachers Design and Develop a Normative Lesson utilizing Hands-on Applications of Digital Technologies - Preliminary Results", 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, Hsci2010, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Kalkanis, G. (1996). "The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes" (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: "New ways of teaching Physics", Ljubliana, Slovenia*

Kalkanis, G. (1997). "Realistic Systems / MicroKosmos, Stochastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and

learning real physical phenomena - an Appeal and Applications", *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece*

Kalkanis, G., Sarris, M., (1999) "An educational MONTE CARLO simulation / animation program for the cosmic rays muons and a prototype computer-driven hardware display", *Journal of computers in mathematics and science teaching* 18(1), 61-80

Kalkanis, G. (2001). "Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?" (invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus.*

Kalkanis, G. (2010). "A Hands-on "View" of microKosmos – Simulations / Visualizations for Science and Education", Invited Talk, Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). "A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs", 3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop", University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France.

http://micro-kosmos.uoa.gr
http://learningwebgl.com/blog/?page_id=1217
http://www.html5rocks.com/en/

Ένα πλήρες Διαδραστικό Περιβάλλον με Δυναμικές Προσομοιώσεις του μικροΚόσμου για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες

Κωνσταντίνος Ανδρ. Μιτζήθρας, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ. Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
kostasam3@hotmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Η εισαγωγή των διαδραστικών πινάκων στην εκπαίδευση γίνεται με ταχείς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια, ακόμη και στα σχολεία της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Οι εκπαιδευτικοί έχοντας στα χέρια τους ένα νέο εκπαιδευτικό «εργαλείο», καλούνται να το αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, ώστε αφενός να μεγιστοποιήσουν τα εκπαιδευτικά οφέλη και αφετέρου να προωθήσουν τον τεχνολογικό εγγραμματισμό στους μαθητές του Δημοτικού. Ένα πεδίο στο οποίο η χρήση του διαδραστικού πίνακα παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα εποπτικά/τεχνολογικά μέσα, είναι η διδασκαλία μέσα σε ένα διαδραστικό περιβάλλον που εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στην εκπαιδευτική διαδικασία και προσφέρει πολλές περισσότερες ευκαιρίες προσέγγισης/εμπέδωσης/εφαρμογής/γενίκευσης της γνώσης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια πρόταση χρήσης του διαδραστικού πίνακα για το Δημοτικό Σχολείο, προκειμένου να διδάξουμε κεφάλαια των Φυσικών Επιστημών. Η πρόταση περιλαμβάνει ένα πλήρες δυναμικό, διαδραστικό περιβάλλον με αναφορά στις δυναμικές προσομοιώσεις του μικρόκοσμου. Παράλληλα μέσα από την πρόταση μας εξετάζουμε μια σειρά δεικτών για το αν και κατά πόσο η διδασκαλία μέσα σε ένα διαδραστικό περιβάλλον βοηθά - και κατά πόσο- στην εμπέδωση των νέων γνώσεων από τους μαθητές.

Abstract

The introduction of interactive whiteboards in the education becomes rapidly in recent years, even to primary education. Teachers having in their hands a new educational "tool", are invited to use it with the best possible way, in order to maximize the educational benefits and promote the effective use of technology to primary school pupils. A field in which the use of interactive whiteboard presents great advantages compared with other supervisory/technological tools, is the one to teach in an interactive environment that actively involve students and also offers many more opportunities to approach /to consolidate /to implement and to extend the knowledge. In this work we present a proposal for use of the interactive whiteboard in order to teach Physics. The proposal includes a full dynamic, interactive environment with reference to dynamic simulations of the microcosmos. In parallel through the proposal we are looking at a series of indicators to whether the teaching within an interactive environment helps to consolidate the knowledge from the students and to what extent.

Εισαγωγή

Η είσοδος των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση έχει αλλάξει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο που προσεγγίζουν τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί την όλη διαδικασία. Νέες ιδέες, καινούρια εργαλεία, διαδραστικά περιβάλλοντα πλήρως ψηφιοποιημένα, εισήρθαν δυναμικά στο χώρο της εκπαίδευσης για να δώσουν μια σειρά από επιλογές, ώστε το μάθημα στη σχολική αίθουσα να γίνει πιο ζωντανό, πιο κατανοητό, περισσότερο προσιτό στους μαθητές. Παρόλαυτα σε παγκόσμιας κλίμακας έρευνα (2007) φάνηκε πως τα εργαλεία που χρησιμοποιεί περισσότερο ο δάσκαλος είναι κυρίως ο μαρκαδόρος/κιμωλία, το χαρτί και ο μαυροπίνακας (Lee and Winzenried 2009). Κάτι τέτοιο μπορεί να εξηγήσει και την επαναστατικότητα της χρήσης των διαδραστικών πινάκων, οι οποίοι αρχίζουν να χρησιμοποιούνται όλο και πιο πολύ στα σχολεία και τα τελευταία χρόνια και στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Όπως κάθε τεχνολογία έτσι και οι διαδραστικοί πίνακες δεν αποτελούν τίποτα περισσότερο από ένα εργαλείο στα χέρια εκπαιδευτικών και μαθητών, η ευκολία χρήσης των οποίων

(προσομοιάζοντας στον προσιτό μαυροπίνακα και την κιμωλία), ωθεί στη δημιουργία νέων εκπαιδευτικών/διδακτικών πρακτικών και προτάσεων προκειμένου να επιτευχθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι σκοποί και οι στόχοι της εκπαίδευσης, όπως αυτοί εκφράζονται μέσα από τα Αναλυτικά Προγράμματα των επιμέρους μαθημάτων (Betcher, Lee, 2009). Το τελευταίο οφείλουμε να το τονίσουμε ιδιαιτέρως καθώς, όπως και για κάθε νέο τεχνολογικό εκπαιδευτικό εργαλείο, υπάρχει μια τάση να παρουσιάζεται ως το υπέρτατο μέσο που θα λύσει μια σειρά από προβλήματα που αφορούν στην κατανόηση και αφομοίωση της γνώσης από τους μαθητές, αλλά και στην οργάνωση και παρουσίαση της από τους εκπαιδευτικούς.

Αν ανατρέξουμε στη διεθνή αλλά και στην ελληνική βιβλιογραφία θα βρούμε έρευνες που αναφέρουν ότι ο διαδραστικός πίνακας δεν μπορεί από μόνος του να βελτιώσει την εκπαιδευτική διαδικασία αν δε χρησιμοποιηθεί σωστά (Μιτζήθρας, Καλκάνης 2011). Και επιπλέον ίσως και να λειτουργήσει αρνητικά για έναν αριθμό μαθητών, καθώς ο εντυπωσιασμός που προκαλεί η αμεσότητα της χρήσης του μπορεί εύκολα να αποπροσανατολίσει τον μαθητή και να αποτελέσει στο μυαλό του ένα παιχνίδι και όχι το μέσο για να μάθει. (Wall, Higgins, Smith 2005).

Είναι λοιπόν πολύ σημαντικό η διδασκαλία μέσα από το διαδραστικό πίνακα να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε οι μαθητές να ωφεληθούν στην κατανόηση και εμπέδωση της γνώσης, στην άντληση πληροφοριών, στην εξοικείωση τους με τις τεχνολογίες, στην ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία, στην χρήση των γνώσεων που απέκτησαν για να ερμηνεύσουν καταστάσεις/φαινόμενα/συνθήκες της καθημερινής ζωής (Betcher, Lee, 2009).

Αυτός που πρέπει να συνθέσει τα παραπάνω, είναι ο εκπαιδευτικός. Με άξονα τα Αναλυτικά Προγράμματα και τα σχολικά εγχειρίδια, καλείται να δημιουργήσει ψηφιακά περιβάλλοντα που θα έχουν ως βάση τον μαθητή. Ο διαδραστικός πίνακας ως τεχνολογικό εργαλείο προσφέρει πολλές δυνατότητες για τη δημιουργία ενός δυναμικού ψηφιακού περιβάλλοντος, αλλά απαιτεί γνώσεις και χρόνο. Θα πρέπει να ξεκαθαριστεί πως η απλή και μόνο προβολή ενός λογισμικού για παράδειγμα μέσα από τον διαδραστικό πίνακα, δεν μπορεί να χαρακτηρισθεί από μόνη της ως ορθή χρήση του μέσου. Η σύνδεση με το σχολικό εγχειρίδιο, η χρήση κατάλληλων φύλλων εργασίας (ψηφιακών ή όχι), η προσεγμένη στοχοθεσία, αλλά και η αξιολόγηση της χρήσης του διαδραστικού πίνακα είναι απαραίτητα στοιχεία και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από τον εκπαιδευτικό κατά τη διαδικασία δημιουργίας ψηφιακών εκπαιδευτικών σεναρίων. Παράλληλα θα πρέπει να αξιοποιηθούν και οι δυνατότητες που προσφέρει ο διαδραστικός πίνακας. Η αμεσότητα πρόσβασης στην πληροφορία, η αλληλεπίδραση με τα ψηφιακά στοιχεία μια παρουσίασης, η ευκολία χρήσης από τους μαθητές, η δυνατότητα άμεσης παρέμβασης στα τεκταινόμενα της οθόνης, η διόρθωση σε πραγματικό χρόνο, είναι στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την σύνθεση εκπαιδευτικών σεναρίων σε διαδραστικό πίνακα καθώς επίσης και μια σειρά ψυχοκινητικών δεξιοτήτων που πρέπει να αναπτύξουν οι μαθητές ενεργώντας οι ίδιοι στο περιβάλλον του πίνακα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε ένα ολοκληρωμένο δυναμικό ψηφιακό περιβάλλον για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό σχολείο το οποίο έχει δημιουργηθεί, χρησιμοποιώντας τα πλεονεκτήματα του διαδραστικού πίνακα. Στόχος μας είναι να προτείνουμε μια διαδραστική εφαρμογή η οποία θα λειτουργεί συμπληρωματικά στο σχολικό εγχειρίδιο και θα αναδεικνύει τις δυνατότητες που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες στη διδασκαλία των ΦΕ. Παράλληλα ερευνούμε αν και κατά πόσο μια τέτοια εφαρμογή μπορεί να βελτιώσει την εκπαιδευτική διαδικασία και σε ποιους τομείς, καθώς και αν συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση της γνώσης από τους μαθητές.

Για την ανάπτυξη και εφαρμογή της πρότασής μας, λάβαμε υπόψη τις σύγχρονες αρχές σχεδιασμού εκπαιδευτικών εφαρμογών σε διαδραστικά περιβάλλοντα. Έτσι οι δραστηριότητες επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να ενθαρρύνεται η συνεργασία μεταξύ των μαθητών (Reed, 2001), να υποστηρίζεται επαρκώς η αλληλεπίδραση με το τεχνολογικό μέσο (Higgns, 2005), να συμβάλλουν στην επικέντρωση της προσοχής του μαθητή (Δημητρακάκης, Σοφός, 2010, να είναι ευέλικτες και προσαρμοσμένες στις ανάγκες των μαθητών (Bell, 2002).

Εικόνα 1: Παρουσίαση πρόσθετου υλικού –εικόνες, βίντεο- στο στάδιο του εναύσματος

Το πλαίσιο της έρευνας

Η πρόταση εφαρμόστηκε σε 24 μαθητές της Ε΄ τάξης και πραγματοποιήθηκε σε δημόσια Δημοτικά Σχολεία. Την ομάδα πειραματισμού (ομάδα 1) αποτέλεσαν 12 μαθητές της Ε΄ τάξης, χωρισμένοι σε 3 ομάδες των 4 ατόμων οι οποίοι συμμετείχαν σε διδασκαλία του κεφαλαίου των φυσικών καταστάσεων με τη χρήση διαδραστικού πίνακα. Την ομάδα ελέγχου (ομάδα 2) αποτέλεσαν 12 μαθητές Ε΄ τάξης, χωρισμένοι σε ισάριθμές ομάδες (3 ομάδες των 4), οι οποίοι συμμετείχαν σε διδασκαλία του ίδιου κεφαλαίου χωρίς τη χρήση διαδραστικού πίνακα, αλλά με την υποστήριξη υπολογιστή και βιντεοπροβολέα. Κάθε ομάδα μαθητών χρησιμοποίησε τα φύλλα εργασίας του σχολικού εγχειριδίου, για το ίδιο χρονικό διάστημα, ακολουθώντας τη διάρθρωση, το μοντέλο διδασκαλίας και τον αριθμό πειραμάτων που προτείνει το Αναλυτικό Πρόγραμμα για τα Φυσικά της Ε΄ Δημοτικού.

Η πρόταση εφαρμόστηκε από τους δασκάλους των τάξεων στις οποίες έγινε η έρευνα και οι οποίοι επιλέχθηκαν με κριτήριο την εμπειρία τους στη χρήση των νέων τεχνολογιών για εκπαιδευτικούς σκοπούς, καθώς και την εξοικείωσή τους με το διαδραστικό πίνακα ή τον ηλεκτρονικό υπολογιστή αντίστοιχα.

Συλλογή δεδομένων: Η συλλογή δεδομένων έγινε με κατάλληλα ερωτηματολόγια στάσεων που συμπληρώθηκαν από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς μετά το τέλος της παρέμβασης. Για τον έλεγχο του γνωστικού αντικειμένου πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης δόθηκαν σε όλες τις ομάδες τα ίδια pre tests ενώ μετά από ένα περίπου μήνα μετά την παρέμβαση μοιράστηκαν επίσης κοινά post tests

Η Πρόταση: Φάσεις και υλοποίηση

Η πρότασή μας αφορά στη χρήση του διαδραστικού πίνακα για τη διδασκαλία του κεφαλαίου των καταστάσεων της ύλης σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού. Παρουσιάζουμε μια εφαρμογή η οποία αναπτύχθηκε με άξονα το σχολικό εγχειρίδιο με σκοπό να λειτουργήσει συμπληρωματικά σε αυτό. Τονίζουμε ότι δεν αλλάξαμε τον τρόπο και το προτεινόμενο από το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ) μοντέλο διδασκαλίας. Για τη δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήσαμε το βιβλίο των Φυσικών Ε΄ Δημοτικού και προσθέσαμε ψηφιακό υλικό όπως εικόνες, βίντεο, δυναμικές προσομοιώσεις, πειράματα, δραστηριότητες εμπέδωσης, παιχνίδια, διαθεματικές αναφορές σε άλλα κεφάλαια των Φυσικών Επιστημών ή και σε άλλα μαθήματα, προβαλλόμενα σε ένα διαδραστικό περιβάλλον. Η διάρθρωση του εκπαιδευτικού υλικού έγινε με βάση το επιστημονικό μοντέλο όπως αυτό περιγράφεται στο βιβλίο του δασκάλου για τη διδασκαλία των Φυσικών της Ε΄ Δημοτικού.

Πιο συγκεκριμένα:

Στο στάδιο του εναύσματος στο ήδη υπάρχον υλικό του βιβλίου εργασιών του μαθητή, προσθέσαμε υπερσυνδέσμους: α) σε επιπλέον εικόνες οι οποίες συνοδεύουν αυτές του εγχειριδίου, β) σε βίντεο που παρουσιάζουν φαινόμενα της καθημερινής ζωής που παραπέμπουν στις καταστάσεις της ύλης (στερεά, υγρά, αέρια), γ) σε αρχεία ήχου (π.χ. βρασμός

νερού), δ) σε ιστοσελίδες με σχετικό υλικό (εικόνα 1). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι όλο το παραπάνω υλικό δεν δόθηκε για υποχρεωτική προβολή. Σκοπός του ήταν να δώσει στον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα να διαλέξει το κατάλληλο έναυσμα για τους μαθητές του έχοντας ένα μεγάλο εύρος επιλογών που δεν περιορίζονται μόνο σε εικόνες. Με αυτό τον τρόπο προσπαθήσαμε να εκμεταλλευτούμε τη δυνατότητα που δίνει ο διαδραστικός πίνακας να διαχειρίζεται κάποιος όλα αυτά τα αρχεία άμεσα και δίχως να φεύγει από τον πίνακα, κάτι που διευκολύνει την παρουσίαση περισσότερου υλικού σε αυτό το στάδιο. Ένα ακόμη σημείο που υπερτερεί ο διαδραστικός πίνακας σε σχέση με μια απλή προβολή από προτζέκτορα, είναι η άμεση καταγραφή των σχολίων πάνω στα ψηφιακά αρχεία ακόμη και από τους ίδιους τους μαθητές. Στο στάδιο του εναύσματος οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να καταγράψουν τις απόψεις τους πάνω στο περιβάλλον του διαδραστικού πίνακα.

Στο στάδιο της διατύπωσης υποθέσεων προσθέσαμε επιπλέον εικόνες και ερωτήσεις στις υπάρχουσες του βιβλίου, με στόχο να συμμετέχουν όσο το δυνατόν περισσότεροι μαθητές αλλά και να καταγραφούν οι περισσότερες από τις υποθέσεις τους σχετικά με τις καταστάσεις της ύλης. Και σε αυτό το στάδιο το επιπλέον υλικό προσφέρεται με τη λογική των εναλλακτικών επιλογών στον εκπαιδευτικό, η διαχείριση του οποίου μπορεί να γίνει άμεσα και σε ελάχιστο χρόνο, ακολουθώντας την ροή του μαθήματος, χωρίς να υπάρχουν κενά στη διδασκαλία από την αναζήτηση ψηφιακών αρχείων. Ταυτόχρονα η επιτόπου καταγραφή των υποθέσεων των μαθητών στο διαδραστικό πίνακα και μάλιστα ακριβώς κάτω ή δίπλα από τις αντίστοιχες εικόνες, διευκόλυνε τις ομάδες ώστε να έχουν άμεση εποπτεία όλων των απόψεων που εκφράστηκαν και να προχωρήσουν πιο εύκολα και γρήγορα στην ομαδοποίηση των υποθέσεων, κάτι που είναι σημαντικό σε αυτό το στάδιο. Στο τέλος υπήρχαν καταγεγραμμένες και ομαδοποιημένες όλες οι υποθέσεις των μαθητών ακόμη και ανά ομάδα. Όπου ο χώρος προβολής της διαδραστικής εφαρμογής δεν επαρκούσε, υπήρχε η δυνατότητα δημιουργίας επιπλέον σελίδας.

Στο επόμενο στάδιο του πειραματισμού, προσθέσαμε στα πειράματα του βιβλίου δυναμικές προσομοιώσεις του μικρόκοσμου για κάθε μια από τις αλλαγές στην κατάσταση της ύλης (στερεά σε υγρά και αέρια, υγρά σε στερεά, αέρια σε υγρά). Η πρότασή μας ήταν οι προσομοιώσεις αυτές να προβάλλονται στον πίνακα καθ' όλη τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων, ώστε οι μαθητές να συνδέουν νοητικά τις παρατηρήσεις που καταγράφουν από τα πειράματα, με το πώς λειτουργεί ο μικρόκοσμος για αυτά τα φαινόμενα (εικόνα 2). Παροτρύναμε τους μαθητές να καταγράφουν στις παρατηρήσεις τους όσους συσχετισμούς έκαναν με τις προσομοιώσεις.

Εικόνα 2: Χρήση δυναμικής προσομοίωσης στο στάδιο του πειραματισμού

Στο στάδιο των συμπερασμάτων, προσκαλέσαμε τις ομάδες να καταγράψουν στο διαδραστικό πίνακα τις προτάσεις στις οποίες κατέληξαν εκτελώντας τα πειράματα. Κατόπιν έχοντας στον πίνακα όλες τις προτάσεις συμπερασμάτων των ομάδων, έγινε συζήτηση για το ποια από τα σχόλια ήταν πιο κοντά στο επιστημονικά σωστό μοντέλο. Για όσες προτάσεις δεν πλησίαζαν την επιστημονική γνώση, ο εκπαιδευτικός μπορούσε γρήγορα να ανατρέξει στο διαδραστικό πίνακα, στα πειράματα και στις παρατηρήσεις που έκαναν οι μαθητές και να

εξηγήσει άμεσα που υπήρχαν λάθη ή παραλήψεις ή ακόμη και να διευκρινίσει περαιτέρω, παρανοήσεις που τυχόν έγιναν. Στο τέλος με την βοήθεια του εκπαιδευτικού, καταγράφονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα πειράματα και παρουσιάζονται ως η νέα γνώση από το κεφάλαιο που διδάχθηκε.

Στο τελευταίο στάδιο της εμπέδωσης/γενίκευσης στο υλικό του βιβλίου προσθέσαμε: α) εικόνες για τις οποίες ζητούσαμε τα σχόλια των μαθητών με βάση τη διδαχθείσα ενότητα, β) βίντεο από καταστάσεις και φαινόμενα της καθημερινής ζωής τα οποία ερμηνεύονται μέσω των συμπερασμάτων που εξήχθησαν παραπάνω, γ) δραστηριότητες αντιστοίχισης, σταυρολέξου, συμπλήρωσης κενών με τη βοήθεια λογισμικού ανοικτού τύπου (hot potatoes), δ) δυναμικές προσομοιώσεις του μικρόκοσμου, στις οποίες οι μαθητές παρατηρώντας τις κινήσεις των σωματιδίων μπορούσαν να μαντέψουν αν πρόκειται για στερεά, υγρά ή αέρια. Σε όλη τη διάρκεια της εμπέδωσης/γενίκευσης οι μαθητές μπορούσαν να έρθουν στον πίνακα και να ανατρέξουν σε όλο το υλικό του μαθήματος από το έναυσμα μέχρι τα συμπεράσματα για να διευκολυνθούν στις απαντήσεις.

Τα παραπάνω δόθηκαν στην ομάδα πειραματισμού για τη διδασκαλία των αντίστοιχων ενοτήτων σε 3 διδακτικές ώρες.

Το ίδιο ακριβώς υλικό δόθηκε και στην ομάδα ελέγχου. Το υλικό θα προβαλλόταν μέσω υπολογιστή και προβολέα στα ίδια σημεία που προτείνονταν και στο διαδραστικό πίνακα. Η διδασκαλία έγινε για τις ίδιες διδακτικές ώρες.

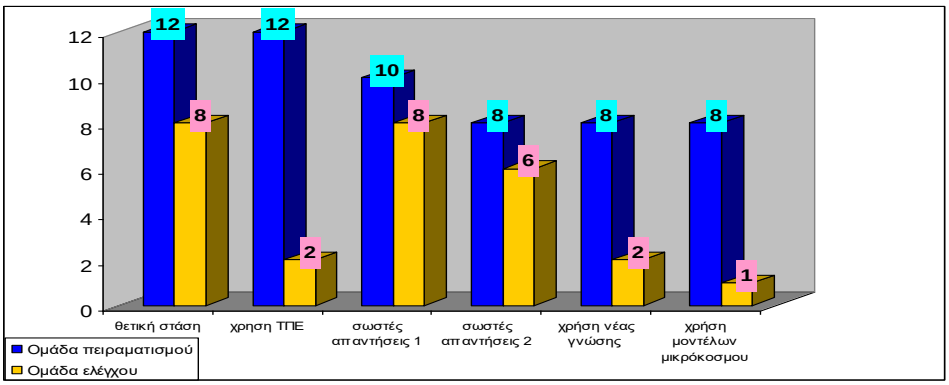
Συμπεράσματα – Προτάσεις

Αφού ολοκληρώθηκε η διδασκαλία των ενοτήτων στην ομάδα πειραματισμού και στην ομάδα ελέγχου, δόθηκαν στους μαθητές ερωτηματολόγια στάσεων και ελέγχου γνώσεων, κυρίως ως προς την εμπέδωση και γενίκευση τους. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Στάση μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες. Και στις δυο ομάδες οι μαθητές έδειξαν θετική στάση για τις Φυσικές Επιστήμες. Συχνότερα σημείωσαν πως το μάθημα τους φάνηκε ¨εντυπωσιακό¨ και ¨ενδιαφέρον¨. Όμως η ομάδα 1 (του διαδραστικού πίνακα) είχε μόνο θετικές απαντήσεις (12 στις 12) ενώ η ομάδα 2 (χρησιμοποίησε υπολογιστή και προβολέα) είχε 4 αρνητικές ή/και ουδέτερες απαντήσεις (εικόνα 3).

- Χρήση των νέων τεχνολογιών από τους μαθητές. Όλοι οι μαθητές της ομάδας 1 χρησιμοποίησαν τον διαδραστικό πίνακα, είτε για να καταγράψουν κάτι, είτε για να δουν μια προσομοίωση, είτε για να αποτυπώσουν τα συμπεράσματά τους. Αντίθετα στην ομάδα 2, μόλις 2 μαθητές από τους 12 χρησιμοποίησαν τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επίσης παρατηρήθηκε πως υπήρχαν μαθητές που ήθελαν να κάνουν χρήση του Η/Υ, αλλά τελικά αυτό δεν έγινε δυνατό, είτε γιατί δεν γνώριζαν, είτε γιατί ο χρόνος που χρειάζονταν (π.χ. για να γράψουν συμπεράσματα) δεν μπορούσε να διατεθεί (εικόνα 3).

- Ομαδικότητα. Οι μαθητές της ομάδας 1 δούλεψαν πιο ομαδικά για να διατυπώσουν υποθέσεις, να ομαδοποιήσουν τις απόψεις τους, να καταγράψουν παρατηρήσεις, να αποδώσουν συμπεράσματα, να συμμετέχουν σε δραστηριότητες. Πιο συγκεκριμένα σε διάφορα στάδια της διδασκαλίας μαθητές από κάθε ομάδα έρχονταν στο διαδραστικό πίνακα για να αποτυπώσουν σκέψεις ή να σημειώσουν πάνω σε εικόνες και προσομοιώσεις. Αντίθετα οι μαθητές της ομάδας 2 σπάνια χρησιμοποίησαν με ομαδικό τρόπο τον υπολογιστή και όπου αυτό έγινε ήταν μόνο για την καταγραφή υποθέσεων με μαθητές που μπορούσαν να πληκτρολογούν με ευχέρεια. Στις ομάδες που δεν υπήρχε μαθητής που πληκτρολογούσε γρήγορα (2 από τις 4), την καταγραφή την έκανε ο εκπαιδευτικός για εξοικονόμηση χρόνου.



Εικόνα 3: Αποτελέσματα έρευνας μετά τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων που δόθηκαν στους μαθητές.

- Χρήση επιπλέον υλικού. Στους μαθητές της ομάδας 1 προβλήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν, συζητήθηκαν, αναλύθηκαν περίπου τρεις φορές περισσότερες δραστηριότητες και υλικό από ότι στους μαθητές της ομάδας 2. Η χρήση όλου αυτού του υλικού μέσα από ένα διαδραστικό περιβάλλον, προσέφερε πολλαπλές εναλλακτικές επιλογές προσέγγισης των ενοτήτων από τον εκπαιδευτικό, αλλά και οι μαθητές ήταν πολύ θετικοί στην προοπτική να επιλέξουν από περισσότερο υλικό προκειμένου να εκφραστούν, να καταγράψουν και να συμπεράνουν. Η αμεσότητα της οθόνης αφής έδινε τον απαραίτητο χρόνο ώστε να διαχειριστεί η τάξη κατάλληλα και πλήρως περισσότερα αντικείμενα που σχετίζονταν με την διδαχθείσα ενότητα. Σε αυτό το περιβάλλον οι προσομοιώσεις του μικρόκοσμου έγιναν πιο προσιτές και συνδέονταν άρρηκτα με τα φαινόμενα που παρατηρούσαν οι μαθητές στα πειράματα. Στην ομάδα 2 έγινε πιο περιορισμένη προβολή επιπλέον υλικού, καθώς ήταν πιο χρονοβόρο να διαχειρίζεται ο εκπαιδευτικός πολλαπλά ψηφιακά αρχεία και παράλληλα να επιβλέπει τους μαθητές, να τους καθοδηγεί στον πειραματισμό και να τους παροτρύνει για καταγραφή παρατηρήσεων.

- Εμπέδωση της γνώσης. Οι μαθητές της ομάδας 1 απάντησαν σε ποσοστό 83% σωστά τις ερωτήσεις/δραστηριότητες εμπέδωσης, ενώ 2 από τις 4 ομάδες δεν έκαναν κανένα λάθος σε αυτές. Στην ομάδα 2 οι σωστές απαντήσεις ήταν σε ποσοστό 66% ενώ και στις 4 ομάδες υπήρχαν ατέλειες ή/και ελλείψεις στις απαντήσεις. Επιπλέον οι ομάδες που δούλεψαν με τον διαδραστικό πίνακα απάντησαν σωστά σε ποσοστό 66% σε ερωτήσεις/δραστηριότητες αυξημένης δυσκολίας που είχαν μπει ως πρόσθετο υλικό, ενώ το ποσοστό σωστών απαντήσεων των ομάδων που δούλεψαν μόνο με τον υπολογιστή ήταν 50% (εικόνα 3).

- Γενίκευση της γνώσης. Οι ομάδες του διαδραστικού πίνακα έδιναν πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις σε ερωτήσεις/δραστηριότητες που απαιτούσαν κριτική ικανότητα καθώς και σε διαδικασίες παραγωγικής/επαγωγικής σκέψης. Είναι χαρακτηριστικό πως 8 στους 12 μαθητές (ποσοστό 66%) χρησιμοποιούσαν μοντέλα του μικρόκοσμου για να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα και καταστάσεις, καθώς είχαν συνδέσει τις προσομοιώσεις με τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έκαναν στη διάρκεια του μαθήματος. Στις ομάδες που δούλεψαν με τον υπολογιστή παρατηρούνταν ελλείψεις στην εξήγηση τον φαινομένων και καταστάσεων όταν αυτά δεν απαιτούσαν μόνο ανάκληση γνώσεων και μόνο. Επίσης μόλις 2 στους 12 μαθητές (ποσοστό 16%) χρησιμοποίησαν/ανέφεραν στην ερμηνεία τους μοντέλα του μικρόκοσμου. Ειδικότερα, όταν ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τα μόρια ενός στερεού, ενός υγρού και ενός αερίου σώματος, 8 στα 12 σχέδια της ομάδας 1 ήταν κοντά ή πολύ κοντά σε ένα αποδεκτό μοντέλο του μικρόκοσμου, ενώ στην ομάδα 2 μόλις 1 σχέδιο στα 12 περιέγραφε σωστά τις καταστάσεις της ύλης (εικόνα 3).

Συγκεντρωτικά, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση διαδραστικού πίνακα και δυναμικών προσομοιώσεων του μικροκόσμου, αύξησε τη θετική στάση των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες, είχε σαν αποτέλεσμα την ενεργό και ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών με τις νέες τεχνολογίες, συνέβαλλε στην ομαδικότητα κατά την διάρκεια εκτέλεσης πειραμάτων,

καταγραφής παρατηρήσεων, συμπερασμάτων, εξήγησης φαινομένων, κλπ, βοήθησε τους μαθητές να εμπεδώσουν την νέα γνώση καλύτερα και σε βάθος, διευκόλυνε στην γενίκευση και εφαρμογή των νέων γνώσεων και σε άλλα φαινόμενα της καθημερινής ζωής και συνέβαλλε στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης.

Βιβλιογραφία

ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών των Φυσικών Επιστημών (για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο) και Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο», ΦΕΚ 303Β/13-03-2003 και ΦΕΚ 304Β/13-03-2003

Καλκάνης Γ. Θ., (2002). Εκπαιδευτική Τεχνολογία – Εκπαιδευτικές Εφαρμογές (και) στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ., (2005). ΕκΠαιδευτική Φυσική, ΙΙ. τα Φαινόμενα, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2007α). "Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα), "ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών, ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι Εφαρμογές τους" (Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες), Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. κά. (2007β). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ … 1. τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία των Σωμάτων, 2. την Εξάτμιση, το Βρασμό και την Υγροποίηση των Σωμάτων, 3. την Τήξη και την Πήξη των Σωμάτων, 4. τις Δυνάμεις μεταξύ των Σωμάτων, 5. τις Ανανεώσιμες Αποθήκες Ενέργειας"» (βλ. http://www.edutv.ypepth.gr), Εργαστήριο ΦΕΤΠ Πανεπιστημίου Αθηνών, Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση / Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα

Νιάρρου, Β., Γρουσουζάκου, Ε. (2007). Ο Διαδραστικός Πίνακας στην Εκπαίδευση, πρακτικά του 4ου Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση» στη Σύρο.

Μιτζήθρας Κ., Καλκάνης Γ. Θ. (2011). Διαδραστικός Πίνακας – "Πανάκεια" ή, απλώς, "Εργαλείο"; – στην Εκπαίδευση Φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες, Αλεξανδρούπολη.

Αναστασιάδης Π. κά, (2011). Ο διαδραστικός πίνακας στην τάξη - εκπαιδευτικά σενάρια, Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και την εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη.

Armstrong et al. (2005). Collaborative research methodology for investigating teaching and learning: The use of interactive whiteboard technology. Educational Review. v57 i4. 457-469.

Beauchamp, G. (2004). Teacher use of the interactive whiteboard in primary schools: Towards an effective transition framework. Technology, Pedagogy and Education, 13(3): 327–348.

Betcher C., Lee M., (2009). The Interactive Whiteboard Revolution – Teaching with IWBs. Australia.

Glover, D., & Miller, D. (2001). Missioners, Tentatives and Luddites: Leadership challenges for school and classroom posed by the introduction of interactive whiteboards into schools in the United Kingdom.

Gross M. D. (2009). Visual Languages and Visual Thinking: Sketch Based Interaction and Modeling. In: Proceedings of the 6th Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling; August 1-9; New Orleans, Louisiana. p. 7-11.

Heather J. Smith, Steve Higgins, Kate Wall & Jen Miller (2005). Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature

Lee, M., & Winzenried, A. (2006), Interactive whiteboards: Achieving total teacher usage.

Lewin C., Somekh B., Steadman S., (2008). Embedding interactive whiteboards in teaching and learning: The process of change in pedagogic practice. Education and Information Technologies; 13(4):291–303.

Pastorek T. (2010). Concept of Interactive Coloring book:, http://www.cescg.org/CESCG-2010/papers/PragueCVUT-Pastorek-Tomas.pdf.

Sotiropoulos D., Mitzithras K., Kalkanis G (2010). Early Primary Education Students' First Engagement with Basic Physics Concepts and Phenomena through an Interactive Board and

Sandbox Physics Software – Proposal and Application, 7th International Conference on Hands-On Science, Crete.

Department for Education and Skills (DfES). (2005). Harnessing technology: Transforming learning and children's services.

London ERNIST ICT school portraits. (2004). European Schoolnet.

Προσομοίωση / 3D Οπτικοποίηση i) των Περιστρεφόμενων Διανυσμάτων για την παραγωγή ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών, και ii) της Καταστατικής Εξίσωσης του Ιδανικού Αερίου με Εκπαιδευτικά Λογισμικά – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση

Παναγιώτης Τσάκωνας, Μιχαήλ Μ. Σαρρής, Ουρανία Γκικοπούλου, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
ptsakon@gmail.com, msarris@sch.gr, gikopoulou@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Παρουσιάζονται οι πρώτες εκδοχές εκπαιδευτικών λογισμικών τα οποία προσομοιώνουν και οπτικοποιούν τη διαδικασία παραγωγής ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών με περιστρεφόμενα διανύσματα και την Καταστατική Εξίσωση του Ιδανικού Αερίου, στο πλαίσιο μιας ευρύτερης προσπάθειας ενσωμάτωσης του Η/Υ στη διδασκαλία επιλεγμένων θεμάτων των Φυσικών Επιστημών, όπου οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις έχουν πρωτεύοντα ρόλο. Μια πρώτη εκπαιδευτική εφαρμογή και αξιολόγηση αυτού του λογισμικού, αποδεικνύει ότι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί υποβοηθούνται στην κατανόηση και την άντληση πρόσθετων πληροφοριών από τα γραφήματα αυτά, είτε στην τρισδιάστατη εκδοχή τους, ή στις δισδιάστατες προβολές τους. Η ερευνητική διαδικασία αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από το συνδυασμό του λογισμικού με παραδοσιακότερες διδακτικές προσεγγίσεις, καθώς και τις δυνατότητες και, κυρίως, τη διάθεση αυτοδιδασκαλίας των εκπαιδευόμενων.

Abstract

Initial versions of educational software, visualizing the way a rotating vector leads to the graph of a sinusoidally varying physical quantity and the Graph of the Equation of State for Ideal Gases are presented, as part of an general approach of incorporating computers is teaching selected Science topics, where the need to present graphs in 3D is of primary importance. An initial educational application and evaluation of the software shows that secondary education students as well as university students / perspective teachers are able to better understand such graphs and derive a larger amount of information either from the 3D versions or 2D projections. The research highlights the advantages stemming from the combination of such software with a more traditional educational approach, as well as the willingness of students to use such software in a process of self-teaching.

Το Πλαίσιο – Τα Ερωτήματα – Οι Στόχοι

Οι εκπαιδευτικές ψηφιακές τεχνολογίες –στις οποίες περιλαμβάνουμε τις τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνίας, προσομοίωσης και οπτικοποίησης, πειραματισμού και αυτοματισμού, επεξεργασίας και αναπαράστασης της πληροφορίας και οργάνωσης και παρουσίασης της πληροφορίας (Καλκάνης 2007β)– σίγουρα δεν αποτελούν «πανάκεια» όπως μερικοί αρέσκονται να τις εμφανίζουν, ούτε ευτυχώς «πρόβλημα» όπως τις θεωρούν άλλοι, οι οποίοι απλώς έχουν πρόβλημα με τη χρήση τους, είναι όμως ένα πολύτιμο επικουρικό «εργαλείο» για τους περισσότερους, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυαστικά με παραδοσιακότερα εποπτικά μέσα. Ειδικότερα οι ψηφιακές τεχνολογίες προσομοίωσης / οπτικοποίησης κατά τη γνώμη μας αποτέλεσαν –και θα αποτελούν– ένα καθοριστικό στοιχείο στην εξέλιξη όχι μόνο της επιστημονικής έρευνας αλλά και της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες (Καλκάνης 2010) με όλα τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει η αξιοποίησή τους και η προστιθέμενη αξία από τη χρήση τους τόσο για την έρευνα όσο και για την εκπαίδευση.

Όσον αφορά στις θεματικές, αυτές καλύπτουν όλα σχεδόν τα γνωσιακά αντικείμενα, όμως οι φυσικές επιστήμες έχουν επωφεληθεί –και έχουν να επωφεληθούν και στο μέλλον– σε μεγαλύτερο ίσως βαθμό σε σχέση με τα άλλα γνωσιακά αντικείμενα από την αξιοποίηση –όλων– των σύγχρονων ψηφιακών εκπαιδευτικών τεχνολογιών. Αυτές, βέβαια, οι εκπαιδευτικές

τεχνολογίες οι οποίες ειδικότερα συνεισφέρουν στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών είναι οι Τεχνολογίες Πειραματισμού (με χρήση αισθητήρων και απτήρων, διασυνδεδεμένων με ηλεκτρονικό υπολογιστή) και οι Τεχνολογίες Προσομοίωσης / Οπτικοποίησης (Καλκάνης 2007β). Οι τελευταίες –με χρήση των μεθόδων / τεχνικών Monte Carlo και τυχαίων αριθμών– όχι μόνο συνεισφέρουν αλλά είναι απαραίτητες στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες και –επιπλέον– ίσως είναι οι μόνες οι οποίες «δικαιολογούν» και «νομιμοποιούν» απόλυτα τη χρήση τους στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (Kalkanis 1996, 1997, 1999, 2001).

Στις Φυσικές Επιστήμες υπάρχουν θεματικές ενότητες που φαινομενικά απέχουν αρκετά ως προς το νοηματικό τους περιεχόμενο, αλλά σχετίζονται στενά βάσει της συνήθους διδακτικής προσέγγισης και των εποπτικών μέσων που εμπλέκονται σε αυτή. Η παρούσα εργασία εστιάζει στη χρήση περιστρεφόμενων διανυσμάτων για την περιγραφή ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών. Πρόκειται για ένα αντικείμενο που μπορεί κατεξοχήν να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες τρισδιάστατης απεικόνισης ενός υπολογιστικού συστήματος, δεδομένου ότι το παραγόμενο γράφημα κείται σε επίπεδο κάθετο προς εκείνο όπου περιστρέφεται το διάνυσμα. Η πλήρης κατανόηση της όλης διαδικασίας διευκολύνεται κατά μέγιστο βαθμό όταν η εικόνα που παρουσιάζεται μπορεί να περιστραφεί στο χώρο και η θέασή της να γίνει από διάφορες οπτικές γωνίες. Επιπρόσθετα, ασκήσεις που αναφέρονται σε ανισοτικές σχέσεις της φάσης (τις οποίες συχνά καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευόμενοι κατά τρόπο αλγεβρικό) αποκτούν στην κυριολεξία "άλλη διάσταση" με χρήση τέτοιων απεικονίσεων και μας επαναφέρουν σε μια κλασικότερη (πιο γεωμετρική) άποψη των μαθηματικών, η οποία από το 17ο αι παραμερίζεται ολοένα και περισσότερο, χωρίς όμως να έχει χάσει όχι μόνο την (εκ)παιδευτική της αξία, αλλά και αυτή την ερευνητική (με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη διατύπωση της Θεωρίας της Σχετικότητας).

Ένα επιπλέον σημείο στο οποίο (πιστεύουμε ότι) η χρήση λογισμικού τρισδιάστατης δυναμικής προσομοίωσης / οπτικοποίησης μπορεί να συνεισφέρει πολλά, είναι η ανάγκη παραγωγής (και παρακολούθησης της χρονικής τους εξέλιξης) μιας ομάδας γραφικών παραστάσεων άμεσα σχετιζόμενων μεταξύ τους φυσικών μεγεθών, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στις περιπτώσεις της Μηχανικής Ταλάντωσης (Απομάκρυνση, Ταχύτητα, Επιτάχυνση), της Σύνθεσης Ταλαντώσεων (Συνιστώσες απομακρύνσεις και Συνισταμένη), Κύκλωμα RLC εναλλασσόμενου ρεύματος (Ρεύματα και Τάσεις), κ.λπ.

Εξ άλλου, αν εξετάσουμε τη θεματική της Θερμοδυναμικής και ειδικότερα θέματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία της Καταστατικής Εξίσωσης διαπιστώνουμε ότι τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια συνήθως απεικονίζουν δισδιάστατες προβολές του κατά τα άλλα τρισδιάστατου γραφήματος, συνήθως επειδή και ο εκπαιδευόμενος θα κληθεί να σχεδιάσει ανάλογες εικόνες. Δε γίνεται ιδιαίτερη μνεία στην τρισδιάστατη όψη του γραφήματος, ενώ οι συνήθεις ασκήσεις συχνά περιλαμβάνουν περιπτώσεις όπου από μία προβολή ο εκπαιδευόμενος καλείται να σχεδιάσει μια συμπληρωματική. Ιδιαίτερα, δεν εξηγείται επαρκώς ο τρόπος μετατροπής τμημάτων του γραφήματος από καμπύλη σε ευθεία (π.χ. Ισόθερμες) ανάλογα με την οπτική γωνία θέασης (π.χ. από προβολή P-V σε P-T). Ακόμη, επιμελέστατα (;), παραλείπεται κάθε αναφορά στο γεγονός ότι η καταστατική εξίσωση είναι στην καλύτερη περίπτωση συνάρτηση δύο (αν όχι τριών!) ανεξάρτητων μεταβλητών. Έτσι, ο μαθητής καλείται να γεφυρώσει το χάσμα αυτενεργώντας, γεγονός που, ειδικά στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, συμβαίνει σπάνια. Το σύνηθες είναι οι μαθητές να διατηρούν αποσπασματικές όψεις στο μυαλό τους, με αποτέλεσμα να αποτυγχάνουν σε δοκιμασίες που απαιτούν μια (κυριολεκτικά) πληρέστερη οπτική. Εξ άλλου οι αναπαραστάσεις (applets) που διατίθενται στο διαδίκτυο, εντοπίζουν σε άλλα σημεία ενδιαφέροντος (π.χ. προσομοιώσεις της συμπεριφοράς των μορίων αερίου κατά τη διάρκεια μιας αντιστρεπτής μεταβολής, "μέτρηση" μακροσκοπικών παραμέτρων και συσχέτισή τους με τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη θερμοδυναμικού συστήματος και χάραξη δισδιάστατων γραφικών παραστάσεων. Έτσι ο χρήστης χάνει την ευκαιρία να "εκμεταλλευτεί" τις δυνατότητες σχεδίασης τρισδιάστατων γραφημάτων που, απ΄ όλα τα συνήθη εποπτικά μέσα, μόνο ο Η/Υ μπορεί να πραγματοποιήσει.

Βασικά ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας ήταν: α) κατά πόσο τα προτεινόμενα λογισμικά (με τις δυνατότητες που περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω), σε συνδυασμό με παραδοσιακότερες διδακτικές προσεγγίσεις, μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των περιστρεφόμενων διανυσμάτων για την περιγραφή ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών, καθώς και της καταστατικής εξίσωσης του ιδανικού αερίου και, β) αν οι διάφορες θεματικές του λογισμικού διαθέτουν την προσδοκώμενη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα.

Αναλυτικότερα, οι στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας κατά την πειραματική εφαρμογή / αξιολόγησή του λογισμικού προσομοίωσης / οπτικοποίησης είναι:

- η κατανόηση της διαδικασίας παραγωγής της ημιτονοειδούς καμπύλης από το περιστρεφόμενο διάνυσμα
- η κατανόηση της επίδρασης της αρχικής φάσης του περιστρεφόμενου διανύσματος στη μορφή του προκύπτοντος γραφήματος καθώς και της διαμέρισης του οριζόντιου άξονα, που συνήθως αντιστοιχεί σε χρόνο
- η συγκριτική μελέτη των γραφημάτων που αντιστοιχούν στην Απομάκρυνση, την Ταχύτητα και την Επιτάχυνση κατά τη Μηχανική Ταλάντωση, είτε ως ενιαία οπτικοποίηση, είτε σε επιλεγόμενα από τα χρήστη υποσύνολα
- η απεικόνιση της διαδικασίας δημιουργίας μιας Σύνθετης Ταλάντωσης από συνιστώσες που έχουν ίδια ή διαφορετική Συχνότητα με επιλεγόμενη διαφορά φάσης και σχετικά πλάτη.
- η οπτικοποίηση των περιστρεφόμενων διανυσμάτων που αντιστοιχούν στα πλάτη των τάσεων που εμφανίζονται σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που (ενδέχεται να) περιέχει τα στοιχεία R, L και C, συνδεδεμένα σε σειρά.
- η αντιστοίχιση των τριών βασικών μακροσκοπικών μεγεθών με συγκεκριμένους άξονες
- η οπτικοποίηση της επιφάνειας που αποτελεί τη γραφική παράσταση της Καταστατικής (για ορισμένη ποσότητα αερίου)
- η χάραξη επί της επιφάνειας αυτής βασικών καμπυλών-τομών (Ισόθερμες, Ισόχωρες κ.λπ.)
- η απεικόνιση της κατάστασης ενός θερμοδυναμικού συστήματος επί της επιφάνειας αυτής και η δυναμική τροποποίησή της από το χρήστη
- η καταγραφή μιας ή περισσότερων διαδοχικών αντιστρεπτών μεταβολών και η προβολή της υπό διάφορες γωνίες θέασης, των κλασικών προβολών συμπεριλαμβανομένων.

Η Πρόταση – Η Μεθοδολογία

Κατά το παρελθόν, για διάστημα μεγαλύτερο των 15 ετών, στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών έχει παραχθεί ένα πλήθος τίτλων εκπαιδευτικού λογισμικού με διάφορα θέματα και για διάφορα γνωσιακά αντικείμενα κυρίως όμως εκπαιδευτικά λογισμικά για τις φυσικές επιστήμες, ειδικότερα δε εκπαιδευτικά λογισμικά που υλοποιούν ψηφιακές προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις –κυρίως– με θέμα τις διαδικασίες του μικροκόσμου. Αυτές οι διαδικασίες είναι στοχαστικές / πιθανοκρατικές γι' αυτό οι προσομοιώσεις έχουν δημιουργηθεί με χρήση των μεθόδων / τεχνικών Monte Carlo και τυχαίων αριθμών από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η τεχνολογική ωρίμανση και διάδοση του hardware - που εστιάζεται κυρίως στην αύξηση της συχνότητας λειτουργίας του επεξεργαστή, τη διαθέσιμη μνήμη και τις δυνατότητες των καρτών γραφικών - σε συνδυασμό με τον εμπλουτισμό των γλωσσών προγραμματισμού - είτε σε τοπικό είτε σε διαδικτυακό επίπεδο - με βιβλιοθήκες εντολών κατάλληλων για την απεικόνιση σε τρεις διαστάσεις, επέτρεψε τη δημιουργία ανάλογου λογισμικού (ενδεικτικά Τσάκωνας 2011).

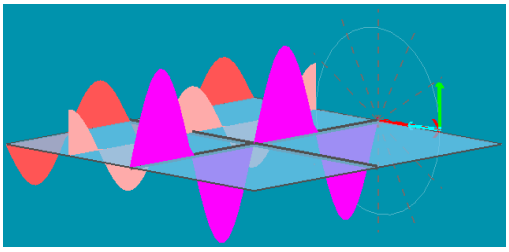
Ο βασικός κορμός του εκπαιδευτικού λογισμικού, του οποίου η εφαρμογή και αξιολόγηση παρουσιάζεται στην εργασία αυτή, δημιουργήθηκε από τον διδάκτορα / εκπαιδευτικό ΠΕ04.01 - ΠΕ19 Παν. Τσάκωνα, ενώ πολλά από τα πρόσθετα στοιχεία του προτάθηκαν / διαμορφώθηκαν από τον διδάκτορα / εκπαιδευτικό ΠΕ04.01 Μιχ. Σαρρή. Η υποψ. διδάκτορας/εκπαιδευτικός ΠΕ70 Ουρ. Γκικοπούλου, συνέβαλε στη σύνθεση / βαθμολόγηση των ερωτηματολογίων, καθώς και στην παρουσίαση / επίδειξη χρήσης των λογισμικών.

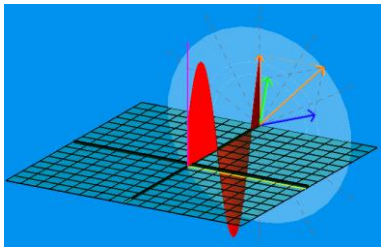
Τα Λογισμικά

Τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού λογισμικού για το Περιστρεφόμενο Διάνυσμα, περιλαμβάνουν, πέρα από την τρισδιάστατη αναπαράσταση, την επιλογή οπτικής γωνίας, την ενεργοποίηση της διαδικασίας παραγωγής του ημιτονοειδούς γραφήματος, τη χρωματική κωδικοποίηση των αξόνων, την επιλογή (μεταξύ τεσσάρων προτεινόμενων μορφών) της μορφής του γραφήματος, την επιλογή της διαμέρισης του κύκλου επί του οποίου πραγματοποιείται η περιστροφή του διανύσματος, κτλ. Όσο για το λογισμικό της Καταστατικής Εξίσωσης, τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν, πέρα από την τρισδιάστατη αναπαράσταση, την επιλογή οπτικής γωνίας, τη σταδιακή ή την άμεση μετάβαση από τη Βασική Τρισδιάστατη Όψη σε επιλεγμένες Δισδιάστατες Προβολές (άξονες P-V, P-T, V-T), τη χρωματική κωδικοποίηση των αξόνων, την επιλογή της πυκνότητας του γραφήματος και της μεθόδου σχεδίασής του, την υπέρθεση ισόθερμων, ισόχωρων και ισοβαρών καμπυλών, την επιλογή αντιστρεπτής μεταβολής, την αποτύπωσή της βάσει τροποποίησης των παραμέτρων P, V και T, την καταγραφή διαδοχικών μεταβολών και την απεικόνισή τους με υπέρθεση στο βασικό γράφημα, κτλ.

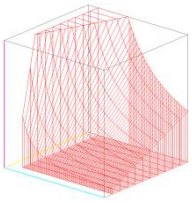
Και οι δύο τίτλοι λογισμικού έχουν πρόσθετες λειτουργίες που, ενδεικτικά, είναι: η παραμετροποίηση, η δυνατότητα λήψης / αποθήκευσης στιγμιότυπων, η επιλογή κλίμακας κ.λπ. Προηγούμενες προτάσεις εκπαιδευτικών λογισμικών αποδεικνύουν ότι αυτά (και άλλα) δευτερεύοντα χαρακτηριστικά δημιουργούν προστιθέμενη αξία, αφού καθιστούν το λογισμικό αυτοτελές και ικανό να στηρίξει εξ ολοκλήρου μια εκπαιδευτική προσέγγιση είτε με τη μορφή επίδειξης, είτε ως αυτοδιδασκαλία.

Μερικά από τα τεχνικά / εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται από τα ακόλουθα ενδεικτικά στατικά στιγμιότυπα τα οποία έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής τους:

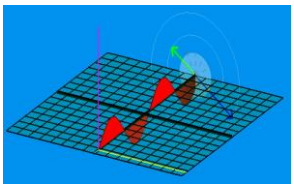




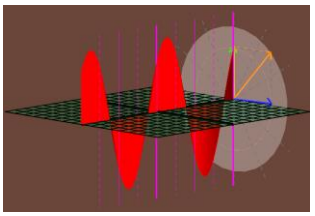
Εικόνες 1-2: Ενδεικτικά στατικά στιγμιότυπα Περιστρεφόμενων Διανυσμάτων.



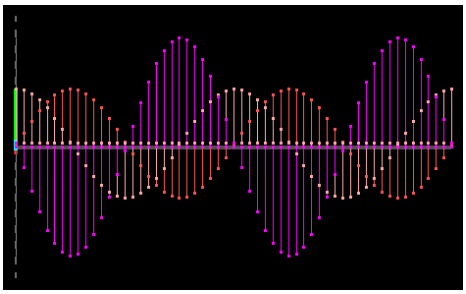
Εικόνα 3: Καταστατική Εξίσωση.



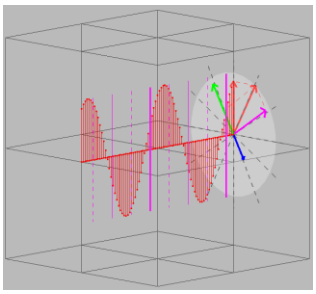
Εικόνα 4: Σύνθεση ταλαντώσεων.



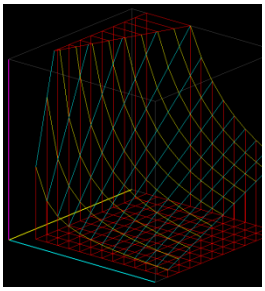
Εικόνα 5: Σύνθεση ταλαντώσεων ίδιας συχνότητας με Δφ=90° και λόγο Πλατών 1/1.

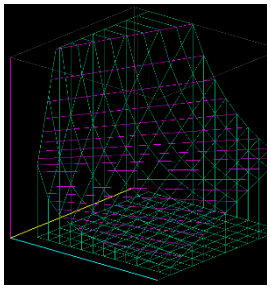


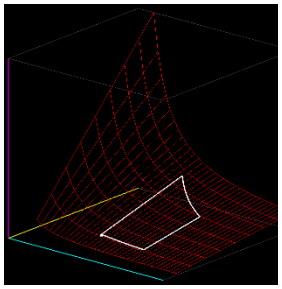
Εικόνα 6: Μηχανική Ταλάντωση. Απεικονίζονται οι γραφικές παραστάσεις των ψ, υ και α σε δισδιάστατη προβολή, προκειμένου να αναδειχθούν οι σχετικές φάσεις.

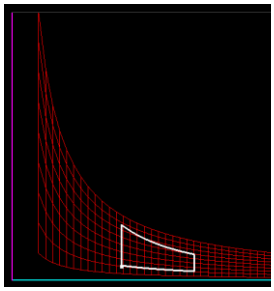


Εικόνα 7: Γραφική παράσταση της τάσης που εφαρμόζεται στ άκρα κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος με Ωμική Αντίσταση, Ιδανικό Πηνίο και Πυκνωτή.









Εικόνα 8: Σχεδίαση ισόχωρων και ισόθερμων καμπυλών.
Εικόνα 9: Σχεδίαση ισόχωρων και ισοβαρών καμπυλών.
Εικόνα 10: Σχεδίαση κυκλικής μεταβολής από μία Ισόθερμη, μία Αδιαβατική και δύο Ισόχωρες.
Εικόνα 11: Η ίδια κυκλική μεταβολή σε δισδιάστατη προβολή PV. Φαίνεται καθαρά η μεγαλύτερη κλίση της Αδιαβατικής έναντι της Ισόθερμης.

Και οι δύο τίτλοι λογισμικού εφαρμόσθηκαν και αξιολογήθηκαν κατά την ερευνητική διαδικασία, ενταγμένη στα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση (Καλκάνης 2007α) τα οποία συνοπτικά περιγράφονται ως εξής: έναυσμα ενδιαφέροντος, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμός, διατύπωση συμπερασμάτων / σύνθεση προτύπου και γενίκευση, συστημική συσχέτιση, ερμηνείες. Ως «πειραματισμό» στην πρώτη περίπτωση θεωρούμε την επιλογή εκ μέρους των εκπαιδευόμενων κατάλληλων παραμέτρων σε κάθε ένα από τα "Παράθυρα Πειράματος" που περιλαμβάνει το λογισμικό, καθώς και την επιλογή της βέλτιστης γωνίας θέασης για την ανάδειξη των λεπτομερειών που ανά περίπτωση ενδιαφέρει να αναδειχθούν, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θεωρούμε την καταγραφή / σχεδίαση αντιστρεπτών μεταβολών βάσει προτύπων εικόνων που περιλαμβάνονται σε διδακτικά εγχειρίδια, ή προτείνονται από τον εκπαιδευτικό ή/και τους εκπαιδευόμενους. Σε αυτή την επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση προτείνεται να εντάσσεται το λογισμικό και η όποια εκπαιδευτική διαδικασία στην οποία χρησιμοποιείται. Η ερευνητική μεθοδολογία περιγράφεται στη συνέχεια.

Η Έρευνα – Η Εφαρμογή – Η Αξιολόγηση

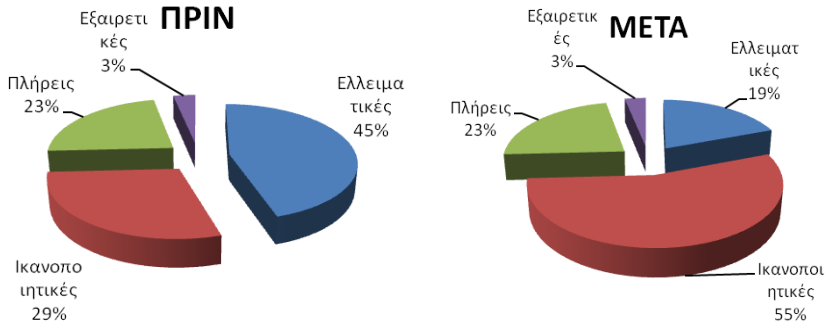
Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε 74 μαθητές της Β΄ Λυκείου (35 μαθητές της Θετικής Κατεύθυνσης και 39 της Τεχνολογικής), και σε 18 φοιτητές / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της Α/βάθμιας και Β/βάθμιας εκπαίδευσης.

Επειδή όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές / φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί είχαν διδαχθεί την προαναφερθείσα θεματική με τον παραδοσιακό τρόπο και με συμβατικά μέσα –σε κάθε περίπτωση όμως όχι με το προτεινόμενο λογισμικό– δεν χωρίστηκαν σε ομάδες αναφοράς και πειραματισμού αλλά όλοι αφού συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο (pre test) στην αρχή της

ερευνητικής διαδικασίας, μετείχαν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία αρχικά με επίδειξη και κατόπιν με ίδια χρήση του προτεινόμενου λογισμικού ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με βάση ένα φύλλο εργασίας. Στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας συμπλήρωσαν ένα ακόμη ερωτηματολόγιο (post test). Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων αφορούσαν στη διάκριση των βασικών μεταβολών και τη σύγκριση των χαρακτηριστικών τους μεγεθών (π.χ. σύγκριση θερμοκρασιών σε δύο ισόθερμες καμπύλες), επιλογή μεγεθών (μεταξύ των P,V και T) σε άξονες δοσμένων γραφημάτων, σχεδίαση κυκλικών μεταβολών σε δισδιάστατες προβολές, κ.λπ. Στα φύλλα εργασίας της β φάσης υπήρχαν πρόσθετες ερωτήσεις σχετικά με την αξιολόγηση του λογισμικού, όπου προβλεπόταν και η καταγραφή παρατηρήσεων και σχολίων από τους συμμετέχοντες.

Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού έγινε με βάση τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την εκπαιδευτική / ερευνητική διαδικασία καθώς και με βάση τις παρατηρήσεις / σχόλιά τους για τη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού, αλλά και τον «πειραματισμό» τους με το λογισμικό. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων και στα δύο ερωτηματολόγια (πριν και μετά) ταξινομήθηκαν στις εξής κατηγορίες: «ελλειμματικές» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε λιγότερα από τα μισά ερωτήματα), «ικανοποιητικές» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε περισσότερα από τα μισά ερωτήματα), «πλήρεις» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε όλα τα ερωτήματα) και «εξαιρετικές» (όταν απαντούσαν πλήρως σε όλα τα ερωτήματα).

Μια πρώτη αποτίμηση των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια και των παρατηρήσεων / σχολίων στα φύλλα εργασίας έδειξε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο κατηγοριών του δείγματος της έρευνας, γι' αυτό και τα αποτελέσματά της εμφανίζονται ενοποιημένα:

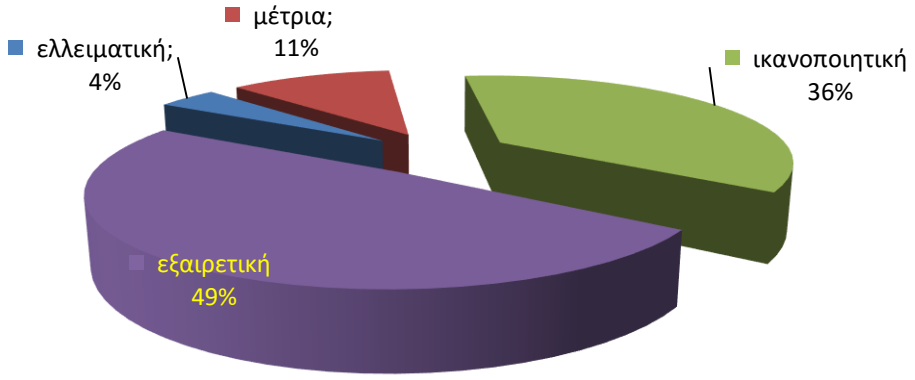


Διάγραμμα 1 και 2: Ποσοστά (%) απαντήσεων συμμετεχόντων στα ερωτηματολόγια πριν και μετά

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων (στο pre test και στο post test) βαθμολογήθηκαν με (1) όταν ήταν ελλειμματικές, με (2) όταν ήταν ικανοποιητικές, με (3) όταν ήταν πλήρεις και με (4) όταν ήταν εξαιρετικές. Η σύγκριση των επιδόσεών τους στα δύο τεστ με το στατιστικό κριτήριο t-test για εξαρτημένα δείγματα έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του post test: $t(91)=-5,348$, $p<0,001$ (pre test μ.ο.=1,87, τ.α.=0,892 και post test μ.ο.=2,11, τ.α.=0,748).

Σημαντικό επίσης κρίνεται το γεγονός ότι η τυπική απόκλιση της βαθμολογίας μειώθηκε μετά τη χρήση του λογισμικού. Έτσι, ενώ ο μέσος όρος βαθμολογίας δεν αυξήθηκε εντυπωσιακά, είναι σημαντικό ότι το δείγμα ομογενοποιήθηκε περισσότερο.

Όσον αφορά στη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού οι παρατηρήσεις και τα σχόλια των συμμετεχόντων ταξινομήθηκαν, επίσης, στις κατηγορίες: «ελλειμματική», «μέτρια», «ικανοποιητική», «εξαιρετική».



Διάγραμμα 3: Ποσοστά (%) λειτουργικότητας λογισμικού

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των συμμετεχόντων απαντά θετικά για της λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητα του λογισμικού με το 49% από αυτούς να τη θεωρούν εξαιρετική. Οι ίδιοι δήλωσαν ότι δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερες δυσκολίες στη διαχείριση του λογισμικού κι αυτό οφείλεται στην αρχική επίδειξή του, στις κατατοπιστικές οδηγίες και την απλή δομή των μενού.

Τα Συμπεράσματα – Οι Προτάσεις

Από τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας των μαθητών / φοιτητών / μελλοντικών εκπαιδευτικών προκύπτει ότι τα συγκεκριμένα εκπαιδευτικά λογισμικά είναι δυνατό να υποστηρίξουν αποτελεσματικά την εκπαιδευτική διαδικασία –στη δευτεροβάθμια / λυκειακή και την τριτοβάθμια εκπαίδευση– των εννοιών και των πληροφοριών που προκύπτουν από τη μελέτη των Περιστρεφόμενων Διανυσμάτων και του γραφήματος της Καταστατικής Εξίσωσης.

Ο πρώτος τίτλος ειδικότερα, βοηθά τους εκπαιδευόμενους να συσχετίσουν το Περιστρεφόμενο Διάνυσμα με την προκύπτουσα ημιτονοειδή καμπύλη και διευκολύνει τη νοητική μετάβαση από την "κυκλική κίνηση" στην "ταλάντωση". Ακόμη επιτρέπει τη γενίκευση της τεχνικής του Περιστρεφόμενου Διανύσματος στις αναφερόμενες θεματικές ενότητες, αλλά και σε άλλες, που δεν αναφέρονται στο λογισμικό (π.χ. κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με τα στοιχεία R, L, C συνδεδεμένα παράλληλα).

Όσο για τον δεύτερο τίτλο, διαπιστώθηκε ότι επιτυγχάνει εκπαιδευτικά τη συσχέτιση από τους εκπαιδευόμενους των δισδιάστατων προβολών με την πλήρη (τρισδιάστατη) αναπαράσταση και διευκολύνει τη νοητική μετάβαση από τη μία τυποποιημένη προβολή στην άλλη (π.χ. από P-V σε V-T).

Και στις δύο περιπτώσεις διαπιστώθηκε επιπρόσθετα η λειτουργικότητα του λογισμικού και η προστιθέμενη αξία των τεχνικών και αισθητικών χαρακτηριστικών του, καθώς και η δυνατότητα επαναληπτικού «πειραματισμού» με αυτό.

Συνεπώς θεωρούμε ότι είναι δυνατή η γενίκευση της χρήσης / αξιοποίησης του λογισμικού στην τυπική –τουλάχιστον– εκπαίδευση, αφού το δείγμα της ερευνητικής διαδικασίας ήταν αρκετά ευρύ, προτείνουμε δε τη χρήση / αξιοποίησή του.

Η Βιβλιογραφία, οι Αναφορές

Τσάκωνας Π., Γκικοπούλου Ο., Καλκάνης Γ.Θ. (2011). "Προσομοιώσεις / Συσχετίσεις Μικροσκοπικών Ταλαντώσεων και Μακροσκοπικών Κυμάτων με ένα Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση". 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτικής των

Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση", Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρούπολη, 15-18 Απριλίου

Ιμβριώτη Δ., Γκικοπούλου Ο. (2009). "Το εκπαιδευτικό πρότυπο του μικροΚόσμου και οι Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις του ερμηνεύουν και ενοποιούν τα φαινόμενα του ΜακροΚόσμου στο μάθημα των Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης", 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση "Οι Πολλαπλές Προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών", Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγική Σχολή, Φλώρινα, 7-10 Μαΐου

Καλκάνης Γ. Θ. κά., (2003). Λογισμικά «Ιπτάμενες Μηχανές» και «Επαναληπτικές Διαδικασίες», Εργαστήριο ΦΕΤΠ - Α.Ε.Ε.Ε., Πρόγραμμα "ΠΛΕΙΑΔΕΣ" / ΝΗΡΙΗΔΕΣ, ΕΑ.ΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας» 2003-2007, Μέτρο 1.2, Γ΄ΚΠΣ, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2007α). "Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα), Αθήνα

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007β). "ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. κά. (2007γ). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ … 1. τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία των Σωμάτων, 2. την Εξάτμιση, το Βρασμό και την Υγροποίηση των Σωμάτων, 3. την Τήξη και την Πήξη των Σωμάτων, 4. τις Δυνάμεις μεταξύ των Σωμάτων, 5. τις Ανανεώσιμες Αποθήκες Ενέργειας"» (βλ. http://www.edutv.ypepth.gr), Εργαστήριο ΦΕΤΠ Πανεπιστημίου Αθηνών, Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση / Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα

Dimopoulos, V., Kalkanis, G. (2003). "An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations", *4th ESERA Conference, "Research and the quality of science education", The Netherlands, Noordwijkerhout, August 19-23*

Grigoriou V, Gikopoulou O., Papageorgiou K., Kalkanis G., (2010). "Prospective Physics Teachers Design and Develop a Normative Lesson utilizing Hands-on Applications of Digital Technologies - Preliminary Results", 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, Hsci2010, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Kalkanis, G. (1996). "The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes" (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: "New ways of teaching Physics", Ljubliana, Slovenia*

Kalkanis, G. (1997). "Realistic Systems / MicroKosmos, Stochastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and learning real physical phenomena - an Appeal and Applications", *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece*

Kalkanis, G., Sarris, M., (1999). "An educational MONTE CARLO simulation / animation program for the cosmic rays muons and a prototype computer-driven hardware display", *Journal of computers in mathematics and science teaching* 18(1), 61-80

Kalkanis, G. (2001). "Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?" (invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus.*

Kalkanis, G. (2010). "A Hands-on "View" of microKosmos – Simulations / Visualizations for Science and Education", Invited Talk, Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). "A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs", 3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop", University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France.

http://micro-kosmos.uoa.gr

Δισδιάστατες-Τρισδιάστατες Ψηφιακές Αναπαραστάσεις / Προσομοιώσεις για την Πρωτοβάθμια Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο πλαίσιο του μαθήματος των Φυσικών και Αρχικές Αντιλήψεις Φοιτητών

Μαρία Μπιμπούδη, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
bibumaria@gmail.com,

Περίληψη

Η εργασία αναφέρεται στη χρήση εφαρμογής των ψηφιακών Τεχνολογιών στην εκπαίδευση, με σκοπό να ερμηνευτεί και να κατανοηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής στο σύγχρονο σχολείο. Η λειτουργικότητα και η εύχρηστη εφαρμογή τους, όπως παρουσιάζονται μέσα από τις ψηφιακές αναπαραστάσεις με τις μορφές της προσομοίωσης και μοντελοποίησης σε δισδιάστατο, αλλά και τρισδιάστατο χώρο δια μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή παρουσιάζουν τη διαδικασία μάθησης με τρόπο ελκυστικό και διερευνητικό. Η εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει τέτοιες ενδεικτικές αναπαραστάσεις εννοιών και φυσικών πειραματισμών που σχετίζονται με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, όπως σχεδιάστηκαν για τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού για τη βαθμίδα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η προσέγγιση που προτείνεται μπορεί να ενταχθεί υποστηρικτικά στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου στα βιβλία "Φυσικά-Ερευνώ και Ανακαλύπτω" σύμφωνα με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, όπου εκεί αναφέρονται ζητήματα ενέργειας και προστασίας του οικοσυστήματος. Η ανάπτυξη αυτών των μοντέλων κρίθηκε απαραίτητη μετά από τα αποτελέσματα της μέχρι τώρα ερευνητικής διαδικασίας, που δείχνει την αναγκαιότητα ένταξης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Abstract

The work refers to the use of digital technologies in education, so as to interpret and understand the energy saving in the context of climate change of modern school. The functionality and easy-to-use application as displayed through the digital representations in the forms of computer modeling and simulation in two-dimensional and three-dimensional space, present the learning process in an attractive and exploratory way. The study attempts to demonstrate such indicative representations of concepts and physical experimentation related to the phenomenon of climate change, as designed for the creation of educational software for primary school education. The approach that is proposed can be integrated in the "Physics – Exploring and Discovering" books so as to support teaching of the Physics course during the fifth and sixth grade of primary school education, according to the cross-curricular unified framework of program and curriculum studies referring to energy issues and ecosystem protection. The development of these models was deemed necessary after the results of the present research process which demonstrated the necessity for the integration of climate change phenomenon into the educational process.

Εισαγωγή

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των σύγχρονων ψηφιακών Τεχνολογιών είτε με τη μορφή πληροφοριών και γνώσεων είτε με τη μορφή δυναμικών, μη σειριακών τρισδιάστατων προγραμμάτων ενός γνωστικού αντικειμένου ή μιας θεματικής ενότητας προσφέρουν μια δημιουργική - υποστηρικτική παρέμβαση στην εκπαιδευτική διαδικασία παρέχοντας χρηστικότητα και ευελιξία (Καλκάνης 2007). Το ψηφιακό μοντέλο στο πλαίσιο τέτοιων εφαρμογών αποτελεί την αναπαράσταση ενός προτύπου της πραγματικής καθημερινότητας, ώστε να είναι ακριβής, αντικειμενική και αξιόπιστη ως προς τη λειτουργικότητα και χρηστικότητα απλοποιώντας το μοτίβο ενός επιστημονικού – εννοιολογικού περιεχομένου (Halloun, 2006). Επομένως, η αναπαράσταση ενός σύνθετου φαινομένου η μιας πολύπλοκης

εννοιολογικής οντότητας αποτελεί αρωγή στη μαθησιακή διαδικασία συμβάλλοντας στην απεμπλοκή του νου από συγκεχυμένες καταστάσεις. Πάνω σε αυτή θα στηριχθεί η προσομοίωση που δεν αγνοεί τις προϋποθέσεις και τους κανόνες ενός υπολογιστικού πειράματος (Ψυχάρης, 2009).

Η σημασία της χρήσης μοντέλων στη μαθησιακή διαδικασία κατά το σχεδιασμό και τη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο στις μέρες μας τόσο στο πλαίσιο της φυσικής μέσω της υπολογιστικής πραγμάτωσης πειραμάτων (Crawford, 2004; Sperandeo-Mineo et. al., 2003) όσο και των υπόλοιπων γνωστικών αντικειμένων σε όλες της βαθμίδες της εκπαίδευσης (Hjorth-Jensen, 2007). Παρατηρείται, λοιπόν μια βελτίωση της ικανότητας μάθησης και κατανόησης γνωσιακών προτύπων μέσω της παρουσίασης μοντελοποιημένων δραστηριοτήτων (Hestenes, 1996; Justi & Gilbert, 2002; Wells et al., 1995).

Αρκετές έρευνες στις μέρες μας ασχολούνται με την εκπαιδευτική αξία και τη χρησιμότητα της δημιουργίας μοντέλων στη σχολική τάξη ως αυτόνομης εκπαιδευτικής διαδικασίας ή ως τμήμα της διερευνητικής μάθησης (Smyrnaiou et al., 2011). Έχει βρεθεί ότι οι ψηφιακές αναπαραστάσεις φυσικών προβλημάτων της πραγματικότητας συμβάλλουν στη καλύτερη αντίληψη των φαινομένων (Gould et al, 2007). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι οι μοντελοποιημένες διαδικασίες βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν συλλογισμούς και να κατανοήσουν καλύτερα τις επιστημονικές έννοιες (De Jong & Van Joolingen, 2008).

Στη διαδικασία της μάθησης, όπως αποδεικνύεται από τις νεότερες διδακτικές θεωρίες κατά βάσει στις φυσικές επιστήμες, η παρέμβαση μοντελοποιημένων δραστηριοτήτων λειτουργεί υποστηρικτικά, γιατί σε αυτές ενυπάρχουν στοιχεία, πρακτικές και τεχνικές που μοιάζουν με τις γνήσιες – άμεσα εφαρμόσιμες επιστημονικές δράσεις (Weil-Barais, 1994; Gilbert & Boulter, 2000). Με βάση την οπτική αυτή η μάθηση δε λαμβάνει χώρα μόνο δεσμευτικά για την αποκόμιση αυτού καθαυτού του μοντέλου, αλλά ενεργοποιεί εκείνα τα γνωστικά εργαλεία που είναι εναρμονισμένα στις πρακτικές τεχνικές της μοντελοποίησης (Ραβάνης, 1999). Εξάλλου, έχει αποδειχθεί ότι παρεμβάσεις που επιτρέπουν την έκφραση και τη σκέψη των μαθητών με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις ενδυναμώνουν την κατανόησή τους και όχι τη στείρα απομνημόνευση (Βοσνιάδου, 1998).

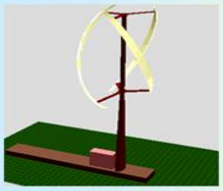
Αυτού του είδους, λοιπόν οι δραστηριότητες σηματοδοτούν τη μαθησιακή διαδικασία και εμπεριέχονται σε ταξινομήσεις εκπαιδευτικών λογισμικών που είναι γνωστά ως λογισμικά μοντελοποίησης (Teodoro, 1994; Mellar et al., 1994). Ταυτόχρονα με τη σημασία των μοντέλων αυτών αναγνωρίζεται και η αναγκαιότητα πλαισίωσής του με θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης (Mellar et al., 1994; Gilbert & Boulter, 2000). Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με τα λογισμικά ‘Δημιουργός Μοντέλων και Modeling Space’ (Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., 2004) στη διδακτική των φυσικών επιστημών καθώς και στη δημιουργία λογισμικών (Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., 2001), έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των μοντέλων στην ενθάρρυνση των μαθητών για μάθηση (Εργαζάκη Μ., Κόμης Β., Ζόγκζα Β.,2002).

Νέα λογιστικά μοντελοποίησης προκύπτουν από τις καινοτόμες ερευνητικές δράσεις της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, το τρισδιάστατο μοντέλο στο πρόγραμμα Sweet home 3d που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη-μαθητή να δημιουργήσει, αλλά και να δει τα αποτελέσματα αυτής της δημιουργίας με θέαση από ψηλά, σε εικονική επίσκεψη ακόμα και μέσω της δημιουργίας video ή εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε μοντέλο ανεμογεννήτριας οριζόντιου και κάθετου άξονα (εικόνα 1., εικόνα 2., εικόνα 3.). Δημιουργήθηκε μοντέλο φωτοβολταϊκού συστήματος (εικόνα 4.) και οικοδομή με φωτοβολταϊκά συστήματα στη στέγη(εικόνα 4.). Πρόκειται για μοντέλα που μπορούν να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στο πλαίσιο της θεματικής ενότητας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης, στο πρόγραμμα 3ds Max κατασκευάστηκε μοντέλο ανεμόμυλου (εικόνα 5.εικόνα 6.), επιτρέποντας στο μαθητή να δει, κάνοντας ζουμ, λεπτομέρειες της κατασκευής καθώς και τον τρόπο που κινείται, αφού το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα με μεγάλη ακρίβεια να καθοριστούν κινήσεις με εντολές του animation. Ακόμα, σε δισδιάστατο επίπεδο σχεδιάστηκε προσομοίωση στο

πρόγραμμα Flash (εικόνα 6.,εικόνα7) , όπου αναπαριστά τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

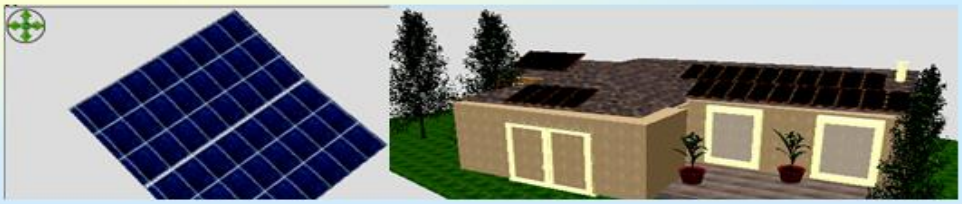
Εικόνα 1. Το περιβάλλον εργασίας του Sweet Home 3d

Εικόνα 2. Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα



Εικόνα 3. Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα

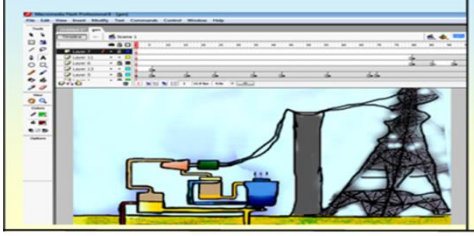
Εικόνα 4. Φωτοβολταϊκά συστήματα



Εικόνα 5. Το περιβάλλον εργασίας 3ds Max

Εικόνα 6. Μοντέλο ανεμόμυλου

Εικόνα 7. Το περιβάλλον εργασίας του Flash 8



Εικόνα 8. Η γεωθερμική ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος

Στην ίδια θεματική ενότητα στη θεματική της εξοικονόμησης ενέργειας στο πρόγραμμα Sweet home 3d (εικόνα 9.) σχεδιάστηκε το εσωτερικό ενός σπιτιού με λεπτομέρειες στις ηλεκτρικές συσκευές που μπορούν πλοηγώντας τρισδιάστατα στο χώρο οι μαθητές να εντοπίσουν εκείνες της συσκευές που απαιτούν ορθολογική χρήση, ώστε να μειωθεί η σπάταλη από την αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας.

Η εφαρμογή ωστόσο λογισμικών μοντελοποίησης όπως το παραπάνω, προϋποθέτει έναν εκπαιδευτικό ο οποίος έχει τις ικανότητες να το διδάξει αλλά και διακατέχεται από μία θετική στάση απέναντι στα θέματα που καλλιεργούν αυτά τα μοντέλα και αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενέργειας και την καλλιέργεια οικολογικής συνείδησης. Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί θα είναι αυτοί που θα αναλάβουν το έργο να καλλιεργήσουν αυτές τις αξίες στους μαθητές τους σε μία εκπαιδευτική διαδικασία που χρειάζεται χρόνο για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης. Πριν ωστόσο από αυτήν την εκπαιδευτική υλοποίηση χρειάζεται να καταγραφεί η αντίληψη των μελλοντικών εκπαιδευτικών που έχουν για την χρήση και την αξία των προγραμμάτων αυτών.

Σκοπός της έρευνας ήταν να μελετηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών πριν και μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος ασκήσεων με λογισμικό μοντελοποίησης, σχετικά με τις συμβατικές και εναλλακτικές μορφές ενέργειας και τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την αναγκαιότητα της ένταξης της ενεργειακής εκπαίδευσης στη σχολική τάξη και τη σημασία της ατομικής ενέργειας και δράσης στην προστασία του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, η έρευνα αποσκοπεί να απαντήσει στις εξής ερευνητικές ερωτήσεις αναφορικά με τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων:

Ποια είναι η αυτό-αντιλαμβανόμενη εκπαιδευτική επάρκεια των συμμετεχόντων;

Ποιος είναι ο βαθμός ικανοποίησης από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή;

Ποια μπορεί να είναι η επίδραση του λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης και γνώσης;

Ποιες ενέργειες προωθούν την προστασία του περιβάλλοντος;

Μεθοδολογία

Δείγμα

Το δείγμα αποτελούνταν από 335 τριτοετείς φοιτητές (35φοιτητές, 300 φοιτήτριες) του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2011-2012.

Εργαλείο μέτρησης

Δημιουργήθηκε ένα νέο εργαλείο μέτρησης προσαρμοσμένο στις ελληνικές εκπαιδευτικές συνθήκες αποτελούμενο αρχικά από 41 ερωτήσεις. Για την δημιουργία του νέου εργαλείου μέτρησης μελετήθηκαν αντίστοιχα ερωτηματολόγια όπως αυτό των επιστημών της θάλασσας του Πανεπιστημίου Αιγαίου και η τροποποιημένη μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας των O' Connor et al (1999), που είχαν δημιουργηθεί για την αξιολόγηση των ενεργειών/πράξεων υπέρ της εξοικονόμησης ενέργειας, την προαγωγή αντίστοιχων σχολικών προγραμμάτων, και την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Ακολούθησε παραγοντική ανάλυση από προέκυψε ένα ερωτηματολόγιο 35 ερωτήσεων που εξηγούσε το 57.19 της συνολικής διακύμανσης αποτελούμενο από εξής 5 παράγοντες:

Κλιματική αλλαγή και παράγοντες πρόκλησης

Ενέργειες για την προστασία του περιβάλλοντος

Ικανοποίηση εκπαιδευτικών από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή

Ικανότητα εκπαιδευτικού (για την προώθηση και προαγωγή της εκπαίδευσης κλιματικής συνείδησης στο σχολείο)

Σημασία λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης.

Η ανάλυση Cronbach's α ανέδειξε εσωτερική συνοχή των ερωτήσεων που απαρτίζουν τον κάθε παράγοντα του ερωτηματολογίου που κυμάνθηκε από καλή (α = .667) έως υψηλή (α= .862) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Εσωτερική συνοχή παραγόντων ερωτηματολογίου

Παράγοντες	Cronbach 's α
1. Κλιματική αλλαγή και παράγοντες πρόκλησης	.667
2. Ενέργειες για την προστασία του περιβάλλοντος	.848
3. Ικανοποίηση εκπαιδευτικών από την εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή	.792
4. Ικανότητα εκπαιδευτικού (από την προώθηση και προαγωγή της εκπαίδευσης κλιματικής συνείδησης στο σχολείο)	.794
5. Σημασία λογισμικού μοντελοποίησης στην ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης	.862

** p< .001, [1] ICC: Intra-class Correlation Coefficient

Διαδικασία

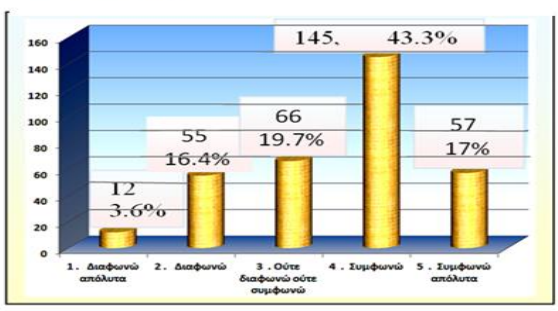
Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους φοιτητές/τριες του δείγματος πριν και μετά την ολοκλήρωση το προγράμματος των εργαστηριακών ασκήσεων του Γ΄ έτους όπου οι φοιτητές ασκήθηκαν πέρα από ασκήσεις φυσικής και στα λογισμικά προγράμματα Sweet home 3d, 3ds Max και Flash. Πριν από την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου δόθηκαν εξηγήσεις για τον σκοπό της έρευνας, ενώ η ερευνήτρια ήταν παρούσα καθ' όλη την διάρκεια συμπλήρωσής του για να απαντήσει σε τυχόν απορίες των συμμετεχόντων. Μέση διάρκεια συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου από κάθε συμμετέχοντα ήταν 10 λεπτά.

Αποτελέσματα

Οι στατιστικές αναλύσεις βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας στα πλαίσια διδακτορικής έρευνας. Για τις ανάγκες της παρουσίασης αναφέρονται ποσοστιαίες αναλύσεις και γραφήματα αντιπροσωπευτικών ερωτήσεων από τις αρχικές απαντήσεις των συμμετεχόντων, πριν την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου φαίνονται στα παρακάτω κυλινδρικά ραβδογράμματα:

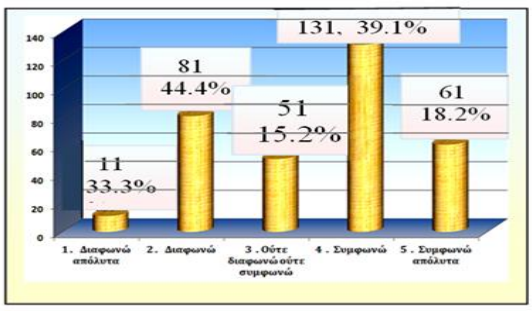
Γράφημα 1.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες υιοθετώντας οικολογικές ιδέες αντικαθιστώντας τις παλιές συσκευές με νέες που είναι ενεργειακά αποδοτικότερες



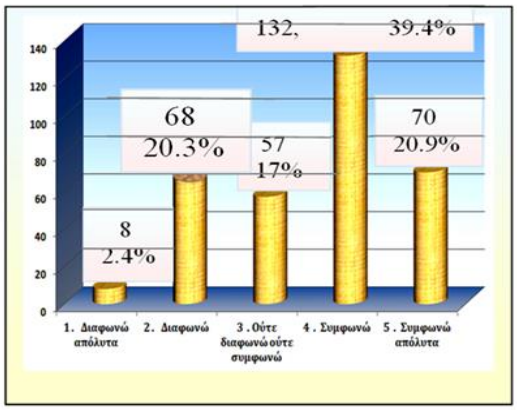
Γράφημα 2.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες μη αφήνοντας τις ηλεκτρικές συσκευές σε κατάσταση αναμονής



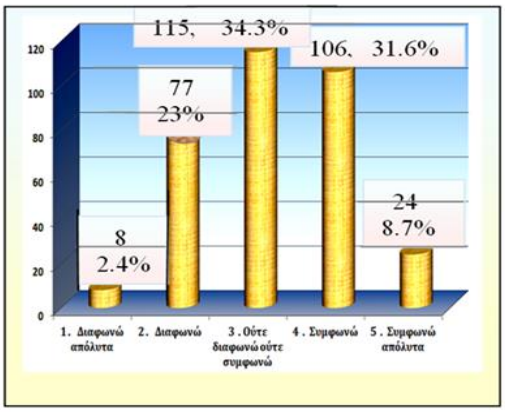
Γράφημα 3.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες διαχειρίζοντας υπεύθυνα οικονομικά την κατανάλωση νερού



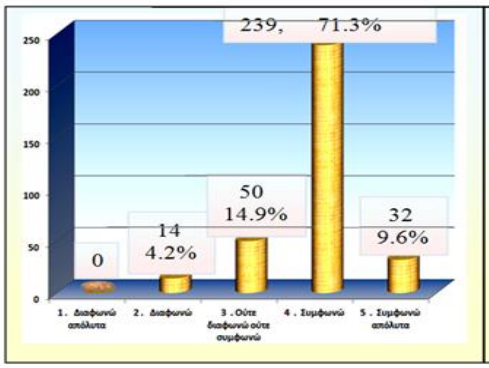
Γράφημα 4.

Το κάθε άτομο κάνει ενέργειες διαφυλάττοντας τα κτίρια προσέχοντας να υπάρχει η κατάλληλη μόνωση



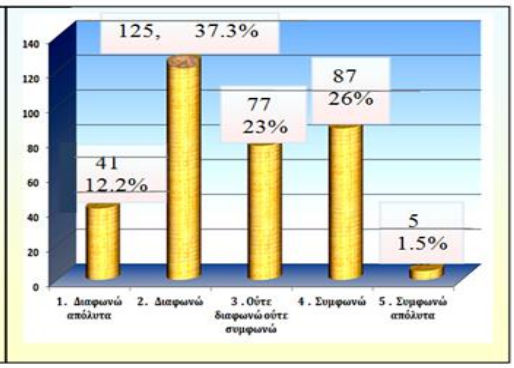
Γράφημα 5.

Πιστεύω ότι η ενημέρωση και η κατάλληλη εκπαίδευση του εκπαιδευτικού οδηγεί στην εξοικονόμηση ενέργειας



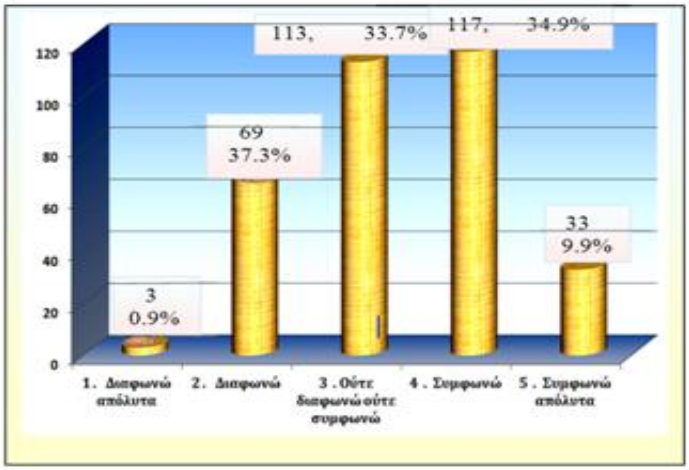
Γράφημα 6.

Ως εκπαιδευτικός είμαι ικανοποιημένος από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών



Γράφημα 7.

Θεωρώ ότι τα προγράμματα και οι υπηρεσίες που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας ενθαρρύνουν τη συμμετοχή εκπαιδευτικών και παιδιών σε αντίστοιχες δράσεις εντός και εκτός του σχολείου



Συμπεράσματα

Μελετώντας τις απαντήσεις των φοιτητών /μελλοντικών εκπαιδευτικών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι οι φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατανοούν τη σημασία της ατομικής ενέργειας / δράσης για την εξοικονόμηση ενέργειας, και θεωρούν ότι κάνουν μεμονωμένα ενέργειες που αφορούν τη χρήση ενεργειακά αποδοτικότερων ηλεκτρικών συσκευών, τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών σε κατάσταση μη αναμονής, την οικονομική κατανάλωση νερού και την μόνωση των κτιρίων. Στην τελευταία περίπτωση ωστόσο (μόνωση κτιρίων) διαφαίνεται ένα ποσοστό 34.3% των φοιτητών είναι αδιάφορο. Από αυτό διαπιστώνεται ότι ναι μεν υπάρχει ολοκληρωμένη γνώση για το ποιες ατομικές δράσεις οδηγούν στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά δεν δίνεται η απαραίτητη σημασία ή δεν υπάρχει η απαιτούμενη γνώση ως προς την προσαρμογή υλικών για την εξοικονόμηση ενέργειας. Όσον αφορά την εκπαίδευση και την κατάλληλη ενημέρωση των εκπαιδευτικών στο θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας φαίνεται η αναγκαιότητά της, αφού οι φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συμφωνούν πως η υπάρχουσα σχολική πραγματικότητα το απαιτεί. Επίσης, οι περισσότεροι δεν είναι ικανοποιημένοι από την αξιοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας στο χώρο εντός και εκτός του σχολείου και θεωρούν την ύπαρξη προγραμμάτων απαραίτητη για ενδοσχολικές και εξωσχολικές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε και ένα ποσοστό 33.7% που είναι αδιάφορο για τη λειτουργία τέτοιων προγραμμάτων, καθώς πιθανότατα να μη γνωρίζουν επαρκώς τη χρησιμότητά τους ή να μην έχει αναπτυχθεί στον βαθμό που θα έπρεπε η οικολογική συνείδησή τους λόγω μη πρότερης επιμόρφωσής τους σε λογισμικά μοντελοποίησης.

Τα διφορούμενα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι απαραίτητη η χρήση και εφαρμογή τέτοιων ψηφιακών-τεχνολογικών προγραμμάτων για την ευαισθητοποίηση των μελλοντικών εκπαιδευτικών περί της χρησιμότητας της ενεργειακής εκπαίδευσης μέσω των νέων λογισμικών μοντελοποίησης που προσφέρουν αποτελεσματικές εικονικές / οπτικοακουστικές αναπαραστάσεις σε δισδιάστατο και τρισδιάστατο χώρο.

Βιβλιογραφία

Βοσνιάδου, Σ. (1998). *Γνωσιακή Ψυχολογία*. Αθήνα: Gutenberg.

Crawford, B.A. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26, 1379–1401.

De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (2008). Model-Facilitated Learning. In: J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer & M. P. Driscoll (Eds). *Handbook of research on educational communications and technology (3rd edition)*. New York: Lawrence Erlbaum, 457–468.

Εργαζάκη Μ., Κόμης Β., Ζόγκζα Β., "*Διερεύνηση νοητικών μοντέλων για την ανάπτυξη - θρέψη των φυτών με εννοιολογική χαρτογράφηση και εκπαιδευτικό λογισμικό*", 3° Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Μάιος 2002

Gilbert J., & Boulter C. (2000) *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gould, H., Tobochnik, J., & W. Christian. (2007) *An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems*, (3rd ed). Addison-Wesley.

Halloun, I.A. (2006). *Modeling theory in science education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Hestenes, D. (1996). Modelling Methodology for Physics Teachers, Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education (College Park, August 1996)

Justi R., & Gilbert J. (2002) Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24, 369–387

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007) *Εκπαιδευτική φυσική - εκπαιδευτικές τεχνολογίες*. Αθήνα: Αυτοέκδοση, κεντρική διάθεση Βιβλιοπωλείο Σαββάλα.

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π. (2001). "*Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον*", Τζεκάκη Μ. & Χατζηπαντελής Θ. (επιμέλεια), 5° Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος.

Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., (2004). Εκπαιδευτικά Λογισμικά Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες, Στο Ι. Κεκκές (Επιμ). *Νέες Τεχνολογίες και Εκπαίδευση: Θέματα Σχεδιασμού, Κοινωνικές και Φιλοσοφικές Επεκτάσεις*, Εκδόσεις Ατραπός, Ένωση Ελλήνων Φυσικών , σελ..113-135.

Mellar H., Bliss J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, (Eds). (1994) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum,* London: The Falmer Press.

O'Conor, R.E., Bord, R.J., & Fisher, A. (1999). Risk perceptions, general environmental beliefs, and willingness to address climate change. *Risk Analysis, 19* (3), 461 – 471.

Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και Γνωστική Προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Smyrnaiou, Z., Moustaki, F., & Kynigos, C. (2011). METAFORA Learning Approach Processes Contributing To Students' Meaning Generation In: Science Learning. In D. Gouscos, & M. Meimaris (Eds.), Proceedings of the 5th European Conference on *Games Based Learning* (ECGBL) (pp. 657-664). Athens, Greece: Academic Publishing Limited.

Sperandeo-Mineo R.M., Cerroni C. & Guastella I. (2003). *Models in Physics: Perceptions Held by Prospective Physics Teachers.* Proceedings of the GIREP Seminar, Udine.

Teodoro V. D. (1994). Learning with Computer-Based Exploratory Environments in Science and Mathematics. in S. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Eds.), *Technology - Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series, Serie F: Computer and Systems Sciences, Vol. 137, pp.179-186. Berlin : Springer Verlag.

Weil-Barais A. (1994). Les Apprentissages en Sciences Physiques, In G. Vergnaud (Ed) *Apprentissages et Didactiques, ou en est-on?* Serie: Former, Organiser pour Enseigner, Paris: HACHETTE Education.

Wells, M., Hestenes, D. & Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction, American Journal of Physics, 63, 606-619.

Ψυχάρης, Σ. (2011). *Η μοντελοποίηση και οι θεωρίες μάθησης στις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Παπαζήση.

Ψηφιακές Αναπαραστάσεις και Τεχνικές για την Εκπαιδευτική Αξιοποίηση των Διαγραμμάτων Feynman

Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης, Γεώργιος Κοντόκωστας
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr
kalkanis@primedu.uoa.gr, gakon67@hotmail.com

Περίληψη

Η περιορισμένη –όπως διαπιστώνεται– αξιοποίηση και η χαμηλή αποτελεσματικότητα –όταν και όπου αξιοποιούνται έως σήμερα– των διαγραμμάτων Feynman στη σύγχρονη εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (κυρίως στην ανώτατη βαθμίδα), παρώθησε τη σχεδίαση, οργάνωση και πραγματοποίηση μιας σειράς ερευνητικών διαδικασιών (2010-2012). Στην τελευταία ερευνητική διαδικασία (2012), της οποίας το αντικείμενο, τα αποτελέσματα και η αξιολόγησή τους παρουσιάζονται εδώ, αξιοποιήθηκαν (και) ψηφιακές αναπαραστάσεις και τεχνικές ενταγμένες στην επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση. Στόχος ήταν η βέλτιστη εκπαιδευτική αξιοποίηση των διαγραμμάτων αλληλεπίδρασης e^-, e^+ και γ από φοιτητές / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς φυσικών επιστημών. Τα θετικά –πολλαπλά– αποτελέσματα, αλλά και η αξιολόγηση των αναπαραστάσεων και των τεχνικών ως χρήσιμων εκπαιδευτικών εργαλείων μας επιτρέπουν τη διατύπωση προτάσεων για την επέκταση της χρήσης τους και τη γενίκευσή τους. Το πλέον ενδιαφέρον συμπέρασμα ήταν η διαπίστωση πολλών φοιτητών ότι τα διαγράμματα Feynman –όπως και ο φυσικός κόσμος– συγκροτούνται από λίγες και απλές, «στοιχειώδεις» δομές, η δε πολυπλοκότητά τους προκύπτει από τις διαφορετικές θέσεις, περιστροφές και –κυρίως– συνδυασμούς τους.

Abstract

The limited -as ascertained- exploitation and low effectiveness –when and where applied up till nowadays– use of Feynman diagrams in modern education in physical sciences (mainly in higher education) motivated the design, organization and realization of a series of research procedures (2010-2012). In the most recent one (2012), the object of which, the results and their evaluation are presented here, were (also) used digital representations and techniques incorporated into the scientific / educational methodology by inquiry. The aim of this research was the optimal educational use of the diagrams of e^-, e^+ and γ interactions by students / prospective science teachers. The positive results as well as the evaluation of the representations and techniques as useful educational tools, allow us to propose the extension of their use as well as their generalization. The most interesting was the finding of many students that the Feynman-diagrams –just like natural world– are composed by a few simple, "elementary" structures and their complexity arises from their different positions, rotations and –mostly– combinations.

Το Πλαίσιο, τα Ερωτήματα, οι Στόχοι

Τα διαγράμματα Feynman, που συμβολιστικά παριστούν τις αλληλεπιδράσεις ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων-φωτονίων στον μικρόκοσμο, έχουν αποδειχθεί πολλαπλά χρήσιμα και ιδιαίτερα αξιοποιήσιμα στην επιστημονική έρευνα, όσον αφορά στην κατανόηση και την ερμηνεία των σχετικών φαινομένων, αλλά και την κωδικοποίηση, την ερμηνεία και την πρόβλεψη δευτερογενών διαδικασιών αυτών των αλληλεπιδράσεων. Γενικότερα, η επιστημονική αυτή προσέγγιση έχει περιγραφεί ως μια χαρακτηριστική προσπάθεια και διαδικασία δημιουργίας προτύπων με εννοιολογική και προβλεπτική αξία (Gilbert 1997) βοηθά δε τόσο την επιστήμη όσο και την εκπαίδευση υπενθυμίζοντας ότι τα πρότυπα αποτελούν προσομοιώσεις / αναπαραστάσεις της πραγματικότητας βασισμένες στη θεωρία και όχι αυτή καθεαυτή η πραγματικότητα (Osborne and Gilbert 1980). Αναντίστοιχη είναι, όμως, η αξιοποίηση των διαγραμμάτων Feynman στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες –ειδικότερα στη φυσική–, ακόμη και των φοιτητών Τμημάτων Φυσικής διεθνώς παρόλο που αναφέρονται σε όλα τα

αναλυτικά προγράμματα. Ενδεικτικές αυτής της αναντιστοιχίας είναι οι περιορισμένες περιγραφές, ερμηνείες και εφαρμογές, χωρίς πολλές ασκήσεις, των διαγραμμάτων στις διεθνείς σειρές εκπαιδευτικών βιβλίων γενικής φυσικής (Alonso-Finn 1967, Serway 1990), όταν σε άλλα δεν αναφέρονται καθόλου (Young and Freedman 2011). Εξάλλου, πολύ λίγες έρευνες και προτάσεις, σχετικές με τρόπους, μεθόδους και τεχνικές για την υποστήριξη της εκπαίδευσης και την εκπαιδευτική αξιοποίηση των διαγραμμάτων Feynman βρέθηκαν στη βιβλιογραφία (Daniel 2000, Dune 2001, Kumericki 2001).

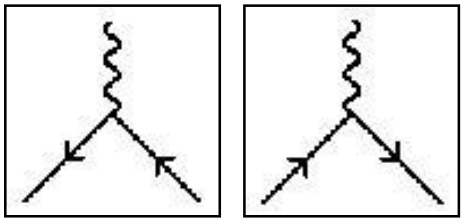
Οι διαπιστώσεις αυτές προέκυψαν μετά από συζητήσεις με μεταπτυχιακούς φοιτητές –απόφοιτους Τμημάτων Φυσικής– και τη συμπλήρωση σχετικών ερωτηματολογίων, στο πλαίσιο μιας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας (Κοντόκωστας 2011). Οι φοιτητές είχαν διδαχθεί τις αλληλεπιδράσεις ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων-φωτονίων με τα διαγράμματα Feynman ως προπτυχιακοί φοιτητές και είναι εν δυνάμει εκπαιδευτικοί που θα διδάξουν στο μέλλον φυσική. Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο έδειξαν ότι μερικοί δεν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν καθόλου τα διαγράμματα. Ακόμη και από αυτούς όμως που αναγνώρισαν και εξήγησαν λίγες ή όλες τις e^--e^+-γ αλληλεπιδράσεις με τους κανόνες των διαγραμμάτων Feynman, ένα μικρό ποσοστό τους είχαν κατανοήσει τον τρόπο που οι φυσικές αρχές εφαρμόζονται ή μπορούσαν να δημιουργήσουν άλλα διαγράμματα. Οι απαντήσεις αυτές και οι διαπιστώσεις ήταν το έναυσμα για την επόμενη ερευνητική διαδικασία, τα ερευνητικά ερωτήματα –και εκπαιδευτικοί στόχοι– της οποίας αφορούσαν στην αναζήτηση μεθόδων, πρακτικών ή τεχνικών που θα βελτιστοποιήσουν την εκπαίδευση στα διαγράμματα Feynman. Τα αποτελέσματα της ενδιάμεσης αυτής ερευνητικής διαδικασίας –και η αξιολόγησή τους– έδειξαν ότι οι μέθοδοι και οι πρακτικές ή τεχνικές που εφαρμόστηκαν ήταν επιτυχείς.

Η δυνατότητα της περεταίρω βελτιστοποίησης της αποτελεσματικότητας αυτών των τεχνικών με την αξιοποίηση των ψηφιακών εκπαιδευτικών τεχνολογιών –ιδιαίτερα των ψηφιακών αναπαραστάσεων– ήταν το ερευνητικό ερώτημα και στόχος της επόμενης ερευνητικής διαδικασίας. Οι δυνατότητες επεξεργασίας, προσομοίωσης / οπτικοποίησης και παρουσίασης σε κίνηση ψηφιοποιημένης πληροφορίας, αλλά και η δυνατότητα χειρισμού της από κάθε εκπαιδευόμενο με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπως και η πρόσβασή τους μέσω του διαδικτύου (Καλκάνης 2010) βοήθησαν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση αυτής της ερευνητικής διαδικασίας.

Η Έρευνα, οι Τεχνικές, οι Αναπαραστάσεις

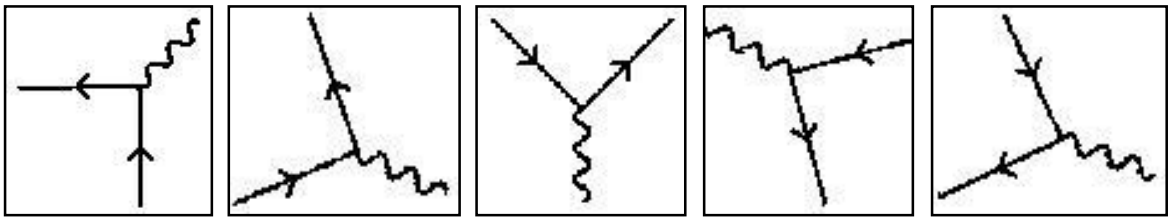
Η αρχική ερευνητική εργασία βασίστηκε σε μια ιδέα του M. I. Daniel (2006) σύμφωνα με την οποία ένα μόνο «στοιχειώδες» διάγραμμα είναι δυνατόν να αντιπροσωπεύει τις βασικές ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ e^-, e^+ και γ. Ως στοιχειώδες διάγραμμα επιλέξαμε τη διαδικασία της διπλής γένεσης $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$ και σχεδιάσαμε το αντίστοιχο στοιχειώδες διάγραμμα Feynman στην εμπρός πλευρά δύο μικρών κομματιών από ημιδιαφανές ριζόχαρτο. Με περιστροφή (κατά 90^o) και αντιστροφή (εμπρός – πίσω) των δύο κομματιών χαρτιού παρουσιάζονται όλες οι δυνατές μορφές των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων. Αυτή η διαδικασία έχει το πλεονέκτημα της ενεργού «διά χειρός» συμμετοχής που είναι πάντα μια από τις σημαντικές επιλογές στην εκπαίδευση.

Στην επόμενη ερευνητική διαδικασία, που περιγράφουμε εδώ, χρησιμοποιήσαμε την ψηφιοποιημένη εικόνα του ίδιου «στοιχειώδους» διαγράμματος $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$ (εικόνα 1α) και την αντίστροφή του εμπρός-πίσω (εικόνα 1β), με τον χρόνο να εξελίσσεται από τα κάτω προς τα επάνω των εικόνων.



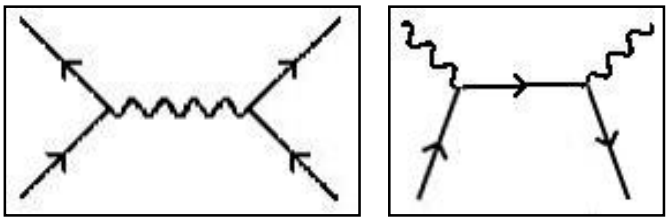
Εικόνες 1α, 1β: Στην εικόνα 1α (αριστερά) φαίνεται το «στοιχειώδες» διάγραμμα που αναπαριστά τη «στοιχειώδη» διαδικασία του μικροκόσμου $e^+ + e^- \rightarrow \gamma$, ενώ η εικόνα 1β (δεξιά) έχει προκύψει από την αντιστροφή εμπρός-πίσω της εικόνας 1α

Εκμεταλλευόμενοι τις δυνατότητες της περιστροφής –εκτός της αντιστροφής– των ψηφιακών εικόνων, είναι δυνατόν εύκολα να παραστήσουμε με περιστροφή των εικόνων 1, 2, σε διάφορες γωνίες, και άλλες δυνατές εκδοχές των αλληλεπιδράσεων μεταξύ e^-, e^+ και γ. Μερικές από αυτές φαίνονται στις εικόνες 2α, 2β, 2γ, 2δ και 2ε.

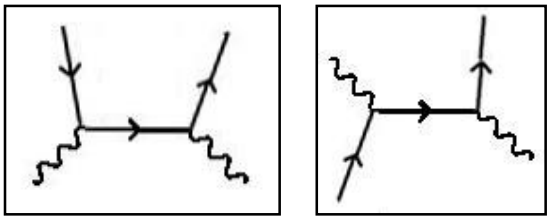


Εικόνες 2α, 2β, 2γ, 2δ, 2ε (από τα αριστερά προς τα δεξιά). Εικόνα 2α: $e^- \rightarrow e^- + \gamma$. Εικόνα 2β: $e^- + \gamma \rightarrow e^-$. Εικόνα 2γ: $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$. Εικόνα 2δ: $e^+ \rightarrow e^+ + \gamma$. Εικόνα 2ε: $e^+ + \gamma \rightarrow e^+$

Με συνδυασμούς, ανά δύο, των εικόνων 1 και 2 προκύπτουν τα διαγράμματα Feynman και άλλων πλέον σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ e^-, e^+ και γ, όπως των $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$, $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$, $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$, $e^- + \gamma \rightarrow e^- + \gamma$ (βλ. εικόνες 3, 4, 5 και 6). Υπενθυμίζουμε ότι ο χρόνος εξελίσσεται από τα κάτω προς τα επάνω των εικόνων.



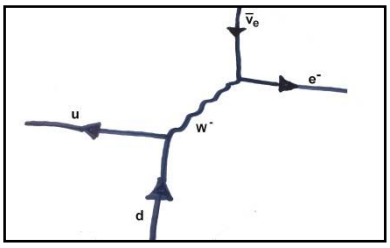
Εικόνες 3, 4 (από τα αριστερά προς τα δεξιά). Εικόνα 3: αλληλεπίδραση δύο ηλεκτρονίων ανταλλάσσοντας ένα εικονικό φωτόνιο, γνωστή ως σκέδαση ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$. Εικόνα 4: αλληλεπίδραση μεταξύ ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου, γνωστή ως εξαΰλωση ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$



Εικόνες 5, 6 (από τα αριστερά προς τα δεξιά). Εικόνα 5: αλληλεπίδραση δύο φωτονίων, γνωστή ως διπλή γένεση ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$. Εικόνα 6: αλληλεπίδραση

μεταξύ ενός ηλεκτρονίου και ενός φωτονίου, γνωστή ως σκέδαση ηλεκτρονίου-φωτονίου $e^- + \gamma \rightarrow e^- + \gamma$.

Αξιοποιώντας την ίδια τεχνική είναι δυνατόν να αναπαραστήσουμε με διαγράμματα Feynman και άλλες αλληλεπιδράσεις / διαδικασίες που μπορεί να συμβούν μεταξύ quarks (up, down, charm, strange, top, bottom), λεπτονίων (electron, muon, tau, electron neutrino, muon neutrino, tau neutrino) και σωματιδίων πεδίου (photon, gluon, z boson, w boson). Ως παράδειγμα, μπορούμε να συνθέσουμε το διάγραμμα Feynman για τη β-διάσπαση (βλ. εικόνα 7).



Εικόνα 7: Αναπαριστά την αλληλεπίδραση / διαδικασία $u + d \rightarrow \bar{\nu}_e + e^-$ (με ανταλλαγή W^-) που είναι γνωστή ως β-διάσπαση.

Η Μεθοδολογία, τα Βήματα, η Εφαρμογή

Η ερευνητική μεθοδολογία την οποία εφαρμόσαμε συνίσταται από τα εξής διαδοχικά βήματα:

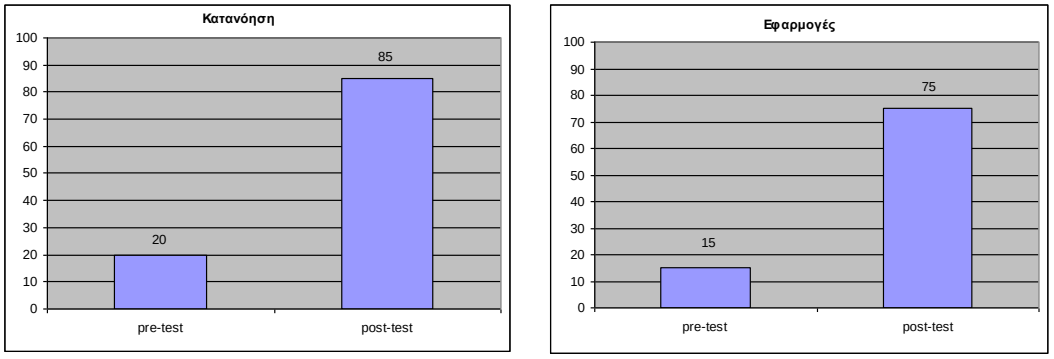
α) Δημιουργήσαμε τις ψηφιακές αναπαραστάσεις τις οποίες περιγράφουμε στη συνέχεια και τις ενσωματώσαμε σε ένα απλό λογισμικό με το οποίο οι φοιτητές μπορούσαν να τις χειριστούν –αντιστρέφοντας και περιστρέφοντάς τες αλλά και δημιουργώντας συνδυασμούς τους– (Τσάκωνας 2012). β) Δοκιμάσαμε με μια ομάδα λίγων φοιτητών τη λειτουργικότητα των αναπαραστάσεων και του λογισμικού με στόχο την επιβεβαίωση της εφικτότητάς τους, ολοκληρώσαμε δε τη σύνθεση / βελτιστοποίηση σχετικού ερωτηματολογίου. γ) Διευρύναμε τη μικρή ομάδα φοιτητών και με άλλους ώστε να σχηματισθεί μια πειραματική ομάδα από είκοσι φοιτητές (τελειόφοιτους προπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Φυσικής που εκπονούν τις διπλωματικές τους εργασίες στο Εργαστήριο και μεταπτυχιακούς φοιτητές αποφοίτους του ίδιου Τμήματος που ακολουθούν τη μεταπτυχιακή κατεύθυνση «Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση»). Όλοι είχαν διδαχθεί σε αντίστοιχο προπτυχιακό μάθημα τα διαγράμματα Feynman, με κοινό χαρακτηριστικό τους ότι όλοι είναι εν δυνάμει εκπαιδευτικοί. δ) Οργανώσαμε και πραγματοποιήσαμε συνεδρίες, διάρκειας 45 περίπου λεπτών, ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση: 1. έναυσμα ενδιαφέροντος, 2. υπενθύμιση προϋπαρχουσών γνώσεων, διατύπωση υποθέσεων, 3. πειραματισμός, 4. διατύπωση συμπερασμάτων, εφαρμογές, 5. γενίκευση, εμπέδωση, ερμηνείες (Καλκάνης 2007, 2010).

Κατά τη διάρκεια των συνεδριών, σύμφωνα με τα βήματα της μεθόδου, οργανώναμε τις εξής διαδικασίες και δράσεις: Στην αρχή, παρωθούσαμε το ενδιαφέρον των φοιτητών (ακολουθώντας το πρώτο μεθοδολογικό βήμα) με την προβολή εικονοσκοπημένων πληροφοριών για τα διαγράμματα Feynman, καθώς και απαραίτητες γνώσεις με τον τρόπο που παρουσιάζονται από τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα διεθνώς βιβλία αναφοράς, ώστε να διατυπώσουν υποθέσεις (ακολουθώντας το δεύτερο μεθοδολογικό βήμα). Τότε, ζητούσαμε από τους φοιτητές τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου (pre-test). Στη συνέχεια (ακολουθώντας το τρίτο μεθοδολογικό βήμα), πραγματοποιούσαμε διδακτική παρέμβαση, ζητώντας από τους φοιτητές να μελετήσουν τις αναπαραστάσεις που φαίνονται στις εικόνες 1 και 2 και να αναγνωρίσουν τις αντίστοιχες διαδικασίες και τα αντίστοιχα διαγράμματα Feynman για να ελέγξουμε την κατανόησή τους από τους φοιτητές. Μετά, αυξάνοντας τη δυσκολία, τους

ζητούσαμε να χειριστούν κατάλληλα τις αναπαραστάσεις των εικόνων 1 και 2 μέσω του λογισμικού ώστε με συνδυασμούς τους να σχηματίσουν τις αναπαραστάσεις των αλληλεπιδράσεων $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$, $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$, $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$, $e^- + \gamma \rightarrow e^- + \gamma$ (που φαίνονται στις εικόνες 3, 4, 5 και 6, αντίστοιχα), ώστε να ελέγξουμε τη δυνατότητα των φοιτητών να εφαρμόσουν τα διαγράμματα Feynman. Επισημαίνουμε ότι το λογισμικό είχε τη δυνατότητα –με επιλογή μας– να δίνει ένδειξη για τη σωστή (ή μη) επιλογής του συνδυασμού. Τότε, ζητούσαμε από τους φοιτητές να συνοψίσουν τα συμπεράσματά τους (ακολουθώντας το τέταρτο μεθοδολογικό βήμα) και να γράψουν παρατηρήσεις και σχόλια. Τέλος, ζητούσαμε από τους φοιτητές (αυξάνοντας ακόμη τη δυσκολία και ακολουθώντας το πέμπτο και τελευταίο μεθοδολογικό βήμα) να γενικεύσουν τα συμπεράσματά τους εφαρμόζοντάς τα και σε άλλες αλληλεπιδράσεις οι οποίες μπορεί να συμβαίνουν μεταξύ άλλων σωματιδίων (quarks, λεπτονίων και σωματιδίων πεδίου), όπως η διαδικασία της β-διάσπασης $u + d \rightarrow \overline{\nu}_e + e^-$ (με ανταλλαγή W^-) που φαίνεται στην εικόνα 7. Τότε, ζητούσαμε από τους φοιτητές να συμπληρώσουν ξανά το ερωτηματολόγιο (post-test).

Τα Αποτελέσματα, τα Συμπεράσματα, οι Προτάσεις

Μετά την αποδελτίωση των φύλλων εργασίας των pre-test και post-test, τη σύγκριση των απαντήσεων και των παρατηρήσεών τους στο ερωτηματολόγιο, καταγράψαμε τα εξής όσον αφορά στα κύρια ερευνητικά ερωτήματα και στόχους: Οι φοιτητές, γενικά, έδειξαν στο pre test δυσκολία στην κατανόηση των κανόνων των διαγραμμάτων Feynman, μόνο δε ένα μικρό ποσοστό (20%) είχε επιτυχία στην κωδικοποίηση των αλληλεπιδράσεων e^-, e^+ και γ που τους δόθηκαν, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (15%) επιχείρησε με κάποια επιτυχία την εφαρμογή τους σε συνθετότερες αλληλεπιδράσεις / διαδικασίες (βλ. εικόνα 8α). Αντίθετα, οι απαντήσεις τους στα post-test, μετά τη διδακτική μας παρέμβαση και ακολουθώντας τα μεθοδολογικά βήματα, έδειξαν ότι είχαν σχεδόν όλοι (85%) κατανοήσει τους κανόνες και τον τρόπο εφαρμογής τους στον χειρισμό των ψηφιακών αναπαραστάσεων των διαγραμμάτων, αλλά και ένα μεγάλο ποσοστό (75%) πέτυχε να εφαρμόσει σωστά τα διαγράμματα για να δημιουργήσει τις δικές του αναπαραστάσεις σε σύνθετες διαδικασίες (βλ. εικόνα 8β)..



Εικόνες 8α, 8β. Η εικόνα 8α αφορά στην κατανόηση των φοιτητών (%), ενώ η εικόνα 8β αφορά στην εφαρμογή από τους φοιτητές (%) των διαγραμμάτων, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (pre-test και post-test, αντίστοιχα).

Επιμέρους συμπεράσματα μπορούν να θεωρηθούν τα ακόλουθα: Ως δευτερογενές –αλλά σημαντικό– συμπέρασμα θεωρούμε την παρατήρηση πολλών ότι μόλις αντιλήφθηκαν ότι τα διαγράμματα Feynman είναι ένα πρότυπο (ή μοντέλο) της πραγματικότητας και ότι μπορεί να ενταχθεί στη γενική ερμηνευτική και ενοποιητική πρόταση για την πρόταξη της γνώση των διαδικασιών σε σχέση με τη γνώση των ορισμών.

Θεωρούμε, όμως, ως το πλέον ενδιαφέρον και σημαντικό συμπέρασμα μερικών φοιτητών τη διαπίστωση ότι τα διαγράμματα Feynman –όπως και ο φυσικός κόσμος– συγκροτούνται από

λίγες και απλές, «στοιχειώδεις» δομές, η δε πολυπλοκότητά τους προκύπτει από τις διαφορετικές θέσεις, περιστροφές και –κυρίως– συνδυασμούς τους. Αυτοί οι φοιτητές, πράγματι συσχέτισαν τα «στοιχειώδη» διαγράμματα Feynman (τις αναπαραστάσεις των εικόνων 1α και 1β) με τα «στοιχειώδη» σωματίδια του μικροκόσμου (τα δύο u και d quarks και τα ηλεκτρόνια, από τα οποία συγκροτείται ο φυσικός μας κόσμος).

Τέλος, θεωρώντας ικανοποιητικά τα αποτελέσματα της ερευνητικής διαδικασίας για την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των διαγραμμάτων Feynman στην εκπαίδευση, προτείνουμε τη συνέχιση και διεύρυνσή της με αυτούς ή και ευρύτερους στόχους, ώστε, με επιβεβαίωση και γενίκευση αυτής της διαδικασίας και των αποτελεσμάτων της, να βελτιστοποιηθεί η εκπαίδευση (κατανόηση και εφαρμογές) στα διαγράμματα Feynman.

Αναφορές

Καλκάνης Γ.Θ. (2007), "Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ", I. οι Θεωρίες, II. τα Φαινόμενα, Αθήνα

Καλκάνης Γ.Θ. (2010), "ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", I. το Εργαστήριο, II. οι Τεχνολογίες, Αθήνα

Κοντόκωστας Γ. (2011), «Μια Εκπαιδευτική Προσαρμογή των Διαγραμμάτων Feynman (και) για τους Φοιτητές Φυσικών Επιστημών», Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αθήνα

Τσάκωνας Π. (2012), «Λογισμικό Διαγραμμάτων Feynman», http://micro-kosmos.uoa.gr (→ οι Εκπαιδευτικές Προτάσεις)

Alonso M., Finn E., (1967), "Fundamental University Physics", book, vol. II, Addison-Wesley Publishing Company, USA

Daniel M., (2006), "Particles, Feynman diagrams and all that", Physics Education, , v. 41, n. 2, p. 119-129, London.

Dune P., (2001), "Looking for consistency in the construction and use of Feynman diagrams", Physics Education, v. 36, n. 5, p. 366-374, London .

Gilbert, J.K. (1997) (Ed) «Exploring Models and Modeling in Science and Technology Education», The University of Reading, The New Bulmershe Papers, UK.

Osborne, R.J. and Gilbert, J.K. (1980) «The use of models in science teaching», The School and Science Review, UK.

Kumericki K., (2001), "Feynman Diagrams for Beginners", Notes at the Adriatic School on Particle Physics, Croatia

Serway R. (1990), "Physics", book, vol. IV, Saunders Golden Sunburst Series, USA

Young and Freedman (2011), "University Physics", 13th Edition, Publisher Addison-Wesley

Συνεδρία 2: Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία της Φυσικής Ι

Σχεδιασμός διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος για τη συνδυασμένη προώθηση εννοιολογικής κατανόησης σε θέματα αστροβιολογίας και της δεξιότητας επιχειρηματολογίας

Δημήτρης Κουρσάρης, Νίκος Παπαδούρης, Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου
(Πανεπιστήμιο Κύπρου, pho6kd1@ucy.ac.cy, npapa@ucy.ac.cy, c.p.constantinou@ucy.ac.cy)

Περίληψη

Η μάθηση στις φυσικές επιστήμες μπορεί να αναλυθεί σε μια σειρά από συνιστώσες, συμπεριλαμβανομένων της εννοιολογικής κατανόησης, των συλλογιστικών στρατηγικών και της επιστημολογικής επάρκειας για τη φύση της επιστήμης. Η παραδοσιακή διδασκαλία επικεντρώνεται συνήθως αποκλειστικά στην προώθηση μιας κυρίως συνιστώσας, της εννοιολογικής κατανόησης, με την πεποίθηση ότι οι υπόλοιπες μπορούν να αναδυθούν αυθόρμητα χωρίς ρητό διδακτικό χειρισμό. Αυτή η πεποίθηση, ωστόσο, βρίσκεται σε αντίφαση με τα διαθέσιμα εμπειρικά δεδομένα τα οποία εισηγούνται την ανάγκη ρητής διδασκαλίας και των υπόλοιπων συνιστωσών. Στην παρούσα έρευνα αναπτύχθηκε ένα μαθησιακό περιβάλλον που ασχολείται με το κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα της μετατροπής του Άρη σε κατοικήσιμο πλανήτη, με σκοπό τη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο είναι εφικτή η συνδυασμένη καλλιέργεια της εννοιολογικής κατανόησης και των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Το μαθησιακό περιβάλλον αναπτύχθηκε στη διαδικτυακή πλατφόρμα «ΣΤΟΧΑΣΜΟΣ» και εφαρμόστηκε σε συνεργασία με μια ομάδα 21 μαθητών ηλικίας 16-17 χρόνων. Τα αποτελέσματα εισηγούνται ότι η αλληλεπίδραση των μαθητών με το μαθησιακό περιβάλλον οδήγησε σε αξιόλογη βελτίωση τόσο σε σχέση με δεξιότητες επιχειρηματολογίας όσο και για κατανόηση εννοιολογικού περιεχομένου. Ταυτόχρονα, εισηγούνται τον παραγωγικό ρόλο της συνδυασμένης προώθησης αυτών των δύο μαθησιακών επιδιώξεων.

Abstract

Learning in Science can be analyzed into a number of constituent components, including conceptual understanding, reasoning strategies and appreciation of NOS. Conventionally, science teaching tends to exclusively focus on just one of these components, namely conceptual understanding, presumably under the tacit assumption that the remaining components can emerge spontaneously as by-products of participation in the laboratory-based science teaching. This assumption conflicts with available empirical evidence, which suggests the need to pursue all these components through explicit instruction. This study relates to the development of a teaching innovation for the integrated promotion of conceptual understanding and argumentation skills. The teaching materials have been developed on "STOCHASMOS", an on-line platform, and it revolves around the socio-scientific issue of whether the terraformation of Mars constitutes a feasible and worthwhile task. We report on the empirical results from the enactment of the teaching materials with a group of 21 students aged 16-17. These indicate significant improvement in both students' argumentation skills and their conceptual understanding about certain aspects of the topic of interest. The data also suggest the potentially productive role of the integrated promotion of these two learning objectives.

Εισαγωγή

Η μάθηση στις φυσικές επιστήμες μπορεί να αναλυθεί σε μια σειρά από συνιστώσες όπως είναι η επιστημολογική επάρκεια, η εννοιολογική κατανόηση και οι δεξιότητες συλλογισμού. Η παραδοσιακή διδασκαλία τείνει να υιοθετεί μια στρεβλωμένη προοπτική η οποία εστιάζεται αποκλειστικά στο εννοιολογικό περιεχόμενο αγνοώντας σε μεγάλο βαθμό τις υπόλοιπες συνιστώσες. Μια ερμηνεία για αυτή την προσέγγιση αναφέρεται στην πεποίθηση ότι οι υπόλοιπες συνιστώσες αναδύονται αυθόρμητα, ως αποτέλεσμα της συμμετοχής των μαθητών

στο εργαστηριακό περιβάλλον διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και της επαφής τους με το εννοιολογικό περιεχόμενο. Τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα βρίσκονται σε αντίφαση με αυτή την προοπτική. Εισηγούνται ότι τόσο οι συλλογιστικές στρατηγικές όσο και η κατανόηση για τη φύση της επιστήμης δεν προκύπτουν αυθόρμητα αλλά προϋποθέτουν ρητή διδακτική επεξεργασία (Osborne et al, 2004). Συνεπώς, προκύπτει μια ανάγκη για μετάθεση της έμφασης από τη γνωσιολογική εξειδίκευση σε πιο ολιστικές διδακτικές προσεγγίσεις που απευθύνονται σε περισσότερες συνιστώσες (NRC, 1996). Η παρούσα εργασία συνδέεται με αυτή την ανάγκη αφού επιδιώκει την ανάπτυξη ενός μαθησιακού περιβάλλοντος για τη συνδυασμένη προώθηση εννοιολογικής κατανόησης και δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Στη συνέχεια, γίνεται επισκόπηση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας αναφορικά με ζητήματα που άπτονται του θεωρητικού πλαισίου της εργασίας. Ακολούθως, περιγράφεται ο μεθοδολογικός σχεδιασμός μιας εμπειρικής διερεύνησης της δυνατότητας του μαθησιακού περιβάλλοντος να προωθεί τις μαθησιακές επιδιώξεις για τις οποίες σχεδιάστηκε και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει.

Η εργασία εστιάζεται στο σχεδιασμό μιας διδακτικής παρέμβασης σχετικά με το κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα της «αποικιοποίησης» του Άρη και απευθύνεται στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό η αλληλεπίδραση των μαθητών με ένα ειδικά σχεδιασμένο διαδικτυακό μαθησιακό περιβάλλον προωθεί την εννοιολογική κατανόησή τους για τις προϋποθέσεις που είναι απαραίτητο να πληρούνται ώστε να καθίσταται εφικτή η ύπαρξη ζωής;
2. Σε ποιο βαθμό η αλληλεπίδραση των μαθητών με ένα ειδικά σχεδιασμένο διαδικτυακό μαθησιακό περιβάλλον προάγει την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας;

Θεωρητικό Πλαίσιο

Δεξιότητες επιχειρηματολογίας και διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Η *επιχειρηματολογία* αναφέρεται στη διαδικασία διατύπωσης και διαπραγμάτευσης επιχειρημάτων (Osborne et al., 2004), είτε σε ατομικό επίπεδο είτε σε συλλογικό επίπεδο, τα οποία μπορούν να εκφραστούν είτε λεκτικά είτε γραπτά (Driver et al., 2000). Αν και οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας έχουν ευρύτερη εφαρμογή παρουσιάζουν μια ιδιαίτερη σύνδεση με το μαθησιακό περιβάλλον των φυσικών επιστημών. Ειδικότερα, η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας αναγνωρίζεται ως βασική πτυχή του επιστημονικού εγγραμματισμού, ο οποίος αποτελεί θεμελιώδης μαθησιακή επιδίωξη. Για παράδειγμα, οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας προϋποτίθενται ώστε να μπορεί κανείς να παρακολουθεί με ενημερωμένο και κριτικό τρόπο το δημόσιο διάλογο που εκτυλίσσεται γύρω από τα ποικίλα ζητήματα κοινωνικο-επιστημονικού χαρακτήρα ή να προσεγγίζει αποτελεσματικά αντίστοιχα ζητήματα που αφορούν σε προσωπικό επίπεδο και απαιτούν την αξιολόγηση εναλλακτικών θέσεων (Kolsto, 2006).

Προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας

Στη διδακτική των φυσικών επιστημών φαίνεται να υπάρχουν τουλάχιστο δύο βασικές κατευθύνσεις σε σχέση με την έρευνα για τις δεξιότητες επιχειρηματολογίας. Η πρώτη, τοποθετεί την έμφαση στο επιχείρημα, ως προϊόν, και τη δομή του (Driver et al., 2000; Jimenez Aleixandre & Perreiro Munoz, 2002). Η δεύτερη εστιάζεται στη διαδικασία ανταλλαγής επιχειρημάτων μεταξύ συνομιλητών με σκοπό να πείσει ο ένας τον άλλο (Kuhn, 1992). Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην πρώτη κατεύθυνση. Ειδικότερα, απευθύνεται στην προώθηση της ικανότητας των μαθητών να δομούν αξιόπιστα και πειστικά επιχειρήματα και στηρίζεται στο μοντέλο του Toulmin (1958). Αυτό το μοντέλο, αποσκοπεί στον προσδιορισμό και ανάλυση των βασικών συστατικών ενός επιχειρήματος. Αναφέρεται σε πέντε κυρίως δομικά συστατικά: τον ισχυρισμό (claim), τα στοιχεία/δεδομένα (data), την αιτιολόγηση (warrant), την ενισχυτική πρόταση (backing), και την αντίκρουση (rebuttal). Ο ισχυρισμός είναι μια δήλωση

που θέλει να υποστηρίξει κάποιος, τα δεδομένα αποτελούν τα στοιχεία στα οποία στηρίζεται ο ισχυρισμός, η αιτιολόγηση διευκρινίζει τη σύνδεση ανάμεσα στα δεδομένα και τον ισχυρισμό, η ενισχυτική πρόταση δίνει υπόσταση στην αιτιολόγηση τονίζοντας περαιτέρω τη σύνδεση των δεδομένων με τον ισχυρισμό, ενώ η αντίκρουση περιλαμβάνει τις συνθήκες ή τους περιορισμούς κάτω από τους οποίους δεν ισχύει ο ισχυρισμός. Όλα τα πιο πάνω στοιχεία φαίνονται στο παράδειγμα που ακολουθεί:

«Τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα (ΓΤΤ) είναι ασφαλή για την ανθρώπινη κατανάλωση (ισχυρισμός). Καμιά από τις έρευνες που έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής δεν έχει δείξει αρνητική επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό (δεδομένο), γιατί αυτά τα νέα χημικά προϊόντα ουσιαστικά αποτελούνται από τα ίδια συστατικά όπως τα συμβατικά προϊόντα (αιτιολόγηση). Έτσι κι αλλιώς αυτοί που αγοράζουν τέτοιου είδους προϊόντα από τις υπεραγορές έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν αν υπάρχουν συστατικά στα οποία είναι αλλεργικοί (ενισχυτική πρόταση). Συνεπώς τα ΓΤΤ είναι ασφαλή για κατανάλωση εκτός και αν προστίθενται αλλεργιογόνα σε αυτά και δεν αναγράφονται στα συστατικά που περιέχουν (αντίκρουση)».

Δεξιότητες επιχειρηματολογίας και εννοιολογική κατανόηση

Διάφορες έρευνες που έχουν διεξαχθεί ανέδειξαν την αμφίδρομη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις δεξιότητες επιχειρηματολογίας και την εννοιολογική κατανόηση. Οι μαθητές οι οποίοι ανέπτυσσαν εννοιολογική κατανόηση σε επαρκέστερο βαθμό, μπορούσαν να οικοδομούν πιο ολοκληρωμένα και συνεκτικά επιχειρήματα συγκριτικά με τους μαθητές που χαρακτηρίζονταν από χαμηλότερο γνωσιολογικό υπόβαθρο (Von Aufschnaiter et al., 2008). Επιπρόσθετα, οι δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές στη διαδικασία της επιχειρηματολογίας φαίνεται να επιτελούν παραγωγικό ρόλο σε σχέση με την προώθηση εννοιολογικής κατανόησης. Μια πιθανή ερμηνεία για αυτό είναι ότι η ανάγκη των μαθητών να υποστηρίξουν όσο το δυνατό πιο πειστικά τους ισχυρισμούς τους, έχει σαν αποτέλεσμα να επεξεργάζονται σε μεγαλύτερο βάθος τις εννοιολογικές πτυχές του ζητήματος (Jimenez-Aleixandre & Perreiro Munoz, 2002).

Μεθοδολογικός σχεδιασμός

Τεχνικά χαρακτηριστικά έρευνας

Το μαθησιακό περιβάλλον εφαρμόστηκε σε μια ομάδα από 21 μαθητές Λυκείου (16-17 ετών) οι οποίοι συμμετείχαν σε καλοκαιρινό όμιλο φυσικής που διοργανώνεται ετησίως στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Η διδακτική παρέμβαση αποπερατώθηκε σε 12 διδακτικές περιόδους διάρκειας 1 ώρας και 50 λεπτών η κάθε μια.

Ερευνητικός Σχεδιασμός

- *Διδακτικό υλικό*

Το διδακτικό υλικό αναπτύχθηκε στη διαδικτυακή πλατφόρμα «ΣΤΟΧΑΣΜΟΣ». Αυτή η πλατφόρμα επιτρέπει το σχεδιασμό ανοικτών μαθησιακών περιβαλλόντων διερεύνησης, υποστηρίζοντας την αξιοποίηση και επεξεργασία αυθεντικών δεδομένων μέσα από διάφορα υποστηρικτικά εργαλεία μάθησης (Kyza & Constantinou, 2007).

Οι μαθητές με αφορμή ένα κεντρικό ερώτημα που τους τίθεται (driving question), έχουν τη δυνατότητα πλοήγησης στο *περιβάλλον διερεύνησης* της πλατφόρμας, όπου διαμορφώνεται το διδακτικό υλικό, συνδυάζοντας πληροφορίες από κείμενα και υπερκείμενα, εικόνες και φωτογραφίες, γραφικές παραστάσεις ακόμα και βίντεο. Όλα αυτά τα δεδομένα οργανώνονται από το μαθητή στο *φάκελο εργασίας* μέσα από τη συμπλήρωση σχεδιοτύπων (ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας), τα οποία διαμορφώνονται προηγουμένως από τον εκπαιδευτικό. Η συμπλήρωση τέτοιων φύλλων εργασίας αποσκοπεί να υποστηρίξει την προσπάθεια των μαθητών να διεκπεραιώσουν την αποστολή που τους ανατέθηκε αρχικά. Επίσης, επιδιώκουν να εμπλέκουν τους μαθητές σε διεργασίες αναστοχασμού, οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν τη μαθησιακή διαδικασία.

Το ειδικά σχεδιασμένο μαθησιακό περιβάλλον που διαμορφώθηκε, διαπραγματεύεται το κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα της μετατροπής του Άρη σε κατοικήσιμο πλανήτη και την ενδεχόμενη μεταφορά μέρους του ανθρώπινου πληθυσμού. Οι μαθητές σαν μέλη μιας εταιρίας στην Κύπρο που ασχολείται με διαστημικά θέματα, καλούνταν να αναπτύξουν ένα επιχείρημα που να απαντά στο ερώτημα: «Να κατοικηθεί ο πλανήτης Άρης»; μελετώντας τις επιστημονικές, οικονομικές, κοινωνικές και ηθικές πτυχές του ζητήματος.

- *Ενότητες του διδακτικού υλικού*

Το μαθησιακό περιβάλλον αποτελείται από δύο κύριες ενότητες. Η πρώτη εστιάζεται στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης από τους μαθητές, για τον τρόπο που ορισμένοι παράγοντες (νερό, θερμοκρασία, ενέργεια, ατμόσφαιρα) επηρεάζουν κρίσιμες λειτουργίες του κυττάρου όπως η αναπαραγωγή, ο μεταβολισμός και η μεταφορά ουσιών στον οργανισμό. Στην ίδια ενότητα, παρέχεται η ευκαιρία στους μαθητές να γνωρίσουν τα κύρια στοιχεία ενός οικοσυστήματος, μελετώντας και πάλι το βαθμό που οι πιο πάνω παράγοντες επηρεάζουν τη βιωσιμότητα του ίδιου του οικοσυστήματος. Η βασική επιδίωξη της πρώτης ενότητας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να διαμορφώσουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο για να προσεγγίζουν με ενημερωμένο τρόπο τα δεδομένα που θα συναντήσουν στο περιβάλλον διερεύνησης εντοπίζοντας τη σύνδεσή τους με το κεντρικό ερώτημα που τίθεται (Να κατοικηθεί ο πλανήτης Άρης;). Επίσης, αναμένεται να λειτουργήσει υποστηρικτικά σε σχέση με την προσπάθειά τους να διατυπώνουν επιχειρήματα αναφορικά με το συγκεκριμένο ζήτημα.

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει ποικιλία δεδομένων για τον πλανήτη Άρη τα οποία προέκυψαν από διάφορες διαστημικές αποστολές. Για τη διαμόρφωση αυτής της ενότητας έχουν αξιοποιηθεί αυθεντικά δεδομένα τα οποία έχουν προσαρμοστεί, ώστε να ανταποκρίνονται στο γνωσιολογικό επίπεδο των μαθητών. Επίσης, στη συγκεκριμένη ενότητα παρέχεται πληροφόρηση αναφορικά με άλλες διαστάσεις του υπό μελέτη ζητήματος όπως οι οικονομικές, οι ηθικές και οι κοινωνικές. Τα δεδομένα που βρίσκονται σε αυτή την ενότητα αναμένεται να αποτελέσουν τη βάση για τη μετέπειτα κατασκευή επιχειρημάτων από τους μαθητές, ώστε να υποστηρίξουν κατάλληλα τους ισχυρισμούς τους.

- *Διδακτική προσέγγιση*

Οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων ατόμων. Αρχικά, όλες οι ομάδες μελέτησαν την πρώτη ενότητα και ήρθαν σε επαφή με τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη ζωή. Στη δεύτερη ενότητα ανατέθηκε σε κάθε ομάδα να εστιαστεί στη μελέτη δεδομένων που σχετίζονται με ένα από τους τέσσερις παράγοντες που διαμορφώνουν το εννοιολογικό πλαίσιο. Στη συνέχεια έγινε μια αναδιαμόρφωση των ομάδων, ώστε να υπάρχει σε αυτές, τουλάχιστον ένας μαθητής από κάθε ομάδα που μελέτησε ένα συγκεκριμένο παράγοντα, για να καθίσταται δυνατή η διαμόρφωση πολυδιάστατων επιχειρημάτων μέσα από ειδικά διαμορφωμένα σχεδιότυπα, ενσωματώνοντας δεδομένα που ενέπιπταν κάτω από όλους τους άξονες που αποτελούσαν το εννοιολογικό πλαίσιο (μέθοδος Jigsaw).

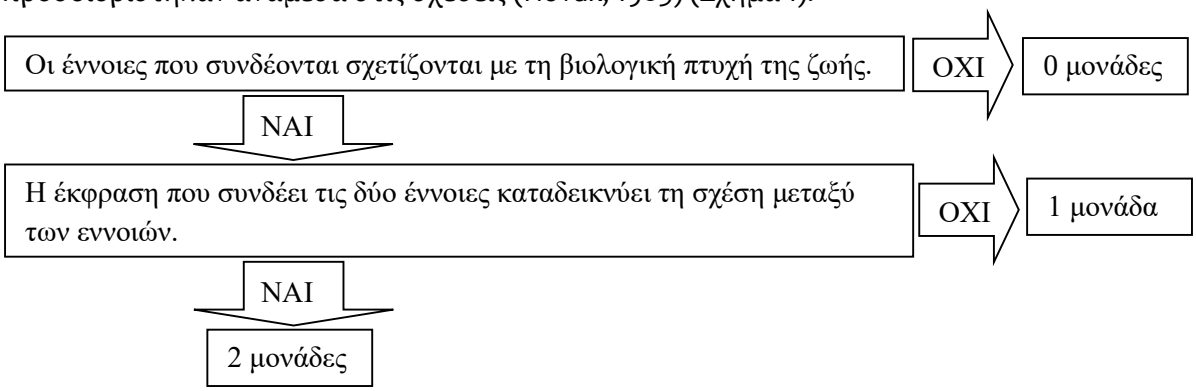
Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ανάμεσα στην πρώτη και τη δεύτερη ενότητα του μαθησιακού περιβάλλοντος ενσωματώθηκαν εμβόλιμα κάποιες δραστηριότητες εκτός της πλατφόρμας, οι οποίες είχαν σαν στόχο την ανάδειξη των απαραίτητων δομικών στοιχείων που πρέπει να υπάρχουν σε ένα επιχείρημα με βάση τη δομή του Toulmin. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν διάφορα φύλλα εργασίας μέσα από τα οποία οι μαθητές καλούνταν να ιεραρχήσουν δοσμένα επιχειρήματα ανάλογα με την πειστικότητά τους. Τα επιχειρήματα που εισάγονταν παρουσίαζαν μια σταδιακή εξέλιξη αφού ενσωματώνονταν σε αυτά, με προοδευτικό τρόπο, πρόσθετα στοιχεία, με βάση το μοντέλο του Toulmin, που ενδυνάμωναν την πειστικότητά τους. Σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές καλούνταν να αναφέρουν το ρόλο που εξυπηρετεί το επιπλέον στοιχείο που προστέθηκε στο επιχείρημα. Με αυτό τον τρόπο προωθήθηκε η ρητή διδασκαλία της δομής του επιχειρήματος με έμφαση στην κατανόηση του ρόλου που επιτελούν τα δομικά στοιχεία ενός ολοκληρωμένου επιχειρήματος και η συνεισφορά τους στην ποιότητά του.

Μέσα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων

Η κύρια πηγή δεδομένων ήταν οι απαντήσεις των μαθητών σε γραπτά έργα αξιολόγησης ανοικτού τύπου. Επίσης αξιοποιήθηκαν συμπληρωματικές πηγές δεδομένων όπως τα αναστοχαστικά ημερολόγια που τηρούνταν από τους εκπαιδευτικούς, μετά το τέλος κάθε διδακτικής περιόδου καθώς επίσης και τα σχεδιότυπα των μαθητών τα οποία συμπληρώνονταν κατά τη διάρκεια των ενοτήτων του μαθησιακού περιβάλλοντος.

- *Αξιολόγηση εννοιολογικής κατανόησης*

Για τη διερεύνηση της εξέλιξης της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών αξιοποιήθηκε ένα έργο αξιολόγησης στο οποίο ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα εννοιολογικό χάρτη, ενσωματώνοντας σε αυτόν τα κύρια στοιχεία που συνεισφέρουν στη διαμόρφωση της ζωής στον πλανήτη μας. Η έμφαση εστιάστηκε στο βαθμό στον οποίο οι μαθητές ήταν σε θέση να εντάξουν (και να διασυνδέσουν) τους τέσσερις παράγοντες που τυγχάνουν διαπραγμάτευσης στο μαθησιακό περιβάλλον (νερό, θερμοκρασία, ενέργεια, ατμόσφαιρα). Για να διαφανεί αν αναπτύχθηκε η εννοιολογική κατανόηση των μαθητών σχετικά με την επίδραση των πιο πάνω παραγόντων στη διαμόρφωση της ζωής, η επεξεργασία των χαρτών που κατασκεύασαν επικεντρώθηκε σε δύο άξονες: α) τον αριθμό εννοιών που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στους εννοιολογικούς χάρτες και β) τις συνδετικές φράσεις που προσδιορίστηκαν ανάμεσα στις σχέσεις (Novak, 1983) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Σχήμα βαθμολόγησης εννοιολογικών χαρτών που αξιολογεί τη σχέση μεταξύ εννοιών.

Αν για παράδειγμα, οι επιμέρους δύο έννοιες που συνδέονται σχετίζονται με τα θέματα που εξετάζονται στο μαθησιακό περιβάλλον (π.χ. ζωή, νερό), τότε η προσπάθεια σύνδεσης των εννοιών αξιολογείται με μια μονάδα, διαφορετικά με μηδέν μονάδες (π.χ. ζωή, λεφτά). Επίσης, αν ο τρόπος με τον οποίο προσδιορίζεται η σχέση των δύο εννοιών είναι δόκιμος τότε η προσπάθεια σύνδεσης των δύο επιμέρους εννοιών αξιολογείται με δύο μονάδες (π.χ. νερό [απαραίτητος παράγοντας για] ζωή), διαφορετικά διατηρείται η βαθμολόγηση της μιας μονάδας. Εξετάζοντας και συνυπολογίζοντας, αφενός, τις έννοιες που έχουν εντάξει στο χάρτη ιδεών τους οι μαθητές, και, αφετέρου, τις μεταξύ τους συνδέσεις που έχουν προσδιορίσει, προκύπτει ένας συνολικός βαθμός ο οποίος αποτελεί ένδειξη της ενημερότητας των μαθητών για το εννοιολογικό περιεχόμενου του υπό μελέτη ζητήματος.

- *Γραπτά έργα αξιολόγησης δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας*

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερα έργα αξιολόγησης, δύο από τα οποία δόθηκαν τόσο πριν όσο και μετά τη δεύτερη ενότητα του μαθησιακού περιβάλλοντος και δύο που δόθηκαν μόνο με το πέρας της διδακτικής παρέμβασης. Τα δύο πρώτα αφορούσαν: α) την οικοδόμηση επιχειρημάτων σε σχέση με το κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα των ΓΤΤ και β) τον προσδιορισμό των στοιχείων που πρέπει να περιλαμβάνει ένα πειστικό επιχείρημα. Στα έργα αξιολόγησης που δόθηκαν αποκλειστικά μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές καλούνταν: α) να αξιολογήσουν ένα δοσμένο επιχείρημα όσον αφορά την πειστικότητά του και β) να αναλύσουν τα μέρη που συνθέτουν ένα άλλο δοσμένο επιχείρημα με βάση τη δομή του Toulmin.

Η συζήτηση σε αυτό το άρθρο περιορίζεται αποκλειστικά στο πρώτο έργο αξιολόγησης που επικεντρώνεται στην οικοδόμηση επιχειρημάτων σχετικά με την απαγόρευση ή όχι της παραγωγής των ΓΤΤ.

Το έργο αξιολόγησης της δεξιότητας οικοδόμησης επιχειρημάτων παρέθετε σε μορφή κειμένου διάφορα θετικά αλλά και αρνητικά στοιχεία για τα ΓΤΤ και ζητούσε από τους μαθητές να πάρουν θέση για το αν πρέπει να επιτραπεί η παραγωγή των ΓΤΤ στην Κύπρο και να διατυπώσουν ένα σχετικό επιχείρημα.

Η ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών έγινε με βάση το μοντέλο του Toulmin (Πίνακας 1). Στο υψηλότερο επίπεδο συγκαταλέγονταν τα επιχειρήματα που περιείχαν όλα τα δομικά στοιχεία του μοντέλου (ισχυρισμός, δεδομένα, αιτιολόγηση, ενισχυτική πρόταση, αντίκρουση), ενώ στο χαμηλότερο επίπεδο συγκαταλέγονταν τα επιχειρήματα που περιορίζονταν στη διατύπωση ισχυρισμού και την υποστήριξή του με κάποιο δεδομένο.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Έργο αξιολόγησης εννοιολογικής κατανόησης

Η αλληλεπίδραση των μαθητών με το μαθησιακό περιβάλλον φαίνεται να επέδρασε θετικά στην προώθηση της κατανόησής τους για τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται, ώστε να καθίσταται εφικτή η ύπαρξη και η διατήρηση της ζωής. Αυτό, φανερώνεται τόσο από τον αυξημένο αριθμό εννοιών που περιέλαβαν στους εννοιολογικούς τους χάρτες κατά την τελική αξιολόγηση[1], όσο και από την αύξηση των επιδόσεών τους, ενσωματώνοντας στους εννοιολογικούς χάρτες σχετικές έννοιες με το γενικό πλαίσιο της έρευνας (παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση και τη διατήρηση της ζωής), όσο και έγκυρες διασυνδέσεις ανάμεσα στις έννοιες που χρησιμοποίησαν[2].

Έργο αξιολόγησης επιχειρηματολογίας

Στον Πίνακα 2, φαίνεται ότι οι μαθητές μετά την αλληλεπίδρασή τους με το μαθησιακό περιβάλλον, ήταν σε θέση να κατασκευάζουν επιχειρήματα χρησιμοποιώντας περισσότερα δομικά στοιχεία με βάση το μοντέλο του Toulmin[3] . Συγκεκριμένα 8 (38%) μαθητές ήταν σε θέση να κατασκευάζουν δομικά πλήρη επιχειρήματα χρησιμοποιώντας όλες τις συνιστώσες που περιγράφονται στο μοντέλο του Toulmin, συγκριτικά με 1 (5%) μαθητή πριν τη διδακτική παρέμβαση.

[1] Wilcoxon signed-rank test: z = -3.184, r = .491 , p = .001
[2] Wilcoxon signed-rank test: z = -4.016, r = .619, p< .001
[3] Wilcoxon signed-rank test (z = -3.453, r = .532, p =.001)

Πίνακας 1: Σχήμα αξιολόγησης επιχειρημάτων με βάση τη δομή του Toulmin

Επίπεδο	Χαρακτηριστικά	Παράδειγμα
5	Το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (Ι), δεδομένα (Δ), αιτιολόγηση (Α), ενισχυτική πρόταση (Ε) και αντίκρουση (ΑΝ).	Κατά την άποψή μου δεν πρέπει να επιτραπεί η παραγωγή της ΓΤ ντομάτας (Ι). Δεν υπάρχουν μελέτες που να καταδεικνύουν ότι είναι ασφαλής για το περιβάλλον (Δ), με αποτέλεσμα το περιβάλλον να βρίσκεται σε πιθανό κίνδυνο. (Α). Οποιαδήποτε αλλαγή στο οικοσύστημα μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές, αφού ολόκληρο το οικοσύστημα είναι μια αλυσίδα και αν ένας κρίκος καταστραφεί τότε επηρεάζεται και άλλος κρίκος (Ε). Βέβαια η flavr savr (ντομάτα) είναι πιο ανθεκτική στο χρόνο επιφέροντας μεγαλύτερο κέρδος (ΑΝ).
4	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α, ΑΝ.	Να επιτραπεί η παραγωγή της ντομάτας flavr savr (Ι). Οι ντομάτες αυτές αντέχουν πολύ περισσότερο και χρειάζονται πιο λίγα φάρμακα (Δ) και γι' αυτό είναι καλύτερα να είναι ΓΤ ντομάτες παρά να τις μεγαλώνουν πρόωρα με φυτοφάρμακα (Α). Παρόλα αυτά δεν ξέρουμε ποιες αρρώστιες προκαλούν και έτσι πρέπει να γίνουν περισσότερες έρευνες (ΑΝ).
3	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α, Ε.	Να μην επιτραπεί η παραγωγή της flavr savr στην Κύπρο (Ι) γιατί αναπτύσσονται ζιζάνια που θέλουν ισχυρότερα φάρμακα να αντιμετωπιστούν (Δ) με αποτέλεσμα να μολύνεται το περιβάλλον (Α). Κάθε τι που καταστρέφεται στο περιβάλλον μπορεί να καταστραφεί μαζί του και κάτι άλλο αφού είναι όλα σαν μια αλυσίδα (Ε).
2	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α.	Να μην επιτραπεί η παραγωγή και η πώληση της ντομάτας flavr savr (Ι). Καμιά επιστημονική μελέτη δεν απέδειξε ότι είναι ασφαλής (Δ) και έτσι η γενετικά τροποποιημένη ντομάτα που θέλουν να προωθήσουν στην Κύπρο μπορεί να προκαλέσει κακό στην υγεία μας (Α).
1	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ.	Να μην επιτραπεί η παραγωγή της flavr savr (Ι) γιατί δεν έγιναν αρκετές έρευνες (Δ).

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση των επιχειρημάτων των μαθητών

Επίπεδο	Περιλαμβάνει	Διαγνωστικό δοκίμιο f*(%)	Τελικό Δοκίμιο f(%)
5	Το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (Ι), δεδομένα (Δ), αιτιολόγηση (Α), ενισχυτική πρόταση (Ε) και αντίκρουση (ΑΝ).	1 (5)	8 (38)
4	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α, ΑΝ.	6 (29)	10 (48)
3	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α, Ε.	2 (9)	0
2	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ, Α.	10 (48)	3 (14)
1	Το επιχείρημα περιλαμβάνει Ι, Δ.	2 (9)	0

*Αριθμός μαθητών

Επίσης ένα πολύ μεγάλο ποσοστό μαθητών (86%) ήταν ικανό να ενσωματώσει τις αντικρούσεις στο επιχείρημά του. Το αντίστοιχο ποσοστό στην αρχική αξιολόγηση ήταν 34%. Σύμφωνα με τον Osborne (2010) οι αντικρούσεις αποτελούν τη σημαντικότερη ίσως συνιστώσα σε ένα επιχείρημα και αποτελούν μια αξιόπιστη ένδειξη για το βαθμό στον οποίο διαθέτει κανείς δεξιότητες επιχειρηματολογίας. Παρά τα ενθαρρυντικά στοιχεία η ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών κατέδειξε επίσης πιθανές αδυναμίες του διδακτικού υλικού. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα αφορά στη δυσκολία των μαθητών να επεξεργάζονται ενισχυτικές προτάσεις μέσα

στο επιχείρημα, αφού μόνο 8 από αυτούς (38%) περιέλαβαν αυτό το στοιχείο στα επιχειρήματά τους μετά τη διδασκαλία.

Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα εστιάζει σε μια προσπάθεια συνδυασμένης προώθησης εννοιολογικής κατανόησης και δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο ενός ειδικά σχεδιασμένου μαθησιακού περιβάλλοντος. Η διαμόρφωση ενός εννοιολογικού πλαισίου γύρω από το ζήτημα που εξετάζεται, ιδίως αν αυτό είναι ένα κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα, ενισχύει την προσπάθεια των μαθητών να αντλούν αυτούσια στοιχεία από αυτό και να τα ενσωματώνουν στο επιχείρημα που οικοδομούν. Επίσης, ανατρέχοντας στο εννοιολογικό πλαίσιο, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να κατανοούν διάφορα δεδομένα που σχετίζονται με το θέμα που μελετούν, ώστε να τα χρησιμοποιούν με κατάλληλο και συγκροτημένο τρόπο αργότερα στο επιχείρημα. Επιπρόσθετα η συγκεκριμένη εργασία καταδεικνύει ότι η συνδυασμένη προώθηση εννοιολογικής κατανόησης και δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας διαμέσου ενός κατάλληλα διαμορφωμένου μαθησιακού περιβάλλοντος είναι εφικτή, στοιχείο που μπορεί να βοηθήσει μελλοντικές έρευνες.

Η καλλιέργεια των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας δεν είναι κάτι που προκύπτει αυθόρμητα κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής παρέμβασης σαν υποπροϊόν. Ακόμα και μικρή έκθεση των μαθητών σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας μπορεί να επιφέρει μεγάλες διαφοροποιήσεις στη δεξιότητα των μαθητών να επιχειρηματολογούν (Kuhn, 1992). Η συστηματικοποιημένη και μεθοδευμένη εμπλοκή των μαθητών σε τέτοιου είδους διεργασίες επιφέρει την προοδευτική κατανόησή τους, τόσο για τη χρησιμότητα της επιχειρηματολογίας, όσο και για τα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνει το επιχείρημα με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η σωστή και ολοκληρωμένη χρήση του. Συνεπώς επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι η ρητή διδασκαλία της επιχειρηματολογίας, συνδράμει αποτελεσματικά στην προώθηση της συγκεκριμένης συλλογιστικής δεξιότητας (Osborne et al., 2004).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Pereiro Munoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171–1190.

Kolstø SD (2006) Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14): 1689–1716.

Kuhn, D. (1992). *Thinking as argument*. Harvard Educational Review, 62 (2), 155 – 178.

Kyza, E., Constantinou C. P. & Spanoudis, G (2007). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: exploring relationships between grouping, reflective scaffolding and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 2011, 1-37

Novak, J. D., Gowin, D. B. & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students, *Science Education 67, 625-64.5*

National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington DC:National Academy Press.

Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse, *Science,* 328, 463 – 466.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020.

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press

von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*, 101–131.

Ερευνητική δράση στη διδασκαλία της ροπής στην τεχνολογική εκπαίδευση με τη βοήθεια κατασκευών της εκπαιδευτικής ρομποτικής

Δογούλη Άννα Φαχαντίδης Νίκος
Εκπαιδευτικός Τεχ. Μηχανολόγος Μηχανικός,1ο ΕΠΑ.Λ Φλώρινας, adogouli@yahoo.gr
Καθηγητής Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, Πανεπιστήμιο Δυτ. Μακεδονίας, nfaxanti@uowm.gr

Περίληψη

Η σειρά εκπαιδευτικών πακέτων ρομποτικών κατασκευών Lego Mindstorms, χρησιμοποιείται διεθνώς στη διδασκαλία της τεχνολογίας, των φυσικών επιστημών και των εννοιών της επιστήμης των υπολογιστών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται μια προσπάθεια αξιοποίησης ενός πακέτου Lego Mindstorms για την βελτίωση της κατανόησης εκ μέρους των μαθητών επαγγελματικών λυκείων, της έννοιας της ροπής, καθώς σχετίζεται με την λειτουργία μηχανολογικών κατασκευών, διαμέσου της πρακτικής εφαρμογής των θεωριών. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν ως υποκείμενα έρευνας 7 μαθητές που φοιτούν στη Γ' τάξη της ειδικότητας Μηχανολόγων. Η ομάδα συμπλήρωσε τα ίδια ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της εκπαιδευτικής δραστηριότητας που σχεδιάστηκε. Η εκ των υστέρων συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, απέδειξε δυνατότητα καλύτερης κατανόησης της έννοιας της ροπής, όταν συνδυάζεται η θεωρία με την πρακτική εφαρμογή σε πραγματικές καταστάσεις με τη βοήθεια ρομποτικών κατασκευών.

Abstract

In this study, our interest is focused on students' familiarization with the concept of torque, through the utilization of Educational Robotics. For this purpose, we studied the school book, examined concepts that need additional educational support, and planned activities with the integration of the Educational Robotics. The evaluation of the educational intervention that followed, as well as the learning results showed us the need of enrichment and modernization of the already existing educational material. We also observed the student-friendly nature of educational Robotics in Vocational Education and its effectiveness in teaching theoretical and practical concepts.

Εισαγωγή

Το σχολικό εγχειρίδιο για τη διδασκαλία του μαθήματος «Στοιχεία Μηχανών» στη 'Γ τάξη του Μηχανολογικού τομέα, δεν είναι αρκετό για την κατανόηση θεωρητικών εννοιών και τον τρόπο που αυτές βρίσκουν εφαρμογή στη λειτουργία μηχανισμών και εξαρτημάτων που διδάσκονται οι μαθητές. Οι διδακτικές οδηγίες του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου το 2004, παροτρύνουν τους καθηγητές του μαθήματος να ενισχύσουν τη διδασκαλία τους με σχέδια, ομοιώματα ή πραγματικά εξαρτήματα και να εκμεταλλευτούν τα εργαστήρια του σχολείου για να έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Αυτό κρίνεται απαραίτητο καθώς, στη Γ' τάξη πρέπει να γίνεται μία επανάληψη των εννοιών φυσικής που εξετάζει το μάθημα, όπως η ροπή, όχι μόνο θεωρητικά αλλά μέσα από δραστηριότητες που συνδέουν άμεσα τη ροπή με τη λειτουργία μηχανολογικών εξαρτημάτων. Οι Νέες Τεχνολογίες και ιδιαίτερα η Εκπαιδευτική Ρομποτική, μπορούν να συμβάλλουν θετικά στη βελτίωση της διδασκαλίας του μαθήματος. Ειδικά με το εκπαιδευτικό πακέτο Lego Mindstorms δίνεται η δυνατότητα κατασκευής μηχανισμών που αφορούν στους Μηχανολόγους και αποτελούν βασικά κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου, ανεξάρτητα από την ειδικότητα που παρακολουθούν.

Στόχος της εργασίας μας είναι να μελετήσουμε το σχολικό βιβλίο, να διερευνήσουμε τα σημεία που απαιτούν πρόσθετη στήριξη και εμπλουτισμό με άλλες μορφές εκπαιδευτικού υλικού και μαθησιακών δραστηριοτήτων, και τελικά να σχεδιάσουμε και να προτείνουμε σχέδια μαθημάτων, υλικό και δραστηριότητες. Ως εργαλείο στην προσπάθειά μας αυτή, χρησιμοποιήσαμε την εκπαιδευτική ρομποτική και αξιοποιήσαμε τις δυνατότητες της να υποστηρίζει ένα μαθησιακό περιβάλλον με χαρακτηριστικά διερεύνησης και ανακάλυψης.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση έχει αποτελέσει ένα δημοφιλές θέμα για πολλούς ερευνητές.

Τα ρομπότ είναι ένα είδος τεχνολογικής συσκευής, το οποίο εμφανίζεται όλο και περισσότερο στο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Η χρήση του αποτελεί ένα τρόπο για την ανάπτυξη ενός προσομοιωμένου κόσμου βελτιώνοντας την παιδαγωγική πρακτική, καθώς αποτελεί ένα εργαλείο κινητοποίησης αν χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης (Thomaz, 2009). Σε αυτό το πλαίσιο, έχουν καταγραφεί πολλές προσπάθειες ενσωμάτωσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στη διδασκαλία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Dagdilelis, Satratzemi & Kagani, 2005· Ruiz-del-Solar, 2010· Rieber, Wehlam & Allgöwer, 2010· Wakeman-Linn & Perry, 2002· Satratzemi, Dagdilelis & Kagani, 2005· Καρατράντου, Τάχος, Αλιμίσης, 2005).

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι πρακτικές δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής που σχεδιάστηκαν, στηρίχθηκαν από διδακτικές μεθόδους και αρχές που υπαγορεύονται από τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης και συγκεκριμένα, από την θεωρία της κατασκευής της γνώσης (constructivism) (Piaget,1974) η οποία εστιάζει στην «κατασκευαστική» χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας (constructionism) ως εργαλείου εποικοδομητικής μάθησης (Papert, 1991).

Η εκπαιδευτική ρομποτική από παιδαγωγική πλευρά εντάσσεται στο πλαίσιο του κατασκευαστικού εποικοδομητισμού (constructionism), όπως αναφέρθηκε από τον Papert. Με την εκπαιδευτική ρομποτική οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να κατασκευάζουν, προγραμματίζουν και ελέγχουν το δικό τους ρομποτικό σύστημα μέσω ενός Η/Υ με εξειδικευμένο λογισμικό. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές είναι οι κατασκευαστές της δικής τους γνώσης. Με άλλα λόγια μαθαίνουν από τον εαυτό τους εκτελώντας ένα ρόλο στο περιβάλλον μάθησης, χτίζοντας την γνώση, επιβεβαιώνοντας με αυτό τον τρόπο την σκέψη του Piaget. Στόχοι της προσέγγισης αυτής είναι η επίλυση προβλημάτων μέσω χειρισμού και κατασκευών πραγματικών και ιδεατών αντικειμένων, η ανάπτυξη της σκέψης μέσω της χρήσης γλωσσών προγραμματισμού, η κοινωνικοποίηση μέσω της συνεργασίας, καθώς και η απόκτηση γνώσης και δεξιοτήτων.(Alimisis & Kynigos, 2009)

Αρχικά, εφαρμογές έγιναν στη διδασκαλία της Πληροφορικής και ερευνήθηκε η αξιοποίηση των Lego στη διδακτική του προγραμματισμού (Dagdilelis, Satratzemi & Kagani, 2005· Miglino, Lund & Cardaci, 1999· Satratzemi, Dagdilelis, Kagani, 2005) με πολύ θετικά αποτελέσματα. Επίσης, ιδιαίτερα δημοφιλή γνωστικά αντικείμενα για την εφαρμογή του περιβάλλοντος Lego αποτελούν τα πεδία της φυσικής, των μαθηματικών και της μηχανικής, με πολλά παραδείγματα ένταξης τους στη διδασκαλία. Κάποιοι ερευνητές προσέγγισαν θέματα Επιστήμης και Τεχνολογίας, με βάση αρχές της μηχανικής μεθοδολογίας (Fontenot, Talkmitt, Morse, Marcy Chandler, Stennet, 2009) και παρατήρησαν αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα θέματα Τεχνολογίας (Karp, Lowe, Medina, Beutlich, 2010). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και κάποιες πιο εξειδικευμένες μελέτες που αφορούσαν σε θέματα μηχανικής, όπως η κατανόηση των εννοιών της ταχύτητας, ροπής και ισχύος ενός περιστρεφόμενου άξονα (Moundridou, Kalinoglou, 2008), καθώς και κατανόηση της περιστροφικής ταχύτητας, συχνότητας και της σχέσης μετάδοσης συστημάτων οδοντωτών τροχών (Alimisis, Karatrantou & Tachos, 2005).

Η έννοια της ροπής απασχόλησε τους συγγραφείς σε προηγούμενη έρευνα (Δογούλη, 2011) όπου διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών της Γ΄ τάξης ΕΠΑ.Λ για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της ροπής. Στη συγκεκριμένη έρευνα οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο που παρουσιάζεται παρακάτω . Οι γνώσεις των μαθητών προέρχονταν από τη διδασκαλία του μαθήματος στη σχολική τάξη με μοναδικό εργαλείο το σχολικό βιβλίο. Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές, αν και κατανοούν ότι αποτέλεσμα της ροπής είναι η περιστροφική κίνηση, ωστόσο δεν έχουν κατανοήσει τους παράγοντες που

επηρεάζουν την ανάπτυξή της. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην μπορούν να αναγνωρίσουν τη ροπή στη λειτουργία μηχανολογικών συσκευών.

Ερευνητικές υποθέσεις

Οι μαθητές δεν είναι ικανοί να αναγνωρίσουν τη ροπή και από ποιους παράγοντες αυτή επηρεάζεται, σε καθημερινές εφαρμογές αλλά και στα στοιχεία μηχανών που πραγματεύεται το μάθημα.

Η αξιοποίηση του εργαλείου της εκπαιδευτικής ρομποτικής με ταυτόχρονη εφαρμογή σωστά οργανωμένων σχεδίων μαθήματος και φύλλων εργασίας έχει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και ταυτόχρονα βοηθάει τον μαθητή να κατανοήσει σε βάθος έννοιες που διδάσκεται στο σχολείο.

Μεθοδολογία της έρευνας

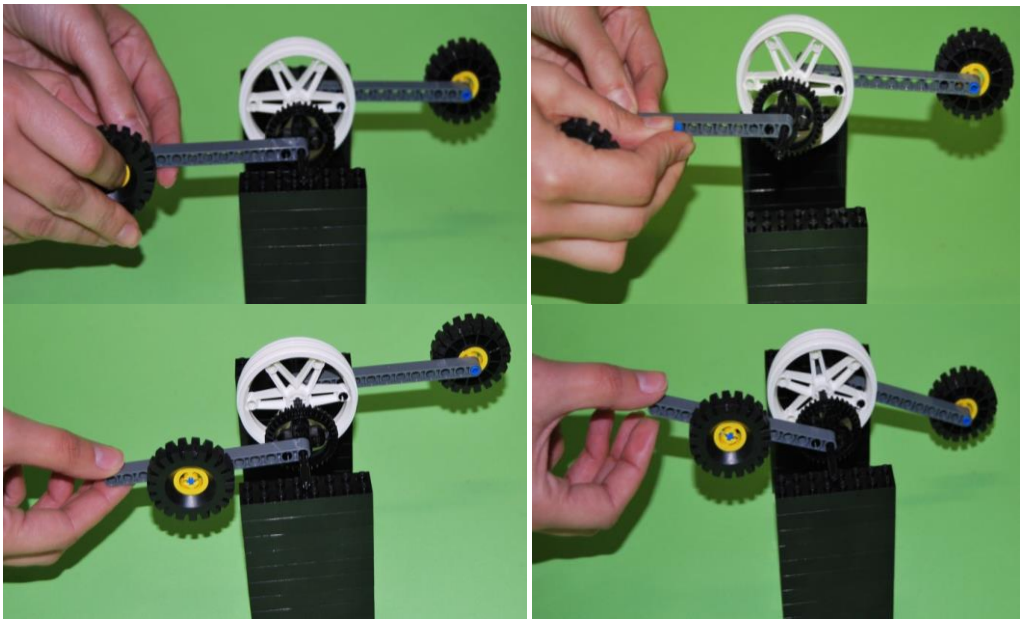
Δείγμα

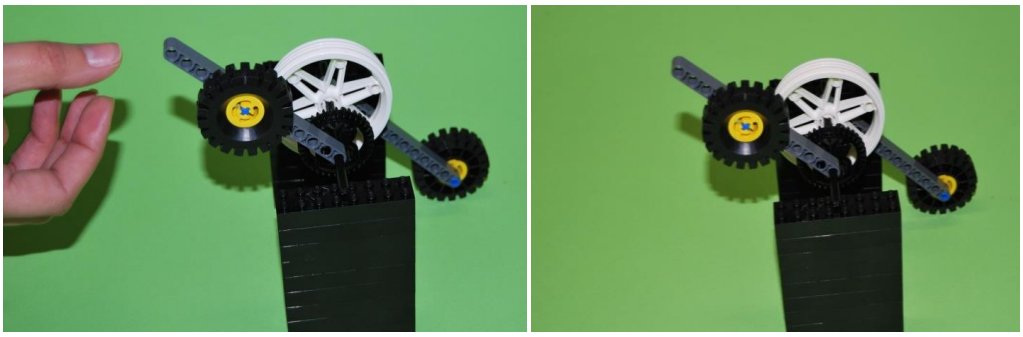
Στην έρευνα έλαβαν μέρος 7 μαθητές που φοιτούσαν στην ειδικότητα Οχημάτων στο 1ο ΕΠΑ.Λ Φλώρινας. Και οι 7 μαθητές ήταν αγόρια ηλικίας 17 ετών. Το τμήμα αυτό αποτέλεσε την ομάδα πειραματισμού, στην οποία έγινε η διδακτική παρέμβαση με τη χρήση των LEGO Mindstorms. Η ομάδα συμπλήρωσε το ίδιο ερωτηματολόγιο πριν (Δογούλη, 2011) και μετά την πιλοτική διδασκαλία.

Εκπαιδευτικό υλικό

Το πακέτο Lego Mindstorms, αποτελεί ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον μάθησης για την Τεχνική Εκπαίδευση και κυρίως για το Μηχανολογικό τομέα, λόγω της ομοιότητας πολλών εξαρτημάτων του με αντίστοιχα που συναντούμε σε μηχανολογικές κατασκευές. Βασικά δομικά στοιχεία του πακέτου αποτελούν τα γρανάζια με ποικιλία στο μέγεθος και τη μορφή (οδοντωτοί τροχοί, ατέρμονας κοχλίας, οδοντωτός κανόνας, κωνικά γρανάζια), οι σύνδεσμοι, σταθεροί και αρθρωτοί, οι ιμάντες και οι αλυσίδες για μετάδοση κίνησης, οι τροχοί και οι άξονες με διαφορετικά μεγέθη. Επομένως, είναι εφικτή η υλοποίηση κατασκευών που ακολουθούν τη λογική πραγματικών μηχανολογικών εξαρτημάτων, που διδάσκονται οι μαθητές του τομέα, και προσομοιώνουν τη λειτουργία τους.

Κατασκευή για τη ροπή



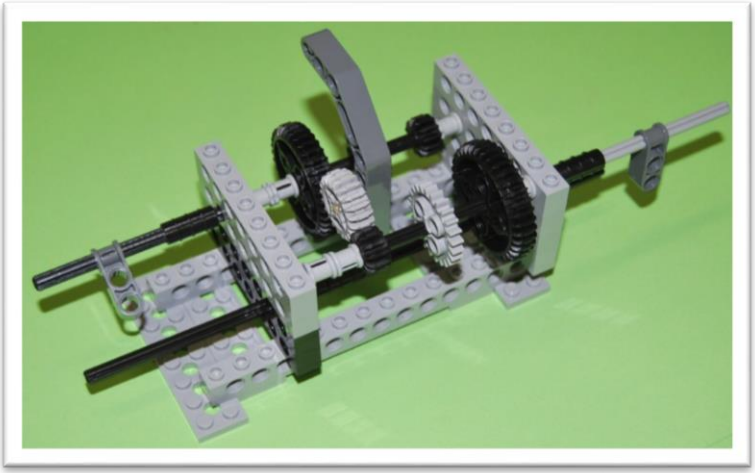


Εικόνα 1: Λειτουργία της κατασκευής για τη ροπή

Η έννοια της ροπής γίνεται πιο προσιτή για τους μαθητές, καθώς μέσα από την κατασκευή και λειτουργία ενός απλού μηχανισμού μπορούν να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους για την ροπή και να τις συνδέσουν με αυτό που παρατηρούν. Ειδικά ο πειραματισμός με την εναλλαγή των αποστάσεων και των δυνάμεων ξεκαθαρίζει τι επηρεάζει την αναπτυσσόμενη ροπή.

Λειτουργική αναπαράσταση πραγματικού μηχανισμού (Κιβώτιο ταχυτήτων)

Στο σχολικό βιβλίο και συγκεκριμένα στο κεφάλαιο σχετικά με την περιστροφική κίνηση η περιφερειακή εμπλοκή των οδοντωτών τροχών και η κάθετη απόσταση του σημείου επαφής των δοντιών από την πλήμνη (σημείο περιστροφής του οδοντωτού τροχού) χρησιμοποιούνται ως το βασικό παράδειγμα για την ανάπτυξη της ροπής σε μηχανολογικά εξαρτήματα. Το κιβώτιο ταχυτήτων αποτελεί μια δημοφιλή στους Μηχανολόγους εφαρμογή της συνεργασίας των οδοντωτών τροχών. Για το λόγο αυτό, η δεύτερη κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα κιβώτιο τριών ταχυτήτων. Αποτελείται από τρεις άξονες, εισόδου-ενδιάμεσο-εξόδου και δίνει τη δυνατότητα αλλαγής των ταχυτήτων με ενσωματωμένο μοχλό/λεβιέ. Επιπλέον, ο χρήστης μέσω προγραμματισμού του μικροεπεξεργαστή NXT που συνοδεύει το εκπαιδευτικό πακέτο LEGO Mindstorms μπορεί να ρυθμίσει τις στροφές του άξονα εισόδου και σε συνδυασμό με το ζευγάρι γραναζιών που επιλέγει, να αυξήσει/μειώσει τις στροφές του άξονα εξόδου.



Εικόνα 2: Κιβώτιο 3 ταχυτήτων

Τα ζευγάρια των γραναζιών που χρησιμοποιούνται στο κιβώτιο, έχουν διαφορετικές διαμέτρους δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα να παρακολουθήσουν το αποτέλεσμα κάθε συνεργασίας. Η παρατήρηση των ζευγαριών και ο πειραματισμός με τους συνδυασμούς βοηθούν τον μαθητή να κατανοήσει την έννοια της «μετατροπής» και να τη συνδέσει με την αύξηση ή μείωση του ζητούμενου μεγέθους. Αυτό που πρακτικά βοηθάει τον μαθητή είναι ότι μπορεί να αυξήσει/μειώσει τη ροπή του άξονα εξόδου ανάλογα με τον συνδυασμό των

γραναζιών που θα επιλέξει, αλλά κυρίως να παρατηρήσει εν ώρα λειτουργίας το αποτέλεσμα. Αυτή η δυνατότητα πειραματισμού και ελέγχου στοιχείων που δίνεται στον μαθητή, αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της κατασκευής μας.

Ερωτηματολόγιο διερεύνησης μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Ως εργαλείο μέτρησης επιλέχτηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο είχε στόχο τη διερεύνηση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με την έννοια της ροπής και περιελάμβανε 5 ερωτήματα, τα οποία εξέταζαν με διαφορετικό τρόπο την ανάπτυξή της και τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται. Το πρώτο αποτελεί σχήμα του βιβλίου Μηχανικής που διδάσκεται στη Β' τάξη του Μηχανολογικού τομέα (περιστροφή πόρτας), το δεύτερο αφορά σε παράδειγμα (ποδήλατο) που συναντάμε στη καθημερινή ζωή, το τρίτο είναι ένα κλασσικό παράδειγμα μοχλού (δοκός) ενώ το τέταρτο αφορά στις αντίρροπες δυνάμεις. Το τελευταίο ερώτημα αφορά στην επιλογή των κατάλληλου ζευγαριού γραναζιών, ώστε να έχουμε αύξηση ροπής στο κινούμενο γρανάζι. Το ερώτημα επιλέχθηκε καθώς αποτελεί μια απλή αλλά ιδιαίτερα σημαντική εφαρμογή της ροπής σε μηχανολογικό πλαίσιο. Τα δεδομένα που μας έδωσε ήταν ποσοτικά και ποιοτικά.

Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε αρχικά από τους μαθητές, για να γίνει αξιολόγηση των γνώσεων τους στη ροπή και να εντοπιστούν παρανοήσεις και γνωστικά κενά που πιθανώς να υπήρχαν (Δογούλη, 2011). Μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές συμπλήρωσαν και πάλι το ίδιο ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής διδασκαλίας.

Η πιλοτική διδασκαλία

Εικόνα 3: Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης

Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ρομποτικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (Εικόνα 3). Για εξοικονόμηση χρόνου, οι κατασκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν έτοιμες για κάθε ομάδα, γεγονός που προκάλεσε τη δυσαρέσκεια των μαθητών, καθώς ήθελαν να ασχοληθούν οι ίδιοι. Πριν την εκτέλεση του φύλλου εργασίας, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τη κατασκευή και να πειραματιστούν με τη λειτουργία της. Στην κατασκευή για την επεξήγηση της ροπής, όλοι παρακολουθούσαν με πολύ ενδιαφέρον την κατάσταση ισορροπίας και τις συνθήκες που επικρατούσαν, ενώ αλλάζοντας τη θέση της ρόδας πάνω στο βραχίονα αυτή χαλούσε. Ένας μαθητής ανέφερε τον ορισμό της ροπής και πως αυτή επηρεάζεται από την απόσταση, ενώ ένας άλλος επισήμανε πως η μετακίνηση του βάρους μείωνε τη ροπή και γι' αυτό έγερνε η κατασκευή.

Μετά το τέλος της διδασκαλίας ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας. Ακολούθησε συζήτηση σχετικά με τις εντυπώσεις τους από τη διδακτική παρέμβαση που προηγήθηκε. Στο σύνολό τους, ήταν ιδιαίτερα ενθουσιασμένοι με τον τρόπο που έγινε η διδασκαλία, εντυπωσιάστηκαν με τη χρήση των Lego, καθώς δεν περίμεναν ότι ένα παιδικό τους παιχνίδι μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εποπτικό εργαλείο Υποστήριξαν ότι δεν ένιωσαν την πίεση που αισθάνονται μέσα στη σχολική τάξη κατά τη καθημερινή διδασκαλία και εύχονταν να γίνεται πάντα το μάθημα με αυτό τον τρόπο.

Αποτελέσματα

Ποιοτικά αποτελέσματα: Ομάδα Πειραματισμού μετά

1ο ερώτημα (πόρτα): Διεύθυνση δύναμης ως παράγοντας ανάπτυξης ροπής

Από τους 7 μαθητές, ένας (Ζ) δεν απάντησε ενώ οι υπόλοιποι 6(Α,Β,Γ,Δ,Ε,Η) απάντησαν σωστά, και όλοι στήριξαν την απάντησή τους στην απόσταση της δύναμης από τον άξονα περιστροφής (είναι πιο μακριά). Δύο μαθητές (Δ,Ε) εκτός της αναφοράς της απόστασης, προσδιόρισαν ότι «*έτσι έχουμε μεγαλύτερη ροπή*», ενώ ο Ε ενίσχυσε τη δικαιολόγηση δίνοντας ένα απλοποιημένο ορισμό της ροπής «*γιατί η ροπή είναι δύναμη επί απόσταση*».

2ο ερώτημα (ποδήλατο): Κάθετη απόσταση δύναμης από τον άξονα περιστροφής ως παράγοντας ανάπτυξης ροπής

Από τους 7 μαθητές, όλοι απάντησαν σωστά, ο ένας (Α) χωρίς δικαιολόγηση ενώ οι υπόλοιποι βασίστηκαν και πάλι στην απόσταση (*«είναι πιο μακριά», « μεγαλώνει η απόσταση», «η απόσταση αυξάνεται»*). Τρείς από τους μαθητές που απάντησαν σωστά (Γ,Ε,Ζ) δικαιολόγησαν την απάντηση τους αναφέροντας, ότι αυξάνεται και η ροπή «*θα κουράζεται λιγότερο γιατί είναι μεγαλύτερη η ροπή», «μεγαλώνει η απόσταση και μαζί και η ροπή», «η απόσταση από το κέντρο περιστροφής αυξάνεται και έτσι αυξάνεται και η ροπή*». ΄Ένας μαθητής (Η), ενώ στηρίζει την απάντηση του στην απόσταση, την κάνει πιο λεπτομερή αναφέροντας ότι «*για την ίδια δύναμη το πεντάλ Β θα κινηθεί πιο εύκολα*». Ο μαθητής Β, επέλεξε τη σωστή απάντηση εστιάζοντας στην κίνηση που θα κάνει το πόδι του ποδηλάτη «*ο ποδηλάτης θα κουράζεται λιγότερο γιατί η κίνηση που θα κάνει το πόδι του θα είναι μικρότερη*».

3ο ερώτημα (δοκός):

Από τους 7 μαθητές οι 5 απάντησαν σωστά, ενώ οι δύο που απάντησαν λάθος (Α,Β) θεώρησαν ότι τα σώματα έχουν το ίδιο βάρος. Από τους 5 μαθητές ο ένας (Γ) δεν δικαιολόγησε καθόλου, ένας (Ε) δικαιολόγησε την απάντησή του με την απόσταση και δύο (Δ,Ζ) δικαιολόγησαν με την απόσταση και την ροπή. Ο μαθητής (Δ) αναφέρει στην απάντησή του την ροπή, και πως αυτή διαφοροποιείται από την απόσταση του κάθε σώματος από το στήριγμα της δοκού. Ο μαθητής (Ζ) σημείωσε μια εναλλακτική μορφή του ερωτήματος γράφοντας ότι «*αν οι αποστάσεις ήταν ίσες η δοκός θα έγερνε προς το Α*» εστιάζοντας στην απόσταση των σωμάτων από το σημείο στήριξης και τι αποτέλεσμα θα είχε στο ζητούμενο ερώτημα. Μια άλλη εναλλακτική μορφή του ερωτήματος προέκυψε από άλλον ένα μαθητή (Η), ο οποίος δικαιολόγησε την απάντηση όχι άμεσα στηριζόμενος στην απόσταση αλλά στο βάρος των σωμάτων «*αν ήταν τα ίδια κιλά τότε το σώμα Β θα ανέβαζε το σώμα Α ψηλά*».

4ο ερώτημα (αντίρροπες δυνάμεις):

Από τους 7 μαθητές 2 (Α,Ζ) δεν απάντησαν καθόλου, 3(Β,Γ,Ε) έδωσαν την ίδια λανθασμένη απάντηση «*τα βαρίδια θα ισορροπήσουν*», ένας (Δ) απάντησε σωστά και ανέφερε τη ροπή στην απάντησή του «*Με τη δύναμη της ροπής που είναι μεγαλύτερη κινείται το βαρίδιο Α*». Ο δεύτερος μαθητής που απάντησε σωστά (Η), δικαιολόγησε την απάντηση με την απόσταση «*είναι πιο μακριά από τον άξονα περιστροφής έτσι θα έχει μεγαλύτερη ροπή*»

5ο ερώτημα (αύξηση/μείωση ροπής):

Ένας μαθητής (Α) απάντησε σωστά αλλά δεν δικαιολόγησε την απάντησή του, ο μαθητής Δ απάντησε σωστά και προσπάθησε να δικαιολογήσει την επιλογή του στηριζόμενος στο μέγεθος του γραναζιού «*γιατί η δύναμη ασκείται σε μεγαλύτερη απόσταση από το κέντρο των αξόνων*», ο μαθητής Ζ απάντησε σωστά χωρίς να δικαιολογήσει την απάντηση του. Τέλος, ο μαθητής (Η) απάντησε σωστά και δικαιολόγησε την απάντησή του βασιζόμενος στα διαφορετικά μεγέθη των συνεργαζόμενων γραναζιών «*Το γρανάζι β είναι μεγαλύτερο από το 2*»

Πίνακας 1:Ποσοτικά αποτελέσματα κατά ερώτημα (Σ: σωστό, Λ: Λάθος, ΔΑ: δεν απάντησε)

Ερώτηση 1η	Πριν	Μετά
	Σ: 4 / Λ: 2 / ΔΑ: 1	Σ: 6 / Λ: 0 / ΔΑ: 1
Ερώτηση 2η	Πριν	Μετά
	Σ: 5 / Λ: 2 / ΔΑ: 1	Σ: 7 / Λ: 0 / ΔΑ: 0
Ερώτηση 3η	Πριν	Μετά
	Σ: 4 / Λ: 3 / ΔΑ: 0	Σ: 5 / Λ: 2 / ΔΑ: 0
Ερώτηση 4η	Πριν	Μετά
	Σ: 2 / Λ: 4 / ΔΑ: 1	Σ: 2/ Λ: 3 / ΔΑ: 2
Ερώτηση 5η	Πριν	Μετά
	Σ: 2/ Λ: 1 / ΔΑ: 4	Σ: 4 / Λ: 1 / ΔΑ: 2

Συζήτηση αποτελεσμάτων - Συμπεράσματα

Η ροπή είναι μια έννοια που οι μαθητές των ΕΠΑΛ διδάσκονται στη Β' τάξη και τη συναντούν ξανά στη Γ' τάξη, στα πλαίσια της περιστροφικής κίνησης στα «Στοιχεία Μηχανών». Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η ενίσχυση της διδασκαλίας της ροπής με κατασκευές της εκπαιδευτικής ρομποτικής, έτσι ώστε οι μαθητές μέσα από τον πειραματισμό και την προσωπική επαφή να κατανοήσουν την έννοια της ροπής και κυρίως τις εφαρμογές της. Στόχος μας επομένως δεν είναι η ενασχόληση των μαθητών με μαθηματικούς τύπους και αριθμητικές πράξεις για τον υπολογισμό της ροπής, αλλά κυρίως η ανάπτυξη της ικανότητας τους να αναγνωρίζουν τη ροπή σε μηχανολογικές εφαρμογές. Η παρούσα δράση εξετάζει τα αποτελέσματα μιας μαθησιακής ακολουθίας, η οποία έχει διερευνητικό χαρακτήρα και αξιοποιεί τα εργαλεία της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διδακτικοί μετασχηματισμοί περιεχομένου των μαθητών, ως αποτέλεσμα της διδακτικής παρέμβασης που πραγματοποιήθηκε.

Από τις αρχικές απαντήσεις των μαθητών (Δογούλη, 2011) προέκυψε, ότι οι περισσότεροι δεν γνώριζαν πως δημιουργείται η ροπή αλλά έδειξαν να κατανοούν ότι το αποτέλεσμα της είναι η περιστροφική κίνηση. Ωστόσο, δεν είχαν κατανοήσει όλες ακριβώς τις συνθήκες που πρέπει να ισχύουν ώστε υπάρξει ανάπτυξη ροπής. Οι περισσότεροι εστίασαν στην απόσταση της δύναμης από το σημείο περιστροφής, αγνοώντας ότι η διεύθυνση είναι αυτή που θα καθορίσει αν η δύναμη θα προκαλέσει ροπή. Όσον αφορά στην κάθετη απόσταση της δύναμης από το σημείο περιστροφής, οι περισσότεροι μαθητές δυσκολεύτηκαν σε δύο ερωτήματα εντοπισμού της απόστασης, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να δικαιολογήσουν την απάντησή τους και να χρησιμοποιούν εμπειρικούς τρόπους ερμηνείας.

Το ερώτημα των αντίρροπων δυνάμεων (Δογούλη, 2011) ανέδειξε το πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, να αντιληφθούν δηλαδή τη ροπή σε εφαρμογές που δεν

ακολουθούν τα κλασσικά παραδείγματα του σχολικού βιβλίου. Ίσως αυτή η αδυναμία των μαθητών, να σκεφτούν πέρα από το συγκεκριμένο και να αποκτήσουν δημιουργική και αποτελεσματική φαντασία να οφείλεται εν μέρει και στον τρόπο που τους προσφέρεται η γνώση.

Όσον αφορά στο ερώτημα της δοκού (Δογούλη, 2011), όπου δεν φαίνεται ξεκάθαρα η ανάπτυξη της ροπής, παρατηρήθηκε ότι κανένας από τους μαθητές δεν ανέφερε την ροπή στην απάντησή του, ενώ η δικαιολόγηση κάποιων που απάντησαν σωστά βασίστηκε σε πιο εμπειρικά μοντέλα ερμηνείας. Ίσως ήταν δύσκολο να αντιληφθούν τη ροπή λόγω του σχήματος και για αυτό οι επεξηγήσεις τους ήταν πιο απλές και βασισμένες σε προσωπικές εμπειρίες με παρόμοια προβλήματα, όπως το ζητούμενο του ερωτήματος. Φάνηκε δηλαδή, ότι μαθητές που γνώριζαν την απάντηση, δεν μπορούσαν να την δικαιολογήσουν εστιάζοντας στη ροπή του κάθε σώματος και γι' αυτό κατέφυγαν σε οπτικούς κυρίως τρόπους ερμηνείας.

Σχετικά με την ανάπτυξη της ροπής σε συνεργαζόμενα γρανάζια (Δογούλη, 2011), οι μαθητές που απάντησαν δικαιολόγησαν την απάντησή τους στηριζόμενη στη διαφορετική διάμετρο των γραναζιών. Ωστόσο, οι συνδυασμοί που επέλεξαν δεν είχαν σε όλες τις περιπτώσεις αποτέλεσμα, την αύξηση της ροπής. Υπήρξε μια σύγχυση με την αύξηση/μείωση των στροφών. Δηλαδή αν και το ζευγάρι που διάλεγαν αποτελούνταν από διαφορετικής διαμέτρου γρανάζια, το αποτέλεσμα στο κινούμενο γρανάζι δεν ήταν πάντα η αύξηση της ροπής.

Η απλή κατασκευή για την ροπή (Εικόνα 1), η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας, είχε στόχο τον πειραματισμό των μαθητών, έτσι ώστε οι ίδιοι να ανακαλύψουν τη γνώση. Η δεύτερη κατασκευή αφορούσε ένα απλό κιβώτιο τριών ταχυτήτων (Εικόνα 2), μια μηχανολογική εφαρμογή όπου αξιοποιείται η ανάπτυξη της ροπής στη λειτουργία της. Δόθηκε έτσι στους μαθητές η δυνατότητα διερεύνησης και παρατήρησης της κατασκευής, εμπλουτίζοντας τα ερεθίσματα τους, και χωρίς απλά να περιοριζόμαστε στην γραφική απεικόνιση της συνεργασίας των γραναζιών που χρησιμοποιεί το σχολικό βιβλίο.

Αυτό είχε πολύ θετικά αποτελέσματα και δίνει ελπίδες για την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής ρομποτικής ως εποπτικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν θεωρητικές έννοιες και ιδιαίτερα αυτούς που φοιτούν στην τεχνική εκπαίδευση.

Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, η προσωπική επαφή και ο πειραματισμός των μαθητών με τη κατασκευή LEGO, αποδείχτηκαν απαραίτητες για την κατανόηση της ανάπτυξης της ροπής. Αυτό φάνηκε και στα ποσοτικά αποτελέσματα (Πίνακας 1) όπου φαίνεται ο μεγαλύτερος αριθμός σωστός απαντήσεων σε όλα τα ερωτήματα.

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, γίνεται φανερό ότι υπήρξε μεγάλη βελτίωση και αλλαγή στην δικαιολόγηση των επιλογών τους. Όσον αφορά στη διεύθυνση της δύναμης που δημιουργεί ροπή, όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά επιλέγοντας τη δύναμη με τη κατάλληλη διεύθυνση ως προς τον άξονα περιστροφής. Επίσης, στο ερώτημα που δυσκολεύτηκαν αρχικά να εντοπίσουν την κάθετη απόσταση, μετά τη διδακτική παρέμβαση και πάλι οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σωστά, αλλά η διαφορά παρατηρείται στη δικαιολόγηση η οποία σε όλες τις περιπτώσεις βασίζεται στο μεγαλύτερο μήκος του βραχίονα. Ιδιαίτερα ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι μετά τη δραστηριότητα με τα LEGO υπήρξε ένας μαθητής, ο οποίος αναφέρθηκε στη ροπή δίνοντας ένα απλοποιημένο ορισμό της. Οι μαθητές των ΕΠΑ.Λ χαρακτηρίζονται περισσότερο για τις πρακτικές τους ικανότητες και όχι για τις επιδόσεις τους σε θεωρητικές έννοιες. Ωστόσο, οι αντίρροπες δυνάμεις ακόμα και μετά τη διδακτική παρέμβαση αποδείχτηκαν δύσκολο ερώτημα καθώς μόνο ένας διόρθωσε την απάντησή του σε σχέση με την πρώτη φορά που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο, και ένας την βελτίωσε. Οι δύο μαθητές ανέφεραν την ροπή και ο ένας δικαιολόγησε, εστιάζοντας στην απόσταση του βαριδίου που αντιστοιχούσε στο μεγαλύτερο τύμπανο και άρα στη μεγαλύτερη ροπή.

Σχετικά με την ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν τη ροπή όταν αυτή δεν συνδέεται ξεκάθαρα με την περιστροφική κίνηση, μετά τη διδασκαλία με τα LEGO, οι μαθητές που απάντησαν σωστά, εστίασαν στις διαφορετικές αποστάσεις των σωμάτων από το σημείο

στήριξης της δοκού, αλλά η διαφορά παρατηρήθηκε στην αναφορά της ροπής από δύο μαθητές, δείχνοντας ότι αντιλαμβάνονται τον προβληματισμό του ερωτήματος. Επίσης, η ανάγκη δύο μαθητών να δώσουν εναλλακτικές διατυπώσεις της ερώτησης, δείχνει ότι έχουν κατανοήσει τη λογική της άσκησης και μπορούν να την αναδιατυπώσουν εστιάζοντας σε διαφορετικά χαρακτηριστικά (ίσες αποστάσεις-ίδια κιλά).

Σχετικά με την ανάπτυξη της ροπής σε μηχανολογικές εφαρμογές, και οι 4 μαθητές που απάντησαν ήταν σωστοί στο συνδυασμό των συνεργαζόμενων γραναζιών. Αυτό που έχει σημασία, είναι ο τρόπος που κάθε μαθητής δικαιολόγησε την επιλογή του ζευγαριού γραναζιών. Οι περισσότεροι βασίστηκαν στα διαφορετικά μεγέθη των οδοντωτών τροχών, αλλά ένας εστίασε στον λόγο που τα μεγαλύτερα γρανάζια έχουν μεγαλύτερη ροπή. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό, καθώς ο μαθητής έδειξε πως αρχίζει να αντιλαμβάνεται την ροπή πέρα από τις κλασσικές εφαρμογές της όπως το παράδειγμα με την πόρτα, και την εντοπίζει στην περιστροφή των γραναζιών.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν πολύ θετικά ενισχύοντας τις αρχικές υποθέσεις μας. Συγκεκριμένα , τα αποτελέσματα από τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ήταν πολύ ενθαρρυντικά, δείχνοντας ότι η εκπαιδευτική προσέγγιση της ρομποτικής ήταν σημαντική στο να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν την ροπή, να διορθώσουν πιθανές προηγούμενες παρανοήσεις και να εντοπίσουν γνωστικά κενά.

Η παιγνιώδης μορφή (συναρμολογούμενα τουβλάκια) επέτρεψε στους μαθητές να αισθανθούν πιο άνετα και οικεία με την κατασκευή και κατ' επέκταση να πειραματιστούν και να διερευνήσουν χωρίς το φόβο του λάθους και της «ζημιάς». Στο πλαίσιο αυτό τα Lego θα μπορούσαν να ενταχθούν στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα καθώς υποστηρίζουν τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος εποικοδομητικής μάθησης. Η εκπαιδευτική ρομποτική είναι ένα εργαλείο που παρέχει αυθεντικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες ενταγμένες σε διαδικασίες επίλυσης ανοιχτών προβλημάτων από τον πραγματικό κόσμο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ενθάρρυνση των μαθητών και την προσωπική εμπλοκή στη μαθησιακή διαδικασία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας μας, όπως αυτά άλλων ερευνών ενίσχυσαν την άποψη ότι η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί ένα εργαλείο μάθησης ικανό να υποστηρίξει τη κατασκευή της γνώσης από το μαθητή, τη μάθηση μέσω της πράξης, τη μάθηση με ενεργό εξερεύνηση και την αύξηση των κινήτρων μάθησης στην τεχνολογία.

Βιβλιογραφία

Καρατράντου, Α., Τάχος, Ν., Αλιμίσης, Δ. (2005). Εισαγωγή σε Βασικές Αρχές και Δομές Προγραμματισμού με τις Ρομποτικές Κατασκευές LEGO Mindstorms, Α Τζιμογιάννης, (Επιμ.), *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Κόρινθος.

Δογούλη, Α. (2011). *Διδακτική του μαθήματος «Στοιχεία Μηχανών» με τη χρήση Ρομποτικών κατασκευών*: [Διπλωματική διατριβή] / Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Alimisis, D. & Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. In authors (Eds.), *Teacher Education on Robotics-enhanced Constructivist Pedagogical Methods* (pp. 11-22). ASPETE

Alimisis, D., Karatrantou, A. & Tachos, N. (2005). Technical school students design and develop gear-based constructions for the transmission of motion. In Gregorczyk G., Walat A., Kranas W., Borowiecki M., (Eds.), *Eurologo 2005, Digital Tools For Lifelong Learning, Proceedings,* Warsaw: DrukSfera, 76-86.

Dagdilelis, V., Satratzemi, M. & Kagani, K. (2005). Teaching (with) Robots in Secondary Schools: some new and not-so-new Pedagogical problems. *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05).*

Fontenot, D., Talkmitt, S., Morse, A., Marcy, B., Chandler, J. & Stennet, B. (2009). Providing an Engineering Design Model for Secondary Teachers. *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.*

Karp, T., Lowe, L. A, Medina, V. & Beutlich, E. (2010). Generation NXT: Building Young Engineers With LEGOs. *IEEE Transactions on education,* 53 (1), 80-87.

Miglino, O., Lund, H. H. & Cardaci, M. (1999). Robotics as an Educational Tool. *Journal of Interactive Learning Research,* 10 (1), 25-47.

Moundridou, M. & Kalinoglou, A (2008). Using LEGO Mindstorms as an instructional aid in technical and vocational secondary education: Experiences from an empirical case study, P. Dillenbourg and M.Specht, (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 5192, 312-321.

Rieber, M. J., Wehlam, H. & Allgöwer, F. (2004). Using LEGO robots to teach the fundamentals of feedback control. *IEEE Control Systems Magazine,* 57-60.

Ruiz-del-Solar, J. (2010). Robotics-Centered Outreach Activities: An Integrated Approach. *IEEE Transactions on Education,* 53 (1), 38-45.

Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In S.*Papert and I.Harel (eds.)*
Constructionism, Norwood, NJ, Ablex Publishing Corporation.

Piaget, J. (1974), *To Understand Is To Invent.* N.Y.: Basic Books.

Satratzemi, M., Dagdilelis, V. & Kagani, K., (2005). Teaching Programming with Robots: A Case Study on Greek Secondary Education, P. Bozanis, E. N. Houstis, (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 3746, 502-512.

Thomaz, S., Aglae, A., Fernandes, C., Pitta, R., Azevedo, S., Burlamaqui, A.,Silva, A. (2009). RoboEduc: A Pedagogical Tool to support Educational Robotics. *39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference T2G.*

Wakeman-Linn, J. & Perry, A. (2002). A Proposal To Incorporate LEGO MIndstorms into an Introduction to Engineering Course. *Proceedings of the 2002 ASEE/SEFI/TUB Colloquium, American Society for Engineering Education.*

Δημιουργία νοημάτων σχετικά με την Πλάγια Βολή από μαθητές Α' Λυκείου με τη χρήση βιωματικής μάθησης και 2D – 3D μικρόκοσμων

Βαρυπάτη Εμμανουέλα και Ζαχαρούλα Σμυρναίου
Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Παιδαγωγικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
emvaripati@yahoo.gr, zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή, βασίζεται στην διερευνητική μάθηση και στην μάθηση μέσω της επίλυσης προβλημάτων με χρήση 2D και 3D εκπαιδευτικών λογισμικών, σε συνδυασμό με τη χρήση Web 2.0 εργαλείων. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσει τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων από τους μαθητές, με χρήση 2D και 3D Νευτώνειων χώρων. Πιο συγκεκριμένα, οι έξι μαθητές που συμμετέχουν στην έρευνα, χωρισμένοι σε δυο υποομάδες των τριών ατόμων οι οποίες βρίσκονται σε μακρινή απόσταση μεταξύ τους, καλούνται να επιλύσουν τέσσερα προβλήματα-προκλήσεις που αφορούν την Πλάγια Βολή, με τη χρήση των μικρόκοσμων 2D Shooter και 3D Shooter, επικοινωνώντας μέσω του LASAD. Παράλληλα, καλούνται να κατασκευάσουν ένα πλάνο για κάθε πρόκληση στο Planning tool, με τα βήματα που θα τους οδηγήσουν στη λύση της πρόκλησης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποδεικνύουν ότι η μετάβαση από τον μικρόκοσμο 2D Shooter, στον μικρόκοσμο 3D Shooter ήταν καθοριστική στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων από τους μαθητές.

Abstract

This study based on inquiry-based and problem-based learning with the use of 2D and 3D educational microworlds, in combination with Web 2.0 tools. The purpose of this research is to study the creation of scientific meanings from students, while they use 2D and 3D Newtonian spaces. More specifically, the six students involved in this study, divided into two groups of three, which are far apart, asked to solve four problems-challenges, concerning the Projectile motion, using the microworlds 2D Shooter and 3D Shooter and communicating via LASAD. They also asked to construct a plan for each challenge in Planning tool, with the steps that will lead them to the solution of the challenge. The results of the analysis show that the transition from the 2D Shooter microworld, to the 3D Shooter microworld was a determinant factor for the creation of scientific meanings from students.

Εισαγωγή

Η εισαγωγή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας στην εκπαίδευση και συγκεκριμένα στο γνωστικό αντικείμενο της φυσικής είναι μια πραγματικότητα εδώ και δυο δεκαετίες. Αποτέλεσμα αυτού είναι να έχει αλλάξει ριζικά ο τρόπος διδασκαλίας του εν λόγω αντικειμένου από τους καθηγητές και ως εκ τούτου ο τρόπος μάθησης από τους μαθητές. Η αξιοποίηση κοστρουξιονιστικών ψηφιακών περιβαλλόντων 2D και 3D καθώς και Web 2 εργαλείων στη διδασκαλία της Φυσικής αποτελεί το αντικείμενο της έρευνάς μας.

Η αναδίφηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι δεν υπάρχουν έρευνες που να ασχολούνται με τη δημιουργία νοημάτων από τους μαθητές κατά τη διάρκεια ενασχόλησής τους με 2D και 3D λογισμικά που αφορούν τη φυσική με σκοπό την επίλυση επιστημονικών προκλήσεων. Οι συζητήσεις μεταξύ των μαθητών σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο διαμεσολαβούνται μέσω δυο web-based και workspace λογισμικών, το Planning tool και το LASAD. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τη δημιουργία νοημάτων από μαθητές Α' Λυκείου κατά τη διάρκεια ενασχόλησής τους με τους μικρόκοσμους 2D Shooter και 3D Shooter. Μέσα από τη συζήτηση των μαθητών στο LASAD και από τα πλάνα που θα κατασκευάσουν στο Planning tool, μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για το τι κατανόησαν οι μαθητές όσον αφορά το φαινόμενο της Πλάγιας Βολής.

Η μοντελοποίηση στο επίκεντρο της διερευνητικής, κοστρουξιονιστικής και μέσω επίλυσης προβλήματος μάθησης

Η διερευνητική μάθηση, ως ενεργή διαδικασία, περιγράφεται ως «κάτι που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές και όχι ως κάτι που γίνεται από άλλους για αυτούς» (Ψύλλος 2011). Σκοπός της εφαρμογής της μεθόδου του Inquiry-Based Learning, είναι να μάθουν οι μαθητές πώς να μαθαίνουν μόνοι τους, διερευνώντας προβλήματα και θέματα που τους αφορούν και έχουν σχέση με την καθημερινή τους ζωή. Βασικός στόχος του εκπαιδευτικού, πρέπει να είναι να διδάξει τους μαθητές πώς να μαθαίνουν δρώντας σαν επιστήμονες. Οι Minner, Levy & Century (2009), συγκρίνουν στο άρθρο τους, διάφορες έρευνες που αφορούν την διδασκαλία και οι οποίες έδειξαν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά όσον αφορά τη διαδικασία διερεύνησης: εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικά φαινόμενα, ενεργή σκέψη των μαθητών, υπευθυνότητα των μαθητών για μάθηση και εμπλοκή στον κύκλο διερεύνησης.

Εκτός από την διερευνητική μάθηση, η επίλυση προβλήματος συναντάται πολύ συχνά στις έρευνες σχετικά με τη δημιουργία νοημάτων στις φυσικές επιστήμες. Είναι μια μέθοδος μάθησης, μέσα από την οποία, οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν σύνθετα προβλήματα, τα οποία δεν επιδέχονται μια και μόνο σωστή λύση (Hmelo-Silver C. E. 2004), εργαζόμενοι συνεργατικά, σε ομάδες. Η μέθοδος του Problem-Based Learning, εστιάζεται στην οργάνωση της βιωματικής μάθησης γύρω από την έρευνα, την επεξήγηση και την εύρεση λύσης σε σημαντικά προβλήματα (Torp & Sage 2002). Για να κινητοποιηθεί η σκέψη των μαθητών, τα προβλήματα πρέπει να είναι σύνθετα και ανοιχτά, challenge-based, δηλαδή να μην επιδέχονται μια και μόνο λύση και να προάγουν την ενεργοποίηση της σκέψης και του συλλογισμού, δίνοντας την δυνατότητα στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες μοντελοποίησης και επιχειρηματολογίας.

Όσον αφορά τη μοντελοποίηση, θεωρείται μια ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία μάθησης, ενώ παράλληλα αποτελεί αντικείμενο μελέτης στην εκπαιδευτική έρευνα (Κρητικός 2009). Κατά την προσωπική μας άποψη είναι μια διαδικασία που ενεργοποιείται σε κάθε επιστημονική δραστηριότητα. Συνεπώς, εμπεριέχεται και ταυτόχρονα «τρέχει» ανεξάρτητα από αυτήν στην διερευνητική μάθηση όπως και στη μέθοδο επίλυσης προβλήματος. Οι μαθητές θα πρέπει να επιλέξουν τα αντικείμενα, τις ιδιότητες των αντικειμένων, τις έννοιες, τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών και τις αναπαραστάσεις για να επιλύσουν την επιστημονική πρόκληση. Ο ρόλος της μοντελοποίησης, ως μιας διερευνητικής διαδικασίας μάθησης, έχει αποδειχθεί πολύ σημαντικός, αφού ενισχύει τη συλλογιστική διαδικασία των μαθητών και βελτιώνει την κατανόηση των επιστημονικών φαινομένων. Αυτή η διαδικασία, ενισχύεται ακόμα περισσότερο, όταν χρησιμοποιούνται εκπαιδευτικά λογισμικά (Smyrnaiou & Evripidou 2012).

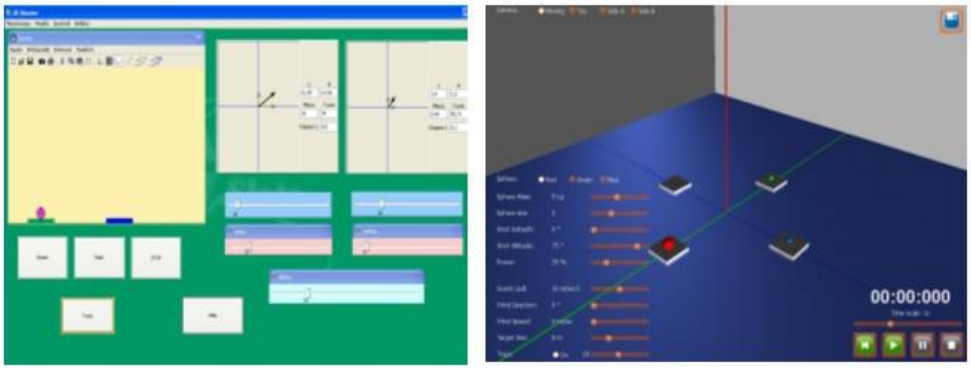
Η μοντελοποίηση εμπεριέχεται και ενδυναμώνεται σε ένα κοστρουξιονιστικό πλαίσιο (Constructionism). Η ιδέα είναι ότι οι μαθητές μαθαίνουν πιο αποτελεσματικά όταν κατασκευάζουν δομήματα τα οποία έχουν προσωπικό νόημα γι' αυτούς (Smyrnaiou, Moustaki, Kynigos 2011). Οι δεξιότητες μοντελοποίησης, επιτρέπουν στον μαθητή να κατασκευάσει απλές εννοιολογικές αναπαραστάσεις των φυσικών φαινομένων, συστημάτων ή διαδικασιών, με τη μορφή μοντέλων, να αξιολογήσει τα μοντέλα αυτά και να τα εφαρμόσει με σκοπό να ερμηνεύσει τα φυσικά φαινόμενα ή να κάνει προβλέψεις (Louca & Constantinou 2002). Όταν οι μαθητές συνεργάζονται για την κατασκευή ενός μοντέλου ή μικρόκοσμου, μπορούν να έχουν βαθιά πρόσβαση στη δομή του (Kynigos 2004) και έτσι είναι σε θέση να αντιληφθούν και να κατανοήσουν σύνθετα φυσικά φαινόμενα που κρύβονται πίσω από αυτό και να ενισχύσουν τις μεταγνωστικές τους δεξιότητες.

Τα 2D και 3D κοστρουξιονιστικά περιβάλλοντα που κατασκευάσαμε προσφέρουν στους μαθητές την δυνατότητα αυτή, την αποδόμηση και την αναδόμηση του μοντέλου. Στη

βιβλιογραφία σημειώνεται ότι οι 3D προσομοιώσεις αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών για μάθηση, αφού μέσω αυτών μπορούν να κατανοήσουν αφηρημένες φυσικές έννοιες και σύνθετα φυσικά φαινόμενα. Γενικότερα, οι προσομοιώσεις έχουν θετική επίδραση στην εκμάθηση των φυσικών επιστημών από τους μαθητές, εξαιτίας των πολλαπλών αναπαραστάσεων που περιέχουν (Olympiou & Zacharia 2012) και επηρεάζουν την κατανόηση επιστημονικού περιεχομένου (Psillos & Niedderer 2002). Γνωρίζουμε, από σχετικές έρευνες, ότι η δημιουργία επιστημονικών νοημάτων ξεκινά από τις διαισθήσεις (Kynigos, Smyrnaiou, Roussou 2010), τις αρχικές αναπαραστάσεις των μαθητών (Driver 1989), τις φαινομενολογικές περιγραφές, τις περιγραφές δράσεων ή γεγονότων που γίνονται αντιληπτά ως επιστημονικές έννοιες και τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Εδώ και δεκαετίες, η έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, αναφέρει ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για πολλά θέματα της Φυσικής, είναι σύμφωνες μεν με τη διαισθητική εμπειρία τους, αλλά σε αντίφαση με τις αποδεκτές επιστημονικές αντιλήψεις. Οι ιδέες αυτές είναι αυθεντικές και επίμονες στην αλλαγή τους, ενώ τις περισσότερες φορές αλλάζουν παροδικά, σχεδόν όσο διαρκεί η διδασκαλία και μετά επανέρχονται. Με αυτό τον τρόπο, προκαλούν σοβαρές δυσκολίες τόσο στην κατανόηση, όσο και στην εφαρμογή των βασικών εννοιών των φυσικών επιστημών (Πανταζή & Τσαπαρλής 2011). Υποθέτουμε λοιπόν ότι στα μοντέλα που θα κατασκευάσουν οι μαθητές με τους 2D και 3D ψηφιακούς κόσμους όσο και στις περιγραφές τους μέσω των web-based και share workspace εργαλείων συζήτησης θα εκφράζονται τόσο οι διαισθητικές όσο και οι επιστημονικές απόψεις τους.

Μεθοδολογία έρευνας

Οι έξι μαθητές που συμμετέχουν στην έρευνα, χωρίζονται σε δυο υποομάδες των τριών ατόμων, οι οποίες αποτελούν μια κοινή ομάδα. Οι δυο υποομάδες βρίσκονται σε μακρινή απόσταση μεταξύ τους και κάθονται σε διαφορετικό υπολογιστή. Καλούνται να λύσουν, σε συνεργασία, τέσσερις προκλήσεις χρησιμοποιώντας τα κοστρουξιονιστικά λογισμικά 2D Shooter και 3D Shooter (Εικόνα 1). Ο 2D Shooter και ο 3D Shooter είναι δυο εκπαιδευτικά λογισμικά τα οποία σχεδιάσαμε και αφορούν την κίνηση σε Νευτώνειους χώρους. Ο 2D Shooter κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας το Kit D_Stage, το οποίο προέκυψε από την Δυναμοσκηνή του Αβακίου Eslate του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του ΕΚΠΑ και περιλαμβάνει την ψηφίδα Σκηνή στην οποία υπάρχουν δυο βάσεις και μια μπάλα, δυο διανύσματα: Αρχική ταχύτητα και Επιτάχυνση της βαρύτητας, καθώς και πολλούς ολισθητές όπως Μάζα, Ακτίνα, Γωνία βολής και άλλους. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ονομασίες των περισσότερων μεταβλητών ήταν κρυμμένες και περιμέναμε από τους μαθητές να τις αναγνωρίσουν από τις ιδιότητές τους και από την οπτική ανατροφοδότηση που λαμβάνουν κάθε φορά. Ο 3D Shooter περιλαμβάνει πολλούς sliders, όπως Αζιμούθιο, Γωνία βολής, Μάζα, Ταχύτητα ανέμου, Διεύθυνση ανέμου και άλλους. Οι ολισθητές αυτοί είναι απαραίτητοι για να περιγράψουν την κίνηση σε τρισδιάστατο χώρο. Οι δυο υποομάδες επικοινωνούν μέσω του LASAD, το οποίο είναι ένα εργαλείο συζήτησης και επιχειρηματολογίας, μέσω διαμοιραζόμενης οθόνης (share workspace). Η βασική δομή του LASAD στηρίζεται σε κάρτες με τις οποίες οι μαθητές μπορούν να εκφράσουν τα επιχειρήματά τους και τις διαλογικές τους αλληλεπιδράσεις. Μερικές από τις κάρτες που περιλαμβάνει είναι: "Ισχυρισμός", "Σχόλιο", "Ερώτηση". Επιπλέον, έχει και την «κενή» κάρτα, την οποία οι μαθητές μπορεί να χρησιμοποιήσουν κατά το δοκούν. Παράλληλα με τη χρήση του LASAD, οι μαθητές κατασκευάζουν ένα πλάνο στο Planning tool με τα βήματα που τους οδηγούν στη λύση κάθε πρόκλησης. Το Planning tool, το οποίο είναι web-based και share workspace στηρίζεται στη χρήση καρτών, οι οποίες βασίζονται στο θεωρητικό πλαίσιο που προαναφέραμε. Περιλαμβάνει τις κάρτες: «Ορίζουμε τις υποθέσεις μας», «Πειραματιζόμαστε», «Συμπεραίνουμε», καθώς και άλλες όπως και την «κενή» κάρτα. Τα δυο αυτά εργαλεία (Εικόνα 2), βρίσκονται στην πλατφόρμα Metafora.



Εικόνα 1: Τα λογισμικά 2D Shooter και 3D Shooter

Στην Φάση Α, οι μαθητές καλούνται να παίξουν ένα παιχνίδι με μπάλες σε πραγματικές συνθήκες με σκοπό να αναγνωρίσουν διάφορες γωνίες (γωνία βολής, αζιμούθιο) και να παρατηρήσουν τυχόν διαφορές στην κίνηση των μπαλών, σε σχέση με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά (μέγεθος, μάζα). Ακολούθως στην Φάση Β καλούνται να λύσουν τις εξής προκλήσεις με τη βοήθεια του 2D Shooter: «*Εκτοξεύστε τη μπάλα κατακόρυφα προς τα πάνω, με σκοπό να επιστρέψει και πάλι στη βάση της*» και «*Εκτοξεύστε τη μπάλα με τρόπο ώστε να προσγειωθεί στη μπλε βάση*». Στη συνέχεια, στην Φάση Γ, οι μαθητές καλούνται να λύσουν άλλες δυο προκλήσεις, όμως χρησιμοποιώντας τον 3D Shooter αυτή τη φορά: «*Εκτοξεύστε την πράσινη και την μπλε μπάλα κατακόρυφα προς τα πάνω και κρατήστε ακίνητη την κόκκινη μπάλα*» και «*Η κόκκινη και η πράσινη μπάλα να χτυπήσουν τη βάση της μπλε μπάλας και η μπλε μπάλα να χτυπήσει την άδεια βάση*». Στο τέλος της δραστηριότητας (Φάση Δ), οι μαθητές καλούνται και πάλι να παίξουν με τις μπάλες, για να διαπιστώσουμε μέσα από τις απαντήσεις τους, αν άλλαξαν οι αρχικές τους ιδέες μετά την ενασχόλησή τους με τα δυο λογισμικά.

Εικόνα 2: Τα εργαλεία LASAD και Planning tool

Για τη συλλογή των δεδομένων τις έρευνας, χρησιμοποιήθηκε η συμμετοχική παρατήρηση στο πλαίσιο της ποιοτικής έρευνας, τα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στους μαθητές, δομημένα έτσι ώστε να συλλέγουν από τις απαντήσεις τους δεδομένα που σχετίζονται με τη δημιουργία νοημάτων, τόσο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού με τις μπάλες, όσο και κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης των μαθητών με τα λογισμικά 2D Shooter και 3D Shooter. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και η HyperCam, μια διαδικτυακή κάμερα η οποία κατέγραφε την οθόνη και τις διαλογικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια επίλυσης των προκλήσεων.

Για τις ανάγκες ανάλυσης των ερευνητικών δεδομένων, πραγματοποιήθηκε απομαγνητοφώνηση των βίντεο που κατέγραφαν οι HyperCam, κωδικοποίηση των απαντήσεων στα φύλλα εργασίας και λεπτομερής ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τις απαντήσεις και τις διαλογικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών.

Αποτελέσματα

Κατά την διάρκεια της Φάσης Α (παιχνίδι με μπάλες), παρατηρήθηκε ότι πολλοί μαθητές συνδέουν το βάρος της μπάλας με την ταχύτητα με την οποία αυτή κινείται και άλλοι πιστεύουν ότι το χέρι μας ασκεί κάποια δύναμη στην μπάλα κατά τη στιγμή της εκτόξευσης (απαντήσεις που έχουν καταγραφεί και από άλλες έρευνες της Διδακτικής Θετικών Επιστημών).

Κατά τη διάρκεια της προσπάθειας επίλυσης της πρώτης πρόκλησης χρησιμοποιώντας τον 2D Shooter, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές κατανόησαν ότι για να κινηθεί η μπάλα κατακόρυφα προς τα πάνω, πρέπει η γωνία βολής της να είναι 90°, όπως φαίνεται και από το συμπέρασμα το οποίο έγραψαν στο Planning tool: «*Για να κινηθεί η μπάλα κατακόρυφα και να επιστρέψει στην βάση της, πρέπει η γωνία να είναι 90° και η επιτάχυνση της βαρύτητας 10*». Ακολούθως, στην προσπάθεια επίλυσης της δεύτερης πρόκλησης με τη βοήθεια του 2D Shooter, παρατηρούμε ότι οι μαθητές κατανόησαν ότι οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη βολή της μπάλας είναι η αρχική της ταχύτητα και όχι η δύναμη που ασκεί το χέρι στην μπάλα (διαισθητική απάντηση), η γωνία βολής της και η επιτάχυνση της βαρύτητας, όπως φαίνεται και από το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν και το κατέγραψαν στο Planning tool: «*Η μπάλα για να πάει στη μπλε βάση πρέπει η γωνία να είναι 20°, η ταχύτητα 55 και η επιτάχυνση της βαρύτητας 10*».

Στην συνέχεια, οι δυο υποομάδες κλήθηκαν να λύσουν μαζί ακόμα δυο προκλήσεις, χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά τον 3D Shooter. Όσον αφορά την πρώτη πρόκληση, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές ανέφεραν ότι για να κινηθούν οι δυο μπάλες κατακόρυφα προς τα πάνω πρέπει η γωνία βολής τους να είναι 90° και για να παραμείνει η κόκκινη μπάλα ακίνητη, πρέπει η αρχική της ταχύτητα να είναι 0. Αυτό φαίνεται και από το περιεχόμενο της κάρτας «Συμπεραίνουμε» που τοποθέτησαν στο Planning tool: «*Συμπεραίνουμε ότι για να πάει η πράσινη και η μπλε μπάλα κατακόρυφα, η γωνία βολής πρέπει να είναι 90° και στην κόκκινη, η ταχύτητα πρέπει να είναι 0*». Αρχικά όμως, ενώ είχε προηγηθεί συζήτηση με τον ερευνητή κατά τη διάρκεια της ενασχόλησής τους με τον 2D Shooter για τις μεταβλητές που επηρεάζουν τη βολή της μπάλας, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές συνέχιζαν να πιστεύουν ότι η μπάλα εκτοξεύεται με κάποια δύναμη και όχι με κάποια ταχύτητα (εναλλακτικές ιδέες που ανθίστανται). Χαρακτηριστικό είναι το σχόλιο που κατέγραψαν στο LASAD: «*Το Power είναι η δύναμη*», ενώ στην πραγματικότητα είναι η αρχική ταχύτητα της μπάλας. Ο όρος Power, χρησιμοποιήθηκε εσκεμμένα, με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι μαθητές αντιλαμβάνονται αν η αιτία της κίνησης της μπάλας είναι η αρχική της ταχύτητα σε αντίθεση με τη δύναμη που ασκεί το χέρι στην μπάλα.

Αναφορικά με τη δεύτερη πρόκληση, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι οι μεταβλητές που επηρεάζουν την κίνηση της μπάλας είναι η αρχική της ταχύτητα, η γωνία βολής της και η κατεύθυνση στην οποία κινείται όπως φαίνεται και από την συζήτησή τους στο LASAD, αλλά και από το περιεχόμενο της κάρτας «Συμπεραίνουμε» που τοποθέτησαν στο Planning tool: «*Συμπεραίνουμε ότι για να πάει η κόκκινη μπάλα στη βάση της μπλε μπάλας, η κατεύθυνση της μπάλας 311°, η γωνία βολής να είναι 45° και η ταχύτητα 20. Για να πάει η πράσινη μπάλα στη βάση της μπλε μπάλας η γωνία βολής πρέπει να είναι 45°, η γωνία κατεύθυνσης πρέπει να είναι 220° και η ταχύτητα να είναι 22. Τώρα για την μπλε μπάλα, για να πάει στην άδεια βάση, πρέπει η γωνία βολής να είναι 45°, η κατεύθυνση μπάλας να είναι 90° και η ταχύτητα να είναι 24*». Θεωρούν δεδομένο ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι 10m/s^2, αφού το πείραμα διεξάγεται στην επιφάνεια της Γης.

Ακολούθως, στην Φάση Δ, οι μαθητές κλήθηκαν να παίξουν ξανά με τις μπάλες και να αναγνωρίσουν τις γωνίες (γωνία βολής, αζιμούθιο). Οι έξι μαθητές, ζήτησαν να συνεργαστούν και να απαντήσουν μαζί στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας. Παρατηρήθηκε ότι τελικά κατανόησαν ότι το μέγεθος και το βάρος της μπάλας δεν επηρεάζουν την ταχύτητα με την οποία κινείται. Επίσης από τις απαντήσεις τους παρατηρούμε ότι έχουν αντιληφθεί πλέον ότι η μπάλα εκτοξεύεται με κάποια αρχική ταχύτητα και ότι δεν ασκείται σε αυτήν κάποια δύναμη. Επίσης κατανόησαν πώς κάποια μεγέθη (μάζα, αρχική ταχύτητα, γωνία βολής, κατεύθυνση – αζιμούθιο και επιτάχυνση της βαρύτητας) επηρεάζουν το βεληνεκές και το μέγιστο ύψος στο οποίο φτάνει η μπάλα όταν εκτελεί Πλάγια Βολή.

Συμπεράσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι έχουν δημιουργήσει επιστημονικά νοήματα σχετικά με τις μεταβλητές Αζιμούθιο και Γωνία βολής που δεν είχαν διδαχθεί ακόμα στο σχολείο. Τέλος, συγκρίνοντας τις αρχικές με τις τελικές τους απαντήσεις, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι μαθητές αντικατέστησαν τις εσφαλμένες αρχικές τους ιδέες με τις επιστημονικά αποδεκτές.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε ότι η ενασχόληση των μαθητών με τα εκπαιδευτικά λογισμικά 2D Shooter και 3D Shooter, τους βοήθησε να δημιουργήσουν επιστημονικά νοήματα, τα οποία αναφέρονται παραπάνω και να αποκτήσουν καινούργια γνώση. Η συνεργασία των μαθητών, τόσο με τα μέλη της ομάδας τους, όσο και με τα μέλη της άλλης υποομάδας και οι λεκτικές τους αλληλεπιδράσεις μέσω του LASAD, ήταν δυο από τους παράγοντες που συντέλεσαν στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων, αφού μέσα από την συζήτηση και την επιχειρηματολογία, οι μαθητές μπόρεσαν να καταλήξουν τελικά στα συμπεράσματα που προσεγγίζουν την επιστημονική εκδοχή και να απορρίψουν ή να ενισχύσουν τις προϋπάρχουσες ιδέες τους. Η μια ομάδα διατύπωνε απόψεις και η άλλη τις αξιολογούσε και το αντίστροφο.

Ακόμα ένας παράγοντας, ο οποίος βοήθησε στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων, που ίσως οι μαθητές να μην μπορούν να τον αντιληφθούν, είναι η κατασκευή του κοινού πλάνου στο Planning tool. Οι μαθητές, κατά τη διάρκεια κατασκευής του πλάνου, ακολούθησαν τα στάδια της επιστημονικής μεθόδου και έγραψαν στις κάρτες του, τις πληροφορίες που οδηγούσαν στη λύση της εκάστοτε πρόκλησης, φέρνοντας στο μυαλό τους τα όσα πραγματοποιήθηκαν στην προσπάθειά τους να φτάσουν στη λύση της πρόκλησης. Έτσι, μέσω των share workspace λογισμικών οι μαθητές σκέφτονταν και ξανασκέφτονταν τις υποθέσεις, τους πειραματισμούς και τα μοντέλα τους. Εξασκούνταν δηλαδή σε διερευνητικές, μεταγνωστικές, καθώς και διαδικασίες μοντελοποίησης.

Τέλος, ένας ακόμα πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρέασε τους μαθητές στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων, είναι η οπτική ανατροφοδότηση που λάμβαναν κάθε φορά που άλλαζαν τις τιμές των μεταβλητών, τόσο από τον μικρόκοσμο 2D Shooter, όσο και από τον μικρόκοσμο 3D Shooter. Η μετάβαση από τον μικρόκοσμο 2D Shooter, στον μικρόκοσμο 3D Shooter, κατά τη γνώμη μας, όντας παρούσες στον χώρο διεξαγωγής της έρευνας, ήταν καθοριστική, αφού οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν αρχικά, το φαινόμενο της Πλάγιας Βολής στις δυο διαστάσεις, και στη συνέχεια να το κατανοήσουν καλύτερα, με την εισαγωγή και της τρίτης διάστασης.

Ευχαριστίες

Metafora: “Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities”. EC - FP7-ICT-2009-5, Technology-enhanced Learning, Project No. 257872.

Βιβλιογραφία

Κρητικός, Γ. (2009). Διάκριση των Λογισμικών Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες με βάση το «Επίπεδο Μοντελοποίησης»: Πρωτογενές, Δευτερογενές, Τριτογενές. *Πρακτικά του 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 7-10 Μαΐου 2009, Φλώρινα, pp. 438-446.

Πανταζή, Γ., & Τσαπαρλής, Γ. (2011). Μπορούν κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις να προωθήσουν την εννοιολογική αλλαγή; Ανασκόπηση επιλεγμένης βιβλιογραφίας επί της κατανόησης της κινηματικής στη μέση εκπαίδευση. ". *Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 15-17 Απριλίου 2011, Αλεξανδρούπολη, pp. 372-381.

Ψύλλος Δημήτρης (2011). Η διερεύνηση με χρήση μοντέλων στη διδακτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 15-17 Απριλίου 2011, Αλεξανδρούπολη, pp. 58-66.

Driver, R. (1989). Students' Conceptions and the Learning of Science, *International Journal of Science Education,* vol. 11, p.481-490.

Hmelo – Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. Educational Phychology Review, Vol.16, No.3, 235-266.

Kynigos, C. (2004). 'Black and White Box Approach to User Empowerment with Component Computing', *Interactive Learning Environments*, vol. 12, no. 1–2, pp. 27–71.

Kynigos, C., Smyrnaiou, Z. & Roussou, M. (2010). Exploring the generation of meanings in mathematics and science with collaborative full-body games. In Proceedings of the 9th International Conference on *Interaction Design and Children* , Barcelona, Spain, pp. 222-225.

Louca L. & Constantinou C., P. (2002). The use of Computer-Based Microworlds for developing modeling skills in Physical Science: An example from light. International Journal of Science Education.

Minner, D., Levy, A. & Century, J. (2009). Inquiry-Based Science Instruction – What is it and does it matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), pp.474-496.

Olympiou, G. & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation, *Science Education,* 96, 1, 21-47.

Psillos, D. & Niedderer, H. (2002). *Teaching and learning in the science laboratory*: Kluwer Academic Publishers.

Smyrnaiou Z. & Evripidou R. (2012). *The Metafora Platform tools and Learning to Learn Science Together*. Proceedings of the 4th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU), 16-18 April, Porto, Portugal, pp. 200-205.

Smyrnaiou Z., Moustaki F., Kynigos C. (2011). METAFORA Learning Approach Processes Contributing To Students' Meaning Generation In Science Learning. *5th European Conference on Games Based Learning* - ECGBL 2011. Athens, Greece, 20-21 October (paper submitted).

Torp, L. & Sage, S. (2002). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*, 2nd edn., ASCD, Alexandria, VA.

Χρήση ΤΠΕ στην ανάπτυξη ενός καινοτόμου εργαστηριακού περιβάλλοντος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης: μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω διαδικτύου

Μήτσου Γ.[1], Βαβουγυιός Δ.[2], Σιανούδης Ι.[3]
Τμήμα Φυσικής Χημείας & Τ/Υ ΤΕΙ Αθήνας - gmitsou@teiath.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας – dvavou@uth.gr
3. Τμήμα Φυσικής Χημείας & Τ/Υ ΤΕΙ Αθήνας - jansian@teiath.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε μια πιλοτική μέθοδο λειτουργίας ενός εργαστηρίου Φυσικής τριτοβάθμιας εκπαίδευσης απομακρυσμένης πρόσβασης, με χρήση του διαδικτύου καθώς και τεχνικών διεπαφής που επιτρέπει στους φοιτητές την πραγματοποίηση ενός πειράματος από απόσταση. Επίσης γίνεται αναφορά σε ένα πείραμα Φωτομετρίας που αναπτύχθηκε ως εφαρμογή.

Abstract

In this study, we have developed a pilot method for operating a remote, University level Physics Laboratory, using the internet and interface techniques that allow students to fully control the whole experimentation process. In addition, we also describe a physics experiment in Photometry already available as a sample application.

1. Εισαγωγή

Πολλοί φοιτητές των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (ΤΕΙ) παρουσιάζουν μια εγγενή δυσκολία στην κατανόηση της Φυσικής, ειδικά στις περιοχές εκείνες που γίνεται αναφορά σε αφηρημένες έννοιες και μοντέλα που δεν συναντώνται στην καθημερινή ζωή. Η εκπαιδευτική στρατηγική να διδαχθεί η Φυσική βασισμένη στο κλασικό στερεότυπο, διάλεξη ακολουθούμενη από εργαστηριακή άσκηση στην οποία παρουσιάζονται βασικά μοντέλα και νόμοι, διαμορφώνει ένα αρνητικό περιβάλλον μάθησης (Nagel, 2002). Μια άλλη, εκπαιδευτική στρατηγική που χρησιμοποιείται στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε τον κόσμο χρησιμοποιώντας την επιστημονική μέθοδο (Wieman & Perkins, 2005), περισσότερο συμβατή με την σύγχρονη κοινωνική πραγματικότητα, είναι η μέθοδος e-LTR (e-Learning, e-Teaching and e-Research) (Thomsen et al., 2005). Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της μεθόδου είναι η παρατήρηση, η αναζήτηση της κατάλληλης πληροφορίας, η επεξεργασία και αποθήκευσή της, η οργάνωση και ο προγραμματισμός των εργασιών, η παρουσίαση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων κ.ά. Σ' αυτή την εκπαιδευτική μέθοδο ο πειραματισμός γενικότερα αλλά και το ίδιο το πείραμα, παίζουν ένα καθοριστικό ρόλο (Feisel & Rosa, 2005). Τα παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα δεν συμβαδίζουν με αυτές τις τάσεις και ως εκ τούτου είναι αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός των μαθησιακών στόχων και η επανεξέταση των μεθόδων μάθησης. Κατά τον Schumacher (2007) για να επιτευχθεί μια πρόσβαση στην γνώση κονστρουκτιβιστικού τύπου απαιτείται ένας ιδιαίτερος τύπος εργαστηρίων τα οποία ονόμασε «εργαστήρια projects». Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή σ' ένα εργαστήριο αυτού του τύπου οι φοιτητές δουλεύουν ως ομάδα σε ένα μικρής έκτασης ερευνητικό project, καθορίζοντας το ερευνητικό ερώτημα, αναπτύσσοντας την κατάλληλη πειραματική διάταξη, διεξάγοντας το πείραμα και βρίσκοντας τελικά ένα κατάλληλο τρόπο να αξιολογήσουν τα δεδομένα και να τα παρουσιάσουν σε μια δημόσια συνεδρία posters .

Στα προπτυχιακά πειραματικά εργαστήρια έχει ήδη ξεκινήσει μια σιωπηλή επανάσταση εξ αιτίας της μαζικής εισβολής των υπολογιστών και των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Στα εργαστήρια αυτά χρησιμοποιούνται υπολογιστές για τη συλλογή, την επεξεργασία και την αξιολόγηση δεδομένων που προέρχονται από πραγματικά πειράματα. Τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών web, έχει ξεκινήσει και η δημιουργία εργαστηρίων από απόσταση (RCL) τα οποία αποτελούν μια μετεξέλιξη των ήδη

υπαρχόντων και λειτουργούντων. Οι φοιτητές μπορούν να πραγματοποιήσουν, μέσω του Internet, κανονικά πειράματα σε πραγματικό χρόνο, δεδομένου ότι τους παρέχεται ζωντανή εικόνα της πειραματικής διάταξης, διαδραστικό περιβάλλον για τον έλεγχο της πειραματικής διαδικασίας, καθώς και τα δεδομένα που προκύπτουν για τη σχετική ανάλυση και αξιολόγηση.

Την τελευταία δεκαετία, δυο Ευρωπαϊκά projects στην εκπαιδευτική τεχνολογία ασχολήθηκαν με τα εργαστήρια φυσικής από απόσταση. Το πρώτο από αυτά ήταν το project Pearl[4] το οποίο ολοκλήρωσε τις εργασίες του το 2003 και στο οποίο συμμετείχαν τα ακόλουθα ιδρύματα: Open University (Ηνωμένο Βασίλειο), University of Dundee (Σκωτία), Trinity College (Ιρλανδία), Universade de Porto (Πορτογαλία) και η Ελληνική εταιρεία Zenon, SA (Cooper, 2005). Το δεύτερο ήταν το project RCL[5] (Gröber et.al., 2007).

Στον Ευρωπαϊκό χώρο διαμορφώνονται και άλλα μεμονωμένα projects μικρότερης κλίμακας, κυρίως από ερευνητικές ομάδες τριτοβάθμιων ιδρυμάτων, όπως για παράδειγμα το project WebLab-Deusto μιας ερευνητικής ομάδας του Ισπανικού πανεπιστημίου Deusto. Η ομάδα αυτή έχει αναπτύξει μια σειρά εργαστηριακών μαθημάτων απομακρυσμένης πρόσβασης, κυρίως στον τομέα της Μηχανικής, για τους φοιτητές του ιδρύματος τα οποία είναι προσβάσιμα από το ιντερνέτ μέσω υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου. Η πλατφόρμα λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε είναι ανοικτού κώδικα και διανέμεται ελεύθερα από την ιστοσελίδα της ομάδας[6]. Τα τελευταία 3 χρόνια έχει διαμορφωθεί επίσης και ένα πολύ πιο ευέλικτο εργαστήριο απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω ιντερνέτ, κατάλληλο για όλους τους τομείς των Φυσικών Επιστημών, από το North Island College (NIC) του Καναδά. Πρόκειται για ένα πενταετούς διάρκειας project με την ονομασία RWSL[7], βασικός στόχος του οποίου είναι η ανάπτυξη μιας γενικής χρήσης πλατφόρμας λογισμικού και ρομποτικού υλικού, που θα επιτρέπουν την ανάπτυξη εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης σε τομείς και πέραν της Μηχανικής[8].

Το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον στη δημιουργία Online εργαστηρίων έχει οδηγήσει τις προσπάθειες των ερευνητών στην ανάπτυξη συστημάτων που να επιτρέπουν σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα, μέσω σχετικής συνεργασίας, να μοιράζονται τους πόρους τους επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα και οικονομία κλίμακας. Η βασική ιδέα είναι ότι κάθε ίδρυμα αναπτύσσει μια σειρά πειραμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές όλων των άλλων ιδρυμάτων, μέσω κοινής πλατφόρμας λογισμικού. Την πλέον διαδεδομένη πλατφόρμα στη δημιουργία εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης, αποτελούν τα iLabs του MIT[9], όπου από το 2008 χρησιμοποιείται από πολλά πανεπιστήμια του κόσμου στην ανάπτυξη παρόμοιων πειραματικών εργαστηρίων. Στην ίδια κατηγορία υπάγεται και το δημόσια χρηματοδοτούμενο project της Αυστραλίας LabShare το οποίο που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός δικτύου εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης[10].

Επιπρόσθετα, με πρωτοβουλία μερικών Ευρωπαϊκών πανεπιστημίων και εταιρειών, μεταξύ των οποίων και το Φυσικό Τμήμα του ΑΠΘ, δημιουργήθηκε το πρόγραμμα LiLa[11]. Βασική επιδίωξη αυτής της συνεργασίας είναι η ανάπτυξη ενός οργανωτικού πλαισίου για την αμοιβαία ανταλλαγή και πρόσβαση σε εικονικά και Online εργαστήρια μεταξύ εκπαιδευτικών ιδρυμάτων μέσω σχετικής διαδικτυακής πύλης.

[4] Ή όπως είναι το πλήρες όνομά του : Practical Experimentation by Accessible Remote Learning

[5] Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Remotely Controlled Laboratory όπως προκύπτει από την ιστοσελίδα του : http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/

[6] Η ιστοσελίδα αυτή είναι : https://www.weblab.deusto.es/web/weblab-deusto.html .

[7] Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Remote Web-based Science Laboratory

[8] Δεδομένα για το project μπορούν να αναζητηθούν στην πλατφόρμα : http://rwsl.nic.bc.ca/about.html

[9] Με διαδικτυακό τόπο : http://ilab.mit.edu/iLabServiceBroker/default.aspx

[10] Με διαδικτυακό τόπο : http://www.labshare.edu.au/

[11] Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Library of Labs και ο διαδικτυακός του τόπος : http://www.lila-project.org/

Στην εργασία μας αυτή, επιχειρήθηκε στα πλαίσια του Ερευνητικού Εργαστηρίου Ανάπτυξης Νέων Πειραμάτων Φυσικής του Τομέα Φυσικής του ΤΕΙ Αθήνας, μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία εργαστηρίων Φυσικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Για το σκοπό αυτό επανασχεδιάστηκε ένα πείραμα φωτομετρίας που υπάρχει στο πρόγραμμα σπουδών αρκετών τμημάτων του ιδρύματος, κατά τρόπο που να μπορεί πρωτίστως να ενταχθεί σε ένα αυτοματοποιημένο εργαστηριακό περιβάλλον. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο θέμα σχετίζεται με το γεγονός ότι αποτελεί μια τυπική εργαστηριακή άσκηση που πραγματοποιείται, στο πειραματικό εργαστήριο Φυσικής, από πάρα πολλούς πρωτοετείς φοιτητές διαφόρων τμημάτων και υπ΄ αυτή την έννοια απασχολεί ένα ευρύ κοινό.

Με βάση αυτό το πείραμα, δημιουργήθηκε πιλοτικά ένα λειτουργικό εργαστηριακό περιβάλλον απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, στο οποίο οι φοιτητές μπορούν όχι μόνο να πραγματοποιήσουν το πείραμα από απόσταση, αλλά να έχουν και ζωντανή εικόνα της ίδιας της πειραματικής διάταξης, καθώς εκτελούν την πειραματική διαδικασία. Η διεπαφή του πειράματος[12], σχεδιάστηκε κατά τρόπο που να ενθαρρύνει τους φοιτητές/χρήστες σε καλές οργανωτικές και μαθησιακές συνήθειες και πρακτικές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πέραν των βασικών στοιχείων ελέγχου και οδηγιών της πειραματικής διαδικασίας, προσφέρονται επιπρόσθετα στους φοιτητές / χρήστες εκπαιδευτικό υλικό και σχετική βιβλιογραφία.

Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει από αρκετές ερευνητικές ομάδες προσπάθειες για τη δημιουργία εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, τόσο σε λυκειακό όσο και πανεπιστημιακό επίπεδο, η αποτύπωση αυτών των προσπαθειών στη βιβλιογραφία, τουλάχιστον σε ότι αφορά τον τομέα των θετικών επιστημών, είναι ακόμη σχετικά περιορισμένη. Στη σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση επιχειρείται για τις ανάγκες της εργασίας αυτής θα εστιάσουμε κυρίως στις εργασίες εκείνες που αφορούν τον τομέα των πειραματικών εργαστηρίων Φυσικής της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι πρώτες προσπάθειες δημιουργίας Εργαστηρίων από Απόσταση ξεκίνησαν στα μέσα της δεκαετίας του ΄90. Σε ότι αφορά τη Φυσική, το πρώτο πείραμα απομακρυσμένης πρόσβασης αφορούσε στον προσδιορισμό της ταχύτητας του φωτός και αναπτύχθηκε από τους Enloe et al., (1999). Η πρώτη εμπεριστατωμένη έρευνα για Online εκπαίδευση πανεπιστημιακού επιπέδου πραγματοποιήθηκε το 2004 από το Sloan Center for Online education (Allen & Seaman, 2004). Τα βασικά ευρήματα αυτής της έρευνας ήταν ότι περισσότεροι από 1,9 εκατομμύρια προπτυχιακοί φοιτητές παρακολουθούσαν μαθήματα από απόσταση, ακολουθούμενοι από μικρότερο αριθμό μεταπτυχιακών φοιτητών, ενώ τα ίδια τα ιδρύματα ανέμεναν αύξηση κατά 25% για τον επόμενο χρόνο. Επίσης από τη σχετική έρευνα προέκυπτε ότι το 40,7% των ίδιων των ιδρυμάτων συμφωνούσαν ότι οι εξ αποστάσεως φοιτητές τους ήταν ικανοποιημένοι, το 56,2% δήλωνε ουδέτερο, ενώ μόνο ένα 3,1% διαφωνούσε.

Οι Ibrahim & Morsi, (2005) βασιζόμενοι στην έρευνα του Sloan-C διενήργησαν μια στοχευμένη έρευνα σε πανεπιστημιακά τμήματα ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών Η/Υ, που παρείχαν πτυχία ή/και μεταπτυχιακούς τίτλους σπουδών σε εξ αποστάσεως φοιτητές. Ειδικότερα, αξιολόγησαν τις εκπαιδευτικές τους τεχνολογίες και τα συστήματα που διευκόλυναν την Online εκπαίδευση σε εργαστηριακά μαθήματα ηλεκτρολογίας, αναλογικών και ψηφιακών ηλεκτρονικών. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών, εν τούτοις είναι αναγκαία η διαμόρφωση πραγματικών πειραματικών διατάξεων που θα αναπτύξουν τις δεξιότητες των φοιτητών στη χρήση μετρητικών διατάξεων. Στο ερώτημα αν τα εικονικά εργαστήρια αποτελούν έγκυρη εναλλακτική λύση η απάντηση ήταν ότι σε μια πειραματική διαδικασία θα πρέπει να περιλαμβάνεται και το «χειροπιαστό» τμήμα ελέγχου του πειράματος.

Άλλες έρευνες στις οποίες αξιολογείται η αποτελεσματικότητα ενός εργαστηρίου απομακρυσμένης πρόσβασης, δείχνουν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται

[12] πραγματοποιείται μέσω html σελίδας

είναι συγκρίσιμα με αυτά που λαμβάνονται από ένα εργαστήριο, στο οποίο απαιτείται η φυσική παρουσία των φοιτητών (χειροπιαστό εργαστήριο) (Tzafestas et al., 2006, Sokoloff et al., 2007, Uckelmann et al., 2012, Reagan,2012).

Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών web και προηγμένων, εύκολων στη χρήση τους, λογισμικών ελέγχου οργάνων και μιας σειράς άλλων στοιχείων που ενσωματώνονται σε μια πειραματική διάταξη, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μια αύξηση στην ανάπτυξη πειραματικών εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Οι Jodl et al., (2007) του Τεχνολογικού Ιδρύματος Kaiserslautern, στη Γερμανία έχουν ξεκινήσει μια πολύ καλή προσπάθεια στη δημιουργία τέτοιων εργαστηρίων, υλοποιώντας Online κλασσικά πειράματα Φυσικής, τόσο σε λυκειακό όσο και σε πανεπιστημιακό επίπεδο. Τα πειράματα αυτά είναι προσβάσιμα στον καθένα με μια απλή σύνδεση στο ιντερνέτ. Η διεπαφή με το πείραμα πραγματοποιείται μέσω μιας ιστοσελίδας, στην οποία εμφανίζεται από βιντεοκάμερα η πειραματική διάταξη, τα στοιχεία ελέγχου του πειράματος και οι πίνακες των δεδομένων, τα οποία συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο για ανάλυση.

Σε μια μελέτη των Gröber et al., (2007) αποτυπώνεται η εικόνα των εργαστηριακών ασκήσεων που πραγματοποιούνται από απόσταση, σε παγκόσμιο επίπεδο. Μέχρι το 2006 βρέθηκαν περίπου 60 projects που είχαν υλοποιήσει 120 τέτοια πειράματα. Τα 2/3 αυτών των πειραμάτων ήταν στον τομέα της μηχανικής και το υπόλοιπο 1/3 στη Φυσική. Από αυτά, περισσότερα του 50% βρίσκονταν στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Γερμανία και τα υπόλοιπα ήταν σε κοινοπραξίες μεταξύ πανεπιστημίων διαφόρων χωρών.

Οι προσπάθειες πάντως όλων των ερευνητικών ομάδων για την ανάπτυξη πειραμάτων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω ιντερνέτ, συγκλίνουν στη δημιουργία δικτύων συνεργασίας μέσω κοινής πλατφόρμας λογισμικού. Για παράδειγμα οι de la Torre et al., (2011) σε μια μελέτη τους παρουσιάζουν το δίκτυο Fisl@bs, εξηγούν τη λειτουργία της διαδικτυακής πύλης του καθώς και τα λογισμικά και υλικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή του. Επιπλέον περιγράφουν και δυο πειράματα Φυσικής που έχουν αναπτυχθεί με τη συγκεκριμένη πλατφόρμα. Οι Schauer et al.,(2011) σε μια μελέτη τους, αναφέρονται στο σύστημα ISES (Internet School Experimental System), καθώς και στα λογισμικά στοιχεία που το συνοδεύουν (WEB CONTROL ISES kit) για την ανάπτυξη πειραμάτων, κυρίως Φυσικής και Χημείας, απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Επιπρόσθετα παρουσιάζουν 4 πειράματα Φυσικής και Χημείας όπως: χαρακτηρισμός ηλεκτροχημικών ιδιοτήτων κυττάρου, οργανικά και ανόργανα φωτοβολταϊκά κύτταρα, φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και μαγνητική χαρτογράφηση πεδίου.

Λόγω του γεγονότος ότι η τάση ανάπτυξης εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης, μέσω διαδικτύου είναι σχετικά νέα, πολλά από τα τρέχοντα projects δεν έχουν ακόμη αποτυπωθεί στη βιβλιογραφία. Πάντως η δυναμική που αναπτύσσεται και αυτό φαίνεται σε όλα τα πρόσφατα σχετικά συνέδρια, μας δημιουργεί τη βεβαιότητα ότι σύντομα θα υπάρχουν έχουμε ανακοινώσεις και στους άλλους τομείς των Φυσικών Επιστημών, πέραν της Φυσικής και της Μηχανικής.

Το πείραμα

Η πειραματική διάταξη με την οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις φαίνεται σε αδρές γραμμές στο Σχήμα 1. Αποτελείται από την ίδια την πηγή φωτός, ένα κοινό LED τροφοδοτούμενο από μια σταθερή τάση 3 V, το οποίο έχει τοποθετηθεί στον άξονα ενός servo-μηχανισμού, ελεγχόμενου από έναν μικροελεγκτή. Το LED προσανατολίζεται υπό δεδομένες γωνίες ως προς έναν ανιχνευτή-μετρητή έντασης φωτός. Ως ανιχνευτής χρησιμοποιείται μια κοινή Φωτοδίοδος, ευαίσθητη στο ορατό. Το αναλογικό σήμα της ψηφιοποιείται στον μικροελεγκτή και εισάγεται στον υπολογιστή σε μορφή τιμών πίνακα Excel για επεξεργασία.

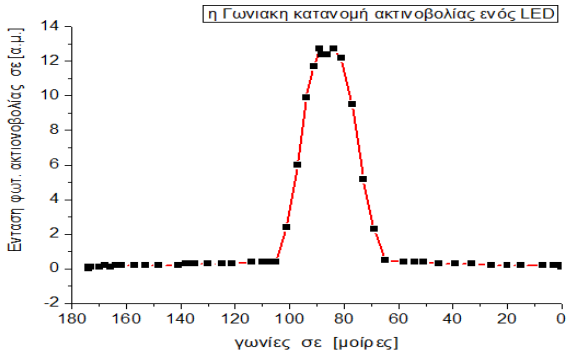
Ο προσδιορισμός της έντασης φωτεινής πηγής και η χωρική της κατανομή αποτελεί αντικείμενο της φωτομετρίας, είναι σημαντικό χαρακτηριστικό της ποιότητας της ίδιας της φωτεινής πηγής στην επιλογή της για μια σειρά από εφαρμογές. Ως εκ τούτου αποτελεί αντικείμενο μέτρησης στις εργαστηριακές ασκήσεις Οπτικής. Σε μία εκτατή πηγή φωτός η

φωτοβολία της I περιγράφεται από τον νόμο Lambert, στον οποίο σημαντική παράμετρος εκτός του εμβαδού της επιφανείας της S, της λαμπρότητας Λ, μιας σταθεράς που χαρακτηρίζει την σύσταση της επιφάνειας, αποτελεί η γωνία α, δηλαδή η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στην φωτεινή επιφάνεια της πηγής με την ευθεία πηγής-ανιχνευτή.

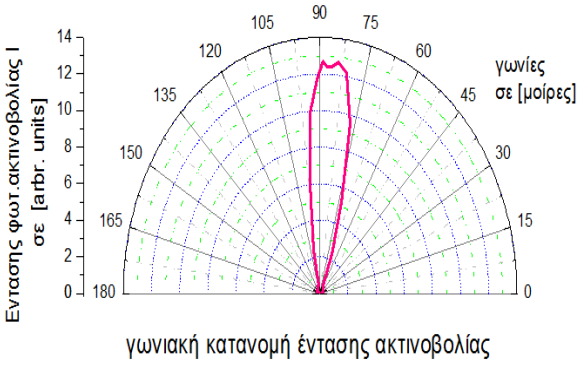
$$I = \Lambda\, S \cos\alpha$$

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της έντασης φωτός συναρτήσει της γωνίας έχουν αποτυπωθεί στις γραφικές παραστάσεις συντεταγμένων ορθογώνιων αξόνων στην Εικόνα 1 και αντίστοιχα στη γραφική παράσταση πολικών συντεταγμένων στην Εικόνα 2, για τις οποίες χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Origin 8.0.

4. Η τεχνολογία



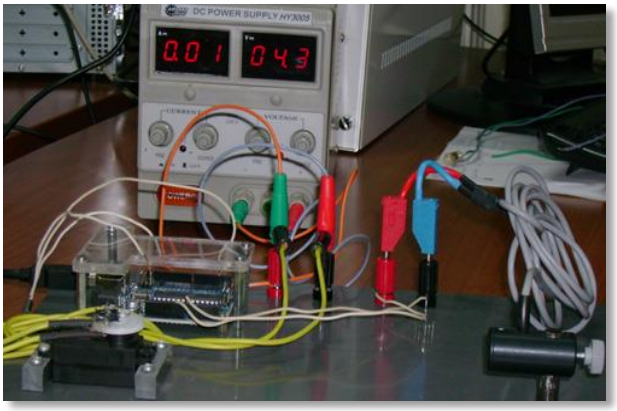
Εικόνα 1: Γραφική παράσταση της έντασης φωτεινής ακτινοβολίας (σε αυθαίρετες μονάδες) ενός LED συναρτήσει της γωνίας (σε μοίρες)



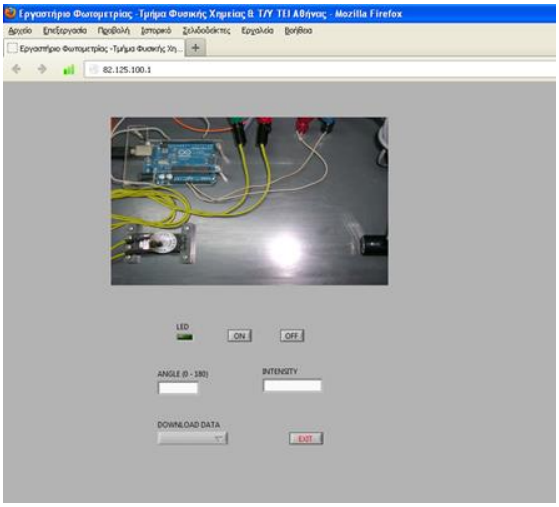
Εικόνα 2: Γραφική παράσταση των πειραματικών δεδομένων σε πολικές συντεταγμένες της έντασης φωτεινής ακτινοβολίας μιας πηγής φωτός LED.

Η ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναπτύχθηκε η πειραματική διάταξη που περιλαμβάνει μια φωτεινή πηγή (LED), τον μικροελεγκτή (Arduino Uno), ένα σερβοκινητήρα και μια διάταξη φωτοανιχνευτή (Εικόνα 3).

Ο έλεγχος του σερβοκινητήρα, στον οποίο είναι δομημένη η led, πραγματοποιείται από τον μικροελεγκτή μέσω μιας ψηφιακής εξόδου του στην οποία είναι συνδεδεμένος, οι δε τιμές της έντασης που καταγράφει ο φωτοανιχνευτής κάθε φορά που είναι απαιτητές, μεταφέρονται μέσω μιας αναλογικής εισόδου του Arduino. Ο μικροελεγκτής προγραμματίστηκε, ώστε να δέχεται και να στέλνει σειριακά δεδομένα, μέσω του λογισμικού Arduino IDE που προσφέρεται δωρεάν από την εταιρεία, σε γλώσσα C++.

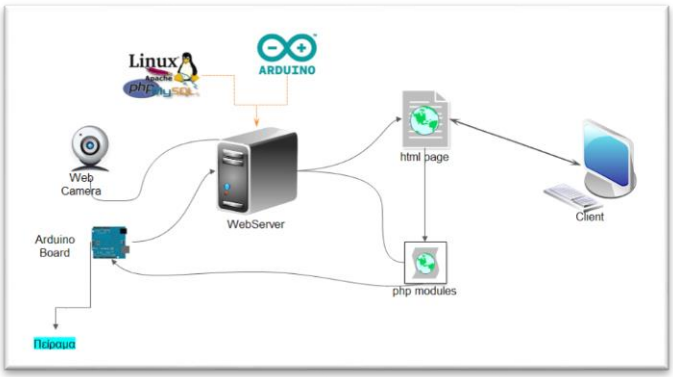


Εικόνα 3: Η πειραματική διάταξη



Εικόνα 4: Η διεπαφή της διάταξης με το χρήστη

Στο δεύτερο στάδιο υλοποιήθηκε η διεπαφή της διάταξης με το χρήστη (Εικόνα 4), η οποία διαμορφώνεται από τρία στρώματα: μια ιστοσελίδα html, τις σχετικές php φόρμες για την εισαγωγή και ανάγνωση των παραμέτρων και μια web κάμερα για τον οπτικό έλεγχο του πειράματος. Γνωρίζοντας ότι πειράματα μέσω Internet πραγματοποιούνται από ένα ευρύ κοινό (με διαφορετικούς φυλλομετρητές και λειτουργικά συστήματα), κατά τη σχεδίαση του συστήματος της διεπαφής, χρησιμοποιήθηκαν στάνταρντ τεχνολογίες web ανοιχτού κώδικα. Έτσι οι χρήστες δεν χρειάζεται να εγκαταστήσουν ειδικό λογισμικό ή προγράμματα οδήγησης. Το μόνο που απαιτείται είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης με Java runtime environment. Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής παρέχεται από ένα εξυπηρετητή web, ο οποίος εμφανίζει στο χρήστη την html σελίδα του πειράματος. Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη φιλοξενία του εξυπηρετητή (Apache server) είναι Linux Ubuntu v.12.04 με εγκατεστημένα PHP interpreter, Arduino IDE και Mysql.



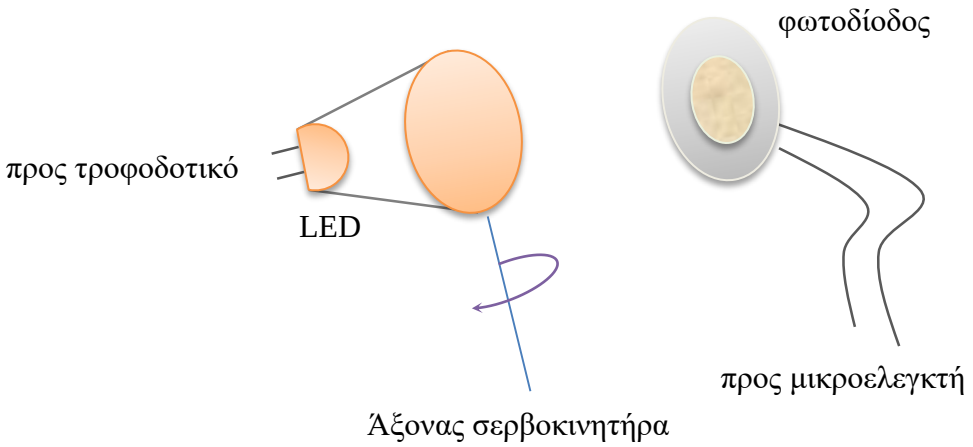
Εικόνα 5: Οι μονάδες php

Η επικοινωνία του server με την πειραματική διάταξη πραγματοποιείται μέσω του μικροελεγκτή, ενώ οι μονάδες PHP που τρέχουν στο server λειτουργούν προς δυο κατευθύνσεις: το αίτημα του χρήστη (π.χ. πάτημα ενός διακόπτη για να τεθεί σε λειτουργία η LED) μεταβιβάζεται μέσω της PHP φόρμας στη διεπαφή του μικροελεγκτή με την πειραματική διάταξη, όπου η παράμετρος που τέθηκε από το χρήστη μετατρέπεται σε εντολή προς την

διάταξη και εκτελείται. Εφόσον η εκτέλεση γίνει επιτυχώς τα αποτελέσματα αποστέλλονται από τον μικροελεγκτή στην php φόρμα, η οποία αναλαμβάνει την παρουσίασή τους στον χρήστη (Εικόνα 5). Τα πειραματικά δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, αποθηκεύονται στο server ως αρχείο Excel το οποίο ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει και αποθηκεύσει στον υπολογιστή του για επεξεργασία και ανάλυση.

5. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής, απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, στο χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Πρόθεσή των ερευνητών είναι η ανάπτυξη ενός ενιαίου πακέτου πρόσβασης σε Online πειράματα, μέσω ενός καινοτόμου μαθησιακού περιβάλλοντος για τους φοιτητές του ΤΕΙ και γενικότερα για τους ενδιαφερόμενους χρήστες. Πρόκληση για μας αποτελεί η κατάλληλη αξιοποίηση της καινοτομίας των ΤΠΕ και υπ΄ αυτή την έννοια διερευνήθηκαν, σε πρώτο στάδιο, μερικά από τα ζητήματα που σχετίζονται με αυτή. Στην παρούσα φάση δεν αξιολογήθηκε η διδακτική αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου συστήματος, πράγμα που θα επιχειρήσουμε στο εγγύς μέλλον διαμορφώνοντας δυο ομάδες φοιτητών που θα πειραματιστούν στην ίδια εργαστηριακή άσκηση. Η πρώτη ομάδα θα ακολουθήσει τις αρχές του παραδοσιακού πειραματισμού (ομάδα ελέγχου), ενώ η δεύτερη θα ακολουθήσει τις αρχές του προτεινόμενου απομακρυσμένης πρόσβασης πειραματισμού (πειραματική ομάδα). Η ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των δυο ομάδων θα προσδιορίσει την διδακτική αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος.



Σχήμα 1: Μια απλή παρουσίαση της πειραματικής διάταξης

Βιβλιογραφία

Nagel, S. (2002) *Physics in Crisis*, Physics Today Vol. 55, Issue 9, p. 55.

Wieman, C., & Perkins, K. (2005) *Transforming Physics Education*, Physics Today Vol. 58, Issue 11, pp. 26-41

Thomsen, C., Jeschke, S., Pfeiffer, O., & Seiler, R. (2005) *e-Volution: eLTR – Technologies and Their Impact on Traditional Universities.* In Proceedings of the Conference: EDUCA online, ISWE GmBH, Berlin.

Feisel, L. D., & Rosa, A.J. (2005) *The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education*, Journal of Engineering Education 93, p. 121.

Schumacher, D. (2007) *Student undergraduate laboratory and project work.* Editorial to the special issue, European Journal of Physics **28,** May

Cooper, M. (2005) *Remote laboratories in teaching and learning – issues impinging on widespread adoption in science and engineering education*. International Journal of Online Engineering 1(1)

Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B., & Jodl, H.J. (2007) *Experimenting from a Distance – Remotely Controlled Laboratory (RCL)*, European Journal of Physics 28, S127-S142

Enloe, C.L., Pakula, W.A., Finney, G.A., Haaland, R.K. (1999) *Teleoperation in the Undergraduate Physics Laboratory-Teaching an Old Dog New Tricks*, *IEEE Transactions on Education,* vol. 42, Issue 3, pp. 174-179.

Allen, I.E., & Seaman, J (2004) Entering the Mainstream: The Quality and Extent of Online Education in the United States, 2003 and 2004. The Sloan consortium.
sloanconsortium.org/resources/entering_mainstream.pdf

Wael, Ibrahim & Rasha, Morsi (2005) *Online Engineering Education: A Comprehensive Review*, in American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, Oredon.

Tzafestas, C.S., Palaiologou, N., Alifragis, M (2006) *Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation.* IEEE Transactions on Education, vol. 49, Issue 3, pp. 360-369.

Sokoloff, D.R., Laws, P.W., & Thornton, R.K. (2007) *RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory***.** European Journal of Physics 28, S83-S94

Kennepohl, D.-K., Baran, J., & Currie, R. (2012) *Integrating Remote Laboratories in Post-secondary Science Education* in Dieter Uckelmann et al. (Eds.): The Impact of Virtual, Remote, and Real Logistics Labs, Proceedings of First International Conference, ImViReLL, 2012, Bremen Germany, February / March 2012, pp. 44–53, Springer.

Reagan, A.M. (2012) *Online Introductory Physics Labs: Status and Methods*. Washington Academy of Sciences

Jodl, H.-J.(2007) Remotely Controlled Laboratories – RCLs : experimenting from a distance
http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/

De la Torre, L., Sanchez, J., Dormido, S., Sanchez, J.P., Yuste, M., & Carreras, C. (2011). *Two web-based laboratories of the FisL@bs network: Hooke's and Snell's laws*. European Journal of Physics 32, p. 571 doi:10.1088/0143-0807/32/2/027

Schauer, F., Ožvoldovα, M., & Lustig, F. (2011) *Remote Laboratories and Science Education by intergrated e-Learning.* 8th International Conference on Hands-on Science Focus on multimedia. ISBN 978-989-95095-7-3

Συνεδρία 3: Διδασκαλία και μάθηση στη Χημεία

Διερεύνηση των ευρετικών συλλογισμών και της διαφοροποίησής τους κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας από μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς

Μαρία Βλαχολιά, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, mpvlacholia@chem.uoa.gr
2ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Αθηνών, ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Σε αυτή την έρευνα γίνεται διερεύνηση των ευρετικών συλλογισμών και της διαφοροποίησής τους κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας από μαθητές, πρωτοετείς και επί πτυχίω φοιτητές Χημείας καθώς και από εκπαιδευτικούς Χημικούς, με τη χρήση της μεθόδου των πρωτοκόλλων αναδρομικής διατύπωσης της σκέψης. Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων ανιχνεύτηκαν συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών και συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκληση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών. Από τους τελευταίους ανιχνεύτηκαν οι συλλογισμοί της διαθεσιμότητας, της αναγνώρισης, της χρήσης κανόνων και μαθηματικών τύπων, της συγχώνευσης δεδομένων και της απλής σύγκρισης. Οι φοιτητές δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους και ακολουθούν ευρετικούς συλλογισμούς κατά την επίλυση των προβλημάτων. Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν λιγότερο τέτοιους συλλογισμούς, αλλά διαφοροποιούνται μεταξύ τους καθώς οι μαθητές ακολουθούν και ευρετικούς συλλογισμούς που τους οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Abstract

The aim of this research was to investigate the heuristics as well as their differentiation applied by school students, first-year university chemistry students, graduate chemistry students and chemistry teachers, when solving stoichiometry problems. For this purpose the retrospective think aloud protocol method was applied. Protocol analysis showed that solvers followed heuristics of examining fewer cues and integrating less information and heuristics that refer to effort-reduction, associated with retrieving and storing cue values. In this last category, the heuristics of availability, of recognition, of using rules and mathematic formulas, of data fusion and the weighted pros heuristic were found. There is not any differentiation between university students, since both groups follow heuristics during problem solving. On the contrary, school students and teachers do not use heuristics so often, although sometimes school students follow heuristics that lead to wrong solutions.

Εισαγωγή

Ο συλλογισμός, γενικά, αφορά στις διαδικασίες συναγωγής συμπερασμάτων ή κρίσεων, στις οποίες εμπλέκονται δύο συστήματα σκέψης. Αυτά είναι το αναλυτικό και το ευρετικό τα οποία αλληλεπιδρούν με έναν πολύπλοκο τρόπο και συχνά ανταγωνίζονται στον έλεγχο της συμπεριφοράς. Οι διαδικασίες συναγωγής συμπερασμάτων ή κρίσεων στην περίπτωση του αναλυτικού συλλογισμού είναι ενσυνείδητες, έκδηλες (explicit), ελεγχόμενες, αργές και κοπιώδεις, ενώ στην περίπτωση του ευρετικού συλλογισμού οι διαδικασίες αυτές είναι ασυνείδητες, άδηλες (implicit), αυτόματες, γρήγορες και αβίαστες (Maeyer & Talanquer 2010). Για να κατανοήσουμε πώς λειτουργούν και πώς αλληλεπιδρούν αυτά τα δύο συστήματα, μπορούμε να στηριχθούμε στην επεκτεταμένη και αναθεωρημένη ευρετική - αναλυτική ή άδηλη - έκδηλη θεωρία του Evans (2006). Σύμφωνα με αυτή οι άνθρωποι οικοδομούν μόνο ένα μοντέλο κάθε φορά με το οποίο αναπαριστούν μία κατάσταση. Το μοντέλο αυτό δημιουργείται μέσα από ευρετικές διαδικασίες που συνδέουν την πρότερη γνώση με τις πληροφορίες που δίνονται και

τους επιδιωκόμενους στόχους. Από εκεί είναι δυνατό κάποιος να καταλήξει σε συμπεράσματα και κρίσεις, που μπορεί να είναι λανθασμένα, αφού οι ευρετικές διαδικασίες συχνά δημιουργούν εσφαλμένα νοητικά μοντέλα. Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα μπορεί να αντικατασταθούν. Με την προϋπόθεση ότι υπάρχει διαθέσιμος χρόνος, γνωστική ικανότητα και οι κατάλληλες οδηγίες, μπορεί να μεσολαβήσει το αναλυτικό σύστημα. Πρόκειται για την αναλυτική ή έκδηλη διαδικασία, η οποία και αυτή δεν είναι απαλλαγμένη από σφάλματα. Είναι, όμως, εφοδιασμένη με ένα σύστημα ελέγχου, το οποίο αν κρίνει ότι το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό με αναφορά στους τρέχοντες στόχους, τότε αυτό γίνεται αποδεκτό. Στην περίπτωση που το μοντέλο δεν θεωρηθεί ικανοποιητικό τότε η διαδικασία αξιολογείται ώστε να προκύψει με τον ίδιο τρόπο άλλο μοντέλο που να ικανοποιεί τους στόχους.

Οι Shah και Oppenheimer (2008), προκειμένου να καθορίσουν τη φύση των ευρετικών συλλογισμών, πρότειναν μια σειρά εργασιών οι οποίες πρέπει να γίνουν προκειμένου να συναχθεί ένα συμπέρασμα, να εκφερθεί μια κρίση ή να ληφθεί μία απόφαση. Οι εργασίες αυτές είναι:

η αναγνώριση όλων των σχετικών πληροφοριών (cues),
η ανάκληση και συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών,
η αξιολόγηση της βαρύτητας κάθε πληροφορίας,
η ενσωμάτωση των πληροφοριών για όλες τις εναλλακτικές λύσεις
και επιπλέον, για την περίπτωση της λήψης μιας απόφασης,
η σύγκριση όλων των εναλλακτικών λύσεων.

Όμως, αυτές οι εργασίες απαιτούν την καταβολή προσπάθειας, την ύπαρξη γνωστικής ικανότητας, τη διαθεσιμότητα χρόνου και τη χρήση οδηγιών. Προκειμένου να μειωθεί η προσπάθεια επίτευξης των στόχων λαμβάνει χώρα ο ευρετικός συλλογισμός, ο οποίος παραβιάζει μία ή περισσότερες από τις εργασίες αυτές.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Taber 2009, Maeyer & Talanquer 2010, McClary & Talanquer 2010) δεν συναντήθηκε κάποια έρευνα που να μελετά τους ευρετικούς συλλογισμούς κατά την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας. Επιπλέον, από τις έρευνες που διερευνούν ευρετικούς συλλογισμούς δεν βρέθηκε κάποια που να μελετά τη διαφοροποίηση στο συλλογισμό των αρχάριων και των έμπειρων λυτών.

Συνεπώς, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην παρούσα έρευνα σχετικά με τη λύση προβλημάτων στοιχειομετρίας είναι τα εξής:

Ποιοι είναι οι ευρετικοί συλλογισμοί τους οποίους χρησιμοποιούν οι μαθητές, οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί;

Πώς διαφοροποιούνται οι μαθητές, οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί ως προς τους ευρετικούς συλλογισμούς που χρησιμοποιούν;

Μεθοδολογία της έρευνας

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η αναδρομική διατύπωση της σκέψης κατά την οποία ο λύτης καλείται, αφού λύσει τα προβλήματα, να ανακαλέσει τη διαδικασία της σκέψης του (van den Haaka, De Jonga & Schellensa 2003, Chandrasegaran *et al*. 2009, Ercikan, Arim & Law 2010).

Αρχικά, εξασφαλίστηκε ένα άνετο περιβάλλον και έγινε ενημέρωση κάθε λύτη σχετικά με το σκοπό της έρευνας, την καταγραφή της διατύπωσης της σκέψης του και την προστασία των δεδομένων. Ακολούθησε εξάσκηση στη διατύπωση της σκέψης, ανάκληση και ανατροφοδότηση, όπου χρειαζόταν, των γνώσεων γύρω από τη στοιχειομετρία και το θεωρητικό υπόβαθρο των προβλημάτων. Το τελευταίο στάδιο περιελάμβανε ανάγνωση του κάθε προβλήματος, επίλυση από το λύτη και διατύπωση της σκέψης του (Van Someren, Barnard, Sandberg 1994).

Στην πιλοτική διαδικασία, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί το πρωτόκολλο διατύπωσης της σκέψης, συμμετείχαν τρεις λύτες. Στην κυρίως έρευνα και ξεκινώντας από τους αρχάριους λύτες, συμμετείχαν 5 μαθητές της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου που είχαν επιλέξει τη Θετική

Κατεύθυνση. Την επόμενη ομάδα λυτών, που είχε κάποια εμπειρία στην επίλυση προβλήματος, αποτέλεσαν 5 πρωτοετείς φοιτητές Χημείας που προέρχονταν από Γενικά Λύκεια όπου ένα χρόνο πριν είχαν επιλέξει τη Θετική Κατεύθυνση σπουδών. Ακολούθησαν ως ακόμα πιο έμπειροι 5 επί πτυχίω φοιτητές Χημείας που βρίσκονταν στο 7ο και 8ο έτος σπουδών τους. Τέλος, οι πλέον έμπειροι λύτες ήταν 5 εκπαιδευτικοί χημικοί, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της έρευνας δίδασκαν το μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας στη Β΄ τάξη Γενικών Λυκείων.

Το πρωτόκολλο διατύπωσης της σκέψης περιελάμβανε δύο προβλήματα εξάσκησης και ερωτήσεις που στόχο είχαν τη διερεύνηση του γνωστικού υπόβαθρου του λύτη σχετικά με τη στοιχειομετρία, τις αντιδράσεις προσθήκης και καύσης και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι γνώσεις αυτές ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για την επίλυση των τεσσάρων προβλημάτων της έρευνας, τα οποία οι λύτες κλήθηκαν να επιλύσουν και στη συνέχεια να διατυπώσουν τη σκέψη τους. Αυτά τα τέσσερα προβλήματα στοιχειομετρίας αναφέρονταν στο δεύτερο κεφαλαίο «Πετρέλαιο – Υδρογονάνθρακες» του σχολικού βιβλίου Χημείας γενικής παιδείας της Β΄ τάξης του Γενικού Λυκείου.

Κάθε ένα από τα τέσσερα προβλήματα αναλύθηκε βάσει της σειράς εργασιών που πρότειναν οι Shah & Oppenheimer. Στη συνέχεια τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα διατύπωσης της σκέψης κωδικοποιήθηκαν ώστε να ανιχνευτούν τα σημεία όπου οι εργασίες αυτές παραβιάστηκαν.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι οι δύο ομάδες των φοιτητών παρουσίασαν ανεπάρκεια στο γνωστικό υπόβαθρο των προβλημάτων της έρευνας και για το λόγο αυτό χρειάστηκε να τους γίνει ανατροφοδότηση, ενώ τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές απάντησαν επαρκώς στις σχετικές ερωτήσεις.

Κατά την ανάλυση των πρωτοκόλλων διατύπωσης της σκέψης ανιχνεύτηκαν συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών (Ι) και συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκληση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών (ΙΙ). Στους τελευταίους εντάσσονται οι συλλογισμοί της διαθεσιμότητας, της αναγνώρισης, της χρήση κανόνων και μαθηματικών τύπων, της συγχώνευσης δεδομένων και της απλής σύγκρισης. Ακολουθούν ενδεικτικά παραδείγματα για κάθε έναν από τους παραπάνω συλλογισμούς.

Ι. Συλλογισμοί που αναφέρονται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών

Οι ευρετικοί συλλογισμοί που αναφέρεται στην εξέταση και την ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών ακολουθούνται κυρίως από τους πρωτοετείς και επί πτυχίω φοιτητές. Συγκεκριμένα, κατά την επίλυση του προβλήματος «Να υπολογιστεί ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα που απαιτείται για την καύση 84g προπενίου» τρεις πρωτοετείς και τέσσερις επί πτυχίω φοιτητές σταματούν τη λύση του προβλήματος στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου διευκολύνοντας έτσι την επεξεργασία των δεδομένων. Δεν λαμβάνουν, δηλαδή, υπόψη τους ότι το ζητούμενο αναφέρεται στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Για παράδειγμα ο πρωτοετής φοιτητής 2 αναφέρει: «*… το 1 mole προπενίου αντιδρά με 9/2 mole οξυγόνου, άρα τα 2 που έχουμε αντιδρούν με x. Άρα το x είναι 9 mole οξυγόνου και σύμφωνα με τον τύπο n=V/Vm αφού είναι σε πρότυπες συνθήκες βρήκα τον όγκο του οξυγόνου, που είναι 201,6L.*», ενώ αντίθετα ο εκπαιδευτικός 1 υποστηρίζει: «*… απαιτούνται 9 mol οξυγόνου… βρίσκω ότι ο όγκος του οξυγόνου αυτού σε STP συνθήκες είναι 201,6 λίτρα. Από την περιεκτικότητα του αέρα, 20% σε οξυγόνο… τα 201,6 L οξυγόνου περιέχονται σε 1008 L αέρα …*».

Επίσης, στο ίδιο πρόβλημα δύο επί πτυχίω φοιτητές παρακάμπτουν την πληροφορία που αναφέρεται στα 84g προπενίου, μειώνοντας έτσι τη δυσκολία επεξεργασίας των πληροφοριών. Αφού καταστρώσουν και ισοσταθμίσουν τη χημική εξίσωση της αντίδρασης καύσης θεωρούν ότι διαθέτουν 1 mol προπενίου και συνεχίζουν τους υπολογισμούς με την ποσότητα αυτή. Ακόμα και μετά την παρέμβαση της ερευνήτριας δεν ενσωματώνουν την πληροφορία αυτή στη λύση του προβλήματος.

Για παράδειγμα, παρατίθεται ο παρακάτω διάλογος της ερευνήτριας (Ε) με τον επί πτυχίω φοιτητή 1 (Φ1).

Φ1: «*… δηλαδή 1mole προπενίου αντιδρά με 9/2 mole οξυγόνου… λύνουμε ως προς τον όγκο, το n είπαμε πριν 9/2… άρα 9/2×22,4…100,8L… αυτά*».

Ε: «*… και αυτό το 84g προπενίου που σου δίνεται;*»

Φ1: «*...εεε πιθανότατα για να το δίνει ίσως να χρειάζεται κάπου. Εμένα, όμως δεν πάει το μυαλό μου κάπου. Δεν ξέρω…* »

Αντίθετα, ο μαθητής 1 αναφέρει: «*…1 mole προπενίου αντιδρά με 9/2 mole οξυγόνου… έχουμε 2 mole προπενίου, θα αντιδράσουν με 9 mole οξυγόνου...*»

ΙΙ. Συλλογισμοί που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκληση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών

Διαθεσιμότητα

Ένας ευρετικός συλλογισμός που αναφέρεται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκληση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών είναι ο συλλογισμός της διαθεσιμότητας (availability), ο οποίος έχει αναφερθεί από τους Tversky και Kahneman (Shah & Oppenheimer 2008). Στο συλλογισμό αυτόν κάποιος χρησιμοποιεί την ευκολία με την οποία φαντάζεται ένα γεγονός για να προβλέψει πόσο πιθανό είναι να συμβεί το γεγονός αυτό.

Κατά την επίλυση του προβλήματος «Σε μία φιάλη που περιέχει 36g νερό διαβιβάζονται 84g προπενίου. Ποιες θα είναι οι μάζες των χημικών ουσιών που θα περιέχονται στη φιάλη μετά το τέλος της αντίδρασης;» το σύνολο των μαθητών, των φοιτητών καθώς και δύο εκπαιδευτικοί ακολουθούν το συλλογισμό αυτό. Συγκεκριμένα, η πληροφορία που δίνεται στους λύτες και αφορά στην πραγματοποίηση αντίδρασης μέσα στη φιάλη απαιτεί από αυτούς την αναζήτηση των συνθηκών της αντίδρασης, ώστε να κρίνουν το είδος της αντίδρασης που πραγματοποιείται. Οι λύτες για να αποφύγουν τη διαδικασία αυτή προτιμούν να υποθέσουν ως πραγματοποιούμενη αντίδραση την πιο προβλέψιμη, την αντίδραση προσθήκης του νερού στο προπένιο.

Για παράδειγμα ο μαθητής 4 αναφέρει: «*…έχουμε περίπτωση μίας προσθήκης νερού σε προπένιο για να δημιουργηθεί η αλκοόλη…* », ενώ αντίθετα ο εκπαιδευτικός 5 κατά την επίλυση του προβλήματος θέτει το ερώτημα: «*…υποτίθεται ότι οι συνθήκες είναι έτσι ώστε να γίνεται η αντίδραση προσθήκης;*»

Αναγνώριση

Άλλος ένας συλλογισμός της ίδιας κατηγορίας είναι ο συλλογισμός της αναγνώρισης (recognition), που αποτελεί υποκατηγορία του ευρετικού συλλογισμού της διαθεσιμότητας και έχει αναφερθεί από τους Gigerenzer και Goldstein (Shah & Oppenheimer 2008). Στο συλλογισμό αυτόν κάποιος αναγνωρίζει στα αντικείμενα την ιδιότητα με την οποία τα συναντάει στην καθημερινή ζωή, μειώνοντας τα περιθώρια αναγνώρισης άλλης ιδιότητας του αντικειμένου αυτού.

Στο πρόβλημα της προσθήκης που αναφέρθηκε, ο συλλογισμός αυτός είναι υπεύθυνος για το γεγονός ότι ένας μαθητής και δύο επί πτυχίω φοιτητές θεωρούν το νερό ως διαλύτη και όχι ως αντιδραστήριο. Λόγω του γεγονότος ότι το νερό είναι παγκόσμιος διαλύτης και αυτή η χρήση του είναι εκτεταμένη στην καθημερινή ζωή, οι λύτες το αναγνωρίζουν με αυτή του την ιδιότητα και δεν μπαίνουν στη διαδικασία να σκεφτούν ότι μπορεί να αντιδρά με το προπένιο.

Συγκεκριμένα ο επί πτυχίω φοιτητής 1 αναφέρει: «*…Μου έρχεται στο μυαλό ότι όταν προσθέτουμε νερό γίνεται αραίωση…* », ενώ αντίθετα ο μαθητής 2 σωστά υποστηρίζει: «*…εεε είναι αντίδραση προσθήκης νερού…* ».

Παραπάνω έγινε αναφορά στον ευρετικό συλλογισμό που οδηγεί τους περισσότερους φοιτητές να αγνοήσουν τον ατμοσφαιρικό αέρα του οποίου ζητείται ο όγκος και να αρκεστούν στον υπολογισμό του όγκου του οξυγόνου. Αυτή η ενέργεια των λυτών συνδέεται και με το συλλογισμό της αναγνώρισης. Τρεις πρωτοετείς και τέσσερις επί πτυχίω φοιτητές

αναγνωρίζουν το οξυγόνο ως την ουσία που είναι υπεύθυνη για την καύση παραμερίζοντας τα υπόλοιπα συστατικά του ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι, την πληροφορία «ατμοσφαιρικός αέρας» την ταυτίζουν με την πληροφορία «οξυγόνο».

Για παράδειγμα, ο πρωτοετής φοιτητής 3 αναφέρει: «*...Καταρχήν συμπλήρωσα την αντίδραση ότι είναι τέλεια καύση* (συμπληρώνει την αντίδραση του προπενίου με οξυγόνο)*... άρα εφόσον ψάχνουμε τώρα τον ατμοσφαιρικό αέρα που απαιτείται για την καύση του προπενίου ... άρα προκύπτει ότι ο όγκος είναι 9×22,4 λίτρα ατμοσφαιρικού αέρα.*»

Χρήση κανόνων

Στο συλλογισμό αυτόν κάποιος προκειμένου να μειώσει τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκληση της αξίας των πληροφοριών χρησιμοποιεί σχετικούς κανόνες. Στο πρόβλημα της προσθήκης του νερού στο προπένιο, η εξεύρεση του κύριου προϊόντος προσθήκης προκύπτει, βάσει του μηχανισμού της αντίδρασης, από το σταθερότερο ενδιάμεσο καρβοκατιόν, το δευτεροταγές στη συγκεκριμένη περίπτωση. Όλοι οι μαθητές, οι πρωτοετείς φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να μειώσουν τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκληση της αξίας των πληροφοριών βρίσκουν το κύριο προϊόν εφαρμόζοντας τον κανόνα του Markovnikov.

Για παράδειγμα ο εκπαιδευτικός 4 αναφέρει: «*εεε... θεωρώντας ότι παράγεται μόνο... το κύριο κατά Markovnikov προϊόν... στο τέλος της αντίδρασης... η οποία είναι προπένιο και νερό δίνει 2-προπανόλη...* ».

Ο κανόνας αυτός δίνει μηχανικά το κύριο προϊόν, οπότε και μειώνει την προσπάθεια του λύτη, ο οποίος δεν χρειάζεται να ανατρέξει στην ανάκληση του μηχανισμού και στη σταθερότητα των ενδιάμεσων καρβοκατιόντων. Οι επί πτυχίω φοιτητές ανήκουν στους λύτες που δεν μπορούν να ανακαλέσουν τον κανόνα του Markovnikov. Δεν μπορούν, όμως, να ανακαλέσουν και το μηχανισμό των αντιδράσεων της ηλεκτρονιόφιλης προσθήκης των αλκενίων, με εξαίρεση τον επί πτυχίω φοιτητή 5 ο οποίος καταλήγει στο κύριο προϊόν προσθήκης βασιζόμενος στο μηχανισμό της αντίδρασης και στη σταθερότητα του δευτεροταγούς καρβοκατιόντος, «*... εεε βάλαμε προπένιο και νερό, έγινε αντίδραση προσθήκης, το τελικό προϊόν είναι η αλκοόλη..γιατί η δευτεροταγής είναι πιο σταθερή... το αντίστοιχο καρβοκατιόν είναι πιο σταθερό.*»

Χρήση μαθηματικών τύπων

Παρόμοιος ευρετικός συλλογισμός με τη χρήση κανόνων είναι και ο συλλογισμός κατά τον οποίο χρησιμοποιούνται από τους λύτες μαθηματικοί τύποι. Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προκύπτει ότι οι λύτες κατά την επίλυση του προβλήματος «Να υπολογιστεί η μάζα του άνθρακα που περιέχεται σε 144g πεντανίου C_5H_{12}. Δίνονται Ar,H=1 και Ar,C=12» διευκολύνονται να υπολογίζουν τον αριθμό των mol του πεντανίου, n, μέσω της εφαρμογής του τύπου n=m/Mr, όπου m είναι η μάζα του πεντανίου και Mr η σχετική του μοριακή μάζα. Προτιμούν, δηλαδή, να εφαρμόζουν τον τύπο αυτό και όχι να βρίσκουν την αναλογία μεταξύ του αριθμού των mol και της μάζας του πεντανίου, που προκύπτει από την πρόταση «1 mol μορίων πεντανίου ζυγίζει Mr g». Κάποιοι από τους λύτες, και συγκεκριμένα οι φοιτητές, χρησιμοποιούν τον τύπο αυτό χωρίς να αντιλαμβάνονται τη σημασία του. Δηλαδή, οι λύτες αυτοί δεν ανακτούν την αξία της πληροφορίας που περιέχει μέσα του ο μαθηματικός τύπος, αλλά τον χρησιμοποιούν μηχανικά. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων, από όπου προκύπτει ότι κυρίως οι φοιτητές είναι αυτοί που, ενώ χρησιμοποιούν τον τύπο n=m/Mr, δεν μπορούν να ανακαλέσουν πόσο ζυγίζει το 1 mol ατόμων ενός στοιχείου. Αντίθετα, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τους αντίστοιχους μαθηματικούς τύπους και επιπλέον αντιλαμβάνονται τη σημασία τους, όπως προκύπτει από την ανάλυση του γνωστικού μέρους των πρωτοκόλλων.

Για παράδειγμα, ο επί πτυχίω φοιτητής 1 αναφέρει: «*... Αρχικά κοιτάω στην εκφώνηση τι μου δίνει εεε και αναλόγως κοιτάω τι μπορώ να χρησιμοποιήσω, τι τύπους μπορώ να χρησιμοποιήσω. Εεε, βρίσκω πρώτα το μοριακό βάρος του πεντανίου ... μου κάνει 72. Βρίσκω μετά από τον τύπο των mole n=μάζα προς μοριακό βάρος, μπορώ να βρω τα mole του πεντανίου. Και μου δίνει ότι η*

μάζα του πεντανίου είναι 144g… άρα 2 mole πεντανίου». Στην ερώτηση του γνωστικού μέρους «Πόσα γραμμάρια ζυγίζει ένα mol ατόμων;» ο ίδιος φοιτητής απαντά «*… Ένα mole ατόμων… ζυγίζει δεν το θυμάμαι…*», ενώ μετά από ανατροφοδότηση απαντά στην ερώτηση: «Πόσα γραμμάρια ζυγίζει ένα mol μορίων;» αναλογικά: «*… ζυγίζει το μοριακό βάρος…* »

Αντίθετα, ο μαθητής 3 αναφέρει: «*…Λοιπόν, μας ζητάνε τη μάζα του άνθρακα … που περιέχονται σε 144g πεντανίου. Βρίσκουμε πρώτα το Mr του πεντανίου … προκύπτει 72. Εεε μετά υπολογίζω τα mole του πεντανίου που είναι, πόσα mole είναι τα 144g. Από τον τύπο n=m/Mr, όποτε 144g/72g/mol, 2 mol πεντανίου…* », ενώ στην αντίστοιχη ερώτηση του γνωστικού μέρους: «Πόσα γραμμάρια ζυγίζει ένα mol μορίων;» ο μαθητής αναφέρει: «*…1 mol μορίων … ζυγίζει Mr γραμμάρια…* ».

Συγχώνευση δεδομένων

Ένας άλλος συλλογισμός, που μειώνει τη δυσκολία που συνδέεται με την ανάκληση της αξίας των πληροφοριών, ακολουθείται όταν κάποιος συγχωνεύει τις πληροφορίες που του δίνονται χωρίς να τις αποκωδικοποιεί και να τις συνδυάζει.

Για παράδειγμα, ο πρωτοετής φοιτητής 1 αναφέρει: «*…Στα 144g C_5H_{12} περιέχονται 5 άτομα άνθρακα…* ». Η έκφραση «144g C_5H_{12}» περιέχει δύο πληροφορίες. Η μία αφορά στην ποσότητα του πεντανίου και η άλλη την ποιοτική και ποσοτική σύσταση του μορίου του πεντανίου. Ο πρωτοετής φοιτητής 1 προκειμένου να ελαττώσει την προσπάθεια που πρέπει να καταβάλλει ώστε να ερμηνεύσει τις πληροφορίες αυτές εκλαμβάνει λανθασμένα τη συμβολική αναπαράσταση. Αυτό το είδος του συλλογισμού υπάρχει στους φοιτητές, πρωτοετείς και επί πτυχίω, ίσως εξαιτίας των ελλείψεων που παρουσιάζουν στο γνωστικό υπόβαθρο των στοιχειομετρικών υπολογισμών.

Αντίθετα, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τις πληροφορίες των εκφράσεων αυτών. Για τη συγκεκριμένη έκφραση ο μαθητής 4 αναφέρει: «*…υπολογίζω τα mole του πεντανίου που είναι, πόσα mole είναι τα 144g. Από τον τύπο n=m/Mr, όποτε 144g/72g/mol, 2 mol πεντανίου. Στο 1 μόριο πεντανίου περιέχονται εεε περιέχονται 5 άνθρακες οπότε 5×Mr 60g άνθρακα, στα 2 mole θα περιέχονται 120g άνθρακα.*».

Απλή σύγκριση

Κατά το συλλογισμό της απλής σύγκρισης (weighted pros heuristic), που έχει αναφερθεί από τον Huber το 1979 (Shah, Oppenheimer 2008), όταν συγκρίνονται δύο ουσίες Α και Β δίνεται μεγαλύτερη τιμή σε μία ιδιότητα της ουσίας Α επειδή μία δεύτερη ιδιότητα της ουσίας αυτής έχει μεγαλύτερη τιμή από την αντίστοιχη ιδιότητα της ουσίας Β. Έτσι, στο υποερώτημα ενός άλλου προβλήματος της παρούσας έρευνας : «…Να συγκρίνετε το μεθάνιο και το βουτάνιο ως καύσιμα… Δίνονται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη (ΚΘΔ) για το μεθάνιο 802,34kJ/mol και για το βουτάνιο 2659,30 kJ/mol… », οι μαθητές και οι φοιτητές είναι εκείνοι που προβαίνουν στη διαδικασία της απλής σύγκρισης, δηλώνοντας ότι μεγαλύτερη ΚΘΔ συνεπάγεται μεγαλύτερη θερμαντική ικανότητα. Δεν μπαίνουν, δηλαδή, στη διαδικασία του υπολογισμού της θερμότητας ανά μονάδα μάζας του καυσίμου.

Για παράδειγμα ο μαθητής 2 αναφέρει: «*… το βουτάνιο όταν καίγεται στις ίδιες συνθήκες με το μεθάνιο ελευθερώνει περίπου τριπλάσιο ποσό ενέργειας, ποσό θερμότητας, από το μεθάνιο. Άρα σαν καύσιμο … είναι πιο αποδοτικό…* », ενώ αντίθετα ο εκπαιδευτικός 3 υποστηρίζει «*… ανά mole είναι προφανές ότι δίνει, προφανές ότι θα δίνει περισσότερη ενέργεια, θερμότητα όταν καεί 1 mole βουτανίου από το αν καεί 1 mole μεθανίου. Έχει πολύ περισσότερους δεσμούς. Αλλά επειδή πουλιούνται ανά γραμμάριο, ανά κιλό, εξαρτάται, μετά πρέπει να κάνεις διαίρεση…* »

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων προέκυψε ότι οι λύτες κατά την επίλυση των προβλημάτων της παρούσας έρευνας ακολουθούν δύο τρόπους μείωσης της προσπάθειας εξαγωγής συμπεράσματος ή λήψης απόφασης. Ο πρώτος τρόπος αφορά στην εξέταση και

συνεπώς στην ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών και ο δεύτερος στην ελλιπή ανάκληση και συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών.

Σχετικά με τους ευρετικούς συλλογισμούς που αναφέρονται στην εξέταση και στην ενσωμάτωση λιγότερων πληροφοριών αυτοί ακολουθούνται μόνο από τις δύο ομάδες των φοιτητών, ενώ αντίθετα τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί εξετάζουν και ενσωματώνουν όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την επίλυση των προβλημάτων.

Αναφορικά με τους ευρετικούς συλλογισμούς που αναφέρονται στη μείωση της δυσκολίας η οποία συνδέεται με την ανάκληση και τη συγκέντρωση της αξίας των πληροφοριών αυτοί ταξινομήθηκαν σε πέντε κατηγορίες: (Α) Ο συλλογισμός της διαθεσιμότητας ακολουθείται από όλες τις ομάδες των λυτών. Εξαίρεση αποτελούν κάποιοι από τους εκπαιδευτικούς που ακολουθούν αναλυτικούς τρόπους σκέψης. (Β) Ο συλλογισμός της αναγνώρισης που αποτελεί υποκατηγορία του συλλογισμού της διαθεσιμότητας ακολουθείται από κάποιους λύτες που ανήκουν κυρίως στις δύο ομάδες των φοιτητών. (Γ) Ο ευρετικός συλλογισμός της χρήσης κανόνων και μαθηματικών τύπων χρησιμοποιείται από όλες τις ομάδες των λυτών καθώς προσφέρει ασφάλεια στην επίλυση των προβλημάτων. Οι φοιτητές, όμως, διαφοροποιούνται από τις ομάδες των μαθητών και των εκπαιδευτικών, αφού χρησιμοποιούν μηχανικά τους μαθηματικούς τύπους χωρίς να μπορούν να ανακτήσουν τη σημασία τους. (Δ) Ο συλλογισμός της συγχώνευσης δεδομένων ακολουθείται από τους πρωτοετείς και επί πτυχίω φοιτητές, οι οποίοι παρουσιάζουν αδυναμία στην αποκωδικοποίηση των συμβολικών αναπαραστάσεων. (Ε) Τέλος, ο ευρετικός συλλογισμός της απλής σύγκρισης ανιχνεύτηκε στους μαθητές και στις δύο ομάδες των φοιτητών αλλά όχι στους εκπαιδευτικούς.

Συνοψίζοντας, οι πρωτοετείς και οι επί πτυχίω φοιτητές δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους και ακολουθούν τους παραπάνω ευρετικούς συλλογισμούς κατά την επίλυση των προβλημάτων, ακόμα και αυτούς που οδηγούν σε λανθασμένες λύσεις. Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν περισσότερο εκείνους τους ευρετικούς συλλογισμούς που τους προσφέρουν ασφάλεια στην επίλυση, όπως η χρήση κανόνων και μαθηματικών τύπων. Παρατηρείται όμως μια σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ τους καθώς οι μαθητές ακολουθούν και ευρετικούς συλλογισμούς που τους οδηγούν σε εσφαλμένα συμπεράσματα, όπως ο συλλογισμός της απλής σύγκρισης και της διαθεσιμότητας, όχι όμως στον ίδιο βαθμό που τους ακολουθούν οι φοιτητές. Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν και αυτοί το συλλογισμό της διαθεσιμότητας, αλλά σε μικρότερο βαθμό από τους μαθητές, ενώ δεν χρησιμοποιούν το συλλογισμό της απλής σύγκρισης ακολουθώντας περισσότερο αναλυτικούς τρόπους σκέψης και αυξάνοντας, κατά συνέπεια, τη δυσκολία της επίλυσης των προβλημάτων.

Σχολιάζοντας τα παραπάνω συμπεράσματα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι ευρετικοί συλλογισμοί ακολουθήθηκαν περισσότερο από τις δύο ομάδες των φοιτητών που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα, οι οποίες δεν είχαν πρόσφατα εξασκηθεί στην επίλυση προβλημάτων του ίδιου τύπου με αυτά που κλήθηκαν να λύσουν. Επιπλέον, η μη διαφοροποίηση μεταξύ τους μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εκπαίδευσή τους στο πανεπιστήμιο δεν επέδρασε στο συλλογισμό τους κατά την επίλυση των συγκεκριμένων προβλημάτων. Αντίθετα, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα, οι οποίοι είχαν εξασκηθεί πάνω στην επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας, χρησιμοποίησαν λιγότερο ευρετικούς συλλογισμούς. Μάλιστα, οι εκπαιδευτικοί διαφοροποιήθηκαν από τους μαθητές καθώς, πιθανώς μέσω της εμπειρίας τους στην επίλυση προβλήματος, χρησιμοποίησαν εκείνους τους ευρετικούς συλλογισμούς που προσφέρουν ασφάλεια στην επίλυση και ακολούθησαν περισσότερο αναλυτικούς τρόπους σκέψης.

Βιβλιογραφία

Chandrasegaran A. L., Treagust D. F., Waldrip B. G., Chandrasegaran A., (2009), Students' dilemmas in reaction stoichiometry problem solving: deducing the limiting reagent in chemical reactions, *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 14–23.

Ercikan K., Arim R., Law D., (2010), Application of Think Aloud Protocols for Examining and Confirming Sources of Differential Item Functioning Identified by Expert Reviews, *Educational Measurement: Issues and Practice*, Vol. 29, No. 2, pp. 24–35.

Evans, J. St. B. T., (2006), The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation, *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(3), 378 – 395.

Maeyer J., Talanquer V., (2010), The role of intuitive heuristics in students' thinking: Ranking chemical substances, *Science Education*, Vol. 94, Iss. 6, pp. 963-984.

McClary L. , Talanquer V., (2010), Heuristic Reasoning in Chemistry: Making decisions about acid strength, *International Journal of Science Education*, 1-22.

Shah, A. K., Oppenheimer, D.M. (2008). Heuristics made easy: An effort-reduction framework. *Psychological Bulletin*, 134(2), 207 – 222.

Taber K. S, (2009), College students' conceptions of chemical stability: The widespread adoption of a heuristic rule out of context and beyond its range of application, *International Journal of Science Education*, 31, 1333 – 1358.

Van den Haaka M., De Jonga M., Schellensa P. J., (2003), Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: testing the usability of an online library catalogue, *Behaviour & Information Technology*, Vol. 22, No. 5, 339–351.

Van Someren M. W., Barnard Y. F., Sandberg J. A.C., (1994), Practical procedures in obtaining think aloud protocols, The Think Aloud Method, Published by Academic Press, London.

Εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων του προγράμματος PARSEL σε θέματα Χημείας – Αποτελεσματικότητα και σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία

Αναστασία Αναστασίου, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας
anastasiou83@yahoo.gr gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη

Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα εφαρμογής σε συνθήκες πραγματικής σχολικής τάξης τριών ενοτήτων (modules) του ευρωπαϊκού προγράμματος PARSEL («Επιστημονικός Αλφαβητισμός μέσω Δημοφιλών και Σχετικών με τη Ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών»). Οι διδασκαλίες υλοποιήθηκαν σε τρία λύκεια της Ηπείρου σε δείγμα 110 μαθητών και σε ένα γυμνάσιο σε δείγμα 21 μαθητών. Οι ενότητες αναφέρονται σε θέματα χημείας και ήταν οι: (1) Αλάτι – το καλό, το κακό και το νόστιμο, (2) Το αέριο που πίνουμε – το διοξείδιο του άνθρακα στα ανθρακούχα αναψυκτικά, (3) Χημεία και οδοντόκρεμες. Η αξιολόγηση των εφαρμογών έγινε με βάση τις γνώμες των μαθητών που απάντησαν σε ερωτηματολόγιο 20 ερωτήσεων σε κλίμακα σημαντικής διαφοροποίησης. Από τη στατιστική επεξεργασία προκύπτει ότι το πρόγραμμα μπορεί να επιτύχει τους στόχους του, σημειώνοντας σαφή υπεροχή έναντι των παραδοσιακών διδακτικών προσεγγίσεων και προδιαθέτοντας τους μαθητές θετικά σε όλους τους τομείς, τον γνωστικό, τον συναισθηματικό, τη χρηστικότητα και τη διδακτική μέθοδο.

Abstract

We present the results of the application to conditions of the natural classroom setting of three modules from the European project PARSEL (Popularity And Relevance of Science Education for scientific Literacy). The applications were carried out in three Greek upper secondary schools, with a sample of 110 students and in a lower-secondary school with a sample of 21 students. All schools are in the area of Epirus. The modules refer to chemistry topics, as follows: (1) Salt – the good, the bad and the tasty, (2) The gas we drink - Carbon dioxide in carbonated beverages, (3) Brushing up on chemistry (Chemistry and toothpastes). The evaluation of the applications was carried out by collecting students' opinions, who answered a 20-item semantic differential-scale questionnaire. Statistical analysis shows that PARSEL has the capacity for fulfilling its aims, being superior to traditional instructional methods, and disposing students favorably with respect to the cognitive and the affective domains, its usability, and the instructional methodology.

Εισαγωγή

Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα PARSEL (Popularity And Relevance of Science Education for scientific Literacy), που στα ελληνικά το έχουμε αποδώσει ως *«Επιστημονικός Αλφαβητισμός μέσω Δημοφιλών και Σχετικών με τη Ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών»*, έχει δημιουργήσει διδακτικό/μαθησιακό υλικό που αποβλέπει στην ανάπτυξη του επιστημονικού αλφαβητισμού στους μαθητές της μέσης εκπαίδευσης μέσω μαθημάτων-εργασιών τύπου πρότζεκτ που αναφέρονται σε δημοφιλή σχετικά με τη ζωή θέματα και ως εκ τούτου υποτίθεται ότι είναι αποτελεσματικά στην επίτευξη των βασικών τους στόχων (Τσαπαρλής και Ομάδα PARSEL, 2008). Στο πρόγραμμα συνεργάστηκαν 6 πανεπιστήμια, 2 ερευνητικά ινστιτούτα και 1 διεθνής οργανισμός από 8 ευρωπαϊκές χώρες (μεταξύ αυτών και η Ελλάδα μέσω του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων).[13] Τα μαθήματα-ενότητες (modules) χαρακτηρίζονται από σύνδεση με τη ζωή και το

[13] Τα ιδρύματα αυτά είναι τα εξής: 1) Ινστιτούτο IPN Kiel, Γερμανία, 2) Ελεύθερο Πανεπιστήμιο Βερολίνου (Freie Universität Berlin), Γερμανία, 3) Πανεπιστήμιο Syddansk, Odense, Δανία, 4) Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 5) Πανεπιστήμιο Tartu, Εσθονία, 6) International Council of Associations of Science Education (ICASE) 7) Ινστιτούτο Weizmann Institut, Rehovot, Ισραήλ, 8) Πανεπιστήμιο Λισαβόνας, Πορτογαλία, 9) Πανεπιστήμιο Lund, Σουηδία.

περιβάλλον και από διεπιστημονικότητα, καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα των φ.ε. (φυσικής, χημείας, βιολογίας-βιοχημείας, γεωγραφίας και αστρονομίας) και είναι διαθέσιμα δωρεάν από το Διαδίκτυο στα αγγλικά αλλά και σε άλλες ευρωπαϊκές γλώσσες, μεταξύ των οποίων και τα ελληνικά (βλ. τον διαδικτυακό τόπο ΚοΔιΦΕΕΤ).[14]

Χαρακτηριστικά της προσέγγισης PARSEL. Κάθε ενότητα περιλαμβάνει τρία στάδια ως εξής:

Στάδιο 1: Εισάγει σε ένα κοινωνικό ζήτημα, όπως απεικονίζεται στον τίτλο της ενότητας. Με βάση τις εκτιμήσεις στο στάδιο 1, οι μαθητές οδηγούνται να συνειδητοποιήσουν ότι στερούνται τις επιστημονικές ιδέες, οι οποίες είναι σημαντικές για μια περισσότερο εις βάθος συζήτηση.

Στάδιο 2: Οι επιστημονικές ιδέες, τα προς λύση προβλήματα και οι σχετικές διαδικαστικές δεξιότητες ενσωματώνονται τώρα στη διδασκαλία. Το στάδιο 2 είναι, ουσιαστικά, καθαρά επιστημονικό, χωρίς να παραβλέπει όμως την ανάπτυξη εκπαιδευτικών δεξιοτήτων, όπως συνεργατική μάθηση, λύση προβλημάτων, κριτική σκέψη.

Στάδιο 3: Ίσως το σημαντικότερο στάδιο: οι μαθητές μεταφέρουν την επιστημονική τους γνώση σε επίπεδο ζωής, τεχνολογίας και κοινωνίας. Μέσω της συζήτησης και του συλλογισμού, λαμβάνουν μια κοινωνικο-επιστημονική απόφαση. Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τις δεξιότητες της επιχειρηματολογίας και της ηγεσίας, την ανάπτυξη της επικοινωνίας με τον λόγο, χρησιμοποιώντας τις υγιείς ιδέες της επιστήμης και ισορροπώντας αυτές σε σχέση με τα σχετικά προβλήματα, όπως ηθικά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά, πολιτικά και οικονομικά.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα εφαρμογής σε συνθήκες πραγματικής σχολικής τάξης των ενοτήτων (modules) του προγράμματος σε θέματα συνδεόμενα με την χημεία. Οι ενότητες ήταν οι παρακάτω:

Αλάτι – το καλό, το κακό και το νόστιμο (αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων),

Το αέριο που πίνουμε – το διοξείδιο του άνθρακα στα ανθρακούχα αναψυκτικά (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων),

Χημεία και οδοντόκρεμες (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων).

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα ήταν:

Ποια η ανταπόκριση των μαθητών σε ενότητες του PARSEL;

Πώς συγκρίνεται η διδακτική μεθοδολογία του PARSEL με την παραδοσιακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών που έχουν βιώσει οι συγκεκριμένοι μαθητές;

Μια άλλη εφαρμογή του PARSEL σε θέματα Τεχνολογίας, Περιβάλλοντος και Κοινωνίας(STES) παρουσιάστηκε στο 7ο Συνέδριο της Αλεξανδρούπολης (Νάκου &Τσαπαρλής, 2011).

Θεωρητικό πλαίσιο: Επιστημονικός αλφαβητισμός

Η σύγχρονη εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες και στην τεχνολογία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης απαιτεί διδακτικό/μαθησιακό υλικό που να στοχεύει στην επίτευξη υψηλού επιπέδου επιστημονικού αλφαβητισμού στους μαθητές, σύμφωνα με το εποικοδομητικό/ενεργητικό μοντέλο διδασκαλίας/μάθησης. Το υλικό αυτό πρέπει να υποστηρίζει την ανάπτυξη γνωστικών και μετα-γνωστικών στρατηγικών, καθώς και την καλλιέργεια κινήτρων και συναισθηματικών διαθέσεων, μέσα σε ένα ενδιαφέρον περιβάλλον και σχετικό με τη μελλοντική ζωή και/ή τα επαγγέλματα.

Ο ΕΑ αναφέρεται καταρχήν στις επιστημονικές έννοιες αλλά και στις επιστημονικές διαδικασίες. Σημαντικός όμως είναι και ο ρόλος του *συγκειμένου* ή *πλαισίου* (context), δηλαδή οι συνθήκες εφαρμογής των επιστημονικών εννοιών. Σύμφωνα με το διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα PISA (Programme for International Students Assessment), του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Αναπτύξεως (ΟΟΣΑ), ο επιστημονικός αλφαβητισμός (ΕΑ) ορίζεται ως εξής (ΟΟΣΑ, PISA, 2005):

[14] Η διεύθυνση του ιστοτόπου του PARSEL είναι: http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/
Μαθήματα στα ελληνικά: http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/index.php?id=126/

"Επιστημονικός αλφαβητισμός είναι η ικανότητα του ατόμου να χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση, να αναγνωρίζει ερωτήματα και να βγάζει συμπεράσματα που βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα, έτσι ώστε να κατανοεί τον φυσικό κόσμο που τον περιβάλλει και να συμβάλλει στη λήψη των αποφάσεων για τις αλλαγές που η ανθρώπινη δραστηριότητα επιφέρει σε αυτόν".

Για την αξιολόγηση του ΕΑ των μαθητών χρησιμοποιείται μια θεωρητική κλίμακα της οποίας η ιεραρχία μπορεί να μεταφερθεί εύκολα στους εκπαιδευτικούς σκοπούς (Shwartz, Ben-Zvi, & Hofstein, 2005, 2006). Σύμφωνα με την κλίμακα αυτή, διακρίνουμε τα παρακάτω είδη ΕΑ: (1) *Επιστημονικός αναλφαβητισμός* (οι μαθητές δεν μπορούν να απαντήσουν σε μια εύλογη ερώτηση για τις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία). (2) *Ονομαστικός επιστημονικός αλφαβητισμός* (οι μαθητές αναγνωρίζουν μεν μια έννοια αλλά έχουν και παρανοήσεις). (3) *Λειτουργικός επιστημονικός αλφαβητισμός* (οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν μια έννοια σωστά, αλλά έχουν μια περιορισμένη κατανόηση σχετικά με αυτή), (4) *Εννοιολογικός επιστημονικός αλφαβητισμός* (οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια βασική κατανόηση των κύριων επιστημονικών εννοιών του γνωστικού αντικειμένου). (5) *Πολυδιάστατος επιστημονικός αλφαβητισμός* (επεκτείνεται πέρα από τις έννοιες των επιμέρους κλάδων, συνδέοντας την επιστήμη με τη ζωή και περιλαμβάνοντας τις φιλοσοφικές, ιστορικές, και κοινωνικές διαστάσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας). Θέματα ή εργασίες σχετικές με τον επιστημονικό αλφαβητισμό έχουν δημοσιεύσει οι Βρύζας (2002), Σιάχος & Σπηλιωτοπούλου (2002), Τζιανουδάκης, Τσαπαρλής & Ομάδα PARSEL (2008), Αναγνωστοπούλου & Λάκκα (2009).

Μέθοδος

Στα πλαίσια της πρακτικής εφαρμογής/δοκιμασίας του προγράμματος PARSEL σε ελληνικά σχολεία, εφαρμόστηκαν κατά το σχολικό έτος 2008-2009, στα πλαίσια του μαθήματος της χημείας, τρεις θεματικές ενότητες από τρεις καθηγητές σε τρία λύκεια (σε δείγμα 110 μαθητών) και σε ένα γυμνάσιο (21 μαθητές). Το γυμνάσιο και δύο από τα λύκεια είναι σε πρωτεύουσες νομών της Ηπείρου, ενώ το τρίτο λύκειο είναι σε επαρχιακή πόλη της Ηπείρου.

Σε κάθε ενότητα περιλαμβάνονται τα παρακάτω τμήματα: (1) Σημειώσεις-οδηγίες για τον μαθητή, (2) Οδηγός διδασκαλίας για τον καθηγητή, (3) Σημειώσεις για τον καθηγητή, (4) Αξιολόγηση του μαθητή και της διδασκαλίας. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των τριών ενοτήτων, των αντικειμενικών τους στόχων και των συνθηκών πραγματοποίησής τους. Για κάθε ενότητα, η πορεία των μαθημάτων περιγράφεται αναλυτικά στον διαδικτυακό τόπο του PARSEL .

Αλάτι – το καλό, το κακό και το νόστιμο

Μια δραστηριότητα (σετ μαθημάτων) χημείας, για την α΄ και β΄ τάξη λυκείου, με θέμα το αλάτι, τις ιδιότητές του, τις χρήσεις του και τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Αντικειμενικοί στόχοι: Οι μαθητές αναμένεται 1. Να γνωρίσουν ότι τα άλατα είναι μια κύρια κατηγορία ανόργανων ενώσεων 2. Να μελετήσουν την προέλευση του αλατιού 3. Να δουν όμορφους κρυστάλλους αλάτων, να μελετήσουν τους κρυστάλλους, τη δομή τους, ακόμη και να φτιάξουν τους δικούς τους μεγάλους κρυστάλλους αλατιού 4. Να ανακαλύψουν ότι το τηγμένο αλάτι ή τα υδατικά διαλύματα αλατιού είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και περαιτέρω να εισαχθούν στην έννοια του ιοντικού δεσμού 5. Να μελετήσουν τις πολλές χρήσεις του αλατιού, καθώς και το θετικό αλλά και τον αρνητικό ρόλο του στην υγεία μας.

Προβλεπόμενος χρόνος: 3 διδακτικές περίοδοι στο σχολείο, συν τη μελέτη στο σπίτι, τη σχολική εργασία και τις πειραματικές δραστηριότητες στο σπίτι.

Προαπαιτούμενη γνώση: Άλατα, ηλεκτροχημεία, χημεία διαλυμάτων.

Το αέριο που πίνουμε – το διοξείδιο του άνθρακα στα ανθρακούχα αναψυκτικά

Μια δραστηριότητα (σετ μαθημάτων) χημείας για τη γ΄ γυμνασίου έως α΄ λυκείου, με θέμα το διοξείδιο του άνθρακα, τις ιδιότητές του και την χρήση του στα αναψυκτικά.

Αντικειμενικοί στόχοι: Οι μαθητές αναμένεται: 1. Να γνωρίζουν ότι τα αέρια διαλύονται σε υγρά, και να μελετήσουν την διάλυση το διοξειδίου του άνθρακα στο νερό 2. Να γνωρίζουν ότι τα ανθρακούχα αναψυκτικά βρίσκονται υπό υψηλή πίεση 3. Να δουλέψουν σε ομάδες, να προτείνουν και να εκτελέσουν μια μέθοδο για τον προσδιορισμό της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται στα ανθρακούχα αναψυκτικά 4. Να επινοήσουν μεθόδους για τον υπολογισμό της πίεσης μέσα σε ένα σφραγισμένο μπουκάλι ή τενεκεδάκι που περιέχει ανθρακούχο αναψυκτικό. 5. Να εφαρμόσουν την εξίσωση του ιδανικού αερίου στον υπολογισμό της παραπάνω πίεσης. 6. Να σκεφτούν τα πειραματικά λάθη που υπεισέρχονται στις διάφορες διαδικασίες υπολογισμού της πίεσης 7. Να παρακολουθήσουν την επίδειξη του «συντριβανιού του διοξειδίου του άνθρακα» και να το εξηγήσουν χρησιμοποιώντας τις γνώσεις που απέκτησαν κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ερευνών.

Είδος εργασίας: Ομαδική δουλειά στο εργαστήριο ομάδες 3-5 μαθητών.

Προβλεπόμενος χρόνος: 5-6 διδακτικές περίοδοι στο σχολείο, συν την απαραίτητη προεργασία της δραστηριότητας στο σπίτι.

Προαπαιτούμενη γνώση: Ιδιότητες των αερίων, νόμοι των αερίων, νόμοι των ιδανικών αερίων.

Χημεία και οδοντόκρεμες

Μια δραστηριότητα (σετ μαθημάτων) χημείας για την γ΄ γυμνασίου έως β΄ λυκείου.

Αντικειμενικοί στόχοι: Με αυτή τη δραστηριότητα, οι μαθητές αναμένεται: 1. Να μελετήσουν, αρχικά στο σπίτι, τα συστατικά διαφόρων οδοντόκρεμων του εμπορίου 2. Δουλεύοντας στην τάξη, να οργανώσουν τη μελέτη των συστατικών. Η εργασία στην τάξη θα κάνει πιο ευχάριστη και οργανωμένη τη μελέτη 3. Να παρασκευάσουν οι ίδιοι οι μαθητές στο εργαστήριο μια στοιχειώδη οδοντόκρεμα και να συγκρίνουν τη δράση της με μια οδοντόκρεμα του εμπορίου 4. Να συνειδητοποιήσουν τη σημασία του τακτικού καθαρισμού και της φροντίδας των δοντιών και την ανάγκη να επισκεπτόμαστε συχνά τον οδοντογιατρό.

Είδος εργασίας: Ομαδική δουλειά στο σπίτι, στην τάξη και στο εργαστήριο (σε ομάδες 3-5 μαθητών).

Προβλεπόμενος χρόνος: 4 διδακτικές περίοδοι στο σχολείο, συν προπαρασκευή για τη δραστηριότητα και άλλες δραστηριότητες στο σπίτι.

Προαπαιτούμενη γνώση: Χημεία οξέων και βάσεων, στοιχειώδης οργανική χημεία.

Δείγμα: Οι διδασκαλίες των αντίστοιχων ενοτήτων του PARSEL υλοποιήθηκαν από τρεις καθηγητές στα πλαίσια του μαθήματος της χημείας σε συνολικό αριθμό 131 μαθητών. Κάθε μαθητής ασκήθηκε σε ένα μόνο module. Για κάθε module, η διδασκαλία ακολούθησε σε γενικές γραμμές την πορεία όπως αυτή προτείνεται στο τμήμα «Οδηγός διδασκαλίας για τον καθηγητή» του αντίστοιχου module. Ο Πίνακας 1 δίνει αριθμούς και φύλο μαθητών για κάθε διδαχθείσα ενότητα.

Πίνακας 1: Αριθμοί και φύλο μαθητών για κάθε διδαχθείσα ενότητα.

α/α	Ενότητα	Αριθμός μαθητών	Αγόρια	Κορίτσια
1	*Αλάτι – το καλό, το κακό και το νόστιμο (γ΄ γυμνασίου)*	21	9	12
2	*Αλάτι – το καλό, το κακό και το νόστιμο (α΄ λυκείου)*	57	27	30
3	*Το αέριο που πίνουμε – το διοξείδιο του άνθρακα στα ανθρακούχα αναψυκτικά (α΄ λυκείου)*	35	17	18
4	*Χημεία και οδοντόκρεμες (β΄ λυκείου)*	18	10	8
	Σύνολα	131	63	68

Τρόπος αξιολόγησης - Κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων

Η αξιολόγηση των εφαρμογών έγινε μέσα από την απάντηση-συμπλήρωση από τους μαθητές ερωτηματολογίου σε κλίμακα σημαντικής διαφοροποίησης (semantic differential scale): γνώμες των μαθητών για τη διδασκαλία και τη μάθηση των φυσικών επιστημών πριν από και μετά από τη διδασκαλία της ενότητας (module). Το ερωτηματολόγιο προέρχεται από την εφαρμογή του PARSEL στο Ισραήλ και αποτελείται από 20 ερωτήσεις. Εφαρμόστηκε δύο φορές, μία αμέσως πριν από την εφαρμογή του PARSEL και μία αμέσως μετά την εφαρμογή. Η μεθοδολογία είναι αυτή της «*εξέτασης και επανεξέτασης*» (test-retest), όπου η απάντηση στο ερωτηματολόγιο προ της εφαρμογής PARSEL δίνει πληροφορίες για τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και ισοδυναμεί με *ομάδα ελέγχου*, ενώ η απάντηση στο ερωτηματολόγιο μετά την εφαρμογή PARSEL δίνει πληροφορίες για τη μέθοδο PARSEL και ισοδυναμεί με *πειραματική ομάδα.* Το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου περιγράφεται στο Παράρτημα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ερωτήσεις 2, 5, 8, 12, 15 και 20 ξεκινούσαν από την πλήρη άρνηση και κατέληγαν στην πλήρη κατάφαση, στην επεξεργασία κάναμε γι' αυτές αναστροφή της σειράς έτσι ώστε όλες οι ερωτήσεις να έχουν θετική έννοια. Στη συνέχεια για να είναι πιο ευδιάκριτη η στάση των μαθητών απέναντι στη διδασκαλία και τη μάθηση των φ.ε. πριν και μετά τη διδασκαλία της κάθε ενότητας (module), αντιστοιχίσαμε το άθροισμα των βαθμίδων 1 και 2 σε θετικές απόψεις των μαθητών, τη βαθμίδα 3 σε ουδέτερες απόψεις και το άθροισμα των βαθμίδων 4 και 5 σε αρνητικές απόψεις των μαθητών.

Για την πλήρη και ακριβή αποτύπωση της σημαντικής διαφοροποίησης, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αρχικά η ερευνήτρια έκανε μια πρώτη ομαδοποίηση των 20 ερωτήσεων. Έπειτα από εκτενή συζήτηση της ερευνήτριας με τον επιβλέποντα καθηγητή, οδηγηθήκαμε σε βελτιωμένη κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων σε τέσσερις ομάδες, ως εξής: α) ως προς τον *γνωστικό τομέα* (μαθαίνω), οι ερωτήσεις 2, 6, 13, 18, 20, β) ως προς τον *συναισθηματικό τομέα* (ικανοποίηση), οι ερωτήσεις 3, 5, 10, γ) ως προς την *χρηστικότητα* για την ζωή, οι ερωτήσεις 1, 4, 12, 14, 17, 19 και τέλος δ) ως προς την *διδακτική μέθοδο*, οι ερωτήσεις 7, 8, 9, 11, 15, 16.

Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 2 δίνει τους συνολικούς αριθμούς θετικών, αρνητικών και ουδέτερων γνωμών των μαθητών, πριν από και μετά από τις εφαρμογές των διδασκαλιών PARSEL. Οι γνώμες δείχνονται κατανεμημένες στους τέσσερις εξεταζόμενους τομείς και στο σύνολο, χωριστά για καθεμιά από τις τρεις διδαχθείσες ενότητες. Ο Πίνακας 3 δίνει αθροιστικά τις γνώμες συνολικά για τις τρεις διδαχθείσες ενότητες.

Από τους δύο πίνακες προκύπτει ότι μετά τη διδασκαλία των ενοτήτων του PARSEL οι θετικές απόψεις των μαθητών υπερτερούν των αρνητικών και των ουδέτερων απόψεων και στους τέσσερεις τομείς, σε όλες τις ενότητες που εφαρμόστηκαν. Η υπεροχή των θετικών απόψεων καταδεικνύει ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά στις ενότητες (modules) που εφαρμόστηκαν. Εξάλλου, από τους πίνακες προκύπτουν και οι συγκριτικές απόψεις των μαθητών σχετικά με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας των φ.ε. και τη διδακτική μεθοδολογία που ακολουθεί το PARSEL. Συγκρίνοντας τις απόψεις των μαθητών προ και μετά PARSEL όσον αφορά τον τομέα της διδακτικής μεθόδου, η αύξηση των θετικών απόψεων μετά τη διδασκαλία των ενοτήτων δείχνει την προτίμηση των μαθητών στον νέο τρόπο διδασκαλίας. Οι μαθητές αντιλήφθηκαν τις ενότητες ως μαθητοκεντρικές, που ευνοούν την ενεργό δράση και συμμετοχή τους κατά την διάρκεια της διδασκαλίας, και αυτό τους επηρέασε θετικά έναντι του παραδοσιακού τρόπου διδασκαλίας. Η μικρή αρνητική απόκλιση που παρατηρείται στον τομέα της διδακτικής μεθόδου από τους μαθητές της β΄ λυκείου που διδάχτηκαν την ενότητα «Χημεία και οδοντόκρεμες» (τρίτη σειρά), μπορεί να σχετίζεται με το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη σχολική βαθμίδα δίνεται περισσότερο έμφαση στους υπόλοιπους τομείς που σχετίζονται με τις μελλοντικές τους εξετάσεις παρά στον τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος.

Στατιστική επεξεργασία και ευρήματα

Για να καταδειχθεί η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών του PARSEL, προχωρούμε σε στατιστική επεξεργασία της κατανομής των γνωμών των μαθητών με χρήση του στατιστικού κριτηρίου χ^2, με βάση τα αθροιστικά αποτελέσματα του Πίνακα 3. Ο Πίνακας 4 δίνει τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας.

Παρατηρούμε την πολύ μεγάλη διαφορά των τιμών για μετά από την εφαρμογή του PARSEL σε σχέση με πριν από την εφαρμογή. Η κρίσιμη τιμή του χ^2 [για (3-1) = 2 βαθμούς ελευθερίας] είναι 5,99 για επίπεδο σημαντικότητας p = 0,05 και 9,21 για p = 0,01. Σε όλες τις περιπτώσεις, η υπεροχή των θετικών γνωμών είναι συντριπτική μετά από την εφαρμογή, ενώ όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3, οι αρνητικές και ουδέτερες γνώμες στο γενικό σύνολο μειώνονται κατά το ήμισυ μετά την εφαρμογή των ενοτήτων.

Σε σχέση με τους εξεταζόμενους τομείς, από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο γνωστικός τομέας και η χρηστικότητα προηγούνται, ακολουθεί ο συναισθηματικός τομέας και τελευταία έρχεται η διδακτική μέθοδος. Σε p = 0,05 και σε p = 0,01 οι τιμές του χ^2 πριν αλλά και μετά από την εφαρμογή είναι στατιστικά σημαντικές για όλους τους τομείς.

Πίνακας 2: Συνολικοί αριθμοί θετικών, αρνητικών και ουδέτερων γνωμών των μαθητών, πριν από και μετά από τις εφαρμογές των διδασκαλιών PARSEL. Σε κάθε κελί, οι τρεις αριθμοί αντιστοιχούν στις τρεις διδαχθείσες ενότητες (βλ. Πίνακα 1). Οι γνώμες δείχνονται κατανεμημένες στους τέσσερις εξεταζόμενους τομείς και στο σύνολο, για τις τρεις διδαχθείσες ενότητες.

Τομέας	Γνώμες μαθητών					
	Προ PARSEL			Μετά PARSEL		
	Θετικές	Αρνητικές	Ουδέτ.	Θετικές	Αρνητικές	Ουδέτ.
Γνωστικός τομέας	208 97 49	91 35 16	91 43 25	384 128 65	1 18 11	5 29 14
Συναισθηματικός τομέας	106 60 25	89 22 10	39 23 19	227 84 33	1 13 7	6 8 14
Χρηστικότητα	228 121 61	124 40 20	116 49 27	398 128 42	9 40 31	61 42 35
Διδακτική μέθοδος	163 92 47	175 65 29	130 53 32	353 118 40	70 58 38	45 34 30
Σύνολα ανά ενότητα	705 370 182	479 162 75	376 168 103	1362 458 180	81 129 87	117 113 93

Πίνακας 3: Συνολικοί αριθμοί θετικών, αρνητικών και ουδέτερων γνωμών των μαθητών, πριν από και μετά από τις εφαρμογές των διδασκαλιών PARSEL συνολικά για τις τρεις διδαχθείσες ενότητες.

Τομέας	Γνώμες μαθητών					
	Προ PARSEL			Μετά PARSEL		
	Θετικές	Αρνητικές	Ουδέτ.	Θετικές	Αρνητικές	Ουδέτ.
Γνωστικός τομέας	354	142	159	577	30	48
Συναισθ/κός τομέας	191	121	81	344	21	28
Χρηστικότητα	410	184	192	568	80	138
Διδακτική μέθοδος	302	269	215	511	166	109
Γενικό σύνολο	1257	716	647	2000	297	323

Πίνακας 4: Τιμές στατιστικού χ^2 για την σύγκριση της κατανομής των γνωμών των μαθητών πριν από και μετά από τις εφαρμογές των διδασκαλιών PARSEL συνολικά για τις τρεις διδαχθείσες ενότητες.*****

Τομέας	Τιμές στατιστικού χ^2	
	Προ PARSEL	Μετά PARSEL
Γνωστικός τομέας	127,13	884,67
Συναισθ/κός τομέας	47,33	519,68
Χρηστικότητα	125,52	542,5
Διδακτική μέθοδος	14,72	361,16
Γενικό σύνολο	255,56	2180,70

*****Κρίσιμες τιμές χ^2 (β.ε. = 2): 5,99 (p = 0,05) και 9,21 (p = 0,01).

Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων πριν από και μετά από την εφαρμογή των τριών ενοτήτων του PARSEL, προκύπτουν οι απαντήσεις στα δύο ερευνητικά ερωτήματα («Ποια η ανταπόκριση των μαθητών σε ενότητες του PARSEL;» και 2) «Πώς συγκρίνεται η διδακτική μεθοδολογία του PARSEL με την παραδοσιακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών;») Η υπεροχή του PARSEL έναντι των παραδοσιακών διδακτικών προσεγγίσεων του ελληνικού σχολείου είναι σαφής και μάλιστα σε όλους τους τομείς, τον γνωστικό, τον συναισθηματικό, τη χρηστικότητα και τη διδακτική μέθοδο.

Η απάντηση στο πρώτο ερώτημα είναι ότι η ανταπόκριση των μαθητών ήταν προφανώς θετική, όπως προκύπτει έμμεσα από την απάντηση στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα. Εξάλλου, η εμπειρία από τις εφαρμογές έδειξε ότι με το PARSEL οι μαθητές αυτενεργούν κι έτσι νοιώθουν ικανοποίηση από την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους και των αναζητήσεών τους. Αυξάνεται η παρατηρητικότητά τους και λύνονται πολλά προβλήματα, σταματάνε να θεωρούν δεδομένα κάποια στοιχεία, και μέσα από την έρευνα βλέπουν τον συνδυασμό επιστήμης και τεχνολογίας. Με τον τρόπο αυτό, αλλάζουν οι ρόλοι στο σχολείο, οι μαθητές γίνονται οι *πρωταγωνιστές* και οι εκπαιδευτικοί οι *σύμβουλοι*, οι *παρατηρητές*, οι *συντονιστές*, οι *καθοδηγητές* των μαθητών. Τελικά είναι μια διαδικασία από την οποία βγαίνουν όλοι ωφελημένοι, άμεσα οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί, έμμεσα όλη η κοινωνία.

Πιστεύουμε ότι, τουλάχιστον για τα ελληνικά δεδομένα, το πρόγραμμα είναι πρωτοποριακό και ότι *προσφέρεται ιδιαίτερα για την εφαρμογή των διερευνητικών εργασιών τύπου πρότζεκτ που έχουν πρόσφατα εισαχθεί στο λύκειο.* Να σημειωθεί ότι θετικά ευρήματα από εφαρμογές του PARSEL στη Γερμανία, την Εσθονία, το Ισραήλ και την Πορτογαλία έχουν δημοσιευθεί στο

τεύχος 3, Τόμος 19, 2008, του περιοδικού Science Education International. Τα συμπεράσματα των παραπάνω και της παρούσας εργασίας βρίσκονται σε συμφωνία με πλειάδα διεθνών μελετών για τη δημοφιλία και την αποτελεσματικότητα εκπαιδευτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών που βασίζονται στη σύνδεση των μαθημάτων με τη ζωή, τις εφαρμογές και την κοινωνία [βλ. π.χ. το τεύχος 9, Τόμος 28, του 2006, του περιοδικού International Journal of Science Education, που είναι αφιερωμένο σε χημική εκπαίδευση βασιζόμενη στο συγκείμενο (context)].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ***Ερωτηματολόγιο σημαντικής διαφοροποίησης (γνώμες των μαθητών) σε σχέση με τη μάθηση των φυσικών επιστημών πριν από και μετά από τη διδασκαλία του module του PARSEL***

Δόθηκε στους μαθητές πίνακας που περιλαμβάνει 20 προτάσεις που ζητούν τη γνώμη του μαθητή σε σχέση με τον τρόπο που διδάχθηκε το συγκεκριμένο μάθημα. Ο μαθητής καλείται να επιλέξει την απάντηση που αντιστοιχεί στη γνώμη του, τοποθετώντας ένα **X** στη σχετική στήλη, ως εξής: 1: πολύ σημαντική, 2, 3: σημαντική, 4: ΟΧΙ πολύ σημαντική, 5: ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΚΑΘΟΛΟΥ σημαντική.

Οι 20 δηλώσεις: Ο τρόπος που διδάσκομαι ή διδάχθηκα το συγκεκριμένο μάθημα είναι:
1. Σημαντικός για μένα. 2. Μπερδεμένος. 3. Απολαυστικός. 4. Δείχνει σε μένα τη σημασία των φυσικών επιστημών στη λήψη αποφάσεων. 5. ΟΧΙ ενδιαφέρων. 6. Εύκολος να καταλάβω. 7. Μου δίνει ευκαιρίες να συμμετάσχω σε δραστηριότητες. 8. Κάνω πειράματα ακολουθώντας λεπτομερείς οδηγίες. 9. Με ενθαρρύνει να ανταλλάξω ιδέες με τους συμμαθητές μου ή την οικογένειά μου. 10. Βελτιώνει το ενδιαφέρον μου για τις φυσικές επιστήμες. 11. Με ενθαρρύνει να υποβάλλω ερωτήσεις. 12. ΔΕΝ με βοηθάει να αποφασίζω για την αξιοπιστία των επιστημονικών ειδήσεων που παρουσιάζονται στα μέσα ενημέρωσης. 13. Χρήσιμος για τη μάθησή μου. 14. Μέσω θεμάτων που ήταν σχετικά με τη ζωή μου. 15. Ελέγχεται αποκλειστικά από τον καθηγητή. 16. Αποτελείται από ποικίλες δραστηριότητες. 17. Με προετοιμάζει για τη μελλοντική ζωή μου. 18. Μαθαίνω. 19. Με βοηθάει ως μελλοντικό πολίτη. 20. ΔΕΝ μου δίνει ευκαιρίες να πάρω απαντήσεις στις ερωτήσεις.

Βιβλιογραφία

Αναγνωστοπούλου Κ. & Λάκκα Κ., (2009). Επιστημονικός αλφαβητισμός (http://ekfe.kar.sch.gr/sxol_symboylos/4_ss/2.pdf), Ε.Κ.Φ.Ε. Καρδίτσας.

Βρύζας Κ. (2002). Επιστήμη και κουλτούρα: σύγκρουση ή συμφιλίωση; 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών «Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας» Αθήνα, 18-21 Απριλίου.

Νάκου Ε. & Τσαπαρλής Γ. (2011). Αποτελεσματικά και δημοφιλή μαθήματα και επιστημονικός αλφαβητισμός: Η περίπτωση διδακτικών παρεμβάσεων του προγράμματος PARSEL σε θέματα Τεχνολογίας, Περιβάλλοντος και Κοινωνίας (STES). Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "*Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*", σσ. 604-612. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρούπολη.
http://www.7sefepet.gr/images/stories/pdf/7sefepet-praktika.pdf

Σιάχος, Χ. & Σπηλιωτοπούλου, Β. (2002). Διερεύνηση όψεων του επιστημονικού αλφαβητισμού: η περίπτωση της νανοτεχνολογίας. Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σσ. 337-344. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Τζιανουδάκης Λ., Επιστημονικός αλφαβητισμός με εναλλακτικές μεθόδους (http://ekfe.reth.sch.gr/index.php?option=content&task=view&id=327)
Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου.

Τσαπαρλής Γ. και Ομάδα PARSEL (2008). Δημοφιλή και σχετικά με τη ζωή μαθήματα φυσικών επιστημών και επιστημονικός αλφαβητισμός: Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα PARSEL και η ελληνική συμμετοχή σε αυτό. Πρακτικά, 4ο Συνέδριο ΕΔΙΦΕ, σσ. 74-81. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη [http://www.eled.auth.gr/edife2008/praktika_EDIFE2008.pdf]

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD-PISA) (2005). Programme for International Student Assessment of scientific literacy in the OECD/Pisa project. http://www.pisa.oecd.org/

Shwartz Y., Ben-Zvi P., & Hofstein A. (2005). The importance of involving high-school chemistry teachers in the process of defining the operational meaning of 'chemical literacy'. International Journal of Science Education, 27, 323-344.

Shwartz Y., Ben-Zvi P., & Hofstein A. (2006). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students. Chemistry Education Research and Practice, 7, 203-225 [http://www.rsc.org/cerp]

Διερεύνηση Οπτικοχωρικής Ικανότητας Φοιτητών Χημείας. Εργαλεία Εκτίμησης Δεξιοτήτων Νοητικής Οπτικοποίησης και Χειρισμού της Τρισδιάστατης Μοριακής Δομής

Λεμονιά Αντώνογλου, Κωστελίδου Θεοδώρα, Νικόλαος Χαριστός, Μιχάλης Σιγάλας
Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54 124 Θεσσαλονίκη,
lantonog@chem.auth.gr, kostelidou@gmail.com, nicharis@chem.auth.gr, sigalas@chem.auth.gr

Περίληψη

Στη Χημική εκπαίδευση η αντίληψη, η κατανόηση και ο χειρισμός μοριακών αναπαραστάσεων αποτελούν απαραίτητες γνωστικές διεργασίες. Πολλές έρευνες έχουν δείξει μία θετική συσχέτιση μεταξύ της χωρικής ικανότητας των διδασκόμενων και των επιδόσεων τους στη Χημεία. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση της γενικής οπτικοχωρικής ικανότητας φοιτητών Χημείας και η διερεύνηση της δεξιότητάς τους να οπτικοποιούν και να χειρίζονται νοητικά (περιστροφή και κατοπτρισμός) μοριακές δομές μέσα από την παρατήρηση δισδιάστατων συμβολικών αναπαραστάσεων τους. Η εκτίμηση της οπτικοχωρικής ικανότητας βασίστηκε στο τεστ νοητικής περιστροφής αντικειμένων (PSVT:R test) του πανεπιστημίου Purdue. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται η ηλεκτρονική έκδοση του PSVT:R καθώς και δύο ηλεκτρονικά τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών και κατοπτρισμών 2D μοριακών συμβολισμών. Οι εφαρμογές αυτές σχεδιαστήκαν, αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν πιλοτικά σε 37 πρωτοετείς του Τμήματος Χημείας, ΑΠΘ. Τα ευρήματα της πιλοτικής έρευνας προέκυψαν από την ανάλυση επιδόσεων, λανθασμένων απαντήσεων και μετρούμενων χρόνων απόκρισης των συμμετεχόντων φοιτητών στα τρία τεστ οπτικοποίησης.

Abstract

Understanding and achievement in chemistry are closely related to molecular visualization ability and particularly the perception of spatial relations in molecular representations. Many studies have shown a positive correlation between spatial ability and chemistry learning. The aim of this study is the examination of chemistry students' general visuospatial skill as well as the exploration of their ability to visualize and mentally manipulate (rotation and reflection) of molecular structures by the observation of two-dimensional representations. The examination of students' visuospatial skills was based on the Purdue Spatial Visualization Test: Rotation (PSVT:R test). In this work we describe the design, development, and implementation to 37 first-year undergraduates from our Chemistry Department of the computerized PSVT:R test and the two «visualization» instruments dealing with rotation and reflection of 2D molecular symbolic representations. The findings of this pilot project derived from the analysis of participants' performance, response times, and wrong answers in each test.

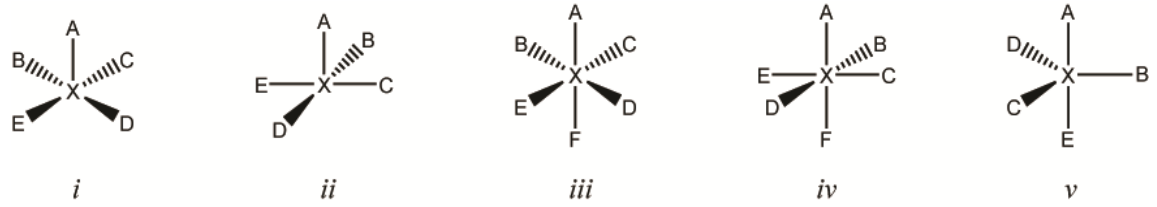
Εισαγωγή

Η οπτικοχωρική ικανότητα (*visual spatial ability*) αποτελεί βασικό παράγοντα της χωρικής ικανότητας (*spatial ability*) και περιλαμβάνει τη νοητική οπτικοποίηση, μεταφορά και χειρισμό μη λεκτικών πληροφοριών, όπως σύμβολα, εικόνες, αντικείμενα και τμήματα αυτών στο δισδιάστατο (2D) και τρισδιάστατο (3D) χώρο (Carroll, 1993).

Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι στη Χημεία υπάρχει μία σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην οπτικοχωρική ικανότητα των διδασκόμενων και στην κατανόηση των υποκείμενων εννοιών των χημικών αναπαραστάσεων (Pribyl & Bodner, 1987; Treagust, Duit & Niewswandt, 2000; Bodner & Guay, 1997; Harle & Towns, 2010).

Στη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας χρησιμοποιούνται τόσο από τους διδάσκοντες όσο και από τους διδασκόμενους μία πληθώρα από συμβολικές αναπαραστάσεις των μορίων προκειμένου να παρουσιαστούν, να περιγραφούν και να εξηγηθούν χημικές έννοιες και φαινόμενα. Οι πλέον διαδομένες και χρησιμοποιούμενες οπτικοποιήσεις της μοριακής δομής είναι οι μοριακές αναπαραστάσεις με στικτές και έντονες γραμμές (*dash and wedge representations*). Σε αυτούς τους δισδιάστατους (2D) μοριακούς συμβολισμούς *(εικόνα 1)* η

γεωμετρία μίας μοριακής δομής στο χώρο αποδίδεται ως εξής: Οι συνεχείς γραμμές παριστάνουν δεσμούς στο επίπεδο της σελίδας - οθόνης, οι έντονες γραμμές παριστάνουν δεσμούς που εκτείνονται έξω από το επίπεδο της σελίδας - οθόνης προς την πλευρά του παρατηρητή και οι στικτές γραμμές παριστάνουν δεσμούς που κατευθύνονται πίσω από το επίπεδο της σελίδας - οθόνης μακριά από τον παρατηρητή.

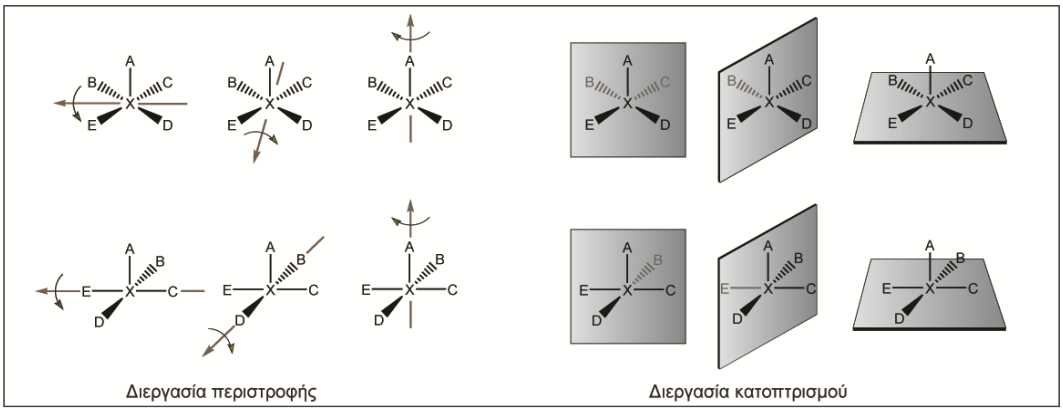


Εικόνα 1: Δισδιάστατες αναπαραστάσεις με στικτές και έντονες γραμμές (*dash-wedge*) μοριακών δομών με γεωμετρία τετραγωνικής πυραμίδας (*i*, *ii*), οκταέδρου (*iii*, *iv*) και τριγωνικής διπυραμίδας (*v*)

Πολλές έρευνες που εστιάζουν στις οπτικοχωρικές δεξιότητες των διδασκόμενων στη Χημεία καταλήγουν ότι πολλοί από αυτούς, παρόλο που οπτικοποιούν νοητικά την αναπαράσταση μίας 3D μοριακής δομής μέσα από την παρατήρηση ενός μοριακού συμβολισμού 2D, δυσκολεύονται να εφαρμόσουν σε μία μοριακή δομή μία νοητική διεργασία όπως περιστροφή γύρω από άξονα ή κατοπτρισμό σε επίπεδο (Tuckey, Selvaratnam & Bradley, 1991, Wu, Krajcik, & Soloway, 2001; Shubbar, 1990; Seddon & Eniaiyeju; 1986).

Για την εκτίμηση της γενικής οπτικοχωρικής ικανότητας των διδασκόμενων έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία όπως το τεστ Purdue οπτικοποίησης νοητικής περιστροφής αντικειμένων (PSVT:R) (Bodner & Guay, 1997), το οποίο χρησιμοποιείται για πάνω από τρεις δεκαετίες σε μελέτες που διερευνούν την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στη χωρική ικανότητα των φοιτητών και τις επιδόσεις τους στις επιστήμες όπως τη Χημεία, τη Βιολογία, τα Μαθηματικά (STEM), τις Επιστήμες μηχανικών και τεχνολογίας (Sorby, 2001; Bodner & Guay, 1997). Λαμβάνοντας υπόψη ότι για την κατανόηση χημικών εννοιών απαιτείται ο νοητικός χειρισμός χημικών αναπαραστάσεων και ότι το τεστ PSVT:R μετρά τη γενική ικανότητα των φοιτητών να πραγματοποιούν νοητικές περιστροφές σε αντικείμενα, θέσαμε ως στόχο της παρούσας εργασίας την ανάπτυξη εργαλείων τα οποία μπορούν να εκτιμούν την οπτικοχωρική ικανότητα των φοιτητών στο χειρισμό χημικών αναπαραστάσεων.

Στο Τμήμα Χημείας του Α.Π.Θ. προχωρήσαμε στο σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή μιας διαδραστικής, ηλεκτρονικής μορφής του τεστ PSVT:R των Bodner και Guay (1977), καθώς και δύο νέων τεστ, του «Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων» και του «Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Κατοπτρισμών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων» με στόχο να εκτιμηθούν η χωρική δεξιότητα των φοιτητών Χημείας, και η ικανότητά τους να εκτελούν νοητικά διεργασίες σε μοριακές δομές με χαρακτηριστικές γεωμετρίες (*εικόνα 2*).

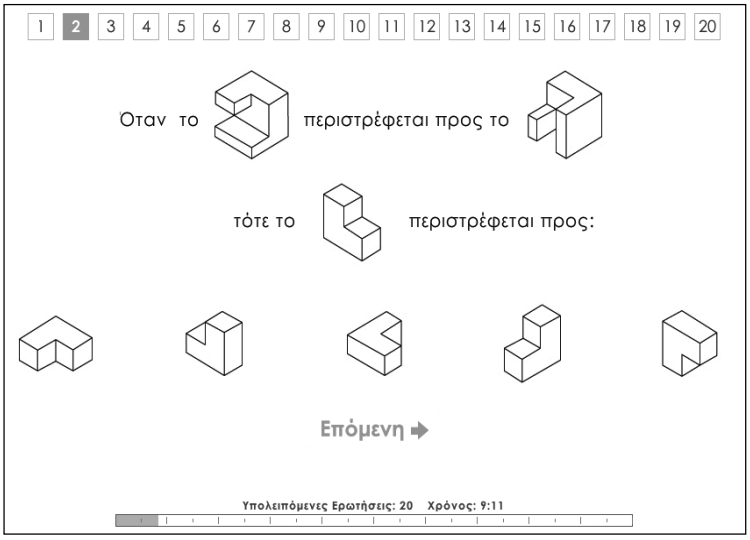


Εικόνα 2: Διεργασίες περιστροφής και κατοπτρισμού σε μοριακή δομή με γεωμετρία τετραγωνικής πυραμίδας από δύο διαφορετικές προοπτικές

Μέθοδος και εργαλεία της έρευνας

Τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών, PSVT:R

Στα πλαίσια της διερεύνησης της οπτικοχωρικής ικανότητας φοιτητών Χημείας, η ερευνητική μας ομάδα μετέφερε το πρωτότυπο τεστ οπτικοποίησης νοητικής περιστροφής, PSVT:R των Bodner & Guay, (1997) σε ηλεκτρονική μορφή. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε έχει στοιχεία διάδρασης τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με τις 20 ερωτήσεις του τεστ με τρόπο ανάλογο της συμβατικής συμπλήρωσης του έντυπου τεστ. Έτσι, στη διαδραστική εφαρμογή του PSVT:R τεστ οι 20 ερωτήσεις εμφανίζονται πάντα με την ίδια σειρά και οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να μελετήσουν και να απαντήσουν κάθε ερώτηση ή να την προσπεράσουν χωρίς να απαντήσουν και να επανέλθουν αργότερα. Όπως και στο πρωτότυπο τεστ ο διαθέσιμος χρόνος συμπλήρωσης έχει οριστεί στα 10 λεπτά και οι συμμετέχοντες δεν έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν ή να διορθώσουν τις απαντήσεις τους.



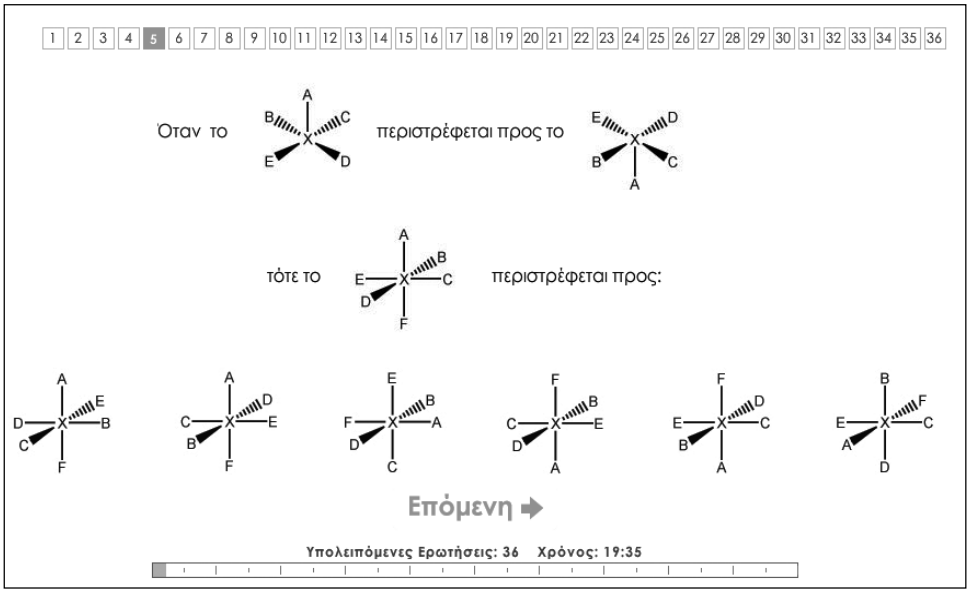
Εικόνα 3: Χαρακτηριστικό ερώτημα (item) της ηλεκτρονικής έκδοσης του τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών τρισδιάστατων αντικειμένων (PSVT:R test) του Πανεπιστημίου Purdue

Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται η δεύτερη ερώτηση του τεστ PSVT:R όπως εμφανίζεται στην ηλεκτρονική έκδοση του. Σε κάθε ερώτημα του τεστ τα ζητούμενα είναι: αρχικά οι φοιτητές να διακρίνουν πώς έχει περιστραφεί το αντικείμενο στην πρώτη σειρά, στη συνέχεια να εφαρμόσουν την ίδια περιστροφή στο αντικείμενο στη μεσαία σειρά και τέλος να επιλέξουν

ανάμεσα στα πέντε γραφικά που δίνονται στην τρίτη σειρά εκείνο που ταυτίζεται με το αποτέλεσμα της διεργασίας περιστροφής του εξεταζόμενου αντικείμενου.

Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων

Το τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών 2D συμβολικών μοριακών αναπαραστάσεων στοχεύει στη διερεύνηση της ικανότητας φοιτητών να εφαρμόζουν διεργασίες περιστροφής σε μοριακές δομές με ορισμένη γεωμετρία και διάταξη στο χώρο μέσα από την παρατήρηση των 2D συμβολικών αναπαραστάσεων στικτών και έντονων γραμμών (*dash – wedge*) (*εικόνα 2*). Το τεστ αποτελείται από 36 ερωτήσεις (*items*) στις οποίες εξετάζονται διεργασίες περιστροφής γύρω από τους τρεις καρτεσιανούς άξονες x ή y ή z κατά γωνία 90° ή 180° (*εικόνα 2*). Ο χρόνος συμπλήρωσης του τεστ έχει οριστεί στα 20 λεπτά. Οι μοριακές γεωμετρίες που εμφανίζονται στο τεστ είναι η τετραγωνική πυραμίδα, το οκτάεδρο και η τριγωνική διπυραμίδα (*εικόνα 1*). Όλες οι μοριακές διαμορφώσεις που παρουσιάζονται ως εξεταζόμενα οπτικά ερεθίσματα αλλά και ως εναλλακτικές απαντήσεις μέσα στις ερωτήσεις του τεστ είναι αποδεκτές και προτείνονται από την IUPAC.



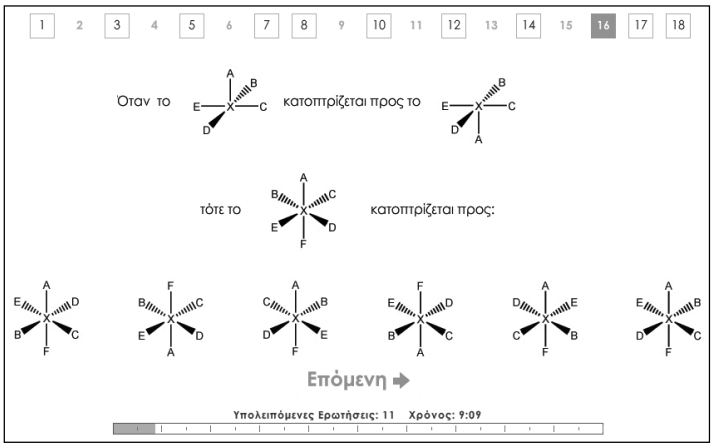
Εικόνα 4: Χαρακτηριστικό ερώτημα (item) του Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων

Η πέμπτη ερώτηση μέσα από τις 36 του τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών 2D συμβολικών μοριακών αναπαραστάσεων, παρουσιάζεται στην *εικόνα 4*. Όπως και στο τεστ PSVT:R στην πρώτη σειρά κάθε ερώτησης εξετάζεται η δεξιότητα των φοιτητών να αναγνωρίζουν τη διεργασία που εκτελείται σε μία δοσμένη 2D μοριακή γεωμετρία μέσα από την παρατήρηση του αποτελέσματος της. Στη συνέχεια εξετάζεται η δεξιότητα των φοιτητών να εφαρμόζουν νοητικά την αυτήν διεργασία σε μία δεύτερη δοσμένη αναπαράσταση μίας 2D μοριακής δομής με διαφορετική γεωμετρία. Τέλος στην τρίτη σειρά του ερωτήματος δίνονται έξι διαφορετικοί προσανατολισμοί της δεύτερης δοσμένης μοριακής γεωμετρίας. Οι συμμετέχοντες θα πρέπει να επιλέξουν ανάμεσα στις έξι επιλογές εκείνη η οποία ταυτίζεται με το αποτέλεσμα της διεργασίας που εκτέλεσαν προηγουμένως.

Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Κατοπτρισμών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων

Κατά ανάλογο τρόπο έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί το τεστ οπτικοποίησης νοητικών κατοπτρισμών 2D συμβολικών μοριακών αναπαραστάσεων. Το τεστ αυτό αποτελείται από 18 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής στις οποίες εξετάζονται διεργασίες κατοπτρισμού 2D μοριακών αναπαραστάσεων στικτών και έντονων γραμμών (*dash – wedge*) ως προς επίπεδα που

σχηματίζουν ανά δύο οι καρτεσιανοί άξονες x, y και z (*εικόνα 2*). Ο διαθέσιμος χρόνος συμπλήρωσης του τεστ έχει οριστεί στα 10 λεπτά.



Εικόνα 5: Χαρακτηριστικό ερώτημα (item) του Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Κατοπτρισμών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων

Στο τεστ οπτικοποίησης νοητικών κατοπτρισμών 2D συμβολικών μοριακών αναπαραστάσεων όπως και στα δύο προηγούμενα τεστ οπτικοποίησης που περιγράφτηκαν παραπάνω, η σειρά με την οποία εμφανίζονται οι ερωτήσεις στους φοιτητές είναι πάντα ίδια ενώ οι έξι δοσμένες επιλογές μέσα σε κάθε ερώτημα εμφανίζονται σε κάθε νέα απόπειρα συμπλήρωσης του τεστ με διαφορετική σειρά. Επιπλέον οι συμμετέχοντες έχουν τη δυνατότητα της επισκόπησης μίας ερώτησης του τεστ και το πέρασμα στην επόμενη, δεν έχουν όμως τη δυνατότητα πολλαπλών προσπαθειών και της διόρθωσης μίας δοσμένης απάντησής τους.

Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αυτής αποτέλεσαν 37 πρωτοετείς προπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες του Τμήματος Χημείας, 29 γυναίκες και 8 άνδρες, της ακαδημαϊκής χρονιάς 2010/11. Τα τρία τεστ δόθηκαν αρχικά σε 24 πρωτοετείς φοιτητές, ομάδα I και στη συνέχεια σε μία δεύτερη συνάντηση σε άλλους 13 πρωτοετείς φοιτητές, ομάδα II (*πίνακας 1*).

Στην ομάδα I πριν από κάθε τεστ, δινόταν προφορικά η οδηγία ότι είχαν στη διάθεσή τους ορισμένο χρόνο για τη συμπλήρωσή του (π.χ. 10 λεπτά για το PSVT:R). Στις εφαρμογές που δόθηκαν στην ομάδα I, υπήρχε χρονομέτρηση στα τεστ, ωστόσο ο χρήστης μπορούσε να συνεχίσει την προσπάθεια του πέραν του καθορισμένου χρόνου. Από την άλλη στους συμμετέχοντες της ομάδας II εφαρμόστηκαν αυστηρά οι χρονικοί περιορισμοί για τη συμπλήρωση των τριών τεστ οπτικοποίησης, καθώς μέσα στις διαδραστικές εφαρμογές στις οποίες πραγματοποιούνται τα τεστ ενσωματώθηκαν επιπλέον λειτουργίες όπως η αντίστροφη μέτρηση και η διακοπή της προσπάθειας του χρήστη μετά την ολοκλήρωση του διαθέσιμου χρόνου. Η συμμετοχή των φοιτητών στην έρευνα ήταν προαιρετική και από την αρχή έγινε σαφές ότι οι επιδόσεις τους στα τεστ δε θα είχαν καμιά επίπτωση στην αξιολόγηση τους σε κανένα από τα μαθήματα του προγράμματος σπουδών τους.

Οι εφαρμογές των τεστ οπτικοποίησης διέθεταν σύστημα καταγραφής των προσπαθειών των χρηστών. Συγκεκριμένα για κάθε προσπάθεια συμπλήρωσης του τεστ προέκυπτε μία αναφορά (log file) με τις επιλογές του χρήστη, την ορθότητα των επιλογών του, της σειράς εμφάνισης των εναλλακτικών επιλογών σε κάθε ερώτηση, του χρόνου επισκόπησης (msec) κάθε ερώτησης, του χρόνου επιλογής κάθε απάντησης (msec) και του τρέχοντος χρόνου επιλογής κάθε απάντησης μέσα στη διάρκεια της προσπάθειας συμπλήρωσης του τεστ.

Τέλος να σημειωθεί ότι οι φοιτητές μετά τη συμπλήρωση του κάθε τεστ είχαν στη διάθεση τους τα αποτελέσματα της προσπάθειας τους, το σκορ και το συνολικό χρόνο συμπλήρωσης

του τεστ καθώς και μία λεπτομερή ανατροφοδότηση των απαντήσεών τους σε κάθε ερώτημα ξεχωριστά.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από τον *πίνακα 1* φαίνεται ότι πάνω από τους μισούς πρωτοετείς φοιτητές από το σύνολο των συμμετεχόντων στην έρευνα κατάφεραν να ολοκληρώσουν το τεστ PSVT:R με επιτυχία, δηλαδή να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις του τεστ. Επιπλέον το ποσοστό επιτυχίας αυτών των φοιτητών είναι περίπου 57%, δηλαδή κατά μέσο όρο απάντησαν σωστά σε περίπου 11 από τις 20 ερωτήσεις του τεστ PSVT:R.

Από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι οι επιδόσεις των φοιτητών (ποσοστό επιτυχίας) στο τεστ που εξετάζει νοητικές περιστροφές 2D μοριακών συμβολισμών είναι κατά πολύ καλύτερες από ότι στο PSVT:R στο οποίο εξετάζονται διεργασίες νοητικής περιστροφής αντικειμένων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι σε όλους τους φοιτητές πρώτα δόθηκε να συμπληρώσουν το τεστ PSVT:R, στη συνέχεια το τεστ οπτικοποίησης νοητικών περιστροφών 2D μοριακών συμβολισμών και τέλος το τεστ οπτικοποίησης νοητικών κατοπτρισμών.

Από το μέσο χρόνο συμπλήρωσης του Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων προκύπτει ότι στην ομάδα Ι, στην οποία δόθηκε προφορικά η οδηγία συμπλήρωσης του τεστ εντός 20 λεπτών, χωρίς όμως να επιβάλλεται, η πλειονότητα των φοιτητών ξεπέρασε τα 20 λεπτά (μέσος χρόνος περίπου 24 λεπτά). Από την άλλη στην ομάδα ΙΙ ο χρόνος συμπλήρωσης του τεστ ήταν επιβεβλημένος μέσα από την ίδια την εφαρμογή του τεστ. Η εφαρμογή διέκοπτε την προσπάθεια του φοιτητή μετά τη ολοκλήρωση του διαθέσιμου χρόνου. Αναγνωρίζοντας ότι το μικρό δείγμα αυτής της πιλοτικής έρευνας δεν επιτρέπει την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων φαίνεται ότι οι φοιτητές της ομάδας ΙΙ ολοκλήρωσαν τις 36 ερωτήσεις του τεστ γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ευστοχία από τους φοιτητές της ομάδας Ι.

Επιπλέον, από τον *πίνακα 1* φαίνεται ότι στο Τεστ Οπτικοποίησης Νοητικών Κατοπτρισμών 2D Συμβολικών Μοριακών Αναπαραστάσεων το ποσοστό επιτυχίας των φοιτητών κατά μέσο όρο ήταν μεγαλύτερο από 67% και μάλιστα η ομάδα ΙΙ η οποία έπρεπε αυστηρώς να ολοκληρώσει το τεστ μέσα στον ορισμένο χρόνο των 18 λεπτών είχε καλύτερες επιδόσεις από την ομάδα Ι.

Από τη σύγκριση των ομάδων Ι και ΙΙ (*πίνακας 1*) φαίνεται όπως και στο δεύτερο τεστ με τις νοητικές διεργασίες περιστροφής, ότι η προσθήκη της αντίστροφης μέτρησης μέσα στην εφαρμογή των τεστ και της αυστηρής τήρησης του περιορισμού του χρόνου οδήγησε σε καλύτερες επιδόσεις της ομάδας ΙΙ.

Πίνακας 1: Σύνοψη αποτελεσμάτων της πιλοτικής εφαρμογής των τριών τεστ οπτικοποίησης σε πρωτοετείς φοιτητές Χημείας

	Πλήθος συμ/ντων φοιτητών (N)	Πλήθος ολοκλ/νων τεστ (n)	Μέσο συνολικό σκορ (% επιτυχία)	S.D.	Μέσος χρόνος συμπλήρωσης τεστ (min)	S.D. (min)
Purdue τεστ οπτικοποίησης νοητικής περιστροφής (PSVT:R) (Ερωτήσεις: 20, Χρόνος: 10λεπτά)						
Ομάδα Ι	24	13	11.3 (56.6)	2.6	9.4	1.0
Ομάδα ΙΙ*	13	8	11.4 (56.9)	4.4	9.9	0.1
Τεστ νοητικών περιστροφών 2D μοριακών συμβολισμών (Ερωτήσεις: 36, Χρόνος: 20λεπτά)						
Ομάδα Ι	24	24	28.8 (80.1)	4.7	23.2	4.2
Ομάδα ΙΙ*	13	9	31.4 (87.3)	4.2	17.7	1.7
Τεστ νοητικών κατοπτρισμών 2D μοριακών συμβολισμών (Ερωτήσεις: 18, Χρόνος: 10λεπτά)						
Ομάδα Ι	24	24	12.1 (67.1)	3.3	12.5	2.7
Ομάδα ΙΙ*	13	13	14.2 (78.6)	2.6	8.0	1.6

** Αυστηρή επιβολή του διαθέσιμου χρόνου συμπλήρωσης των τεστ*

Από περαιτέρω ανάλυση των μετρούμενων χρόνων απόκρισης, των λανθασμένων επιλογών των φοιτητών σε κάθε μία από τις ερωτήσεις μέσα σε κάθε τεστ προκύπτουν ευρήματα αναφορικά με την επίδραση του σχήματος ή της γεωμετρίας του οπτικού ερεθίσματος, του είδους της εφαρμοζόμενης διεργασίας (π.χ. περιστροφή 90° ή 180°, διαδοχικές διεργασίες περιστροφής, κατοπτρισμός), του επιλεγμένου στοιχείου ή της γεωμετρικής οντότητας γύρω από την οποία πραγματοποιείται μία διεργασία (π.χ. κατακόρυφα ή οριζόντια επίπεδα, κάθετοι ή οριζόντιοι άξονες) στην οπτικοχωρική ικανότητα των φοιτητών. Ωστόσο στην παρούσα φάση, της πιλοτικής εφαρμογής της έρευνας, το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό και δεν επιτρέπει την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Συμπεράσματα

Από την πιλοτική εφαρμογή της έρευνας αυτής δε μπορούν να εξαχθούν γενικευμένα συμπεράσματα για το επίπεδο των οπτικοχωρικών ικανοτήτων των πρωτοετών φοιτητών Χημείας δεδομένου ότι για να γίνει αυτό θα πρέπει και τα τρία ηλεκτρονικά τεστ που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν να ελεγχθούν για την αξιοπιστία και την εγκυρότητα τους. Αυτοί οι έλεγχοι αποτελούν το επόμενο στάδιο της έρευνα μας και βρίσκονται σε εξέλιξη.

Ωστόσο από την πιλοτική εφαρμογή των τριών τεστ φαίνεται ότι η επιβολή χρονικού περιορισμού για τη συμπλήρωση του κάθε τεστ οδηγεί σε καλύτερες επιδόσεις. Επιπλέον το γεγονός ότι οι φοιτητές πέτυχαν πολύ καλές επιδόσεις στο τεστ νοητικών περιστροφών 2D μοριακών συμβολικών αναπαραστάσεων μετά τη συμπλήρωση του PSVT:R μοιάζει σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία να ήταν αναμενόμενο (Sorby, 2009; Harle & Towns, 2010). Το τεστ PSVT:R φαίνεται να λειτούργησε ως εξάσκηση της οπτικοχωρικής ικανότητας των φοιτητών, την οποία εφάρμοσαν στη συνέχεια για την πραγματοποίηση νοητικών περιστροφών των μοριακών δομών.

Η έρευνα αυτή πιστεύουμε ότι θα συμβάλει στην ανάπτυξη χρήσιμων εργαλείων για τη εκτίμηση της οπτικοχωρικής ικανότητας φοιτητών Χημείας. Θεωρούμε ότι η χρήση τέτοιων εργαλείων στη Χημική Εκπαίδευση θα βοηθήσει α) τους διδάσκοντες να σχεδιάσουν διδακτικές παρεμβάσεις για την ανάπτυξη ή τη βελτίωση της οπτικοχωρικής ικανότητας των μαθητευόμενων τους και β) τους διδασκόμενους να ανακαλύψουν αδυναμίες τους και να βοηθήσουν τον εαυτό τους να βελτιώσει τις δεξιότητες τους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations Test. The Chemical Educator, 2(4), 1-18.

Pribyl, J. R., & Bodner, G. M. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses, Journal of Research in Science Teaching, 24, 229-240.

Carroll, J. B. (1993). Human cognitive abilities: A survey of factor-analytical studies. New York : Cambridge University Press.

Harle, M., & Towns, M. (2010). A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. Journal of Chemical Education, 88 (3), 351–360

Seddon, G. M., & Eniaiyeju, P.A. (1986). The understanding of pictorial depth cues, and the ability to visualize the rotation of three-dimensional structures in diagrams. Research in Science and Technological Education, 4(1), 29 ± 37.

Shubbar, K. E. (1990). Learning the visualization of rotations in diagrams of three dimensional structures. Research in Science and Technological Education, 8(2), 145 ± 154.

Sorby, S. A. (2001). A course in spatial visualization and its impact on the retention of female engineering students. Journal of Women and Minorities in Science and Engineering, 7, 153-172.

Treagust, D., Duit R., & Nieswandt M. (2000). Sources of students' difficulties in learning chemistry.Educación Química, 11:228–235.

Tuckey, H., Selvaratnam, M. , Bradley, J. (1991). Identification and rectification of student difficulties concerning three - dimensional structures, rotation, and reflection. Journal of Chemical Education, 68(6), 460-464.

Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting conceptual understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. Journal of Research in Science Teaching, 38(7), 821 - 842.

Εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL στη διδασκαλία της οργανικής χημείας στο λύκειο

Θοδωρής Βαχλιώτης, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., teovaxla@yahoo.gr
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Το διδακτικό μοντέλο «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση (SATL)» είναι μία διδακτικο-μαθησιακή προσέγγιση που βασίζεται στην ανάπτυξη και χρησιμοποίηση τεχνικών κυκλικής χαρτογράφησης των εννοιών, τόσο σε επίπεδο διδασκαλίας όσο και σε επίπεδο αξιολόγησης. Η εφαρμογή της μεθόδου SATL αποσκοπεί στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συστημικής σκέψης των μαθητών, οι οποίες πιστεύεται ότι σχετίζονται με την ενίσχυση της κατανόησή τους για τις σχετικές επιστημονικές έννοιες. Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση της εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης SATL στην κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας από μαθητές της Β΄ λυκείου. Για το σκοπό αυτό, έγινε σύγκριση μιας πειραματικής ομάδας, η οποία διδάχθηκε με την προσέγγιση SATL, με μια ομάδα ελέγχου, η οποία διδάχθηκε με παραδοσιακό τρόπο, όσον αφορά στην κατανόηση από τους μαθητές θεμάτων οργανικής χημείας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατανόηση των μαθητών της πειραματικής ομάδας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Abstract

The "Systemic Approach to Teaching and Learning (SATL)" model is a teaching-learning approach, which is based on the development and use of cyclic concept mapping techniques, for both, teaching and assessment purposes. The implementation of SATL method focus on the development of students' systems thinking skills, which are believed to enhance their understanding of relative science concepts. The aim of this study was to investigate the effect from the implementation of the SATL teaching approach on 11th grade students' meaningful understanding of organic chemistry concepts. For this purpose, an experimental group, which was taught by the SATL approach, was compared with a control group, which was taught by a traditional approach, regarding students' understanding of organic chemistry topics. The results indicated that students' understanding in the experimental group was significantly greater compared to that of students in the control group.

Εισαγωγή

Η *συστημική προσέγγιση στη διδασκαλία και εκμάθηση (Systemic Approach to Teaching and Learning: SATL)* είναι ένα διδακτικό μοντέλο το οποίο έχει αναπτυχθεί την τελευταία δεκαπενταετία (Fahmy & Lagowski 1999, 2003). Το μοντέλο SATL μπορεί να θεωρηθεί ως μια υβριδική διδακτικο-μαθησιακή προσέγγιση, η οποία συνδυάζει και χρησιμοποιεί ιδέες και στοιχεία της *συστημικής (systemics)* και του *εποικοδομισμού (constructivism)* προσαρμοσμένα σε διαδικασίες *χαρτογράφησης εννοιών (concept mapping)*. Ως πρωταρχικός στόχος του συγκεκριμένου μοντέλου αναγνωρίζεται η επίτευξη της *σε βάθος μάθησης ή μάθησης με κατανόηση (deap* or *meaningful learning)*[15] από τους μαθητές και υποστηρίζεται ότι ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την ανάπτυξη της *συστημικής σκέψης (systems thinking)*, στο πλαίσιο εποικοδομητικών εκπαιδευτικών διαδικασιών και κατάλληλων, συστημικά προσανατολισμένων, μαθησιακών δραστηριοτήτων.

Η μάθηση με κατανόηση αποτελεί την κεντρική ιδέα στη θεωρία μάθησης του Ausubel (1963, 1968). Είναι μια εποικοδομητική διαδικασία στην οποία ο μαθητής επιδιώκει να δημιουργήσει

[15] Ο όρος "meaningful learning" αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία και ως «νοηματική μάθηση».

συνδέσεις ανάμεσα σε αντιλήψεις, πληροφορίες και παρατηρήσεις της επιστήμης προκειμένου να επιτύχει την κατανόηση. Από την άλλη πλευρά, η *επιφανειακή ή μηχανική μάθηση (rote learning)* χαρακτηρίζεται από μια τάση μηχανικής αναπαραγωγής της ύλης που μελετάται. Η χαρτογράφηση εννοιών είναι μια τεχνική η οποία αναπτύχθηκε με βάση τη θεωρία του Ausubel για τη μάθηση με κατανόηση. Οι *χάρτες εννοιών (concept maps)* είναι ένα χρήσιμο εργαλείο αναπαράστασης της γνώσης, κυρίως όσον αφορά στην αναπαράσταση των σχέσεων μεταξύ των εννοιών. Τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών έδειξαν ότι η χαρτογράφηση εννοιών έχει γενικά θετικές επιδράσεις στις επιδόσεις των μαθητών (Nesbit & Adesope 2006).

Ο όρος «συστημική» αναφέρεται σε μια ποικιλία συστημικών προσεγγίσεων. Οι περισσότερες από αυτές τις προσεγγίσεις προσφέρουν μια θεωρία, μια μεθοδολογία, αλλά και ένα συγκεκριμένο τρόπο σκέψης, τη συστημική σκέψη. Υπάρχει γενικά διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων σχετικά με το τι συνιστά τη συστημική σκέψη. Σύμφωνα με το μοντέλο *DSRP* (*D*istinction, *S*ystem, *R*elationship, *P*erspective) (Cabrera, Colosi & Lobdell 2008), η συστημική σκέψη φαίνεται να είναι εγγενώς σχετιζόμενη με την ικανότητα ανάλυσης ενός συστήματος στα θεμελιώδη συστατικά του στοιχεία/υποσυστήματα και σύνθεσης αυτών των στοιχείων σε μία ολότητα που έχει νόημα, δηλαδή με την οργάνωση ενός συστήματος (System). Αυτές οι διαδικασίες επιτυγχάνονται εάν επαναλαμβανόμενα γίνονται διαχωρισμοί (Distinction) μεταξύ των συστατικών στοιχείων του συστήματος, υιοθετούνται πολλαπλές προοπτικές (Perspective) μέσα στο σύστημα, και αναγνωρίζονται οι σχέσεις (Relationship) ανάμεσα στα μέρη του συστήματος.

Κεντρικό ρόλο στο μοντέλο SATL έχει η χωροταξική δισδιάστατη διευθέτηση και παρουσίαση των εννοιών που μελετώνται και των μεταξύ τους σχέσεων. Η προσέγγιση SATL έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός δυναμικά εξελισσόμενου, κλειστού συστήματος εννοιών κυκλικής μορφής ("concept cluster"). Η οπτική αναπαράσταση ενός τέτοιου εννοιολογικού συστήματος ονομάζεται *Συστημικό Διάγραμμα (ΣΔ)* και αποτελεί το βασικό διδακτικό εργαλείο που προτείνεται στο πλαίσιο αυτού του μοντέλου (Fahmy & Lagowski 2003). Οι εμπνευστές του μοντέλου SATL προτείνουν ένα συγκεκριμένο τρόπο χρησιμοποίησης των συστημικών διαγραμμάτων στη διδασκαλία. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές, ξεκινώντας από ένα αρχικό διάγραμμα που τους δίνεται και περιέχει προηγούμενες γνώσεις τους, ενθαρρύνονται να αναπτύξουν με διαδοχικά βήματα και σε συνεργασία με το διδάσκοντα ένα ολοκληρωμένο συστημικό διάγραμμα για τη διδακτική ενότητα που μελετάται, μέσω της προοδευτικής-συστηματικής ενσωμάτωσης των νέων εννοιών και σχέσεων που διδάσκονται στο αναπτυσσόμενο διάγραμμα (Fahmy & Lagowski 2003). Η βασική διαφοροποίηση της μεθόδου SATL σε σχέση με μία παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση είναι, αφενός, η ενσωμάτωση στη διδασκαλία τεχνικών χαρτογράφησης των εννοιών και, αφετέρου, η αναπαράσταση και μελέτη των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων ως ένα «κλειστό» σύστημα. Ένα συστημικό διάγραμμα περιλαμβάνει ένα δίκτυο συνδέσεων μεταξύ των εννοιών που έχει κάποιο νόημα. Μία τέτοια εννοιολογική ολότητα συνίσταται από μικρότερα συσχετιζόμενα εννοιολογικά υποσυστήματα. Αυτή η συστημική προοπτική δίνει έμφαση στη διασύνδεση των εννοιών προκειμένου να οργανωθεί ένα εννοιολογικό σύστημα. Η μελέτη ενός τέτοιου «κλειστού» συστήματος προϋποθέτει την επιτέλεση διαδικασιών ανάλυσης και σύνθεσης μέσα στο οριζόμενο σύστημα, η οποία φαίνεται ότι μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη της συστημικής σκέψης και, τελικά, στην ενίσχυση της κατανόησης.

Ένας εναλλακτικός τρόπος χρησιμοποίησης των συστημικών διαγραμμάτων που προτείνουμε είναι η «από το μηδέν» ανάπτυξη ενός συστημικού διαγράμματος με βάση κάποιες ερωτήσεις που θα υποβάλλει ο διδάσκων στους μαθητές, οι οποίες θα καθοδηγούν τη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία. Οι ερωτήσεις αυτές θα πρέπει να μπορούν να απαντηθούν με βάση την κοινή λογική και ίσως, σε περιπτώσεις που αυτό είναι δυνατό, με ανάκληση και χρησιμοποίηση προϋπάρχουσας γνώσης από τους μαθητές. Μια τέτοια προσέγγιση έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν πιο ενεργά στην ανάπτυξη ενός συστημικού διαγράμματος. Επίσης, εμπεριέχει στοιχεία καθοδηγούμενης διερεύνησης, αφού οι ερωτήσεις του διδάσκοντα ουσιαστικά καθοδηγούν τους μαθητές να διερευνήσουν νέες

σχέσεις, ή την αναγκαιότητα δημιουργίας νέων σχέσεων, μεταξύ των εννοιών που μελετώνται. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάπτυξη ενός συστημικού διαγράμματος δεν αποτελεί απλά μια συμπληρωματική δραστηριότητα που διαδέχεται μια κλασική μετωπική διδασκαλία, αλλά καθίσταται ουσιαστικά η βασική διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία, αποτελώντας πλέον μια αυθύπαρκτη διδακτική προσέγγιση.[16]

Η διδακτική προσέγγιση θεωρείται ως ένας από τους βασικούς παράγοντες που έχουν επίδραση στην επίτευξη της μάθησης με κατανόηση (Ausubel 1963, 1968). Από προηγούμενη έρευνα (Vachliotis, Salta & Tzougraki 2012) προέκυψαν ενδείξεις ότι η συστημική σκέψη στο πεδίο της οργανικής χημείας σχετίζεται με την κατανόηση των σχετικών επιστημονικών εννοιών. Θεωρώντας ότι το μοντέλο SATL συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συστημικής σκέψης από τους μαθητές, θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί η επίδραση της διδακτικής προσέγγισης SATL στην κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας από τους μαθητές. Με αυτό το σκεπτικό, στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να απαντηθεί το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα:

Ποια είναι η επίδραση της εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης SATL στην κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας από μαθητές της Β΄ λυκείου;

Μεθοδολογία της έρευνας

Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με βάση έναν οιονεί πειραματικό σχεδιασμό. Συγκεκριμένα, ακολουθήθηκε μια επέκταση του *σχεδιασμού της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου με πριν και μετά μέτρηση.* Για να εξουδετερώσουμε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ομάδων, που αποτελούν σημαντικό παράγοντα κινδύνου για την εσωτερική εγκυρότητα μιας τέτοιας έρευνας, αποφασίσαμε η πειραματική ομάδα να είναι από διαφορετικό σχολείο από αυτό της ομάδας ελέγχου. Αυτό το γεγονός, σε συνδυασμό με την ένταξη της έρευνάς μας στο πλαίσιο του τυπικού προγράμματος σπουδών της χημείας του λυκείου, οδήγησε στο να διδαχθούν οι δύο ομάδες από διαφορετικούς καθηγητές. Στην προσπάθειά μας να ελέγξουμε-εξουδετερώσουμε τους κινδύνους για την εγκυρότητα της έρευνας, όπως είναι οι παράγοντες «καθηγητής», «δοκιμασίες» και «ωρίμανση των μαθητών», προσανατολιστήκαμε σε μια επέκταση του σχεδιασμού της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου, χορηγώντας στους μαθητές των δύο ομάδων δύο προ-τεστ επίδοσης πριν την εφαρμογή της μεθόδου SATL στην πειραματική ομάδα.

Ο σχεδιασμός που ακολουθήθηκε έδωσε, ως ένα βαθμό, τη δυνατότητα περιορισμού της επίδρασης του παράγοντα «δοκιμασίες», δεδομένου ότι τα τρία τεστ επίδοσης που χρησιμοποιήθηκαν (τα δύο προ-τεστ και το μετά-τεστ) είχαν διαφορετικό περιεχόμενο. Επίσης, η μορφή των ερωτήσεων του πρώτου προ-τεστ δεν ήταν ακριβώς ίδια με αυτήν των ερωτήσεων του δεύτερου προ-τεστ. Έτσι, στην παρούσα μελέτη, μία σημαντική διαφοροποίηση στις βαθμολογίες των δύο ομάδων μεταξύ των δύο προ-τεστ θα μπορούσε, με μεγάλη πιθανότητα, να οφείλεται είτε στο γεγονός ότι οι ομάδες διδάχθηκαν από διαφορετικούς καθηγητές είτε στη διαφορετική ωρίμανση των μαθητών των δύο ομάδων, καθώς και σε αλληλεπίδραση αυτών των δύο παραγόντων. Ο ερευνητικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται διαγραμματικά στο Σχήμα 1.

Τα τεστ επίδοσης στη χημεία

Τα τρία τεστ περιείχαν διάφορες ερωτήσεις κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής, συμπλήρωσης κενών, σωστού-λάθους, σύντομης απάντησης, αντιστοίχισης). Το πρώτο προ-τεστ δόθηκε στους μαθητές στην αρχή της χρονιάς με τη μορφή διαγνωστικού τεστ. Αυτό περιείχε ερωτήσεις που αξιολογούσαν έννοιες γενικής χημείας που είχαν διδαχθεί οι μαθητές στην Α΄ λυκείου, όπως η ηλεκτρονική δομή των ατόμων και ο περιοδικός πίνακας, ο αριθμός οξείδωσης, οι χημικοί τύποι και η ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων, οι χημικές αντιδράσεις, τα διαλύματα, η σχετική ατομική και μοριακή μάζα, το mol και ο γραμμομοριακός

[16] Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την προσέγγιση αυτή βλέπε Βαχλιώτης 2012.

όγκος. Το δεύτερο προ-τεστ και το μετά-τεστ αναφέρονταν σε ύλη της οργανικής χημείας και εντάχθηκαν στην τυπική αξιολόγηση των μαθητών στο πλαίσιο του μαθήματος της χημείας γενικής παιδείας της Β΄ λυκείου. Το δύο αυτά τεστ είχαν παρόμοια δομή, δηλαδή οι ερωτήσεις τους ήταν του ίδιου τύπου και τελείως ανάλογης μορφής. Η μόνη διαφορά τους ήταν στο αντικείμενο της ύλης που αξιολογούσαν, δηλαδή στο περιεχόμενό τους.

Πειραματική ομάδα: $T_1 \rightarrow \Pi \rightarrow T_2 \rightarrow S \rightarrow T_3$
Ομάδα ελέγχου: $T_1 \rightarrow \Pi \rightarrow T_2 \rightarrow \Pi \rightarrow T_3$

T_1,T_2: τα δύο προ-τεστ, T_3: το μετά-τεστ
S: διδακτική προσέγγιση SATL, Π: παραδοσιακή διδασκαλία

Σχήμα 1: Ο οιονεί πειραματικός σχεδιασμός που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Τόσο το δεύτερο προ-τεστ όσο και το μετά-τεστ περιείχαν μερικές ερωτήσεις που ζητούσαν μόνο ανάκληση γνώσης (ερωτήσεις «ανάκλησης») και μερικές ερωτήσεις υψηλότερων γνωστικών απαιτήσεων (ερωτήσεις «κατανόησης»). Οι ερωτήσεις αυτές αναπτύχθηκαν με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση ανάλογων αντικειμενικών ερωτήσεων (Vachliotis et al. 2011). Οι ερωτήσεις «κατανόησης» ζητούσαν όχι μόνο ανάκληση γνώσης αλλά και γνωστικές δεξιότητες που σχετίζονται με την κατανόηση, όπως η άντληση χημικής πληροφορίας από μία συμβολική χημική αναπαράσταση, η κατασκευή μίας συμβολικής χημικής αναπαράστασης χρησιμοποιώντας χημική πληροφορία, καθώς και η σύνδεση χημικής πληροφορίας προκειμένου να γίνει κάποια κρίση ή να αναγνωριστούν κάποιες σχέσεις ή να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά δύο ερωτήσεις «ανάκλησης» και μία ερώτηση «κατανόησης» του μετά-τεστ. Όλες οι ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών βαθμολογήθηκαν με μια μονάδα για κάθε σωστό στοιχείο που συμπληρώθηκε. Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, σωστού-λάθους και αντιστοίχισης βαθμολογήθηκαν επίσης με μια μονάδα για κάθε σωστή απάντηση. Στις ερωτήσεις που ζητήθηκε δικαιολόγηση, η απάντηση θεωρήθηκε σωστή μόνο όταν και η δικαιολόγηση ήταν σωστή.

Δείγμα και διαδικασία της έρευνας

Εκατόν εξηντατρείς μαθητές της Β΄ λυκείου από οκτώ τμήματα δύο δημόσιων γενικών λυκείων της Αθήνας συμμετείχαν σε αυτήν την έρευνα. Οι 79 μαθητές (37 αγόρια, 42 κορίτσια) ήταν από τέσσερα τμήματα του ενός σχολείου και αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα, ενώ οι υπόλοιποι 84 μαθητές (50 αγόρια, 34 κορίτσια) ήταν από τέσσερα τμήματα του άλλου σχολείου και αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Η έρευνα διήρκεσε έξι μήνες (Σεπτέμβριο έως Φεβρουάριο) και διεξήχθη σε τρία διαδοχικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο, έγινε η διαγνωστική αξιολόγηση των μαθητών σε ύλη της χημείας που είχαν διδαχθεί στην Α΄ λυκείου, με τη χορήγηση του πρώτου προ-τεστ.

Στο δεύτερο στάδιο, οι μαθητές διδάχθηκαν ορισμένες βασικές έννοιες οργανικής χημείας, όπως τα διάφορα σχήματα ταξινόμησης, η κατά IUPAC ονοματολογία και η συντακτική ισομέρεια των οργανικών ενώσεων. Αυτή η ενότητα διδάχθηκε σε 12 διδακτικές ώρες από δύο έμπειρους καθηγητές χημείας με παραδοσιακή διδασκαλία (διαλέξεις με παρουσιάσεις και συζήτηση). Ο ένας καθηγητής δίδαξε την πειραματική ομάδα, ενώ ο άλλος την ομάδα ελέγχου. Οι δύο καθηγητές ακολούθησαν κατά τη διδασκαλία τους το ίδιο σχέδιο μαθήματος που είχε δημιουργηθεί για αυτόν το σκοπό. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, δόθηκαν προς συμπλήρωση στους μαθητές και των δύο ομάδων τρία φύλλα εργασίας, που περιείχαν διάφορους τύπους αντικειμενικών ερωτήσεων. Ορισμένες από αυτές απαιτούσαν μόνο ανάκληση γνώσης, ενώ κάποιες άλλες απαιτούσαν υψηλότερου επιπέδου γνωστικές δεξιότητες. Οι μαθητές, καθοδηγούμενοι όταν χρειάστηκε από τον καθηγητή τους, συμπλήρωσαν τα φύλλα εργασίας. Επιπλέον, οι μαθητές και των δύο ομάδων ασχολήθηκαν με τις ίδιες προεπιλεγμένες

ερωτήσεις του σχολικού βιβλίου. Γενικά, υπήρξε ιδιαίτερη φροντίδα σε αυτό το στάδιο της έρευνας ώστε οι μαθητές και των δύο ομάδων να εμπλακούν στις ίδιες διδακτικο-μαθησιακές διαδικασίες. Η αξιολόγηση των μαθητών για αυτήν τη διδακτική ενότητα έγινε με το δεύτερο προ-τεστ.

Ερωτήσεις «ανάκλησης»

1. Επίλεξε τη σωστή απάντηση:

Τα αλκάνια όταν καίγονται πλήρως δίνουν:

i) C, CO και H_2O ii) CO, CO_2 και H_2O iii) CO και H_2O iv) CO_2 και H_2O

2. Συμπλήρωσε τα κενά:

Βιοαέριο είναι το αέριο που παράγεται από τη σήψη της ……..

Το κύριο συστατικό του βιοαερίου είναι το ……..

Ερώτηση «κατανόησης»

Για δύο υδρογονάνθρακες Χ και Ψ γνωρίζουμε ότι:

Και οι δυο αποχρωματίζουν διάλυμα Br_2 σε CCl_4.

Ο υδρογονάνθρακας Χ αντιδρά με διάλυμα $CuCl/NH_3$ σχηματίζοντας καστανέρυθρο ίζημα.

Ο υδρογονάνθρακας Ψ δεν αντιδρά με το νάτριο.

Με βάση τα προηγούμενα, ποια από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

i) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το 2-βουτίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο.

ii) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το προπίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπένιο.

iii) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το 1-βουτίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπάνιο.

iv) Ο υδρογονάνθρακας Χ είναι το αιθίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπίνιο.

Εξήγησε σύντομα γιατί καθεμία από τις υπόλοιπες 3 προτάσεις είναι λανθασμένη.

Σχήμα 2: Δύο ερωτήσεις «ανάκλησης» και μία ερώτηση «κατανόησης» του μετά-τεστ.

Στο τρίτο στάδιο, οι μαθητές διδάχθηκαν την ενότητα νάφθα-πετροχημικά καθώς και βασικά στοιχεία των άκυκλων υδρογονανθράκων, με έμφαση στη χημεία τους. Αυτή η ενότητα διδάχθηκε και στις δύο ομάδες σε 12 διδακτικές ώρες. Στην πειραματική ομάδα εξακολούθησε να εφαρμόζεται η μετωπική διδασκαλία, ενώ στην ομάδα ελέγχου η διδασκαλία έγινε αυτήν τη φορά με εφαρμογή των τεχνικών SATL. Στη διδασκαλία της ενότητας νάφθα-πετροχημικά ακολουθήθηκε ο κλασικός τρόπος χρησιμοποίησης των συστημικών διαγραμμάτων που προτείνεται από τους εμπνευστές του μοντέλου SATL, ενώ στη διδασκαλία των υδρογονανθράκων εφαρμόστηκε ο εναλλακτικός, εμπλουτισμένος με στοιχεία διερεύνησης, τρόπος. Στους μαθητές δόθηκαν πάλι προς συμπλήρωση φύλλα εργασίας, που περιείχαν και για τις δύο ομάδες τις ίδιες κλασικές ερωτήσεις. Τα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στην πειραματική ομάδα περιείχαν επίσης και μερικές συστημικές ερωτήσεις αξιολόγησης (ΣΕΑ). Οι ερωτήσεις αυτές αφορούν στη συμπλήρωση συστημικών διαγραμμάτων τα οποία είναι υποσυστήματα των διαγραμμάτων που αναπτύσσονται κατά τη διδασκαλία της εκάστοτε διδακτικής ενότητας. Αντ' αυτού, η ομάδα ελέγχου ασχολήθηκε με κάποιες επιπρόσθετες κλασικού τύπου ερωτήσεις του σχολικού βιβλίου. Σε αυτό το στάδιο, έγινε προσπάθεια ώστε η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων να είναι οι διαφορετικές διδακτικο-μαθησιακές διαδικασίες στις οποίες εμπλέκονται. Το τελευταίο βήμα αυτού του σταδίου ήταν η χορήγηση του μετά-τεστ στους

μαθητές. Μετά τη συλλογή των δεδομένων, ακολούθησαν στατιστικές αναλύσεις με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS 18.0.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Ο συντελεστής *a* του Cronbach βρέθηκε 0,75 για το πρώτο προ-τεστ, 0,78 για το δεύτερο προ-τεστ και 0,81 για το μετά-τεστ. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά για τις δύο συγκρινόμενες ομάδες στα τρία τεστ επίδοσης. Είναι αξιοσημείωτο ότι δεν υπήρχε ουσιαστική διαφορά στις επιδόσεις των δύο ομάδων στο πρώτο προ-τεστ (Μ.Ο. = 39,9 και 40,0 για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου αντίστοιχα). Η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) που εφαρμόστηκε επιβεβαίωσε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων [F (1, 161) = 0,001, p = 0,981]. Δηλαδή οι δύο ομάδες μπορούσαν να θεωρηθούν εξαρχής ισοδύναμες, τουλάχιστον όσον αφορά στις επιδόσεις τους στο διαγνωστικό τεστ στη Χημεία.

Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά για τις βαθμολογίες των μαθητών στα τρία τεστ επίδοσης στη χημεία.

Τεστ	Μέσος όρος	Διάμεσος	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
1ο προ-τεστ						
	39,9	39,3	22,2	2,46	3,6	89,3
Πειραματική	40,0	39,3	26,6	3,30	0,0	96,4
Ελέγχου						
2ο προ-τεστ						
	49,9	46,4	21,0	2,36	10,7	96,4
Πειραματική	50,7	46,4	25,4	2,77	14,3	96,4
Ελέγχου						
Μετά-τεστ						
	55,6	57,1	21,6	2,43	10,7	100,0
Πειραματική	50,0	51,8	27,4	2,99	3,6	100,0
Ελέγχου						

Πειραματική ομάδα: n = 79, Ομάδα ελέγχου: n = 84.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μια μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης για τη σύγκριση των μέσων όρων των δύο ομάδων (πειραματικής και ελέγχου) στις διαφορές των βαθμολογιών των μαθητών μεταξύ των δύο προ-τεστ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων [F (1, 161) = 0,062, p = 0,804]. Οι μέσοι όροι στις διαφορές των βαθμολογιών ήταν +10,0 για την πειραματική ομάδα και +10,7 για την ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Η επίδραση δηλαδή των μεταβλητών «καθηγητής» και «ωρίμανση των μαθητών» στις επιδόσεις των δύο συγκρινόμενων ομάδων ήταν σχεδόν η ίδια, με τις δύο ομάδες να βελτιώνουν σημαντικά τις επιδόσεις τους στο δεύτερο προ-τεστ σε σχέση με το πρώτο προ-τεστ.

Για την εκτίμηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στην κατανόηση των μαθητών, εφαρμόστηκε πάλι μία ανάλυση διακύμανσης για να συγκριθούν οι μέσοι όροι στις διαφορές των βαθμολογιών των μαθητών των δύο ομάδων μεταξύ του μετά-τεστ και του δεύτερου προ-τεστ. Ως εξαρτημένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν αρχικά οι διαφορές των συνολικών βαθμολογιών στα δύο τεστ, εν συνεχεία οι διαφορές των βαθμολογιών στις ερωτήσεις «κατανόησης» και, τέλος, οι διαφορές των βαθμολογιών στις ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης». Τα αποτελέσματα (Πίνακας 2) έδειξαν μια στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο συγκρινόμενες ομάδες, τόσο στις συνολικές βαθμολογίες [F (1, 161) = 5,85, p = 0,017, d = 0,38],

όσο και στις βαθμολογίες των ερωτήσεων «κατανόησης» [F (1, 161) = 4,62, p = 0,033, d = 0,34]. Το μέγεθος επίδρασης που βρέθηκε θεωρείται μικρό προς τυπικό (Cohen, 1988).

Οι μέσοι όροι των διαφορών των βαθμολογιών για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου αντίστοιχα ήταν +5,7 και -0,8 για τις συνολικές βαθμολογίες, +9,7 και +3,5 για τις ερωτήσεις «κατανόησης» και -0,6 και -7,4 για τις ερωτήσεις «ανάκλησης». Δηλαδή, η πειραματική ομάδα είχε και στις τρεις περιπτώσεις καλύτερες επιδόσεις κατά μέσο όρο σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Παρά το γεγονός ότι οι επιδόσεις της πειραματικής ομάδας ήταν καλύτερες και στις ερωτήσεις «ανάκλησης», η διαφορά των δύο ομάδων στις βαθμολογίες των ερωτήσεων αυτών δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η εφαρμογή της μεθόδου SATL, σε συνδυασμό με προσεγγίσεις καθοδηγούμενης διερεύνησης, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών στην οργανική χημεία και να ενισχύσει την κατανόηση των αντίστοιχων επιστημονικών εννοιών σε σχέση με μια παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

Πίνακας 2: Αναλύσεις διακύμανσης για τις διαφορές των βαθμολογιών των μαθητών των δύο ομάδων μεταξύ του 2ου προ-τεστ και του μετά-τεστ.

Μεταβλητή	Άθροισμα τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	*F*	*p*
Διαφορές συνολικών βαθμολογιών				
Μεταξύ των ομάδων	1676,06	1	5,85	0,017
Μέσα στις ομάδες	46165,28	161		
Σύνολο	47841,34	162		
Διαφορές βαθμολογιών στις ερωτήσεις «κατανόησης»	1554,08	1		
Μεταξύ των ομάδων	54197,72	161	4,62	0,033
Μέσα στις ομάδες	55751,80	162		
Σύνολο				
Διαφορές βαθμολογιών στις ερωτήσεις «ανάκλησης»	1873,62	1		
Μεταξύ των ομάδων	104763,3	161	2,88	0,092
Μέσα στις ομάδες	106636,9	162		
Σύνολο				

Πειραματική ομάδα: n = 79, Ομάδα ελέγχου: n = 84.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι οι συστημικά προσανατολισμένες διδακτικο-μαθησιακές διαδικασίες που εφαρμόστηκαν είχαν μία σημαντική επίδραση στην κατανόηση των μαθητών της πειραματικής ομάδας, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου που διδάχθηκε με παραδοσιακό τρόπο. Το μοντέλο SATL χρησιμοποιεί τεχνικές που είναι δομημένες στη βάση συστημικών αναπαραστάσεων εννοιών, οι οποίες φαίνεται ότι προάγουν την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης. Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια, όπου αυτό ήταν εφικτό, να συνδυαστούν οι τεχνικές αυτές με διδακτικές προσεγγίσεις εμπλουτισμένες με στοιχεία διερεύνησης. Αυτή η «υβριδική» διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε, εφαρμοζόμενη στο πλαίσιο ενός κλασικού προγράμματος σπουδών οργανικής χημείας του λυκείου, οδήγησε σε ενθαρρυντικά αποτελέσματα όσον αφορά στη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών των μαθητών. Φάνηκε, δηλαδή, ότι μια τέτοια διδακτική

προσέγγιση μπορεί να ενισχύσει και να συμπληρώσει ένα κλασικό πρόγραμμα σπουδών, προσδίδοντας σε αυτό μια πιο ενδιαφέρουσα και αποτελεσματική μαθησιακή προοπτική.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ανοίγουν διάφορες προοπτικές για μελλοντική έρευνα. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να διερευνηθεί η εφαρμογή της προσέγγισης SATL εμπλουτισμένης με ακόμα περισσότερα στοιχεία διερεύνησης. Επίσης, μπορεί να αξιολογηθεί το διδακτικό αυτό μοντέλο και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων, όπως στη βάση μιας ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας ή μιας ερευνητικής εργασίας (project). Η εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL σε άλλες θεματικές ενότητες της χημείας ή και σε άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες (π.χ. τριτοβάθμια εκπαίδευση) θα είχε επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αναγκαία, επίσης, είναι η προσπάθεια βελτίωσης του προτεινόμενου πλαισίου αξιολόγησης της μάθησης με κατανόηση καθώς και η ανάπτυξη νέων, έγκυρων και αξιόπιστων σχημάτων αξιολόγησής της.

Βιβλιογραφία

Βαχλιώτης, Θ. (2012). Εφαρμογή και αξιολόγηση της μεθόδου «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση (SATL)» στη διδασκαλία της οργανικής χημείας. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας.

Ausubel, D.P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. Grune & Stratton: New York.

Ausubel, D.P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Reinhard and Winston.

Cabrera, D., Colosi, L. & Lobdell, C. (2008). Systems thinking. Evaluation and Program Planning, 31, 299-310.

Cohen, J. (1988). Statistical Power and Analysis for the Behavioral Sciences, 2nd ed., Hillsdale. NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Fahmy, A.F.M. & Lagowski, J.J. (1999). The use of a systemic approach in teaching and learning chemistry for the 21st century. Pure and Applied Chemistry, 71(5), 859-863.

Fahmy, A.F.M & Lagowski, J.J. (2003). Systemic reform in chemical education: An international perspective. Journal of Chemical Education, 80(9), 1078-1083.

Nesbit, J.C. & Adesope, O.O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. Review of Educational Research, 76(3), 413-448.

Vachliotis, T., Salta, K. & Tzougraki, C. (2012). Evaluating the SAQ scheme for assessing meaningful understanding and systems thinking in the organic chemistry domain, Paper presented at the 22nd ICCE and the 11th ECRICE, July 15-20, Rome, Italy.

Vachliotis, T., Salta, K., Vasiliou, P. & Tzougraki, C. (2011). Exploring novel tools for assessing high school students' meaningful understanding of organic reactions. Journal of Chemical Education, 88(3), 337-345.

«Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟΥ – ΜΙΑ ΔΙΗΛΙΚΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ»

Κυπραίος Νικόλαος[α], Παπαγεωργίου Γεώργιος[α] και Σταμοβλάσης Δημήτριος[β]
[α]*Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης*
[β]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής*
e-mails: nkipraios@gmail.com / gpapageo@eled.duth.gr / stadi@auth.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων τάξεων με σκοπό να διερευνηθεί ο βαθμός και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αντιληπτή η έννοια της χημικής αλλαγής διηλικιακά. Στη μελέτη συμμετείχαν 374 συνολικά μαθητές Β' Γυμνασίου, Α' Λυκείου και Γ' Λυκείου Τεχνολογικής και Θετικής κατεύθυνσης. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο πέντε συνολικά έργων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι, όπως αναμένεται, υπάρχουν μεν διαφοροποιήσεις μεταξύ μαθητών ίδιας ηλικίας, αλλά δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις διηλικιακά, εκτός από την περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης της Γ' Λυκείου. Γενικότερα, διαπιστώνεται η αδυναμία των μαθητών να προσεγγίσουν την έννοια της χημικής αλλαγής μικροσκοπικά και συνεπώς να την ερμηνεύσουν ικανοποιητικά. Εξαιτίας αυτού αναδεικνύονται και μια σειρά από σχετικές παρανοήσεις των μαθητών με κεντρικό σημείο την αποδοχή της χημικής αλλαγής ως μιας διαδικασίας "συνένωσης" προϋπαρχόντων ουσιών μεταξύ τους και όχι ως μια διαδικασία αλληλεπίδρασής τους.

Abstract

In this paper we present a pseudo-longitudinal research study conducted in the three grades of secondary education, aiming to investigate the degree of students' understanding of chemical change. The participants (N=374) were students in 8th, 10th and 12th grade who completed a questionnaire, specially designed for the research purpose. The 12th grade students were from both technological and positive branches. Students' performance analyzed by an ANOVA with multiple comparisons showed that there were no statistically significant cross-age differences, except for the students of positive branch in 12th grade. Interestingly and against our initial hypotheses a gradual improvement of students' conceptual understanding of chemical change was not observed. Students, when addressing questions related to chemical change appeared incapable to make connections between the microscopic and macroscopic level, while a number of misconceptions still persist across all levels of education. This is an important finding pertaining to the accountability of our educational system, while the implications for curriculum and teaching practices are discussed.

Εισαγωγή

Ανάμεσα στις έρευνες που πραγματοποιούνται τα τελευταία τριάντα χρόνια στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν εκείνες που αφορούν στην κατανόηση των χημικών φαινομένων από μαθητές διαφόρων ηλικιών (Ahtee &Varjola 1998, Andersson 1986, Boo & Watson 2000, Hesse & Andersson 1992, Johnson 2002, Ozmen & Ayas 2003, Papageorgiou et al. 2010, Solsona et al. 2003, Stavridou & Solomonidou 1998). Τα χημικά φαινόμενα φαίνεται να προβληματίζουν τους μαθητές, τόσο ως προς την ίδια την ιδέα της αλλαγής των ουσιών, όσο και σε επιμέρους εκφάνσεις της. Έτσι, σε σχέση με το δεύτερο, ο Chiu (2007) αναφέρει ότι τα κυριότερα επιμέρους θέματα, όπου συναντάμε σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση τέτοιων φαινομένων, είναι: η σωματιδιακή δομή και οι μεταβολές της δομής των ουσιών κατά τα χημικά φαινόμενα, η χημική ισορροπία, οι χημικοί δεσμοί και η ενέργεια, οι χημικές αντιδράσεις και οι έννοιες των οξέων – βάσεων. Ωστόσο, το ενδιαφέρον των ερευνητών είναι περισσότερο στραμμένο στο πρώτο - στην ίδια την ιδέα της αλλαγής των ουσιών – αφού ακόμη και μεγάλης ηλικίας μαθητές (αλλά και εκπαιδευτικοί) φαίνεται να μη μπορούν να την

κατανοήσουν σε ικανοποιητικό βαθμό. Οι παρανοήσεις που αναφέρονται για τη διαδικασία αυτή ποικίλουν και σχετίζονται, τόσο με την εκπαιδευτική βαθμίδα, και άρα και με την ηλικία, όσο και με τις διδακτικές μεθόδους που εν γένει χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία τους.

Χαρακτηριστική είναι η έρευνα των Stavridou & Solomonidou (1998) που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές ηλικίας από 12 ως 18 ετών, όπου φαίνεται να υπάρχουν τρία συνολικά στάδια εξέλιξης στην κατανόηση της έννοιας της χημικής αλλαγής. Στο πρώτο (αφορά τις μικρότερες ηλικίες) οι μαθητές θεωρούν ότι η χημική αλλαγή είναι κάτι που απλά συμβαίνει ως ένα γεγονός, το ποίο μπορούν να περιγράψουν χωρίς όμως να είναι σε θέση να το εξηγήσουν με κάποιο τρόπο. Σ΄ ένα δεύτερο στάδιο οι μαθητές καταλαβαίνουν την ύπαρξη ενός φαινομένου, αλά ουσιαστικά το ερμηνεύουν με όρους ανάμιξης ουσιών κι όχι αλλαγής τους. Μόνο κάποιοι από τους μαθητές που είναι μεγάλοι σε ηλικία μπορούν να ενταχθούν σ΄ ένα τρίτο στάδιο , όπου η χημική αλλαγή γίνεται σ΄ ένα βαθμό αντιληπτή, αλλά και πάλι η σύνδεση της αλλαγής της δομής των ουσιών (στο μικρόκοσμο) με την αλλαγή των ιδιοτήτων τους (στο μακρόκοσμο) μοιάζει να είναι κάτι το πολύ δύσκολο.

Στο ίδιο πλαίσιο, οι Papageorgiou et al. (2010) αναδεικνύουν τις ιδιαίτερα μεγάλες δυσκολίες που υπάρχουν στο θέμα αυτό σε μικρές ηλικίες (11-12 ετών), σε μια προσπάθεια βελτίωσης της κατάστασης μέσα από τη χρήση της σωματιδιακής θεωρίας στο πλαίσιο κατάλληλης διδακτικής σειράς μαθημάτων. Αλλά και σε λίγο μεγαλύτερες ηλικίες (11-14), ο Johnson (2002) στηρίζει την άποψη ότι η έννοια της χημικής αλλαγής δεν μπορεί να γίνει πραγματικά κατανοητή, αν δεν μπορούν αντίστοιχα οι μαθητές να συνδέσουν τις αλλαγές στη δομή των ουσιών με τα μακροσκοπικά δεδομένα. Η δυσκολία αυτή είναι έκδηλη ακόμη και σε μαθητές ηλικίας 17-18 ετών σύμφωνα με τους Solsona et al. (2003), όπου ένα σημαντικό ποσοστό αυτών (μοντέλο «meccano») μπορεί να κάνει μηχανικά συνειρμούς σε μικροσκοπικό επίπεδο, χωρίς όμως να κατανοεί το φαινόμενο αυτό καθεαυτό.

Γενικότερα, οι όσες έρευνες έχουν γίνει σχετικά με την κατανόηση της ιδέας της χημικής αλλαγής τονίζουν τη δυσκολία και την ιδιαιτερότητα του θέματος αυτού. Ωστόσο, πρόκειται για έρευνες που πραγματοποιήθηκαν με σχετικά περιορισμένο αριθμό δείγματος, σε ποιοτικά κυρίως πλαίσια και διαχειριζόμενες έναν αριθμό διαφορετικών εμπλεκομένων χημικών αλλαγών. Στην παρούσα έρευνα προσπαθήσαμε να μελετήσουμε μέσα από ένα δείγμα αυξημένου αριθμού μαθητών, διαφόρων τάξεων και κατευθύνσεων (Θετική – Τεχνολογική), τις διαφοροποιήσεις που μπορεί να παρουσιαστούν μέσα από τη συστηματική μελέτη ενός συγκεκριμένου χημικού φαινομένου, διατρέχοντας τη συνολική πορεία του, από τις αρχικές ουσίες μέχρι την ολοκλήρωσή του.

Η ταυτότητα της έρευνας

Στο γενικότερο πλαίσιο της διερεύνησης της κατανόησης της χημικής αλλαγής, όπως αυτό ήδη περιγράφηκε, σχεδιάστηκε μια έρευνα που περιελάμβανε τέσσερις ομάδες μαθητών, συνολικού αριθμού 374. Η πρώτη περιελάμβανε 91 μαθητές 13 ετών (Β' Γυμνασίου), η δεύτερη 95 μαθητές 15 ετών (Α' Λυκείου), η τρίτη 91 μαθητές 17 ετών (Γ' Λυκείου, Θετική κατεύθυνση) και η τέταρτη 97 μαθητές 17 ετών (Γ' Λυκείου, Τεχνολογική κατεύθυνση). Όλοι οι μαθητές φοιτούσαν σε σχολεία της Καβάλας και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου.

Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί ο τρόπος αλλά και ο βαθμός με τον οποίο γίνεται αντιληπτή η έννοια της χημικής αλλαγής διηλικιακά αλλά και σε σχέση με το πλαίσιο διδασκαλίας (Θετική – Τεχνολογική κατεύθυνση), όταν οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν την πορεία μιας συγκεκριμένης αλλαγής και να την ερμηνεύσουν συνδέοντας τις μικροσκοπικές αλλαγές με τις μακροσκοπικές. Η χημική αλλαγή που μελετήθηκε ήταν η σύνθεση του θειούχου σιδήρου από τα αντίστοιχα στοιχεία σίδηρο και θείο.

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα ερωτηματολόγιο, κοινό για όλες τις ηλικίες, συνολικά πέντε έργων, τα οποία σχετιζόταν με την πορεία εξέλιξης της εν λόγω αλλαγής. Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε ειδικά για τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας, ενώ οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν προερχόταν από το σχολικό βιβλίο Χημείας της Β΄

Γυμνασίου (1997). Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές έγινε 2 μήνες μετά τη διδασκαλία, στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας (45 λεπτά), σε όμοιες συνθήκες για κάθε τάξη. Στη συνέχεια περιγράφεται ένα γενικό περίγραμμα των έργων του ερωτηματολογίου:

Έργο 1ο: Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν και να περιγράψουν δομικά και σε μικροσκοπικό επίπεδο έναν κόκκο σιδήρου και έναν κόκκο θείου (υλικά πριν την αντίδραση), δίνοντας συγκεκριμένες σχετικές διευκρινίσεις

Έργο 2ο: Ζητείται από τους μαθητές να ασχοληθούν με το υλικό που δημιουργείται μετά την απλή ανάμιξη των κόκκων θείου και σιδήρου. Δίνονται πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών πριν και μετά την ανάμιξη και οι μαθητές καλούνται να τις επεξεργαστούν και να βγάλουν τα συμπεράσματά τους, περιγράφοντας τη δομή του νέου υλικού.

Έργο 3ο: Σ΄ ένα επόμενο στάδιο, περιγράφεται η αντίδραση μεταξύ θείου και σιδήρου και οι ιδιότητες του νέου υλικού που προκύπτει. Οι μαθητές καλούνται επεξεργαστούν όλες τις σχετικές πληροφορίες, βγάζοντας αιτιολογημένα συμπεράσματα για την ταυτότητα του νέου υλικού (3Α), την πορεία αλλαγής των αρχικών υλικών (3Β) και την κατάστασή τους μετά το φαινόμενο (3Γ), ενώ τους ζητείται να σχεδιάσουν και τη δομή του νέου υλικού (μικροσκοπικά) που δημιουργήθηκε (3Δ).

Έργο 4ο: Οι μαθητές καλούνται να αιτιολογήσουν τις ιδιότητες του νέου υλικού με βάση τη δομή που σχεδίασαν, να εξηγήσουν τη λογική με την οποία τη σχεδίασαν και να ερμηνεύσουν (μικροσκοπικά) τον τρόπο με τον οποίο αυτή δημιουργήθηκε.

Έργο 5ο: Οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν τα θερμικά φαινόμενα που συνοδεύουν τη συγκεκριμένη αλλαγή και να τα συσχετίσουν με την πορεία σχηματισμού του νέου υλικού.

Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε τάξη κατηγοριοποιήθηκαν αρχικά με βάση το βαθμό κατανόησης της χημικής αλλαγής σε τέσσερις κατηγορίες, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Μια πρώτη ανάγνωσή του δείχνει μια μικτή εικόνα κατανομής σε σχέση με την τάξη/ ηλικία των μαθητών. Η προοδευτική αύξηση των ποσοστών «ικανοποιητικής κατανόησης» που θα ανάμενε κανείς με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, όπως αυτά περιγράφηκαν παραπάνω, δεν φαίνεται να παρουσιάζεται (τουλάχιστον με σαφήνεια).

Για το χαρακτηρισμό μιας απάντησης ως «ικανοποιητική», «μερικά ικανοποιητική» κ.λ.π., λήφθηκε υπόψη το γνωστικό υπόβαθρο της κάθε σχολικής τάξης. Στην Β' Γυμνασίου, για παράδειγμα, οι μαθητές έρχονται σε μία πρώτη επαφή με την έννοια της χημικής αντίδρασης και ένα απλοποιημένο μοντέλο του Bohr για την δομή του ατόμου. Μεγαλύτερη εμβάθυνση γίνεται στην Α' Λυκείου, ενώ στην Γ' Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης οι γνώσεις που αποκτούν είναι πιο εξειδικευμένες (ατομικά τροχιακά).

Ωστόσο, ανεξάρτητα από τα μοντέλα του μικρόκοσμου που διδάσκονται αντίστοιχα σε κάθε τάξη, οποιοδήποτε σωστή προσέγγιση στα πλαίσια ενός μοντέλου (π.χ αυτού του Bohr) θεωρήθηκε ικανοποιητική προσέγγιση. Έτσι, για παράδειγμα, παρατηρούμε ότι στο 1ο έργο, το 17,6% των μαθητών Γυμνασίου κατατάχθηκαν στην κατηγορία «ικανοποιητική». Αυτοί εργάστηκαν σε μικροσκοπικό επίπεδο σχεδιάζοντας το μοντέλο του Bohr ή κάνοντας αναφορά σε άτομα και ηλεκτρόνια. Τα ποσοστά των υπολοίπων τάξεων ήταν 11,6%, 8,2% και 38,5% για την Α' Λυκείου, Γ' Τεχνολογική και Γ' Θετική, αντίστοιχα, αλλά αρκετοί από τους μαθητές της Γ' Θετικής εργάστηκαν σ΄ ένα πιο σύνθετο και λεπτομερειακό πλαίσιο κάνοντας αναφορά σε ατομικά τροχιακά ή σχεδιάζοντας ένα κρυσταλλικό πλέγμα. Μικροσκοπική αναφορά αλλά με συγκεκριμένες παρανοήσεις (ηλεκτρόνια, άτομα σε συνδυασμό με κύτταρα, για παράδειγμα) είχαμε και στο 23,1%, 25,3%, 20,6%, 31,9% για Γυμνάσιο, Α' Λυκείου, Γ' Τεχνολογική και Γ' Θετική, αντίστοιχα. Αντίθετα, σχεδόν οι μισοί μαθητές Γυμνασίου, Α' Λυκείου και Γ' Τεχνολογικής (50,5%,

47,5% και 46,4% αντίστοιχα) εργάζονται σε καθαρά μακροσκοπικό επίπεδο, ενώ μόλις ένας στους πέντε μαθητές (20,9%) της Γ' Θετικής σκέφτεται μακροσκοπικά.

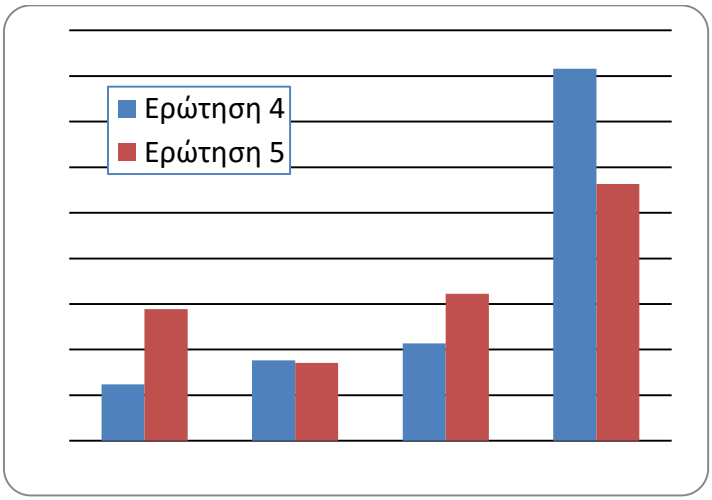
Πίνακας 1: Ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών ανά έργο

		Ικανοποιητική απάντηση		Μερικά ικανοποιητική απάντηση		Λανθασμένη/ εναλλακτική απάντηση		Δεν απάντησε/Ασαφής απάντηση	
Έργο	Δείγμα	N	%	N	%	N	%	N	%
1	Β' Γυμνασίου	16	17,6	21	23,1	46	50,5	8	8,8
	Α΄ Λυκείου	11	11,6	24	25,3	45	47,4	15	15,8
	Γ' Τεχνολογική	8	8,2	20	20,6	45	46,4	24	24,7
	Γ' Θετική	35	38,5	29	31,9	19	20,9	8	8,8
2	Β' Γυμνασίου	56	61,5	13	14,3	8	8,8	14	15,4
	Α΄ Λυκείου	36	37,9	19	20,0	2	2,1	38	40,0
	Γ' Τεχνολογική	47	48,5	14	14,4	6	6,2	30	30,9
	Γ' Θετική	67	73,6	8	8,8	2	2,2	14	15,4
3Α	Β' Γυμνασίου	42	46,2	35	38,5	7	7,7	7	7,7
	Α΄ Λυκείου	21	22,1	46	48,4	14	14,7	14	14,7
	Γ' Τεχνολογική	22	22,7	53	54,6	14	14,4	8	8,2
	Γ' Θετική	29	31,9	44	48,4	13	14,3	5	5,5
3Β	Β' Γυμνασίου	14	15,4	17	18,7	41	45,1	19	20,9
	Α΄ Λυκείου	10	10,5	16	16,8	39	41,1	30	31,6
	Γ' Τεχνολογική	10	10,3	34	35,1	32	33,0	21	21,6
	Γ' Θετική	22	24,2	21	23,1	44	48,4	4	4,4
3Γ	Β' Γυμνασίου	19	20,9	42	46,2	4	4,4	26	28,6
	Α΄ Λυκείου	18	18,9	43	45,3	4	4,2	30	31,6
	Γ' Τεχνολογική	21	21,6	45	46,4	4	4,1	27	27,8
	Γ' Θετική	35	38,5	46	50,5	3	3,3	7	7,7
3Δ	Β' Γυμνασίου	9	9,9	17	18,7	53	58,2	12	13,2
	Α΄ Λυκείου	7	7,4	14	14,7	42	44,2	32	33,7
	Γ' Τεχνολογική	2	2,1	13	13,4	59	60,8	23	23,7
	Γ' Θετική	21	23,1	27	29,7	29	31,9	14	15,4
4	Β' Γυμνασίου	5	5,5	2	2,2	49	53,8	35	38,5
	Α΄ Λυκείου	15	15,8	0	0,0	36	37,9	44	46,3
	Γ' Τεχνολογική	14	14,4	6	6,2	36	37,1	41	42,3
	Γ' Θετική	54	59,6	7	7,7	18	19,8	12	13,2
5	Β' Γυμνασίου	15	16,5	17	18,7	19	20,9	40	44,0
	Α΄ Λυκείου	11	11,6	13	13,7	21	22,1	50	52,6
	Γ' Τεχνολογική	22	22,7	12	12,4	21	21,6	42	43,3
	Γ' Θετική	31	34,1	16	17,6	23	25,3	21	23,1

Στο ίδιο πλαίσιο στο Έργο 2, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών Β' Γυμνασίου και Γ' Θετικής (61,5% και 73,6% αντίστοιχα), απάντησαν πως, μετά από απλή ανάμειξη σιδήρου με θείο σε θερμοκρασία δωματίου, θα προκύψει μίγμα. Αντίθετα, μόνο οι μισοί μαθητές της Τεχνολογικής Γ' λυκείου (48,5%) μίλησαν για δημιουργία μίγματος και μόλις το 37,9% των μαθητών της Α' λυκείου είχε την ίδια απάντηση. Η μικτή αυτή εικόνα ως προς τις επιδόσεις των μαθητών συνεχίζεται και στην επεξεργασία των υπόλοιπων έργων. Σε αρκετές μάλιστα περιπτώσεις

εμφανίζονται οι μαθητές του Γυμνασίου και της Γ΄ Θετικής κατεύθυνσης να έχουν αρκετά καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους. Έτσι, παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 3Α και 3Β, ταυτόχρονα διαπιστώνουμε το εξής: Το 46,2% των μαθητών Β΄ Γυμνασίου αναγνωρίζει την δημιουργία νέας ουσίας μετά από χημική αντίδραση, αν και μόλις το 1/3 (15,4%) αιτιολογεί ορθά το σχηματισμό του (νέα ουσία γιατί διαπιστώνεται η παρουσία νέων ιδιοτήτων και απώλεια των παλιών). Πολλοί περισσότεροι, αναλογικά, μαθητές της Γ' θετικής αιτιολογούν σωστά το σχηματισμό του νέου υλικού (24,2%) από το 31,9% που μιλάει για νέα ουσία. Αντίθετα, στους μαθητές Α' λυκείου και Γ' τεχνολογικής τα αποτελέσματα είναι: 22,1% και 22,7% αντίστοιχα που μιλούν για δημιουργία νέου υλικού, ενώ οι μισοί (10,5% και 10,3% αντίστοιχα) αιτιολογούν σωστά το σχηματισμό του.

Σε μια προσπάθεια περαιτέρω διερεύνησης της μικτής αυτής εικόνας που παρουσιάζεται στις επιδόσεις των μαθητών διηλικιακά, έγινε εφαρμογή βαθμολογικού σχήματος στις ερωτήσεις και ποσοτική ανάλυση ANOVA μονής κατεύθυνσης με πολλαπλές συγκρίσεις. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν ως ένα αρκετά σημαντικό εύρημα ότι οι διαχρονικές μεταβολές που παρατηρούνται στους πίνακες δεν είναι στατιστικά σημαντικές ή με συνεπή αυξητική τάση, τουλάχιστον όπως αναμενόταν με βάση τα μέχρι τώρα βιβλιογραφικά δεδομένα (π.χ. Stavridou & Solomonidou 1998, Johnson 2002, Solsona 2003): Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του Γυμνασίου, της Α΄ Λυκείου και της Τεχνολογικής κατεύθυνσης (Γ΄ Λυκείου). Δηλαδή, δεν υπάρχει διηλικιακή βελτίωση στην επίδοση, εκτός από την περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης (Γ΄ Λυκείου). Το Διάγραμμα 1 δείχνει τις επιδόσεις για τα έργα 4 και 5. Ανάλογα μοτίβα αναδέχθηκαν για όλες τις ερωτήσεις και για το σύνολο.



Διάγραμμα 1: Επίδοση των μαθητών στα έργα 4 και 5 σε όλες τις τάξεις. Ανάλυση ANOVA μονής κατεύθυνσης με πολλαπλές συγκρίσεις έδειξε ότι δεν υπάρχει διηλικιακή βελτίωση στην επίδοση εκτός από την περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης (Γ΄ Λυκείου).

Πέρα όμως από το βαθμό κατανόησης του φαινομένου που παρουσιάζεται μέσα από τις κατηγορίες του Πίνακα 1, σημαντικό είναι να δει κανείς και τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές προσεγγίζουν το φαινόμενο. Ενδεικτικά, στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στα έργα 2, 3Α, 3Γ, 4 και 5. Με μία απλή ανάμειξη σιδήρου με θείο και χωρίς να έχει ξεκινήσει η αντίδραση (έργο 2), μαθητές από όλες τις ηλικίες μίλησαν για δημιουργία νέου υλικού και νέας χημικής ένωσης (πχ. θειικού σιδήρου).

Μετά την θέρμανση του μίγματος (έργο 3Α), καταγράφεται η πιο αξιοσημείωτη ίσως παρανόηση. Μεγάλο μέρος των μαθητών, αναφέρεται όχι σε αλληλεπίδραση των ατόμων, αλλά σε συνένωση: «ο σίδηρος έγινε ένα με το θείο». Επίσης, αναφέρονται σε απώλεια των ιδιοτήτων λόγω θέρμανσης, και όχι σε ύπαρξη νέων ιδιοτήτων λόγω δημιουργίας νέας ουσίας. Οι παρανοήσεις αυτές επαληθεύονται και από το έργο 4: αναφορά σε χημικό δεσμό γίνεται μόνο

από μαθητές Γ' Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης. Οι περισσότεροι μαθητές όλων των ηλικιών δίνουν απαντήσεις όπως: «(τα χημικά στοιχεία) έγιναν ένα», «ενώθηκαν τα άτομα», «έγινε ενιαίο κομμάτι», «εισχώρησε το θείο μέσα στο σίδηρο».

Επίσης, οι μαθητές σε όλες τις ηλικίες, μετά το πέρας της αντίδρασης, θεωρούν ότι, είτε υπάρχει μόνο θείο, είτε ότι το θείο έχει υπερισχύσει του σιδήρου (έργο 3Γ). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός, ότι σκέφτονται μακροσκοπικά, και εστιάζουν στην διαπίστωση ότι χάθηκαν οι μαγνητικές ιδιότητες. Τέλος, κατά την πυράκτωση, πολλοί μαθητές μίλησαν για «καύση με οξυγόνο» (έργο 5), παραπέμποντας σε μια σύγχυση ανάμεσα στης έννοιας «θέρμανση» και «καύση».

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές απαντήσεις μαθητών στα έργα 2, 3Α, 3Γ, 4 και 5.

Έργα	Ικανοποιητική απάντηση	Μερικώς ικανοποιητική απάντηση	Λανθασμένη/ εναλλακτική απάντηση
2	Έχουμε ετερογενές μίγμα	Έχουμε ένα υλικό που μαγνητίζεται	Έχουμε νέο υλικό Δημιουργήθηκε μία χημική ένωση (π.χ. θειϊκός σίδηρος)
3Α	Δημιουργήθηκε χημική ένωση Δημιουργήθηκε νέο υλικό	Δημιουργήθηκε ομογενές υλικό Χάθηκαν οι ιδιότητες λόγω πυράκτωσης	Ο σίδηρος έγινε ένα με το θείο
3Γ	Υπάρχει και σίδηρος και θείο, απλά στο νέο υλικό δεν κρατάνε τις ιδιότητές τους Υπάρχουν και τα δύο σαν νέο υλικό, λόγω αντίδρασης	Υπάρχουν και τα δύο, αλλά λόγω φωτιάς χάνονται οι μαγνητικές ιδιότητες Γιατί ανακατεύτηκαν	Υπάρχει μόνο θείο γιατί δεν μαγνητίζεται
4	Δημιουργήθηκε χημικός δεσμός Ενώθηκαν σαν χημική ένωση	Τα μόρια της χημικής ένωσης συγκρατούνται με δυνάμεις συνοχής	Έγιναν ένα Έγινε ενιαίο κομμάτι Ενώθηκαν τα άτομα Εισχώρησε το θείο μέσα στο σίδηρο
5	Άρχισε να γίνεται χημική αντίδραση με τη βοήθεια θερμικής ενέργειας	Άρχισε να απορροφά θερμότητα	Άρχισαν να εξαφανίζονται οι ιδιότητες Άρχισε η καύση με το οξυγόνο

Συζήτηση και συμπεράσματα

Εξετάζοντας μόνο ένα φαινόμενο, αλλά σε βάθος, με τη μορφή επιμέρους έργων, στην έρευνα επαληθεύτηκε καταρχήν η δυσκολία των μαθητών να προσεγγίσουν την έννοια της Χημικής αλλαγής. Είναι σαφής η τάση από τους μαθητές να πιστεύουν ότι τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης προκύπτουν περισσότερο ως «μίξη» των αντιδρώντων και όχι ως ουσίες αυτόνομες και καινούργιες με δικά τους χαρακτηριστικά (Johnson, 2000). Σε αντιστοιχία με τους Boo (1998) και Stavridou και Solomonidou (1998), οι μαθητές φαίνεται ότι σκέφτονται την χημική αντίδραση περισσότερο «προσθετικά» παρά «διαδραστικά». Δεν κατανοούν ότι τα αρχικά αντιδρώντα παύουν να υπάρχουν και έχουν δώσει την θέση τους σε νέες ουσίες οι οποίες δεν προϋπήρχαν. Έτσι, θεωρούν ότι το θείο «προστίθεται» πάνω στον σίδηρο, κολλώντας πάνω του με κάποιο αδιευκρίνιστο τρόπο, ενώ δεν γίνεται καμία αναφορά για σπάσιμο δεσμών ή/και δημιουργία νέων.

Ο συνολικός αριθμός των παρανοήσεων που καταγράφηκαν ήταν σημαντικός. Αξίζει να εστιάσουμε στα εξής:

Οι περισσότεροι μαθητές αδυνατούν να υιοθετήσουν την ιδέα ότι τα αντιδρώντα αλλάζουν πλήρως και παύουν να υπάρχουν μετά το πέρας της αντίδρασης.

Υπάρχει δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας του χημικού δεσμού, με εξαίρεση ίσως, τους μαθητές της Γ' Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης, οι οποίοι φαίνεται να αντιλαμβάνονται την ένωση μεταξύ ενός θετικά φορτισμένου ιόντος με ένα αρνητικά φορτισμένο, λόγω έλξεων μεταξύ τους. Έτσι, οι περισσότεροι είναι σχεδόν αδύνατο να συλλάβουν την πραγματική υπόσταση της χημικής αλλαγής, αφού αυτή περιλαμβάνει σπάσιμο και δημιουργία δεσμών.

Οι περισσότεροι μαθητές αδυνατούν να διαφοροποιήσουν τη μεταλλική μορφή του σιδήρου από αυτήν μέσα στο θειούχο σίδηρο. Γι αυτούς, όπως παρόμοια επισημαίνουν και οι Boo & Watson (2000), «σίδηρος» σημαίνει πάντα μια συγκεκριμένη οντότητα. Έτσι, δεν μπορούν να αναγνωρίσουν την διαφορά ανάμεσα στο μίγμα σιδήρου (με θείο) και στην ένωση σιδήρου με το θείο.

Από τη συγκριτική ανάλυση των αντίστοιχων έργων σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο, φαίνεται ότι οι μαθητές μπορούν να χειριστούν επιφανειακά μια χημική αλλαγή με βάση τα οπτικά αποτελέσματα (ερυθροπύρωση, αλλαγή χρώματος κ.λ.π.), αλλά αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες όταν κληθούν να ερμηνεύσουν το φαινόμενο. Όπως έχει κατ' επανάληψη επισημανθεί (π.χ. Papageorgiou et al., 2010, Calik & Ayas, 2005, Johnson, 2000, 2002), η ανάλυση ενός χημικού φαινομένου σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι προϋπόθεση για την κατανόησή του. Αυτό ίσως δικαιολογεί και τη σημαντικά καλύτερη επίδοση των μαθητών της Γ΄ Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης, όπου η ανάλυση σε μικροσκοπικό επίπεδο γίνεται πολύ περισσότερο συστηματικά. Αντίθετα αυτό δεν καταγράφεται για τους μαθητές της Τεχνολογικής κατεύθυνσης. Είναι γνωστό ότι οι περισσότεροι από αυτούς, δεν διδάσκονται παρά ελάχιστη χημεία στην Β' Λυκείου (μία ώρα εβδομαδιαίως, Γενικής Παιδείας, με περιεχόμενο την οργανική χημεία) και καθόλου στην Γ' Λυκείου. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ποσοτική σύγκριση και το γεγονός ότι δεν παρατηρείται διαχρονική βελτίωση στην επίδοση εκτός από την περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης χρήζουν προσοχής. Θα πρέπει να αναλογιστεί κανείς το κόστος της υποβάθμισης του μαθήματος της Χημείας τα τελευταία 12 χρόνια στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αρκεί να αναφερθεί, ότι μπορεί κάποιος να εισαχθεί μέσω Τεχνολογικής κατεύθυνσης σε τμήματα Χημείας ή αντίστοιχες σχολές χωρίς να έχει διδαχθεί καθόλου το αντικείμενο στην τελευταία τάξη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (και ελάχιστα στην Β' Λυκείου).

Στα παραπάνω ας προστεθεί και το γεγονός ότι οι περισσότεροι μαθητές, από το σύνολο των απαντήσεών τους, φαίνεται να μην είναι εξοικειωμένοι με τη σχετική ορολογία. Για παράδειγμα, πολλοί χρησιμοποιούν το ρήμα «αντιδρούν», αλλά καταλήγουν να μιλάνε για μίγμα ως τελικό προϊόν. Θα ήταν λοιπόν χρήσιμο, οι ιθύνοντες της εκπαιδευτικής πολιτικής και οι σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων να λάβουν όλα αυτά υπόψη τους, ώστε το σημαντικό θέμα της κατανόησης της χημικής αλλαγής να πάψει να είναι τόσο απόμακρο για το μέσο μαθητή.

Βιβλιογραφία

Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Σπυρέλλης Ν. , Χηνιάδης, Δ., (1997). Χημεία Β΄ Γυμνασίου. Έκδοση Α, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ahtee M. & Varjola I. (1998), Students' understanding of chemical reaction, *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-316.

Andersson B. (1986), Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions, *Science Education*, 70(5), 549-563.

Boo H.K. (1998), Students' understanding of chemical bonds and the energetic of chemical reactions, *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581.

Boo H.K. & Watson J.R. (2000), Progression in high school students' (aged 16-18) conceptualizations about chemical reactions in solution, *Science Education*, 85(5), 568-585.

Calik M. & Ayas A. (2005), A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts, *Journal of Research of Science Teaching*, 42(6), 638-667.

Chiu, Mei-Hung (2007), A National Survey of Students' Conceptions of Chemistry in Taiwan, *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.

Hesse J.J. & Anderson C.W. (1992), Students' conceptions of chemical change, *Journal of Research of Science Teaching*, 29(3), 277-299.

Johnson P. (2000), Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change, *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737.

Johnson P. (2002), Children's understanding of substances, part 2: explaining chemical change, *International Journal of Science Education*, 24(10), 1037-1054.

Ozmen H. & Ayas A. (2003), Students' difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed system chemical reactions, *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 279-290.

Papageorgiou G., Grammaticopoulou M. & Johnson P.M. (2010), Should we teach primary pupils about chemical change?, *International Journal of Science Education*, 32(12), 1647-1664.

Solsona N., Izquierdo M. & de Jong O. (2003), Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change, *International Journal of Science Education*, 25(1), 3-12.

Stavridou H. & Solomonidou C. (1998), Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education, *International Journal of Science Education*, 20(2), 205-221.

Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις

Γκίτζια Βασιλική, Σάλτα Κατερίνα, Τζουγκράκη Χρύσα
Γυμνάσιο Τ.Λ. Γαυρίου Άνδρου, v_gitzia@yahoo.com
2ο Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Αθηνών, ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Η εννοιολογική κατανόηση στη χημεία περιλαμβάνει την ικανότητα του ατόμου να σκέφτεται σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο, καθώς και την ικανότητα να μεταφράζει τις αντίστοιχες χημικές αναπαραστάσεις. Στην παρούσα έρευνα εξετάσαμε την ικανότητα μαθητών Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου (N=466) και τριτοετών φοιτητών χημείας (N=86) να μεταφράζουν αναπαραστάσεις από το ένα επίπεδο της χημείας στο άλλο για τις βασικές έννοιες: *χημικό στοιχείο, χημική ένωση, στερεή κατάσταση, υδατικό διάλυμα και χημική αντίδραση*. Για την διεξαγωγή της έρευνας κατασκευάσαμε ένα ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ανοικτού τύπου. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα η ικανότητα μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν τις αναπαραστάσεις των τριών επιπέδων της χημείας είναι περιορισμένη και εξαρτάται από την υποκείμενη έννοια και το συνδυασμό των επιπέδων. Τόσο οι μαθητές όσο και οι φοιτητές είχαν την χαμηλότερη επίδοση στις μεταφράσεις των αναπαραστάσεων υδατικού διαλύματος και χημικής αντίδρασης, καθώς επίσης και στη μετάφραση μικροσκοπικών αναπαραστάσεων σε συμβολικές.

Abstract

Meaningful understanding in chemistry includes the ability to think at macroscopic, submicroscopic and symbolic level of chemistry, and the ability to translate between chemical representations. In this study we investigated the ability of 11th Grade students (N=466) and 3rd year chemistry students (N=86) to make translations from one level of chemistry to another for the basic concepts: *chemical element, chemical compound, solid state of matter, aqueous solution and chemical reaction*. Students' performance was measured by an instrument consisting of multiple choice and open-ended questions. Our results show that students' capacity to move across the three levels of chemistry is low and varies depending on the underlying concept and the combination of levels. Both high school and undergraduate students had lower performance in translations concerning the concepts aqueous solution and chemical reaction and in translating the submicroscopic representations into the symbolic ones.

Εισαγωγή

Η εννοιολογική κατανόηση των χημικών εννοιών είναι καθολικά αποδεκτό ότι περιλαμβάνει την ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται έννοιες σε συμβολικό, σε μικροσκοπικό και σε μακροσκοπικό επίπεδο και να μεταβαίνει από το ένα επίπεδο στο άλλο (Salta & Tzougraki 2011, Gilbert & Treagust 2009, Tsaparlis 2009, Wu & Shah 2004, Treagust et al. 2003, Hoffmann & Laszlo 1991). Η οπτικοποίηση των εννοιών στα τρία επίπεδα της χημείας γίνεται μέσω των αντίστοιχων χημικών αναπαραστάσεων. Η μετάφραση μεταξύ των χημικών αναπαραστάσεων δεν είναι μια απλή διεργασία, αλλά σχετίζεται με το μηχανισμό των αναλογικών συλλογισμών, ο οποίος περιλαμβάνει την αναγνώριση και τη μεταφορά μιας δομικής πληροφορίας από ένα γνωστό σύστημα (πηγή) σε ένα καινούριο και σχετικά άγνωστο (στόχος). Επομένως, η μετάφραση είναι μια διαδικασία επεξεργασίας πληροφοριών, η οποία απαιτεί την κατανόηση των χημικών εννοιών σε τέτοιο βαθμό ώστε ο μαθητής/φοιτητής αφενός να μπορεί να ερμηνεύσει τις πληροφορίες που παρέχει μια αναπαράσταση και αφετέρου να μπορεί να συμπεράνει τις πληροφορίες που απαιτούνται για να κατασκευάσει μια άλλη ισοδύναμη αναπαράσταση. Η ικανότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα μέτρο του βαθμού ουσιαστικής κατανόησης των χημικών εννοιών και άρα ένα στοιχείο ανατροφοδότησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Επιπροσθέτως, η ικανότητα μετάφρασης αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά της αναπαραστατικής ικανότητας κατά Kozma & Russell (2005) και της ικανότητας μεταοπικοποίησης κατά Gilbert (2005), οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση της χημείας.

Στην παρούσα έρευνα εξετάσαμε την ικανότητα μετάφρασης μεταξύ των χημικών αναπαραστάσεων και τη δυνατότητα μετάβασης από το ένα επίπεδο της χημείας στο άλλο σε μαθητές και προπτυχιακούς φοιτητές για μια σειρά θεμελιωδών χημικών εννοιών, οι οποίες είναι: το χημικό στοιχείο, η χημική ένωση, η στερεή κατάσταση, το υδατικό διάλυμα και η χημική αντίδραση. Οι μαθητές διδάσκονται τις παραπάνω έννοιες από τα πρώτα χρόνια της εκπαίδευσής τους και πάνω σε αυτές βασίζεται η μετέπειτα ανάπτυξη επιστημονικών εννοιών και πεδίων (οργανική χημεία, χημική ισορροπία, χημική κινητική, θερμοχημεία, οξειδοαναγωγή, στοιχειομετρία κτλ.).

Μεθοδολογία της έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη σε μαθητές Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου (ομάδα Ι) και σε προπτυχιακούς φοιτητές 3ου έτους Τμήματος Χημείας (ομάδα ΙΙ). Η επιλογή των μαθητών της ομάδας Ι έγινε διότι στη Β΄ τάξη του Λυκείου έχει ολοκληρωθεί πλήρως η διδασκαλία των βασικών εννοιών που επεδίωκε να εξετάσει η έρευνα. Αντίστοιχα, η επιλογή της ομάδας ΙΙ έγινε διότι στο 3ο έτος έχει προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό η εκπαίδευση των φοιτητών, ώστε να εκτιμήσουμε την εξέλιξη των ικανοτήτων τους. Το μέγεθος της ομάδας Ι ήταν 466 μαθητές από 10 Γενικά Λύκεια της Ελλάδας, εκ των οποίων 5 Λύκεια του νομού Αττικής, 1 Λύκειο του νομού Θεσσαλονίκης και 4 Λύκεια της υπόλοιπης Ελλάδας (ομάδα Ι). Την ομάδα ΙΙ αποτέλεσαν 86 φοιτητές του 6ου εξαμήνου σπουδών του Τμήματος Χημείας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Για τη διεξαγωγή της έρευνας κατασκευάσαμε ένα ερωτηματολόγιο, αποτελούμενο από 14 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και 1 ερώτηση ανοικτού τύπου, οι οποίες περιείχαν μακροσκοπικές, μικροσκοπικές και συμβολικές αναπαραστάσεις. Σε κάθε ερώτηση δόθηκε στους μαθητές/φοιτητές μία χημική αναπαράσταση σε ένα επίπεδο της χημείας (π.χ. συμβολικό) και ζητήθηκε από αυτούς να επιλέξουν ή να κατασκευάσουν μία ισοδύναμη αναπαράσταση σε κάποιο άλλο επίπεδο (π.χ. μικροσκοπικό). Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου, προηγήθηκε:

(Α) Προκαταρκτική διερεύνηση του τρόπου που αντιλαμβάνονται οι μαθητές τα είδη των αναπαραστάσεων που σκοπεύαμε να χρησιμοποιήσουμε μέσω ενός ερωτηματολογίου με ερωτήσεις ανοικτού τύπου, τα αποτελέσματα της οποίας βοήθησαν στην κατασκευή των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.

(Β) Πιλοτική έρευνα σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα (N=91) του ερευνητικού πληθυσμού με τις ερωτήσεις κλειστού τύπου, από τα αποτελέσματα της οποίας βελτιώθηκαν οι ερωτήσεις και το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Από το στατιστικό έλεγχο της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας αποκλείσαμε 4 ερωτήσεις για το δείγμα των μαθητών και μία ερώτηση για το δείγμα των φοιτητών, επειδή θεωρήθηκαν οριακά ως ακατάλληλες. Για τις υπόλοιπες ερωτήσεις οι τιμές που έλαβε ο δείκτης αξιοπιστίας Cronbach's Alpha είναι α_I=0,60 και α_{II}=0,80 για την ομάδα Ι και ΙΙ αντίστοιχα. Τα περιγραφικά στατιστικά για τα δύο δείγματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι απαντήσεις βαθμολογήθηκαν από δύο καθηγήτριες δευτεροβάθμιας και μία καθηγήτρια τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και υπήρξε συμφωνία 100%. Η ελάχιστη επίδοση των μαθητών και των φοιτητών ήταν μία σωστή απάντηση, ενώ η μέγιστη επίδοση των μαθητών ήταν 11 και των φοιτητών 14 σωστές απαντήσεις. Γενικά, η επίδοση μαθητών και φοιτητών ποικίλει ανάλογα με την υποκείμενη χημική έννοια και με το συνδυασμό των επιπέδων της χημείας που θα έπρεπε να συσχετιστούν. Παρακάτω περιγράφονται τα αποτελέσματα για κάθε χημική έννοια.

Πίνακας 1: Περιγραφικά στατιστικά της επίδοσης μαθητών και φοιτητών.

Δείγμα	Ερωτήσεις	Ελάχιστη επίδοση	Μέγιστη επίδοση	Μέσος όρος	Διακύμανση	Cronbach's Alpha
Μαθητές (N=466)	11	1	11	4,2	5,1	α_I=0,60
Φοιτητές (N=86)	14	1	14	10,3	8,6	α_{II}=0,80

Χημικό στοιχείο

Αναφορικά με την έννοια του χημικού στοιχείου εξετάστηκε η μετάφραση από το μικροσκοπικό στο μακροσκοπικό επίπεδο και η αντίστροφη, από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η πλειονότητα των μαθητών (89,3%) πέτυχε τη μετάφραση «μικρο→μακρο», ενώ μόνο το 55,5% πέτυχε την αντίστροφη. Η ανάλυση διασταύρωσης έδειξε ότι και τις δύο μεταφράσεις μπορούσε να επιτύχει το 49,6% των μαθητών.

Η επίδοση των φοιτητών στις μεταφράσεις των αναπαραστάσεων του χημικού στοιχείου είναι αρκετά υψηλή, με το 80,2% των φοιτητών να πετυχαίνει τη «μικρο→μακρο» μετάφραση και το 95,3% την αντίστροφη. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι το 17,4% φοιτητών επέλεξε λανθασμένα την εικόνα ενός λευκού στερεού (ανθρακικό ασβέστιο) ως μετάφραση της μικροσκοπικής αναπαράστασης χημικού στοιχείου (Εικόνα 1).

Οι λανθασμένες μεταφράσεις που προκύπτουν από τις αναπαραστάσεις που επέλεξαν μερικοί μαθητές είναι οι εξής: α) Αντιστοιχίζουν τη μικροσκοπική αναπαράσταση μίας ουσίας που αποτελείται από ένα είδος σφαιρών με ένα λευκό στερεό με μορφή σκόνης (ανθρακικό ασβέστιο). β) Αντιστοιχίζουν το στερεό μεταλλικό νάτριο με τη μικροσκοπική αναπαράσταση των ιοντικών ενώσεων της μορφής $(MA)_6$ που αναπαριστάται με δύο είδη σφαιρών. Δηλαδή, από τις αναπαραστάσεις δεν φαίνεται να έχουν την επιστημονική αντίληψη για τη σύσταση των χημικών στοιχείων.

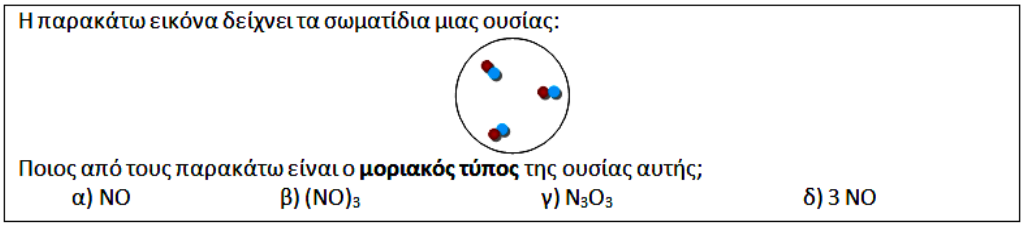
Εικόνα 1: Ερώτηση που αφορά στη μετάφραση «μικρο→μακρο» αναπαραστάσεων ενός χημικού στοιχείου.

Χημική ένωση

Αναφορικά με την έννοια της χημικής ένωσης εξετάστηκε η μετάφραση «συμβο→μικρο» και η αντίστροφη «μικρο→συμβο». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 61,8% των μαθητών μετέφρασε επιτυχώς το μοριακό τύπο μιας αέριας ουσίας στο αντίστοιχο είδος σωματιδίων, ενώ το αντίστροφο (Εικόνα 2) επετεύχθη μόνο από το 14,2%. Η ανάλυση διασταύρωσης έδειξε ότι και τις δύο μεταφράσεις ήταν σε θέση να επιτύχει το 9,0% των μαθητών. Στην περίπτωση που η μετάφραση «μικρο→συμβο» αφορούσε κρυσταλλικό πλέγμα, το ποσοστό επιτυχίας των μαθητών ανήλθε στο 65,7%. Οι επιδόσεις των φοιτητών ήταν πολύ καλύτερες των μαθητών, αλλά διέφεραν ανάλογα με το είδος της μετάφρασης και το είδος της χημικής ένωσης. Για μία αέρια μοριακή ένωση το 81,4% των φοιτητών μετέφρασε επιτυχώς μια συμβολική αναπαράσταση σε μικροσκοπική, ενώ για την αντίστροφη μετάφραση, «μικρο→συμβο» (Εικόνα 2), το ποσοστό των επιτυχόντων φοιτητών ήταν 59,3%. Ωστόσο, για το ίδιο είδος

μετάφρασης, «μικρο→συμβο», που αφορούσε μία ιοντική ένωση η επίδοση των φοιτητών ήταν υψηλότερη (89,5%).

Από τις λανθασμένες απαντήσεις των μαθητών αποκαλύπτεται η αντίληψή τους ότι στην αέρια κατάσταση τα άτομα μιας χημικής ένωσης δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους, δηλαδή ότι δεν υπάρχει χημικός δεσμός μεταξύ των ατόμων. Επίσης, αναδεικνύονται και δυσκολίες κατανόησης της χρήσης των συντελεστών και των δεικτών στους μοριακούς τύπους, καθώς και των συμβόλων των πολυατομικών ιόντων. Οι δυσκολίες αυτές και η παραπάνω αντίληψη για τις αέριες χημικές ενώσεις παρατηρούνται σε κάποιο βαθμό και στους φοιτητές.



Εικόνα 2: Ερώτηση που αφορά στη μετάφραση «μικρο→συμβο» αναπαραστάσεων μιας χημικής ένωσης.

Στερεή φυσική κατάσταση

Αναφορικά με την έννοια της στερεής φυσικής κατάστασης κατά τη μετάφραση «μικρο→μακρο» το 71,4% των μαθητών είχε την ικανότητα να συνδέσει την πυκνή διάταξη των σωματιδίων με ένα στερεό υλικό (Εικόνα 1). Κατά την αντίστροφη μετάφραση, «μακρο→μικρο», το ποσοστό επιτυχίας ήταν 87,3%. Στη μετάφραση «μικρο→συμβο» το 67,4% των μαθητών χρησιμοποίησε τη συμβολική αναπαράσταση με το δείκτη «s» στο μοριακό τύπο προκειμένου να συμβολίσει μία ουσία με πυκνή διάταξη σωματιδίων. Τα ποσοστά των μαθητών που πέτυχαν δύο από τις τρεις μεταφράσεις είναι τα εξής: «μικρο→μακρο» & «μακρο→μικρο» 63,7%, «μικρο→συμβο» & «μικρο→μακρο» 49,1%, «μακρο→μικρο» & «μικρο→συμβο» 60,1%, ενώ και τις τρεις μεταφράσεις πέτυχε το 44,8% των μαθητών. Σε μία άλλη ερώτηση δόθηκαν στους μαθητές τέσσερις τριάδες αναπαραστάσεων, που η κάθε μία περιλάμβανε μία μικροσκοπική, μία μακροσκοπική και μία συμβολική αναπαράσταση, και τους ζητήθηκε να επιλέξουν την τριάδα στην οποία απεικονίζεται η ίδια ουσία και στις τρεις αναπαραστάσεις (συσχετισμός «μακρο-μικρο-συμβο»). Τη σωστή απάντηση επέλεξε το 53,4% των μαθητών. Οι επιδόσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις για την έννοια της στερεής κατάστασης είναι πολύ υψηλές. Το 88,3% σημείωσε επιτυχία στη μετάφραση «μικρο→μακρο» (Εικόνα 1) και το 100,0% στην αντίστροφη μετάφραση «μακρο→μικρο». Επίσης, το 96,5% των φοιτητών πέτυχε τη μετάφραση «μικρο→συμβο» και το 88,4% μπορούσε να συσχετίσει και τα τρία επίπεδα της χημείας («μακρο μικρο-συμβο»).

Τα προβλήματα που αποκαλύφτηκαν από τις λανθασμένες αναπαραστάσεις που επέλεξαν οι μαθητές είναι τα εξής: α) Συσχετίζουν το χρώμα των σωματιδίων στις μικροσκοπικές αναπαραστάσεις με το χρώμα της ουσίας μακροσκοπικά, αγνοώντας την ποιοτική σύσταση και τη διάταξη των σωματιδίων. Η συσχέτιση αυτή μπορεί να συνδέεται με την αντίληψη των μαθητών ότι τα άτομα και τα μόρια διατηρούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των χημικών ουσιών των οποίων είναι δομικά συστατικά. Η αντίληψη σχετικά με το χρώμα των σωματιδίων φαίνεται να διατηρείται σε κάποιο βαθμό και στους φοιτητές. β) Συμβολίζουν μία ουσία με πυκνή διάταξη σωματιδίων χρησιμοποιώντας σε ένα μοριακό τύπο το δείκτη «g» αντί για το δείκτη «s».

Υδατικό διάλυμα

Στις μεταφράσεις που αφορούσαν υδατικά διαλύματα, οι μαθητές αντιμετώπισαν σημαντικές δυσκολίες. Οι μεταφράσεις «μικρο→μακρο» (Εικόνα 3) και «μικρο→συμβο»

επιτεύχθηκαν από το 29,4% και το 19,7% των μαθητών αντίστοιχα. Και οι δύο παραπάνω μεταφράσεις επιτεύχθηκαν μόνο από το 9,2% των μαθητών. Πολύ καλύτερες αλλά όχι ανάλογες με τις σπουδές τους, οι επιδόσεις των φοιτητών. Η μετάφραση «μικρο→μακρο» επετεύχθη από το 67,4% των φοιτητών, η αντίστροφη μετάφραση «μακρο→μικρο» από το 76,7%, η μετάφραση «συμβο→μικρο» από το 65,1% και η αντίστροφη μετάφραση «μικρο→συμβο» από το 64,0%.

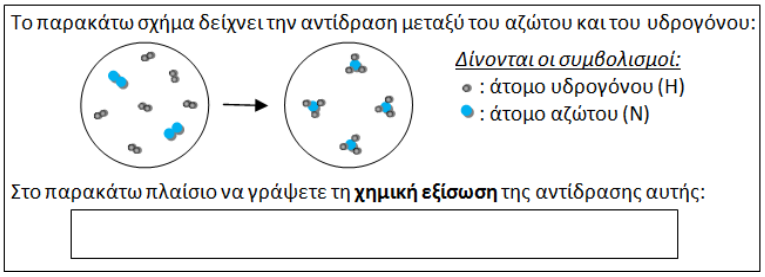
Εικόνα 3: Ερώτηση που αφορά στη μετάφραση «μικρο→μακρο» αναπαραστάσεων ενός διαλύματος.

Οι λανθασμένες αναπαραστάσεις που επιλέχθηκαν από τους μαθητές επιβεβαιώνουν την εναλλακτική ιδέα τους σχετικά με τη διατήρηση των μακροσκοπικών ιδιοτήτων στα σωματίδια. Επιπλέον, αποκαλύπτουν δυσκολίες των μαθητών: α) στη διάκριση μεταξύ των μικροσκοπικών αναπαραστάσεων υδατικών διαλυμάτων, ετερογενών μειγμάτων και χημικών ουσιών (η μικροσκοπική αναπαράσταση ενός υδατικού διαλύματος βρωμίου μεταφράζεται είτε σε ένα μίγμα θείου-σιδήρου είτε στο θειικό σίδηρο), β) στο συμβολισμό υδατικού διαλύματος χλωρίου (επιλέγεται σε μεγάλο ποσοστό η αναπαράσταση $Cl_2H_2O_{(aq)}$). Τα προβλήματα αυτά διατηρούνται και σε μεγάλο αριθμό φοιτητών.

Χημική αντίδραση

Η χημική αντίδραση ήταν η πιο δύσκολη έννοια για τους μαθητές. Μόνο το 21,0% των μαθητών μετέφρασε επιτυχώς μία μικροσκοπική αναπαράσταση στην αντίστοιχη συμβολική, το αντίθετο επετεύχθη από το 32,0%, ενώ τη μετάφραση από το μικροσκοπικό στο μακροσκοπικό επίπεδο μπορούσε να επιτύχει το 32,4% των μαθητών. Τα ποσοστά των μαθητών που πέτυχαν περισσότερες από μία μεταφράσεις είναι τα εξής: «μικρο→συμβο» & «συμβο→μικρο» 12,0%, «μικρο→συμβο» & «μικρο→μακρο» 10,5%, «μικρο→συμβο», «συμβο→μικρο» & «μικρο→μακρο» 6,9%.

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι πολλοί μαθητές έχουν βασικές παρανοήσεις ή έλλειψη γνώσεων για τις έννοιες της χημικής αντίδρασης και της χημικής εξίσωσης. Παρατηρείται μεγάλη σύγχυση σχετικά με την εφαρμογή της διατήρησης της μάζας και το ρόλο των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις. Σε μία ερώτηση ανοικτού τύπου, στην οποία δινόταν η μικροσκοπική αναπαράσταση μίας χημικής αντίδρασης και οι μαθητές έπρεπε να γράψουν μία αντίστοιχη χημική εξίσωση (Εικόνα 4), το 21,0% απάντησε σωστά, ενώ το 46,1% δεν απάντησε. Το 15,3% των μαθητών κατασκεύασε μία χημική εξίσωση στην οποία τηρούνταν η ισοστάθμιση της μάζας, αλλά ήταν λάθος ένας ή περισσότεροι από τους μοριακούς τύπους αντιδρώντων και προϊόντων. Το 3,4% των μαθητών έγραψε σωστά όλους τους μοριακούς τύπους, αλλά δεν διατήρησε τη μάζα. Το 6,9% έγραψε σωστά μερικούς μόνο μοριακούς τύπους και δεν διατήρησε τη μάζα και, τέλος, το 7,3% έκανε λάθος σε όλους τους μοριακούς τύπους και στην ισοστάθμιση της μάζας.



Εικόνα 4: Ερώτηση που αφορά στη μετάφραση «μικρο→συμβο» αναπαραστάσεων μιας χημικής αντίδρασης.

Η επίδοση των μαθητών για την αντίστροφη μετάφραση «συμβο→μικρο» ήταν επίσης χαμηλή: το 32,0% των μαθητών συσχέτισε σωστά τη χημική εξίσωση μίας αντίδρασης με την αντίστοιχη μικροσκοπική αναπαράσταση, το 51,1% επέλεξε μία μικροσκοπική αναπαράσταση στην οποία τηρήθηκε η ισοστάθμιση της μάζας, αλλά ήταν λάθος τουλάχιστον ένα από τα σωματίδια που απεικόνιζαν τα αντιδρώντα ή τα προϊόντα, ενώ το 17,6% επέλεξε μία αναπαράσταση στην οποία ήταν σωστά τα σωματίδια αντιδρώντων-προϊόντων αλλά ήταν λάθος η ισοστάθμιση της μάζας.

Η επίδοση των φοιτητών στην έννοια της χημικής αντίδρασης έχει ως εξής: Η μετάφραση «μικρο→συμβο» επετεύχθη από το 83,7%, η αντίστροφη «συμβο→μικρο» από το 74,4%, η μετάφραση «μακρο→μικρο» από το 51,2% και η αντίστροφη «μικρο→μακρο» από το 68,6% των φοιτητών. Τα προβλήματα που ανιχνεύτηκαν στους φοιτητές είναι τα παρακάτω: α) Ένα μικρό ποσοστό (7%) δεν ήταν σε θέση να γράψει καμία χημική εξίσωση που να εκφράζει μία δοθείσα μικροσκοπική αναπαράσταση (Εικόνα 4). β) Ισο ποσοστό (7%) δεν λαμβάνει υπόψη την διατήρηση της μάζας. γ) Αρκετοί φοιτητές (31%) δεν λαμβάνουν υπόψη τη φυσική κατάσταση όλων των αντιδρώντων και προϊόντων κατά τη μετάφραση «μικρο→μακρο» μιας χημικής αντίδρασης.

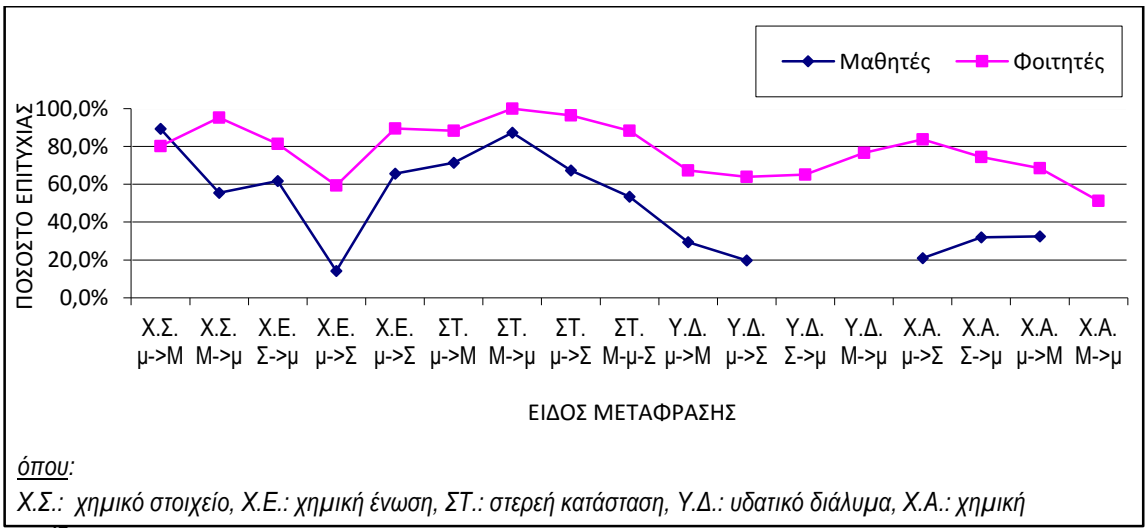
Συμπεράσματα και συζήτηση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που περιγράφτηκαν παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εξεταζόμενες έννοιες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενα σχολικά έτη, η ικανότητα μετάφρασης των μαθητών Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου θεωρούμε ότι είναι περιορισμένη. Το υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας που σημειώθηκε ήταν 89,3% στη μετάφραση «μικρο→μακρο» για ένα χημικό στοιχείο και το χαμηλότερο ήταν 14,2% στη μετάφραση «μικρο→συμβο» για μία χημική ένωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ικανότητα μετάφρασης των μαθητών εξαρτάται από την υποκείμενη χημική έννοια και από το συνδυασμό των επιπέδων μεταξύ των οποίων γίνεται η μετάφραση. Οι έννοιες που δυσκόλεψαν περισσότερο τους μαθητές είναι το υδατικό διάλυμα και η χημική αντίδραση, ενώ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στις έννοιες του χημικού στοιχείου και της στερεής φυσικής κατάστασης. Αναφορικά με τα επίπεδα μετάφρασης οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις μεταφράσεις από το μικροσκοπικό στο συμβολικό επίπεδο, όπου η επίδοσή τους κυμάνθηκε από 14,2% έως 67,4% ανάλογα με την έννοια. Αντίστοιχα η επίδοση των φοιτητών Χημείας 3ου έτους κυμάνθηκε από 100,0% στη μετάφραση «μικρο→μακρο» για τη στερεή φυσική κατάσταση έως 51,2% στη μετάφραση «μακρο→μικρο» για μία χημική αντίδραση. Με δεδομένο τις σπουδές των φοιτητών η επίδοσή τους δεν θεωρείται ικανοποιητική σε όλες τις μεταφράσεις. Όπως και στους μαθητές, η επίδοση των φοιτητών εξαρτάται από την εξεταζόμενη έννοια και από το συνδυασμό των επιπέδων μεταξύ των οποίων ζητείται η μετάφραση. Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις έννοιες του υδατικού διαλύματος και της χημικής αντίδρασης, ενώ είχαν καλή επίδοση στις έννοιες της στερεής φυσικής κατάστασης και του χημικού στοιχείου.

Με ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) βρέθηκε ότι είναι στατιστικά σημαντική η επίδραση της κατεύθυνσης σπουδών που έχουν επιλέξει οι μαθητές ($F=67,435$, $df(2, 459)$, $p<0,001$) στην

ικανότητά τους να μεταφράζουν μεταξύ των αναπαραστάσεων. Οι μαθητές της θετικής κατεύθυνσης πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους (p<0,001), ενώ η διαφορά μεταξύ των μαθητών θεωρητικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης δεν είναι στατιστικά σημαντική (p=0,212). Να σημειώσουμε ότι η έρευνα διεξήχθη στην αρχή της σχολικής χρονιάς, επομένως, τα επιπλέον μαθήματα στη χημεία κατεύθυνσης που είχαν παρακολουθήσει οι μαθητές της θετικής κατεύθυνσης ήταν πολύ λίγα και δεν έπαιξαν ρόλο στην επίδοσή τους. Σημαντική στατιστικά διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ των δύο φύλων, με τα αγόρια να έχουν καλύτερη επίδοση (F=7,666, df=464, p<0,05).

Όπως ήταν αναμενόμενο, η ικανότητα μετάφρασης των φοιτητών είναι καλύτερη συγκριτικά με τους μαθητές με εξαίρεση τη μετάφραση «μικρο→συμβο» για το χημικό στοιχείο, γεγονός που προκαλεί εντύπωση (Διάγραμμα 1). Ωστόσο, δεν ήταν αναμενόμενα ορισμένα προβλήματα που ανιχνεύθηκαν από τις απαντήσεις των φοιτητών, όπως για παράδειγμα η μη εφαρμογή του νόμου διατήρησης της μάζας στις χημικές αντιδράσεις, η άποψη ότι στις αέριες χημικές ενώσεις τα άτομα δεν συνδέονται μεταξύ τους, ότι στο αλατόνερο το χλωριούχο νάτριο βρίσκεται υπό μορφή μορίων κ.α.



όπου:

Χ.Σ.: χημικό στοιχείο, Χ.Ε.: χημική ένωση, ΣΤ.: στερεή κατάσταση, Υ.Δ.: υδατικό διάλυμα, Χ.Α.: χημική

Διάγραμμα 1: Σύγκριση της επίδοσης μαθητών - φοιτητών στις μεταφράσεις των χημικών αναπαραστάσεων των εξεταζόμενων εννοιών.

Μια από τις αιτίες για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και οι φοιτητές με την μετάφραση των διαφόρων αναπαραστάσεων είναι η χρήση τους στα σχολικά εγχειρίδια. Όπως διαπιστώθηκε από προηγούμενη έρευνα (Gkitzia, Salta & Tzougraki 2011) τα σχολικά βιβλία που μελετήθηκαν περιέχουν μεν σημαντικό αριθμό χημικών αναπαραστάσεων, όμως οι περισσότερες αναφέρονται σε συμβολικό και μακροσκοπικό επίπεδο και παρουσιάζουν διάφορες ελλείψεις, όπως για παράδειγμα ελλιπής επεξήγηση, ελλιπής σύνδεση με τις υποκείμενες έννοιες, ελλιπής επισήμανση της αντιστοιχίας μεταξύ αναπαραστάσεων της ίδιας έννοιας ή του ίδιου φαινομένου που αναφέρονται σε διαφορετικά επίπεδα της χημείας κ.α.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και συγκεκριμένα ο δείκτη αξιοπιστίας έδειξε ότι το ερωτηματολόγιο ταιριάζει περισσότερο στα χαρακτηριστικά των φοιτητών, οι οποίοι έχουν εντρυφήσει περισσότερο σε θέματα χημείας, συγκριτικά με τους μαθητές. Το παραπάνω στοιχείο συνηγορεί στην άποψη ότι η μετάφραση μεταξύ των χημικών αναπαραστάσεων δεν είναι μία απλή διαδικασία, αλλά προϋποθέτει γνώσεις, δεξιότητες και προπάντων την εννοιολογική κατανόηση των υποκείμενων εννοιών. Επίσης, όπως έδειξαν οι αναλύσεις διασταύρωσης, σε πολλές περιπτώσεις οι μαθητές/φοιτητές είναι σε θέση να επιτύχουν μία

μετάφραση (π.χ. «μικρο→συμβο»), αλλά αδυνατούν να επιτύχουν την αντίστροφη («συμβο→μικρο»).

Προκειμένου να βελτιώσουμε την εννοιολογική κατανόηση στη χημεία η διδασκαλία θα πρέπει να περιλαμβάνει χημικές αναπαραστάσεις και στα τρία επίπεδα, αλλά και μεταφράσεις μεταξύ αυτών. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις αναπαραστάσεις των χημικών ενώσεων, των διαλυμάτων και των χημικών αντιδράσεων, καθώς επίσης και στις μεταφράσεις από το μικροσκοπικό στο συμβολικό επίπεδο, από το συμβολικό στο μικροσκοπικό και από το μικροσκοπικό στο μακροσκοπικό, διότι σε αυτές τις περιπτώσεις οι μαθητές και οι φοιτητές αντιμετωπίζουν τις περισσότερες δυσκολίες.

Βιβλιογραφία

Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J.K. Gilbert (Eds), Visualization in science education, Springer, pp. 9-27.

Gilbert, J.K. & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In J. K. Gilbert, D. Treagust (Eds), Multiple representations in chemical education, Springer, pp. 1-8.

Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. Chemistry Education Research and Practice, 12, 5-14.

Hoffmann, R. & Laszlo, R. (1991). Representation in chemistry. Angewandte Chemie International Edition, 30, 1-16.

Kozma, R.B. & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J.K. Gilbert (Eds), Visualization in science education, Springer, pp. 121-146.

Salta, K. & Tzougraki, C. (2011). Conceptual versus algorithmic problem-solving: Focusing on problems dealing with conservation of matter in chemistry. Research in Science Education, 41, 587-609.

Treagust, D.F., Chittleborough G. & Mamiala, T.L. (2003). The Role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. International Journal of Science Education, 25 (11), 1353-1368.

Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. In J. K. Gilbert, D. Treagust (Eds), Multiple representations in chemical education, Springer, pp. 109-136.

Wu, H.K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. Science Education, 88, 465-492.

Συνεδρία 4: Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία Ι

Σωματιδιακά και δομικά μοντέλα της ύλης: Όψεις και απόψεις της διδακτικής για τη μάθηση και τη διδασκαλία τους

Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας, gtseper@cc.uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται διάκριση ανάμεσα στις σωματιδιακές έννοιες (που αναφέρονται σε συμπαγή χωρίς δομή σωματίδια) και στις δομικές έννοιες (που αναφέρονται στην ατομική και τη μοριακή δομή). Η σωματιδιακή φύση της ύλης (ΣΦΥ) είναι εξαιρετικώς σημαντική για τις φυσικές επιστήμες (φ.ε.) και κεντρική στα προγράμματα σπουδών των φ.ε. Αφού παρατεθούν οι θεωρούμενες ως ορθές/αποδεκτές επιστημονικές ιδέες για τη ΣΦΥ και τα μείζονα εμπόδια/εναλλακτικές ιδέες στη μάθησή της, γίνεται σύντομη αναφορά στη σχετική ερευνητική βιβλιογραφία της διδακτικής των φ.ε. Τελικός σκοπός είναι να γίνει επιλεκτική παρουσίαση υλικού από το υπό έκδοση βιβλίο «Concepts of Matter in Science Education (Έννοιες της Ύλης στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών) του εκδοτικού οίκου Springer.

Abstract

In this work, a distinction is first made between particulate (referring to compact structureless particles) and structural concepts (referring to atomic and molecular structure). The particle nature of matter (PNM) is extremely important to the disciplines of science, and central to school science curricula. After enumerating the acceptable scientific ideas about the PNM and the major impediments/alternative ideas in their learning, some important contributions from the relevant science education research literature are discussed. The ultimate goal is to make a selective presentation of material from collective volume "Concepts of Matter in Science Education", which is to be published by Springer.

Εισαγωγή

Ευθύς εξαρχής είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση ανάμεσα στις σωματιδιακές και στις δομικές έννοιες της ύλης. Στο ανασκοπούμενο βιβλίο, οι **σωματιδιακές έννοιες** αναφέρονται σε συμπαγή σωματίδια (π.χ. σαν σφαιρίδια) χωρίς περαιτέρω δομή, ενώ οι **δομικές έννοιες** αναφέρονται στην *ατομική και τη μοριακή δομή*.* Σύμφωνα με τον Bodner et al. (βλ. Παράρτημα), η Σωματιδιακή Φύση της Ύλης (ΣΦΥ) περιγράφει φαινόμενα από επιμέρους άτομα μέχρι τη νανοκλίμακα (~0.1 nm - 100 nm), ενώ τα μακροσκοπικά σώματα αναφέρονται σε μεγέθη > 1 μm. Τα άτομα και τα μόρια (0.1 nm -1 nm) καθώς και τα *υπατομικά σωματίδια* (ηλεκτρόνια, νετρόνια και πρωτόνια) κατατάσσονται στο *υπομικροσκοπικό επίπεδο*.

Η ΣΦΥ είναι (Lee et al., 1993):

Σημαντική για τις φυσικές επιστήμες (φ.ε.)

Ενιαιοποιεί τα διάφορα φαινόμενα

Αναπαριστά, προβλέπει και εξηγεί άλλα φαινόμενα.

* Να σημειωθεί ότι η χρήση σφαιρών για να αναπαριστούν διακεκριμένα σωματίδια - όπου τα σωματίδια μπορεί να είναι μόρια, ιόντα (μονο- και πολυατομικά) ή να αναπαριστούν άτομα σε αδρανή αέρια και σε μέταλλα – προκαλούν δυσκολίες αργότερα στους μαθητές να διακρίνουν την αναπαράσταση των ατόμων στη μοριακή δομή, όπου τα άτομα αναπαριστώνται επίσης με σφαίρες. Οι δυσκολίες αυτές επηρεάζουν τη μεταγενέστερη μάθηση των χημικών αντιδράσεων.

Εξάλλου, από εκπαιδευτική άποψη, η ΣΦΥ είναι:

Δομικός λίθος για τη μάθηση εντός ενός επιστημονικού πεδίου (Merritt & Krajcik, βλ. Παράρτημα).

Μια έννοια-κατώφλι παρέχουσα πρόσβαση στην κατανόηση άλλων θεμελιωδών εννοιών (Lee, et al. 1993).

Μια βασική έννοια (core concept) στα πρότυπα (standards) του περιεχομένου των φ.ε. (*National Science Education Standards* / National Research Council [NRC], 1996).

Οι παρακάτω θεωρούνται ως οι ορθές/αποδεκτές επιστημονικές ιδέες για τη ΣΦΥ (De Vos & Verdonk, 1996):

Η ύλη αποτελείται από σωματίδια.

Κίνηση: χαρακτηρίζει όλα τα σωματίδια - Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και μέσης κινητικής ενέργειας των σωματιδίων.

Αμοιβαία έλξη ανάμεσα σε δύο σωματίδια

Χαρακτηριστικά σωματιδίων στα αέρια

Χαρακτηριστικά σωματιδίων στα στερεά και στα υγρά.

Πολυάριθμες μελέτες στη διδακτική των φ.ε. (από τη δεκαετία του 1970) για την κατανόηση από τους μαθητές της ΣΦΥ έχουν αποκαλύψει φτωχή κατανόηση και μεγάλες εννοιολογικές δυσκολίες. Οι μελέτες αυτές έχουν ταυτοποιήσει τις **εναλλακτικές ιδέες** των μαθητών, οι οποίες συνιστούν συστηματικές **παρανοήσεις** που δεν συμφωνούν με τις παραδεκτές αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις. Η έρευνα έχει αναδείξει τα παρακάτω ως μείζονα εμπόδια (εναλλακτικές ιδέες) στη μάθηση της ΣΦΥ (Treagust et al., βλ. Παράρτημα):

Η ύλη θεωρείται σαν συνεχής.

Τα σωματίδια είναι σε επαφή το ένα με το άλλο (χωρίς κενό χώρο ανάμεσά τους).

Η ύλη είναι συνεχής και αποτελείται και από σωματίδια.

Τα σωματίδια μιας ουσίας κατέχουν τις μακρο-ιδιότητες της ουσίας.

Κάποιο υλικό (π.χ. αέρας) παρεμβάλλεται ανάμεσα στα σωματίδια.

Ένα διεθνές σεμινάριο (Lijnse et al., 1990) αφιερώθηκε στη σχέση των μακροσκοπικών φαινομένων με τα υπομικροσκοπικά σωματίδια και επιβεβαίωσε ότι πολλές από τις δυσκολίες των μαθητών οφείλονται σε ελλειμματική κατανόηση του ατομικού μοντέλου και στο πώς αυτό χρησιμοποιείται για να εξηγήσει τη φαινομενολογία και τους νόμους της χημείας. Οι Meheut και Chomat (1990) προσπάθησαν να διδάξουν σε μαθητές 13-14 χρονών πώς να δομήσουν ένα σωματιδιακό μοντέλο της ύλης με βάση μια ακολουθία πειραματικών δεδομένων, αρχίζοντας από τις ιδιότητες των αερίων (συμπίεση, διάχυση), προχωρώντας στα στερεά, και αφήνοντας τελευταία τα υγρά. Ο Millar (1990) έδωσε έμφαση στη χρήση καθημερινών εμπειριών, χρησιμοποιώντας π.χ. κομμάτι ρούχου (που κατασκευάζεται από ύφασμα, που είναι κατασκευασμένο από νήματα, που είναι με τη σειρά τους κατασκευασμένα από ίνες) για να κινηθεί από το μακρο- στο υπομικρο-επίπεδο.* Ο Millar προτιμά να ξεκινήσουμε από τα στερεά, αναβάλλοντας τη θεώρηση των αερίων για αργότερα, μιας και τα παιδιά χρειάζονται χρόνο για να αντιληφθούν ότι και τα αέρια είναι πραγματική ύλη. Να σημειωθεί ότι η ύπαρξη του κενού είναι απαραίτητη για να δικαιολογήσει την ασυνέχεια της ύλης, επομένως τη σωματιδιακή της φύση (Nussbaum, 1998). Επιπλέον το κενό επιτρέπει στα σωματίδια να κινούνται.

Παρακάτω γίνεται επιλεκτική παρουσίαση υλικού από το υπό έκδοση βιβλίο «Concepts of Matter in Science Education (*Έννοιες της Ύλης στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*) του εκδοτικού οίκου Springer (Tsaparlis & Sevian, 2013). Το βιβλίο συνιστά έναν συλλογικό τόμο, αποτελούμενο από 21 κεφάλαια/εργασίες, συν ένα εισαγωγικό και ένα καταληκτικό κεφάλαιο, και προήλθε από το Διεθνές Συμπόσιο "Particulate and Structural Concepts of Matter – A Science

* Η πρόταση ενός νήματος ως της «δομικής μονάδας» ενός υφάσματος (καθώς και ενός τούβλου ως της «δομικής μονάδας» του τοίχου ενός σπιτιού) ως αναλόγων της δομικής μονάδας της ύλης έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ερευνητικά από τον Τσαπαρλή (Tsaparlis 1989, Τσαπαρλής 1997).

Education Perspective" (*Σωματιδιακές και Δομικές Έννοιες της Ύλης από τη σκοπιά της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*) που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο Αθηνών από 5-8 Νοεμβρίου 2010, με διοργανωτές τον καθηγητή του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών Γεώργιο Καλκάνη και τον συγγραφέα της παρούσας εργασίας.

Μαθησιακές ακολουθίες για τη μάθηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης

Οι μαθησιακές ακολουθίες (ΜΑ) (learning progressions) ορίζονται ως *εμπειρικά τεκμηριωμένες περιγραφές των διαδρομών* που ακολουθούν οι μαθητές σε *εκτεταμένες χρονικές περιόδους*, προς την επίτευξη μιας ΑΝΩ ΑΓΚΙΣΤΡΩΣΗΣ (βλ. παρακάτω) της επιστημονικής γνώσης και/ή πράξης. Περαιτέρω, μια ΜΑ *καθορίζει τη σειρά και τους συνδυασμούς που οδηγούν σε εννοιολογικές αλλαγές*, συμπεριλαμβανομένων των βασικών μαθησιακών εμπειριών που πιθανόν είναι απαραίτητες.

«Εν αρχή ήν η ποσότητα ύλης» (Wiser, Frazier, & Fox, βλ. Παράρτημα)

Προτείνεται μια ΜΑ για το δημοτικό. Βασικές στη ΜΑ είναι οι *ανα-εννοιολογικοποιήσεις* (*reconceptualizations*) των μαθητών και το πώς αυτές συμβαίνουν. Μια ανα-εννοιολογικοποίηση είναι μια «βαθειά και θεμελιώδης αναδιοργάνωση ενός μεγάλου δικτύου γνώσεων που είναι σχετικές με την κατανόηση». Θεωρητικές δομές σε αυτήν την ΜΑ είναι οι βασικές έννοιες (*core concepts*) και οι βοηθητικές έννοιες ή έννοιες μοχλοί (*lever concepts*). Βασικές έννοιες δεν είναι μόνο οι έννοιες που υπεισέρχονται στον επιστημονικό ορισμό της ύλης (π.χ. η μάζα), αλλά και έννοιες όπως το βάρος. Μια βασική έννοια παραμένει ως βοηθητική έννοια για κάποιο χρόνο, ανάλογα με το πόσο χρόνο παίρνει η ανα-εννοιολογικοποίηση.

Πολλοί μικροί μαθητές πιστεύουν ότι τα άτομα και τα μόρια (καθώς και πολύ μικρά κομμάτια οιουδήποτε υλικού) δεν έχουν βάρος διότι δεν αισθανόμαστε ότι υπάρχουν (τα αισθανόμαστε σαν τίποτε). Αν τα πολύ μικρά πράγματα δεν έχουν βάρος, η ύλη ΔΕΝ μπορεί να αποτελείται αποκλειστικά από άτομα. Πράγματι, πολλοί μαθητές φαντάζονται ότι τα άτομα είναι ενσωματωμένα στην ύλη (είναι μέσα στην ύλη).

Παραδείγματα βασικών εννοιών: ΑΦΕΝΟΣ: μάζα, όγκος, πυκνότητα, καταστάσεις της ύλης (για την επιστημονική θεωρία καθεαυτήν). ΑΦΕΤΕΡΟΥ: υλικό, ποσότητα υλικού, βάρος, μέγεθος, σωματίδιο (για τη μάθηση της επιστημονικής θεωρίας).

Παραδείγματα βοηθητικών εννοιών: Αντικείμενο, μη στερεό, μέγεθος (νηπιαγωγείο – β΄δημοτικού). *Υλικό, ποσότητα υλικού, βάρος, μέγεθος (γ΄ - δ΄ δημοτικού). Στερεά και υγρά υλικά, σωματίδιο, και βαρύ ως προς το μέγεθος (ε΄ δημοτικού)*

Κάτω Άγκιστρο, Ενδιάμεσα Σκαλοπάτια, Άνω Άγκιστρο. Οι ιδέες των μικρών μαθητών συνιστούν το **κάτω άγκιστρο** (*lower anchor*) της ΜΑ. Οι συγγραφείς τοποθετούν την ΜΑ-τους ως μέρος της ΜΑ από νηπιαγωγείο έως γ΄ λυκείου, για την οποία η ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ είναι το **άνω άγκιστρο**. Έτσι αναφέρονται στο τελικό σημείο της ΜΑ για την ε΄ δημοτικού ως το **ενδιάμεσο σκαλοπάτι** *(stepping stone)* της ε΄ δημοτικού *προς την ατομική-μοριακή θεωρία.* Αναφέρονται επίσης στην κατάσταση του συστήματος στο τέλος της β΄ δημοτικού ως το *ενδιάμεσο σκαλοπάτι της β΄ δημοτικού*.

Ένα *ενδιάμεσο σκαλοπάτι* είναι μια νέα κατάσταση «σχετικής ισορροπίας», στην οποία το περιεχόμενο και η δομή είναι ριζικά διαφορετικά από το προηγούμενο ενδιάμεσο σκαλοπάτι (και) εννοιολογικά πλησιέστερα στην επιστημονική θεωρία από ό, τι το κάτω άγκιστρο».

Πώς αναπτύσσεται η κατανόηση μιας σωματιδιακής θεωρίας στους μαθητές (Johnson, βλ. Παράρτημα)

Ο Johnson περιγράφει την πρόοδο της μάθησης των μαθητών από την παρανόηση ότι η ύλη είναι συνεχής προς τρεις πιο σύνθετες τελικές απόψεις: Α) Τα σωματίδια βρίσκονται σε μια συνεχή ουσία, Β) Τα σωματίδια είναι η ουσία, αλλά έχουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, και Γ) Τα σωματίδια είναι η ουσία, και ΔΕΝ έχουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά.

Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις

Εφαρμογή της μεθόδου Monte Carlo για την προσομοίωση φυσικών φαινομένων (Kalkanis, βλ. Παράρτημα)

Τα φαινόμενα σε υπομικρο-επίπεδο είναι στοχαστικά και δεν μπορεί να περιγραφούν επακριβώς με έναν ντετερμινιστικό αλγόριθμο. Η στατιστική μεθοδολογία Monte Carlo περιλαμβάνει υπολογιστικούς αλγορίθμους που χρησιμοποιούν ακολουθίες τυχαίων αριθμών για να εκτελούν υπολογισμούς κι έτσι επιτυγχάνουν να κάνουν προσομοίωση των στοχαστικών συστημάτων. Ο Καλκάνης έχει χρησιμοποιήσει αυτή τη μεθοδολογία για εκπαιδευτικές εφαρμογές που προσφέρουν όχι μόνο ρεαλιστική όψη των λεπτομερειών ενός πολύπλοκου φυσικού συστήματος, αλλά επίσης προσφέρονται για διδασκαλία και μάθηση με διερεύνηση. Ειδικότερα, μελέτησε τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής στερεών, υγρών και αερίων και της μεταβολής φυσικής κατάστασης από στερεό σε υγρό και σε αέριο με αύξηση της θερμοκρασίας.

Ανασκόπηση μελετών προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων (Jones & Akaygun, βλ. Παράρτημα)

Η έρευνα επιβεβαιώνει ότι μοντέλα και εικόνες της μοριακής δομής και αντίστοιχων αλληλεπιδράσεων στο χαρτί ή στον μαυροπίνακα έχουν εκπαιδευτική αξία, ιδίως όταν συνδυάζονται με δραστηριότητες όπου οι μαθητές σχεδιάζουν τις δικές τους αναπαραστάσεις. Οι οπτικοποιήσεις γίνονται καλύτερα αντιληπτές όταν χρησιμοποιούνται φυσικά μοντέλα ή μοντέλα στον υπολογιστή. Από την άλλη, φαινόμενα στα οποία υπεισέρχονται κίνηση και χημικές διεργασίες μπορεί να αναπαρασταθούν καλύτερα με κινούμενα σχέδια. Σύμφωνα με τα ερευνητικά ευρήματα:

Μαθητές που είδαν κινούμενα σχέδια πέτυχαν υψηλότερα σκορ από μαθητές που είδαν ακίνητες εικόνες, ενώ δεν βρέθηκε αλληλεπίδραση με την αντίληψη του χώρου (όχι όμως και σε τεστ ικανότητας μεταφερσιμότητας της γνώσης).

Το να βλέπουν κινούμενα σχέδια οδήγησε σε υψηλότερες επιδόσεις τους μαθητές με υψηλή ικανότητα αντίληψης χώρου, ενώ οι μαθητές με χαμηλή τέτοια ικανότητα μπορεί να συναντούν δυσκολία να μεταφέρουν τη γνώση τους.

Τα κινούμενα σχέδια βοήθησαν τόσο τα αγόρια όσο και τα κορίτσια να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους, αλλά το κέρδος για τα κορίτσια ήταν σημαντικά μεγαλύτερο.

Γνωσιακές θεωρίες για τη μάθηση με πολυμέσα υποστηρίζουν ότι όταν οι μαθητές πρέπει να εστιάσουν την προσοχή τους σε αρκετά έργα ταυτόχρονα, ένα μέρος της εργαζόμενης μνήμης τους μπορεί να μην είναι διαθέσιμο για μάθηση (Mayer, 1997).

Χημικές αντιδράσεις, χημικά φαινόμενα

Εξηγήσεις των χημικών μεταβολών με βάση απλά δομικά μοντέλα (Papageorgiou, βλ. Παράρτημα)

Ο Παπαγεωργίου θέτει το ερώτημα: *Μπορεί τα απλά σωματιδιακά (δομικά) μοντέλα να προσφέρουν ικανοποιητικές εξηγήσεις στους νεαρούς μαθητές;* Για την απάντηση, διακρίνει τα παρακάτω τρία επίπεδα μοντέλων:

1ο επίπεδο: *Το ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ ως ένα σημαντικό είδος σωματιδίου και το ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΔΕΣΜΟΥ ως ένα είδος συγκράτησης ανάμεσα στα άτομα.*

2ο επίπεδο: *Το μοντέλο του Bohr, το ιοντικό μοντέλο, μοριακές και μη μοριακές ουσίες, ομοιοπολικός-ιοντικός-μεταλλικός κ.λπ. δεσμοί.*

3ο επίπεδο: *ατομικά και μοριακά τροχιακά.*

Ο Παπαγεωργίου συνιστά την εισαγωγή του 1ου επιπέδου ενωρίς, θεωρώντας ότι το δομικό μοντέλο του ατόμου και των δεσμών βοηθά τους μαθητές να εξηγήσουν τις χημικές μεταβολές με βάση τις μεταβολές στους δεσμούς: κατά τη διάρκεια των χημικών μεταβολών συμβαίνουν τόσο σχηματισμός όσο και καταστροφή δεσμών.

Άρρητες υποθέσεις στη συλλογιστική των μαθητών για τις ουσίες και τις αντιδράσεις (Talanquer, βλ. Παράρτημα)

Πολλές από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών φαίνεται να καθοδηγούνται και να περιορίζονται από κοινές υποκείμενες σιωπηρές υποθέσεις (**άρρητες υποθέσεις** / *implicit assumptions*) για τη φύση των πραγμάτων και των φαινομένων στον κόσμο μας, καθώς επίσης από την εφαρμογή μεσολαβητικών συλλογιστικών διαδικασιών (**ευρηματικοί τρόποι** /*heuristics*) που διευκολύνουν τη λήψη αποφάσεων υπό συνθήκες αβεβαιότητας (περιορισμένο χρόνο και περιορισμένη γνώση). Ειδικότερα φαίνεται ότι πολλοί μαθητές:

Αποδίδουν παρόμοιες ιδιότητες στα υπομικροσκοπικά συστατικά μιας ουσίας όπως και στο μακροσκοπικό δείγμα της ουσίας (*υπόθεση κληρονόμησης*).

Αντιλαμβάνονται τις χημικές αντιδράσεις ως διαδικασίες που προκαλούνται από:

α) *ενεργούς παράγοντες*, π.χ. ένα σπινθήρα ή ένα σπίρτο, ή κάποια άτομα ή μόρια που θεωρούνται ως πιο δραστικά σε ένα σύστημα, π.χ. λόγω υψηλότερης ηλεκτραρνητικότητας ή μεγαλύτερης πολικότητας,

β) *σκόπιμους παράγοντες*, με καλώς καθορισμένους σκοπούς (π.χ. θεωρούν ότι τα άτομα ή τα μόρια αντιδρούν προκειμένου να πετύχουν μια πιο σταθερή τελική κατάσταση, π.χ. πλήρη στιβάδα σθένους, χαμηλότερη ενέργεια ή να αποκαταστήσουν ισορροπία.

Χρήση ανθρωπομορφικού πλαισίου για την αντίληψη των χημικών φαινομένων (Taber & Adbo, βλ. Παράρτημα)

Οι μαθητές λυκείου στη Σουηδία χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό ανθρωπομορφική γλώσσα στις εξηγήσεις φαινομένων, όπως καταστάσεις της ύλης, μεταβολή φυσικής κατάστασης, διάλυση και χημικές αντιδράσεις: μιλούν για τις ανάγκες και τις επιθυμίες των ατόμων και των μορίων. Σημειώθηκαν πολλά παραδείγματα όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν ανθρωπομορφικές εξηγήσεις, χωρίς καμιά επιφύλαξη ότι αυτές μπορεί να μην είναι ικανοποιητικές (**ισχυρός ανθρωπομορφισμός**), όπως στην περίπτωση των ατόμων που «*έχουν ανάγκη*» να συμπληρώσουν την εξωτερική τους στιβάδα ηλεκτρονίων. Υπήρχαν όμως και περιπτώσεις όπου ο ανθρωπομορφισμός χρησιμοποιούνταν πρόχειρα, με τους μαθητές να μην είναι σίγουροι για τη σωστή εξήγηση (**ασθενής ανθρωπομορφισμός**).

Χημική δομή και χημικοί δεσμοί

Μια κοινή εναλλακτική επεξηγηματική αρχή για τις έννοιες: χημική σταθερότητα, μεταβολή και δεσμοί (Taber, βλ. Παράρτημα)

Οι μαθητές στο τέλος του λυκείου έχουν υιοθετήσει μια κοινή επεξηγηματική αρχή, ότι οι χημικές διεργασίες μπορεί να εξηγηθούν σε υπομικρο-επίπεδο με αναφορά στο ότι τα άτομα δρουν ώστε να αποκτήσουν συγκεκριμένες ηλεκτρονιακές δομές:

«Τα άτομα συμπληρώνουν τις στιβάδες τους»

«Συμπληρώνουν την εξωτερική τους στιβάδα με 8 ηλεκτρόνια»

«Αποκτούν δομή ευγενούς αερίου»

«Μοιράζονται τα ηλεκτρόνια που σχηματίζουν τον ομοιοπολικό δεσμό, και με τον τρόπο αυτό τα ηλεκτρόνια του δεσμού μετρούν στις στιβάδες σθένους και των δύο ατόμων, επιτρέποντας να έχουν και τα δύο συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα». ΑΥΤΟ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΤΟΣΟ ΩΣ ΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΣΜΟΥ, ΟΣΟ ΚΑΙ ΓΙΑ ΠΟΙΟ ΛΟΓΟ ΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΔΡΑ ΩΣ ΔΕΣΜΟΣ.

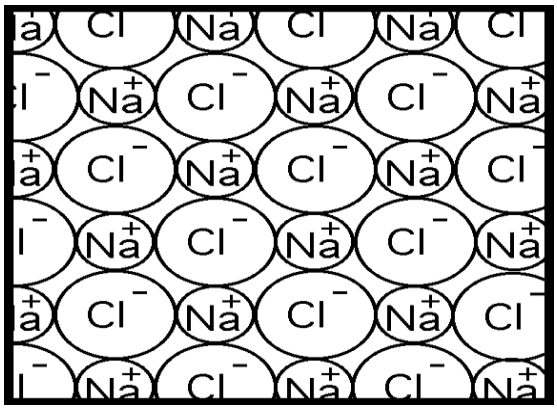
Ιοντικός δεσμός: Η βασική ιδέα είναι η *μεταφορά ηλεκτρονίων* ανάμεσα στα δύο συνδεόμενα άτομα του δεσμού. Πολλοί μαθητές έχουν υιοθετήσει ένα εναλλακτικό «μοριακό» πλαίσιο, με τέσσερα κοινά χαρακτηριστικά:

(α) Η *παρουσία μορίων* ή κάποιου είδους μορίων.

(β) Η *προϊστορία της δημιουργίας του δεσμού*: ένας ιοντικός δεσμός υπάρχει μόνο ανάμεσα στα δύο άτομα τα οποία συμμετέσχαν στην μεταφορά ηλεκτρονίου (-ων).

(γ) Η ερμηνεία με βάση το *σθένος*: ένα άτομο μπορεί να σχηματίσει *τόσους ιοντικούς δεσμούς* όσος είναι ο *αριθμός των ηλεκτρονίων* που μπορεί να *δωρήσει* ή να *δεχθεί* κατά τον σχηματισμό *ιόντος* με *πλήρη* την εξωτερική του στιβάδα.

(δ) Η *αντίληψη των δυνάμεων*. Υπάρχουν δύο είδη αλληλεπίδρασης στο ιοντικό πλέγμα: *ιοντικοί δεσμοί* (εκεί όπου συνέβη η μεταφορά ηλεκτρονίου/-ων) και οι «*απλώς δυνάμεις*» μεταξύ οιωνδήποτε *γειτονικών ιόντων* τα οποία «*δεν συνδέονται με δεσμό αφού ανάμεσά τους δεν συνέβη μεταφορά ηλεκτρονίων*» (βλ. Σχήμα 1).



Σχήμα 1: *Σε μια εικόνα διδιάστατης απεικόνισης της δομής (του κρυστάλλου) του NaCl, μερικοί μαθητές και φοιτητές θεωρούν κάποια ζεύγη ιόντων ότι συνδέονται μεταξύ τους με ιοντικό δεσμό, ενώ τα ίδια ιόντα απλώς έλκονται με ασθενέστερες δυνάμεις από άλλα εξίσου κοντά με αυτά αντιθέτως φορτισμένα ιόντα.*

Η μελέτη του Ινστιτούτου Weizmann στο Ισραήλ: *Μια εκ των κάτω προς τα άνω διδασκαλία του χημικού δεσμού* (Levy Nahum, Momlok-Naaman, & Hofstein, βλ. Παράρτημα)

Οι συγγραφείς θεωρούν πολύ σημαντική την επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως τα σχολικά βιβλία, στη διδασκαλία και τη μάθηση: ο τρόπος που τα βιβλία παρουσιάζουν τους χημικούς δεσμούς, σαν καθετί να είναι πολύ απλό και ξεκάθαρο, είναι απατηλός και παραπλανητικός. Ρόλο παίζουν και τα εξεταστικά συστήματα (εισαγωγικές εξετάσεις για πανεπιστήμια). Η υλοποίηση του προγράμματος περιέλαβε τρεις διαδοχικές φάσεις:

1η Φάση: *Διαγνωστική* (μαθητικές δυσκολίες και παρανοήσεις)

2η Φάση: *Ανάπτυξη μοντέλου* για τη διδασκαλία της έννοιας του δεσμού

3η Φάση: *Υλοποίηση* (το νέο διδακτικό μοντέλο δοκιμάστηκε σε ένα σχολείο (μελέτη περίπτωσης)

Ελήφθησαν υπόψη οι προτάσεις του Gillespie (1997): Όλοι οι χημικοί δεσμοί σχηματίζονται με ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των *θετικά φορτισμένων ατομικών σκελετών* και των *αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων σθένους*. / *Οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι οι μόνες σημαντικές δυνάμεις στη χημεία*. Οι δυνάμεις Coulomb και η ενέργεια σε ατομικό επίπεδο χρησιμοποιούνται για όλους τους τύπους χημικών δεσμών. Η εκ των κάτω προς τα άνω προσέγγιση περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

Αρχίζουν από ένα απομονωμένο άτομο (1ο στάδιο).

Κατόπιν συζητούν τις γενικές αρχές του δεσμού ανάμεσα σε δύο άτομα (2ο στάδιο).

Και τελικά χρησιμοποιούν τις γενικές αρχές για να αναπαραστήσουν τις διάφορες παραδοσιακές κατηγορίες χημικού δεσμού ως ακραίες περιπτώσεις σε μια συνεχή κλίμακα (3ο στάδιο).

Εφοδιασμένοι με αυτή τη γνώση, οι μαθητές μπορούν εν συνεχεία :

Να κατασκευάσουν μια συνεκτική κατανόηση διαφορετικών μοριακών δομών (4ο στάδιο)

Και να μελετήσουν τις ιδιότητές τους (*σχέση δομής και ιδιοτήτων*) (5ο στάδιο).

Ο ρόλος των μεσο-επιπέδων στις σχέσεις δομής-ιδιοτήτων (Meijer, Bulte, & Pilot, βλ. Παράρτημα)

Οι δομές των υλικών ερμηνεύονται ως συστήματα και υποσυστήματα με ιδιότητες. Τα υλικά δομούνται από μικρότερα δομικά στοιχεία (**υποσυστήματα/υπο-δομές**), τα οποία με τη σειρά τους δομούνται από χαμηλότερης κλίμακας δομικά στοιχεία. Η ιδιότητα της δομής μπορεί να εξηγηθεί με βάση την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε υπο-δομές.

Το παράδειγμα του ψωμιού και της ζύμης. Το ψωμί είναι η τελική καθορισμένη μορφή της ζύμης (μετά το ψήσιμο). Όταν οι επιστήμονες κάνουν επανηλειμμένως ζουμ μέσα στη ζύμη (με χρήση φωτός και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου), είναι σε θέση να διακρίνουν συγκεκριμένες δομές, όπως τα τοιχώματα των αέριων οπών, κλωστές, κόκκους ενσωματωμένους σε δίκτυα και τυλιγμένα μακρομόρια. Οι δομές αυτές είναι παραδείγματα ενδιάμεσων μεσοδομών σε κλίμακες μεταξύ 10^{-1} m και 10^{-7} m, και σχετίζονται με ιδιότητες όπως η ελαστικότητα των τοιχωμάτων των αέριων οπών στη ζύμη και στο ψωμί, η υφή ενός υφάσματος και η σκληρότητα ενός ρούχου.

Συνολικά, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν τρία παραδείγματα σύνδεσης δομών-ιδιοτήτων:

Από τη βιοχημεία: το φούσκωμα της ζύμης του ψωμιού.

Από τη χημεία πολυμερών: άκαμπτοι και ισχυροί τροχοί ποδηλάτων κατασκευασμένοι από poly-p-phenylenebenzo-bisoxazole (PBO).

Από την οργανική χημεία: η σταθερότητα του βενζολίου.

Διδασκαλία και μάθηση κβαντομηχανικών εννοιών (Tsaparlis, βλ. Παράρτημα)

Μελετήθηκαν οι απόψεις μαθητών και φοιτητών για τις αφηρημένες κβαντοχημικές έννοιες. Γίνεται ανασκόπηση των παρακάτω μελετών, που περιλαμβάνουν ανάλυση γραπτών εξετάσεων, απαντήσεις σε γραπτά ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις με μαθητές και φοιτητές.

Εννοιολογικές δυσκολίες φοιτητών χημείας (Tsaparlis, 1997)

Είναι οι κβαντοχημικές έννοιες κατάλληλες για μαθητές λυκείου; (Papaphotis & Tsaparlis , 2002)

Εννοιολογική έναντι αλγοριθμικής μάθησης των κβαντοχημικών εννοιών στο λύκειο (Papaphotis & Tsaparlis, 2008a, 2008b)

Εξηγήσεις και μοντέλα προπτυχιακών φοιτητών χημείας για βασικές κβαντοχημικές έννοιες (Stefani & Tsaparlis, 2009)

Προσπάθεια για εννοιολογική αλλαγή (Tsaparlis & Papaphotis, 2009).

Βρέθηκε ότι οι μαθητές της γ΄ λυκείου είχαν διαφορετική επίδοση σε εννοιολογικές ερωτήσεις που διέφεραν από τις συνήθεις ερωτήσεις *απλής ανάκλησης* ή *αλγοριθμικής εφαρμογής* που τίθενται στις εξετάσεις (Papaphotis & Tsaparlis, 2008a, 2008b). Η αλγοριθμική συμπεριφορά δεν προϋποθέτει εννοιολογική κατανόηση και αντιστρόφως. Η επίδοση πέφτει δραματικά στις εννοιολογικές ερωτήσεις.

Επιγραμματικά, οι εργασίες ανέδειξαν τα ακόλουθα μείζονα προβλήματα:

α) Επιμονή σε *ντετερμινιστικά μοντέλα του ατόμου*, που προέρχονται από την παλιά κβαντική θεωρία.

(β) Σύγχυση των *μοντέλων* και *θεωριών* και η *φτωχή κατανόηση* των *σύγχρονων κβαντικών εννοιών*, συμπεριλαμβανομένων και των μαθηματικών χαρακτηριστικών τους.

(γ) Δυσκολία *κατανόησης* και οι *παρανοήσεις*.

Προσπάθεια για εννοιολογική αλλαγή (Tsaparlis & Papaphotis, 2009, βλ. και Παπαφώτης & Τσαπαρλής, 2009). Η μελέτη έγινε μέσω συνεντεύξεων σε πρωτοετείς φοιτητές, με βάση μόνο τις γνώσεις τους από τη θετική κατεύθυνση του λυκείου. Στόχος μας ήταν να αλλάξουμε τις ιδέες των φοιτητών προς τις τρέχουσες πιθανοκρατικές, κβαντομηχανικές απόψεις (*εννοιολογική αλλαγή*). Στην ερώτηση π.χ. «*Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάστασή του έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s;*», μια αποδεκτή απάντηση ήταν «*Και βέβαια γιατί το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε. Πουθενά η πιθανότητα δεν είναι μηδενική. Απλά κοντά στον πυρήνα έχει τις περισσότερες πιθανότητες γύρω στα 90 με 97%*», ενώ μια μη αποδεκτή απάντηση ήταν: «*Λέω όχι και λέω ότι για να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου έξω από τον χώρο που ορίζεται τροχιακό 1s θα πρέπει να είναι σε διηγερμένη κατάσταση, γιατί γνωρίζουμε ότι κάθε τέτοια περιοχή ενός τροχιακού χαρακτηρίζεται και από μια συγκεκριμένη*

ενέργεια» Η μεθοδολογία εννοιολογικής αλλαγής αποδείχθηκε χρήσιμη για όλους τους φοιτητές, ανεξάρτητα από τις επιδόσεις τους σε παραδοσιακές γραπτές εξετάσεις.

Ιστορία και Φιλοσοφία της Επιστήμης

Αρχαίες και σύγχρονες αντιγνωμίες για την έννοια της ύλης και την ατομική θεωρία (Skordoulis & Koutalis, βλ. Παράρτημα)

Οι συγγραφείς αναφέρονται στο βιβλίο του Alan Chalmers (2009), θεωρώντας ότι «η ατομική θεωρία και η θέση της στην ιστορία της επιστήμης αποτελεί ακόμη θέμα συζήτησης». Στο βιβλίο του ο Chalmers κάνει ανασκόπηση του ατομισμού από τον Δημόκριτο μέχρι τον 20^{ο} αιώνα και υποστηρίζει ότι: «η ατομική θεωρία των αρχαίων, ως μια οντολογική θέση (μια φιλοσοφική θεωρία για τη σύσταση των σωμάτων), ελάχιστα ή καθόλου δεν συνδεόταν με την πειραματικώς υποστηριζόμενη σύγχρονη γενική ατομική θεωρία της ύλης. - Οι ιδιότητες των ατόμων ανακαλύφθηκαν με το πείραμα μάλλον παρά με φιλοσοφική ανάλυση. Το σύγχρονο άτομο έχει εσωτερική δομή, με πιο σημαντική την ηλεκτρονιακή δομή του»».

Κατά τους συγγραφείς, ο Chalmers έχει εν μέρει δίκιο και εν μέρει άδικο: Οι αρχαίοι φιλόσοφοι σκόπευαν πέρα από τα όρια της συνήθους εμπειρίας! «Ο Chalmers έχει δίκιο να υπογραμμίζει τον καθαρά υποθετικό χαρακτήρα της αντιγνωμίας των αρχαίων για τα άτομα και το κενό – ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΔΙΚΙΟ όμως να παρουσιάζει σαν στοιχείο διαφοροποίησης μεταξύ των υποθέσεων των αρχαίων και των τρεχουσών εκδοχών του ατομισμού το γεγονός ότι μερικές από τις ιδιότητες που οι πρώιμοι ατομιστές απέδωσαν στα άτομα προέρχονταν από την κοινή λογική - ότι τα άτομά τους ήταν, σε τελική ανάλυση, εξιδανικευμένες συγκρουόμενες πέτρες-μινιατούρες. Για τους συγγραφείς, η θεωρία του Λευκίππου και του Δημοκρίτου «ήταν η πρώτη αρχαία Ελληνική θεωρία που προτάθηκε με τον σαφή (αν μη τι άλλο) αναγνωρίσιμο σκοπό να ... πάμε πέρα από τα όρια της συνήθους εμπειρίας, χωρίς όμως να αρνούνται ό, τι επιβεβαιώνει η συνήθης εμπειρία».

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Τα περιεχόμενα του βιβλίου Concepts of Matter in Science Education

TABLE OF CONTENTS

Peter Fensham, Foreword

G. Tsaparlis & H. Sevian, Introduction: Concepts of matter – Complex to teach and difficult to learn

PART I: LEARNING PROGRESSIONS FOR TEACHING A PARTICLE MODEL OF MATTER

1) J, Merritt &J.Krajcik, Learning progression developed to support students in building a particle model of matter

2) P. Johnson, How students' understanding of particle theory develops: A learning progression

3) H. Sevian & M. Stains, Implicit assumptions and progress variables in a learning progression about structure and motion of matter

4) M. Wiser, K. Frazier & V. Fox, At the beginning was amount of material: A learning progression for matter for early elementary grades

PART II: STUDENTS' AND TEACHERS' MENTAL MODELS OF THE PARTICULATE NATURE OF MATTER

5) D. Treagust, A. L. Chandrasegaran, L. Halim, E. T. Ong, A. N. M. Zain & M. Karpudewan, Understanding of basic particle nature of matter concepts by secondary school students following an intervention program

6) M.-H. Chiu & S.-K. Chung, The use of multiple perspectives of conceptual change to investigate students' mental models of gas particles

7) C. Nakiboglu & K. S. Taber, The atom as a tiny solar system: Turkish high school students' understanding of the atom in relation to a common teaching analogy

8) E. Petridou, D. Psillos, E. Hatzidraniotis & M. Kallery, A study on the exploratory use of microscopic models as investigative tools: the case of electrostatic polarization

9) I. Eilks, Teacher pathways through the particulate nature of matter in lower secondary school Chemistry: Continuous switching between different models or a coherent conceptual structure?

10) F. Karatas, S. Unal, G. Durland & G. Bodner, What do we know about students' beliefs? Changes in students' conceptions of the particulate nature of matter from pre-instruction to college

11) A. Kahveci, Diagnostic assessment of student understanding of the particular nature of matter: Decades of research

PART III: EDUCATIONAL TECHNOLOGY

12) S. Akaygun & L. L. Jones, Dynamic visualizations: Tools for understanding particulate nature of matter

13) G. Kalkanis, From the scientific to the educational: Using Monte Carlo simulations of the microKosmos for science education by inquiry

PART IV: CHEMICAL REACTIONS, CHEMICAL PHENOMENA

14) G. Papageorgiou, Can simple particle models support satisfying explanations of chemical changes for young students?

15) V. Talanquer, How do students reason about chemical substances and reactions?

16) K. S. Taber & K. Adbo, Developing chemical understanding in the explanatory vacuum: Swedish high school students' use of an anthropomorphic conceptual framework to make sense of chemical phenomena

PART V: CHEMICAL STRUCTURE AND BONDING

17) T. L. Nahum, R. Mamlok-Naaman & A. Hofstein, Teaching and learning of the chemical bonding concept: Problems and some pedagogical issues and recommendations

18) K. S. Taber, A common core to chemical conceptions: learners' conceptions of chemical stability, change and bonding

19) M. R. Meijer, A. M. W. Bulte, & A. Pilot, Macro-Micro thinking with structure-property relations: Integrating 'meso-levels' in secondary education

20) G. Tsaparlis, Learning and teaching the basic quantum chemical concepts

PART VI: HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE

21) C. D. Skordoulis & V. Koutalis, Investigating the historical development of the concept of matter: Controversies about/in ancient atomism

22) G. Tsaparlis & H. Sevian, Toward a scientifically sound understanding of concepts of matter.

Παραπομπές

Παπαφώτης Γ. & Τσαπαρλής Γ. (2009). Είναι δυνατό να βρεθεί το ηλεκτρόνιο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάστασή του έξω από τον χώρο που ορίζεται ως τροχιακό 1s; Νοηματικές δυσκολίες μαθητών λυκείου για βασικές κβαντοχημικές έννοιες και προσπάθειες εννοιολογικής αλλαγής. Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «*Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*», σσ. 681-690. *(βλ. Κόμβο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, ΚοΔιΦΕΕΤ, http://www.kodipheet.gr)*

Τσαπαρλής, Γ. (1997). Οι ιδέες των καθηγητών των φυσικών επιστημών για τη φύση και τις ιδιότητες των μορίων. *Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις για Φυσικές Επιστήμες* (Έκδοση Ε.Ε.Φ.),, Τεύχος 2, 20-22.

Chalmers, A.F. (2009). *The scientist's atom and the philosopher's stone: How science succeeded and philosophy failed to gain knowledge of atoms. Boston Studies in the Philosophy of Science*, 279. Dordrecht / Heidelberg / London / New York: Springer.

de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 557-664.

Gillespie. R. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74, 862- 864.

Lee, O., Eichinger D. C., Anderson C. W., Berkheimer G. D. and Blakeslee T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching,* 30, 249-270.

Lijnse, P. L., Licht, P., DeVos, W., & Warlo, A. J. (Eds.) (1990). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*. Utrecht: CD-β Press.

Meheut, M. & Chomat, A. (1990). The bounds of children's atomimism; an attempt to make children build up a particulate model of matter. In *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles,* Lijnse, P. L., Licht, P., De Vos, W., Waarlo, A. J. (eds.), pp. 266-282. University of Utrecht: Utrecht Centre for Science and Mathematics Education.

Millar, R. (1990). Making sense: What use are particle ideas to children. In *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles,* Lijnse, P. L., Licht, P., De Vos, W., Waarlo, A. J. (eds.), pp. 283-293. University of Utrecht: Utrecht Centre for Science and Mathematics Education.

National Research Council [NRC]. (1996). National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press.

Nussbaum, J. (1998). History and philosophy of science and the preparation for constructivist teaching: The case of particle theory. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding - A human constructivist view* (Ch. 2). London: Academic Press.

Papaphotis G. & Tsaparlis G. (2002). Quantum-chemical concepts: are they suitable for secondary students? *Chemistry Education Research and Practice*, 3, 125-144.

Papaphotis G. & Tsaparlis G. (2008a). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: the case of basic quantum chemical concepts, Part 1. Statistical analysis of a quantitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 323-331.

Papaphotis G. & Tsaparlis G. (2008b). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: the case of basic quantum chemical concepts, Part 2. Students' common errors, misconceptions, and difficulties in understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 332-340.

Stefani Ch. & Tsaparlis G. (2009). Students' levels of explanations, models, and misconceptions in basic quantum chemistry: A phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 520-536.

Tsaparlis, G. (1989). What a single molecule does not look like – Two analogies and their effect on learning. Abstracts of papers of the *American Chemical Society*, 198: 176-Ched.

Tsaparlis G. (1997). Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. *Research in Science Education*, 27, 271-287.

Tsaparlis G. & Papaphotis G. (2009). High-school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: The case of basic quantum chemical concepts. *International Journal of Science Education*, 31, 895-930.

Tsaparlis G. & Sevian H. (Eds.) (2013). *Concepts of Matter in Science Education*. Springer.

Ανάλυση Οπτικών Αναπαραστάσεων του Μικρόκοσμου στα Σχολικά Βιβλία: Ο άξονας του Κυρίαρχου Εννοιολογικού Πλαισίου Αναπαριστώμενης Έννοιας

Βασίλης Αμαριωτάκης[1], Γιώργος Παπαγεωργίου[2] & Βάσω Σπηλιωτοπούλου[3]
[1]Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Πατρών, vassamari@yahoo.com
[2]ΠΤΔΕ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, gpapageo@eled.duth.gr
[3]Γενικό Τμήμα Παιδαγωγικών Μαθημάτων, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικών και Τεχνολογικών Μαθημάτων, spiliot@otenet.gr

Περίληψη

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι ο φαινομενογραφικός προσδιορισμός αξόνων ανάλυσης των οπτικών αναπαραστάσεων του μικρόκοσμου στα σχολικά βιβλία με στόχο την παραγωγή γενικευμένων περιγραφών των χαρακτηριστικών τους. Κεντρικού ενδιαφέροντος είναι το σύστημα κατηγοριών να είναι κατάλληλο για τη μελέτη ενός μεγάλου αριθμού οπτικών αναπαραστάσεων διαφορετικών θεματικών ενοτήτων και διαφορετικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών της τελευταίας εικοσαετίας, που θα αποκαλύψει τάσεις στην αναπαράσταση και τη διδασκαλία του μικρόκοσμου. Σε μια διεξοδική παρουσίαση ενός εκ των αξόνων αυτών, οι κατηγορίες του και τα δεδομένα από την ποσοτική επεξεργασία αναμένονται να δώσουν πληροφορίες για το ποια οντολογικά χαρακτηριστικά του μικρόκοσμου αναδεικνύονται στην εξεικόνισή του και μπορούν να οδηγήσουν σ' έναν στοχασμό για τη σημασία τους στη μάθηση και τη διδασκαλία.

Abstract

In this study, a number of school science textbooks is analyzed in order to determine particular axes of analysis for their microcosm's visual representations. The emphasis is on the methodology of their analysis and the formation of a general scheme describing all the characteristics of these representations. It is of great importance, this scheme to be general enough in order to comprise a big number of images, including those of various science textbooks of the last two decades, as well as to reveal contemporary tendencies in teaching the micro cosmos. In particular, one of the axes, namely that of the 'dominant conceptual framework', is presented in details. Its categories and the results of their qualitative analysis are discussed.

Εισαγωγή

Η «Δομή της Ύλης» αποτελεί μια ενότητα της οποίας η διδασκαλία έχει ιδιαίτερη σημασία για τις Φυσικές Επιστήμες. Μάλιστα, στα σχολεία των ΗΠΑ η διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας κατέχει ιδιαίτερη θέση στο αναλυτικό τους πρόγραμμα, αφού η ορθή κατανόηση των θεμάτων της συγκεκριμένης ενότητας αφορά όρους και έννοιες που ο μαθητής θα συναντήσει σε διάφορα κεφάλαια τόσο της Χημείας, όσο και της Φυσικής ή και της Βιολογίας. Ιδιαίτερα, η κατανόηση σχεδόν κάθε έννοιας της χημείας (π.χ. διάλυση ουσιών, χημικός δεσμός, χημική εξίσωση) σχετίζεται με τις θεμελιώδεις έννοιες της δομής της ύλης (Adadan et al. 2009). Αν και σήμερα η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει τόσο στο διδάσκοντα των αντίστοιχων μαθημάτων, όσο και στο διδασκόμενο, να εξερευνήσουν τη δομή της ύλης σε μια ευρεία κλίμακα μεγεθών από το μακρο-επίπεδο έως το νανο-επίπεδο μέτρησης, η διδασκαλία των εννοιών αυτών κρίνεται ιδιαίτερα δύσκολη αφού τα φαινόμενα και οι έννοιες που διδάσκονται είναι εξαιρετικά σύνθετα και συνήθως όχι απευθείας ορατά. Ειδικά οι οπτικές αναπαραστάσεις (Ο.Α.) της σωματιδιακής υφής της ύλης φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση πολλών σχετικών με το μικρόκοσμο εννοιών. Αυτό σημαίνει ότι για τη διδακτική αξιοποίηση των Ο.Α., αφενός χρειάζεται να λάβουμε υπόψη τα χαρακτηριστικά των αναπαραστάσεων, αφετέρου, απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός της χρήσης τους, είτε από το συγγραφέα του βιβλίου, είτε από τον εκπαιδευτικό, είτε και από τους δύο (Παπαγεωργίου κ.α. 2008). Η ανάλυση και μελέτη των Ο.Α. των σχολικών βιβλίων, επομένως, μπορεί να προσφέρει σε αυτές τις κατευθύνσεις σημαντικές πληροφορίες.

Οι οπτικές αναπαραστάσεις του μικρόκοσμου στα σχολικά βιβλία

Τις τελευταίες δεκαετίες, ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει εξετάσει με διαφορετικούς τρόπους τα σχολικά βιβλία και τη χρήση τους μέσα στη σχολική αίθουσα. Σε αρκετές από αυτές έχει εξετασθεί η χρήση των βιβλίων ως προς το ρόλο τους σε εννοιολογικό επίπεδο (π.χ. επίπεδο εννοιολογικής δυσκολίας, επίδρασης στην κατανόηση των μαθητών, πηγή παρανοήσεων των μαθητών ως προς τις επιστήμες) (Tulip & Cook 1993) και ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους (π.χ. δομή κειμένου, εικονογράφηση, παραδείγματα ή προβλήματα ή δραστηριότητες που περιέχουν). Η ανάλυση των σχολικών βιβλίων των Φυσικών Επιστημών μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες, όχι μόνο σχετικά με τις τάσεις για την κατασκευή και διάδοση της επιστημονικής γνώσης, αλλά και για τη διδασκαλία και μάθησή τους (Souza & Porto 2012).

Στα βιβλία των Φυσικών Επιστημών περιέχεται ένας μεγάλος αριθμός Ο.Α. (Pozzer-Ardenghi & Roth 2004) στις οποίες υπάρχει ένας ακόμα μεγαλύτερος αριθμός διαφορετικών σημείων (signs) που πρέπει να μεταφραστούν από τους μαθητές. Στην περίπτωση του μικρόκοσμου, αυτά φαίνεται να παίζουν ακόμη πιο σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των σχετικών εννοιών, καθώς μπορούν να βοηθήσουν το μαθητή να αναπτύξει τη φαντασία του και να εμπλουτίσει τα εννοιολογικά του σχήματα για τις μικροσκοπικές καταστάσεις της ύλης. Από την άλλη μεριά όμως, ένας όχι ιδιαίτερα προσεκτικός σχεδιασμός τους μπορεί να τον οδηγήσει σε λανθασμένες εντυπώσεις για το μικρόκοσμο (Παπαγεωργίου κ.α. 2008). Με βάση τις δύο παραπάνω διαφορετικές όψεις, κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη ενός συστήματος ανάλυσης των Ο.Α. του μικρόκοσμου, με το οποίο θα μπορέσουμε να παρουσιάσουμε το πολυσύνθετό τους, να κατανοήσουμε καλύτερα το ρόλο τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και να αναδείξουμε την ανάγκη για τον προσεκτικότερο σχεδιασμό τους.

Γενικά, δεν υπάρχουν αποδεκτοί άξονες ανάλυσης και έτσι, έχουν υιοθετηθεί διαφορετικές προσεγγίσεις. Στη διεθνή βιβλιογραφία η ταξινόμηση των οπτικών αναπαραστάσεων γίνεται κυρίως με σημειολογικά- εικαστικά κριτήρια (Χαλκιά & Θεοδωρίδης 2002). Έτσι, μια αναπαράσταση μπορεί να αναλυθεί ως προς την εξειδίκευση του περιεχομένου της (ταξινόμηση), την κοινωνικο-παιδαγωγική σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ του μηνύματος που μεταφέρει και του αναγνώστη (διαμόρφωση), καθώς το βαθμό με τον οποίο τα εξωτερικά χαρακτηριστικά μιας αναπαράστασης εκφράζουν τις βαθύτερες έννοιες της (τυπικότητα) (Dimopoulos, Koulaidis & Sklaveniti 2003). Οι Souza και Porto (2012) κατηγοριοποίησαν τις Ο.Α. που ανέλυσαν σε 9 κατηγορίες λαμβάνοντας υπ' όψη μόνο το περιεχόμενο τους, ενώ παρέβλεψαν πτυχές των αναπαραστάσεων που σχετίζονται με τη σημασιολογία τους. Οι Παπαγεωργίου, κ.α. (2008) διέκριναν τρεις άξονες ανάλυσης: τον επικοινωνιακό που σχετίζεται με τα κύρια μηνύματα που αυτή η Ο.Α. αναδεικνύει, τον διδακτικό που σχετίζεται με το γνωστικό αντικείμενο που εξυπηρετεί και τον επιστημονικό, που σχετίζεται με την επιστημονική ορθότητα των όσων παρουσιάζει η οπτική αυτή αναπαράσταση. Μια άλλη διάκριση των Ο.Α. βιβλίων Βιολογίας και Χημείας αφορά σε μακροσκοπικές, σε μικροσκοπικές και σε συμβολικού επιπέδου (Gabel 1998, Wu et al. 2001), ενώ στη μελέτη των Αμαριωτάκη, κ.α. (2007) οι αναπαραστάσεις κατηγοριοποιήθηκαν και μελετήθηκαν ως προς 4 άξονες (το είδος της αναπαράστασης, το περιεχόμενο, τη λεζάντα και το σκοπό της χρήσης κάθε μιας), υιοθετώντας κάποιες διακρίσεις προηγούμενων ερευνητών (Pozzer & Roth 2003). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια προσπάθεια αναζήτησης αξόνων ανάλυσης (και ταξινόμησης) ειδικά των Ο.Α. του μικρόκοσμου στα σχολικά βιβλία Φυσικών Επιστημών Γυμνασίου, με στόχο την κατανόηση των χαρακτηριστικών και του ρόλου τους στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η ταυτότητα της έρευνας

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου ερευνητικού σχεδίου για την ανάλυση των Ο.Α. του μικρόκοσμου στα σχολικά βιβλία Χημείας και Φυσικής του Γυμνασίου και Λυκείου. Ειδικότερα, τα βιβλία που έχουν μελετηθεί μέχρι τώρα, αφορούν βιβλία Γυμνασίου (Πίνακας 1), έχουν συνταχθεί από διαφορετικές συγγραφικές ομάδες, διαφέρουν ως προς τη φιλοσοφία και τη δομή ενοτήτων ή σελίδων και έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία 20 χρόνια στη διδασκαλία.

Πίνακας 1. Σχολικά βιβλία των οποίων οι οπτικές αναπαραστάσεις του μικρόκοσμου μελετήθηκαν

1. Θ. ΦΡΑΣΣΑΡΗ, Π. ΔΡΟΥΚΑ-ΛΙΑΠΑΤΗ. Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, ΙΒ΄ Έκδ., 1993
2. Τ. ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ, Κ. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ, Ν. ΠΡΟΒΗΣ, Ν. ΣΠΥΡΕΛΛΗΣ, Δ. ΧΗΝΙΑΔΗΣ. Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, Α΄ Έκδοση, 1997.
3. Σ. ΑΒΡΑΜΙΩΤΗΣ, Β. ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ. ΚΑΠΕΛΩΝΗΣ, Π. ΣΙΝΙΓΑΛΙΑΣ, Δ. ΣΠΑΝΤΙΝΙΔΗΣ, Α. ΤΡΙΚΑΛΙΤΗ, Γ. ΦΙΛΟΣ. Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, Α' Έκδοση, 2007.
4. Τ. ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ, Κ. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ, Ν. ΠΡΟΒΗΣ, Ν. ΣΠΥΡΕΛΛΗΣ, Δ. ΧΗΝΙΑΔΗΣ. Χημεία Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, Α΄ Έκδοση, 1998.
5. Π.ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, Π. ΠΑΠΑΘΕΟΦΑΝΟΥΣ, Φ. ΣΙΔΕΡΗ. Χημεία Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, Δ΄ Έκδοση, 2010.
6. Α. ΖΕΝΑΚΟΣ, Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ, Α. ΣΟΙΝΑΣ. Φυσική Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα, Α΄ Έκδοση, 1994

Η ανάλυση των δεδομένων στηρίζεται στη Θεμελιωμένη Θεωρία (Grounded Theory), η οποία διαμορφώνεται με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται συστηματικά στο χώρο του κοινωνικού φαινομένου το οποίο ερευνάται (Strauss & Corbin, 1998), ενώ το φαινομενογραφικό θεωρητικό πλαίσιο (Marton, 1986) διέπει τη μεθοδολογία ανάλυσης. Ως κατάλληλη μεθοδολογία επιλέγεται η ποιοτική επαγωγική ανάλυση περιεχομένου (inductive content analysis) (Mayring, 2000) που στοχεύει στην αντικειμενική, συστηματική και ποσοτική περιγραφή του φανερού περιεχομένου της επικοινωνίας γραπτού ή προφορικού λόγου. Στην προσέγγιση αυτή, κεντρικού ενδιαφέροντος είναι η παραγωγή κατηγοριών όσο το δυνατόν πιο κοντά στα δεδομένα υπό ανάλυση, ενώ οι παραγόμενες κατηγορίες θεωρούνται ότι εκφράζουν τη σχέση του αναλύοντα με τα αναλυόμενα δεδομένα. Συγκεκριμένα, στοχεύουμε να παρουσιάσουμε την ποιοτική ανάλυση των Ο.Α. που περιλαμβάνονται σε ενότητες των σχολικών βιβλίων που αναφέρονται σε ενότητες που σχετίζονται με έννοιες και φαινόμενα του μικρόκοσμου. Επιπλέον η τεχνική των συστημικών δικτύων (Bliss, Monk & Ogborn, 1983) χρησιμοποιείται, όχι μόνο για να παρουσιάσουμε τη δομή των κατηγοριών που προέκυψαν, αλλά και ως αναλυτικό εργαλείο για τη διαμόρφωση και οργάνωση των κατηγοριών ανάλυσης. Οι διάφορες κατηγορίες και υποκατηγορίες προέκυψαν από την συνεχή και αναδρομική ανάλυση των ερευνητικών μας δεδομένων, ενώ η εγκυρότητά τους ελέγχθηκε από τρεις ερευνητές. Μονάδα ανάλυσης είναι η κάθε Ο.Α. με τη λεζάντα που τη συνοδεύει. Το κυρίως κείμενο που συνοδεύει κάθε Ο.Α. λαμβάνεται υπόψη, αλλά αναλύεται από την πλευρά της Ο.Α. και μόνο.

Αποτελέσματα ανάλυσης των Οπτικών Αναπαραστάσεων του μικρόκοσμου

Από τη μελέτη των Ο.Α. του μικρόκοσμου στα υπό διερεύνηση βιβλία, προέκυψαν οι παρακάτω πέντε άξονες ανάλυσης:

α) Ο πρώτος άξονας εξετάζει κάθε Ο.Α. σε ποια *επιστημονική ενότητα εντάσσεται*. Ως τέτοια χαρακτηρίστηκε γενικά κάθε θεματική ενότητα που διαπραγματεύεται τις ίδιες έννοιες και όχι αυτές που το κάθε σχολικό βιβλίο χαρακτηρίζει με σχετικές επικεφαλίδες.

β) Ο δεύτερος άξονας αναφέρεται στο *κυρίαρχο εννοιολογικό πλαίσιο* κάθε Ο.Α., όπως γίνεται αντιληπτό από τους ερευνητές υπό το πρίσμα της φαινομενογραφικής προσέγγισης. Ως τέτοιο θεωρούμε την έννοια ή τις έννοιες οι οποίες κυρίως αναδεικνύονται στην Ο.Α. και όχι απαραίτητα αυτό που αντιλαμβάνεται ο μαθητής διαβάζοντας την έννοια που θα ήθελε η συγγραφική ομάδα να γίνει αντιληπτή από τους αναγνώστες.

γ) Ο τρίτος άξονας ανάλυσης μελετά τα *χαρακτηριστικά της ίδιας της αναπαράστασης*. Πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά ως προς τα οποία αναλύθηκαν οι Ο.Α. είναι: ο τύπος, η επικοινωνιακή πλευρά, ο αριθμός διαστάσεων που απεικονίζονται, ο βαθμός συνθετότητας και η ύπαρξη και ποιότητα συνοδευτικού κειμένου .

δ) Ο τέταρτος άξονας εξετάζει τη *σχέση των Ο.Α. με το κείμενο που τις περιβάλει*. Για να μπορέσει να γίνει ανάλυση των Ο.Α. με βάση αυτόν τον άξονα, μελετήθηκαν τα κείμενα που βρίσκονται στην ίδια διδακτική ενότητα με τις αντίστοιχες Ο.Α.

ε) Ο πέμπτος άξονας αναφέρεται στα *διδακτικά χαρακτηριστικά* των Ο.Α. Επισημαίνουμε ότι η ταξινόμηση των Ο.Α. ως προς τον άξονα των διδακτικών χαρακτηριστικών έγινε με βάση μόνο τη διδακτική 'πρόθεση' και όχι κατά πόσο αυτή επιτελείται ικανοποιητικά. Επίσης, θα πρέπει να τονίσουμε πως τα διδακτικά χαρακτηριστικά κάθε Ο.Α. σχετίζονται με το πλαίσιο στο οποίο εντάσσονται, ενώ η ίδια εικόνα μπορεί από εγχειρίδιο σε εγχειρίδιο να έχει διαφορετικό διδακτικό ρόλο.

Το σχήμα κατηγοριών για το δεύτερο άξονα: Το κυρίαρχο εννοιολογικό πλαίσιο

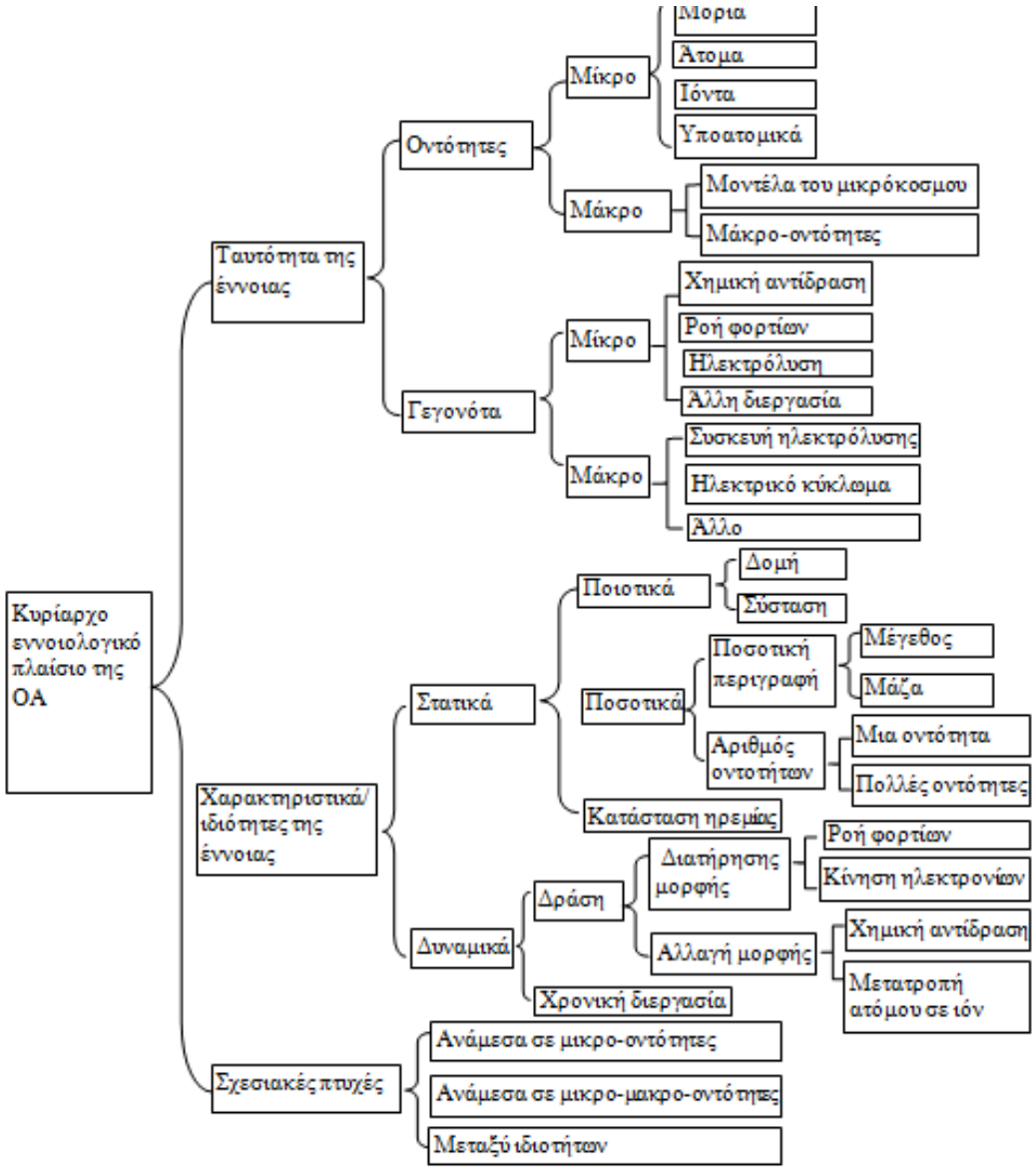
Στη συνέχεια, επιλέγουμε να παρουσιάσουμε αναλυτικά το σχήμα κατηγοριών που προέκυψε για το δεύτερο άξονα ανάλυσης, αυτόν δηλαδή που εξετάζει το κυρίαρχο εννοιολογικό πλαίσιό της. Το συστημικό δίκτυο που προέκυψε για τον άξονα αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Ειδικότερα, διακρίναμε 3 διαστάσεις, ως προς τις οποίες γίνεται η ανάλυση: α) την ταυτότητα της έννοιας β) τα χαρακτηριστικά/ιδιότητες της έννοιας γ) τις σχεσιακές πτυχές των εννοιών. Έτσι, αναλυτικά σε μια οπτική αναπαράσταση μπορούμε να διακρίνουμε:

α. *Την ταυτότητα της έννοιας*. Η διάσταση 'ταυτότητα της έννοιας' έχει διττή σημασία. Χρησιμοποιείται για την περιγραφή τόσο των 'οντοτήτων', όσο και των 'γεγονότων' τα οποία αναπαρίστανται. Ειδικότερα, ως οντότητα χαρακτηρίζεται κάθε αναπαράσταση της ύλης η οποία σε μικροσκοπικό επίπεδο μπορεί να είναι μόρια, άτομα, ιόντα, καθώς και υποατομικά σωματίδια, ενώ σε μακροσκοπικό επίπεδο μπορεί να αναφέρεται σε μοντέλα αναπαράστασης του μικρόκοσμου ή σε αντικείμενα του μακρόκοσμου. Ως γεγονός σε μικροσκοπικό επίπεδο περιγράφεται κάθε σειρά ενεργειών που γίνονται βαθμιαία, δηλαδή, κάθε σειρά διαδικασιών στη οποία συμμετέχουν οι δομικοί λίθοι της ύλης. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται διεργασίες όπως, οι χημικές αντιδράσεις, ή η ροή φορτίων σε ένα κύκλωμα, ή η διαδικασία ηλεκτρόλυσης. Σε μακροσκοπικό επίπεδο, ως γεγονός εκλαμβάνεται η απεικόνιση πειραματικών διατάξεων. Τέτοιες πειραματικές διατάξεις είναι η συσκευή ηλεκτρόλυσης, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα κ.α.

β. *Τα χαρακτηριστικά/ιδιότητες της έννοιας*. Αυτή η διάσταση χρησιμοποιείται για να περιγράψει εκείνες τις πτυχές της αναπαράστασης οι οποίες παρουσιάζουν, είτε μια 'στατική', είτε μια 'δυναμική' έκφραση του μικρόκοσμου. Ως στατικά εκλαμβάνουμε, είτε τα 'ποιοτικά' χαρακτηριστικά του μικρόκοσμου τα οποία αναφέρονται στη σύσταση ή τη δομή της ύλης, είτε τα 'ποσοτικά' χαρακτηριστικά αυτού, τα οποία σχετίζονται με ποσοτική περιγραφή των εννοιών (π.χ. πόσο μεγάλο ή πόσο βαρύ είναι), καθώς και με τον αριθμό των οντοτήτων ή γεγονότων που περιγράφονται, είτε 'καταστάσεις ηρεμίας' στις οποίες η εικονιζόμενη οντότητα δείχνει να είναι στατική (π.χ. ένας κρύσταλλος μιας ιοντικής ένωσης), ή απλά να απεικονίζεται η θέση της στο χώρο (ο προσδιορισμός θέσης γίνεται στο μακρόκοσμο). Με τη δυναμική έκφραση σε μια Ο.Α. εννοούμε την αναπαράσταση, είτε μιας 'δράσης', είτε μιας 'χρονικής διεργασίας'. Ο όρος δράση χρησιμοποιείται όταν στην Ο.Α. περιγράφεται μια διαδικασία κίνησης ή αλλαγής κατά την οποία, είτε θα αλλάζει μορφή η ύλη, όπως συμβαίνει σε μια χημική αντίδραση ή κατά τη μετατροπή ενός ατόμου σε ιόν, είτε η ύλη θα διατηρεί την αρχική της μορφή, όπως είναι η κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα ή η κίνηση των δομικών σωματιδίων ανάλογα με τη φυσική κατάσταση. Στην κατηγορία 'χρονική διεργασία' εντάσσονται αναπαραστάσεις οντοτήτων ή γεγονότων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

γ. *Οι σχεσιακές πτυχές*. Η διάσταση αυτή αναφέρεται στις απεικονιζόμενες στην αναπαράσταση σχέσεις, οι οποίες αναπτύσσονται ανάμεσα στις διάφορες εκφράσεις του μικρόκοσμου. Τέτοιες σχέσεις μπορεί να αναπτύσσονται, είτε μεταξύ των μικρο-οντοτήτων ή χαρακτηριστικών τους (π.χ. σχέση μεγέθους διαφορετικών ατόμων), είτε μεταξύ ιδιοτήτων (π.χ. σχέση ηλεκτροαρνητικότητας και ατομικής ακτίνας), είτε τέλος μεταξύ μικρο- και μακρο-οντοτήτων.

Στη συνέχεια δίνονται δυο παραδείγματα ανάλυσης οπτικών αναπαραστάσεων με στόχο να κάνουμε φανερή τη διαμόρφωση του συστημικού δικτύου και τη σημασία των κατηγοριών. Το πρώτο παράδειγμα είναι η ΟΑ της εικόνας 1, από την ενότητα «Σύμβολα χημικών στοιχείων και χημικών ενώσεων» του σχολικού βιβλίου της Χημείας Β΄ Γυμνασίου (Αβραμιώτη κ.α. 2007). Ως προς την κατηγορία 'ταυτότητα της έννοιας', αυτή εμπίπτει στην υποκατηγορία 'οντότητες του μικρόκοσμου' που είναι 'ιόντα'. Ως προς τα χαρακτηριστικά της έννοιας, μας δηλώνει στατικά ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως η σύσταση και η δομή και κατάσταση ηρεμίας, ενώ παρουσιάζονται δύο οντότητες. Ως προς τις σχεσιακές πτυχές, η Ο.Α. παρουσιάζει σχέσεις ανάμεσα σε μικρο-οντότητες.



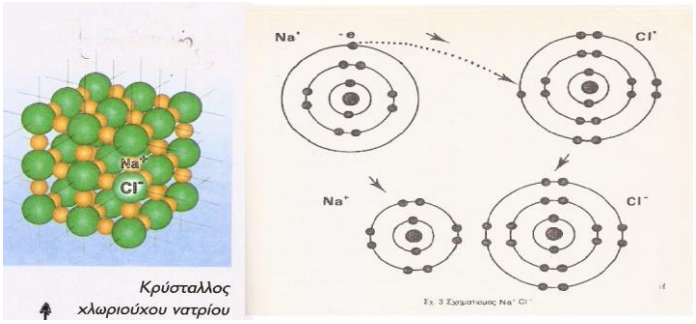
Σχήμα 1: Σχήμα κατηγοριών για τον άξονα ανάλυσης 'κυρίαρχο εννοιολογικό πλαίσιο'.

Το δεύτερο παράδειγμα Ο.Α. της εικόνας 1 είναι από την ενότητα «Σχηματισμός χημικών ενώσεων - Δεσμοί σθένος στοιχείων» του σχολικού βιβλίου Χημείας Β' Γυμνασίου (Φράσσαρη & Δρούκα - Λιαπάτη 1993). Η ταυτότητα της έννοιας εδώ αναφέρεται σε ένα γεγονός του μικρόκοσμου, και κατατάσσεται ως άλλη διεργασία, αφού παρουσιάζεται ο τρόπος με τον

οποίο δύο άτομα σχηματίζουν μια ιοντική ένωση. Ως προς τα χαρακτηριστικά της έννοιας απεικονίζεται η δυναμική της διάσταση όπου μια δράση λαμβάνει χώρα, κατά την οποία έχουμε αλλαγή μορφής και πιο συγκεκριμένα μετατροπή ενός ατόμου σε ιόν. Ως προς τις σχεσιακές πτυχές, και αυτή η Ο.Α. παρουσιάζει σχέσεις ανάμεσα σε μικρο-οντότητες.

Συζήτηση – Προεκτάσεις

Στην παρούσα εργασία διερευνούμε τις οπτικές αναπαραστάσεις που περιέχονται στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών και εξυπηρετούν ενότητες που αναφέρονται στον μικρόκοσμο. Μετά τη συστηματική ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού Ο.Α. από διάφορα βιβλία, τα χαρακτηριστικά του κυρίαρχου εννοιολογικού πλαισίου καταγράφηκαν σε μορφή συστημικού δικτύου. Το τελικό αποτέλεσμα αναδεικνύει το πολυδιάστατό τους, αλλά συνάμα βοηθά και στην κατανόηση της λειτουργίας και της χρηστικότητάς τους. Μια τέτοια κατηγοριοποίηση έγινε δυνατή αξιοποιώντας την φαινομενογραφική ερευνητική προσέγγιση, την επαγωγική ανάλυση περιεχομένου και την ανάλυση των συστημικών δικτύων. Κάτω από αυτή την οπτική, οι Ο.Α. θεωρούνται ως διαφορετικοί τρόποι που σκεφτόμαστε και αναπαριστούμε τον κόσμο και στόχος ήταν "όχι να βρούμε τη μοναδική ουσία, αλλά την ποικιλία (variation) και την αρχιτεκτονική της ποικιλίας από τις διάφορες όψεις που ορίζουν τα φαινόμενα" (Walker 1998), στην προκειμένη περίπτωση του μικρόκοσμου. Προσπαθήσαμε να ανακαλύψουμε τις πρακτικές αναπαράστασης ενός εννοιολογικού πεδίου, στο οποίο οι μαθητές στην πραγματικότητα δεν έχουν πρόσβαση με κανέναν άλλο τρόπο.



Εικόνα 6. Παραδείγματα Ο.Α.

Οι αναπαραστάσεις των μικροσκοπικών οντοτήτων και φαινομένων εισάγουν έτσι κι αλλιώς διάφορους προβληματισμούς από επιστημονικής και φιλοσοφικής πλευράς (Klemke et al 1998). Οι τρεις όμως βασικές διαστάσεις ανάλυσης, δηλαδή, ταυτότητα, ιδιότητες/χαρακτηριστικά και σχεσιακό πεδίο, είναι βασικές κατηγορίες που προέκυψαν ειδικά από τις πρακτικές αναπαράστασης των σχολικών βιβλίων.

Η διαδικασία ανάλυσης των Ο.Α. ακόμη και σε αυτή τη φάση της ποιοτικής ανάλυσης, αποτελεί εμπλουτισμό της κατανόησης μας για τον τρόπο με τον οποίο τα εγχειρίδια αναπαριστούν τα μικροσκοπικά φαινόμενα, αλλά και στο πως αντιλαμβανόμαστε το διδακτικό ρόλο των Ο.Α. του μικρόκοσμου. Ωστόσο, η ποσοτική επεξεργασία των δεδομένων αναμένουμε να μας δώσει περισσότερα στοιχεία σε αυτή την κατεύθυνση. Πολλαπλές είναι οι ομάδες στις οποίες τέτοιου είδους ευρήματα μπορούν να είναι χρήσιμα.

α) Στους εκπαιδευτικούς δίνεται η δυνατότητα να δουν τις Ο.Α. του μικρόκοσμου με 'άλλα μάτια' και να τις χρησιμοποιούν με τους μαθητές τους με επίγνωση.

β) Στους συγγραφείς σχολικών βιβλίων των φυσικών επιστημών που τέτοια ερευνητικά ευρήματα μπορεί να τους προσφέρουν ευκαιρίες να σκεφτούν τη σημασία δευτερευόντων χαρακτηριστικών και πλευρών των Ο.Α. που δεν είχαν σκεφθεί.

γ) Στους σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων των φυσικών επιστημών, ώστε να περιλαμβάνουν στους διδακτικούς στόχους και τις προτεινόμενες δραστηριότητες, ρητά την κατανόηση εννοιών και φαινομένων μέσα από τις Ο.Α. και να αναδεικνύουν την αξία της πολυτροπικότητας, Μπορεί επίσης, να αξιοποιηθεί για αποφάσεις σχετικά με την εισαγωγή μικροσκοπικών εννοιών και φαινομένων σε μικρότερες ηλικίες.

Μια τέτοια προσπάθεια μελέτης και εξοικείωσης με το πώς οι Ο.Α. χρησιμοποιούνται από μια κοινότητα, την εκπαιδευτική κοινότητα των σχολικών Φυσικών Επιστημών, εντάσσεται σε μια

ανθρωπολογική οπτική (Livingston 1995; Roth et al 1999) που στόχο έχει να διασαφηνίσει τι καταλαβαίνει μια κοινότητα ως γνώση του κόσμου, και πώς αυτή η γνώση ενσωματώνεται στις πρακτικές της κοινότητας. Μπορούμε, λοιπόν να μιλάμε για την ανθρωπολογία της εικόνας και μέσα σε αυτό το πλαίσιο, ένα άλλο ευρύ πεδίο έρευνας διαφαίνεται, αυτό που αναφέρεται στις εμπειρίες των μαθητών με τις Ο.Α. Δηλαδή, δεν αναμένεται ότι με τη χρήση μιας ή περισσότερων εικόνων σε μια ενότητα, ο μαθητής θα είναι ικανός να κατανοήσει τον μικρόκοσμο, αλλά ότι η μάθηση με εικόνες είναι ένα εσωτερικό στοιχείο της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (Roth et al 1999) και ότι η εξοικείωση με την κουλτούρα (enculturation) στην εικόνα και στις πρακτικές αναπαράστασης σημαίνει εξοικείωση και με τις πρακτικές των πεδίων της επιστήμης.

Βιβλιογραφία

Αμαριωτάκης Β., Σπηλιωτοπούλου Β. & Ιωαννίδης Σ. Γ. (2007). Οπτικές αναπαραστάσεις στα σχολικά βιβλία Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου. (Πρακτικά 5ου Συνεδρίου) Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 5 (Β), 690-698.

Παπαγεωργίου Γ., Μαγγίρα Δ., Ιωάννου Φ. & Σαμαρά Ι. (2008). Η συμβολή των εικόνων του σχολικού βιβλίου της Ε΄ δημοτικού στην κατανόηση της μικροσκοπικής δομής της ύλης. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Έρευνα και Πράξη, 25, 6-15.

Χαλκιά Κ. & Θεοδωρίδης Μ. (2002). Η χρήση της εικόνας στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών: ένα σύστημα ταξινόμησης και αξιολόγησης των εικόνων. Θέματα στην Εκπαίδευση, (Εκδ. Leader Books), Αθήνα, 2002, Τόμος 3, τεύχος1, 79-95.

Adadan, E., Irving, E. K., & Trundle, C. K. (2009). Impacts of Multi-representational Instruction on High School Students' Conceptual Understandings of the Particulate Nature of Matter. International Journal of Science Education. 31(13), 1743–1775.

Besson, U. & Viennot, L. (2004). Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: two experimental interventions in solid friction and fluid statics. International Journal of Science Education, 26(9), 1083-1110.

Bliss, J. Monk, M. & Ogborn, J. (1983). Qualitative data analysis for educational research. London: Croom Helm.

Dimopoulos, K., Koulaidis, V. & Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. Research in Science Education, 33, 189-216.

Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), International handbook of science education (pp. 233-248). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.

Jaeyoung, H. & Roth, W.-M. (2005). Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro- and Microworld. Science Education, 90(2), 173-201.

Klemke, E.D., Hollinger, R. & Rudge, D.W. (Eds) (1998). Introductory Readings in the Philosophy of Science 3rd edition, Prometheus Books, New York.

Livingston, E. (1995). An anthropology of reading. Bloomington, Indiana University Press.

Marton, F. (1986). Phenomenography - A research approach investigating different understandings of reality. Journal of Thought, 21, 28-49.

Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis Forum: Qualitative Social Research, 1(2), Art. 20, Retrieved 15 October 2012 from http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0002204.

Wu, H-K., Krajcik, S. J. & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. Journal of Research in Science Teaching, 38(7), 821-842.

Pozzer, L.L. & Roth, W-M. (2003). Prevalence, Function, and Structure of Photographs in High School Biology Textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 40(10), 1089–1114.

Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W-M. (2004). Making Sense of Photographs. Science Education, 89(2), 219-241.

Roth, W.-M., Bowen, G. M. & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. Journal of Research in Science Teaching, 36, 977–1019.

Souza, Ap. F. D. K. & Porto. A. (2012). Chemistry and Chemical Education Through Text and Image: Analysis of Twentieth Century Textbooks Used in Brazilian Context. Science & Education, 21, 705-727.

Strauss, A. & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". International Journal of Science Education, 33(2), 179–195.

Tulip, D. & Cook, A. (1993). Teacher and Student Usage of Science Textbooks. Research in Science Education, 23, 302-307.

Walker, C. (1998). Learning to learn, phenomenography and children's learning. Educational and Child Psychology, 15, 25-33.

Έργα αξιολόγησης Φυσικών Επιστημών στο PISA και στα σχολικά εγχειρίδια: ποιος ο ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων;

Κυριακή Αναγνωστοπούλου, Βασιλεία Χατζηνικήτα
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, Μονάδα Εκπαιδευτικής Έρευνας και Παιδαγωγικής, kellyan@ath.forthnet.gr και hatzinikita@eap.gr

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου που παίζει το απεικονιστικό υλικό (φωτογραφίες, διαγράμματα, κτλ.) αφενός στην αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματισμού στη διεθνή έρευνα PISA, αφετέρου στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου καθώς επίσης και η μεταξύ τους σύγκριση. Τα απεικονιστικά στοιχεία αναλύθηκαν ως προς τη συχνότητα εμφάνισης τους, το είδος τους και το λειτουργικό ρόλο τους. Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα του PISA και αυτών που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων. Σύμφωνα με αυτά, η μικρή εξοικείωση των Ελλήνων μαθητών με το ρόλο των απεικονιστικών στοιχείων στην αξιολόγηση του PISA, μπορεί να συνιστά έναν πιθανό παράγοντα που ερμηνεύει τις χαμηλές επιδόσεις των Ελλήνων μαθητών στο PISA.

Abstract

This study aims at comparing visual materials included in PISA science test items to visual materials in assessment tasks in low secondary Physics and Chemistry school textbooks in Greece. Each visual material was analysed regarding 3 dimensions: frequency of inclusion, type and functional role. The results reveal differences between visual materials included in PISA test items and those in Greek textbook assessment items. This indicates that Greek students' limited familiarity with the types and function of visual materials used by PISA could be a possible interpretation of their low achievement in the PISA survey

Εισαγωγή

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του ρόλου που παίζει το απεικονιστικό υλικό αφενός στην αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματισμού στη διεθνή έρευνα PISA (Programme for International Student Assessment) και στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου και αφετέρου η μεταξύ τους σύγκριση. Σύμφωνα με έρευνες (ενδεικτικά, Wester 1995, Stern, Aprea & Ebner 2003, Schnotz & Kürschner 2008, Yeh & Mc Tigue 2009) η χρήση απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα αξιολόγησης επηρεάζει τις επιδόσεις των μαθητών. Επομένως, οι συγκλίσεις και οι αποκλίσεις, που ενδεχομένως θα εντοπιστούν στη σύγκριση των προαναφερθέντων θεμάτων, θεωρούνται πιθανοί παράγοντες που συνεισφέρουν στις συστηματικά χαμηλές επιδόσεις των Ελλήνων μαθητών στο PISA.

Η γλώσσα αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την επιστήμη, τόσο κατά τη διαδικασία παραγωγής της, όσο και για την επικοινωνία των επιστημονικών εξηγήσεων και συμπερασμάτων που παράγονται από αυτήν. Η γλώσσα της επιστήμης συγκροτείται από κείμενο, απεικονιστικά στοιχεία (φωτογραφίες, διαγράμματα, κτλ.) και μαθηματικές εκφράσεις (Lemke 1998). Ο συνδυασμός λεκτικών και απεικονιστικών στοιχείων και μαθηματικών εκφράσεων θεωρείται απαραίτητος για την έκφραση επιστημονικών εννοιών και εξηγήσεων, επειδή πολλές από τις έννοιες που επικοινωνούνται από την επιστήμη είναι σύνθετες και υψηλού βαθμού αφαίρεσης, με αποτέλεσμα το γραπτό κείμενο να μην επαρκεί για την ακριβή έκφραση αυτών των εννοιών (Lemke 1998, Osborne 2002, Prain et al. 2009). Ειδικότερα, οι γραφικές αναπαραστάσεις διαδραματίζουν έναν προεξάρχοντα ρόλο στη διαμεσολάβηση της επιστημονικής γνώσης καθώς διευκολύνουν την παρουσίαση αφηρημένων εννοιών με συγκεκριμένες απεικονίσεις.

Η κατανόηση ενός γνωστικού αντικειμένου προϋποθέτει την κατανόηση της ιδιαίτερης γλώσσας του, ως εκ τούτου η ουσιαστική κατανόηση των εννοιών και ο μετασχηματισμός στις Φυσικές Επιστήμες εξαρτώνται από την ενσωμάτωση των διαφόρων τύπων αναπαραστάσεων που συμπεριλαμβάνονται στη γλώσσα της επιστήμης (Osborne 2002, Stern, Aprea & Ebner 2003, Yore & Treagust 2006). Η κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών και θεωριών καθώς και η κατάλληλη χρήση της γλώσσας της επιστήμης, αποτελεί ένα από τα βασικά συστατικά του επιστημονικού εγγραμματισμού. Ο επιστημονικά εγγράμματος μαθητής κατέχει τη γλώσσα της επιστήμης και μπορεί να ερμηνεύσει, να δημιουργήσει και να μετατρέψει από τη μία μορφή στην άλλη τις διαφορετικές αναπαραστάσεις που συγκροτούν τη γλώσσα της επιστήμης (Osborne 2002, OECD 2006). Οι γραφικές παραστάσεις και τα διαγράμματα μπορούν να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ της καθημερινής πρακτικοβιωματικής γνώσης που εκφράζεται λεκτικά και των μαθηματικών τύπων που περιγράφουν τους βασικούς νόμους και τα μοντέλα των Φυσικών Επιστημών και συνεπώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία για τη μεταφορά της γνώσης σε νέο πλαίσιο (Stern, Aprea & Ebner 2003).

Η λειτουργία των απεικονιστικών στοιχείων ως μέσων που σχετίζονται με την αξιολόγηση ανώτερης τάξης γνωστικών δεξιοτήτων και τη συνακόλουθη μεταφορά της γνώσης συνδέεται με το γεγονός ότι τα απεικονιστικά στοιχεία είναι αφηρημένες απεικονιστικές αναπαραστάσεις και για την κατανόησή τους και την ερμηνεία τους απαιτείται ένας βαθμός γενίκευσης, που από μόνος του συνιστά γνωστική δεξιότητα ανώτερης τάξης (Terwel et al. 2009).

Η έρευνα PISA είναι μια διεθνής εκπαιδευτική έρευνα, προϊόν συνεργασίας των χωρών μελών του ΟΟΣΑ και της Διεύθυνσης Εκπαίδευσης του ΟΟΣΑ. Διεξάγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανά τριετία, από το 2000 μέχρι σήμερα. Σκοπός του προγράμματος PISA είναι η παρακολούθηση σε σταθερή βάση της αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών συστημάτων των συμμετεχουσών χωρών με όρους επιδόσεων των μαθητών και η ενημέρωση των αρμοδίων σε κάθε χώρα για τη διαμόρφωση εκπαιδευτικής πολιτικής και πρακτικής, μέσω της παροχής διεθνών συγκρίσιμων στοιχείων.

Η διαχρονικότητα της έρευνας PISA, η ευρεία γεωγραφική κάλυψη καθώς και το αυξημένο ενδιαφέρον των μέσων ενημέρωσης που ακολουθεί τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων του PISA, έχουν ενθαρρύνει πολλούς ερευνητές να επικεντρωθούν σε αυτή την έρευνα και να διεξάγουν σχετική εμπειρική έρευνα. Προς το παρόν, οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες προβαίνουν σε δευτερογενείς αναλύσεις της πλούσιας βάσης των δεδομένων του PISA προκειμένου να διερευνήσουν τους παράγοντες (σχετικούς με τα χαρακτηριστικά των μαθητών, των σχολείων και των εκπαιδευτικών συστημάτων) που επηρεάζουν τις επιδόσεις των μαθητών στο PISA. Λίγες μόνο μελέτες εστιάζουν στο πλαίσιο αξιολόγησης και στα θέματα που χρησιμοποιούνται από το PISA σε σχέση με το τοπικό πλαίσιο αξιολόγησης κάθε χώρας και τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (Collani von 2001, Simola 2005, Hatzinikita et al. 2008, Nentwig et al. 2009, Anagnostopoulou et al. 2011).

Κομβικό σημείο στο PISA είναι η έννοια του εγγραμματισμού (literacy), που αναφέρεται στην ικανότητα των μαθητών να προβλέπουν σύμφωνα με τις υπάρχουσες γνώσεις τους και να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους σε οποιεσδήποτε συνθήκες (OECD 2006).

Ο επιστημονικός εγγραμματισμός σύμφωνα με το διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα PISA αναφέρεται στην (OECD 2006, σ. 23-25):

Επιστημονική γνώση του μαθητή και στην ικανότητά του να χρησιμοποιεί αυτήν τη γνώση για να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ζητήματα, να αποκτά νέα γνώση, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να οδηγείται σε συμπεράσματα βασισμένα σε επιστημονικά τεκμήρια για θέματα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες και την τεχνολογία.

Στην κατανόηση της επιστήμης ως μιας μορφής ανθρώπινης γνώσης και διερεύνησης

Στην επίγνωση τού πώς η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον.

Στην προθυμία του για ενασχόληση και συμμετοχή ως ενεργού πολίτη σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες.

Τα θέματα του PISA αποτελούνται από ένα εισαγωγικό κείμενο-ερέθισμα, το οποίο ακολουθείται από ερωτήσεις. Το πλαίσιο αποδίδεται από το εισαγωγικό κείμενο που βασίζεται σε μια αυθεντική κατάσταση της καθημερινής ζωής, η οποία αναπαρίσταται με γραφήματα, εικόνες, αποσπάσματα από επιστημονικά και εκλαϊκευμένα άρθρα εφημερίδων, ιστορικά ντοκουμέντα, πρωτόκολλα έρευνας ή μπορεί να είναι συνδυασμός όλων αυτών. Αυτή η μορφή των θεμάτων θεωρείται ότι προσδίδει αυθεντικότητα στα θέματα αξιολόγησης εντάσσοντάς τα σε ένα όσο το δυνατόν ρεαλιστικό πλαίσιο και αναπαριστώντας τη σύνθετη φύση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι άνθρωποι στην καθημερινότητά τους (OECD 2006).

Το PISA αποσκοπεί στην αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών, που απαιτεί τη μεταφορά και εφαρμογή γνώσεων σε αυθεντικές καταστάσεις της καθημερινότητας και τα απεικονιστικά στοιχεία θεωρούνται εργαλεία που διευκολύνουν τη μεταφορά της γνώσης σε νέο πλαίσιο. Επιπρόσθετα, ο αριθμός και το είδος των αναπαραστάσεων που συμπεριλαμβάνονται σε ένα θέμα αξιολόγησης θεωρείται ως ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν τις γνωστικές απαιτήσεις ενός θέματος (NECAP 2004). Έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η συμπερίληψη στα σχολικά εγχειρίδια ερωτήσεων που απαιτούν γνωστικές δεξιότητες ανώτερης τάξης, καθοδηγεί το μαθητή ώστε να αναζητήσει και να κάνει εννοιολογικές συνδέσεις στο περιεχόμενο του κειμένου του σχολικού εγχειριδίου, που διευκολύνουν τη σύνδεση των προς μάθηση εννοιών με την προϋπάρχουσα γνώση του μαθητή. Με δεδομένο τον κυρίαρχο ρόλο και την εκτεταμένη χρήση των σχολικών εγχειριδίων στη διδασκαλία οι γνωστικές απαιτήσεις των θεμάτων των σχολικών εγχειριδίων θεωρούνται ζωτικής σημασίας για την επίτευξη ουσιαστικής μάθησης (Shepardson & Pizzini 1991).

Το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα είναι ιδιαίτερα συγκεντρωτικό και ένα μοναδικό σχολικό εγχειρίδιο χρησιμοποιείται υποχρεωτικά σε όλους τους τύπους σχολείων, δημόσια και ιδιωτικά. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, η μορφή και το περιεχόμενο των έργων αξιολόγησης που εμπεριέχονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών θεωρούνται ότι έχουν σημαντική επίδραση στη διδασκαλία και τη μάθηση. Ως εκ τούτου, είναι ενδιαφέρον να διερευνηθούν πιθανές συγκλίσεις και αποκλίσεις μεταξύ των απεικονιστικών στοιχείων που περιλαμβάνονται στα θέματα αξιολόγησης του PISA και στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων. Πιθανή διαφοροποίηση του ρόλου που διαδραματίζουν τα απεικονιστικά στοιχεία στο PISA από αυτόν στα σχολικά εγχειρίδια θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένας από τους παράγοντες που σχετίζεται με τις συστηματικά χαμηλές επιδόσεις των Ελλήνων μαθητών στο PISA. Επιπλέον, θα μπορούσε να διαφωτίσει μία ακόμα πτυχή σχετικά με τη χρήση των απεικονιστικών στοιχείων στα σχολικά εγχειρίδια και στα έργα αξιολόγησης που περιέχονται σε αυτά προς την κατεύθυνση της καλλιέργειας του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών.

Μεθοδολογία της έρευνας

Δείγμα

Το εμπειρικό υλικό της παρούσας έρευνας αποτελείται από: (α) τα θέματα του PISA από την εννοιολογική περιοχή «Φυσικά Συστήματα» που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματισμού και (β) τα έργα αξιολόγησης που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής και Χημείας Β΄ και Γ΄ τάξης Γυμνασίου. Αναλύθηκαν το σύνολο των 95 θεμάτων αξιολόγησης του PISA και των 604 θεμάτων αξιολόγησης από τα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου (425 και 179 θέματα αντίστοιχα). Τα απεικονιστικά στοιχεία μπορεί να εμπλέκονται στα θέματα αξιολόγησης Φυσικών Επιστημών με δύο τρόπους: αφενός στην παρουσίαση του θέματος, αφετέρου στην απάντηση του μαθητή, απαιτώντας από αυτόν την παροχή απάντησης με απεικονιστικό τρόπο. Τα θέματα αναλύθηκαν τόσο ως προς τα απεικονιστικά στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στην ερώτηση, όσο και ως προς την απαίτηση για απάντηση με απεικονιστικό τρόπο. Κάθε απεικονιστικό στοιχείο θεωρήθηκε ως μία ενιαία μονάδα ανάλυσης. Στο πλαίσιο αυτό συγκροτήθηκαν δύο δείγματα αποτελούμενα από 79 απεικονιστικά στοιχεία από τα θέματα αξιολόγησης του PISA και 139 απεικονιστικά στοιχεία από τα έργα αξιολόγησης που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου (123 από τα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής και 16 από τα σχολικά εγχειρίδια Χημείας).

Εργαλείο ανάλυσης

Όταν οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με ένα απεικονιστικό στοιχείο είναι απαραίτητο να επιδείξουν σύνθετες γνωστικές διεργασίες (Ainsworth 2006):

να κατανοήσουν τον τύπο του απεικονιστικού στοιχείου, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο κωδικοποιούνται σε αυτό οι πληροφορίες

να κατανοήσουν το λειτουργικό ρόλο του απεικονιστικού στοιχείου, δηλαδή τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε αυτό και τη σπουδαιότητα αυτών των πληροφοριών για την επιτυχή απάντηση στο θέμα

να κατανοήσουν τη σχέση του απεικονιστικού στοιχείου με την απάντηση που πρέπει να δώσουν, ώστε να απαντήσουν με επιτυχία στο θέμα.

Λαμβάνοντας υπόψη, όλα τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά των απεικονιστικών στοιχείων, που θεωρούνται ως σημεία που δυσκολεύουν τους μαθητές όταν πρέπει να επεξεργαστούν ένα απεικονιστικό στοιχείο, τα δύο προαναφερθέντα δείγματα απεικονιστικών στοιχείων αναλύθηκαν ως προς τη συχνότητα εμφάνισης, το είδος και το λειτουργικό ρόλο των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνουν (βλ. παράδειγμα ανάλυσης στο Παράρτημα). Το εμπειρικό υλικό αναλύθηκε ανεξάρτητα από τους δύο συγγραφείς και οι μεταξύ τους διαφορές (7%) συζητήθηκαν και επιλύθηκαν από τρίτο ερευνητή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι άξονες του πλέγματος ανάλυσης και οι επιμέρους κατηγοριοποιήσεις.

Συχνότητα εμφάνισης των απεικονιστικών στοιχείων. Για να προσδιοριστεί η συχνότητα εμφάνισης των απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα προσδιορίστηκε ο συνολικός αριθμός των απεικονιστικών στοιχείων που εμπλέκονται σε αυτά, είτε αυτά παρουσιάζονται στην ερώτηση, είτε απαιτούνται στην απάντηση του μαθητή. Ένα θέμα μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του ενός απεικονιστικά στοιχεία ή μπορεί ένα απεικονιστικό στοιχείο να χρησιμοποιείται σε περισσότερα από ένα θέματα. Σε αυτήν την τελευταία περίπτωση το απεικονιστικό στοιχείο μετρήθηκε τόσες φορές όσες και τα θέματα με τα οποία σχετίζεται για τον υπολογισμό της συχνότητας εμφάνισης του θέματος.

Είδος απεικονιστικών στοιχείων. Η κατηγοριοποίηση των απεικονιστικών στοιχείων σε διάφορα είδη βασίστηκε στο σύστημα κατηγοριοποίησης του Moline (1995), το οποίο προσαρμόστηκε στις ανάγκες της έρευνας. Καταγράφηκαν τα ακόλουθα είδη απεικονιστικών στοιχείων: φωτογραφίες, νατουραλιστικά σχέδια, τυποποιημένα σχέδια, εικόνα γλωσσάρι, διαγράμματα ροής, παρουσίαση τομών, γραφήματα (διαγράμματα και ιστογράμματα), πίνακες και υβρίδια (βλ. Πίνακα 1).

Λειτουργικός ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων. Για την ανάλυση των θεμάτων ως προς το λειτουργικό ρόλο των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται σε αυτά χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα τριών επιπέδων όπως αυτή αναπτύχθηκε από τους Yeh και Mc Tigue (2009).

Επίπεδο 1: αντιστοιχεί στο χαμηλότερο επίπεδο, στο οποίο το απεικονιστικό στοιχείο δεν προσφέρει καμία πληροφορία για την απάντηση στο θέμα. Το απεικονιστικό στοιχείο έχει καθαρά διακοσμητικό ρόλο, αφού και χωρίς αυτό η ερώτηση θα μπορούσε να απαντηθεί σωστά.

Επίπεδο 2: σε αυτό το επίπεδο, το απεικονιστικό στοιχείο παρέχει σημαντικές αλλά όχι όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση στο θέμα. Δηλαδή, οι μαθητές θα πρέπει να ανασύρουν πληροφορίες από το απεικονιστικό στοιχείο, από το κείμενο της ερώτησης και από την προϋπάρχουσα γνώση τους για να απαντήσουν με επιτυχία στο θέμα.

Επίπεδο 3: σε αυτό το επίπεδο το απεικονιστικό στοιχείο παρέχει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την επιτυχή απάντηση στο θέμα. Οι μαθητές θα πρέπει να ερμηνεύσουν και να αναδιοργανώσουν αυτές τις πληροφορίες για να απαντήσουν σωστά στην ερώτηση. Σε κάθε περίπτωση δε βασίζονται στην προϋπάρχουσα γνώση τους, αλλά χρησιμοποιούν διαδικαστική γνώση.

Αποτελέσματα

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απεικονιστικών στοιχείων σε ότι αφορά τη συχνότητα εμφάνισής τους, τον τύπο τους και το λειτουργικό ρόλο τους (βλ. Πίνακα 1).

Συχνότητα εμφάνισης απεικονιστικών στοιχείων: Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι τα θέματα του PISA χρησιμοποιούν αρκετά συχνά απεικονιστικά στοιχεία (50,53% των θεμάτων συμπεριλαμβάνουν απεικονιστικό στοιχείο). Σε ότι αφορά τα απεικονιστικά στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου η εικόνα είναι διαφορετική: απεικονιστικά στοιχεία συμπεριλαμβάνονται μόνο στο 21% των θεμάτων. Επιπλέον, τα θέματα αξιολόγησης στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής διαφοροποιούνται από τα αντίστοιχα της Χημείας σε ότι αφορά τη συχνότητα εμφάνισης απεικονιστικών στοιχείων. Στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής 27,5% των θεμάτων συμπεριλαμβάνουν απεικονιστικά στοιχεία, ενώ αυτό ισχύει μόνον για 5,59% των θεμάτων αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Χημείας.

Είδος απεικονιστικών στοιχείων: Τα θέματα αξιολόγησης του PISA δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα από τα θέματα αξιολόγησης στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής και Χημείας, σε ότι αφορά το είδος των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνουν. Η πλειοψηφία των απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα του PISA είναι τυποποιημένα σχέδια (26,58%), πίνακες (21,52%) και γραφήματα (20,25%). Παρόμοια, τα απεικονιστικά στοιχεία στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων είναι συνήθως τυποποιημένα σχέδια (31,65%) και πίνακες (21,58%), ενώ τα γραφήματα αντιπροσωπεύονται με αρκετά σημαντικό ποσοστό (17,27%).

Λειτουργικός ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων: Διαπιστώνεται μια σχετική ισοκατανομή σε ότι αφορά το λειτουργικό ρόλο των απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα του PISA. 41,77% των απεικονιστικών στοιχείων περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την απάντηση στην ερώτηση (επίπεδο 3), ένα σημαντικό μέρος του δείγματος (26,58%) παρέχει σημαντικές αλλά όχι όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση στο θέμα (επίπεδο 2) και 31,65% του δείγματος δεν παρέχει καμία πληροφορία για την απάντηση στο θέμα (επίπεδο 1). Δε συμβαίνει όμως το ίδιο και με τα απεικονιστικά στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου: τα απεικονιστικά στοιχεία ή έχουν καθαρά διακοσμητικό ρόλο (επίπεδο 1: 42,72%) ή παρέχουν μερικές μόνο από τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση στο θέμα (επίπεδο 2: 44,66%). Μόνο το 12,62% των θεμάτων αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων παρέχει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση στο θέμα (επίπεδο 3). Επιπλέον, είναι ενδιαφέρουσα η διαφοροποίηση που φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα των σχολικών εγχειριδίων. Τα ελάχιστα απεικονιστικά στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα των εγχειριδίων Χημείας ακολουθούν παρόμοια κατανομή με τα θέματα του PISA (επίπεδο 3: 37,50%, επίπεδο 2: 31,25% και επίπεδο 1: 25,00%) σε ότι αφορά το λειτουργικό ρόλο τους, ενώ αυτό δε συμβαίνει με τα πολύ περισσότερα απεικονιστικά στοιχεία στα θέματα των εγχειριδίων Φυσικής (επίπεδο 3: 7,95%).

Πίνακας 1. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απεικονιστικών στοιχείων

	PISA		**Θέματα στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής – Χημείας Γυμνασίου**					
			Φυσική		**Χημεία**		**Σύνολο Γυμνασίου**	
	N	**Ποσοστό**	**N**	**Ποσοστό**	**N**	**Ποσοστό**	**N**	**Ποσοστό**

Συχνότητα εμφάνισης απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα								
Αριθμός θεμάτων με απεικονιστικά στοιχεία	48	50,53%	117	27,53%	10	5,59%	127	21,03%
Τύπος απεικονιστικών στοιχείων								
Φωτογραφία (Η φωτογραφία ενός θέματος ή ενός τοπίου)	7	8,86%	8	6,50%	0	0,00%	8	5,76%
Νατουραλιστικά σχέδια (Όλα τα χαρακτηριστικά του θέματος απεικονίζονται με λεπτομέρειες)	3	3,80%	16	13,01%	1	6,25%	17	12,23%
Εικόνα – γλωσσάρι (Κατονομάζονται τα διάφορα μέρη μιας εικόνας με λεζάντες)	6	7,59%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Διάγραμμα ροής (Τα διάφορα στάδια προσδιορίζονται με βέλη ή αριθμούς)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Πίνακες (Σχηματίζονται από κελιά)	17	21,52%	19	15,45%	11	68,75%	30	21,58%
Γραφήματα (διαγράμματα, ιστογράμματα) (Παρουσιάζονται ποσοτικές πληροφορίες με τη μορφή γραφημάτων)	16	20,25%	23	18,70%	1	6,25%	24	17,27%
Παρουσίαση τομών (Παρουσιάζονται τα εσωτερικά μέρη ενός αντικειμένου ή η διαδικασίες)	9	11,39%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Τυποποιημένα σχέδια (Τα απεικονιστικά στοιχεία περιγράφονται αδρά με συμβολικό τρόπο)	21	26,58%	41	33,33%	3	18,75%	44	31,65%
Υβρίδια (Συνδυασμός δύο ή περισσότερων από τους προαναφερόμενους τύπους)	0	0,00%	16	13,01%	0	0,00%	16	11,51%
Λειτουργικός ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων								
Επίπεδο 1	25	31,65%	40	45,45%	4	25,00%	44	42,72%
Επίπεδο 2	21	26,58%	41	46,59%	5	31,25%	46	44,66%
Επίπεδο 3	33	41,77%	7	7,95%	6	37,50%	13	12,62%

Συμπεράσματα

Τα προαναφερόμενα αποτελέσματα δείχνουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα του PISA και αυτών των θεμάτων αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου. Φαίνεται ότι η επιτυχής απάντηση στα θέματα βασίζεται πολύ περισσότερο στα απεικονιστικά στοιχεία στην αξιολόγηση του PISA από τα αντίστοιχα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων.

Τα θέματα του PISA συμπεριλαμβάνουν πολύ περισσότερα απεικονιστικά στοιχεία και μέσω αυτών επικοινωνούν σημαντικές επιστημονικές πληροφορίες. Η πλειοψηφία των απεικονιστικών στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται στο PISA είναι τυποποιημένα σχέδια, πίνακες και γραφήματα και το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τα απεικονιστικά στοιχεία που συμπεριλαμβάνονται στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων. Τα γραφήματα και οι πίνακες θεωρούνται σημαντικά εργαλεία για τη διαμεσολάβηση επιστημονικών εννοιών και εξηγήσεων (Stern, Aprea & Ebner 2003). Λαμβάνοντας όμως υπόψη το λειτουργικό ρόλο των απεικονιστικών στοιχείων φαίνεται ότι αυτό ισχύει σε μεγάλο βαθμό για τα θέματα του PISA και σε πολύ μικρότερο βαθμό για τα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων. Ενώ ένα σημαντικό ποσοστό των θεμάτων του PISA περιέχει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση (επίπεδο 3), στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων τα απεικονιστικά στοιχεία είτε έχουν διακοσμητικό ρόλο (επίπεδο 1), είτε περιέχουν μερικές μόνο από τις απαιτούμενες πληροφορίες (επίπεδο 2).

Από τα ευρήματα αυτά φαίνεται, ότι οι Έλληνες μαθητές είναι απαραίτητο να βασιστούν πολύ περισσότερο στα απεικονιστικά στοιχεία των θεμάτων του PISA από όσο είναι συνηθισμένοι να βασίζονται στα απεικονιστικά στοιχεία των θεμάτων αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων. Λαμβάνοντας υπόψη, ότι οι άνθρωποι κατανοούν κάθε στοιχείο που ακούν, βλέπουν ή διαβάζουν και μέσω της σύγκρισης με στοιχεία που έχουν ακούσει, δει ή διαβάσει σε διαφορετικό πλαίσιο (Lemke 1998) καθώς επίσης και τα αποτελέσματα ερευνών (Morais & Abtunes 1994, Morais & Miranda 1996, Cooper & Dunne 2000), σύμφωνα με τα οποία η επίδοση των μαθητών σε ένα θέμα σχετίζεται με την εξοικείωση των μαθητών με το πλαίσιο του θέματος, μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τις πληροφορίες που περιέχονται σε ένα απεικονιστικό στοιχείο αν είναι εξοικειωμένοι με το είδος και τη λειτουργία του συγκεκριμένου απεικονιστικού στοιχείου. Επομένως, και συνυπολογίζοντας το σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν τα σχολικά εγχειρίδια στη διαμόρφωση των στρατηγικών μελέτης των μαθητών (Shepardson & Pizzini 1991), ο διαφορετικός ρόλος των απεικονιστικών στοιχείων στα θέματα αξιολόγησης των σχολικών εγχειριδίων από αυτόν στα θέματα του PISA μπορεί να θεωρηθεί ως ένας από τους παράγοντες που συμβάλει στις χαμηλές επιδόσεις των Ελλήνων μαθητών στο PISA. Οι Έλληνες μαθητές δεν έχουν μάθει να βασίζονται στα απεικονιστικά στοιχεία για να αντλήσουν πληροφορίες, που θα τους επιτρέψουν να απαντήσουν με επιτυχία σε ένα έργο αξιολόγησης. Συνεπώς, για την καλλιέργεια του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών στο σχολικό πλαίσιο είναι ζωτικής σημασίας η καλλιέργεια του διαγραμματικού εγγραμματισμού των μαθητών και η ενσωμάτωση στα σχολικά εγχειρίδια θεμάτων που χρησιμοποιούν τα απεικονιστικά στοιχεία με περισσότερο εντατικό τρόπο.

Βιβλιογραφία.

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π.., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος, Γ. (2007). Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσίμπα, Λ. (2007α). Φυσική Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσίμπα, Λ. (2007β). Φυσική Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., & Σιδέρη, Φ. (2007). Χημεία Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. Learning and Instruction, 16, 183-198.

Anagnostopoulou, K., Hatzinikita, V., Christidou, V., & Dimpoulos, K. (2011). PISA Test Items and School-Based Examinations in Greece: Exploring the relationship between global and local assessment discourses. International Journal of Science Education. Available online, DOI: 10.1080/09500693.2011.604801

Collani von, E. (2001). OECD PISA - An Example of Stochastic Illiteracy? Economic Quality Control. 16(2), 227-253.

Cooper, B., & Dunne, M. (2000). Assessing children's mathematical knowledge: Social class, sex and problem solving. Open University Press, Buckingham.

Hatzinikita V., Dimopoulos, K., & Christidou, V. (2008). PISA test items and school textbooks related to science. Science Education, 92(4), 664-687.

Lemke, J. (1998) Teaching All the Languages of Science: words, symbols, images and actions. Retrieved August 12, 2011, from:
http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm.

Moline, S. (1995). I see what you mean. Stenhouse., York, ME

Morais, A., & Antunes, H. (1994). Students' differential text production in the regulative context of the classroom. British Journal of Sociology of Education, 15(2), 243-263.

Morais, A.M., & Miranda, C. (1996). Understanding teachers' evaluation criteria: A condition for success in science classes. Journal of Research in Science Teaching, 33(6), 601-624.

NECAP (New England Common Assessment Program) New Hampshire, Rhode Island, and Vermont Department of Education. (2004). Draft Tri-State New England (TSNE) Mathematics Test Specifications. New Hampshire, Rhode Island, and Vermont Department of Education.

Nentwig, P., Roennebeck, S., Schoeps, K., Rumann, S., & Carstensen, C. (2009). Performance and levels of contextualization in a selection of OECD countries in PISA 2006. Journal of Research in Science Teaching, 46(8), 897-908.

OECD (2006). Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006. OECD, Paris.

Osborne, J. (2002). Science Without Literacy: A ship without a sail?, Cambridge Journal of Education, 32(2), 203-218.

Prain, V., Tytler, R., &. Peterson, S. (2009). Multiple Representation in Learning About Evaporation. International Journal of Science Education, 31(6), 787-808.

Shepardson, D. & Pizzini. E. (1991). Questioning Levels of Junior High School Science Textbooks and Their Implications for Learning Textual Information. Science Education, 75(6), 673-682.

Schnotz, W., &. Kürschner, C. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model construction. Instructional Science, 36, 175-190.

Simola, Hannu (2005). The Finnish Miracle of PISA: Historical and Sociological Remarks on Teaching and Teacher Education. Comparative Education. 41(4), 455-470.

Stern, E., Aprea, C., & Ebner, H. (2003). Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. Learning and Instruction, 13, 191-203.

Terwel, J., van Oers, B., van Dijk I. & van den Eeden P. (2009). Are representations to be provided or generated in primary mathematics education? Effects on transfer. Educational Research and Evaluation, 15(1), 25-44.

Yeh, Y., & Mc Tigue, E. (2009). The Frequency, Variation, and Function of Graphical Representations within Standardized State Science Tests. School Science and Mathematics, 109(8), 435-449.

Yore, L., & Treagust, D. (2006). Current Realities and Future Possibilities: Language and science literacy - empowering research and informing instruction. International Journal of Science Education, 28(2-3), 291-314.

Wester, A. (1995). The Importance of the Item Format with Respect to Gender Differences in Test Performance: a study of open-format items in the DTM test. Scandinavian Journal of Educational Research, 39(4), 335-346.

Η δημοσίευση χρηματοδοτήθηκε από την πράξη με τίτλο: «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας - ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ ΙΙ, Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου», η οποία έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» με κωδικό ΟΠΣ 346865 και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους."

Παράρτημα

Παράδειγμα ανάλυσης θέματος

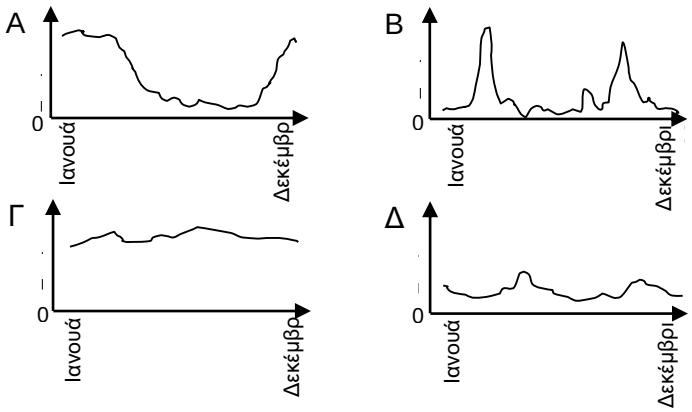
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η παραγωγή της αιολικής ενέργειας θεωρείται κατά γενική ομολογία ως πηγή ενέργειας, ικανή να αντικαταστήσει τις ηλεκτρικές γεννήτριες που λειτουργούν με την καύση πετρελαίου και κάρβουνου. Οι κατασκευές που φαίνονται στην εικόνα είναι ανεμόμυλοι με πτερύγια που περιστρέφονται από τον άνεμο. Αυτές οι περιστροφές κινούν γεννήτριες τοποθετημένες μέσα στους ανεμόμυλους, οι οποίες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.

Ερώτηση 1: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις δείχνουν τη μέση ταχύτητα του ανέμου σε τέσσερα διαφορετικά μέρη, κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Ποια από τις γραφικές παραστάσεις δείχνει το πιο κατάλληλο μέρος για την εγκατάσταση



γεννήτριας αιολικής ενέργειας;

Πηγή: ανακτήθηκε από το δικτυακό τόπο : http://www.iep.edu.gr/pisa/files/topics/science/m1.pdf στις 6/12/2012 .

Πρόκειται για θέμα που χρησιμοποιήθηκε στην πιλοτική έρευνα PISA2006. Όπως όλα τα θέματα για την αξιολόγηση του επιστημονικού εγγραμματισμού από το PISA αποτελείται από ένα εισαγωγικό κείμενο και ακολουθείται από ερωτήσεις. Σε ότι αφορά τη συχνότητα εμφάνισης των απεικονιστικών στοιχείων στην ερώτηση 1 αντιστοιχούν 5 απεικονιστικά στοιχεία, το απεικονιστικό υλικό του εισαγωγικού κειμένου και τα απεικονιστικά

στοιχεία που τίθενται ως εναλλακτικές επιλογές στην ερώτηση. Το απεικονιστικό υλικό του εισαγωγικού κειμένου χαρακτηρίζεται ως φωτογραφία με λειτουργικό ρόλο επιπέδου 1, αφού έχει διακοσμητικό ρόλο και δεν περιέχει καμία πληροφορία για την απάντηση στην ερώτηση. Τα απεικονιστικά στοιχεία που τίθενται ως εναλλακτικές επιλογές στην ερώτηση χαρακτηρίστηκαν ως γραφήματα (διαγράμματα), με λειτουργικό ρόλο επιπέδου 3, επειδή παρέχουν όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες για την απάντηση στην ερώτηση.

Μια μέθοδος ανάλυσης της επιχειρηματολογίας σχολικών βιβλίων: Η περίπτωση της περιοδικότητας σε κείμενα Φυσικής

Τριανταφύλλου Χρυσαυγή* & **Σπηλιωτοπούλου Βασιλική***
Γενικό Τμήμα Παιδαγωγικών Μαθημάτων, Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Παράρτημα Πατρών,
akallio@otenet.gr, spiliot@otenet.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνουμε μια μέθοδο μελέτης κειμένων σε σχολικά εγχειρίδια ώστε να διαπιστώσουμε δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στην οικοδόμηση νοήματος. Τα κείμενα αφορούν συγκεκριμένες θεματικές ενότητες που σχετίζονται με την έννοια της περιοδικότητας. Η μέθοδος μελέτης κειμένων που προτείνεται είναι η δημιουργία δυο επιπέδων ανάλυσης περιεχομένου. Σε πρώτο επίπεδο, η μονάδα ανάλυσης είναι μια θεματική ενότητα η οποία συνδέεται με μια συγκεκριμένη διδακτική κατάσταση. Σε δεύτερο επίπεδο η μονάδα ανάλυσης είναι κάθε σύνολο προτάσεων ή κειμένου και εικόνας, τα οποία συνθέτουν ένα συλλογισμό. Το σύνολο όλων των συλλογισμών συνθέτουν το επιχειρηματολογικό σχήμα της κάθε θεματικής ενότητας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε δύο παραδείγματα ανάλυσης και καταγράφουμε τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Abstract

The initial goal of this study is to study the science textbooks in order to identify possible reasons for students' difficulties in building meaning. Particularly the texts of two thematic units on periodicity are comparatively analyzed. This analysis is taken place on the basis of content analysis performed in texts on periodicity in secondary science and mathematics textbooks. Content analysis adopted is performed at two levels. The first focuses on units that produce an independent argumentative structure. The second focuses on paragraphs where a certain mode of reasoning is identified. A set of modes of reasoning is identified, the meaning of which is exemplified through the analysis of two thematic units. This method applied reveals the kind of argumentation produced in each unit and conclusions drawn are discussed.

Εισαγωγή

Υπάρχουν πολλοί παιδαγωγικοί παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Κεντρικό ρόλο διαδραματίζουν η γνωστική και παιδαγωγική αντίληψη των εκπαιδευτικών, αλλά και η δραστηριότητα που αναπτύσσεται μέσα στη σχολική τάξη. Στις περισσότερες χώρες (συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας) οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τα σχολικά εγχειρίδια ως την κύρια πηγή γνώσης για τους μαθητές τους. Ο Kuhn στη εργασία του '*The Structure of Scientific Revolutions*' υποστηρίζει ότι τα σχολικά εγχειρίδια είναι τα παιδαγωγικά οχήματα τα οποία διαιωνίζουν την επιστήμη της φυσικής (Kuhn 1962).

Παρότι τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν έναν κύριο παράγοντα γνώσης ελάχιστες έρευνες έχουν μελετήσει την επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται σε αυτά. Οι Palinscar & Brown (1984) αναγνωρίζοντας μεταγνωστικής φύσης δραστηριότητες στην κατανόηση ενός κειμένου υποστηρίζουν ότι και οι καλύτεροι αναγνώστες συνήθως καλούνται να προβλέψουν την κατεύθυνση της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται από τον συγγραφέα. Οι Chi, deLeeuw, Chiu & LaVancher (1994) στην έρευνά τους σε σχολικά βιβλία φυσικής τονίζουν ότι για να κατανοήσει ο μαθητής το κείμενο δημιουργεί μόνος του εξηγήσεις διότι ακόμα και τα πιο ποιοτικά βιβλία απαιτούν από τον αναγνώστη να καλύψει κενά στην επιχειρηματολογία τους.

* Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος της ερευνητικής πρότασης που υλοποιείται στην ΑΣΠΑΙΤΕ στο πλαίσιο της Δράσης «Ενίσχυση Μεταδιδακτόρων Ερευνητών/τριών» του ΕΠΕΔΒΜ με Δικαιούχο την Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο (ΕΚΤ) και από Εθνικούς Πόρους.

Επιπλέον, το θέμα της επιχειρηματολογίας σχετίζεται και με το θέμα της λογικής συνέπειας (coherence) των σχολικών βιβλίων, της οποίας η σημασία για τους μαθητές έχει μελετηθεί και έχουν αναγνωρισθεί τα οφέλη (Ainsworth & Burcham 2007). Ταυτόχρονα όμως έχει αναγνωρισθεί και η μεθοδολογική δυσκολία στη μελέτη τέτοιων θεμάτων, καθώς πολύ λίγες έρευνες προσανατολίζονται σε εξειδικευμένες στο περιεχόμενο στρατηγικές (Roseman, Stern & Koppal 2010) ενώ οι περισσότερες καταγράφουν τις μορφές αιτιολόγησης που αναπτύσσονται στα σχολικά κείμενα (για παράδειγμα η εργασία των Stacey και Vincent (2009) σε σχολικά βιβλία μαθηματικών) χωρίς να τις συνδέουν με το εννοιολογικό περιεχόμενό τους.

Στη συγκεκριμένη εργασία θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας σε μια βασική έννοια στο σχολικό πρόγραμμα διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, στην έννοια της περιοδικότητας. Οι μαθητές είναι δυνατόν να τη συναντήσουν στην διάρκεια της σχολικής τους εκπαίδευσης στις ταλαντώσεις και στα κύματα στο μάθημα της φυσικής, στην τριγωνομετρία στο μάθημα των μαθηματικών αλλά και σε διαφορετικές εφαρμογές της σε μαθήματα της Τεχνικής και Επαγγελματικής εκπαίδευσης. Παρότι η έννοια της περιοδικότητας αποτελεί το αντικείμενο πολλαπλών διδακτικών δραστηριοτήτων στο σχολικό πρόγραμμα σπουδών, μόνο ένας μικρός αριθμός ερευνών εστιάζει στον τρόπο με τον οποίον οι μαθητές κατανοούν την κατανοούν. Αυτές οι έρευνες καταλήγουν ότι οι περισσότεροι μαθητές αντιλαμβάνονται διαισθητικά την έννοια ως τη συμπεριφορά χρονικά μεταβαλλόμενων μεγεθών (Shama 1998), ενώ δυσκολεύονται να αντιληφθούν τη διαφορά ανάμεσα στις αναπαραστάσεις μιας επαναλαμβανόμενης και μιας περιοδικής συνάρτησης (Buendia & Cordero 2005). Για να διαμορφώσουμε μια ευρεία άποψη για τον τρόπο με τον οποίον η έννοια της περιοδικότητας διδάσκεται και χρησιμοποιείται στη σχολική τάξη στα διαφορετικά επιστημονικά πεδία, αποφασίσαμε να αναλύσουμε την επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται σε κείμενα σχολικών βιβλίων στα οποία η έννοια εμφανίζεται. Ειδικότερα, στην παρούσα εργασία τα ερευνητικά ερωτήματα διαμορφώνονται ως ακολούθως:

Πώς αναπτύσσεται η επιχειρηματολογία στα σχολικά κείμενα των Φυσικών Επιστημών;

Με ποιους συλλογισμούς δημιουργείται η επιχειρηματολογία;

Υπάρχει διαφοροποίηση σε συλλογισμούς και επιχειρήματα ανά τάξη;

Με ποια μεθοδολογικά εργαλεία μπορούν να μελετηθούν οι δυο αυτές πλευρές των κειμένων;

Θεωρητικό πλαίσιο

Ο Vergnaud (2009) θεωρεί ότι τα στοιχεία που συνθέτουν το 'εννοιολογικό πεδίο' (conceptual field) κάθε επιστημονικής έννοιας είναι α) η ομάδα των διδακτικών καταστάσεων στις οποίες η έννοια εφαρμόζεται β) το σύνολο των λειτουργικών διαδικασιών (σχημάτων) που αναπτύσσονται σε αυτές και γ) το σύνολο των γλωσσικών και μη γλωσσικών αναπαραστάσεών της. Στην παρούσα εργασία θεωρούμε ως διδακτικές καταστάσεις τις διαφορετικές θεματικές ενότητες στις οποίες εμφανίζεται η έννοια της περιοδικότητας, ως λειτουργική διαδικασία την επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται σε κάθε θεματική ενότητα και ως γλωσσικές και μη γλωσσικές αναπαραστάσεις τα εργαλεία τα οποία διαμεσολαβούν στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας.

Η έννοια της επιχειρηματολογίας, όπως έχει διαμορφωθεί μετά από τον προσδιορισμό της από τον Toulmin (1969) διακρίνεται από την αποδεικτική μαθηματική λογική ή από μια απλή εξήγηση. Σε ένα επιχείρημα στόχος δεν είναι τόσο το να εξηγηθεί ένα χαρακτηριστικό ή μια συμπεριφορά, αλλά να δικαιολογηθεί ένας ισχυρισμός (Osborne & Patterson 2011). Στην παρούσα μελέτη, θεωρούμε ως επιχειρηματολογία το σύνολο των λογικών προτάσεων που το βιβλίο χρησιμοποιεί για να υποστηριχθεί η κατασκευή της νέας γνώσης, όπως παρουσιάζεται σε κάθε θεματική ενότητα και αναζητούμε εργαλεία ανάλυσής της.

Η ταξινόμηση της γνώσης που προσφέρεται στα σχολικά βιβλία της φυσικής και των μαθηματικών διαφοροποιείται ως προς το είδος της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται. Συγκεκριμένα, ο Kuhn (1962) διακρίνει τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στη σχολική τάξη της φυσικής σε *λογικό-μαθηματικές* (logical-mathematical) και *αποδεικτικό- εμπειρικές*

(evidential-experiential). Στην ίδια κατεύθυνση ο Stinner (1992) μελετώντας τα σχολικά βιβλία της φυσικής αναφέρεται (α) στο *λογικό* επίπεδο όπου συναντάται το ολοκληρωμένο αποτέλεσμα της φυσικής επιστήμης δηλ. ορισμοί, νόμοι, αρχές, θεωρίες, 'τεκμηριωμένα συμπεράσματα' αλλά και μαθηματικές και αλγοριθμικές διαδικασίες και (β) το *αποδεικτικό* (evidential) όπου καταγράφονται τα στοιχεία που τεκμηριώνουν το λογικό επίπεδο της προσφερόμενης γνώσης. Τέλος, οι Stacey και Vincent (2009) μελετώντας σχολικά βιβλία των μαθηματικών σε επίπεδο γυμνασίου διαχωρίζουν τα είδη της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσονται σε συνεπαγωγικούς (deductions), μεταφορικούς (metaphorical) και εμπειρικούς (empirical) συλλογισμούς. Αναμφίβολα, ενώ ένας εμπειρικός συλλογισμός στα μαθηματικά έχει μια άτυπη μορφή και ο στόχος του είναι μη αποδεκτός επιστημονικά, στη φυσική ο ίδιος συλλογισμός βασίζεται σε φυσικά μοντέλα και έχει σκοπό να επικυρώσει επιστημονικά συμπεράσματα και να παράγει την επιστημονική γνώση.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα εργασία αφορά μια συγκριτική μελέτη περίπτωσης ενοτήτων βιβλίων της Β/θμιας Εκπαίδευσης που αναφέρονται στην έννοια της περιοδικότητας. Η συγκριτική μελέτη στόχο έχει να αποκαλύψει μια συστηματική δομή, η οποία θα ισχύει όχι μόνο για τις συγκεκριμένες περιπτώσεις μελέτης, αλλά για το σύνολο των δεδομένων υπό ανάλυση (Nowak, 1989). Αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου ερευνητικού σχεδίου που έχει στόχο τη διαμόρφωση μιας ευρείας άποψης για τον τρόπο με τον οποίον η έννοια της περιοδικότητας διδάσκεται και χρησιμοποιείται στη σχολική τάξη. Η πρώτη φάση του σχεδίου περιλαμβάνει ειδικότερα την ανάλυση 2 βιβλίων των Μαθηματικών, 5 της Φυσικής και 4 των εφαρμοσμένων φυσικών επιστημών (Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Πληροφορικής). Σε κάθε σχολικό εγχειρίδιο περιορίζουμε την ανάλυσή μας σε ενότητες που αφορούν την έννοια της περιοδικότητας. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν και αναλύθηκαν δύο ενότητες της Φυσικής. Το μεθοδολογικό πλαίσιο βασίζεται στην ποιοτική ανάλυση περιεχομένου (qualitative content analysis). Η ανάλυση περιεχομένου στοχεύει στην αντικειμενική, συστηματική και ποσοτική περιγραφή του φανερού περιεχομένου της επικοινωνίας γραπτού ή προφορικού λόγου. Η προσέγγιση στην ανάλυση των δεδομένων προέρχεται από τη Θεμελιωμένη Θεωρία (Grounded theory) η οποία μέσα από τη συστηματική συλλογή και μελέτη των δεδομένων στόχο έχει την ανάπτυξη ενός ερμηνευτικού πλαισίου για το κοινωνικό φαινόμενο το οποίο ερευνάται (Strauss & Corbin 1998). Συγκεκριμένα στοχεύουμε να παρουσιάσουμε τη λογική που ακολουθήσαμε για την ποιοτική ανάλυση της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται σε δύο θεματικές ενότητες που αφορούν την έννοια της περιοδικότητας.

Μονάδα ανάλυσης: Δυο μονάδες ανάλυσης χρησιμοποιούνται. Σε πρώτο επίπεδο, η μονάδα ανάλυσης είναι κάθε εννοιολογική θεματική ενότητα η οποία είναι ανεξάρτητη από το υπόλοιπο κείμενο και παράγει μια συγκεκριμένη επιχειρηματολογία. Είναι μέρος της ενότητας που επιλέξαμε να αναλύσουμε, έχει αρχή και τέλος και διακρίνουμε σε αυτήν μια σχετική ανεξαρτησία στο περιεχόμενό της δηλαδή μπορούμε με ευκολία να την αναγνωρίσουμε και να την ξεχωρίσουμε από τις υπόλοιπες μονάδες ανάλυσης. Μερικές φορές η μονάδα ανάλυσης ταυτίζεται με μια υποενότητα του σχολικού βιβλίου όπως αυτή ορίζεται από τον συγγραφέα. Μερικές φορές όμως χωρίζουμε την υποενότητα σε διαφορετικές μονάδες ανάλυσης διότι αναγνωρίζουμε σε αυτές διαφοροποιήσεις στο θεματικό τους περιεχόμενο και στη φύση της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται από το συγγραφέα. Στην παρούσα εργασία η μονάδα ανάλυσης και στα δυο επίπεδα ονομάζεται 'κείμενο' και αποτελείται από το γλωσσικό μέρος και τις αναπαραστάσεις που το συνοδεύουν. Σε δεύτερο επίπεδο η μονάδα ανάλυσης είναι κάθε σύνολο προτάσεων ή κειμένου και εικόνας, τα οποία συνθέτουν ένα συλλογισμό.

Η μεθοδολογία ανάλυσης: Μετά τον ορισμό της μονάδας ανάλυσης πρώτου επιπέδου, καταγράφουμε τη διδακτική κατάσταση στην οποία αναφέρεται το κείμενο, αναλύουμε τη δομή της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται σε αυτό, καθώς και τους επιμέρους συλλογισμούς και τα εργαλεία (αναπαραστάσεις) που διαμεσολαβούν στην ανάπτυξη του

επιχειρηματολογικού σχήματος. Οι αναπαραστάσεις είναι είτε γλωσσικής είτε μη γλωσσικής μορφής όπως φυσικά μοντέλα, μαθηματικές αναπαραστάσεις ή εικόνες.

Στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης αναλύουμε το είδος των συλλογισμών και δημιουργούμε διαφορετικές κατηγορίες που παίρνουν μέρος στην οργάνωση του κάθε επιχειρήματος. Από την ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού εννοιολογικών θεματικών ενοτήτων διαπιστώθηκε η ύπαρξη ενός αριθμού συλλογισμών, η σύνθεση των οποίων υποστηρίζει την επιχειρηματολογία της ενότητας και μέσα από τους οποίους προκύπτουν τα συμπεράσματα.

Οι συλλογισμοί διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Νομο-λογικούς συλλογισμούς,

όταν η συλλογιστική του κειμένου βασίζεται σε αξιώματα, νόμους, θεωρήματα ή θεωρίες, και αποτελούν τη βάση για άλλους συλλογισμούς (Ν1)

όταν προκύπτει από το κείμενο ένας ορισμός, μια γενίκευση ή ένας νόμος, ως συμπέρασμα προηγούμενων συλλογισμών (Ν2) (συνήθως καταγράφεται στο κείμενο με χαρακτηριστικό τρόπο π.χ. με έντονη γραφή)

Λογικο-μαθηματικούς συλλογισμούς, όταν στηρίζονται

στην αξιοποίηση μαθηματικών σχέσεων και τεχνικών (ΛΜ)

Λογικο-εμπειρικούς, όταν είτε συνδέονται εμπειρίες με την εξαγωγή λογικών συμπερασμάτων, είτε συνδέονται γνώσεις κανόνων και συμβάσεων με παραδείγματα και συγκεκριμένες καταστάσεις. Οι συλλογισμοί αυτοί μπορούν να διακριθούν περαιτέρω στις εξής κατηγορίες:

συλλογισμούς που ξεκινούν από μια γενική ιδέα λογικού χαρακτήρα και καταλήγουν στην εφαρμογή της σε συγκεκριμένες εμπειρικές καταστάσεις (ΛΕ1),

συλλογισμούς που ξεκινούν από εμπειρικές καταστάσεις ή δεδομένα και καταλήγουν σε γενικές διατυπώσεις, έννοιες, ή συμπεράσματα (ΛΕ2),

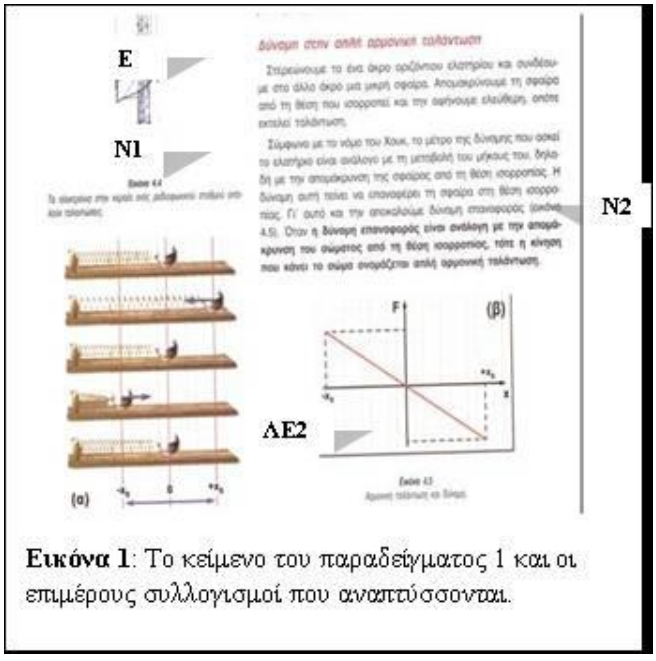
επεξηγηματικούς συλλογισμούς που είτε έχουν στόχο την αξιοποίηση θεωρητικών ιδεών είτε αξιοποιούνται επινοημένες καταστάσεις για την εξήγηση φαινομένων (ΛΕ3)

Εμπειρικούς, όταν βασίζονται στην επίκληση εμπειριών είτε από την καθημερινή ζωή, είτε από μια πειραματική δραστηριότητα (Ε).

Αποτελέσματα

Θα παρουσιάσουμε δύο παραδείγματα ανάλυσης κειμένων Φυσικής, τα οποία έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να παρουσιάζουν το ίδιο θεματικό περιεχόμενο. Συγκεκριμένα και στα δύο κείμενα η *διδακτική κατάσταση* αφορά τη μελέτη της κίνησης σώματος που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση (ΑΑΤ) με στόχο την αναζήτηση της σχέσης F-x.

Θα χρησιμοποιηθεί το μεθοδολογικό πλαίσιο του Vergnaud και οι κατηγορίες των συλλογισμών που περιγράφηκαν παραπάνω με στόχο να δώσουμε μια εικόνα του τρόπου ανάλυσης της κάθε θεματικής ενότητας.



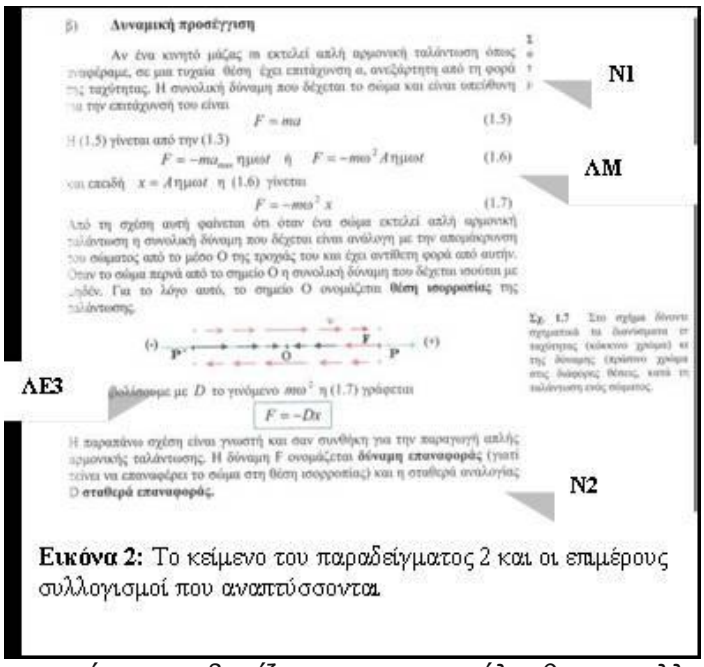
Εικόνα 1: Το κείμενο του παραδείγματος 1 και οι επιμέρους συλλογισμοί που αναπτύσσονται.

Παράδειγμα 1: Ανάλυση του κειμένου από το Κεφάλαιο 4 'Ταλαντώσεις' της Γ΄ Γυμνασίου (σελ.90).

Η *επιχειρηματολογία* που αναπτύσσεται βασίζεται στους ακόλουθους συλλογισμούς: Ξεκινά με έναν εμπειρικό συλλογισμό (Ε) που προκύπτει από το κείμενο «στερεώνουμε το ελατήριο … απλή ταλάντωση» σε συνδυασμό με την εικόνα 4.5(α). Ακολουθεί η αξιοποίηση ενός νομολογικού συλλογισμού, τύπου Ν1, που αναπτύσσεται στο κείμενο «Σύμφωνα με το νόμο του

Χουκ … δύναμη επαναφοράς (εικόνα 4.5)». Καταλήγει σε έναν άλλο νομολογικό συλλογισμό, τύπου Ν2, όπου ορίζεται ως συμπέρασμα η συνθήκη ορισμού της ΑΑΤ.

Σημαντικό ρόλο φαίνεται ότι διαδραματίζουν οι *αναπαραστάσεις* που διαμεσολαβούν στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας όπως η πειραματική διάταξη και η γραφική παράσταση της συνάρτησης F(x) στο διάστημα [-x_o, x_o] (Εικόνα 1). Παράλληλα, παρατηρούμε την ύπαρξη ενός άλλου συλλογισμού που απαιτείται για τη σύνδεση των δυο εικόνων 4.5α και 4.5β (Εικόνα 1), καθώς ο μαθητής καλείται να αναγνωρίσει τα εμπειρικά δεδομένα στην πειραματική διάταξη και να τα συσχετίσει με το γράφημα της σχέσης F-x που αποτελεί μια κωδικοποιημένης μορφής αναπαράσταση. Να επισημάνουμε εδώ ότι δεν υπάρχει ρητή σύνδεση ανάμεσα στο κείμενο και τις εικόνες 4.5 (α) και (β). Αυτής της μορφής ο συλλογισμός χαρακτηρίζεται ως λογικο-εμπειρικός (ΛΕ2) επειδή ξεκινά από εμπειρικά δεδομένα και καταλήγει σε γενικές διατυπώσεις μαθηματικών σχέσεων. Τέλος, Παρατηρούμε ότι η εικόνα 4.5(α) σχετίζεται άμεσα με την διδακτική κατάσταση, τροφοδοτεί όλους τους συλλογισμούς και ειδικότερα αποτελεί απαραίτητο εργαλείο στη διαμόρφωση του συλλογισμού λογικο-εμπειρικής μορφής. Για τους παραπάνω λόγους η συγκεκριμένη οπτική αναπαράσταση θεωρούμε ότι αποτελεί το *πλαίσιο αναφοράς* όλης της δραστηριότητας.



Εικόνα 2: Το κείμενο του παραδείγματος 2 και οι επιμέρους συλλογισμοί που αναπτύσσονται

Παράδειγμα 2: Ανάλυση κειμένου από το κεφάλαιο 'Ηλεκτρικές και Μηχανικές Ταλαντώσεις' της Γ΄ Λυκείου Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης (σελ.11).

Η *επιχειρηματολογία* που αναπτύσσεται βασίζεται στους ακόλουθους συλλογισμούς: ξεκινά με έναν νομολογικό συλλογισμό (Ν1) που προκύπτει από το κείμενο «Αν ένα κινητό… *F=ma*» συνεχίζει με ένα τμήμα κειμένου με μια σειρά λογικο-μαθηματικών συλλογισμών (ΛΜ) που καταλήγουν στον νομολογικό συλλογισμό (Ν2) ήτοι τη συνθήκη της ΑΑΤ και το σχολιασμό της. Στην εξέλιξη των παραπάνω συλλογισμών παρατηρούμε ότι παρεμβάλλεται μια άλλη μορφή συλλογισμού που εκφράζεται από το κείμενο «Όταν το σώμα. μέχρι και το σχήμα 1.7». Ο συλλογισμός αυτός αιτιολογεί τη φυσική σημασία του πλην (-) στη συνθήκη της ΑΑΤ χρησιμοποιώντας ένα επινοημένο εμπειρικό παράδειγμα. Χαρακτηρίζουμε το συλλογισμό αυτόν ως λογικο-εμπειρικό επεξηγηματικής μορφής (ΛΕ3) διότι αξιοποιεί επινοημένες καταστάσεις για την εξήγηση ενός φαινομένου. *Οι αναπαραστάσεις* που διαμεσολαβούν στο γλωσσικό επίπεδο είναι οι *συμβολικές εκφράσεις* (π.χ. περιοδικών συναρτήσεων x=Aημωt ή α=$α_{max}$ημωt) και η συνθήκη της ΑΑΤ. Στο επίπεδο των οπτικών αναπαραστάσεων καταγράφουμε το σχήμα 1.7 (Εικόνα 2) ως εμπειρικό εργαλείο στην επεξήγηση στοιχείων της συνθήκης της ΑΑΤ. Η διδακτική κατάσταση της συγκεκριμένης δραστηριότητας διατηρεί μια γενικευμένη μορφή ενώ κυριαρχούν οι λογικο-μαθηματικοί συλλογισμοί οι οποίοι και της προσδίδουν έναν αλγοριθμικό χαρακτήρα. Για όλους τους παραπάνω λόγους θα χαρακτηρίζαμε αυτή τη δραστηριότητα ως αποπλαισιωμένη (conext free).

Σύγκριση των κειμένων: Από τη μελέτη των δύο κειμένων καταγράψαμε αναλυτικά το πως οι κατηγορίες των συλλογισμών λειτουργούν. Στον πίνακα 1 καταγράφουμε τις παραπάνω αναλύσεις στις τρεις διαστάσεις του εννοιολογικού πεδίου (Vergnaud 2009) της κάθε θεματικής ενότητας.

Πίνακας 1: Συγκριτικά αποτελέσματα της ανάλυσης των κειμένων

	Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ	Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ
Διδακτική κατάσταση	Μελέτη της κίνησης σώματος που εκτελεί ΑΑΤ, στόχος η αναζήτηση της σχέσης F-x.	
Δομή του επιχειρηματολογικού σχήματος	Ε → Ν1 → Ν2 ↑ ΛΕ2	Ν1 → ΣΛΜ → Ν2 …… ↑ ΛΕ3
Αναπαραστάσεις	Το σύστημα σώμα- ελατήριο (πλαίσιο αναφοράς) και η γραφική παράσταση F-x	Οι συμβολικές αναπαραστάσεις (περιοδικών συναρτήσεων και γραμμικών σχέσεων)

Οι δύο διδακτικές καταστάσεις που αναλύσαμε αφορούν και οι δύο τη μελέτη της κίνησης σώματος που εκτελεί ΑΑΤ με στόχο την αναζήτηση της σχέσης F-x. Οι διαφοροποιήσεις αφορούν τη δομή της επιχειρηματολογίας και τις αναπαραστάσεις που τη διαμεσολαβούν. Παρατηρούμε ότι η επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται στο κειμένου της Γ΄ Γυμνασίου απαιτεί σχεδόν όλες τις γενικές κατηγορίες συλλογισμών για την κατανόηση του κειμένου παρότι ο λογικο-μαθηματικός συλλογισμός (ΛΜ) δεν είναι ρητά διατυπωμένος είναι ενσωματωμένος στον λογικο- εμπειρικό συλλογισμό ΛΕ2. Η μη ρητή διατύπωση και εξήγηση των αναλογικών σχέσεων προσδίδει στο κείμενο μια νοηματική συνθετότητα. Στο κείμενο της Γ΄ Λυκείου απουσιάζει κάθε εμπειρικός συλλογισμός ενώ κυριαρχούν οι λογικο-μαθηματικοί συλλογισμοί. Και στο νομολογικό επίπεδο των συλλογισμών καταγράφουμε διαφορετικούς συλλογισμούς τύπου Ν1 (Νόμος του Χουκ- Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής) ενώ ο συλλογισμός τύπου Ν2 είναι ο ίδιος (συνθήκη της ΑΑΤ) και στα δύο κείμενα αλλά εκφρασμένος με διαφορετικής μορφής αναπαραστάσεις (γραφική-συμβολική). Ως σημαντική διαφορά στη λεκτική παρουσίαση των δύο κειμένων καταγράφουμε ό,τι στο κείμενο της Γ΄ Γυμνασίου παρουσιάσθηκε ως μια συμπερασματική πρόταση στο Λύκειο εκλαμβάνεται ως υπόθεση στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας. Τέλος, στο κείμενο της Γ΄ Γυμνασίου κυριαρχούν οι οπτικές αναπαραστάσεις ενώ στο κείμενο της Γ΄ Λυκείου κυριαρχούν οι συμβολικές αναπαραστάσεις. Οι διαφοροποιήσεις που προέκυψαν από τις δύο διδακτικές καταστάσεις που αναλύθηκαν πιθανόν να δημιουργούν δυσκολία στους μαθητές στη διαμόρφωση μιας ενιαίας εννοιολογικής αντίληψης όσον αφορά τη δυναμική προσέγγιση της ΑΑΤ.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία προτείνουμε μια μέθοδο μελέτης κειμένων σε σχολικά εγχειρίδια ώστε να μπορέσουμε, μέσα από τις διαπιστώσεις αναφορικά με την εννοιολογική συνεκτικότητα και τη συλλογιστική τους, να κατανοήσουμε τις δυσκολίες που μπορεί να συναντούν οι μαθητές στην κατανόηση της έννοιας της περιοδικότητας. Παρουσιάσαμε ενότητες από σχολικά εγχειρίδια φυσικής, αλλά η έρευνα επεκτείνεται και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα (μαθηματικά, αστρονομία κλπ.). Η διαδικασία ανάλυσης διαφοροποιείται ουσιαστικά από άλλες μελέτες οι οποίες καταγράφουν μορφές συλλογισμών και επιχειρημάτων που αναπτύσσονται σε κείμενα σχολικών βιβλίων (Stacey & Vincent 2009) χωρίς όμως να συνδέουν τους συλλογισμούς με την επιχειρηματολογία των θεματικών ενοτήτων και το εννοιολογικό τους περιεχόμενο.

Η μέθοδος μελέτης κειμένων που προτείνεται είναι η δημιουργία δυο επιπέδων ανάλυσης περιεχομένου. Σε πρώτο επίπεδο, η μονάδα ανάλυσης είναι μια θεματική ενότητα η οποία συνδέεται με μια συγκεκριμένη διδακτική κατάσταση διατηρώντας ακέραια τα στοιχεία που σχετίζονται με θέματα εννοιολογικής κατανόησης. Σε δεύτερο επίπεδο η μονάδα ανάλυσης είναι κάθε σύνολο προτάσεων ή κειμένου και εικόνας, τα οποία συνθέτουν ένα συλλογισμό. Το

σύνολο όλων των συλλογισμών συνθέτουν την επιχειρηματολογία της κάθε θεματικής ενότητας.

Τα ευρήματα της συγκριτικής ανάλυσης των δύο παραδειγμάτων αναφέρονται στα εξής : (α) η επιχειρηματολογία κάθε ενότητας δομείται με χαρακτηριστικό τρόπο αναφορικά με το είδος και τη σύνθεση των συλλογισμών που την απαρτίζουν. Πιο συγκεκριμένα διαφαίνεται ότι από τις μικρές τάξεις προς τις μεγαλύτερες τάξεις κινείται από μια εμπειρική (κυριαρχία λογικο-εμπειρικών συλλογισμών) σε μια αφαιρετική κατεύθυνση (κυριαρχία λογικο-μαθηματικών συλλογισμών). (β) Και στα δύο κείμενα κυριαρχούν οι μαθηματικές αναπαραστάσεις, αλλά με διαφορετικές εκφράσεις (γραφικές - συμβολικές). (γ) Καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των συλλογισμών στο κείμενο της Γ΄ Γυμνασίου διαδραματίζει το πλαίσιο αναφοράς (η πειραματική διάταξη σώματος-ελατηρίου) μιας και το είδος των συλλογισμών που αναπτύσσονται βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε αυτό. Σε αντίθεση στο κείμενο της Γ΄ Λυκείου η επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται βασίζεται σε γενικής μορφής αλγοριθμικές διαδικασίες. Για το λόγο αυτό η δραστηριότητα έχει μια αποπλαισιωμένη μορφή. Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αν και η επιχειρηματολογία στη Γ΄ Λυκείου χρησιμοποιεί πιο προχωρημένα εργαλεία (συμβολικής μορφής αναπαραστάσεις) και συλλογιστικές, η επιχειρηματολογία όπως αναπτύσσεται στο Γυμνάσιο, στην ίδια διδακτική κατάσταση, διατηρεί στοιχεία μοντελοποίησης (Kaiser 2011) οπότε θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μια πιο σύνθετη και νοητικά απαιτητική διαδικασία.

Η έκταση της παρούσας μελέτης δεν μας επιτρέπει να γενικεύσουμε τα παραπάνω συμπεράσματα, αλλά η επέκταση της ανάλυσης σε άλλα γνωστικά αντικείμενα αναμένεται να μας βοηθήσει να αποκτήσουμε μια σαφέστερη εικόνα αναφορικά με την ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας τόσο ανά τάξη όσο και ανά γνωστικό αντικείμενο. Το γεγονός αυτό θα μας επιτρέψει να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για το εννοιολογικό περιεχόμενο της έννοιας στα σχολικά βιβλία και να κατανοήσουμε τις εμπειρίες των μαθητών όταν έρχονται σε επαφή με αυτό.

Τέλος, η ανάλυση των κειμένων που προτείνουμε θεωρούμε ότι θα μπορούσε να αποτελέσει, αφενός μεν ένα ερευνητικό εργαλείο και αφετέρου ένα σημαντικό διδακτικό εργαλείο κάθε εκπαιδευτικού ο οποίος συνειδητοποιώντας τις διαφορές που καταγράφουμε στα δύο κείμενα θα μπορέσει να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνδέσεις που θα διευκολύνουν τους μαθητές στη δημιουργία ολοκληρωμένης αντίληψης στοιχείων της έννοιας και να ξεπεράσουν δυσκολίες που έχουν καταγραφεί από άλλες έρευνες (π.χ.. Buendia & Cordero 2005).

Βιβλιογραφία

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσίμπα, Λ.. (2008). Φυσική Γ΄ Γυμνασίου. Έκδοση Α, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ. Πήττας, Α. & Ράπτης Σ. (1999). Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Γ΄ τάξης Γενικού Λυκείου. Έκδοση Η, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ainsworth, S., & Burcham, S. (2007). The impact of text coherence on learning by self-explanation. Learning and Instruction, 17(3), 286–303.

Buendia G. & Cordero F. (2005). Prediction and the periodical aspect as generators of knowledge in a social practice framework. *Educational Studies in Mathematics, 58*, 299– 333.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. Cognitive Science, 18, 439-477.

Kaiser, G. (2011). Mathematical thinking within mathematical modelling process. In Ubuz, B. (Ed.). *Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. I, pp. 91-96, Ankara: PME.

Kuhn, T. (1962). The Structure of scientific revolutions**.** Chicago, IL: University Press

Nowak, S. (1989) Comparative studies and social theory. In M.L. Kohn (ed.) Cross-national Research in Sociology, (pp 34-56), London: Sage.

Osborne, J.F., and A. Patterson. 2011. Scientific argument and explanation: A necessary distinction? Science Education 95 (4): 627–638.

Paliscar, A. S.and Brown A. L (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension- Fostering and Monitoring Activities, Cognition and Instruction, 1, pp. 117- 175, 1984.

Shama G., (1998). Understanding Periodicity as a Process with A Gestalt Structure. *Educational Studies in Mathematics*, 35, 255–281.

Stinner, A. (1992). Science Textbooks and Science Teaching: From Logic to Evidence. Science Education, 76(1),1-16.

Strauss, A. & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Roseman, J.E., Stern, L. & Koppal M. (2010). A Method for Analyzing the Coherence of High School Biology Textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 47(1), 47-70.

Toulmin, S. (1969). *The uses or argument.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Stacey, K. & Vincent, J. (2009). Modes of reasoning in explanations in Australian eighth-grade mathematics textbooks. Educational Studies in Mathematics, 72(3), p. 271-288.

Vergnaud, G. (2009). The theory of conceptual fields. Human Development, 52, 83-94.

Η οργάνωση της γνώσης σε πανεπιστημιακά βιβλία γενικής χημείας και στην πρόταση SOMA για τη χημεία α΄ λυκείου: Η περίπτωση του χημικού δεσμού

Ελένη Τ. Παππά, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας,
elenpappa@yahoo.gr; gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η οργάνωση της γνώσης είναι ένα βασικό συστατικό της κατανόησης και της διδασκαλίας αυτής. Οι καθηγητές θα επωφελούνταν σημαντικά από τα βιβλία, αν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν και να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικές δομές οργάνωσης της γνώσης και στην δική τους διδασκαλία. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιαστεί πώς γίνεται η σύνδεση της γνώσης σε βιβλία γενικής χημείας και ποιες δομές οργάνωσης της γνώσης χρησιμοποιούνται. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: 1. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των συνδέσμων; 2. Ποια είδη οργάνωσης της γνώσης εντοπίζονται στα εγχειρίδια και σε τι διαφέρουν; Η μέθοδος της έρευνας βασίστηκε στην αναγνώριση, ανάλυση και κατηγοριοποίηση βασικών στοιχείων αλλά και των συνδέσμων που σχετίζουν τα βασικά αυτά στοιχεία. Τέλος η οργάνωση της γνώσης των βιβλίων παρουσιάζεται με τη χρήση χαρτών εννοιών και με την ποιοτική ταξινόμησή της με βάση εξωτερικά χαρακτηριστικά, αναδεικνύοντας έτσι τις θεμελιώδεις διαφορές στις δομές της.

Abstract

Knowledge organization is an important component of understanding learning and teaching. Teachers would benefit considerably from textbooks if they are able to recognize and use the knowledge organization in their own teaching. The purpose of this study is to present how knowledge in a textbook is connected and what kinds of knowledge organization structures these connections form. The following research questions were formulated: 1. What are the characteristics of links (forming the knowledge organization) in different textbooks? 2. What kinds of knowledge organization exist in textbooks and how these organizations are different? The method of analysis is based on interpretative analysis and categorization, which recognizes the basic elements and the basic links, which connect these elements. These basic elements and links form the structure of knowledge organization. Finally, the knowledge organization of textbooks are represented by using concept maps and classified qualitatively on the basis of their topological outlook, revealing the essential differences in their structures.

Εισαγωγή

Από ερευνητικά δεδομένα προκύπτει ότι ο χρόνος της ενασχόλησης των μαθητών με το διδακτικό υλικό είναι μεγαλύτερος από το χρόνο των διαπροσωπικών σχέσεων των μαθητών με τον εκπαιδευτικό. Από την άλλη πλευρά, προκύπτει επίσης ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν διάφορα είδη διδακτικού υλικού κατά το 90-95% του διδακτικού χρόνου. Τέλος, περίπου το 70% όλων των δραστηριοτήτων της τάξης γίνεται με βάση το σχολικό βιβλίο. Ο κεντρικός αυτός ρόλος του σχολικού εγχειριδίου στην διδασκαλία εξηγείται με βάση πολλούς λόγους: α. Ιστορικά το σχολικό εγχειρίδιο είναι το παλαιότερο μέσο διδασκαλίας. β. Η αυθεντία που ασκεί γενικά ο γραπτός λόγος επαυξάνεται στην περίπτωση του σχολικού βιβλίου από το γεγονός ότι παρουσιάζει με σύστημα, οργάνωση και διάρθρωση τη γνώση μιας συγκεκριμένης επιστημονικής περιοχής. γ. Η σημασία όλων των παραπάνω επιτείνεται από το γεγονός ότι για πολλούς η χρήση των σχολικών βιβλίων στο σχολείο σημαίνει την πρώτη αλλά και την τελευταία επαφή με το βιβλίο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το σχολικό βιβλίο αποκτά μια ιδιαίτερη ψυχολογική αξία ως κάτι το ξεχωριστό ή και μοναδικό, κάτι κοινωνικώς δυσπρόσιτο, σύμβολο ενός άλλου κόσμου με δύναμη και εξουσία, μέσα στο οποίο το άτομο δεν μπορεί παρά να αισθάνεται ανίσχυρο και αδύναμο. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το σχολικό εγχειρίδιο είναι το κυριότερο μέσο διδασκαλίας. Μολονότι όμως το σχολικό βιβλίο αποτελεί κατεξοχήν μέσο

διδασκαλίας, εντούτοις τόσο στην έρευνα όσο και στην επιστημονική παιδαγωγική συζήτηση δεν έχει τη θέση που του αρμόζει τουλάχιστον στη χώρα μας (Καψάλης & Χαραλάμπους 1995).

Κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας, οι καθηγητές προσπαθούν να οργανώσουν τη γνώση έτσι ώστε να βελτιώσουν τη διδασκαλία τους και οι μαθητές προσπαθούν να οργανώσουν τη γνώση έτσι ώστε να επιτύχουν καλύτερη μάθηση (Novak 2001). Η εις βάθος κατανόηση της οργάνωσης της γνώσης επιτρέπει στους καθηγητές να αναγνωρίσουν εναλλακτικούς τρόπους διδασκαλίας και κατεπέκταση να οργανώσουν τα διδακτικά εργαλεία που θα χρησιμοποιήσουν κατά τη διάρκεια του μαθήματος (Ball & Cohen 1996, Davis & Krajcik 2005). Για να μελετηθεί όμως ο τρόπος οργάνωσης της γνώσης, θα πρέπει να αναγνωριστούν τα *βασικά στοιχεία* των εγχειριδίων αλλά και να εντοπιστούν οι *σύνδεσμοι* μεταξύ των βασικών στοιχείων.

Ως *βασικά στοιχεία* χαρακτηρίζονται: α. οι *νόμοι,* οι οποίοι είναι συνήθως πειραματικοί νόμοι που περιγράφονται από μία ποσοτική σχέση ή μπορούν να προέλθουν από συγκεκριμένη θεωρία, β. οι *αρχές,* οι οποίες είναι νόμοι υψηλότερου επιπέδου, χαρακτηριζόμενες και ως γενικότεροι νόμοι, γ.οι *έννοιες,* οι οποίες αποτελούν εργαλεία που δομούν τη γνώση και περιγράφουν βασικές ιδιότητες (Koponen & Pehkonen 2010 .

Αρκετές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση των συνδέσμων μεταξύ των βασικών στοιχείων, μέσω των οποίων παρουσιάζεται η οργάνωση της γνώσης που χρησιμοποιείται σε κάθε σχολικό εγχειρίδιο. Οι Harrison και Treagust (1998) σχεδίασαν μια τυπολογία επιστημονικών μοντέλων για να κατατάξουν τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στα σχολικά εγχειρίδια σε μαθηματικά και θεωρητικά μοντέλα, αναλογικά μοντέλα, αλλά και μοντέλα με πολλαπλές έννοιες που παρουσιάζονται μέσω χαρτών ή διαγραμμάτων. Ο Van Heuvelen (1991) κατέταξε την γνώση της φυσικής σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν λέξεις, εικονογραφημένες παρουσιάσεις, και μαθηματικές παρουσιάσεις. Οι ταξινομήσεις των Harrison και Treagust και του van Heuvelen (1991) υιοθετήθηκαν στην εργασία της Majidi (2011) για να μελετήσουν την οργάνωση της γνώσης σε βιβλία φυσικής.

Μέθοδος

Η μέθοδος της έρευνας βασίστηκε στην αναγνώριση, ανάλυση και κατηγοριοποίηση των βασικών στοιχείων και των συνδέσμων που σχετίζουν τα βασικά αυτά στοιχεία. Η οργάνωση της γνώσης των βιβλίων αφενός παρουσιάζεται με χάρτες εννοιών, αφετέρου ταξινομείται ποιοτικά με βάση εξωτερικά χαρακτηριστικά. Έτσι, αναδεικνύονται θεμελιώδεις διαφορές στις δομές οργάνωσης της εκάστοτε γνώσης. Λαμβάνοντας υπόψη τις εργασίες Harrison και Treagust (1998), Van Heuvelen (1991) και Majidi και Mäntylä (2011), κατηγοριοποιούμε τους συνδέσμους στις παρακάτω έξι κατηγορίες μοντέλων: 1. *Περιγραφικό μοντέλο* (ΠΜ): Γίνεται περιγραφή ενός βασικού στοιχείου από ένα άλλο. Περιγράφει τη δομή, τον ρόλο, τις ιδιότητες, τη λειτουργία ενός στοιχείου. 2. *Επεξηγηματικό μοντέλο* (ΕΜ): Δεν περιγράφεται απλά ένα βασικό στοιχείο από ένα άλλο αλλά επεξηγείται. Δηλαδή επεξηγούνται η δομή, ο ρόλος, οι ιδιότητες και η λειτουργία του. 3. *Οπτικό μοντέλο* (ΟΜ): Συνήθως ένα οπτικό μοντέλο αποτελεί ένα διάγραμμα, ένας χάρτης, ένας συμβολισμός, μια γραφική παράσταση, ένα σχήμα ή μία εικόνα. 4. *Μοντέλο αναφοράς-παρουσίασης* ενός γεγονότος/δεδομένου (ΑΓ): Συνήθως είναι η σύνδεση ενός βασικού στοιχείου με μια γενική αρχή η οποία δεν αμφισβητείται και απλά αναφέρεται σαν κάτι δεδομένο. 5. *Μοντέλο Αιτιολόγησης* (Α): Είναι ο σύνδεσμος εκείνος ο οποίος συνδέει ένα βασικό στοιχείο με ένα άλλο το οποίο το αιτιολογεί. Πιο συγκεκριμένα αιτιολογεί τη δομή, τον ρόλο, τις ιδιότητες ή τη λειτουργία του πρώτου στοιχείου.:6. *Μοντέλο αναφοράς σε προηγούμενη γνώση* (ΑΠΓ): Ο σύνδεσμος αυτός αναφέρεται έτσι ώστε να συνδέσει ένα καινούριο και άγνωστο ή μη βασικό στοιχείο με ένα άλλο το οποίο έχει ήδη διδαχτεί παλαιότερα. Αποτελεί δηλαδή προαπαιτούμενη γνώση.:

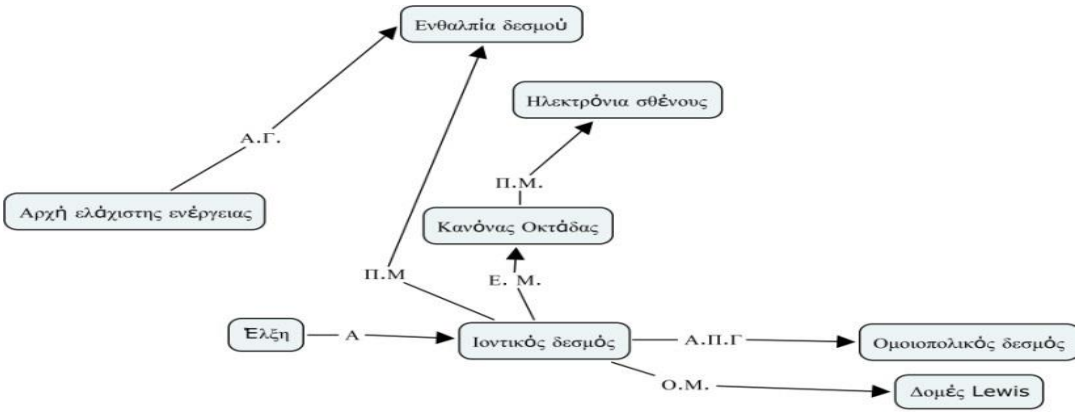
Η παρουσίαση των συνδέσμων των βασικών στοιχείων κατά την οργάνωση της γνώσης γίνεται με την βοήθεια χαρτών εννοιών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των παραπάνω συνδέσεων συγκεκριμένων βασικών στοιχείων δείχνεται στο Σχήμα 1 που αναφέρεται στη σύνδεση βασικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται στα κεφάλαια του χημικού δεσμού. Παραδείγματα:

Κατά τον σχηματισμό δεσμών, η εξωτερική στιβάδα αποκτά οκτώ ηλεκτρόνια....Τα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα είναι γνωστά ως ηλεκτρόνια σθένους. (Π.Μ).

Όταν δύο όμοια άτομα έρχονται κοντά και σχηματίζουν ομοιοπολικό δεσμό...τα ηλεκτρόνια διαμοιράζονται εξίσου επειδή...έχουν την ίδια...ηλεκτραρνητικότητα...(ΕΜ). *Αυτό το όνομα προκύπτει από τον αριθμό των δεσμών που μπορεί να σχηματίσει ένα άτομο και το οποίο ονομάζεται σθένος...παρουσιάζεται ένα σύστημα συμβόλων και χαρακτήρων γνωστές ως δομές Lewis στις οποίες ένα άτομο περιτριγυρίζεται μέχρι το πολύ τέσσερα ζεύγη κουκκίδων που αντιπροσωπεύουν τα οκτώ το πολύ ηλεκτρόνια σθένους....*(ΟΜ) .

Ο όρος ομοιοπολικός δεσμός χρησιμοποιείται για να περιγράψει τους δεσμούς στα μόρια οι οποίοι είναι αποτέλεσμα της συνεισφοράς ενός ή περισσοτέρων ζευγών ηλεκτρονίων σθένους....σημαντική είναι η διαφορά της ενέργειας που απαιτείται ώστε να αποδεσμευτεί ένα ηλεκτρόνιο σθένους από οποιοδήποτε άλλο ηλεκτρόνιο..(ΑΓ).

Στα ομοιοπολικά μόρια ....τα ηλεκτρόνια των ομοιοπολικών δεσμών διαμοιράζονται...εάν αυτά τα άτομα έχουν την ίδια ηλεκτραρνητικότητα τα ηλεκτρόνια διαμοιράζονται εξίσου και ο δεσμός που προκύπτει αναφέρεται ως ομοιοπολικός δεσμός. (Α). *Οι ασθενείς διαμοριακές δυνάμεις στα υγρά και στα στερεά καλούνται δυνάμεις Van der waals… Η εξίσωση Van der waals περιγράφτηκε ...στο κεφάλαιο 6...* (ΑΠΓ).



Σχήμα 1: Χάρτης εννοιών με κάποια από τα βασικά στοιχεία για τον χημικό δεσμό και τον τρόπο σύνδεσής τους.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης αξιολογήθηκαν πέντε βιβλία, τέσσερα αγγλόφωνα πανεπιστημιακά βιβλία γενικής χημείας και ένα ελληνόγλωσσο πειραματικό διδακτικό υλικό για τη χημεία της α΄ λυκείου. Το ενδιαφέρον μας εστιάστηκε στο θέμα του χημικού δεσμού, όπου περιελάβαμε τόσο τους ενδομοριακοούς όσο και τους διαμοριακούς διαμοριακοί δεσμούς. Τα βιβλία είναι: 1) Atkins και Jones (2000), 2) Timberlake (2002), 3) Chang (2000), 4) Spencer, Bodner και Rickard (2008) 5) Τσαπαρλής και Πύργας (2005). Το βιβλίο των Τσαπαρλή και Πύργα βασίζεται σε παλαιότερη πρόταση επίσημης επιτροπής του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για ένα νέο πρόγραμμα χημείας της α΄ λυκείου (*Προσέγγιση Καταστάσεων της Ύλης* / SOMA, States-Of-Matter-Approach: Πύργας & Τσαπαρλής 2005, 2007, Τσαπαρλής 1998).

Αποτελέσματα

Βασικά στοιχεία στον ιοντικό δεσμό: Εντοπίστηκαν και στα πέντε βιβλία τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο κεφάλαιο του χημικού δεσμού. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία για την περίπτωση του ιοντικού δεσμού.

Αν συγκρίνουμε τα πέντε βιβλία θα παρατηρήσουμε ότι: Τα βιβλία των Atkins και Spencer χρησιμοποιούν τον μεγαλύτερο αριθμό βασικών στοιχείων (18), ενώ το βιβλίο με το μικρότερο αριθμό είναι του Timberlake (13). Εντοπίστηκαν κοινά βασικά στοιχεία και στα πέντε βιβλία

όπως χαρακτηριστικά είναι τα εξής: ιοντικές ενώσεις, ιοντικός δεσμός. Τα τέσσερα πανεπιστημιακά βιβλία (Atkins,Timberlake, Chang, Spencer) έχουν και άλλα κοινά βασικά στοιχεία εκτός από τα παραπάνω όπως είναι: ηλεκτρόνια σθένους, αμέταλλο, μέταλλο. Το βιβλίο με τα λιγότερα βασικά στοιχεία (Timberlake) είναι το μοναδικό από τα πέντε που αναφέρει τον κανόνα της οκτάδας κατά την μελέτη του ιοντικού δεσμού. Η ηλεκτροστατική φύση του ιοντικού δεσμού περιγράφεται μόνο από τα βιβλία του Chang και του Spencer, ενώ το βιβλίο του Chang είναι το μόνο που δεν αναφέρει στην περιγραφή του ιοντικού δεσμού την έννοια της ηλεκτραρνητικότητας. Όλα τα βιβλία αναφέρουν τον σχηματισμό ανιόντων και κατιόντων, εκτός από το βιβλίο του Spencer, ενώ μόνο αυτό αναφέρει τον αριθμό οξείδωσης. Τα βιβλία των Atkins, Timberlake και Chang έχουν 9 κοινά βασικά στοιχεία.

Βασικά στοιχεία στον ομοιοπολικό δεσμό: Αν συγκρίνουμε τα πέντε βιβλία θα παρατηρήσουμε τα εξής: Τα περισσότερα βασικά στοιχεία χρησιμοποιεί το βιβλίο του Spencer (20) ενώ τα λιγότερο είναι στο βιβλίο του Timberlake (9). Κοινά βασικά στοιχεία και των πέντε βιβλίων είναι η ηλεκτραρνητικότητα, τα ηλεκτρόνια σθένους και το μόριο. Τα τέσσερα πανεπιστημιακά βιβλία αναφέρουν κατά τη μελέτη του ομοιοπολικού δεσμού τον κανόνα της οκτάδας. Μόνο στο βιβλίο του Atkins αναφέρονται η ηλεκτρονιακή πυκνότητα και η απαγορευτική αρχή του Pauli. Τρία από τα πανεπιστημιακά βιβλία Atkins, Chang, Spencer έχουν επτά κοινά βασικά στοιχεία. Οι Atkins και Spencer αναφέρουν τον νόμο του Coulomb.

Βασικά στοιχεία στον μεταλλικό δεσμό: Τα περισσότερα βασικά στοιχεία χρησιμοποιεί το βιβλίο του Spencer, ενώ τα λιγότερα του Chang. Στο βιβλίο του Timberlake δεν μελετάται ο μεταλλικός δεσμός. Τα βιβλία των Atkins και Spencer αναφέρουν την έννοια των ηλεκτρονίων σθένους. Τα βιβλία των Chang, Spencer και Τσαπαρλή αναφέρουν την έννοια των απεντοπισμένων ηλεκτρονίων. Και τα τρία πανεπιστημιακά βιβλία αναφέρουν τις έννοιες της αγωγιμότητας και του

Πίνακας 1: Βασικά στοιχεία για τον ιοντικό δεσμό στα πέντε βιβλία

Βιβλίο	Έννοιες	Οντότητες	Νόμοι	Αρχές
Atkins	χημικός δεσμός, δομές Lewis, ηλεκτρόνια σθένους, ιοντικός δεσμός, κατιόν, ανιόν, ισχύς δεσμού, πολικότητα, ηλεκτραρνητικότητα ενθαλπία πλέγματος, ενέργεια ιοντισμού	ιοντικές ουσίες, μέταλλο, αμέταλλο, σημεία βρασμού και τήξεως, κρύσταλλος	κύκλος Born-Haber	αρχή ελάχιστης ενέργειας
Timberlake	χημικός δεσμός, δομές ηλεκτρονίων με κουκκίδες, ηλεκτρόνια σθένους, ιοντικός δεσμός, κατιόν, ανιόν, σθένος, ηλεκτραρνητικότητα, κανόνας οκτάδας	ιοντικές ουσίες, αμέταλλο, μέταλλο		αρχή διατήρησης φορτίου
Chang	χημικός δεσμός, σύμβολα Lewis με κουκκίδες, ηλεκτρόνια σθένους, ιοντικός	ιοντικές ουσίες, μέταλλο, αμέταλο	νόμος Coulomb, κύκλος	αρχή ηλεκτρο-νιακής

	δεσμός, κατιόν, ανιόν, σταθερότητα, ηλεκτροστατική δύναμη, ενέργεια πλέγματος, ενέργεια ιοντισμού, ηλεκτρονική συγγένεια		Born-Haber	σταθερό-τητας
Spencer	χημικός δεσμός, ηλεκτρόνια σθένους, ιοντικός δεσμός, ηλεκτρονιακή πυκνότητα, μερικό φορτίο, ηλεκτροστατική φύση, ηλεκτραρνητικότητα ενέργεια πλέγματος, αριθμός οξείδωσης, εντοπισμένα ηλεκτρόνια	ιοντικές ουσίες, μέταλλο, αμέταλλο, ιδιότητες στερεών, σημεία ζέσεως και τήξεως, ηλεκτρικό ρεύμα	νόμος Coulomb	
Τσαπαρλής	χημικός δεσμός, ιοντικός δεσμός, κατιόν ανιόν, ηλεκτραρνητικότητα, ενέργεια δεσμού, ενθαλπία δεσμού, αγωγιμότητα, πολικότητα, ηλεκτρόλυση, αριθμός οξείδωσης, διαλυτότητα	αγωγός, ιοντικές ουσίες, σημείο τήξης	νόμος Coulomb. κύκλος Born-Haber	

ηλεκτρισμού. Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τη μελέτη του συγκεκριμένου δεσμού έχουμε τα λιγότερα κοινά στοιχεία μεταξύ των βιβλίων που μελετώνται στα τρία είδη των ενδομοριακών δεσμών.

Βασικά στοιχεία στους διαμοριακούς δεσμούς: Το βιβλίο του Spencer χρησιμοποιεί τα περισσότερα βασικά στοιχεία(19) ενώ του Timberlake τα λιγότερα (7). Κοινά στοιχεία και των πέντε βιβλίων είναι οι έννοιες της ηλεκτραρνητικότητας, του δεσμού υδρογόνου και της πολικότητας. Όλα τα πανεπιστημιακά βιβλία αναφέρουν την έννοια των ηλεκτρονίων σθένους. Όλα τα βιβλία εκτός του Timberlake αναφέρουν τις έννοιες της διπολικής ροπής, τις δυνάμεις ή αλληλεπιδράσεις διπόλου-διπόλου. Το βιβλίο του Τσαπαρλή είναι το μόνο που αναφέρεται στη μελέτη των διαμοριακών δεσμών για την ηλεκτροστατική τους φύση και την αρχή διατήρησης της ενέργειας. Μόνο τα βιβλία του Chang και του Spenser αναφέρουν και άλλα είδη δεσμών εκτός των διπόλου – διπόλου και του δεσμού υδρογόνου. Πιο συγκεκριμένα, στο βιβλίο του Chang αναφέρονται οι δυνάμεις ιόντος – διπόλου και οι δυνάμεις ιόντος-επαγόμενου διπόλου όπως χαρακτηριστικά αναγράφονται, ενώ στο βιβλίο του Spencer οι αλληλεπιδράσεις διπόλου-επαγόμενου διπόλου και επαγόμενου διπόλου-επαγόμενου διπόλου όπως αναφέρονται.

Ο Πίνακας 2 περιγράφει συγκριτικά τον αριθμό των βασικών στοιχείων σε κάθε βιβλίο και σε κάθε είδος δεσμού.

Πίνακας 2: Συγκριτικά αποτελέσματα αριθμού βασικών στοιχείων για κάθε είδος δεσμού στα πέντε βιβλία.

	Ιοντικός δεσμός	*Ομοιοπολικός δεσμός*	*Μεταλλικός δεσμός*	*Διαμοριακοί δεσμοί*	*ΣΥΝΟΛΟ*
Atkins	18	17	12	17	64
Timberlake	13	19	0	9	41
Chang	17	16	7	16	56
Spencer	18	20	13	19	70
Τσαπαρλής	14	12	8	11	45

Από τη μελέτη του αριθμού των βασικών στοιχείων αλλά και του είδους τους, συμπεραίνουμε τα εξής: Ο αριθμός των βασικών στοιχείων είναι περίπου ο ίδιος σε όλα τα βιβλία, εκτός από του Timberlake που είναι αισθητά μικρότερος. Επίσης ο αριθμός των βασικών στοιχείων για κάθε είδος δεσμού είναι κατά πολύ ίδιος σε κάθε βιβλίο ξεχωριστά. Σε όλα τα είδη των δεσμών σε όλα τα βιβλία παρατηρήθηκε πως τα περισσότερα βασικά στοιχεία ήταν τα ίδια. Στη μόνη περίπτωση που είχαμε τις περισσότερες διαφορές σε βασικά στοιχεία ήταν στον μεταλλικό δεσμό. Σε δύο μόνο βιβλία υπερισχύουν αριθμητικά τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον ομοιοπολικό δεσμό και αυτά τα βιβλία είναι του Timberlake και του Spencer. Στα βιβλία Atkins, Chang και Τσαπαρλή, τα βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον ιοντικό δεσμό ήταν αριθμητικά περισσότερα. Τα λιγότερα βασικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μελέτη του μεταλλικού δεσμού

Αριθμός συνδέσμων: Ο Πίνακας 3 δίδει τον αριθμό των συνδέσμων για κάθε βιβλίο αλλά και για κάθε είδος δεσμού. ο αριθμός των συνδέσμων στα βιβλία είναι σχεδόν ίδιος, εκτός από το βιβλίο του Timberlake που έχει τα μισά βασικά στοιχεία.

Πίνακας 3: Συγκριτικά αποτελέσματα του αριθμού των συνδέσμων για κάθε είδος δεσμού στα πέντε βιβλία

	Ιοντικός δεσμός	*Ομοιοπολικός δεσμός*	*Μεταλλικός δεσμός*	*Διαμοριακοί δεσμοί*	*ΣΥΝΟΛΟ*
Atkins	18	26	20	20	84
Timberlake	22	17	0	8	47
Chang	16	20	9	35	80
Spencer	18	25	16	39	98
Τσαπαρλής	18	17	21	42	98

Ο Atkins χρησιμοποιεί πιο πολλά βασικά στοιχεία για τον Ομοιοπολικό δεσμό, ο Timberlake για τον ιοντικό δεσμό, ενώ οι Chang, Spencer και Τσαπαρλής για τους διαμοριακούς δεσμούς. Αν συγκριθεί οριζόντια ο αριθμός των βασικών στοιχείων για κάθε είδος δεσμού σε όλα τα βιβλία συμπεραίνεται ότι: ο αριθμός των βασικών στοιχείων δείχνει ποιον δεσμό θεωρεί το κάθε βιβλίο ως πολυπλοκότερο με αποτέλεσμα την χρήση περισσότερων βασικών στοιχείων για την επεξήγησή του. Τα λιγότερα βασικά στοιχεία σε όλα τα βιβλία χρησιμοποιούνται για τον μεταλλικό δεσμό.

Κατηγορία συνδέσμων: Στη συνέχεια συγκρίνουμε τα πέντε βιβλία με κριτήριο το είδος των συνδέσμων για κάθε δεσμό.

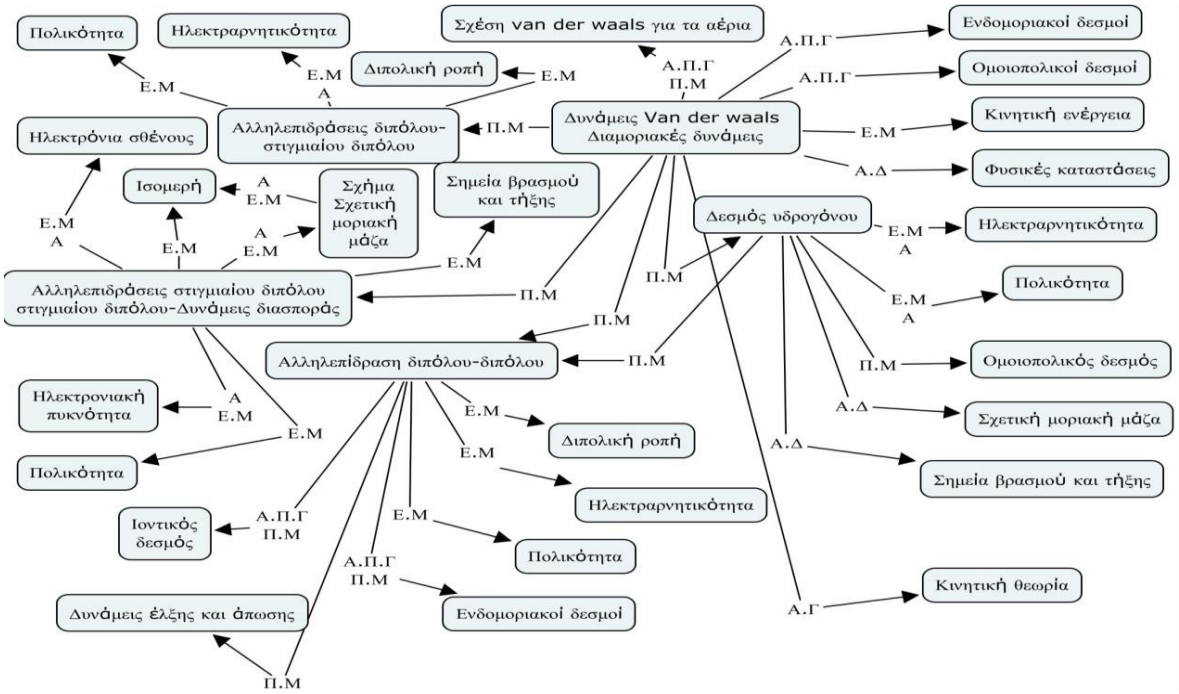
Κατηγορία συνδέσμων ιοντικού δεσμού: Η συγκριτική παρουσίαση των συνδέσμων θα ξεκινήσει με τον Πίνακα 4 που αφορά το κεφάλαιο του ιοντικού δεσμού:

Πίνακας 4: Συγκριτική παρουσίαση των κατηγοριών των συνδέσμων για την περίπτωση του ιοντικού δεσμού στα πέντε βιβλία (τα σύμβολα ΑΔ, ΕΜ, κ.λπ. εξηγούνται στο κείμενο)

	ΑΔ	ΕΜ	ΠΜ	Α	ΑΠΓ	ΟΜ	ΣΥΝΟΛΟ
Atkins	4	5	6	1	0	2	18
Timberlake	0	7	10	4	0	1	22
Chang	6	2	6	0	1	1	16
Spencer	4	3	8	1	1	1	18
Τσαπαρλής	5	4	7	2	0	0	18

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, ο σύνδεσμος που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι το περιγραφικό μοντέλο και στα πέντε βιβλία. Είναι χαρακτηριστικό πως στο κεφάλαιο του ιοντικού δεσμού, το βιβλίο του Timberlake, αν και έχει γενικότερα τους λιγότερους συνδέσμους, χρησιμοποιεί τα περισσότερα περιγραφικά και τα περισσότερα επεξηγηματικά μοντέλα. Τα λιγότερα επεξηγηματικά μοντέλα χρησιμοποιεί το βιβλίο του Chang. Τέλος, το βιβλίο του Spencer έχει το σύνολο των κατηγοριών των συνδέσμων.

Στο Σχήμα 2 δείχνεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χάρτη εννοιών, ο οποίος παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία και τους συνδέσμους τους για την περίπτωση των διαμοριακών δεσμών.



Σχήμα 2: Χάρτης εννοιών με τα βασικά στοιχεία και τους συνδέσμους αυτών στο κεφάλαιο των διαμοριακών δεσμών

Βιβλιογραφία

Καψάλης, Α.Γ. και Χαραλάμπους, Δ.Φ. (1995) Σχολικά Εγχειρίδια: Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική. Αθήνα :Έκφραση

Πύργας Ε. & Τσαπαρλής G. (2005). Διδακτικό πειραματικό υλικό για τη χημεία α' λυκείου με βάση την προσέγγιση καταστάσεων της ύλης. 2ό Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας, Ιωάννινα.

Πύργας Ε. & Τσαπαρλής G. (2007). Προσεγγίζοντας τη χημεία μέσα από τις καταστάσεις της ύλης: Πειραματικό υλικό για την α΄ λυκείου και προκαταρτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς. ΠΡΑΚΤΙΚΑ 5ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 5 (Β) 690-698.

Τσαπαρλής Γ. (1998). Χημική εκπαίδευση 2000: Ο κύκλος των χαμένων χημικών (ή της χαμένης χημείας;). *Χημικά Χρονικά*, Τεύχος 12, 332-335.

Atkins P. & Jones J. (2000). Chemistry - Molecules, matter and change. 3rd edn. Freeman, New York.

Ball D. L., & Cohen D. K. (1996). Reform by the book: what is: or might be: the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25, 8–14.

Chang R. (2000) Chemistry, 6th edn. McGraw-Hill, Boston.

Davis E. A., & Krajcik J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34, 3–14.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98 (8). 420-429.

Majidi. S. (2011). Knowledge organization in university physics textbooks, e-Book Proceedings of ESERA 2011 Conference. *E-book,* Strand 4:
http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/index.html

Novak J. D. (2001).*Concept maps: What the heck is this.* Cornell University

Spencer N. J, Bodner G. M., & Rickard H. L (2008). Chemistry. Structure and dynamics, 4th edn., Wiley.

Timberlake C. C. (2002). Chemistry - An introduction to general, organic and biological chemistry, 8th edn. Cummings Publishing.

Tsaparlis G. (2000). The States-Of-Matter Approach (SOMA) to introductory chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 161-168.

Συνεδρία 5: Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική

Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου

Αθανάσιος Ταραμόπουλος, Δημήτριος Ψύλλος
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., ttar@sch.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., psillos@eled.auth.gr

Περίληψη

Παρουσιάζεται μία σύγκριση της ικανότητας κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων που αποκτούν μαθητές Γυμνασίου μετά από την εφαρμογή διδασκαλίας διερευνητικής προσέγγισης είτε με χρήση του εικονικού εργαστηρίου ηλεκτρικών κυκλωμάτων του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (Α.ΜΑ.Π.) είτε με χρήση του πραγματικού σχολικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι ανεξάρτητα της φύσης του εργαστηρίου που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία οι μαθητές επιτυγχάνουν να κατασκευάσουν τα ζητούμενα ηλεκτρικά κυκλώματα. Φαίνεται όμως ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν κατά τη διδασκαλία το πραγματικό εργαστήριο υπερτερούν σε σχέση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν το εικονικό εργαστήριο όταν κατά την κατασκευή απαιτούνται ιδιαίτερες χειριστικές δεξιότητες.

Abstract

A comparison of High School students' ability to construct real electric circuits is presented after a teaching-by-inquiry intervention is implemented using either the virtual electric circuit laboratory of the Open Laboratory and Learning Environment (OLLE) or the real Physical Sciences school laboratory. Results show that students are successful in constructing the required electric circuits independently of the nature of the laboratory used during teaching. However, students who used the real laboratory during teaching seem to outperform students who used the virtual laboratory during teaching when special assembling skills are required.

Εισαγωγή

Η κατανόηση της διαδικασίας της μαθησιακής εξέλιξης στο χώρο των φυσικών επιστημών στο πλαίσιο διδασκαλιών διερευνητικών προσεγγίσεων με τη χρήση εργαστηριακών περιβαλλόντων και οι διεργασίες που συμβαίνουν κατά την αλληλεπίδραση με τα εικονικά και τα πραγματικά εργαστηριακά περιβάλλοντα αποτελούν αντικείμενο σύγχρονης έρευνας (Finkelstein et al. 2005, Zacharia 2007, Jaakkola, Nurmi & Lehtinen. 2010, Ταραμόπουλος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης 2011, Taramopoulos, Psillos & Hatzikraniotis 2011). Η πλειονότητα των μελετών ασχολείται με την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών ενώ η μεταφορά των γνώσεων από το περιβάλλον διδασκαλίας σε άλλο δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά (Ruten, van Joolingen & van der Veen 2012). Είναι όμως γεγονός ότι ανεξάρτητα από το περιβάλλον στο οποίο θα συντελεστεί η διδασκαλία, οι μαθητές μπορεί να κληθούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους στο καθημερινό τους περιβάλλον. Μελέτες στην περιοχή της Μηχανικής δείχνουν ότι οι μαθητές μπορούν να μεταφέρουν τις γνώσεις που απέκτησαν σε εικονικό περιβάλλον προς τον πραγματικό κόσμο, με την ίδια επιτυχία που χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους οι μαθητές που διδάχτηκαν εξ' αρχής στο πραγματικό περιβάλλον (Triona & Klahr 2003, Klahr, Triona & Williams 2007). Μία έρευνα στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων έδειξε ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το εικονικό περιβάλλον κατά τη διδασκαλία έχουν μεγαλύτερη επιτυχία στην κατασκευή και κατανόηση της λειτουργίας απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων από τους συμμαθητές τους που κατά τη διδασκαλία χρησιμοποίησαν το πραγματικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (Finkelstein et al. 2005). Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν το εύρημα αυτό στα ηλεκτρικά κυκλώματα

επιβεβαιώνεται και από άλλες μελέτες και αν ισχύει ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά του πραγματικού και του εικονικού εργαστηρίου ηλεκτρικών κυκλωμάτων που χρησιμοποιείται.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σύγκρισης της ικανότητας που αποκτούν οι μαθητές δύο τμημάτων Γυμνασίου να κατασκευάζουν πραγματικά ηλεκτρικά κυκλώματα μετά από μία διδακτική εφαρμογή βασισμένη σε διδασκαλίες με διερευνητική προσέγγιση στο χώρο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στο ένα τμήμα χρησιμοποιήθηκε αρχικά εικονικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων και στη συνέχεια πραγματικό εργαστήριο ενώ στο άλλο χρησιμοποιήθηκε αρχικά πραγματικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων και στη συνέχεια εικονικό εργαστήριο.

Μέθοδος

Το δείγμα και η διδακτική προσέγγιση

Συμμετείχαν 32 μαθητές της Γ' Γυμνασίου οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία σε δύο τμήματα των 16 ατόμων το καθένα. Η διδασκαλία εκτελέστηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά, στο ένα τμήμα η διδασκαλία διεξήχθηκε με τα εικονικά όργανα του εργαστηρίου του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (Α.ΜΑ.Π.) στο εργαστήριο Πληροφορικής (τμήμα ΕΕ) και στο άλλο με τα πραγματικά όργανα του εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών του σχολείου (τμήμα ΠΕ). Η φάση αυτή διήρκεσε 7 διδακτικές ώρες. Στη συνέχεια, οι ίδιες έννοιες που διαπραγματεύτηκε η πρώτη φάση διδάχθηκαν ξανά με εναλλαγή του τρόπου διδασκαλίας: στο τμήμα ΕΕ η διδασκαλία έγινε με το πραγματικό εργαστήριο και στο τμήμα ΠΕ με το εικονικό εργαστήριο. Η δεύτερη φάση διήρκεσε 3 διδακτικές ώρες καθώς οι μαθητές όντας πιο εξοικειωμένοι με τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες μπορούσαν να εκτελούν πιο γρήγορα τα διδακτικά σενάρια. Η εργασία στην τάξη γινόταν σε ομάδες των δύο ατόμων, ενώ τα φύλλα εργασίας συμπληρώνονταν ατομικά. Η διδασκαλία αφορούσε έννοιες και φαινόμενα που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο καλύπτοντας μεγάλο μέρος του κεφαλαίου «Ηλεκτρικό Ρεύμα» της Φυσικής Γ' Γυμνασίου.

Αρχικά, με τη βοήθεια ηλεκτρικών λαμπτήρων που χρησιμοποιήθηκαν ως δείκτες, μελετήθηκαν οι προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιεί ένα κύκλωμα για να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η έννοια της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και έγινε χρήση του αμπερομέτρου ως οργάνου μέτρησης. Βρέθηκε ότι η φωτοβολία ενός λαμπτήρα μπορεί να αποτελέσει δείκτη της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Με τη βοήθεια λαμπτήρων και αμπερομέτρων μελετήθηκαν οι συνδέσεις λαμπτήρων σε σειρά και παράλληλα. Ακολούθησε η εισαγωγή της έννοιας της ηλεκτρικής αντίστασης η οποία συνδέθηκε ποιοτικά με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Τέλος, εισήχθηκε η έννοια της διαφοράς δυναμικού (τάση) ως το μέγεθος που διατηρείται σταθερό στα άκρα μιας μπαταρίας. Με τον τρόπο αυτό οικοδομήθηκε ένα ποιοτικό-ημιποσοτικό μοντέλο με το οποίο οι μαθητές μπορούσαν να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Η διδασκαλία δε στόχευε άμεσα στη βελτίωση των μαθητών στην κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων η οποία προέκυπτε έμμεσα, μέσα από την ενασχόληση των μαθητών με τα ηλεκτρικά κυκλώματα και τη μελέτη της λειτουργίας τους. Κατά την πρώτη φάση υπήρχαν πέντε διδακτικά σενάρια. Τα τρία ήταν ωριαία σενάρια ενώ δύο σενάρια είχαν δίωρη διάρκεια. Κατά τη δεύτερη φάση τα πρώτα δύο σενάρια διδάχθηκαν μαζί σε μία διδακτική ώρα. Όμοια, σε μία διδακτική ώρα διδάχθηκε το τρίτο σενάριο, ενώ μία διδακτική ώρα χρειάστηκε και για τα επόμενα δύο σενάρια μαζί.

Υιοθετήθηκε η *καθοδηγούμενη διερευνητική προσέγγιση* κατά την οποία οι μαθητές, καθοδηγούμενοι από τον καθηγητή και κατάλληλα δομημένα Φύλλα Εργασίας, εξερευνούν μόνοι τους τη συμπεριφορά ηλεκτρικών κυκλωμάτων και διερευνούν τους κανόνες που διέπουν τη λειτουργία τους (de Jong & van Joolingen 1998, Minner, Levy & Century 2010). Τα διδακτικά σενάρια ακολουθούν το μοντέλο *πρόβλεψη – παρατήρηση – διερεύνηση – εξήγηση (σύγκριση)* (Linn 2006). Διδακτικές σειρές με τέτοια χαρακτηριστικά έχουν δειχθεί ότι συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση των υπό μελέτη φαινομένων (Shaffer & McDermott 1992, Zacharia 2007, Minner, Levy & Century 2010). Ο βαθμός καθοδήγησης των μαθητών κατά τη

διάρκεια των διδακτικών σειρών δεν ήταν συνεχώς ο ίδιος. Μεταβαλλόταν από δομημένη διερεύνηση (structured inquiry) στα αρχικά σενάρια, σε καθοδηγούμενη διερεύνηση (guided inquiry) στα τελευταία σενάρια (Zion & Shedletzky, 2006). Αυτό σημαίνει ότι κατά την εξέλιξη της διδακτικής σειράς ο ρόλος του καθηγητή στη διερεύνηση των φαινομένων που μελετούνταν, μειωνόταν συνεχώς. Στα πρώτα σενάρια δινόταν στους μαθητές το αρχικό πρόβλημα που έπρεπε να διερευνηθεί, καθώς και η διαδικασία που έπρεπε να ακολουθηθεί, ενώ ο καθηγητής τους καθοδηγούσε σε κάθε δραστηριότητα. Στα επόμενα σενάρια, τα βήματα της διαδικασίας που δίνονταν στους μαθητές και η συμμετοχή του καθηγητή περιορίζονταν συνεχώς, έως ότου, στα τελευταία σενάρια των σειρών, στους μαθητές δίνονταν πλέον μόνο το αρχικό πρόβλημα και τα μέσα που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν κατά τη διερεύνηση και αυτοί έπρεπε μόνοι τους να διερευνήσουν το υπό μελέτη φαινόμενο.

Ο μειούμενος βαθμός καθοδήγησης των μαθητών είχε διττό σκοπό. Κατά τα αρχικά σενάρια, οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι να εργάζονται διερευνητικά και χρειάζονταν μεγάλη καθοδήγηση κατά τη διδασκαλία. Με την πάροδο του χρόνου αποκτούσαν περισσότερη εμπειρία στη διερεύνηση φαινομένων και η καθοδήγηση μπορούσε σταδιακά να μειώνεται χωρίς να μειώνεται η αποτελεσματικότητα των μαθητών. Από την άλλη, η προοδευτική μείωση του βαθμού καθοδήγησης των μαθητών αποτελεί ένα τρόπο έμμεσης διδασκαλίας της επιστημονικής διαδικασίας έρευνας και πειραματισμού. Διδακτικές σειρές με αντίστοιχα χαρακτηριστικά, εκτός της συμβολής τους στην εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών, οδηγούν και στην απόκτηση δεξιοτήτων εκτέλεσης πειραμάτων (Lefkos, Psillos & Hatzikraniotis 2011), ένα μαθησιακό αποτέλεσμα που ενδιαφέρει και την παρούσα εργασία καθώς επιζητείται η απόκτηση ικανότητας στην κατασκευή πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Τα εργαλεία και οι μετρήσεις

Η μέτρηση της ικανότητας των μαθητών στην κατασκευή πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων έγινε δύο φορές. Την πρώτη φορά διεξήχθη στο τέλος της πρώτης φάσης της εφαρμογής και τη δεύτερη φορά στο τέλος και της δεύτερης φάσης, αφού τα τμήματα αλλάξανε τρόπο διδασκαλίας. Και τις δύο φορές η μέτρηση έγινε με τον ίδιο τρόπο. Δόθηκαν στους μαθητές μπαταρίες, διακόπτες, λαμπτήρες, καλώδια και μία βάση στήριξης επάνω στην οποία μπορούσαν να κατασκευάζουν ηλεκτρικά κυκλώματα και τους ζητήθηκε να κατασκευάσουν ένα κύκλωμα με μπαταρία, διακόπτη και ένα λαμπτήρα (κύκλωμα 1) και ένα κύκλωμα με μπαταρία, διακόπτη και δύο λαμπτήρες σε σειρά (κύκλωμα 2). Τα δύο αυτά κυκλώματα επιλέχθηκαν καθώς ήταν τα πιο απλά κυκλώματα με τα οποία οι μαθητές είχαν έρθει σε επαφή κατά τη διάρκεια της σειράς. Κατά την κατασκευή των κυκλωμάτων για να συνδεθούν δύο καλώδια μεταξύ τους απαιτούνταν οι άκρες τους να εισαχθούν στις σπείρες ελατηρίων που βρίσκονταν τοποθετημένα επάνω στη βάση στήριξης του κυκλώματος. Με παρόμοιο τρόπο συνδέονταν και οι λυχνιολαβές στις οποίες βιδώνονταν οι λαμπτήρες. Αυτές οι συνδέσεις απαιτούσαν μία ιδιαίτερη τεχνική και δεν ήταν πάντα εύκολο να γίνουν από μαθητές οι οποίοι δεν είχαν εξασκηθεί στο συγκεκριμένο τρόπο σύνδεσης.

Η κατασκευή των παραπάνω κυκλωμάτων έγινε ατομικά. Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν το κύκλωμα 1 και μετά την ολοκλήρωσή του να το δείξουν στον καθηγητή τους για να ελεγχθεί η ορθότητά του. Ακολούθως το κύκλωμα διαλυόταν και γινόταν η ανάθεση της κατασκευής του κυκλώματος 2. Έλεγχος ορθότητας από τον καθηγητή γινόταν και μετά την κατασκευή του δεύτερου κυκλώματος . Η όλη προσπάθεια των μαθητών χρονομετρούνταν με ακρίβεια λεπτού. Όταν ένας μαθητής συναντούσε δυσκολίες καθυστερούσε στην κατασκευή του κυκλώματος. Τότε, η προσπάθειά του απαιτούσε επιπλέον χρόνο, ενδεικτικό ότι ο μαθητής αντιμετώπισε δυσκολίες στην κατασκευή του σωστού και λειτουργικού κυκλώματος. Επομένως, ο συνολικός χρόνος κατασκευής ενός κυκλώματος αποτελεί δείκτη της δεξιότητας των μαθητών να κατασκευάζουν γρήγορα ηλεκτρικά κυκλώματα με πραγματικά όργανα, αλλά και δείκτη των συνολικών δυσκολιών που συνάντησε ο κάθε μαθητής στην κατασκευή. Ανάλογες μετρήσεις χρόνων κατασκευής πραγματικών πειραματικών διατάξεων αναφέρονται και στη βιβλιογραφία στο χώρο των ηλεκτρικών

κυκλωμάτων (Finkelstein et al. 2005) και της μηχανικής (Klahr, Triona & Williams 2007). Στις μελέτες αυτές μετρήθηκε ο χρόνος που απαιτούνταν από τους μαθητές προκειμένου να κατασκευάσουν ένα πραγματικό ηλεκτρικό κύκλωμα ή μηχανικά αμαξίδια χωρίς τριβές ως ένδειξη της ικανότητάς τους να μεταφέρουν τη γνώση από το περιβάλλον που διδάχθηκαν στον πραγματικό κόσμο.

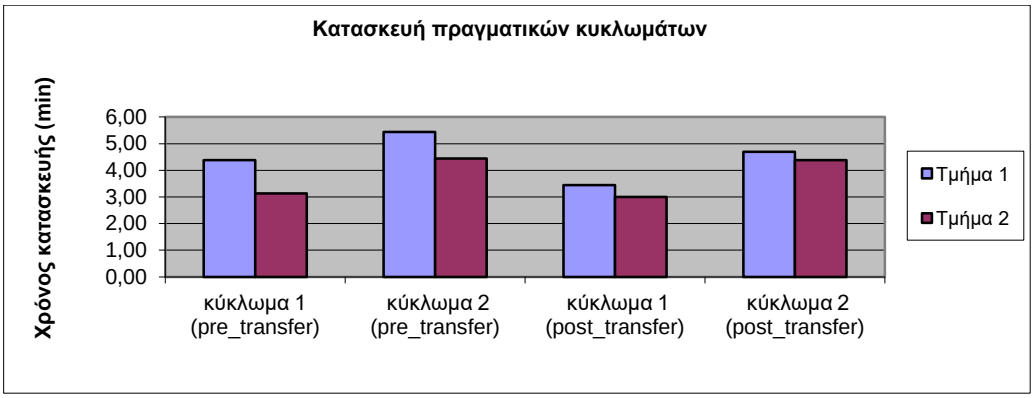
Αποτελέσματα

Οι μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής των μαθητών για το τμήμα ΕΕ, στο οποίο η διδασκαλία έγινε αρχικά με το εικονικό εργαστήριο του ΑΜΑΠ και στη συνέχεια με το πραγματικό εργαστήριο και για το τμήμα ΠΕ, στο οποίο η διδασκαλία έγινε αρχικά με το πραγματικό εργαστήριο και στη συνέχεια με το εικονικό εργαστήριο του Α.ΜΑ.Π. φαίνονται στον πίνακα 1 και παριστάνονται γραφικά στην εικόνα 1. Αξιοσημείωτο είναι ότι δεν υπάρχουν μαθητές που αποτυγχάνουν τελείως στις κατασκευές που τους ζητήθηκαν . Σε όλες τις περιπτώσεις οι κατανομές των σωστών απαντήσεων είναι συμβατές με την κανονική κατανομή σύμφωνα με το τεστ Kolmogorov-Smirnov. Επίσης, σε όλες τις περιπτώσεις οι μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής του κυκλώματος με τους δύο λαμπτήρες σε σειρά ήταν μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους με τον ένα λαμπτήρα. Μία ανάλυση με έλεγχο t-test ζευγαρωτών δειγμάτων φανερώνει ότι οι διαφορές των χρόνων κατακευής για τα δύο κυκλώματα είναι στατιστικά σημαντικές και για τα δύο τμήματα και στις δύο φάσεις καθώς οι πιθανότητες να μην υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής του κυκλώματος 1 και του κυκλώματος 2 είναι λιγότερες από 1,2% σε κάθε περίπτωση (για την πρώτη φάση: $p_{ΕΕ}$=0,012<0,05, $p_{ΠΕ}$=0,001<0,05 και για τη δεύτερη φάση: $p_{ΕΕ}$=0,000<0,05 και $p_{ΠΕ}$=0,000<0,05).

Πίνακας 1. Μέσοι χρόνοι κατασκευής των δύο τμημάτων

	Μέση τιμή χρόνων κατασκευής (min)			
Τμήμα	Πρώτη φάση κύκλωμα 1	Πρώτη φάση κύκλωμα 2	Δεύτερη φάση κύκλωμα 1	Δεύτερη φάση κύκλωμα 2
Τμήμα ΕΕ	**4,38**	**5,44**	**3,44**	**4,69**
Τμήμα ΠΕ	**3,13**	**4,44**	**3,00**	**4,38**

Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής των δύο τμημάτων μετά το πέρας της πρώτης φάσης παρατηρούμε ότι οι επιδόσεις τους δεν είναι παρόμοιες. Το τμήμα που χρησιμοποίησε το πραγματικό εργαστήριο (τμήμα ΠΕ) πετυχαίνει σαφώς μικρότερους χρόνους κατασκευής από το άλλο που χρησιμοποίησε μόνο το εικονικό εργαστήριο (τμήμα ΕΕ). Για να κατασκευάσει ένα κύκλωμα με δύο λαμπτήρες σε σειρά, ένας μαθητής του τμήματος ΠΕ χρειάζεται κατά μέσο όρο τόσο χρόνο όσο χρειάζεται για να κατασκευάσει ένα κύκλωμα με μόνο έναν λαμπτήρα ένας μαθητής του τμήματος ΕΕ. Σύμφωνα με ένα έλεγχο t-test ανεξάρτητων δειγμάτων, η διαφορά των αποτελεσμάτων στην πρώτη φάση ανάμεσα στα δύο τμήματα είναι στατιστικά σημαντική (p=0,001<0,05). Συγκρίνοντας τους χρόνους στο τέλος της δεύτερης φάσης με τους χρόνους της πρώτης φάσης παρατηρούμε ότι για το τμήμα ΕΕ οι νέοι χρόνοι είναι σαφώς μικρότεροι σε σχέση με πριν. Στο τέλος της δεύτερης φάσης στο τμήμα ΕΕ υπήρχαν 9 μαθητές που ήταν ταχύτεροι στην κατασκευή του πρώτου κυκλώματος και 6 μαθητές που ήταν ταχύτεροι στην κατασκευή του δεύτερου κυκλώματος σε σχέση με το τέλος της πρώτης φάσης. Κανένας μαθητής σε αυτό το τμήμα δεν έκανε χειρότερο χρόνο από πριν. Για το απλό κύκλωμα με τον ένα λαμπτήρα απαιτήθηκαν τώρα κατά μέσο όρο 3,44 λεπτά, ενώ πριν απαιτούνταν 4,38 λεπτά και για το κύκλωμα με τους δύο λαμπτήρες σε σειρά απαιτήθηκαν τώρα 4,69 λεπτά ενώ πριν είχαν χρειαστεί 5,44 λεπτά. Οι βελτιώσεις αυτές είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με έναν έλεγχο t-test ζευγαρωτών δειγμάτων (p=0,002<0,05 και p=0,013<0,05 για το κύκλωμα 1 και το κύκλωμα 2 αντίστοιχα).



Εικόνα 1. Μέσος όρος των δύο τμημάτων

Οι αντίστοιχοι χρόνοι για το τμήμα ΠΕ μετά τη δεύτερη φάση κατά την οποία το τμήμα αυτό χρησιμοποίησε το εικονικό εργαστήριο φαίνονται επίσης στον πίνακα 1. Συγκρίνοντας τους χρόνους αυτούς με τους χρόνους της πρώτης φάσης παρατηρούμε ότι για το τμήμα ΠΕ οι νέοι χρόνοι είναι παρόμοιοι με τους προηγούμενους. Στο πρώτο κύκλωμα υπάρχουν μόλις δύο μαθητές που βελτίωσαν λίγο τους χρόνους τους χωρίς κανένας να επιδεινωθεί. Στο δεύτερο κύκλωμα υπάρχουν 3 μαθητές που βελτίωσαν την επίδοσή τους αλλά ταυτόχρονα υπάρχουν και 2 μαθητές των οποίων οι επιδόσεις επιδεινώθηκαν. Για το απλό κύκλωμα με τον ένα λαμπτήρα απαιτήθηκαν τώρα κατά μέσο όρο 3,00 λεπτά, ενώ πριν απαιτούνταν 3,13 λεπτά και για το κύκλωμα με τους δύο λαμπτήρες σε σειρά απαιτήθηκαν τώρα 4,38 λεπτά ενώ πριν είχαν χρειαστεί 4,44 λεπτά. Οι μικρές βελτιώσεις δεν είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με έναν έλεγχο t-test ζευγαρωτών δειγμάτων ($p=0,17>0,05$ και $p=0,72>0,05$ για το κύκλωμα 1 και το κύκλωμα 2 αντίστοιχα).

Η σύγκριση των χρόνων κατασκευής για τα δύο τμήματα μετά την αλλαγή στο είδος του εργαστηρίου κατά τη διδασκαλία, φανερώνει ότι πλέον τα δύο τμήματα έχουν παρόμοιες επιδόσεις. Ένας έλεγχος t-test ανεξάρτητων δειγμάτων φανερώνει ότι μετά το τέλος της δεύτερης φάσης οι διαφορές στους χρόνους κατασκευής για τα δύο τμήματα δεν είναι στατιστικά σημαντικές ($p=0,12>0,05$ για το κύκλωμα 1 και $p=0,26>0,05$ για το κύκλωμα 2).

Συμπεράσματα

Μετά το τέλος της πρώτης φάσης της διδακτικής εφαρμογής οι μαθητές και των δύο τμημάτων καταφέρνουν να κατασκευάσουν με σχετική επιτυχία τα κυκλώματα που τους ζητήθηκαν. Για το δεύτερο τμήμα, που είχε κατασκευάσει παρόμοια πραγματικά κυκλώματα κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης (τμήμα ΠΕ), αυτό ήταν αναμενόμενο. Για το πρώτο τμήμα όμως, το οποίο κατά την πρώτη φάση είχε μεν κατασκευάσει παρόμοια κυκλώματα αλλά μόνο στην οθόνη του υπολογιστή (τμήμα ΕΕ), αυτό φανερώνει ότι οι μαθητές μπορούν με επιτυχία να μετασχηματίσουν τη γνώση που αποκτούν από το εικονικό περιβάλλον σε ενέργειες στον πραγματικό κόσμο και να χρησιμοποιήσουν πραγματικά αντικείμενα με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιούν τα εικονικά. Ανάλογα ευρήματα επιτυχούς κατασκευής πραγματικών πειραματικών διατάξεων μετά από διδασκαλία με εικονικά περιβάλλοντα έχουν αναφερθεί και από άλλες ερευνητικές ομάδες (Klahr, Triona & Williams 2007, Finkelstein et al. 2005). Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε κατά την περιγραφή της διδακτικής προσέγγισης, η διδακτική σειρά που εφαρμόστηκε δε στόχευε άμεσα στη διδασκαλία της κατασκευής ηλεκτρικών κυκλωμάτων αλλά αυτή διδάχτηκε έμμεσα. Επομένως, η επιτυχία των μαθητών στην κατασκευή των πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων ενισχύει τα συμπεράσματα μελετών σύμφωνα με τα οποία διδακτικές σειρές με διδασκαλία διερευνητικού τύπου και μειούμενο βαθμό καθοδήγησης είναι αποτελεσματικές στην απόκτηση δεξιοτήτων εκτέλεσης πειραμάτων ακόμα και όταν δε γίνεται άμεση διδασκαλία των δεξιοτήτων αυτών (Lefkos, Psillos & Hatzikraniotis 2011).

Όπως όμως φαίνεται από την επιπλέον βελτίωση που παρουσίασε το τμήμα ΕΕ κατά τη

δεύτερη φάση της πρώτης διδακτικής εφαρμογής, η δεξιότητα κατασκευής πραγματικών κυκλωμάτων στο τμήμα ΕΕ παρότι αναπτύχθηκε κατά την πρώτη φάση με τη διερευνητική διδασκαλία με το εικονικό εργαστήριο, δεν έφτασε στο βαθμό που έφτασε στο τμήμα ΠΕ. Παρόλη την επιτυχία τους στην κατασκευή των πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων, οι μαθητές του τμήματος ΕΕ υστερούν σε σχέση με τους συμμαθητές τους του δεύτερου τμήματος στην ταχύτητα κατασκευής. Αξιοσημείωτο είναι ότι για την κατασκευή του πιο απλού κυκλώματος με τον ένα λαμπτήρα χρειάζονται χρόνους παραπλήσιους με αυτούς που απαιτούνται από τους μαθητές του τμήματος ΠΕ για την κατασκευή του πιο σύνθετου κυκλώματος με τους δύο λαμπτήρες σε σειρά. Αυτό φανερώνει ότι είναι πιθανώς πιο εύκολο για τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τα πραγματικά αντικείμενα για την κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων όταν τα έχουν χρησιμοποιήσει και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και ότι η διδασκαλία με χρήση του πραγματικού εργαστηρίου φαίνεται αποτελεσματικότερη στον τομέα αυτό σε σχέση με τη διδασκαλία με χρήση του εικονικού εργαστηρίου. Το πλεονέκτημα αυτό του πραγματικού εργαστηρίου φαίνεται να οφείλεται στη δεξιότητα χειρισμού των πραγματικών αντικειμένων και κατασκευής των μεταξύ τους συνδέσεων που απέκτησαν οι μαθητές που διδάχτηκαν με το πραγματικό εργαστήριο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο πραγματικό εργαστήριο ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο οποίο ασκήθηκαν οι μαθητές της παρούσας έρευνας απαιτούνταν μία ιδιαίτερη τεχνική για την κατασκευή συνδέσεων ανάμεσα σε δύο στοιχεία, γεγονός που δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές που δεν είχαν ασκηθεί σε αυτό, ευνοώντας αυτούς που είχαν ήδη εργαστεί και εξοικειωθεί με τα πραγματικά όργανα και τον τρόπο σύνδεσής τους.

Αυτό το συμπέρασμα ενισχύεται και από τους χρόνους υλοποίησης που καταγράφονται στα δύο τμήματα μετά την αλλαγή του τρόπου διδασκαλίας. Το τμήμα ΠΕ, που μετά την αλλαγή διδάσκεται με το εικονικό εργαστήριο, δε βελτιώνει τους χρόνους του. Αντίθετα, το τμήμα ΕΕ, που μετά την αλλαγή διδάσκεται με το πραγματικό εργαστήριο, βελτιώνει σημαντικά τους χρόνους του και σημειώνει παρόμοιες επιδόσεις με το πρώτο τμήμα. Αν και δεν προσφέρθηκαν νέες γνώσεις στους μαθητές κατά τη δεύτερη φάση της εφαρμογής, η διδασκαλία με το πραγματικό εργαστήριο είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αποτελεσματικότητας των μαθητών του τμήματος ΕΕ στην κατασκευή απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Μάλιστα, μετά τη λήξη και της δεύτερης φάσης της εφαρμογής οι διαφορές στους χρόνους των δύο τμημάτων βρίσκονται να μην είναι στατιστικά σημαντικές. Οι ελαφρώς μεγαλύτεροι μέσοι χρόνοι του τμήματος ΕΕ σε σχέση με τους μέσους χρόνους του τμήματος ΠΕ στο τέλος και της δεύτερης φάσης μπορεί να είναι απόρροια της μικρότερης διάρκειας της δεύτερης φάσης (3 ώρες) κατά την οποία το τμήμα ΕΕ χρησιμοποίησε το πραγματικό εργαστήριο και εξασκήθηκε με αυτό, σε σχέση με την πρώτη φάση (7 ώρες) κατά την οποία το πραγματικό εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε από το τμήμα ΠΕ.

Επομένως, οι μαθητές των δύο τμημάτων που, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής εφαρμογής, έχουν χρησιμοποιήσει και το πραγματικό και το εικονικό εργαστήριο κατά τη διδασκαλία, φτάνουν να έχουν παρόμοιες ταχύτητες κατασκευής απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων παρόλο που υπήρχε διαφορά ως προς τη σειρά διαδοχής των εργαστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν. Φαίνεται δηλαδή ότι η σειρά με την οποία χρησιμοποιούνται τα εργαστήρια (εικονικό-πραγματικό, ή πραγματικό-εικονικό) δεν επηρεάζει ιδιαίτερα την καλλιέργεια δεξιοτήτων κατασκευής πραγματικών κυκλωμάτων. Αυτή η δεξιότητα φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από την χρήση του πραγματικού εργαστηρίου σε κάποια φάση της διδασκαλίας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Οι μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής του κυκλώματος 2 παρατηρούνται αυξημένοι σε σχέση με τις μέσες τιμές των χρόνων κατασκευής του κυκλώματος 1 κατά 25% έως 40%. Αυτή η διαφορά και το γεγονός ότι σε όλες τις περιπτώσεις είναι στατιστικά σημαντική, αποτελεί ένδειξη ότι πιθανώς για το μέσο μαθητή η διαδικασία κατασκευής ενός κυκλώματος μπαταρίας-διακόπτη-λαμπτήρα είναι ουσιαστικά διαφορετική από την κατασκευή ενός κυκλώματος μπαταρίας-διακόπτη-δύο λαμπτήρες σε σειρά. Φαίνεται λοιπόν ότι η ύπαρξη ενός λαμπτήρα επιπλέον στο δεύτερο κύκλωμα σε σχέση με το πρώτο δεν αντιμετωπίζεται από τους μαθητές

ως μία απλή προσθήκη, αλλά ως ένα στοιχείο που διαφοροποιεί σημαντικά τα κυκλώματα αυτά. Έτσι, κατά την κατασκευή του δεύτερου κυκλώματος, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές δε στηρίζονται στο τρόπο κατασκευής του πρώτου κυκλώματος στο οποίο αρκεί να επιφέρουν απλές τροποποιήσεις προσθέτοντας το δεύτερο λαμπτήρα. Αντίθετα, ξεκινάνε την κατασκευή από τη σύνδεση των δύο λαμπτήρων σε σειρά, σημείο στο οποίο αφιερώνουν αρκετό χρόνο και στη συνέχεια ολοκληρώνουν το υπόλοιπο κύκλωμα. Επομένως, αντί να βασιστούν άμεσα στην προηγούμενη κατασκευή τους και να οικοδομήσουν τη νέα, αντιμετωπίζουν το δεύτερο κύκλωμα ως μία εντελώς ξεχωριστή κατασκευή που πρέπει να υλοποιηθεί από την αρχή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, φαίνεται ότι κατά τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων θα πρέπει οι μαθητές Γυμνασίου να χρησιμοποιήσουν και να εξοικειωθούν με πραγματικά όργανα ώστε να είναι πιο αποτελεσματικοί στην κατασκευή πραγματικών κυκλωμάτων. Αυτό το αποτέλεσμα δεν επιβεβαιώνει τα ευρήματα των Finkelstein et al. (2005), στη μελέτη των οποίων οι μαθητές που είχαν διδαχθεί ηλεκτρικά κυκλώματα μέσω εικονικού εργαστηριακού περιβάλλοντος είχαν καλύτερες επιδόσεις στην κατασκευή πραγματικού κυκλώματος, από μαθητές που είχαν χρησιμοποιήσει πραγματικά εργαστηριακά όργανα κατά τη διδασκαλία. Μία πιθανή εξήγηση αποτελεί το πιθανώς διαφορετικό επίπεδο δυσκολίας στην κατασκευή πραγματικού κυκλώματος ανάλογα με τα όργανα που χρησιμοποιούνται και την τεχνική με την οποία αυτά συνδέονται μεταξύ τους. Αν ο τρόπος σύνδεσης των οργάνων είναι απλός και δε χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη τεχνική τότε πιθανώς να οδηγούμαστε σε αποτελέσματα παρόμοια με αυτά των Finkelstein et al. (2005, ενώ αν απαιτούνται επιπλέον δεξιότητες που χρήζουν εξοικείωσης με κάποια ιδιαίτερη τεχνική σύνδεσης τότε πιθανώς να οδηγούμαστε σε αποτελέσματα παρόμοια με της παρούσας εργασίας. Απαιτείται επομένως περαιτέρω έρευνα για την αποσαφήνιση του ζητήματος.

Από την άλλη μεριά όμως, τα εικονικά εργαστήρια προσφέρουν διάφορες επιπλέον παροχές σε σχέση με τα πραγματικά εργαστήρια, όπως η ύπαρξη πολλαπλών αναπαραστάσεων, που φαίνεται πως οδηγούν σε αυξημένη ικανότητα μετασχηματισμού των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από μία αναπαράσταση σε άλλες και αυξημένη ικανότητα επίλυσης σύνθετων προβλημάτων (Taramopoulos & Psillos 2012). Επομένως, σε μία αποτελεσματική διδακτική σειρά, δε θα πρέπει να υιοθετείται μόνο η χρήση πραγματικών ή εικονικών οργάνων, αλλά η σειρά θα πρέπει να τα συνδυάζει με επιτυχία για τη βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς της και την επίτευξη των στόχων της. Άλλωστε, έρευνες έχουν δείξει ότι, τουλάχιστον ως προς την εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών, ο συνδυασμός εικονικών και πρακτικών πειραματικών περιβαλλόντων κατά τη διδασκαλία είναι πιο αποτελεσματικός από τη χρήση ενός μόνο είδους εργαστηριακού περιβάλλοντος (Jaakkola, Nurmi & Lehtinen 2011).

Βιβλιογραφία

Ταραμόπουλος, Α, Ψύλλος, Δ. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΑΠ στο χώρο του ηλεκτρισμού. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Αλεξανδρούπολη, 15-17 Απριλίου 2011, σελ. 679-686

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S. & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Phys. Rev. Sp. Top.-Phys. Educ. Res.* 1, 1-8

Jaakkola, T., Nurmi, S. & Lehtinen, E. (2010). Conceptual change in learning electricity: using virtual and concrete external representations simultaneously. In L. Verschaffel, E. De Corte, T. de Jong, & J. Elen (Eds.) Use of representations in reasoning and problem solving. Analysis and improvement. New Perspectives in Learning and Instruction Series (pp. 133-152). NY: Routledge.

Jaakkola, T., Nurmi, S. & Lehtinen, E. (2011). A comparison of students' conceptual understanding of electric circuits in simulation only and simulation-laboratory contexts, *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93.

Jong de, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains, *Rev Educ Res,* 68(2), 179–201.

Klahr, D., Triona, L.M. & Williams, C. (2007). Hands on what? the relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children, *J. of Res. in Science Teaching*, 44, 183-203

Lefkos, I., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary students in a simulated laboratory environment, *Research in Science and Technological Education*, 29(2), 189–204.

Linn, M.C. (2006). The knowledge integration perspective on learning and instruction, in *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, ed. R. Sawyer, Cambridge University Press.

Minner, D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter: Results from a research synthesis years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

Ruten, N., van Joolingen, W.R., & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers and Education*, 58, 136-153.

Shaffer, P.S. & McDermott, L.C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies, *American Journal of Physics*, 60 (11), 1003

Taramopoulos, A., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Teaching by inquiry electric circuits in virtual and real laboratory environments, in *Research on e-learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Issues*, ed. A. Jimoyiannis, 209-222, Springer, NY.

Taramopoulos, A. & Psillos, D. (2012). How do virtual laboratory environments affect students' ability to transform electric circuits from one representation to another? Submitted *Computers and Education.*

Triona, L.M. & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the Influence of Physical and Virtual Instructional Materials on Elementary School Students' Ability to Design Experiments, *Cognition and Instruction*, 21, 149-173.

Zacharia, Z.C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits, *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 120-132

Zion, M. & Shedletzky, E. (2006). Overcoming the challenge of teaching open inquiry, *The Science Education Review,* 5(1),

Διδάσκοντας για την 'ύλη' στο δημοτικό σχολείο – Μια πρόταση για εννοιολογική αλλαγή

Ράνια Γκικοπούλου & Στέλλα Βοσνιάδου
Εργαστήριο Γνωσιακής Επιστήμης και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΜΙΘΕ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
gikopoulou@gmail.com, svosniad@phs.uoa.gr

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα επιχειρούμε να σχεδιάσουμε και να εφαρμόσουμε μια διδακτική παρέμβαση που σκοπό έχει να προωθήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής για την ύλη, να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν από τις βασιζόμενες στις αισθήσεις αντιλήψεις τους για την ύλη στις πιο αφηρημένες έννοιες της επιστημονικής σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη. Το καινοτομικό στοιχείο της παρέμβασης είναι ότι λαμβάνει υπόψη της όχι μόνο τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη αλλά και τις επιστημικές πεποιθήσεις τους, ενώ βασίστηκε στην προτεινόμενη σειρά απόκτησης των μακροσκοπικών εννοιών που απαιτούνται για την ομαλή εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας, η οποία γίνεται με τη βοήθεια προσομοιώσεων του μοντέλου του μικροκόσμου. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 36 μαθητές της Ε' τάξης χωρισμένοι σε δύο ομάδες, ελέγχου και πειραματική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη παρέμβαση επηρέασε θετικά τόσο τις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη όσο και τις επιστημικές πεποιθήσεις τους, καθώς προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε όλα τα έργα, με την πειραματική να επιτυγχάνει σημαντικά υψηλότερη επίδοση.

Abstract

The purpose of the present research was to design and implement a teaching intervention to facilitate conceptual change processes in young students' understanding of aspects of the particulate theory of matter. More specifically, the intervention aimed at helping the students move from their phenomenal concept to the scientific concept of matter. The innovative component of this intervention was that it took into consideration not only students' naïve theory of matter but also their epistemic beliefs. The intervention was based on the suggested learning progression of the macroscopic concepts necessary for the introduction of the particulate theory of matter and was also facilitated by relevant educational software and simulations of the microscopic model. The sample consisted of 36 fifth grade students divided into two groups, control and experimental. The results showed that the proposed intervention had a positive effect both on students' concept about matter and on their epistemic beliefs, since we found statistically significant differences between the two groups in all tasks, with the experimental group attaining significantly higher average performance in comparison to the control group.

Εισαγωγή

Πολλές έρευνες στο χώρο των φυσικών επιστημών έχουν δείξει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα (Smith, Carey & Wiser 1985, Driver et al. 1985, Stavy & Stachel 1985, Nakhlem & Samarapungavan 1999). Για παράδειγμα, δεν κατανοούν το βρασμό ή την εξάτμιση καθώς συγχέουν τον υδρατμό με τον αέρα, θεωρούν το νερό αποκλειστικά υγρό, πιστεύουν ότι η ύλη είναι συνεχής κτλ. Θεωρούμε ότι οι δυσκολίες αυτές των μαθητών οφείλονται στο γεγονός ότι έχουν διαμορφώσει αρχικές ερμηνείες για την ύλη και τις ιδιότητές της, βάσει των καθημερινών εμπειριών τους, οι οποίες όμως διαφέρουν αισθητά από τις αντίστοιχες επιστημονικές και γι' αυτό μπορούν να αποτελέσουν εμπόδιο κατά τη διαδικασία της μάθησης (και) στο χώρο των φυσικών επιστημών (Vosniadou, Vamvakousi & Skopeliti 2008). Σύμφωνα με τη θεωρία πλαισίου που έχει προταθεί από τη Βοσνιάδου και τους συνεργάτες της και όπως προκύπτει από σχετικές έρευνες (Vosniadou & Brewer 1992, Vosniadou et al. 2008, Vosniadou & Mason in press) ορισμένες έννοιες είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές από τα παιδιά γιατί παραβιάζουν πολλές από τις αρχές της αφελούς φυσικής, οι οποίες δύσκολα τίθενται υπό αμφισβήτηση. Καθώς οι μαθητές προσπαθούν να ενσωματώσουν τις νέες μη-

συμβατές επιστημονικές πληροφορίες στο υπάρχον επεξηγηματικό τους πλαίσιο είναι δυνατόν να προκληθεί εσωτερική ασυνέπεια ή να δημιουργηθούν συνθετικά μοντέλα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών απαιτεί την αναδιοργάνωση των αφελών αντιλήψεων, δηλαδή μια αλλαγή θεωρίας. Η εννοιολογική αλλαγή είναι μια αργή και σταδιακή διαδικασία που απαιτεί αλλαγές σε οντολογικό, επιστημολογικό και αναπαραστατιακό επίπεδο (Vosniadou 2012).

Αναλυτικότερα, όσον αφορά στην έννοια της ύλης στην οποία εστιάζουμε στην παρούσα έρευνα, σύμφωνα με το επεξηγηματικό πλαίσιο των μαθητών (Κουκά 2000, Wiser & Smith 2008, Wiser & Smith in press): η ύλη γίνεται αντιληπτή με τις αισθήσεις, τα στερεά και τα υγρά είναι μορφές ύλης ενώ τα αέρια και τα μικρά αντικείμενα δεν είναι, τα σώματα είναι συνεχή και η ταυτότητά τους (η οποία δεν αλλάζει) προσδιορίζεται από την εμφάνιση και τη φυσική τους κατάσταση. Αντίθετα, βάσει του επιστημονικού επεξηγηματικού πλαισίου: η ύλη είναι βασικό συστατικό που έχει βάρος και καταλαμβάνει χώρο, τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια είναι μορφές ύλης, άρα και του ίδιου οντολογικού είδους, η ύλη διατηρείται κατά τους μετασχηματισμούς της, τα σώματα αποτελούνται από μη ορατά σωματίδια που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και η ταυτότητά τους προσδιορίζεται από αντικειμενικές και μετρήσιμες ιδιότητες της ύλης, ενώ τα φυσικά σώματα είναι δυνατόν να αλλάζουν ταυτότητα.

Ένας ακόμη παράγοντας που φαίνεται να ασκεί σημαντική επίδραση στη διαδικασία απόκτησης γνώσης είναι οι επιστημικές πεποιθήσεις των μαθητών, οι πεποιθήσεις τους δηλαδή για τη φύση της γνώσης και τη διαδικασία του γιγνώσκειν. Στην παρούσα έρευνα ασχολούμαστε κυρίως με τη μελέτη της επίδρασης μιας παρέμβασης που παρέχει πληροφορίες για τη σωματιδιακή δομή της ύλης αλλά λαμβάνει υπόψη της και τις επιστημικές πεποιθήσεις των μαθητών. Προηγούμενες έρευνες στο εργαστήριό μας (Stathopoulou & Vosniadou, 2007) έχουν δείξει ότι οι πεποιθήσεις για τη φύση της γνώσης σχετίζονται με την εννοιολογική αλλαγή στη φυσική, καθώς μόνο οι μαθητές με υψηλό επιστημολογικό επίπεδο πέτυχαν βαθιά εννοιολογική κατανόηση εννοιών της φυσικής σε αντίθεση με τους μαθητές με αρχικές επιστημικές πεποιθήσεις. Οι επιστημικές πεποιθήσεις που σχετίζονται με τη φυσική μπορούν να επηρεάσουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσης, όπως κάνουν και οι οντολογικές προϋποθέσεις, καθώς μπορούν να επηρεάσουν τόσο το είδος της νέας πληροφορίας που προσλαμβάνεται από το φυσικό και πολιτισμικό πλαίσιο όσο και τον τρόπο με τον οποίο αυτή η πληροφορία ερμηνεύεται.

Αναλυτικότερα, το χαμηλό επιστημολογικό επίπεδο των μαθητών μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, καθώς η πίστη στην αυθεντία και στη μοναδική αλήθεια οδηγεί τους μαθητές στην αντίληψη ότι τα πράγματα είναι έτσι όπως φαίνονται και ότι τα φαινόμενα δε χρειάζονται ερμηνείες, η μη διάκριση της θεωρίας από τις υποθέσεις και τις αποδείξεις συνεπάγεται δυσκολία κατανόησης της αναγκαιότητας σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων και η πεποίθηση ότι οι θεωρίες δεν αλλάζουν οδηγεί σε δυσκολία διαχείρισης των μη συμβατών πληροφοριών. Αντίθετα, το υψηλό επιστημολογικό επίπεδο μπορεί να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή, αφού η αναγνώριση του αβέβαιου και κατασκευάσιμου χαρακτήρα της γνώσης οδηγεί σε καλύτερη κατανόηση των φαινομένων του φυσικού κόσμου, η κατανόηση του ότι οι εξηγήσεις υπόκεινται σε αξιολόγηση και ότι τα τεκμήρια είναι διακριτά από τη θεωρία οδηγεί στην αποδοχή της αναγκαιότητας του πειραματισμού, στην αναζήτηση αιτιακών μηχανισμών και στην αποδοχή της ύπαρξης διαφορετικών όψεων της πραγματικότητας.

Σχεδιασμός Παρέμβασης

Σχεδιάστηκε ένα μαθησιακό περιβάλλον για μια παρέμβαση σε ελληνικά σχολεία η οποία, παρά τον περιορισμό του χρόνου και των μέσων, μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να μεταβούν από τις βασιζόμενες στις αισθήσεις αντιλήψεις τους για την ύλη στις πιο αφηρημένες (και ποσοτικοποιημένες) έννοιες που χαρακτηρίζουν την επιστημονική σωματιδιακή θεωρία για την ύλη, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την εκπαιδευτική διαδικασία.

Το καινοτομικό στοιχείο της παρέμβασης είναι ότι λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών (10-12 ετών) για την ύλη και τα εμπόδια που θέτουν οι περιορισμοί τους (πχ. ύλη αντιληπτή με τις αισθήσεις, άρα τα στερεά και τα υγρά είναι ύλη ενώ τα αέρια ή τα πολύ μικρά αντικείμενα δεν είναι), αλλά και τις επιστημικές πεποιθήσεις τους, οι οποίες μπορούν να διευκολύνουν ή να εμποδίσουν τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Προηγούμενες έρευνες (Carey et al. 1989, Hofer & Pintrich 1997, Kyriakopoulou & Vosniadou 2012) έχουν δείξει ότι οι μαθητές αυτής της ηλικίας δεν διαθέτουν την επιστημολογική γνώση που είναι απαραίτητη για να συνδυάσουν την καθημερινή αισθητηριακή εμπειρία των υλικών αντικειμένων (πχ. τα στερεά και τα υγρά φαίνονται συνεχή …) με μερικές από τις αρχές της σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη (η ύλη αποτελείται από σωματίδια …). Για το λόγο αυτό ενσωματώσαμε στην παρέμβαση έργα που σχετίζονται με: την εμφάνιση έναντι της πραγματικότητας, τη μέτρηση έναντι της εκτίμησης με τις αισθήσεις, τη διαφοροποίηση υπόθεσης - θεωρίας, την αβεβαιότητα της γνώσης και τη δυνατότητα αλλαγής θεωρίας, τη σύγκριση μοντέλων και πραγματικότητας κτλ.

Κατά το σχεδιασμό της παρέμβασης ελήφθη υπόψη, επίσης, η προτεινόμενη σειρά απόκτησης των μακροσκοπικών εννοιών που απαιτούνται για την ομαλή εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας (Wiser & Smith 2008), γι' αυτό και ενσωματώθηκαν έργα σχετικά με: τη σύγκριση αντικειμένων ίδιου όγκου αλλά διαφορετικής μάζας (ή αντίστροφα), τη διαφοροποίηση των εννοιών μάζα-βάρος-όγκος-πυκνότητα, τη μελέτη λιγότερο εμφανών περιπτώσεων ύλης (όπως τα αέρια ή μικροσκοπικά αντικείμενα) κτλ.

Τέλος, καταβάλλεται προσπάθεια να γίνεται συνδυασμός του μικροσκοπικού μοντέλου με την μακροσκοπική προσέγγιση και να εξετάζεται κάθε έννοια και από τις δύο πλευρές, προκειμένου να διευκολυνθούν οι μαθητές στην κατανόηση των μελετούμενων εννοιών και φαινομένων. Όταν η μικροσκοπική προσέγγιση παρουσιάζεται αποκομμένη από τη μακροσκοπική, οι μαθητές δυσκολεύονται να μεταφέρουν τη γνώση αυτή στο μακροσκοπικό πλαίσιο και να συνειδητοποιήσουν ότι πρόκειται για τις ίδιες έννοιες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αξιοποιήσουν τις γνώσεις της σωματιδιακής θεωρίας για την ερμηνεία των φαινομένων του μακρόκοσμου. Για το λόγο αυτό, εκτός από τα φύλλα εργασίας που συντάχθηκαν και σε συμφωνία με αυτά, δημιουργήθηκε ένα εκπαιδευτικό λογισμικό που περιλαμβάνει βίντεο, αναλογίες που εισάγουν την ιδέα της ύλης ως αποτελούμενης από σωματίδια και –κυρίως– δυναμικές προσομοιώσεις του μοντέλου του μικρόκοσμου, διευκολύνοντας την εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας, η οποία γίνεται χωρίς τη χρήση μαθηματικών και με τρόπο προσαρμοσμένο στις νοητικές δυνατότητες των μαθητών. Κατά το σχεδιασμό των προσομοιώσεων, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί και αξιολογηθεί επί σειρά ετών στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών (Δημόπουλος 2004, Καλκάνης 2006, 2007, Ιμβριώτη 2006, Kalkanis in press) έχουν ληφθεί υπόψη οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης που έχουν καταγραφεί από τη βιβλιογραφία προκειμένου να αποφευχθεί η ενίσχυσή τους. Για το λόγο αυτό, για παράδειγμα, δεν εμφανίζονται τα σωματίδια του μικροκόσμου ακίνητα, ενώ οι μοντελοποιήσεις παρουσιάζονται σε μαύρο φόντο, ώστε να μη δίνεται η εντύπωση ότι υπάρχει κάτι μεταξύ των σωματιδίων.

Μεθοδολογία Έρευνας

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 36 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου (ηλικίας 10-11 χρονών), χωρισμένοι σε δύο ομάδες, ελέγχου και πειραματική.

Για την έρευνά μας χρησιμοποιήθηκαν τρία έργα για τον προσδιορισμό της θεωρίας των μαθητών για την ύλη και ένα έργο για τις επιστημικές πεποιθήσεις τους: (α) Το «Έργο για τον Καθορισμό των Αντιλήψεων των Μαθητών για τις Φυσικές Ποσότητες και την Ύλη», μια τροποποιημένη εκδοχή του έργου που χρησιμοποίησε η Smith (2007) στην έρευνά της, με 18 ερωτήσεις σχετικά με τη μάζα, το βάρος, τον όγκο, την πυκνότητα των σωμάτων, τον υπολογισμό / μέτρησή τους καθώς την ύλη και τα υλικά. (β) Το «Έργο Κατηγοριοποίησης Υλικών Σωμάτων» (Gikopoulou & Vosniadou 2006), όπου οι μαθητές καλούνται να κατηγοριοποιήσουν

8 σώματα (τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν είτε βάσει της φυσικής τους κατάστασης είτε βάσει της κοινής τους σύστασης / μοριακής τους δομής) και να αιτιολογήσουν τις κατηγοριοποιήσεις τους. (γ) Το «Έργο Ερμηνείας Φαινομένων» σχετικών με την ύλη (Gikopoulou & Vosniadou 2006), όπου οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα της τήξης του πάγου και του βρασμού του νερού. (δ) Η «Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης» (Carey et al. 1989) για τον καθορισμό των επιστημικών πεποιθήσεων των μαθητών, που περιλαμβάνει 18 ερωτήσεις σχετικά με τους σκοπούς της επιστήμης, τις πειραματικές διαδικασίες, τη φύση των υποθέσεων και των θεωριών, την αλλαγή θεωρίας και τα επιστημονικά μοντέλα.

Σε όλους τους μαθητές δόθηκαν, αρχικά, και τα τέσσερα έργα ως προέλεγχος. Στη συνέχεια, στην πειραματική ομάδα εφαρμόσθηκε η προτεινόμενη παρέμβαση, για 12 διδακτικές ώρες, που κάλυπτε: α) μια εισαγωγική ενότητα σχετικά με την ύλη, τις ιδιότητες και τη δομή της ύλης, β) τις βασικές έννοιες / ιδιότητες της ύλης (όγκος, μάζα, βάρος, μάζα-βάρος, πυκνότητα, αέρας) εξετάζοντάς τες από μακροσκοπικής και από μικροσκοπικής απόψεως και προτάσσοντας τις έννοιες που θεωρούνται βασικές για την κατανόηση της σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη και γ) μια πιο αναλυτική περιγραφή του μοντέλου του μικροκόσμου με τη βοήθεια αναλογιών, προσομοιώσεων και κατάλληλου λογισμικού. Στην ομάδα ελέγχου διδάχθηκαν, για 12 διδακτικές ώρες, οι αντίστοιχες προβλεπόμενες ενότητες από το σχολικό εγχειρίδιο: α) μια εισαγωγική ενότητα για το πώς μελετάμε τα φαινόμενα γύρω μας, την ύλη και τις ιδιότητές της, β) τα υλικά σώματα (μακροσκοπικά) με μελέτη των βασικών ιδιοτήτων της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας και γ) μία γενικότερη ενότητα για τα υλικά σώματα και τη δομή της ύλης, αξιοποιώντας τις αντίστοιχες πληροφορίες και σχήματα που παρέχονται στην αντίστοιχη ενότητα του σχολικού βιβλίου. Τέλος, δόθηκαν ξανά και στα δύο τμήματα τα τέσσερα έργα ως μεταέλεγχος.

Υποθέσεις Έρευνας

Υποθέτουμε ότι η διδακτική παρέμβαση θα προωθήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής βοηθώντας τους μαθητές να μεταβούν από τις αρχικές αντιλήψεις τους για την ύλη σε μια θεωρία για την ύλη που προσεγγίζει περισσότερο την επιστημονική. Περιμένουμε, δηλαδή, ότι μετά την παρέμβαση οι μαθητές θα παρουσιάσουν καλύτερη επίδοση σε όλα τα έργα που μετρούν την εννοιολογική αλλαγή για την έννοια της ύλης, ενώ θα υπάρχει βελτίωση και στις επιστημικές τους πεποιθήσεις.

Υποθέτουμε, επίσης, ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση (τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση) ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη και στις επιστημικές πεποιθήσεις τους. Περιμένουμε, δηλαδή, ότι οι μαθητές που έχουν διαμορφώσει μια διαισθητική αντίληψη για την ύλη θα βρίσκονται σε χαμηλότερο επιστημολογικό επίπεδο όσον αφορά στις πεποιθήσεις τους για τη γνώση και τη φύση της γνώσης (όπου η γνώση θεωρείται αληθής και βέβαιη και γίνεται αντιληπτή ως συλλογή αληθινών πεποιθήσεων για συγκεκριμένες διαδικασίες) σε σχέση με τους μαθητές που θα έχουν φθάσει σε ένα ανώτερο επιστημολογικό επίπεδο (όπου αναγνωρίζεται ότι η γνώση είναι προϊόν της ανθρώπινης σκέψης και όχι καθορισμένη από μια εξωτερική πραγματικότητα).

Αποτελέσματα

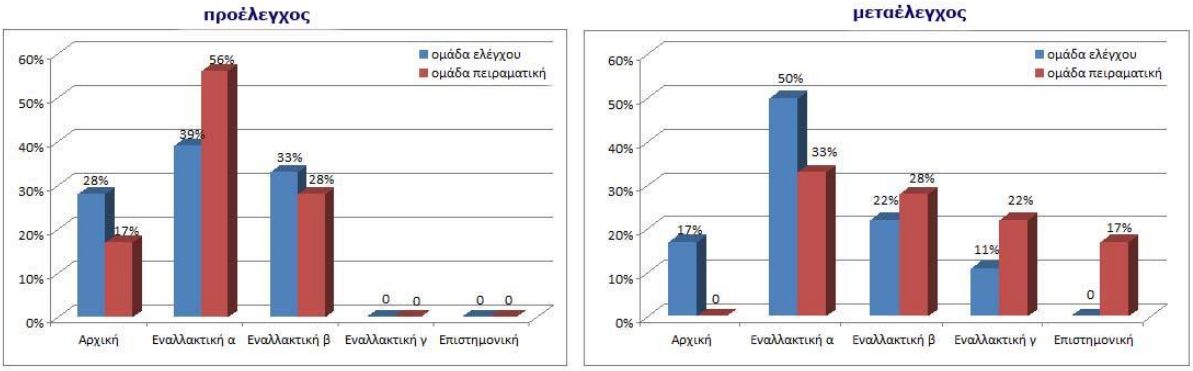
Προκειμένου να ερευνήσουμε την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης παρέμβασης ελέγξαμε την επίδοση των μαθητών στα έργα του προέλεγχου και του μεταέλεγχου. Οι Αναλύσεις Διακύμανσης Επαναλαμβανόμενων Μετρήσεων (Repeated Measures ANOVAs) με την επίδοση στα 4 έργα (αντιλήψεις για την ύλη, κατηγοριοποιήσεις, ερμηνεία φαινομένων, επιστημικές πεποιθήσεις) ως διαμέσου και την ομάδα (ελέγχου * πειραματική) ως μεταξύ των υποκειμένων παράγοντα έδειξε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση υπέρ της πειραματικής ομάδας μόνο για τον μεταέλεγχο ($F(1,34)=9,648$; $p=0.004$) και όχι για τον προέλεγχο ($F(1,34)=0,054$; ns). Επομένως, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων σε κανένα από τα έργα προελέγχου, ενώ μετά την παρέμβαση η πειραματική ομάδα παρουσιάζει σημαντική βελτίωση

της επίδοσής της σε όλα τα έργα, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, καθιστώντας την παρέμβαση επιτυχή.

Ελέγξαμε επίσης την επίδοση κάθε ομάδας χωριστά στα έργα πριν και μετά την παρέμβαση. Οι Αναλύσεις Διακύμανσης Επαναλαμβανόμενων Μετρήσεων [4 έργα (αντιλήψεις για την ύλη, κατηγοριοποιήσεις, ερμηνεία φαινομένων, επιστημικές πεποιθήσεις) * χρόνος δοκιμασίας (προέλεγχος, μεταέλεγχος)] έδειξαν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των έργων και του χρόνου υπέρ του μεταελέγχου μόνο για την πειραματική ομάδα ($F(1,17)=14,030$; $p<0.001$) και όχι για την ομάδα ελέγχου ($F(1,17)=0,974$; ns). Επομένως, οι μαθητές της ομάδας ελέγχου μετά την παρέμβαση δεν παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στην επίδοσή τους στα περισσότερα έργα, παρά μόνο μικρή βελτίωση στο έργο για τις αντιλήψεις τους για την ύλη, σε αντίθεση με τους μαθητές της πειραματικής ομάδας, των οποίων η επίδοση βελτιώθηκε σημαντικά σε όλα τα έργα. Αναλυτικότερα, μετά την παρέμβαση οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στην επίδοσή τους σε όλα τα έργα που μετρούν την εννοιολογική αλλαγή για την ύλη, αλλά και στις επιστημικές πεποιθήσεις τους σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου:

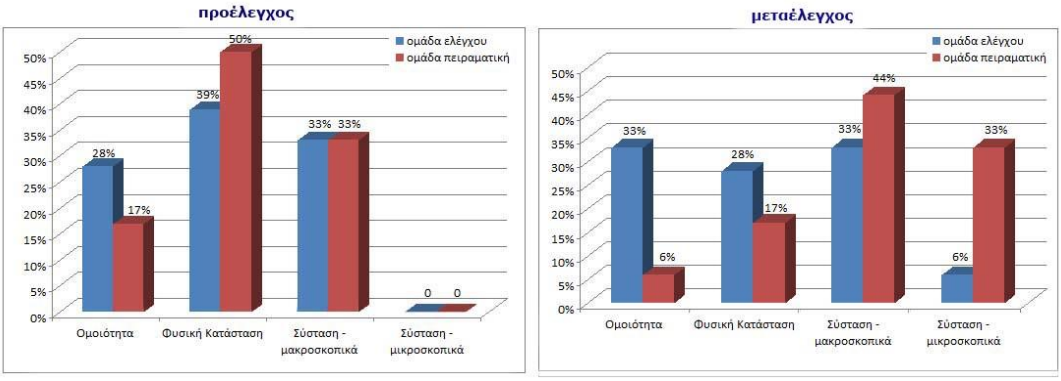
α) Έργο για τον Καθορισμό των Αντιλήψεων των Μαθητών για την Ύλη: Η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας μετά την παρέμβαση μετακινήθηκε από την αρχική αντίληψη για την ύλη (ύλη αντιληπτή με όλες τις αισθήσεις) σε εναλλακτικές αντιλήψεις (α. ύλη με αισθητό βάρος ή όγκο, β. ύλη ορατή, γ. ύλη και μη ορατή) με ένα σημαντικό ποσοστό τους να προσεγγίζει την επιστημονική άποψη (ύλη ως βασικό συστατικό), ενώ δεν παρατηρείται κάτι τέτοιο στην ομάδα ελέγχου, όπως φαίνεται και στα παρακάτω ραβδογράμματα.

Ραβδογράμ. 1 και 2: Ποσοστά Συμμετεχόντων ανά Κατηγορία Απαντήσεων για τις Αντιλήψεις για την Ύλη



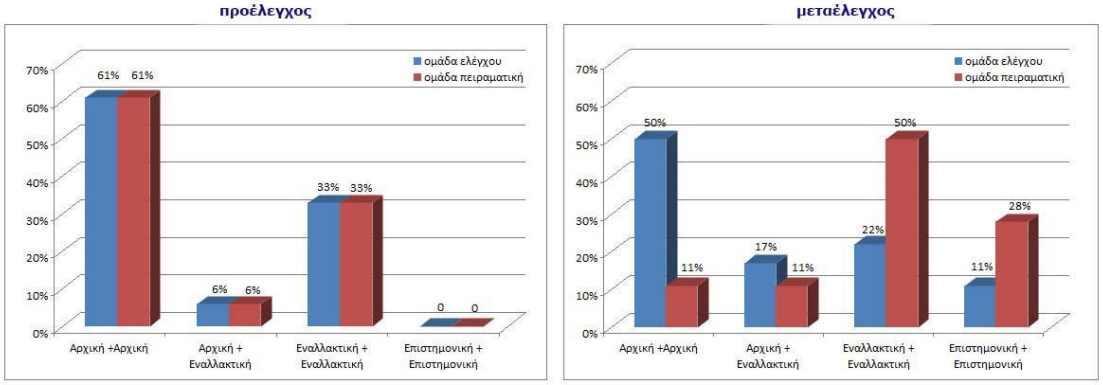
β) Έργο Κατηγοριοποίησης Υλικών Σωμάτων: Η πλειοψηφία των μαθητών (77%) της πειραματικής ομάδας κατάφεραν να κατηγοριοποιήσουν τα υλικά σώματα βάσει της (κοινής) σύστασής τους παρέχοντας είτε μακροσκοπική (44%) είτε μικροσκοπική (33%) σωστή ερμηνεία, ενώ στην ομάδα ελέγχου τα αντίστοιχα ποσοστά είναι αισθητά μικρότερα.

Ραβδογράμματα 3 και 4: Ποσοστά Συμμετεχόντων ανά Κατηγορία Απαντήσεων για τις Κατηγοριοποιήσεις



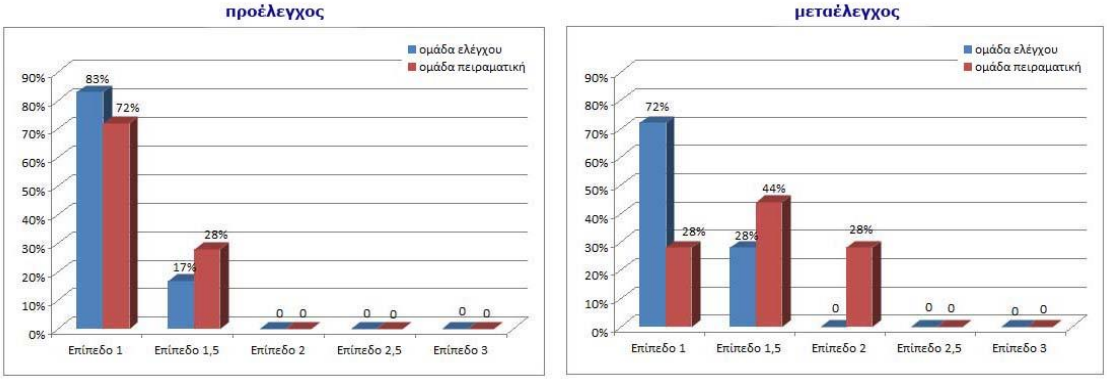
γ) Έργο Ερμηνείας Φυσικών Φαινομένων (τήξη πάγου, βρασμός νερού): Η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας (78%) μετακινήθηκε από αρχικές ερμηνείες για την τήξη και το βρασμό σε εναλλακτικές ερμηνείες με το 28% από αυτούς να δίνει επιστημονική εξήγηση και για τα δύο φαινόμενα, ενώ στην ομάδα ελέγχου τα αντίστοιχα ποσοστά είναι αρκετά μικρότερα.

Ραβδογράμματα 5 και 6: Ποσοστά Συμμετεχόντων ανά τύπο Εξήγησης για τα δύο Φαινόμενα



δ) Έργο για τις Επιστημικές Πεποιθήσεις: Η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας παρουσίασε βελτίωση στις επιστημικές πεποιθήσεις, μεταβαίνοντας από το αρχικό επίπεδο 1 στο ενδιάμεσο επίπεδο 1,5 φτάνοντας ακόμη και στο επίπεδο 2 (22%), ενώ κανένας από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου δεν έφτασε στο επίπεδο αυτό.

Ραβδογράμματα 7 και 8: Ποσοστά Συμμετεχόντων ανά Επίπεδο Επιστημικών Πεποιθήσεων



ε) Συσχετίσεις: Ο δείκτης συσχέτισης Pearson-R Correlation Coefficient (αντιλήψεις για ύλη*επιστημικές πεποιθήσεις) που υπολογίστηκε τόσο για τον προέλεγχος $r(2)=0,679$; $p<0,001$ όσο και για τον μεταέλεγχο $r(8)=0,813$; $p<0,001$ έδειξε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των επιστημικών

πεποιθήσεων των μαθητών και των αντιλήψεών τους για την ύλη, επιβεβαιώνοντας τα αποτελέσματα και προηγούμενων ερευνών μας. Οι μαθητές που έχουν διαμορφώσει μια διαισθητική αντίληψη για την ύλη βρίσκονται σε χαμηλότερο επιστημολογικό επίπεδο σε σχέση με τους μαθητές που η αντίληψή τους για την ύλη προσεγγίζει την επιστημονική και αντιμετωπίζουν μεγαλύτερες δυσκολίες στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων για τα φυσικά φαινόμενα σε σχέση με τους μαθητές που θεωρούν τη γνώση ως προϊόν της ανθρώπινης νόησης και όχι καθοριζόμενη από την εξωτερική πραγματικότητα.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η προτεινόμενη παρέμβαση διευκόλυνε τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής για την ύλη, καθώς επηρέασε θετικά τόσο τις αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη όσο και τις επιστημικές τους πεποιθήσεις. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να επιβεβαιώνουν πειραματικά ότι η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής απαιτεί οντολογικές και επιστημολογικές αλλαγές, ενισχύοντας έτσι το θεωρητικό μας πλαίσιο για την εννοιολογική αλλαγή, σύμφωνα με το οποίο μερικές έννοιες είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές γιατί παραβιάζουν βασικές αρχές της αφελούς φυσικής. Όταν οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν δύσκολες έννοιες και ιδιαίτερα όταν οι επιστημονικές ιδέες έρχονται σε αντίθεση με το αφελές επεξηγηματικό πλαίσιο των μαθητών, φαίνεται ότι οι μηχανισμοί εμπλουτισμού δεν είναι αποτελεσματικοί και απαιτείται μία αναδιοργάνωση των αρχικών γνωστικών δομών των μαθητών προκειμένου να επιτευχθεί η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής (Vosniadou et al. 2008). Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν, επίσης, με τις παρατηρήσεις και προτάσεις και άλλων ερευνητών (Wiser και Smith in press) που υποστηρίζουν ότι για να προσεγγίσουν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τη σωματιδιακή θεωρία για την ύλη πρέπει να προηγηθεί η κατανόηση μερικών μακροσκοπικών εννοιών, ενώ η προσέγγιση των σωματιδιακών ιδεών για την ύλη σε αυτή την ηλικία είναι απαραίτητη γιατί τους βοηθά να παγιώσουν την κατανόηση για την έννοια της ύλης αλλά και να προσεγγίσουν καλύτερα άλλες μακροσκοπικές έννοιες που χωρίς τη σωματιδιακή θεωρία δεν είναι εύκολο να ερμηνευτούν (πχ. αλλαγή κατάστασης).

Η έρευνά μας συμπληρώνει προηγούμενες έρευνες που αναζητούν τρόπους βελτιστοποίησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας και προώθησης της εννοιολογικής αλλαγής. Η δυσκολία πολλών μαθητών να κατανοήσουν τις έννοιες των φυσικών επιστημών οφείλεται συχνά στο ότι το ζήτημα της εννοιολογικής αλλαγής δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τη διδασκαλία, καθώς πολλοί εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι νέες πληροφορίες μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στις υπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, ενώ αγνοούνται και οι επιστημικές τους πεποιθήσεις. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι μπορούμε να βελτιώσουμε σημαντικά την εκπαιδευτική διαδικασία όταν λάβουμε υπόψη μας όλους τους παράγοντες που φαίνεται να παίζουν ρόλο, δηλαδή τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για την ύλη, την προτεινόμενη σειρά απόκτησης των εννοιών, το συνδυασμό μακροσκοπικής και μικροσκοπικής προσέγγισης με κατάλληλο λογισμικό και –κυρίως– τις επιστημικές πεποιθήσεις των μαθητών. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που τονίζουν τη σχέση ανάμεσα στις επιστημικές πεποιθήσεις και την εννοιολογική αλλαγή στις φυσικές επιστήμες (Stathopoulou & Vosniadou, 2007).

Βιβλιογραφία

Δημόπουλος, Β., (2004). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με Ψηφιακές Τεχνολογίες – Μια Κβαντική Προσέγγιση, Προτάσεις και Εφαρμογές. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Ιμβριώτη, Δ. (2006). Το Μοντέλο του μικροΚόσμου ως Ενοποιητικό και Ερμηνευτικό Στοιχείο των Φ.Ε. στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση - Λογισμικό και Αξιολόγηση. Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Αθηνών.

Καλκάνης, Γ., (2006). Δυναμικές Προσομοιώσεις του μικροΚόσμου. Διαδικτυακός τόπος http://micro-kosmos.uoa.gr (=> τα ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού), Αθήνα.

Καλκάνης κά., (2007). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ …". Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση, Υπουργείο Παιδείας, Αθήνα 2007-2008.

Κουκά, Α., (2000). Η έννοια του νερού στη χημική εκπαίδευση: Αντιλήψεις, παρανοήσεις, δυσκολίες στην κατανόηση. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., Unger, C., (1989). An experiment is when you try it and see if it works: a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education, vol. 11, SPECIAL ISSUE, 514-529.

Driver, R. et al., (1985). Children's Ideas in Science. Open University Press.

Gikopoulou, R. & Vosniadou, S. (2006). Categorizations of Substances in Relation to Explanations of Changes in the State of Matter. 5th European Symposium on Conceptual Change on Bridging the Gap between Mental Models and Situated Cognition? Theoretical and Methodological Considerations. Stockholm, Sweden.

Hofer, B., & Pintrich, P. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. Review of Educational Research, 67(1), 88–140.

Kalkanis, G., (in press). From the Scientific to the Educational: Using Monte Carlo Simulations of the microKosmos for Science Education by Inquiry. Book: Concepts of Matter in Science Education, editors Georgios Tsaparlis and Hannah Sevian, Springer.

Kyriakopoulou, N., Vosniadou, St., (2012). The relation between conceptual change in physical science, theory of mind and personal epistemology and implications for science instruction. 8th International Conference on Conceptual Change, University of Trier, Germany.

Nakhlem, M., Samarapungavan, A., (1999). Elementary school children's beliefs about matter. Journal of Research in Science Teaching, 36, p. 777-805.

Smith, C.L., (2007). Bootstraping Processes in the Development of Students' Commonsense Matter Theories: Using Analogical Mappings, Thought Experiments and Learning to Measure to Promote Conceptual Restrucruring. Cognition and Instruction

Smith, C., Carey, S., Wiser, M., (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight and density. Cognition, 21, p. 177-237.

Stathopoulou, Ch., & Vosniadou, S., (2007). Conceptual change in physics and physics-related epistemological beliefs: a relationship under scrutiny. Reframing the conceptual change approach in learning and instruction, 2007, Elsevier.

Stavy, R., Stachel, D., (1985). Children's ideas about "solid" and "liquid". European Journal of Education, 7, p. 407-421.

Vosniadou, S., & Brewer, (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. Cognitive Psychology, 24, 535-585.

Vosniadou, S., Vamvakousi, X., Skopeliti, E., (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change. International Handbook of Research on Conceptual Change, Ed. by St. Vosniadou, p. 3-34.

Vosniadou, S., (2012). The problem of conceptual change in the learning of science and mathematics. 8th International Conference on Conceptual Change, University of Trier, Germany.

Vosniadou, S., Mason, L. (in press). Conceptual Change induced by Instruction: A Complex Interplay of Multiple Factors. APA Educational Handbook, Vol. 2, Individual Differences and Cultural and Contextual Factors, K. R. Harris, S. Graham and T. Urdan (Editors-in-Chief), American Psychological Association.

Wiser M. & Smith C., (2008), Teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced?, International Handbook of Research on Conceptual Change, Ed. by Stella Vosniadou

Wiser & Smith (in press), Learning and Teaching about Matter in Elementary Grades: What Conceptual Changes Are Needed?. International Handbook of Research on Conceptual Change, 2nd edition, ed. by Stella Vosniadou

Μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού σχετικά με την ανάκλαση του φωτός.

Ευαγγέλου Β. Φίλιππος[1] και Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος[2]
[1]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, me01019@cc.uoi.gr*
[2]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr*

Περίληψη

Η εργασία συγκρίνει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα με την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 110 μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού Σχολείου. Οι μαθητές χωρίστηκαν τυχαία στην πειραματική ομάδα (55 μαθητές) και στην ομάδα ελέγχου (55 μαθητές). Η ομάδα ελέγχου έκανε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική έκανε τα ίδια πειράματα με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης «Μ..Α.Θ.Η.Μ.Α.». Η συλλογή δεδομένων έγινε με φύλλα εργασίας που δόθηκαν και στις δυο ομάδες πριν και μετά από τα πειράματα και περιείχαν τις ίδιες ερωτήσεις. Η αξιολόγηση των απαντήσεων έγινε με βάση την ταξινομία SOLO. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι στις τρεις από τις τέσσερις ερωτήσεις οι μαθητές της ομάδας ελέγχου είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους μαθητές της πειραματικής.

Abstract

This study compares the conceptual understanding of students that performs real experiments with the conceptual understanding of students that performs virtual experiments with regard to the concept of reflection of light. The sample of research was 110 students of 5th grade of Primary School. The students were randomly assigned in the experimental group (55 students) and in the control group (55 students). The control group made experiments with real objects, while the experimental made the same experiments with the use of simulation "M.A.T.H.M.A.". The collection of data became with sheets of work that were also given in the two groups before and afterwards the experiments and contained the same questions. The assessment of answers became with the taxonomy of SOLO. The statistical analysis of data showed that in the three questions from the four the students of control group had better learning outcomes than the students of experimental.

Εισαγωγή

Η εισαγωγή των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνιών - ΤΠΕ - στην εκπαίδευση θα μπορούσε να ισχυρισθεί κανείς ότι προκάλεσε ραγδαίες εξελίξεις στον τρόπο διδασκαλίας των περισσότερων γνωστικών αντικειμένων και ειδικότερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε να ισχυρισθεί κανείς ότι αρχίζει να κλονίζεται η θέση πως η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα, πολλοί ερευνητές, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, επισημαίνουν την ανάγκη για αναθεώρηση και αναδιοργάνωση του υπάρχοντος πλαισίου στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με τέτοιον τρόπο που να περιλαμβάνει και εικονικά πειράματα, δηλαδή την πραγματοποίηση πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης (Zacharia & Constantinou 2008, Zacharia et al. 2008, Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009, Ευαγγέλου 2012).

Αμέσως, λοιπόν, μετά από αυτή την εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση αναπτύχθηκε σε ερευνητικό επίπεδο μια εκτεταμένη συζήτηση για το ποιο είδος πειράματος - πραγματικό ή εικονικό - είναι πιο αποτελεσματικό κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση της Φυσικής. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι υπάρχουν αφενός ερευνητές που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση και διδασκαλία της Φυσικής και αφετέρου ερευνητές που υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων (Zacharia 2007, Zacharia et al. 2008, Zacharia & Constantinou 2008,

Ευαγγέλου & Κώτσης 2009, Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009, Κώτσης & Ευαγγέλου 2011, Zacharia & Olympiou 2011).

Πιο αναλυτικά, οι υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων, έχουν ως βασικό επιχείρημα πως τα πραγματικά πειράματα μπορούν να προωθήσουν τη μάθηση γιατί προσιδιάζουν με τη χειροπιαστή αλλά ταυτόχρονα αφηρημένη φύση της γνωστικής ανάπτυξης. Ταυτόχρονα, μπορούν να παρέχουν επιπρόσθετα ερεθίσματα ενεργοποίησης νευρώνων του εγκεφάλου μέσω της κιναισθητικής εμπλοκής, καθώς επίσης είναι φανερό ότι με τα πραγματικά πειράματα το εγγενές ενδιαφέρον των ατόμων αυξάνει τα κίνητρα τους για την ενεργό εμπλοκή τους (Ολυμπίου 2012).

Από την άλλη πλευρά, οι υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων ισχυρίζονται πως είναι η ενεργός εμπλοκή και η χρήση - εφαρμογή υλικών, μοντέλων, διατάξεων που είναι τα ουσιαστικά στοιχεία μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης και όχι η φυσικότητα των υλικών (πραγματικά ή εικονικά) (Zacharia et al. 2008, Ολυμπίου 2012).

Αυτές οι διαφορετικές απόψεις για τα εικονικά και πραγματικά πειράματα έχουν ως αποτέλεσμα, ιδιαίτερα, κατά τα τελευταία χρόνια να εμφανίζονται έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών που συγκρίνουν αυτές τις διαφορετικές πειραματικές προσεγγίσεις (Κώτσης & Ευαγγέλου 2007, Ευαγγέλου & Κώτσης 2009, Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009, Κώτσης & Ευαγγέλου 2011, Zacharia & Olympiou 2011, Ευαγγέλου 2012).

Ταυτόχρονα, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι σε ελάχιστες έρευνες γίνεται αποκλειστική σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων έναντι μόνο των πραγματικών στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής (Triona & Klahr 2003, Klahr et al. 2007, Zacharia & Constantinou 2008).

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο ελληνικό επίπεδο δεν έχουν υλοποιηθεί έρευνες σε μαθητές δημοτικών σχολείων σχετικά με τη σύγκριση της επίδρασης των εικονικών πειραμάτων έναντι μόνο των πραγματικών (Ευαγγέλου & Κώτσης 2009).Ταυτόχρονα, στο διεθνές επίπεδο υλοποιούνται ελάχιστες έρευνες (Triona & Klahr 2003, Jaakkola & Nurmi 2008).

Με βάση τα παραπάνω και μέσα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, καθίσταται απαραίτητη μια διευρυμένη έρευνα σε μαθητές δημοτικών σχολείων σχετικά με τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας μόνο των εικονικών έναντι μόνο των πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση, διατηρώντας σταθερές συγκεκριμένες μεταβλητές της μάθησης. Για παράδειγμα, τέτοιες μεταβλητές είναι η διδακτική προσέγγιση, το μαθησιακό περιβάλλον, ο χρόνος εκτέλεσης των πειραμάτων, το διδακτικό υλικό και η προστιθέμενη αξία των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων. Για παράδειγμα, όσον αφορά την προστιθέμενη αξία στα εικονικά πειράματα αυτή σχετίζεται με δραστηριότητες που απεικονίζουν το μικρόκοσμο (π.χ. ροή του ηλεκτρικού ρεύματος), ενώ στα πραγματικά πειράματα η προστιθέμενη αξία σχετίζεται με δραστηριότητες που απαιτούν αποκλειστικά φυσικό χειρισμό και την αίσθηση της αφής, όπως είναι οι ανατομές (Zacharia et al.,2008, Zacharia & Constantinou,2008).

Τέλος, στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε να μελετηθεί η έννοια της ανάκλασης του φωτός για τους παρακάτω λόγους: i) αρκετοί μαθητές έχουν εναλλακτικές ιδέες στην κατανόηση του φαινομένου της ανάκλασης του φωτός. Για παράδειγμα, θεωρούν ότι η ανάκλαση του φωτός είναι φαινόμενο ανεξάρτητο από το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία προσπίπτει μια δέσμη φωτός, καθώς επίσης έχουν αδυναμία στην κατανόηση του γεωμετρικού μοντέλου και θεωρούν ότι κατά τη διάρκεια της ανάκλασης του φωτός η δέσμη φωτός επιστρέφει στην πηγή ανεξάρτητα από τη γωνία πρόσπτωσης της ή μένει στο σημείο πρόσπτωσης (Τέκος & Σολομωνίδου 2008) ii) έχει συμβατότητα με το αναλυτικό πρόγραμμα της Πέμπτης Δημοτικού, iii) προσφέρει δυνατότητες εκτέλεσης τόσο εικονικού όσο και πραγματικού πειράματος (Ευαγγέλου & Κώτσης 2009, Ευαγγέλου 2012), iv) δίνει τη δυνατότητα, μεθοδολογικά, να οργανωθούν πειραματικές και ομάδες ελέγχου για συγκριτικές διδασκαλίες πραγματικών και εικονικών πειραμάτων.

Μεθοδολογία της έρευνας

Ο Σκοπός και το (δι)ερευνητικό ερώτημα της έρευνας

Ο κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συγκρίνει την εννοιολογική κατανόηση και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που πειραματίζονται με πραγματικά αντικείμενα με την εννοιολογική κατανόηση και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που πειραματίζονται με εικονικά αντικείμενα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός.

Το (δι)ερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι το εξής: «Υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών της Πέμπτης δημοτικού σχολείου που εκτελούν εικονικά πειράματα και των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός;».

Ο σχεδιασμός της έρευνας

Ο σχεδιασμός της έρευνας περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια: α) την πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές του δημοτικού σχολείου Κατσικάς Ιωαννίνων από τις αρχές Οκτωβρίου έως τέλος Νοεμβρίου 2009, β) την επιλογή του δείγματος (τριών δημοτικών σχολείων) για την κύρια έρευνα μέσα από ένα κατάλογο των 27 Δημοτικών Σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων με την «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία, γ) την υλοποίηση της έρευνας από τις αρχές Ιανουαρίου έως το τέλος Μαΐου 2010 σε μαθητές της Πέμπτης στην πόλη των Ιωαννίνων.

Το δείγμα και ο διαχωρισμός και η ισοστάθμιση του

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 110 μαθητές της Πέμπτης τάξης. Οι μαθητές διαχωρίστηκαν, με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας, σε δυο ισοδύναμες ομάδες, στην πειραματική ομάδα που αποτελούνταν από 55 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου που αποτελούνταν πάλι από 55 μαθητές. Στη συνέχεια, η ισοστάθμιση και η ισοδυναμία των δυο ομάδων διαπιστώθηκε και από τον έλεγχο του γνωστικού επιπέδου (μέσω του στατιστικού κριτηρίου ελέγχου Tukey HSD – Πίνακες 1,2) των δυο ομάδων πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων, αφού οι ερωτήσεις που δόθηκαν πριν (αλλά και μετά) την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων ήταν ακριβώς ίδιες και για τις δυο ομάδες.

Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε τη σχολική τάξη και έκανε πειράματα με πραγματικά αντικείμενα, ενώ η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε το εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών για να εκτελέσει τα ίδια πειράματα με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.».

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πειράματα πραγματοποιούνταν από τους ίδιους τους μαθητές οι οποίοι βρίσκονταν ανά δυάδες στη τάξη και στο εργαστήριο υπολογιστών. Ταυτόχρονα, συμπλήρωσαν ατομικά τα φύλλα εργασίας, με τα οποία έγινε η συλλογή των δεδομένων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν από την υλοποίηση της έρευνας οι μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού δεν είχαν διδαχθεί την έννοια της ανάκλασης του φωτός.

Τα πραγματικά αντικείμενα και το λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.

Τα πραγματικά αντικείμενα που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα πραγματικά πειράματα ήταν: πηγή ακτινών λέιζερ, μικρός καθρέπτης (τύπου παραλληλόγραμμου), μακετόχαρτο που υπάρχει πάνω του τυπωμένο Μοιρογνωμόνιο.

Το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα εικονικά πειράματα ήταν το Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι πολύ απλό τόσο στην εγκατάσταση του όσο και στη χρήση του εξαιτίας του φιλικού περιβάλλοντος διεπαφής (interface) (Σολομωνίδου 2001).

Στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο της Οπτικής και ειδικότερα η ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο» του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.». Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την προσομοίωση ενός εργαστηρίου Γεωμετρικής Οπτικής, όπου ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες των κατόπτρων και να παρατηρήσει την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από την ανάκλαση της δέσμης φωτός σε κάτοπτρο (Τέκος & Σολομωνίδου 2008). Ακόμη, με το γεωμετρικό μοντέλο ο μαθητής καλείται να μετρήσει τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης, καθώς επίσης μπορεί να επαναλάβει τις μετρήσεις περιστρέφοντας το κάτοπτρο και σταθεροποιώντας το σε διάφορες θέσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα πραγματικά αντικείμενα και το λογισμικό προσομοίωσης παρείχαν τις ίδιες δυνατότητες πειραματισμού στους μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα.

Τέλος, οι μαθητές όλων των ομάδων πριν από τη διεξαγωγή της έρευνας εξοικειώθηκαν τόσο με το λογισμικό όσο και με τα πραγματικά αντικείμενα, έτσι ώστε να υλοποιηθεί η έρευνα όσον το δυνατόν πιο επιτυχημένα.

Η διδακτική παρέμβαση

Η διδακτική προσέγγιση - παρέμβαση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες και στην οποία στηρίζονταν τα φύλλα εργασίας βασιζόταν σε δυο διδακτικές προσεγγίσεις: α) στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομητικής προσέγγισης και πιο συγκεκριμένα στις πέντε φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» (Ψύλλος κ.ά. 1993, Καριώτογλου 2006) και β) στα πέντε βήματα της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας (Καλκάνης 2010), τα οποία αναλύονται παρακάτω στα φύλλα εργασίας.

Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις δεν αποτελούν στην παρούσα έρευνα μια αυστηρά συνεκτική - γραμμική θεωρία της μάθησης, αλλά έγινε μια σύνθεσή τους με βάση τα εξής χρήσιμα στοιχεία: i) Λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή της έρευνας οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οι οποίες αποτελούν βασικό στοιχείο της εποικοδομιστικής προσέγγισης, ii) Η εκπαιδευτική διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι «ενεργητική» (δηλαδή προβλέφθηκε η διεξαγωγή εκπαιδευτικών «δραστηριοτήτων» - «δράσεων», η εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων). Η «ενεργητική» εκπαιδευτική διαδικασία προβλέπεται και στις δύο προσεγγίσεις, iii) Οι προβλεπόμενες δραστηριότητες είναι αποδεικτικές (επιβεβαίωση ή απόρριψη των προβλέψεων και υποθέσεων ή αποδεικτικός πειραματισμός). Αυτές αποτελούν βασικό και αναπόσπαστο στοιχείο της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τις παραπάνω προσεγγίσεις και με τη χρήση των ανάλογων φύλλων εργασίας επιχειρείται να διαπιστωθεί ποιο από τα δυο είδη πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στην τροποποίησή των τυχόν εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, μέσω της γνωστικής τους σύγκρουσης που επιτυγχάνεται με τα (αποδεικτικά) πειράματα, προς τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις.

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι η διδακτική παρέμβαση διήρκησε 2 διδακτικές ώρες και οι μαθητές των δυο ομάδων διδάχθηκαν από τον ίδιο εκπαιδευτικό.

Τα φύλλα εργασίας – Μέσα συλλογής δεδομένων

Τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν τέσσερα επιμέρους φύλλα εργασίας, τα οποία αναλύονται παρακάτω. Το φύλλο εργασίας (1) (pre-test) και το φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (post-test) που είναι πανομοιότυπα, χορηγήθηκαν και στις δυο ομάδες τόσο πριν (pre-test) όσο και μετά (post-test) από την εκτέλεση των πειραμάτων. Ταυτόχρονα, χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση και στη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων και των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Ειδικότερα, τα φύλλα εργασίας επιμερίζονταν σε τέσσερα φύλλα εργασίας:

Α) Αρχικό φύλλο εργασίας (1) (pre-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν τέσσερις ερωτήσεις ανοικτού τύπου και στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης και στο βήμα «έναυσμα ενδιαφέροντος» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Β) Φύλλο εργασίας (2) – Προβλέψεις - Υποθέσεις: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν ερωτήσεις προβλέψεων – υποθέσεων πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων και στηρίζεται στη φάση «ανάδειξης των ιδεών» της εποικοδομιστικής προσέγγισης και στο βήμα «διατύπωση υποθέσεων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Γ) Φύλλο εργασίας (3) - Πειράματα: Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οδηγίες εκτέλεσης των πειραμάτων, ερωτήσεις παρατήρησης, ερωτήσεις κατανόησης, διατύπωσης συμπερασμάτων των πειραμάτων και στηρίζεται στις φάσεις «Δοκιμασίας των ιδεών των μαθητών, καταγραφής των αποτελεσμάτων» και «Εισαγωγής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης στα βήματα «(Αποδεικτικός) Πειραματισμός» και «Εξαγωγή συμπερασμάτων» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας

Δ) Φύλλο εργασίας (4) - Εφαρμογές (post-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οι ίδιες ακριβώς ερωτήσεις ανοικτού τύπου με το αρχικό φύλλο εργασίας (1) και στηρίζεται στη φάση

«Εφαρμογής του επιστημονικού προτύπου» της εποικοδομιστικής προσέγγισης και στα βήματα «Εφαρμογές» και «Γενίκευση» της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Στη συγκεκριμένη έρευνα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την ανάλυση των εξής τριών ερωτήσεων (από τις τέσσερις που υπήρχαν συνολικά στην έρευνα) που περιέχονταν στα αρχικά και τελικά φύλλα εργασίας (pre και post):

«1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;……

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης (υπάρχει και ανάλογη εικόνα στα φύλλα εργασίας);……»

4) Στην παρακάτω εικόνα (υπάρχει στα φύλλα εργασίας) ο Γιάννης βλέπει τη Μαρία (παρόλο που τους χωρίζει ένας τοίχος) μέσα από έναν καθρέπτη, χωρίς αυτή να τον έχει αντιληφθεί. Η Μαρία μπορεί να δει τον Γιάννη μέσα από τον καθρέπτη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Αξιολόγηση των απαντήσεων (μαθησιακά αποτελέσματα) με την ταξινομία SOLO

Η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών τόσο πριν όσο και μετά τα πραγματικά και εικονικά πειράματα έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο - ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Η ταξινομία SOLO στηρίζεται στη θεωρία βάσει της οποίας η γνώση δομείται σε επίπεδα. Αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας ενός ατόμου μέσω γραπτών ή προφορικών απαντήσεών του, μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γνωστικού αντικειμένου και παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τις επιδόσεις των μαθητών (Μπέλλου 2003).

Με βάση τα παραπάνω, κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερα ιεραρχικά επίπεδα, με βάση το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης, πριν και μετά από τα πειράματα και διαπιστώθηκε η μετατόπιση των μαθητών από επίπεδο σε επίπεδο. Τα επίπεδα της ταξινομίας είναι τα εξής πέντε: 1) Προδομικό, 2) Μονοδομικό, 3) Πολυδομικό,4) Συσχετιστικό, 5) Εκτεταμένης αφαίρεσης.

Η ταξινόμηση των απαντήσεων (Γεωργόπουλος κ.ά. 2009, Ευαγγέλου 2012) γίνεται για μια συγκεκριμένη ερώτηση (ερώτηση 1) ως εξής: 1) Προδομικό: Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για ποιο λόγο το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε στην περίπτωση που το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου. Μια ενδεικτική απάντηση είναι: «Γιατί οι ακτίνες του ήλιου διαπερνούν τον καθρέπτη του αυτοκινήτου». 2) Μονοδομικό: Στην απάντησή του για ποιο λόγο το καλοκαίρι τυφλωνόμαστε στην περίπτωση που το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στο είδος επιφάνειας του καθρέπτη (λεία και γυαλιστερή - στιλπνή) ή στο φαινόμενο της ανάκλασης (αλλαγή πορείας της φωτεινής ακτίνας) ή στον τρόπο που φθάνουν οι φωτεινές ακτίνες του ήλιου στο μάτι μας (πηγή (ήλιος) – αντικείμενο (καθρέπτης) – μάτι). Μια ενδεικτική απάντηση είναι: «Γιατί ο ήλιος πέφτει στον καθρέπτη και έρχεται στο μάτι μας». 3) Πολυδομικό: Στην απάντησή του επιλέγει δύο ή περισσότερους παράγοντες και τους παραθέτει, αναφέροντας τους απλώς σε μια σειρά και αγνοώντας τις σχέσεις τους. Μια ενδεικτική απάντηση είναι: «Γιατί όταν το φως του ήλιου πέφτει στον καθρέπτη ανακλάται και έτσι αλλάζει πορεία και πέφτει πάνω μας». 4) Συσχετιστικό: Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες - στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα. Πιο συγκεκριμένα, κατανοεί ότι το φως του ήλιου πέφτοντας πάνω στο καθρέπτη του αυτοκινήτου (που είναι λεία και στιλπνή επιφάνεια) ανακλάται (αλλάζει πορεία) φθάνοντας στο μάτι μας με αποτέλεσμα, πολλές φορές, να τυφλωνόμαστε. Μια ενδεικτική απάντηση είναι: «Γιατί ο καθρέπτης είναι λεία επιφάνεια και έτσι όταν χτυπάει το φως του ήλιου πάνω στον καθρέπτη τότε ανακλάται και πέφτει πάνω μας». 5) Εκτεταμένης Θεώρησης: Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Αποτελέσματα

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Γενικό Γραμμικό Μοντέλο (GLM) και το στατιστικό κριτήριο ελέγχου Tukey HSD. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο στατιστικό πακέτο STATISTICA 8.0. Πιο συγκεκριμένα, στην ερώτηση (1) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου, στο μετατεστ που δόθηκε μετά από τα πειράματα, είναι 3,4000 και για την πειραματική ομάδα 2,6545. Η διαφορά αυτή, σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD, προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [p=0,000042<0,05] (Πίνακας 1). Με άλλα λόγια, η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις (καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα) από ότι η πειραματική ομάδα μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων. Τα ίδια αποτελέσματα προκύπτουν τόσο στην ερώτηση (2) όσο και στην ερώτηση (4).

Πίνακας 1: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση (1)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Ερ. 1	{1} 1,7455	{2} 2,6545	{3} 1,7455	{4} 3,4000
1	Πειραματική	1)pre		0,000032	1,000000	0,000032
2	Πειραματική	1)post	0,000032		0,000032	0,000042
3	Ελέγχου	1)pre	1,000000	0,000032		0,000032
4	Ελέγχου	1)post	0,000032	0,000042	0,000032	

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, στις τρεις (1,2,4) από τις τέσσερις ερωτήσεις της έρευνας η επίδοση των μαθητών επηρεάστηκε περισσότερο (υψηλότερες επιδόσεις) από τα πραγματικά πειράματα σε σύγκριση με τα εικονικά.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Στις τρεις από τις τέσσερις ερωτήσεις της έρευνας υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Κατά συνέπεια, όσον αφορά το (δι)ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε στους μαθητές, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά στην επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (εννοιολογική κατανόηση) μεταξύ των μαθητών των δυο ομάδων. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές που εκτελούν πραγματικά πειράματα υπερέχουν έναντι των μαθητών που εκτελούν εικονικά σχετικά με την έννοια της ανάκλασης του φωτός. Ταυτόχρονα, αυτό σημαίνει ότι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν πραγματικά πειράματα πλησιάζουν και γίνονται συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, σε σχέση με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα.

Τα παραπάνω μαθησιακά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν και τις απόψεις των υποστηρικτών των πραγματικών πειραμάτων, οι οποίοι ισχυρίζονται ότι τα πραγματικά πειράματα επιτρέπουν στους μαθητές να βιώνουν, να παρατηρούν και να σχεδιάζουν άμεσα τα φυσικά φαινόμενα, γεγονός το οποίο θεωρείται ουσιαστικό στοιχείο για τη μάθηση (Zacharia & Olympiou,2011).

Ωστόσο, τα παραπάνω μαθησιακά αποτελέσματα των τριών ερωτήσεων δημιουργούν έναν προβληματισμό σχετικά με την εξαγωγή ενός γενικού συμπεράσματος για το ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο, αφού δεν μας δίνουν τη δυνατότητα να γενικεύσουμε τα συμπεράσματα για όλες τις έννοιες και τα φαινόμενα που διδάσκονται οι μαθητές δημοτικών σχολείων.

Κατά συνέπεια, για να προβούμε σε γενικευμένα συμπεράσματα για το ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής είναι αναγκαία η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας σε όλες τις έννοιες και τα φαινόμενα της Φυσικής που διδάσκονται οι μαθητές των δημοτικών σχολείων, με την προϋπόθεση ότι θα επιλεγούν έννοιες που μας δίνουν τη δυνατότητα να οργανωθούν πειραματικές ομάδες και ομάδες ελέγχου για συγκριτικές διδασκαλίες πραγματικών και εικονικών πειραμάτων (π.χ. βρασμός του νερού, δύναμη της τριβής, ηλεκτρικά κυκλώματα, κλπ.).

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Κ. , Μπέλλου,Ι. & Μικρόπουλος, Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών. στο Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α.(επιμ.) Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 267 – 275, ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Ευαγγέλου, Β. Φ. & Κώτσης, Θ. Κ. (2009). Γνωρίσματα ερευνών της Διεθνούς Βιβλιογραφίας σχετικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής. στο Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. & Ζουπίδης, Α.(επιμ.) Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 335 – 342, Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Ευαγγέλου, Β. Φ. (2012). Η επίδραση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Καλκάνης, Θ. Γ.(2010). ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών. ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι εφαρμογές τους Ι. το Εργαστήριο. Αυτοέκδοση, Αθήνα.

Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Κώτσης, Θ. Κ. & Ευαγγέλου, Β. Φ.(2007). Εικονικό ή πραγματικό πείραμα στη διδασκαλία της Φυσικής για την αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και φοιτητών: Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση. Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 20, 57 – 90.

Κώτσης, Θ. Κ. & Ευαγγέλου, Β. Φ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. στο Γ. Παπαγεωργίου, Γ. και Κουντουριώτης, Γ. (επιμ.) Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, 228 – 237, Ανακτήθηκε στις 12/05/2011, από http://www.7sefepet.gr.

Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. στο Μ. Ιωσηφίδου, Μ. και Τζιμόπουλος, Ν. (επιμ.) 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη», Β, 85-95, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Ολυμπίου, Γ. & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. στο Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α.(επιμ.) Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 621 – 629, Ανακτήθηκε στις 16/12/2009, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Ολυμπίου, Γ. (2012). Ανάπτυξη ενός πλαισίου συνδυασμού εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Σολομωνίδου, Χ. (2001). Εκπαιδευτικό λογισμικό Φυσικών Επιστημών: από τη σχεδίαση στη διδασκαλία στην τάξη. στο Κόκκοτας, Π. & Βλάχος, Ι. (επιμ.) Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα: προβλήματα και προοπτικές, 139-165, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Τέκος, Γ. & Σολομωνίδου, Χ. (2008). Διδασκαλία και Μάθηση του Φαινομένου «Ανάκλαση – Διάχυση του Φωτός» με Ανάπτυξη Κατάλληλου Λογισμικού και έρευνα στις ιδέες των παιδιών.

στο Κουμαράς, Π. & Σέρογλου, Φ. (επιμ.) Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών», 559 – 567, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π. & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 70, 34-42.

Biggs, J. B. & Collis, K. F. (1982), Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy, NY:Academic Press

Jaakkola, T. & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. Journal of Computer Assisted Learning, 24 (1), 271 – 283.

Klahr, D., Triona, L. & Williams, C. (2007). Hands On What? The Relative Effectiveness of Physical vs. Virtual Materials in an Engineering Design Project by Middle School Children. Journal of Research in Science Teaching, 44 (1), 183-203.

Triona, L. M. & Klahr, D. (2003). Point and Click or Grab and Heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. Cognition and Instruction, 21 (2), 149-173.

Zacharia, Z.C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. Journal of Computer Assisted Learning, 23 (2), 120 – 132.

Zacharia, C. Z. & Constantinou, P. C. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. American Journal of Physics, 76(4), 425 – 430.

Zacharia, C. Z. Olympiou, G. & Papaevripidou, M. (2008). Effects of Experimenting with Physical and Virtual Manipulatives on Students' Conceptual Understanding in Heat and Temperature. Journal of Research in Science Teaching, 45, 9, 1021–1035.

Zacharia, Z. C. & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. Learning & Instruction, 21 (3), 317 – 331.

Η έννοια της τριβής, οι νόμοι της και ο ρόλος της στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση: Αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου και πρόταση για εποικοδομητική διδακτική παρέμβαση σ' ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας

Ευαγγελοπούλου Αναστασία, Μίχας Παύλος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
anevag@hol.gr, pmichas@eled.duth.gr

Περίληψη. Σκοπός της έρευνάς μας ήταν η διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών καθώς και η μελέτη (σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση) μιας διδακτικής προσέγγισης της θεματικής ενότητας της τριβής. Το θεωρητικό πλαίσιο αποτέλεσε ο κοινωνικός κονστρουκτιβισμός συνδυασμένος με την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση. Η διδακτική ακολουθία που προτείνουμε, περιλαμβάνει τη διδασκαλία της φύσης της τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο και των βασικών εννοιών της σχετικής κίνησης, προκειμένου να γίνει κατανοητός ο ρόλος της τριβής στη σχετική κίνηση. 259 μαθητές από διάφορα λύκεια της Ελλάδας απάντησαν γραπτώς σε ένα τεστ επίδοσης Φυσικής (προέλεγχος), χωρίστηκαν σε πειραματικά τμήματα στα οποία εφαρμόστηκε η εποικοδομητική παρέμβαση και σε τμήματα ελέγχου τα οποία διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο και ένα μήνα μετά διεξήχθη ο μεταέλεγχος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραδοσιακή διδασκαλία βελτίωσε την επίδοση των μαθητών σε ελάχιστες ερωτήσεις του τεστ, ενώ η εποικοδομητική παρέμβαση στην πλειονότητα των ερωτήσεων και, ειδικότερα, συνέβαλε στην οικοδόμηση εννοιών ή στο μετασχηματισμό προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών σχετικά με την έννοια της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης, τους νόμους της τριβής ολίσθησης, τη σχετική κίνηση και σχετική ταχύτητα, το ρόλο της τριβής ως προωθητικής δύναμης (στο βάδισμα, στη σχετική μεταφορική κίνηση) και ως κεντρομόλου δυνάμεως.

Abstract. The aim of our research was the investigation of the alternative conceptions as well as the construction, application and assessment of a teaching approach of friction. The instruction is based to social constructivism combined with the cooperative learning and it includes the teaching of the nature of friction in microscopic scale and of fundamental concepts of relative motion, in order the students to understand the role of friction in relative motion. 259 students from different high schools in Greece: a) answered a pre-test questionnaire, b) were separated in experimental groups to which we applied our constructivist instruction and in control groups which were taught in the traditional way and c) one month later, answered the same questionnaire. The comparison of the students' records shows that students in the experimental groups are better than their counterparts in the control groups, in understanding: i) the concept of static and kinetic (sliding) friction, ii) the friction laws, iii) the relative motion and relative velocity, iv) the role of friction as a "propulsive force" (in the case of walking or of relative translation of a body) and v) its role as a centripetal force.

Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και οι απαιτήσεις της αγοράς εργασίας έχουν καταστήσει επιτακτική την ανάγκη για επιστημονικό και τεχνολογικό αλφαβητισμό των πολιτών. Προς αυτήν την κατεύθυνση μπορεί να συμβάλει δυναμικά η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στο σχολείο και για αυτό στα προγράμματα σπουδών των περισσότερων χωρών εμφανίζεται τα τελευταία χρόνια μια τάση να αποκτήσουν οι Φ.Ε. κεντρική θέση σε αυτά (Καρύδας & Κουμαράς 2002). Από την άλλη πλευρά, η αποτυχία των προγραμμάτων σπουδών στις Φ.Ε. ώθησε τους επιστήμονες στο χώρο της Διδακτικής των Φ.Ε. να πραγματοποιήσουν έρευνες σχετικά με το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και την ανάπτυξη διδακτικών στρατηγικών με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας των Φ.Ε. στην εκπαίδευση.

Η παρούσα εργασία έχει ως αφετηρία τη διαπίστωσή μας ότι οι μαθητές της Α΄ τάξης του Λυκείου διατηρούν πολλές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την τριβή, παρόλο που την έχουν

διδαχθεί στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου και στη Β΄ Γυμνασίου. Επιπλέον, η τριβή παραλείπεται εσκεμμένα από πολλά προβλήματα των σχολικών βιβλίων, προκειμένου αυτά να απλοποιούνται, αλλά και για να διδάσκονται αρχές της Φυσικής, οι οποίες ισχύουν αν παραβλέψουμε την τριβή (π.χ. διατήρηση της μηχανικής ενέργειας) με συνέπεια τα παιδιά να αγνοούν την τριβή ακόμη και στην καθημερινή τους ζωή (Stead & Osborne 1981). Τέλος στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση η τριβή παρουσιάζεται ως περιθωριοποιημένο θέμα. Μελετάται συνοπτικά μόνο στο κεφάλαιο της Μηχανικής, με συνέπεια όλη η πολυπλοκότητα και ποικιλία των φαινομένων που σχετίζονται με την τριβή να μην αποκαλύπτεται (Hahner & Spencer 1998).

Η επιλογή του γνωστικού περιεχομένου της τριβής στηρίχτηκε στη σημαντική παρουσία της σε πλήθος φαινομένων του μακρόκοσμου που ζούμε, στο εξελισσόμενο επιστημονικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει λόγω των πολλών μηχανισμών ερμηνείας της και της προσεγγιστικότητας των νόμων της, αλλά και στις σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές της. Επιπλέον, η τριβή συνδέεται με πολλές θεματικές ενότητες της Φυσικής, οπότε για την πληρέστερη μελέτη της αξιοποιήσαμε γνώσεις από την Κινηματική, τη Δυναμική, τη Σχετικότητα του Γαλιλαίου και τη δομή των σωμάτων στο μικρόκοσμο.

Ορμώμενοι, λοιπόν, από τον προβληματισμό μας για το πτωχό μαθησιακό αποτέλεσμα της διδασκαλίας της τριβής στους μαθητές δρομολογήσαμε την έρευνά μας η οποία προσανατολίζεται: i) στη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για την τριβή, τους νόμους της τριβής ολίσθησης και το ρόλο της τριβής στη σχετική κίνηση και ii) στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και αξιολόγηση κατάλληλης διδακτικής προσέγγισης, που θα αποφέρει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από την παραδοσιακή διδασκαλία.

Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και διδακτικές προσεγγίσεις για την τριβή

Για τους μαθητές η τριβή σχετίζεται άμεσα με την κίνηση (Stead & Osborne 1981), αφού σε ακίνητα σώματα δεν ασκείται τριβή ακόμη και αν επάνω τους εφαρμόζεται δύναμη. Σε αυτήν την περίπτωση τα σώματα παραμένουν ακίνητα εξαιτίας του βάρους τους, οπότε για να κινηθούν πρέπει να ασκήσουμε δύναμη μεγαλύτερη από αυτό (Τσαγλιώτης 1998, Κουκουτσάκης κ.ά. 2004). Στη δυναμική κατάσταση, οι μαθητές αδυνατούν να εφαρμόσουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα θεωρώντας ότι η τριβή ασκείται μόνο στο σώμα που κινείται, ενώ δεν ασκείται η αντίδρασή της στο άλλο σώμα που έρχεται σε επαφή με το πρώτο (Viennot 2003). Επιπλέον, η δύναμη της τριβής έχει καλά καθορισμένη κατεύθυνση, αντίθετη από την ταχύτητα του κινούμενου σώματος, οπότε έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την επιβράδυνσή του (Caldas & Saltiel 1995, Besson et al. 2010, Μίχας 2002).

Σύμφωνα με σχετικές έρευνες (This 1992, Τσαγλιώτης 1998) το μοντέλο της εποικοδομητικής μάθησης οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα στη διδασκαλία της τριβής ενώ οι ερευνητές που χρησιμοποιούν μοντέλα για τη διδασκαλία της υποστηρίζουν ότι αυτά είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά διδακτικά εργαλεία. Οι Besson & Viennot (2004) προτείνουν το «ενδιάμεσο μοντέλο» (mesoscopic model), ένα μη ρεαλιστικό μοντέλο στο οποίο οι επιφανειακές ανωμαλίες είναι άκαμπτες και μεγάλου μεγέθους, ενώ οι Caldas & Saltiel (2000) χρησιμοποιούν το «μοντέλο της βούρτσας» (modèle de la brosse) που διευκολύνει τους μαθητές στην εύρεση της κατεύθυνσης των δυνάμεων τριβής. Η Viennot (2003) προτείνει την «τεχνική των διασπασμένων διαγραμμάτων» (fragmented diagrams), που βοηθά τους μαθητές στο σχεδιασμό δυνάμεων και στη διάκριση των σημείων εφαρμογής δράσης και αντίδρασης. Οι Besson et al. (2010) εφάρμοσαν μια διδακτική – μαθησιακή ακολουθία, στην οποία επισημαίνεται ο θετικός ρόλος της τριβής στην κίνηση, μελετώνται κινήσεις σώματος στις οποίες η κάθετη δύναμη δεν είναι ίση με το βάρος του και εισάγονται επιστημονικά μοντέλα ερμηνείας της τριβής.

Μεθοδολογία της έρευνας

Σκοπός

Ο σκοπός της έρευνάς μας ήταν η διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών καθώς και η μελέτη (σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση) μιας εποικοδομητικής διδακτικής προσέγγισης της τριβής και των φαινομένων που σχετίζονται με αυτήν.

Η υπόθεση της έρευνας ήταν:

Η διδακτική παρέμβαση σ' ένα εποικοδομητικού τύπου περιβάλλον συνεργατικής μάθησης διαφοροποιεί την αρχική επίδοση των μαθητών (δηλαδή έχει μαθησιακά αποτελέσματα) και, επιπλέον, επιτυγχάνει καλύτερη τελική επίδοση αυτών, σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία, στο να αντιλαμβάνονται:

α) την έννοια της τριβής (στατικής και ολίσθησης) και τους νόμους της τριβής ολίσθησης και

β) το ρόλο της τριβής στη σχετική μεταφορική και σχετική περιστροφική κίνηση.

Μέσα της έρευνας

Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: προέλεγχος, διδασκαλίες στα πειραματικά τμήματα (στα οποία εφαρμόστηκε η εποικοδομητική παρέμβαση) και τμήματα ελέγχου (που διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο) και μεταέλεγχος. Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερώτηση του τεστ προελέγχου (προ-τεστ) και μεταελέγχου (μετα-τεστ) μελετήθηκαν: Σε πρώτο επίπεδο, οι ειδικές κατηγορίες των απαντήσεων μαζί με τις υποκατηγορίες τους, καταχωρίστηκαν σε πίνακες και τοποθετήθηκαν με φθίνουσα κατακόρυφη απόκλιση από την επιστημονικά ορθή άποψη. Σε δεύτερο επίπεδο, οι κατηγορίες αυτές αξιολογήθηκαν σε αριθμητική κλίμακα 0-10, σύμφωνα με την οποία: Οι αναπάντητες ερωτήσεις και οι μη κατατάξιμες απαντήσεις βαθμολογήθηκαν αντίστοιχα με μηδέν και 1, οι λανθασμένες απαντήσεις με 1-6, ανάλογα με την εννοιολογική απόστασή τους από την επιστημονικά ορθή άποψη. Οι σωστές απαντήσεις (π.χ. ορθή επιλογή της απάντησης) που δεν δικαιολογούνται ή έχουν ασαφή ή ελλιπή δικαιολόγηση αξιολογήθηκαν με 5-9 και οι επιστημονικά ορθές απαντήσεις με 10.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η μέση τιμή της επίδοσης των μαθητών ανά ερώτηση σε κάθε τεστ (προελέγχου και μεταελέγχου) και για κάθε τμήμα (ελέγχου και πειραματικό), όπως φαίνεται στον πίνακα 1. Προκειμένου να ελέγξουμε τα μαθησιακά αποτελέσματα των δύο μεθόδων διδασκαλίας υπολογίσαμε τη διαφορά της επίδοσης των μαθητών στον προέλεγχο από την επίδοσή τους στον μεταέλεγχο και η στατιστική ανάλυση έγινε με τη μέθοδο της Παλινδρόμησης Αλλαγής (Change Regression). Επιπλέον για να συγκρίνουμε μεταξύ τους την αποτελεσματικότητα της εποικοδομητικής και της παραδοσιακής διδασκαλίας, υπολογίσαμε τη διαφορά της επίδοσης στον μεταέλεγχο των μαθητών των τμημάτων ελέγχου (Τ.Ε.) από την αντίστοιχη επίδοση των μαθητών των πειραματικών τμημάτων (Π.Τ.) και η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της Ανάλυσης της Συνδιασποράς (ANCOVA). Οι διαφορές που προκύπτουν συγκρίνονται μεταξύ των δύο τμημάτων σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0.05 ή 5%.

Δείγμα

Χρησιμοποιήσαμε την τεχνική της (απλής) τυχαίας στρωματοποιημένης δειγματοληψίας (Cohen, Manion & Morisson 2008), κατά την οποία ταξινομήσαμε τους μαθητές της Α΄ Λυκείου σε τρία επιμέρους στρώματα, ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή (τόπος διαμονής), στην οποία ανήκουν, και συγκεκριμένα: α) χωριό και μικρή επαρχιακή πόλη (Πάλαιρος Αιτωλοακαρνανίας και Λευκάδα), β) μεγάλη επαρχιακή πόλη (Αλεξανδρούπολη), γ) αστικό κέντρο (Υμηττός και Ζωγράφος Αττικής). Στη συνέχεια με τυχαίο τρόπο (κλήρωση) επιλέξαμε τα σχολεία, οπότε το δείγμα μας αποτελούνταν από 259 μαθητές (153 κορίτσια και 106 αγόρια) με ποικίλα κοινωνικο-οικονομικά γνωρίσματα. Σε κάθε σχολείο επιλέχτηκαν με κλήρωση τα τμήματα ελέγχου και τα πειραματικά τμήματα.

Πίνακας 1: Η ερευνητική διαδικασία και ο έλεγχος της υπόθεσης

Μέθοδος διδασκαλίας	**Τμήματα**	**Προ-έλεγχος**	**Μετα-έλεγχος**	**Έλεγχος υπόθεσης**	
				Έλεγχος μαθησιακών αποτελεσμάτων	Σύγκριση αποτελεσματικότητας των διδασκαλιών
Παραδοσιακή	Ελέγχου	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	Διαφορά επίδοσης μετα-προ $\bar{X}_2 - \bar{X}_1$	Διαφορά επίδοσης στα μετα-τεστ $\bar{X}_4 - \bar{X}_2$
Εποικοδομητική	Πειραματικά	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	Διαφορά επίδοσης μετα-προ $\bar{X}_4 - \bar{X}_3$	

Διαδικασία

Ο προέλεγχος

Ο προέλεγχος διεξήχθη με γραπτό ερωτηματολόγιο-τεστ 29 ερωτήσεων, το οποίο διακινήθηκε στα σχολεία από τον Ιανουάριο έως το Μάρτιο του 2010, μια εβδομάδα περίπου πριν από την υλοποίηση των διδασκαλιών. Οι ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου, πολλαπλής επιλογής ή τύπου «σωστό-λάθος» με δικαιολόγηση της απάντησης.

Ο σχεδιασμός των διδασκαλιών

Αρχικά καταγράψαμε τη σχολική επιθυμητή γνώση, στο πλαίσιο της οποίας επιχειρήσαμε:

Να συνθέσουμε το γνωστικό περιεχόμενο της θεματικής ενότητας της τριβής χρησιμοποιώντας την ύλη του σχολικού εγχειριδίου ως βάση, πάνω στην οποία προσθέσαμε νέες γνώσεις (μοντέλα εξήγησης της τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο, περιπτώσεις της κάθετης δύναμης Ν, ερμηνεία των εφαρμογών της τριβής στην καθημερινή ζωή), δεδομένου ότι θεωρούμε ελλιπή τη διαπραγμάτευση της έννοιας της τριβής από το σχολικό βιβλίο.

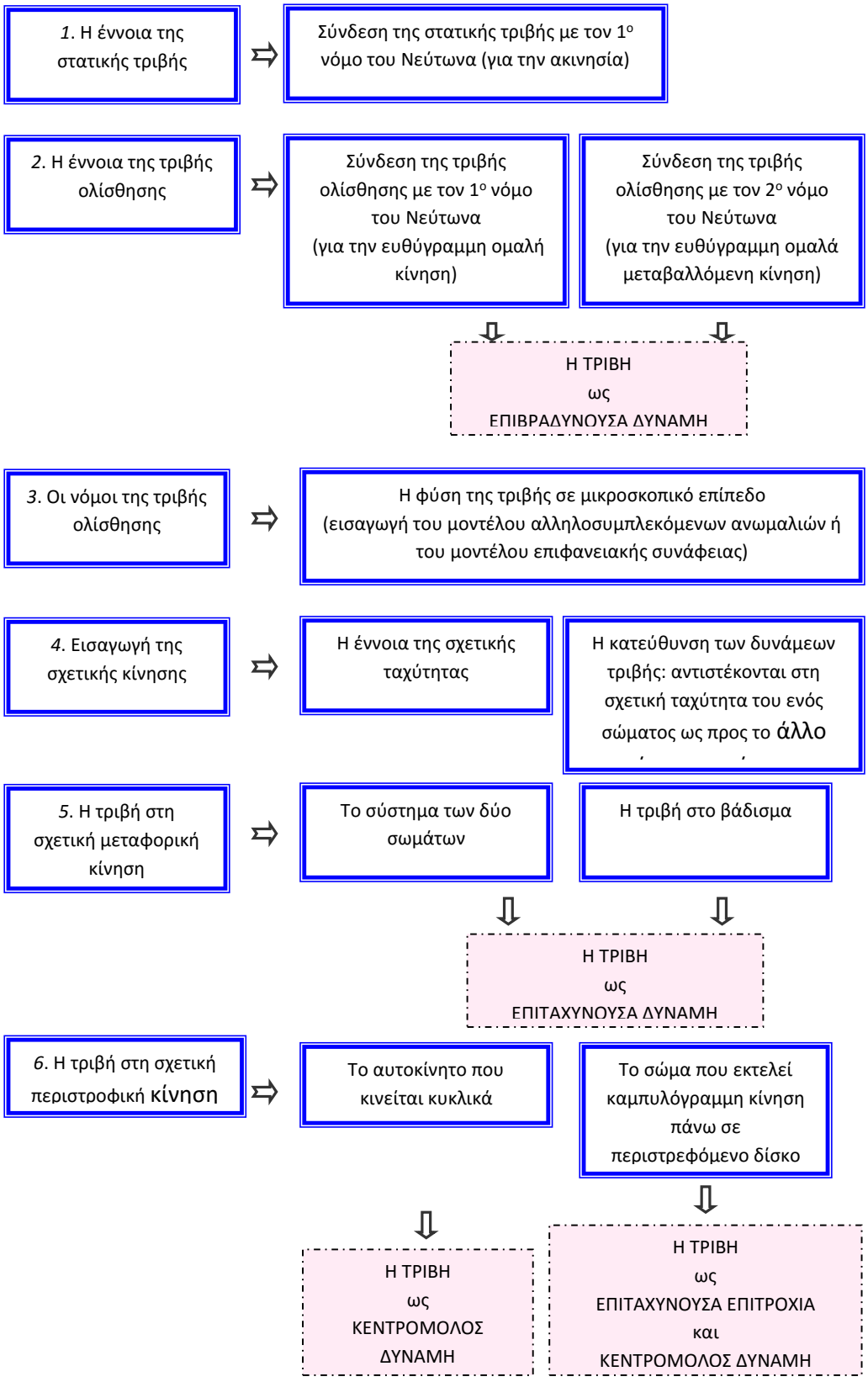
Να προσαρμόσουμε το γνωστικό περιεχόμενο της σχετικότητας του Γαλιλαίου στο επίπεδο της νοητικής ανάπτυξης των μαθητών και στα ενδιαφέροντά τους. Γι' αυτό προσεγγίσαμε την επιστημονική γνώση με απλό τρόπο, λιγότερο με μαθηματικές σχέσεις και ορολογίες και περισσότερο ποιοτικά.

Να χρησιμοποιήσουμε τη σχετικότητα του Γαλιλαίου ως θεμελιώδη γνώση για να καταγράψουμε και να εξηγήσουμε τους ποικίλους ρόλους που η τριβή διαδραματίζει στην κίνηση. Κατά τους Grech και Mazur (2001) θα πρέπει πρώτα να γίνεται κατανοητή η έννοια της σχετικής κίνησης και της σχετικής ταχύτητας, προκειμένου να γίνεται κατανοητό το φυσικό υπόβαθρο των φαινομένων που σχετίζονται με την τριβή ολίσθησης.

Καταρτίσαμε το σχέδιο μαθήματος της παραδοσιακής διδασκαλίας (ή μοντέλου μεταφοράς της γνώσης) που είχε γραμμική δομή, δηλαδή θέσαμε στόχους, τους οποίους υλοποιήσαμε με μια πορεία διαδοχικών σταδίων, που ήταν: εξοικείωση και προβληματισμός, εισαγωγή της νέας γνώσης, εφαρμογή της νέας γνώσης και αξιολόγησή της (Καριώτογλου 2006). Οι γνωστικοί στόχοι ήταν παρόμοιοι με τους αντίστοιχους της εποικοδομητικής διδασκαλίας, διότι αναφέρονταν σε κοινό γνωστικό περιεχόμενο.

Η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήσαμε στα Π.Τ., εδράζεται στη θεωρητική κατεύθυνση του κοινωνικού (διαμεσολαβημένου) κονστρουκτιβισμού (Hodson & Hodson 1998, Leach & Scott 2003). Ακολουθήσαμε τη διδακτική στρατηγική των Driver & Oldham (Χαλκιά 2010), που αποτελείται από τη φάση του προσανατολισμού, της ανάδειξης ιδεών (είχε ήδη πραγματοποιηθεί με τον προέλεγχο), της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και ανασκόπησης των αλλαγών. Επιπλέον, επειδή μεγάλος αριθμός ερευνών έχει δείξει ότι η χρήση ομαδοσυνεργατικών σχημάτων εξασφαλίζει υψηλές μαθησιακές επιδόσεις ακόμη και σε δύσκολα και απαιτητικά μαθήματα (Ματσαγγούρας 2008, Lazarowitz &Hertz-Lazarowitz 1998), αξιοποιήσαμε τη συνεργατική μάθηση ως διδακτική στρατηγική, αφού άλλωστε, η συνεργατική μάθηση βρίσκεται στην καρδιά της εποικοδόμησης (Κόκκοτας 2008).Το γνωστικό

περιεχόμενο της εποικοδομητικής παρέμβασης αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια (σχήμα 1):



Σχήμα 1: Τα στάδια της εποικοδομητικής διδακτικής παρέμβασης

υλοποίηση των διδασκαλιών

Οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν από τον Ιανουάριο έως το Μάρτιο του 2010, όταν το κάθε σχολείο έφτανε στην ενότητα της τριβής, προκειμένου να μη διαταραχθεί η ομαλή ροή της διδασκαλίας του μαθήματος της Φυσικής. Είχαν διάρκεια 6-7 διδακτικές ώρες για τα Τ.Ε. και 11-13 ώρες για τα Π.Τ.. Ο επιπλέον χρόνος στα Π.Τ. ήταν απαραίτητος γιατί:

Οι μαθητές του δείγματός μας δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία στον πειραματισμό σε εργαστήριο, ούτε στην εργασία σε ομάδες οπότε αφιερώθηκε χρόνος για να εξοικειωθούν οι μαθητές με την πειραματική διάταξη και να μυηθούν στις συνεργατικές δεξιότητες.

Η πρακτική εργασία, ιδίως όταν διεξάγεται από τους μαθητές, είναι μια χρονοβόρα διαδικασία και βεβαίως διαρκεί περισσότερο από τη μετωπική διδασκαλία.

Διατέθηκε στους μαθητές ο απαραίτητος χρόνος να συζητούν στις ομάδες τους και να καταγράφουν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα στα φύλλα εργασίας τους, όπως απαιτεί η στρατηγική της συνεργατικής μάθησης.

Στον προέλεγχο είχε ζητηθεί από τους μαθητές των Π.Τ. να επιλέξουν συμμαθητές τους για να συνεργαστούν μαζί τους σε ομάδα Φυσικής. Στη συνέχεια κατασκευάσαμε το κοινωνιόγραμμα-στόχο κάθε Π.Τ. και, λαμβάνοντας υπόψη την αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών από τους καθηγητές τους, δημιουργήσαμε για κάθε Π.Τ. 4-5 ομάδες των 4-6 μαθητών, ανομοιογενείς και με προσεκτικά επιλεγμένη σύνθεση. Για παράδειγμα, μια πενταμελής ομάδα αποτελούνταν από έναν άριστο μαθητή, τρεις μέτριους και έναν αδύνατο (Ματσαγγούρας 2008).

Από τα μαθησιακά έργα που προτείνει η Εποικοδόμηση, χρησιμοποιήσαμε ερωτήσεις, σωκρατικούς διάλογους, συζήτηση σε ομάδες, εργαστηριακές-πειραματικές ασκήσεις, γνωστική σύγκρουση, αναλογίες, επιστημονικά μοντέλα (π.χ. μοντέλο των αλληλοσυμπλεκόμενων ανωμαλιών, τοπικών συγκολλήσεων), διδακτικά μοντέλα (π.χ. το μοντέλο της βούρτσας) και επίλυση προβλήματος (problem solving) (Ευαγγελοπούλου & Μίχας 2011α και β).

Ο μεταέλεγχος

Πραγματοποιήθηκε στο ίδιο δείγμα με το ίδιο γραπτό ερωτηματολόγιο με τον προέλεγχο, ένα μήνα μετά την πραγματοποίηση των διδασκαλιών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας

Με το ερωτηματολόγιο-τεστ του προελέγχου αναδείχθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών του δείγματός μας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μερικές από τις ιδέες εκείνες που εμφανίζονται με μεγαλύτερη σχετική συχνότητα.

Ένα σώμα που βρίσκεται ακίνητο σε οριζόντιο δάπεδο και του ασκείται εξωτερική οριζόντια δύναμη, παραμένει ακίνητο:

Λόγω του βάρους του ή γιατί *το βάρος του είναι μεγαλύτερο από την ασκούμενη δύναμη*, δηλαδή οι μαθητές συγκρίνουν μια κατακόρυφη με μια οριζόντια δύναμη (όπως και στην έρευνα των Κουκουτσάκη κ.ά. 2004). Η ιδέα αυτή εμφανίζεται πριν από τις διδασκαλίες σε ποσοστό περίπου 8% για τα Τ.Ε. και 12% για τα Π.Τ., τείνει όμως να μηδενιστεί μετά τις διδασκαλίες μόνο στα Π.Τ.

Γιατί *η τριβή είναι μεγαλύτερη από την ασκούμενη δύναμη* (Κουκουτσάκη κ.ά. 2004), με συχνότητα περίπου 16% τόσο για τα Τ.Ε., όσο και για τα Π.Τ. στον προέλεγχο, η οποία αυξάνεται κατά 3% και 11% αντίστοιχα στον μεταέλεγχο, ενδεχομένως γιατί ως αντίληψη βρίσκεται πιο κοντά στην επιστημονική άποψη.

Εάν δεν υπάρχει κίνηση, δεν υπάρχει και τριβή (Stead και Osborne 1981). Η άποψη αυτή κατέχεται από το 18% περίπου των μαθητών των Τ.Ε. και το 14% των Π.Τ. στον προέλεγχο, ενώ διατηρείται στο 11% και για τα δύο τμήματα στον μεταέλεγχο.

Η τριβή ολίσθησης σ' ένα σώμα που γλιστρά σε κατακόρυφο επίπεδο, ενώ πιέζεται με οριζόντια δύναμη πάνω σ' αυτό, είναι μεγαλύτερη όταν το βάρος του σώματος είναι μεγαλύτερο, ιδέα που απαντάται πολύ συχνά στον προέλεγχο, σε ποσοστό 35% για τα Τ.Ε. και 47% για τα Π.Τ., ενώ στον μεταέλεγχο μειώνεται αντίστοιχα κατά 2,5% και 18%. Κάποιοι μαθητές υποστηρίζουν ότι η τριβή εξαρτάται από την κάθετη αντίδραση Ν, που είναι ίση με το βάρος Β του σώματος και μάλιστα σχεδιάζουν τη Ν αντίρροπη του Β. Κατά τους Besson et al. (2010) η *τάση των μαθητών να εξισώνουν την κάθετη δύναμη Ν με το βάρος*

του σώματος ευνοείται από τα παραδείγματα στα σχολικά εγχειρίδια, που εστιάζουν σε καταστάσεις οριζόντιας κίνησης, όπου οι δύο αυτές δυνάμεις είναι αριθμητικά ίσες.

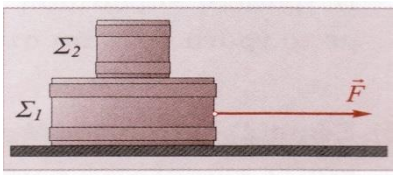
Η τριβή ολίσθησης ενός σώματος που ανέρχεται σε κεκλιμένο επίπεδο είναι μεγαλύτερη από την τριβή σε οριζόντιο επίπεδο, γιατί είναι «ανηφόρα» και το σώμα κινείται πιο δύσκολα. Αντίστοιχα, *όταν κατέρχεται το κεκλιμένο επίπεδο, η τριβή είναι μικρότερη από αυτή στο οριζόντιο επίπεδο, γιατί είναι «κατηφόρα» και το σώμα είναι ευκολότερο να κινηθεί.* Η ιδέα αυτή παρουσιάζει συνοχή και είναι αληθοφανής για τους μαθητές αφού θεωρούν ότι η τριβή σχετίζεται με την «ευκολία ή δυσκολία» που κινείται ένα σώμα, δηλαδή με την ταχύτητα που αυτό αποκτά και απαντάται στο 26% των μαθητών των Τ.Ε. και 21% των Π.Τ. στο προ-τεστ, ενώ μειώνεται κατά 5% μόνο για τα Π.Τ. στο μετα-τεστ.

Σε σύστημα δύο σωμάτων (σχήμα 2), αποτελούμενο από ένα (κινητήριο) σώμα, στο οποίο ασκείται εξωτερική οριζόντια δύναμη F και πάνω από το οποίο είναι τοποθετημένο ένα άλλο σώμα (παθητικό) και το σύστημα επιταχύνεται οριζόντια, ενώ *το παθητικό σώμα παραμένει ακίνητο ως προς το κινητήριο*, τότε:

Ανάμεσα στα δύο σώματα δεν υπάρχει τριβή ή, αν υπάρχει, η τριβή που ασκείται στο παθητικό σώμα είναι αντίθετη της δύναμης F, έτσι ώστε *να εμποδίζει την κίνησή του*. Η ιδέα αυτή εμφανίζεται στον προέλεγχο σε υψηλά ποσοστά, περίπου 37,5%, τόσο για τα Τ.Ε. όσο και τα Π.Τ. και μειώνεται ελάχιστα στον μεταέλεγχο.

Η τριβή αντιμετωπίζεται ως «*μόνη δύναμη*», όχι ως ζεύγος «δράσης-αντίδρασης» και ασκείται στο σώμα που είναι τοποθετημένο στην κορυφή, όχι όμως και στο σώμα που είναι τοποθετημένο από κάτω (Caldas & Saltiel 1995, «effet dessous-dessus»/«over-under effect»). Η αντίληψη αυτή απαντάται στον προέλεγχο σχεδόν σε όλους τους μαθητές του δείγματος και στον μεταέλεγχο μειώνεται ελάχιστα.

Το παθητικό σώμα θα κινηθεί ως προς έναν ακίνητο παρατηρητή, γιατί βρίσκεται πάνω στο κινητήριο (και κινούνται σαν ένα ενιαίο σώμα). Η άποψη αυτή θεωρείται καρποφόρα από τους μαθητές, γιατί δίνει μια αληθοφανή εξήγηση στο ερώτημα: «Πώς είναι δυνατό να επιταχύνεται το παθητικό σώμα χωρίς να του ασκείται καμία δύναμη ή με την επίδραση μιας μόνο δύναμης, της τριβής, που όμως έχει κατεύθυνση αντίθετη της κίνησης;». Η ιδέα αυτή, που εντοπίστηκε και στην έρευνα των Caldas και Saltiel (1995 «effet d' entraînement» /«dragging effect»), εμφανίζεται στον προέλεγχο με συχνότητα 30%, ενώ στον μεταέλεγχο μόνο ένα 5% των μαθητών δικαιολόγησαν σωστά ότι το παθητικό σώμα επιταχύνεται εξαιτίας της δύναμης τριβής που του ασκεί το κινητήριο σώμα και αυτοί ήταν όλοι μαθητές των Π.Τ.



Σχήμα 2: Το σύστημα των δύο σωμάτων (κινητήριο Σ_1 και παθητικό Σ_2)

Η τριβή που ασκείται από το έδαφος στο πόδι ενός ανθρώπου κατά το βάδισμα έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιστέκεται στην κίνησή του, αντίληψη που απαντάται σε ποσοστό 50% για τα Τ.Ε. και 52% για τα Π.Τ. στον προέλεγχο, που μειώνεται σε 37% μόνο για τα Π.Τ. στον μεταέλεγχο.

Η τριβή που ασκείται σε αυτοκίνητο κινούμενο κυκλικά έχει αντίθετη κατεύθυνση από τη (γραμμική) ταχύτητα του αυτοκινήτου.

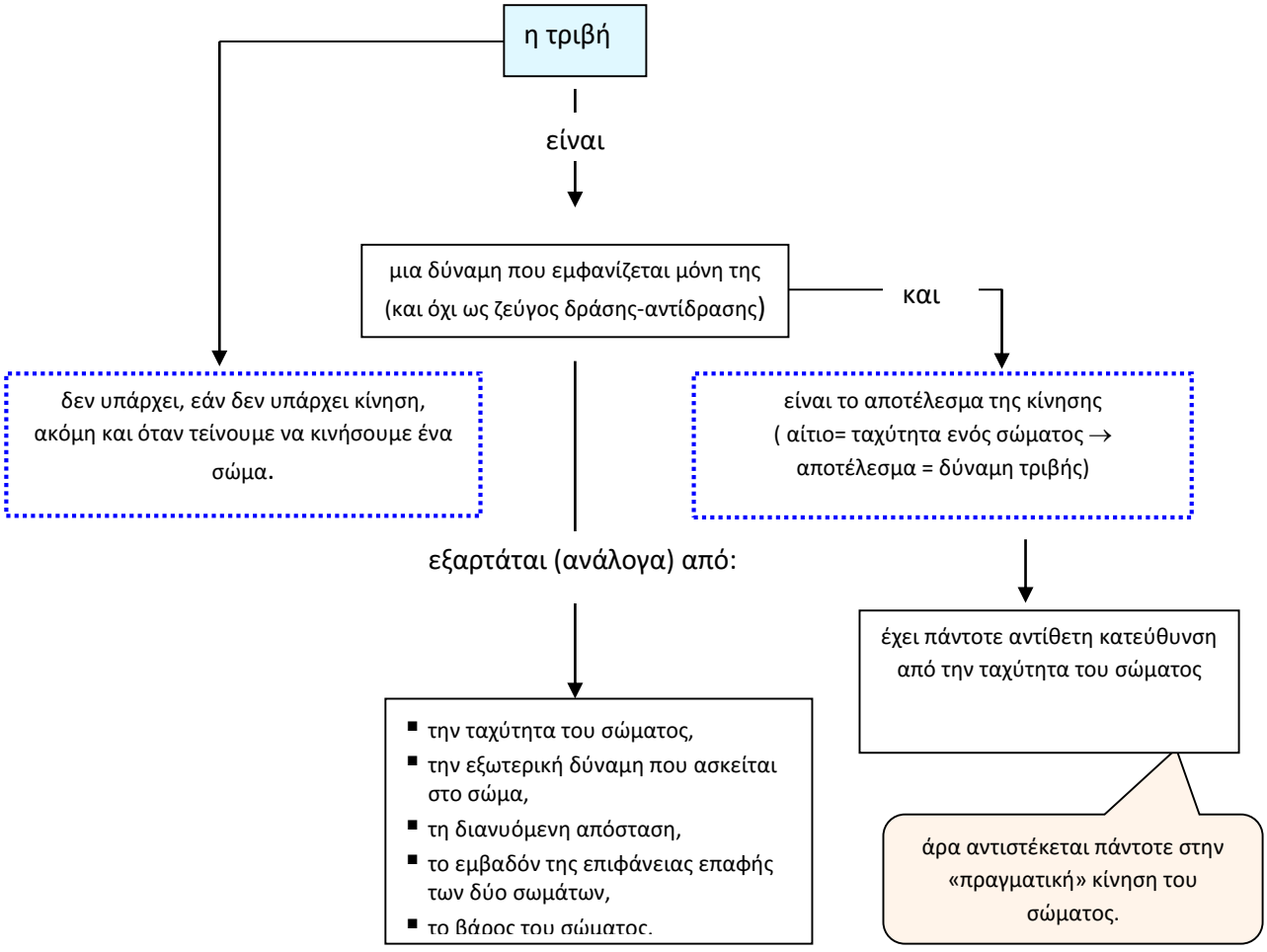
Η εποικοδομητική παρέμβαση συνέβαλε αποτελεσματικά στην οικοδόμηση της νέας γνώσης ή στο μετασχηματισμό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, αφού η χρήση του στατιστικού κριτηρίου (Παλινδρόμησης Αλλαγής) έδειξε ότι *η διαφορά επίδοσης στο προ-τεστ από το μετα-τεστ είναι στατιστικά σημαντική για τις 18 από τις 29 ερωτήσεις σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (και για μια ερώτηση σε επίπεδο 10%).* Αντίθετα στην παραδοσιακή διδασκαλία *η διαφορά επίδοσης των μαθητών στο προ-τεστ από το μετα-τεστ είναι στατιστικά σημαντική μόνο για 4 από τις 29 ερωτήσεις σε*

επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (και για 3 ερωτήσεις σε επίπεδο 10%).

Επιπλέον, η μέθοδος της Ανάλυσης της Συνδιασποράς (ANCOVA) έδειξε ότι η εποικοδομητική παρέμβαση ήταν πιο αποτελεσματική από την παραδοσιακή καθώς *η διαφορά της τελικής επίδοσης των μαθητών των τμημάτων ελέγχου από την αντίστοιχη των μαθητών των πειραματικών τμημάτων κρίθηκε στατιστικώς σημαντική για 17 από τις 29 ερωτήσεις σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (και για 2 ερωτήσεις σε επίπεδο 10%).*

Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας ως βάση τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πριν από τις διδασκαλίες κατέστη δυνατή η διαμόρφωση του νοητικού μοντέλου που χρησιμοποίησαν οι μαθητές του δείγματός μας και παρουσιάζεται συνοπτικά στο σχήμα 3. Στο μοντέλο αυτό, σημαντική είναι η *αναλογική σχέση αιτίου-αποτελέσματος* με την οποία συσχετίζουν οι μαθητές την τριβή με την κίνηση: «*Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ενός σώματος (το αίτιο), τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή ολίσθησης (το αποτέλεσμα)*», αλλά και η κατεύθυνση που αποδίδουν στην τριβή σε όλα τα φαινόμενα, που την καθιστά δύναμη ανίκανη να μπορεί να «παράγει» κίνηση.



Σχήμα 3: Το νοητικό μοντέλο των μαθητών για την τριβή

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων έδειξαν ότι η υπόθεση της έρευνάς μας γίνεται αποδεκτή στο σύνολό της ως προς το πρώτο σκέλος της που αναφέρεται στην τριβή και τους νόμους της ενώ ως προς το δεύτερο σκέλος που αναφέρεται στο ρόλο της τριβής στη σχετική κίνηση, είναι αποδεκτή εν μέρει. Συγκεκριμένα, στη δεύτερη αυτή θεματική ενότητα και οι δύο μέθοδοι διδασκαλίας είχαν μικρό μαθησιακό αποτέλεσμα, ωστόσο η εποικοδομητική παρέμβαση κρίνεται αποτελεσματικότερη της παραδοσιακής διδασκαλίας. Με άλλα λόγια, η δεύτερη θεματική

ενότητα και ιδιαίτερα ο ρόλος της τριβής στη σχετική περιστροφική κίνηση, είναι δύσκολο να διδαχθεί στους μαθητές, εάν όμως σκοπεύουμε να τη διδάξουμε, η εποικοδομητική προσέγγιση θα έχει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

Επειδή φροντίσαμε η υλικοτεχνική υποδομή και οι διδακτικοί στόχοι της εποικοδομητικής παρέμβασης να εναρμονίζονται με τις δυνατότητες των ελληνικών σχολείων και τις επιταγές του Αναλυτικού Προγράμματος, ευελπιστούμε ότι η παρούσα πρόταση μπορεί να αξιοποιηθεί από τους καθηγητές Φυσικής, προκειμένου να διδάξουν αποτελεσματικά στους μαθητές τους την τριβή αλλά και τα θέματα της Μηχανικής που σχετίζονται με αυτήν.

Βιβλιογραφία

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας (μετάφραση Στ. Κυρανάκης κ.ά. 2008). Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Ευαγγελοπούλου, Α. & Μίχας, Π. (2011α). Αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου για την τριβή και τους νόμους της. Πρόταση για διδακτική παρέμβαση σ' ένα συνεργατικό και εποικοδομητικό περιβάλλον μάθησης. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 447-456, Αλεξανδρούπολη.

Ευαγγελοπούλου, Α. & Μίχας, Π. (2011β). Συνεργατική διδακτική προσέγγιση της σχετικής κίνησης και του ρόλου της τριβής στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 457-466, Αλεξανδρούπολη.

Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Καρύδας, Α. & Κουμαράς, Π. (2002). Διεθνείς τάσεις στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών στην προοπτική του επιστημονικού και τεχνολογικού αλφαβητισμού. Σύγχρονη Εκπαίδευση, τεύχος 126, 103-118.

Κόκκοτας, Π. (2008). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (μέρος 2ο). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Κουκουτσάκης, Α., Μητρόπουλος, Δ., Σαμαράκου, Μ., Γρηγοριάδου, Μ. & Βοσνιάδου, Στ. (2004). Διδασκαλία της τριβής με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά». Πρακτικά του 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), 35-44, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2008). Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση. Εκδόσεις Γρηγόρη (Γ΄ έκδοση), Αθήνα.

Μίχας, Π. (2002). Αντιμετώπιση δυσκολιών που αφορούν τη διδασκαλία των σχετικών κινήσεων. Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 691-695, Ρέθυμνο.

Τσαγλιώτης, Ν. (1998). Πτυχές της εννοιολογικής αλλαγής σε παιδιά πέμπτης Δημοτικού: Η έννοια της δύναμης της τριβής. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 370-6. Εκδόσεις Χριστοδουλίδης, Θεσσαλονίκη.

Χαλκιά, Κ. (2010). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις (Τόμος Α΄). Εκδόσεις Πατάκη.

Besson, U. & Viennot, L. (2004). Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: two experimental interventions in solid friction and fluid statics. International journal of Science Education, 26 (9), 1083- 1110.

Besson, U. (2010). Calculating and Understanding: Formal Models and Causal Explanations in Science, Common Reasoning and Physics Teaching. Science and Education, 19 (3), 225-257.

Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P. (2010). A Three- Dimensional Approach and Open Source Structure for the Design and Experimentation of Teaching-Learning Sequences: The case of friction. International Journal of Science Education, 32 (10), 1289-1313.

Caldas, H. & Saltiel, E. (1995). Le frottement cinétique : analyse des raisonnements des étudiants. Didaskalia, 6, 55-71.

Caldas, H. & Saltiel, E. (2000). Les étudiants et le sens des forces de frottement solide : Le modèle de la brosse. Bulletin de l'Union des Physiciens, 822, 471-485.

Grech, D. & Mazur, Z. (2001). The amazing cases of motion with friction. European Journal of Physics. 22, 433-440.

Hahner, G. & Spencer, N. (1998). Rubbing and scrubbing. Physics Today, 51(9), 22-27.

Hodson, D & Hodson, J. (1998). From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective on teaching and learning science. School Science review, 79, 33-41.

Lazarowitz, R. & Hertz-Lazarowitz, R. (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In Fraser, B. & Tobin, K. (Eds): International Handbook of Science Education, G.B. : Kluwer Academic Publishers, 449-469.

Leach, J. & Scott, P. (2003). Learning science in the classroom: Drawing on individual and social perspectives. Science and Education, 12, 91-113.

Stead, K. & Osborne, R. (1981). What is Friction?- Some Children's Ideas. The Australian Science Teachers Journal, 27 (3), 51-57.

Thijs, G.D. (1992). Evaluation of an Introductory Course on "Force" Considering Students' Preconceptions. Science Education, 76(2), 155- 174.

Viennot L. (2003).Teaching Physics. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Ο Σχεδιασμός, η Εφαρμογή και η Αξιολόγηση μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης

Ιωάννης Σταράκης[1] & Κρυσταλλία Χαλκιά[2]
1. Ε.Κ.Π.Α, Π.Τ.Δ.Ε, gstarakis@hotmail.com
2. Ε.Κ.Π.Α, Π.Τ.Δ.Ε, kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης. Η εν λόγω Ακολουθία σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί ως μέσο 'οικοδόμησης', από τη μεριά των μαθητών, της επιστημονικής πληροφορίας ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη με περίοδο ένα συνοδικό μήνα. Κομβικό σημείο της αποτελεί η αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης των μαθητών ότι η Σελήνη εμφανίζεται κάθε μέρα την ίδια ώρα στον ουρανό, γεγονός που υποβάλλεται από την ευρέως διαδεδομένη άποψη ότι η Σελήνη είναι πάντοτε ορατή τη νύχτα. Η εφαρμογή της Ακολουθίας σε μαθητές της Ε' Δημοτικού έδειξε ότι η μεγάλη πλειοψηφία τους «οικοδομεί» με επιτυχία όλα τα χαρακτηριστικά αυτής της κίνησης, με εξαίρεση τη φορά με την οποία λαμβάνει χώρα.

Abstract

The present study focuses on the design, implementation and evaluation of a Teaching and Learning Sequence concerning the Moon's Apparent Movement. The Sequence was designed as a means of teaching the Moon's revolution around the Earth within a Synodic month. Key-point for the design of the Sequence is to deal with students' alternative idea that the Moon rises every day at the same time, which is imposed by the widely spread, erroneous belief that the Moon is always visible at night. The implementation of the Sequence, in K-5 students, showed that the majority of them managed to "construct" successfully all the characteristics of Moon's revolution around the Earth, apart its direction.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία τριάντα χρόνια αρκετοί ερευνητές εξέτασαν τις αντιλήψεις μαθητών καθώς και ενηλίκων για διάφορα φαινόμενα από το χώρο της Αστρονομίας (Bailey & Slater 2003). Μερικές από τις έρευνες αυτές αφορούσαν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης (Mant & Summers 1993, Sharp 1996, Bekiroglou 2007, Plummer 2009, Starakis & Halkia 2010).

Στις περισσότερες από τις παραπάνω έρευνες (Mant & Summers 1993, Sharp 1996, Bekiroglou 2007, Plummer 2009) διερευνήθηκε αποκλειστικά η φαινομενολογική βάση του φαινομένου. Συνοψίζοντας τα σχετικά συμπεράσματα θα μπορούσαμε να πούμε ότι τόσο κάποιοι μαθητές όσο και εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι:

α) η Σελήνη δε φαίνεται να αλλάζει θέση στον ουρανό

β) δεν μπορούμε να δούμε τη Σελήνη τη μέρα

γ) η Σελήνη ανατέλλει και δύει κάθε μέρα την ίδια ώρα

Από την άλλη μεριά οι Starakis & Halkia (2010) διερεύνησαν κυρίως τους ερμηνευτικούς μηχανισμούς του φαινομένου παίρνοντας συνεντεύξεις στην Ελλάδα από σαράντα (40) μαθητές της 5ης και 6ης τάξης πέντε (5) δημοτικών σχολείων του λεκανοπεδίου Αττικής. Η ανάλυση των συνεντεύξεων έδειξε ότι οι περισσότεροι μαθητές του δείγματος (77,5%) αναγνωρίζουν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης ως φαινόμενο και μάλιστα τη συνδέουν με κινήσεις της Γης ή της Σελήνης στο διάστημα. Ωστόσο η εναλλακτική αντίληψη όλων των μαθητών του δείγματος ότι η Σελήνη είναι πάντα ορατή τη νύχτα τους οδηγεί στην υιοθέτηση των παρακάτω απόψεων:

α) Η περιοδικότητα του φαινομένου είναι 24ωρη. Για αυτό το λόγο, η πιο δημοφιλής απάντηση των μαθητών, στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν το φαινόμενο, είναι εκείνη που το αποδίδει στην 24ωρη ιδιοπεριστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της (40%), με τη Σελήνη ακίνητη.

β) Ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες σε σχέση με τη Γη θέσεις. Προηγούμενες έρευνες που αναφέρονται στις αντιλήψεις μαθητών για τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος - Γη - Σελήνη (Jones et. al. 1987, Osborne et. al. 1994, Sharp 1996, Taylor et. al. 2003) έχουν δείξει ότι η τοποθέτηση του Ήλιου και της Σελήνης σε εκ διαμέτρου αντίθετες, σε σχέση με τη Γη, θέσεις, γίνεται πάντα στη βάση γεωκεντρικών θεωρήσεων του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη.

Εν κατακλείδι οι Starakis & Halkia (2010) υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα διδασκαλίας της Φαινόμενης Κίνησης της Σελήνης ως ενός ξεχωριστού τμήματος μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τις σχετικές κινήσεις του Συστήματος Ήλιος - Γη - Σελήνη. Υποστηρίζουν ότι η άμεση παρατηρησιακή γνώση πως η Σελήνη ανατέλλει κάθε μέρα με μία καθυστέρηση περίπου πενήντα (50) λεπτών, θα μπορούσε να αποτελέσει το σημείο αφετηρίας για την οικοδόμηση της επιστημονικής άποψης ότι η Σελήνη δεν είναι πάντοτε ορατή τη νύχτα επειδή περιφέρεται γύρω από τη Γη μέσα σε ένα συνοδικό μήνα και κατά συνέπεια για να ξεκαθαριστεί το γιατί ο Ήλιος και η Σελήνη δεν βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες, σε σχέση με τη Γη, θέσεις.

2. Η Έρευνα

2.1 Θεωρητικό Πλαίσιο

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας αναφορικά με τις σχετικές κινήσεις του Συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη από εκπαιδευτική σκοπιά και βασίζεται στο μοντέλο της "Διδακτικής Επανοικοδόμησης". Στο μοντέλο αυτό η ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου συνδέεται στενά με την ανάδειξη των αντιλήψεων και των διαδικασιών μάθησης των μαθητών με στόχο το σχεδιασμό και την εφαρμογή στη διδακτική πράξη Ακολουθιών Διδασκαλίας και Μάθησης (Duit et. al. 2005).

Αναφορικά με την έρευνά μας, στο πλαίσιο του μοντέλου της «Διδακτικής Επανοικοδόμησης», έλαβε χώρα κατ' αρχάς μία προκαταρκτική ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου για τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη καθώς και για το σύνολο των αστρονομικών φαινομένων τα οποία συνδέονται με τις κινήσεις αυτές. Ακολούθησε η πραγματοποίηση πιλοτικών ερευνών μέσα από τις οποίες διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις μαθητών για μερικά από αυτά τα αστρονομικά φαινόμενα συνεπικουρούμενη από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας. Ο συνδυασμός των βημάτων αυτών οδήγησε:

1) στον καθορισμό, από διδακτική σκοπιά, των ακόλουθων κινήσεων ως σχετικών κινήσεων του Συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη (*με σημείο αναφοράς ακίνητο παρατηρητή του Ηλιακού μας Συστήματος*):

α) Ιδιοπεριστροφή της Γης γύρω από το νοητό της άξονα με περίοδο 24 ώρες

β) Περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη, με περίοδο ένα Συνοδικό μήνα (περίπου 29 ημέρες) και φορά ίδια με τη φορά Ιδιοπεριστροφής της Γης

γ) Περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο με περίοδο ένα χρόνο

2) στη δημιουργία μιας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης με στόχο τη διερεύνηση των διαδικασιών 'μάθησης' μαθητών της 5ης Δημοτικού, αναφορικά με αυτές τις σχετικές κινήσεις. Η εν λόγω Διδακτική Ακολουθία αποτελείται από τρεις (3) ενότητες:

α) *Φαινόμενη Κίνηση του Ήλιου* , β) *Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης* και γ) *Εναλλαγή των Εποχών*.

Κάθε μία από τις ενότητες αυτές αποτελεί το μέσο για την 'οικοδόμηση' του επιστημονικού μοντέλου μιας από τις προαναφερθείσες κινήσεις (ιδιοπεριστροφή της Γης, περιφορά Σελήνης γύρω από τη Γη και περιφορά Γης γύρω από Ήλιο, αντίστοιχα), ενώ η διάρθρωση των ενοτήτων είναι σπονδυλωτή καθώς τα συμπεράσματα κάθε μίας ενότητας αποτελούν προαπαιτούμενα για τη μελέτη της επόμενης.

Ο σχεδιασμός της Διδακτικής Ακολουθίας αποτέλεσε τη βάση για τη διεξαγωγή του επόμενου σταδίου της έρευνας το οποίο στόχευε στη διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης των μαθητών αναφορικά με τις σχετικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε αν και κατά πόσο είναι δυνατόν μαθητές της 5ης τάξης του Δημοτικού σχολείου να κατανοήσουν τη σχέση αιτίου και αιτιατού μεταξύ των τριών προαναφερόμενων φαινομένων της καθημερινής εμπειρίας και των κινήσεων που τα προκαλούν, ποιες δυσκολίες παρουσιάζονται, καθώς επίσης και ποιες γενικότερες αντιλήψεις των μαθητών σε φαινόμενα αστρονομίας και φυσικής μπορεί να επηρεάζουν αυτή τη σχέση. Για την πραγματοποίηση του σταδίου αυτού χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του «Διδακτικού Πειράματος» (Komorek & Duit 2004) η οποία στην ουσία συνδυάζει τα στοιχεία μιας κλασσικής συνέντευξης αλλά και της διδασκαλίας.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στο δεύτερο μέρος της Διδακτικής Ακολουθίας (Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης) και το σχετικό ερευνητικό ερώτημα είναι το ακόλουθο:

"Μπορούν μαθητές της 5ης Δημοτικού να αποδώσουν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης στο συνδυασμό της Ιδιοπεριστροφής της Γης και της Περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη;"

Εστιάζοντας στο επιστημονικό μοντέλο της Φαινόμενης Κίνησης της Σελήνης τονίζεται ότι η Σελήνη ανατέλλει με 50 περίπου λεπτά καθυστέρηση κάθε ημέρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη, μέσα σε ένα συνοδικό μήνα (περίπου 29 ημέρες) με την ίδια φορά με την οποία και η Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της, μέσα σε 24 ώρες. Έτσι η Γη χρειάζεται λίγο περισσότερο χρόνο κάθε ημέρα για να περιστραφεί, προκειμένου να «προλάβει» τη Σελήνη στην τροχιά της. Επειδή η Γη περιστρέφεται από τη Δύση προς την ανατολή, η Σελήνη φαίνεται να ανατέλλει από την Ανατολή, να διασχίζει τον Ουρανό και να δύει στη Δύση (Χαλκιά 2006).

2.2 Το Δεύτερο Μέρος της Διδακτικής Ακολουθίας (Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης)

Το δεύτερο μέρος της Διδακτικής Ακολουθίας έχει ως βασικό στόχο την 'οικοδόμηση' από τους μαθητές της επιστημονικής πληροφορίας ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη με περίοδο ένα συνοδικό μήνα. Οι μαθητές θα γνωρίζουν ήδη από την πρώτη ενότητα ότι η Γη ιδιοπεριστρέφεται με περίοδο 24 ώρες και φορά αντίθετη από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού.

Τα βασικά σημεία της διδακτικής ακολουθίας είναι τα ακόλουθα:

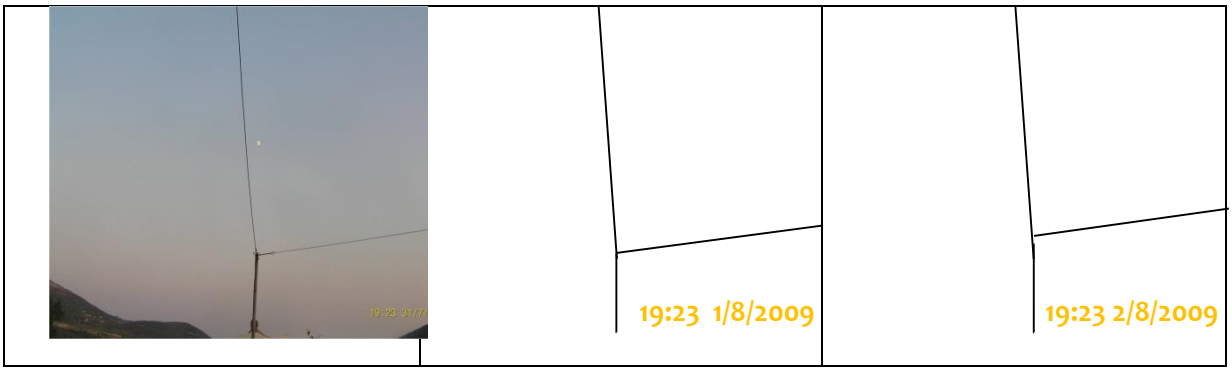
α) Παρακολούθηση μιας ακολουθίας φωτογραφιών με περίοδο 25 λεπτών, από ακίνητο παρατηρητή, και στη συνέχεια απάντηση στην παρακάτω ερώτηση:

« Για ποιο λόγο νομίζετε ότι η Σελήνη φαίνεται να αλλάζει θέση όσο περνάει η ώρα;»

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι γνωρίζουν ήδη από την προηγούμενη ενότητα της Διδακτικής Ακολουθίας πως η Γη ιδιοπεριστρέφεται με περίοδο 24 ώρες, οι περισσότεροι μαθητές αναμένεται να αποδώσουν τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης αποκλειστικά στην Ιδιοπεριστροφή της Γης.

Εικόνα 1: Ακολουθία φωτογραφιών η οποία δείχνει τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης

β) Πρόβλεψη για τη θέση της Σελήνης την ίδια ώρα της επόμενης και της μεθεπόμενης μέρας. Οι μαθητές, αναμένεται να προβλέψουν στην πλειοψηφία τους ότι η Σελήνη και τις άλλες 2 ημέρες θα βρίσκεται στο ίδιο σημείο καθώς αποδίδουν στο φαινόμενο 24ωρη περιοδικότητα.

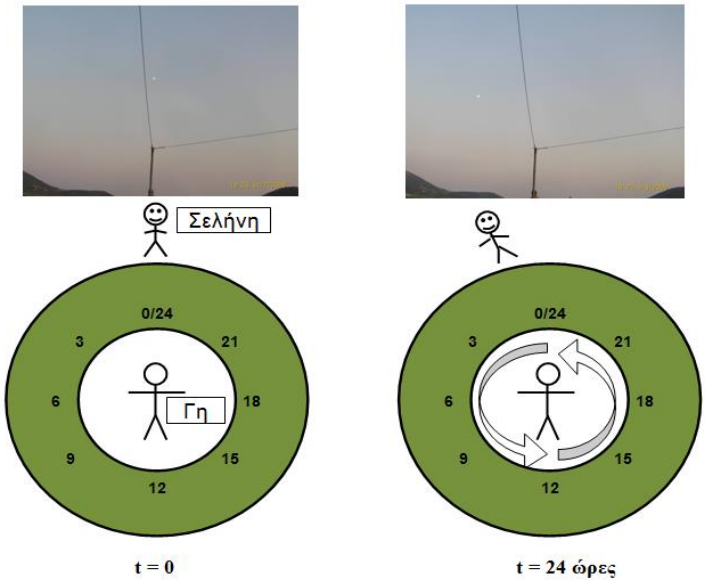


Εικόνα 2: Πρόβλεψη για τη θέση της Σελήνης μετά από 24 και 48 ώρες αντίστοιχα

γ) Παρακολούθηση μιας ακολουθίας φωτογραφιών για τη θέση της Σελήνης την ίδια ώρα της επόμενης και της μεθεπόμενης μέρας.

Εικόνα 3: *3 Φωτογραφίες τραβηγμένες την ίδια ώρα, με διαφορά φάσης 24 ωρών*

δ) Ερμηνεία από τους μαθητές της αμέσως προηγούμενης παρατήρησης με τη χρήση ενός επιδαπέδιου ρολογιού 24ωρης περιοδικότητας και με τη βοήθεια σωματικής προσομοίωσης των σχετικών κινήσεων Γης-Σελήνης. Με δεδομένη την ιδιοπεριστροφή της Γης σε 24 ώρες, οι μαθητές αναμένεται να διαπιστώσουν, ότι μέσα σε 24 ώρες πρέπει να έχει μετακινηθεί και η Σελήνη 'λίγο' γύρω από τη Γη με φορά ίδια με τη φορά ιδιοπεριστροφής της Γης.

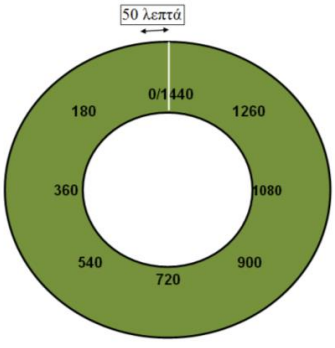


Εικόνα 4: Ερμηνεία της μη 24ωρης περιοδικότητας του φαινομένου με τη χρήση επιδαπέδιου ρολογιού (δακτύλιος) και με τη βοήθεια σωματικής προσομοίωσης

ε) Παρακολούθηση μιας ακολουθίας φωτογραφιών η οποία αποτυπώνει τη χρονική καθυστέρηση των περίπου 50 λεπτών (ανά ημέρα) προκειμένου να βλέπουμε τη Σελήνη κάθε μέρα περίπου στο ίδιο σημείο.

Εικόνα 5: Ακολουθία φωτογραφιών, σε τρία επάλληλα 24ωρα, η οποία δείχνει ότι η Σελήνη εμφανίζεται στο ίδιο σημείο στον ουρανό με περίοδο περίπου 24 ώρες και 50 λεπτά

στ) Διερεύνηση του χρόνου που απαιτείται για μία πλήρη περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη. Λαμβάνοντας υπόψη την καθυστέρηση των 50 περίπου λεπτών κάθε μέρα και με τη βοήθεια του επιδαπέδιου ρολογιού 24ωρης περιοδικότητας (με αναγραφή λεπτών αυτή τη φορά), οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν σε πόσες ημέρες περίπου, η Σελήνη κάνει μια πλήρη περιφορά γύρω από τη Γη.



Εικόνα 6: Επιδαπέδιο ρολόι 24ωρης περιοδικότητας (με αναγραφή λεπτών και όχι ωρών)

Μετά και από αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές αναμένεται να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι «Η φαινόμενη κίνηση της Σελήνης στον ουρανό, οφείλεται σε συνδυασμό της πλήρους ιδιοπεριστροφής της Γης μέσα σε 24 ώρες και της περιφοράς της Σελήνης γύρω από τη Γη σε 29 περίπου ημέρες, με φορά ίδια με τη φορά ιδιοπεριστροφής της Γης».

2.3 Το Διδακτικό Πείραμα

Η εφαρμογή της Διδακτικής Ακολουθίας, με τη μέθοδο του Διδακτικού Πειράματος, έλαβε χώρα σε 5 δημοτικά σχολεία του λεκανοπέδιου Αττικής. Όσα δημοτικά σχολεία επιλέχτηκαν είχαν 2 τμήματα Ε΄ τάξης. Από κάθε τμήμα επιλέγονταν με τυχαία δειγματοληψία 4 μαθητές (2 αγόρια, 2 κορίτσια) οι οποίοι συνιστούσαν κάθε φορά μία ομάδα. Συνολικά 10 ομάδες των 4 ατόμων συμμετείχαν στην έρευνα. Τα διδακτικά πειράματα στο σύνολο τους βιντεοσκοπήθηκαν και διαρκούσαν περίπου 2 διδακτικές ώρες το καθένα. Για τη συλλογή των δεδομένων, εκτός από το Διδακτικό Πείραμα χρησιμοποιήθηκαν pre και post συνεντεύξεις σε όλους τους μαθητές του δείγματος. Οι pre συνεντεύξεις λάμβαναν χώρα μία μέρα πριν το Διδακτικό Πείραμα, ενώ οι post συνεντεύξεις, ένα μήνα μετά. Για την ανάλυση των δεδομένων από τις pre και post συνεντεύξεις χρησιμοποιήθηκε το «x^2 test» ενώ για την ανάλυση των διδακτικών πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Erickson 1998).

3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων των μαθητών φάνηκε ότι μετά το πέρας του Διδακτικού Πειράματος η μεγάλη πλειοψηφία τους αποδίδει τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης στον ουρανό στο συνδυασμό της Ιδιοπεριστροφής της Γης μέσα σε 24 ώρες και της περιφοράς της Σελήνης γύρω της (30 μαθητές ή 75%):

«Μαθ: Σε μια μέρα γυρνά η Γη γύρω από τον εαυτό της τελείως αλλά μετακινείται και λίγο η Σελήνη.

Ερευν: Τι εννοείς μετακινείται;

Μαθ: Γύρω από τη Γη. Για αυτό δεν βλέπουμε τη Σελήνη κάθε μέρα την ίδια ώρα στο ίδιο μέρος»

Από αυτούς οι περισσότεροι (22 μαθητές ή 55%) αναφέρουν ότι η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη διαρκεί περίπου ένα μήνα ενώ οι υπόλοιποι (8 μαθητές ή 20%) αναφέρουν άλλη χρονική διάρκεια (π.χ 1 εβδομάδα, 10 μέρες ή μισό χρόνο). Κοινός τόπος σε όλες αυτές τις απαντήσεις είναι ότι οι μαθητές αναφέρουν αρχικά πως μέσα σε μια μέρα η σελήνη έχει κάνει ένα μικρό κομμάτι της τροχιάς της γύρω από τη γη (βλέπε πίνακα 1).

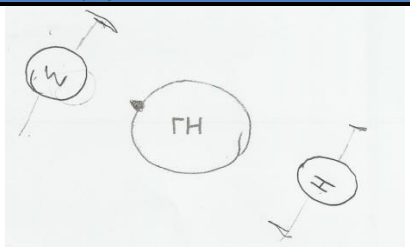
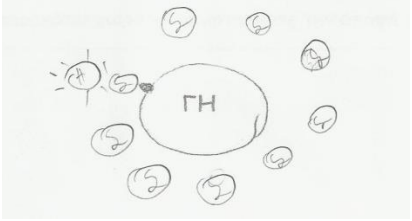
«Μέσα σε 24 ώρες η Σελήνη θα κάνει ένα μικρό βηματάκι γύρω από τη γη»

Πίνακας 1: Πιο συχνά εμφανιζόμενες απόψεις μαθητών για την περιοδικότητα της Φαινόμενης Κίνησης της Σελήνης πριν / μετά το Διδακτικό Πείραμα (Pearson x2: value=78,310, df=50, $p < 0,05$)

Πού οφείλεται η φαινόμενη κίνηση της Σελήνης;	Pre test N (%)	Post test N (%)
Ιδιοπεριστροφή Γης (Σελήνη ακίνητη)	**12 (30%)**	**2 (5%)**
Περιφορά Σελήνης γύρω από την ακίνητη Γη	**8 (20%)**	**2 (5%)**
Δεν υπάρχει (Φαινόμενη) κίνηση της Σελήνης	**12 (30%)**	**0**
Ιδιοπεριστροφή Γης και περιφορά Σελήνης γύρω από τη Γη	**1 (2,5%)**	**30 (75%)**

Παράλληλα είναι εμφανής η αλλαγή στις απόψεις των μαθητών αναφορικά με τις σχετικές θέσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης σε χρονικό ορίζοντα ενός μήνα. Πριν το Διδακτικό Πείραμα οι περισσότεροι (33 μαθητές ή 82,5%) θεωρούσαν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες σε σχέση με τη Γη θέσεις. Μετά το Διδακτικό Πείραμα το ποσοστό πέφτει δραματικά (6 μαθητές ή 15%) ενώ το επιστημονικό μοντέλο υιοθετεί το 77,5% του δείγματος (βλέπε πίνακα 2).

Πίνακας 2: Πιο συχνά εμφανιζόμενες απόψεις μαθητών για τις σχετικές θέσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης μέσα σε ένα μήνα πριν / μετά το Διδακτικό Πείραμα (Pearson x2: value= 43,781, df=9, p < 0,05)

Σχετικές θέσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης μέσα σε ένα μήνα		Pre test N (%)	Post test N (%)
Σε εκ διαμέτρου αντίθετες θέσεις		**33 (82,5%)**	**6 (15%)**
Επιστημονικό μοντέλο		**3 (7,5%)**	**31 (77,5%)**

Τα παραπάνω στοιχεία επιβεβαιώνονται και από την ανάλυση των βιντεοσκοπημένων Διδακτικών Πειραμάτων. Η παρατήρηση των φωτογραφιών που έδειχναν ότι η Σελήνη μετά από 24 και 48 ώρες δε βρίσκεται στο ίδιο σημείο στον ουρανό, έκανε στις περισσότερες περιπτώσεις τους μαθητές να εγκαταλείπουν την άποψη ότι η Σελήνη είναι ακίνητη. Όταν δε, έπαιρναν το ρόλο της Γης στη σωματική προσομοίωση και έπρεπε να συσχετίσουν αυτό που έδειχνε η φωτογραφία μετά από 24 ώρες (βλέπε εικόνα 3) με την κίνηση στην οποία οφείλεται, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών έδινε σχεδόν αμέσως εντολή στο μαθητή που προσομοίωνε τη Σελήνη να κινηθεί «λίγο» προς τα αριστερά (βλέπε εικόνα 4).

Η ανάλυση των Διδακτικών Πειραμάτων έδειξε επίσης ότι οι μαθητές δυσκολεύονταν, ακόμα και με τη χρήση της σωματικής προσομοίωσης, να συσχετίσουν τη φορά περιστροφής της Σελήνης γύρω από τη γη με το γεγονός ότι την βλέπουμε κάθε μέρα στο ίδιο σημείο 50 λεπτά πιο αργά και όχι πιο νωρίς. Το στοιχείο αυτό αποτυπώθηκε και στις post συνεντεύξεις καθώς από τους 30 μαθητές που υιοθέτησαν την επιστημονική εξήγηση (βλέπε πίνακα 1) μόνο 13 ανάφεραν ότι η φορά της Σελήνης ήταν ίδια με τη φορά ιδιοπεριστροφής της Γης χωρίς να μπορούν ωστόσο να δώσουν επαρκή αιτιολόγηση:

«Ερευν: Βλέπω ότι έχεις σχεδιάσει τη φορά (περιφοράς) της Σελήνης ίδια με εκείνη της ιδιοπεριστροφής της Γη.

Μαθ: Ναι

Ερευν: Τυχαία το ζωγράφισες έτσι;

Μαθ: Όχι, έχει κάποιο λόγο αλλά δε μου έρχεται στο μυαλό.»

Αναφορικά με το αν γενικότερες αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα Αστρονομίας ή Φυσικής επηρέασαν τις διαδικασίες μάθησης για το εν λόγω Διδακτικό Πείραμα, καταγράφονται οι παρακάτω παρατηρήσεις:

α) Η ισχυρή εναλλακτική τους αντίληψη ότι η Σελήνη είναι πάντα ορατή τη νύχτα δε φάνηκε να επηρεάζει την πορεία προς το συμπέρασμα γεγονός που αποτυπώνεται και στις απαντήσεις των μαθητών στις συνεντεύξεις αναφορικά με τις σχετικές θέσεις Ήλιου-Γης Σελήνης μέσα σε ένα μήνα (βλέπε πίνακα 2). Το ίδιο ισχύει και για το φαινόμενο των Φάσεων της Σελήνης.

β) Το φαινόμενο που φάνηκε να επηρεάζει τη μαθησιακή πορεία κάποιων μαθητών (κυρίως στο Διδακτικό Πείραμα και δευτερευόντως στις συνεντεύξεις) ήταν οι Εκλείψεις καθώς κάποιοι από αυτούς θεωρούσαν ότι θα έπρεπε να έχουμε έκλειψη Ηλίου μία φορά το μήνα (όταν η Σελήνη μπαίνει ανάμεσα στον Ήλιο και τη Γη) γεγονός το οποίο δεν τους φαινόταν λογικό. Χαρακτηριστική είναι η παρακάτω απάντηση μαθητή στην post τεστ συνέντευξη αναφορικά με το πόσο συχνά μπορεί η Σελήνη μπορεί να βρεθεί ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο:

«Για να γίνει αυτό (να βρεθεί η Σελήνη ανάμεσα στη Γη και τον Ήλιο) θα πρέπει να περάσουν 29 μέρες αλλά δεν το βλέπω πολύ λογικό γιατί κάθε 29 ημέρες θα πρέπει να γίνεται έκλειψη Ηλίου. Εγώ όμως έκλειψη βλέπω κάθε μερικά χρόνια.»

4. Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή, η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης έρευνας πάνω στην "Διδακτική Επανοικοδόμηση" των σχετικών κινήσεων του συστήματος Ήλιος- Γη-Σελήνη. Μέσα σε αυτό το διδακτικό πλαίσιο, υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση ανάμεσα στις τρεις (3) του συνιστώσες: α) ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου β) εμπειρική έρευνα των αντιλήψεων και των διαδικασιών μάθησης των μαθητών και γ) το σχεδιασμό της διδασκαλίας (Duit et. al 1997).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός, το περιεχόμενο και τα αποτελέσματα της εφαρμογής ενός τμήματος μίας Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης, το οποίο αφορά στη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης. Η Διδακτική Ακολουθία προέκυψε από το συνδυασμό των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του σχετικού επιστημονικού περιεχομένου καθώς και της πιλοτικής έρευνας των αντιλήψεων των μαθητών για το εν λόγω φαινόμενο.

Η εφαρμογή της Ακολουθίας με τη μέθοδο του Διδακτικού Πειράματος έδειξε ότι είναι δυνατόν οι μαθητές να οικοδομήσουν τη σύνδεση μεταξύ ενός φαινομένου της καθημερινότητας (Φαινόμενη κίνηση της Σελήνης στον Ουρανό) με την ερμηνεία του σε αφαιρετικό επίπεδο (εξήγηση με βάση τις σχετικές κινήσεις Γης – Σελήνης). Τα στοιχεία που θα πρέπει να προσεχθούν περισσότερο σε μια μελλοντική προσπάθεια σχεδιασμού της εν λόγω μαθησιακής πορείας σε επίπεδο σχολικής τάξης είναι: 1) η αναφορά στα σχετικά μεγέθη Ήλιου –Γης – Σελήνης για να αποφευχθούν εμπλοκές με το φαινόμενο των εκλείψεων και 2) η περαιτέρω προσπάθεια σύνδεσης της φοράς με την οποία περιστρέφεται η Σελήνη γύρω από τη Γη, με τη χρονική καθυστέρηση εμφάνισης της στο ίδιο σημείο στον ουρανό, σε χρονικό ορίζοντα μιας ημέρας.

Βιβλιογραφία

Χαλκιά, Κ., (2006). Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Bailey, J. M. & Slater, T. F., (2003). A Review of Astronomy Education Research. *Astronomy Education Review, 2*(2), 20–45.

Bekiroglou, F. O. (2007). Effects of Model-based Teaching on Pre-service Physics Teachers' Conceptions of the Moon, Moon Phases, and Other Lunar Phenomena. *International Journal of Science Education, 29*(5), 555–593.

Duit, R., Komorek, M. & Wilbers, J. (1997). Studies on Educational Reconstruction of Chaos Theory, *Research in Science Education*, *27(3),* 339-357

Duit, R., Gropengieber, H. & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction, *Developing Standards in Research on Science Education*, Fischer ed (London: Taylor and Francis), 1–9

Erickson, F. (1998) Qualitative Research Methods for Science Education. In B, J. Fraser & K. G. Tobin (Eds): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 1155-1173

Jones,B., Lynch, P. & Reesink, C. J. (1987). Children's conceptions of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education, 9(1)*, 43–53.

Komorek, M., & Duit, R., (2004). The Teaching Experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education, 26 (5),* 619-633

Osborne J., Black, P. J., Wadsworth, P. and Meadows, J. (1994) SPACE research report: The Earth in Space (Liverpool: Liverpool University Press).

Plummer, J. (2009). A Cross-age Study of Children's Knowledge of Apparent Celestial Motion *International Journal of Science Education, 31 (12)*, 1571–1605

Sharp, J.G. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education, 18 (6)*, 685–715.

Starakis, J., & Halkia,. K., (2010). Primary School Students' Ideas Concerning the Apparent Movement of the Moon. *Astronomy Education Review, 9(1)*, 010109, 10.3847/AER2010007.

Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education,* 25(10), 1205–1225.

Η Κοσμολογική Αρχή σαν εργαλείο διδασκαλίας Σύγχρονης Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Μ. Τζάνη, Α. Κοσιονίδης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, mtzani@uoa.gr
Εργαστήριο «Βιοφυσικό Περιβάλλον: Νευροεπιστήμες και Μάθηση», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, a.kosionidis@gmail.com

Περίληψη

Η Αστροφυσική είναι ένα από τα πεδία όπου η Φυσική του 20ου αιώνα έχει θεμελιώδεις διαφορές από αυτήν που προηγήθηκε. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα παιδιά σχηματίζουν τις δικές τους έννοιες και παραστάσεις του κόσμου, συνδυάζοντας την προσωπική τους εμπειρία με το κοινωνικό και πολιτιστικό τους περιβάλλον. Η διδασκαλία της Αστροφυσικής στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση προκειμένου να επηρεαστούν ή και να διορθωθούν αυτές οι πρώιμες ιδέες δεν γίνεται συχνά αντικείμενο έρευνας. Προτείνουμε να χρησιμοποιηθεί η Κοσμολογική Αρχή (ΚΑ) ως εργαλείο για να αναπτυχθεί η διδασκαλία της Κοσμολογίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, οργανώνοντας την σε τέσσερις ενότητες με βάση τη διατύπωσή της. Κάθε ενότητα είναι αυτόνομη, προσθέτοντας ευελιξία στην υλοποίηση της πρότασης. Αυτή η δομή επιτρέπει προσθήκες και επέκταση, σε κατοπινές τάξεις ή ανάλογα με το ενδιαφέρον των μαθητών.

Abstract

Astrophysics is one of the fields where 20th century Physics is fundamentally different to the Physics of the preceding century. It is widely accepted that children form their own personal concepts and models of the world by combining personal experience with their social and cultural milieu. Teaching Astrophysics at the Primary School level, in order to influence or correct these misconceptions early on, is not frequently researched. We propose using the Cosmological Principle (CP) as a tool to develop teaching Cosmology at the Primary School level, by organising the CP in four modules according to its formulation. Each module is independent, adding flexibility in implementing the proposal. This structure permits additions and expansion, in later years or according to pupil interest.

Εισαγωγή

Η σημερινή Κοσμολογία μπορεί να θεωρηθεί ότι γεννήθηκε με τη διατύπωση της Θεωρία της Σχετικότητας του Α. Einstein, η οποία έθεσε νέα όρια και κανόνες μέσα στα οποία εξετάζονται τα φυσικά προβλήματα αυτής της κλίμακας. Η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας συνοψίζεται στις Εξισώσεις Πεδίου (ΕΠ), που συνδέουν τη δομή και γεωμετρία του χωροχρόνου στην κατανομή της ενέργειας (και, κατ'επέκταση, της ύλης). Η διατύπωση των ΕΠ, και η παρατηρησιακή τους επιβεβαίωση από τον Α. Eddington το 1919, έδωσε στους Αστροφυσικούς ένα εξελιγμένο θεωρητικό εργαλείο για να περιγράψουν το Σύμπαν συνολικά. Το 1922 ο Α. Friedmann έλυσε μια απλοποιημένη μορφή των ΕΠ υιοθετώντας μια υπόθεση που πλέον καλείται Κοσμολογική Αρχή (ΚΑ): «σε μεγάλες Κλίμακες, το Σύμπαν είναι ομογενές και ισότροπο», και κατέληξε σε ένα μοντέλο εξελισσόμενου Σύμπαντος, το μέλλον του οποίου καθορίζεται από την τιμή της πυκνότητας του.

Σε σχέση με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών γενικότερα και της Φυσικής ειδικά, οι Harlen και Elstgeest (2005) διαπιστώνουν ότι τα παιδιά πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις για μια ποικιλία από θέματα που σχετίζονται με τον φυσικό κόσμο, και αυτές οι διαισθητικές ιδέες (συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο) ασκούν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση. Η διδασκαλία της Αστροφυσικής στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση προκειμένου να επηρεαστούν ή και να διορθωθούν αυτές οι πρώιμες ιδέες δεν γίνεται συχνά αντικείμενο έρευνας. Οι Bailey και Slater (2003) δημοσίευσαν μια αναλυτική ανασκόπηση του πεδίου της έρευνας διδασκαλίας στην Αστρονομία. Από τις 71 εργασίες που αναφέρουν, μόνο 3

πραγματεύονται θέματα σύγχρονης Αστρονομίας. Είναι ενδεικτικό της θέσης της σύγχρονης Αστροφυσικής στην εκπαίδευση ότι στο Astronomy Diagnostic Test (ADT), ένα διαγνωστικό εργαλείο γνώσεων Αστροφυσικής, σε σύνολο 21 ερωτήσεων, οι 19 αφορούν θέματα που είναι ήδη γνωστά από το 19ο αιώνα και 2 άπτονται θεμάτων Φυσικής του 20ου αιώνα: η μία αφορά το κέντρο του Σύμπαντος και η άλλη την πηγή ενέργειας του Ήλιου (CAER 1999).

Η Κοσμολογία ως αντικείμενο διδασκαλίας

Η Αστρονομία έχει διαπιστωθεί ότι προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών (Verbickas 2002, Meech 1997) και μάλιστα εξίσου και στα δύο φύλα (Christidou 2006). Η Κοσμολογία ως ένα από τα πεδία της σύγχρονης Αστροφυσικής, είναι ένα ενεργό πεδίο έρευνας, και τα αποτελέσματα αυτής φτάνουν συχνά στο ευρύ κοινό είτε από τα ΜΜΕ είτε μέσω ενημερωτικών δραστηριοτήτων της επιστημονικής κοινότητας. Το να εισαχθεί πιο ενεργά στη διδασκαλία είναι σε συμφωνία τόσο με το ευρύτερο πλαίσιο εκπαιδευτικής πολιτικής μέσα στην ΕΕ που στοχεύει σε ενημερωμένους πολίτες (ΕΕ-Συμβούλιο Παιδείας 2001) όσο και με την συγκεκριμένη στοχοθεσία των Προγραμμάτων Σπουδών για τους Έλληνες μαθητές, όπου εντάσσονται η επαφή με τη σύγχρονη επιστήμη και την επιστημονική μέθοδο (ΔΕΠΠΣ Φυσικών Επιστημών 2003, ΑΠΣ «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» 2003, ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Φυσικής και Χημείας 2003).

Προτείνουμε να χρησιμοποιηθεί η Κοσμολογική Αρχή (ΚΑ) ως εργαλείο διδασκαλίας για να αναπτυχθεί η διδασκαλία της Κοσμολογίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, στα πλαίσια του μαθήματος «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» όπου επιδιώκεται η συστηματική εισαγωγή του μαθητή στις έννοιες και στον τρόπο προσέγγισης και μελέτης των φυσικών επιστημών (ΑΠΣ «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» 2003). Η ΚΑ διατυπώνεται ως εξής:

«Κοσμολογική Αρχή: Σε μεγάλες κλίμακες, το Σύμπαν είναι ομογενές και ισότροπο».

Η επιλογή να χρησιμοποιήσουμε την ΚΑ μας επιτρέπει να εισάγουμε στο μάθημα:

Α) Βασικές γνώσεις για το Σύμπαν ως φυσικό αντικείμενο.

Β) Την έννοια της κλίμακας.

Γ) Μια πρώτη διερεύνηση του τριδιάστατου χώρου, που μπορεί να συνδυασθεί με τη σύγχρονη τάση να εισάγεται η τριδιάστατη γεωμετρία νωρίς στη διδασκαλία των Μαθηματικών (Royal Society 2001).

Δ) Τις έννοιες της ομογένειας και της ισοτροπίας, που συνδέονται με την έννοια του μετασχηματισμού.

Ε) Τη συζήτηση για τη σχέση ανάμεσα στην καθημερινή γλώσσα και την επιστημονική, και τις διαφορές των δύο.

Δομή Διδασκαλίας

Προτείνουμε η ΚΑ να διδαχθεί χωρίζοντας την σε τέσσερις ενότητες, με βάση τα συστατικά της διατύπωσής της. Κάθε ενότητα είναι αυτόνομη ώστε η υλοποίηση της πρότασης να είναι ευέλικτη, με τη διδασκαλία κάποιων ενοτήτων στην Ε΄ και άλλων στην ΣΤ΄ τάξη. Η ευελιξία αυτή επιτρέπει και τον συντονισμό των ενοτήτων με σχετικές θεματικές ενότητες άλλων μαθημάτων στο πλαίσιο μιας διαθεματικής προσέγγισης, αλλά και την πορεία της διδασκαλίας του μαθήματος «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο». Ως παράδειγμα μια δραστηριότητα με ζυγό της ενότητας «Το Σύμπαν» μπορεί να ενταχθεί στις θεματικές ενότητες «Ιδιότητες των Φυσικών Σωμάτων» ή «Βάρος και Μάζα», όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν αντίστοιχο εργαστηριακό εξοπλισμό.

Αυτή η δομή επιτρέπει επέκταση σε ανώτερες τάξεις στα πλαίσια μιας σπειροειδούς ανάπτυξης της ύλης, αλλά ακόμα και στα πλαίσια του Δημοτικού σε μελλοντικό χρόνο, ανάλογα με την εξέλιξη και ανάπτυξη της διδασκαλίας των Φ.Ε. γενικά στην εκπαίδευση αλλά και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προτεινόμενης διδασκαλίας.

Σχηματικά αυτή η δομή αναπαρίσταται στον **Πίνακα 1**. Οι Ενότητες στις οποίες αναπτύσσεται η διδασκαλία της ΚΑ είναι οι ακόλουθες.

Ενότητα «Κοσμολογική Αρχή»:

Αυτή η ενότητα μπορεί να χωριστεί σε δύο συνιστώσες: μία εξέταση της Κοσμολογίας και μία διερεύνηση του όρου «Αρχή».

Στην πρώτη παρουσιάζεται το πεδίο της Κοσμολογίας, με αναφορά στην ιστορία και τις μεθόδους του. Χρησιμοποιείται ως παράδειγμα του διαχωρισμού της Φυσική χωρίζεται σε επιμέρους πεδία, τα καθένα των οποίων μελετά συγκεκριμένες περιοχές φαινομένων. Με αυτόν τον τρόπο εισάγεται η έννοια της εξειδίκευσης, της διαφορετικής βαρύτητας της γνώμης ειδικών και μη ειδικών, της αναγνώρισης του πεδίου στο οποίο υπάγεται ένα φαινόμενο, και τη σύνδεση αυτής της αναγνώρισης με τεχνικές εύρεσης πληροφορίας (π.χ. στο διαδίκτυο). Αυτήν την συζήτηση μπορούμε να την επεκτείνουμε ευρύτερα στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής, αναθέτοντας σε ομάδες μαθητών διαφορετικές δραστηριότητες ή διαφορετικά τμήματα μίας δραστηριότητας δημιουργώντας έτσι μια προσομοίωση ενός περιβάλλοντος διεπιστημονικής συνεργασίας.

Στη δεύτερη συνιστώσα, δίνεται ο ορισμός της Αρχής, και συγκρίνεται με τη χρήση της ίδιας λέξης στην καθημερινή γλώσσα. Αυτό επεκτείνεται στην διερεύνηση του πώς η επιστημονική γλώσσα διαφέρει από την καθημερινή, και μέσω της εξέτασης και άλλων όρων (πχ. «θεωρία», «υπόθεση») προσφέρεται στους μαθητές εξοικείωση με το λεξιλόγιο των θεωριών της Φυσικής. Αυτό το τμήμα του μαθήματος συνδέεται εύκολα με το ευρύτερο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φ.Ε., και εμπλουτίζει το μάθημα καθώς μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές όταν ασχολούνται με την ερμηνεία άλλων φυσικών φαινομένων, να ξεχωρίσουν ποιές από τις απόψεις που ακούγονται στην τάξη μπορούν να χαρακτηριστούν θεωρίες, ή αν αναγνωρίζουν τα θεμέλια των ιδεών τους ως αρχές.

Ενότητα «Σε μεγάλες κλίμακες»:

Αυτή η ενότητα εξετάζει και εξηγεί την έννοια της κλίμακας και την έννοια της τοπικής απόκλισης. Μπορεί να συντονιστεί με αντίστοιχα θέματα σε άλλα μαθήματα, π.χ. το μάθημα της Γεωγραφίας.

Αντικείμενα και τοποθεσίες κοντά στην τάξη μπορούν να αξιοποιηθούν για να επισημανθούν οι διαφορές στην εξέταση αντικειμένων σε μεγάλη κλίμακα ή από κοντινή απόσταση. Για παράδειγμα:

μια παραλία που από μακριά φαίνεται ομαλή επιφάνεια ενώ από πιο κοντά διακρίνεται η υφή της άμμου

ένα γήπεδο που από ψηλά φαίνεται ένα πράσινο επίπεδο ενώ από κοντά διακρίνεται κάθε φύλλο γρασιδιού χωριστά, αλλά και σημεία φθοράς και επισκευών.

την ίδια την αυλή του σχολείου, η οποία αντιστοίχως αποκαλύπτει σε κοντινή εξέταση λεπτομέρειες που δεν φαίνονται από απόσταση.

Ενότητα «Το Σύμπαν»:

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται το Σύμπαν, φροντίζοντας να επισημανθεί ότι μεγάλο μέρος του δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμο. Δραστηριότητες μέσα στην τάξη περιγράφουν τη δράση της βαρύτητας από απόσταση (π.χ. με μια απλουστευμένη συσκευή Cavendish) και πώς μπορεί να υπολογιστεί η μάζα ή άλλες ιδιότητες ενός αντικειμένου που δεν είναι ορατό. Για το τελευταίο μπορεί να γίνει μια επίδειξη με έναν ζυγό και μια σειρά από βάρη και κουτιά που έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα με διπλό πάτο ή χωριστεί σε διαμερίσματα.

Ενότητα «Ομογένεια και Ισοτροπία»:

Οι έννοιες της ομογένειας και της ισοτροπίας μπορούν να μελετηθούν ανεξάρτητα, ή να συνδυασθούν με αντίστοιχα θέματα ή δραστηριότητες από το μάθημα των Μαθηματικών και της Γεωμετρίας. Δραστηριότητες με τη συμμετοχή των μαθητών ή παιχνίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενισχύσουν την κατανόηση αυτών των εννοιών, π.χ. κατασκευάζοντας ένα τριδιάστατο πλέγμα με μια μικρή σφαίρα σε κάθε αρμό. Αλλάζοντας το χρώμα ή τη διάταξη

των σφαιρών δημιουργούνται ομογενείς, ισότροπες, ή μη διατάξεις, που οπτικοποιούν τις έννοιες.

Μετά τη συμπλήρωση της διδασκαλίας όλων των ενοτήτων, η γνώση που έχουν κατακτήσει οι μαθητές συναρμολογείται στην κατανόηση της ΚΑ. Εκτός από την γνώση που έχουν αποκτήσει οι μαθητές, έχουν προετοιμαστεί για όταν συναντήσουν άλλα θέματα Αστροφυσικής στη μετέπειτα σχολική τους σταδιοδρομία. Και μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα θέματα σύγχρονης επιστήμης.

Βιβλιογραφία

ΑΠΣ «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» (2003), Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, από το http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ στις 24/8/2008.

ΔΕΠΠΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (2003), Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, από το http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ στις 24/8/2008.

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Φυσικής και Χημείας (2003), Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, από το http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ στις 24/8/2008.

Ευρωπαϊκή Ένωση-Συμβούλιο Παιδείας, (2001), Έκθεση του Συμβουλίου Παιδείας Προς το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο σχετικά με τους συγκεκριμένους μελλοντικούς Στόχους των Συστημάτων Εκπαίδευσης και Κατάρτισης, Βρυξέλλες.

Harlen, W. and Elstgeest J., (1993), UNESCO - Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, Βιβλιο-Πηγή, Μτφ. Ι. Φεργδιώτου, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.

Bailey, J.M. and Slater, T.F., (2003), A Review of Astronomy education research, The Astronomy Education Review, Issue 2, Vol. 2, pp. 20-45.

Collaboration for Astronomy Education Research, CAER, (1999), Astronomy Diagnostic Test (ADT) Version 2.0, από http://solar.physics.montana.edu/aae/adt/ στις 10/6/2007.

Christidou V., (2006), Greek Students' Science-related Interests and Experiences: Gender differences and correlations, International Journal of Science Education, Volume 28, Issue 10, 2006, pp. 1181 – 1199.

Meech, K. J., (1997), Technological innovations and publications related to space science education, Advances in Space Research, Vol. 20, No. 7, pp. 1351-1360.

Royal Society (2001), Teaching and learning geometry 11-19

Report of a Royal Society / Joint Mathematical Council working group. London.

Verbickas, S., (2002), The Classroom Space project, Physics Education 37(4), pp. 306-310.

Πίνακας 1: Σχηματική διάταξη της δομής του μαθήματος και πιθανές επεκτάσεις

<table>
<tr><td colspan="2">Κοσμολογική Αρχή :</td><td colspan="2">Σε μεγάλες Κλίμακες</td><td colspan="2">Το Σύμπαν είναι</td><td>Ομογενές</td><td>Και Ισότροπο</td></tr>
<tr><td colspan="2">Αρχή = Ξεκίνημα</td><td colspan="2">Τι θα πει Κλίμακα στην επιστήμη;</td><td colspan="2">Τι εννοούμε όταν λέμε «Σύμπαν»;</td><td>= Οι ιδιότητες του Σύμπαντος είναι οι ίδιες σε όλο το Σύμπαν</td><td>= Ξεκινώντας από ένα σημείο και κινούμενοι προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, οι ιδιότητες του Σύμπαντος είναι οι ίδιες</td></tr>
<tr><td>Ξεκινάμε από ένα τυχαίο σημείο;</td><td>Προς τα πού πηγαίνουμε</td><td>Τι εννοούμε όταν λέμε «μεγάλη κλίμακα»;</td><td>Αλλάζει το τι σημαίνει «μεγάλη κλίμακα» ανάλογα με το τι περιγράφουμε;</td><td colspan="2">Από τι αποτελείται;</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>Ορατά: πώς τα «βλέπουμε»;</td><td>Αόρατα: πως ξέρουμε ότι υπάρχουν;</td><td colspan="2">Ποιες είναι οι ιδιότητες του Σύμπαντος που μένουν αναλλοίωτες;</td></tr>
<tr><td colspan="8">Μελλοντικές Επεκτάσεις</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td colspan="2">Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει οριακή γραμμή/επιφάνεια στο Σύμπαν; (αν υπήρχε, αυτά τα σημεία θα ήταν διαφορετικά από το άλλα και το αν πηγαίνουμε προς τα «μέσα» ή «έξω» θα ήταν διαφορετικό)</td></tr>
<tr><td>Αν όχι, πως το επιλέγουμε;</td><td>Το που ξεκινάμε επηρεάζει το προς τα πού πηγαίνουμε;</td><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Το ότι ξεκινάμε από την ΚΑ σημαίνει ότι έχουμε αποδεχθεί ένα πλέγμα ιδεών => τι σημαίνει αυτό;</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">Ποιο είναι το όριο πέρα από το οποίο θα δεχθούμε ότι το Σύμπαν δεν είναι ομογενές και ισότροπο;</td></tr>
<tr><td colspan="2">Αν αποδειχθεί ότι η Αρχή δεν ισχύει, πόσο μεγάλο κομμάτι της θεωρίας μας πρέπει να αλλάξουμε;</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>Αν ισχύει μόνο η ομογένεια;</td><td>Αν ισχύει μόνο η ισοτροπία;</td></tr>
</table>

Συνεδρία 6: Διδασκαλία και μάθηση της Βιολογίας

ΤΑ ΝΟΗΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΤΡΑΧΕΙΟΦΥΤΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Δούρος Σωτήριος. *1ο ΓΕΛ Ραφήνας Αγ. Χρ. Σμύρνης 10, Ραφήνα, 19009.* sxdouros@gmail.com
Αθανασίου Κυριάκος. *ΤΕΑΠΗ-ΕΚΠΑ.* kathanas@ecd.uoa.gr

Περίληψη

Αυτή η εργασία είναι τμήμα μιας ευρύτερης μελέτης, που αναφέρεται στα Νοητικά Πειράματα στις Φυσικές Επιστήμες, την ταξινόμηση, την λειτουργία και τη διδακτική τους χρήση. Εστιάζει στο Νοητικό Πείραμα της κίνησης του νερού στα τραχειόφυτα σε διαφορετικές συνθήκες βαρύτητας, δηλαδή στη συμπεριφορά των φυτών σε έναν άλλον πλανήτη, λόγου χάρη στη Σελήνη ή στον Άρη. Εξηγείται ο τρόπος που εφαρμόζεται το Νοητικό Πείραμα στη σχολική τάξη. Προτείνεται ένα σχέδιο διδασκαλίας σε μαθητές Α΄ Λυκείου με Φύλλα Εργασίας, στα οποία δίνονται οδηγίες στους μαθητές να πραγματοποιήσουν το Νοητικό Πείραμα σε περιβάλλον προσομοίωσης, μέσω ενός λογισμικού αρχείου που έχουμε δημιουργήσει από το λογισμικό Interactive Physics. Τέλος, αναφέρονται οι προεκτάσεις που έχει αυτό το Νοητικό Πείραμα, αφού σύμφωνα με εκτιμήσεις των επιστημόνων μετά το 2025 θα έχει στηθεί στον Άρη διαστημική βάση και θα είναι αναγκαία η καλλιέργεια φυτών για την επιβίωση των αστροναυτών.

Abstract

This work is part of a larger study that refers to Thought Experiments in Science, classification, function and teaching use. It focuses on Thought Experiment of water movement in Tracheophytes at different gravity conditions, like the plant behavior in another planet as Moon or Mars. It is explained how to apply the Thought Experiment in the classroom. It is proposed a teaching plan to students of A΄ grade of High School with Worksheets, where the students are instructed to make the Thought Experiment in simulation environment using a software file that we created from the software Interactive Physics. Finally the extensions of this Thought Experiment are mentioned because, according to scientists estimates after 2025 spaceport will have been set on Mars and plant development will be necessary for astronauts survival.

Εισαγωγή

Ένα νοητικό πείραμα είναι ένας τρόπος αντιμετώπισης κάποιας υπόθεσης ή θεωρίας ή αρχής με σκοπό το να κάνει κάποιος ένα συλλογισμό μέσω των συνεπειών του. Είναι μηχανισμοί της φαντασίας που χρησιμοποιούνται για την έρευνα της φύσης των πραγμάτων και θεωρούνται ως ισχυρά μέσα αύξησης της κατανόησης της φύσης από τον άνθρωπο (Kuhn, 1962, σελ.241). Δεν πρέπει να συγχέονται με τη σκέψη επί των πραγματικών πειραμάτων που διενεργούνται εκτός της φαντασίας ή με ψυχολογικά πειράματα που αφορούν τις σκέψεις.

Ο πρώτος που φαίνεται να χρησιμοποιεί τον όρο *Gedankenexperiment* φαίνεται να είναι ο Ernst Mach ο οποίος στο τέλος του 19ου αιώνα χρησιμοποιεί τον όρο για να περιγράψει μια ειδική μέθοδο έρευνας που χρησιμοποιούνταν από τους επιστήμονες ως ένα νοητικό ανάλογο του κοινού πειράματος (Mach, 1896/1996). Στη διάρκεια του 20ου αιώνα χρησιμοποιήθηκαν από σημαντικούς εκπροσώπους της επιστήμης και τα συναντάμε σε κείμενα του Kuhn (1962), του Popper (1968) κ.α. και θεωρήθηκαν σημαντικά όχι μόνο για την κατανόηση εννοιών ή αρχών στη Φυσική, αλλά και σε κάθε άλλο πεδίο, κάτι που είχε προτείνει ο Mach (1896/1996) εξ αρχής. Αναλόγως της διάρθρωσης του πειράματος, ένα ΝΠ μπορεί ή δεν μπορεί να είναι δυνατό εκτελεσθεί, και, στην περίπτωση που είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί, δεν πρέπει να υπάρχει κανενός είδους πρόθεση στην πραγματοποίησή του. Ο κοινός στόχος ενός ΝΠ είναι η

διερεύνηση των πιθανών συνεπειών της υπό διερεύνηση αρχής. Η πρωταρχική φιλοσοφική πρόκληση των ΝΠ είναι η δυνατότητα να μάθει κάποιος για την πραγματικότητα χρησιμοποιώντας ως μόνο μέσο τη σκέψη.

Στα πιο γνωστά -διάσημα παραδείγματα ΝΠ περιλαμβάνονται η γάτα του Schrödinger, στο οποίο απεικονίζεται η κβαντική απροσδιοριστία μέσα από τη χειραγώγηση ενός απόλυτα σφραγισμένου περιβάλλοντος και μιας μικροσκοπικής ποσότητας ραδιενεργούς ουσίας, καθώς και ο δαίμων του Maxwell, στο οποίο επιχειρείται να επιδειχθεί η ικανότητα ενός υποθετικού πεπερασμένου όντος να παραβιάσει το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής (Popova, 2011).

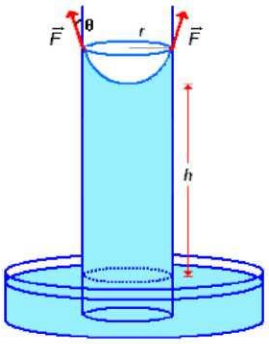
Τα ΝΠ ως διδακτικό εργαλείο:

Παρά τα όσα αναφέρθηκαν, η διδασκαλία της επιστήμης υπολείπεται ακόμα στο να αναγνωρίσει τα παιδαγωγικά πλεονεκτήματα των ΝΠ. Η χρήση τους στα εγχειρίδια διδασκαλίας της φυσικής που χρησιμοποιούνται στο ελληνικό σύστημα μέσης εκπαίδευσης κυμαίνεται στο 20-25% περίπου του συνόλου των περιγραφόμενων πειραμάτων (πραγματικών και νοητικών) και γίνεται αναφορά κάποιων ιστορικών ΝΠ ή συντίθενται κάποια άλλα εκ μέρους της συγγραφικής ομάδας προκειμένου να εξυπηρετηθούν συγκεκριμένοι εκπαιδευτικοί στόχοι, χωρίς όμως να γίνεται προσπάθεια ανάδειξής τους ως εκπαιδευτικό εργαλείο και παρακίνησης του εκπαιδευτικού ή του μαθητή στη συστηματική χρήση τους (Βελέντζας, Χαλκιά και Σκορδούλης, 2007). Αλλά και σε εκπαιδευτικά συστήματα άλλων ευρωπαϊκών κρατών, όπως αυτό της Μ. Βρετανίας, η βαρύτητα δίδεται στα πραγματικά πειράματα που πραγματοποιούνται σε ένα οργανωμένο σχολικό εργαστήριο και αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα αυτών ως παιδαγωγικοί τρόποι προσέγγισης των μαθητών στο συγκεκριμένο πεδίο γνώσης, χωρίς να αποδίδεται στα ΝΠ αντίστοιχη ή ανάλογη βαρύτητα (Αλευρίδης, 2011).

Η χρήση των ΝΠ στη σχολική τάξη απαιτεί από τους μαθητές να χρησιμοποιούν τη φαντασία τους, να αναπτύσσουν την κριτική τους σκέψη, να κάνουν υποθέσεις, να βγάζουν συμπεράσματα και να ανταλλάσσουν τις απόψεις τους με τους συμμαθητές τους. Τέτοια χαρακτηριστικά όμως, όπως η χρήση φαντασίας, η διατύπωση υποθέσεων και η δημιουργική σκέψη αποτελούν επιδιώξεις της σύγχρονης διδασκαλίας των ΦΕ (Matthews 1994, Βελέντζας και συν. 2007). Επιπλέον τα ΝΠ, καθώς έχουν ένα ιδιαίτερο ρόλο στην ιστορία των ΦΕ, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να προσεγγίσουν τις ΦΕ μέσω της ιστορίας τους και να τους εξοικειώσουν με πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες (Gilbert & Reiner 2000, Velentzas, et.al., 2007).

Θεωρητικό πλαίσιο – Τα τριχοειδή φαινόμενα.

Κατά τη διάρκεια του νοητικού πειράματος αναπτύχθηκαν οι θεωρίες που πλαισιώνουν το συγκεκριμένο νοητικό πείραμα και αφορούν την άνοδο του νερού στα φυτά. Είναι η φωτοσύνθεση από τη Βιολογία, οι ιδιότητες του νερού από τη Χημεία. Αλλά η βασική θεωρία στην οποία στηρίζεται το συγκεκριμένο νοητικό πείραμα είναι τα τριχοειδή φαινόμενα.



Εξαιτίας των τριχοειδών φαινομένων μια ουσία μπορεί να προσελκύσει νερό στο εσωτερικό της, όταν οι δυνάμεις ανάμεσα στο υγρό και την ουσία (δυνάμεις συνοχής) είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις μέσα στο υγρό (δυνάμεις συνάφειας). Το βάρος της στήλης υγρού είναι ανάλογο με το τετράγωνο της διαμέτρου του σωλήνα $W=\rho\cdot\pi\cdot r^2\cdot h\cdot g$, αλλά το μήκος επαφής (περίμετρος του τοιχώματος) μεταξύ του υγρού και του σωλήνα, όπου εμφανίζονται οι δυνάμεις μεταξύ υγρού και σωλήνα που έλκουν το νερό προς τα πάνω, είναι ανάλογο μόνο με τη διάμετρο του σωλήνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένας στενός σωλήνας να ελκύει μια στήλη υγρού πιο ψηλά σε σχέση με έναν πλατύ σωλήνα γιατί, όταν μειώνεται η μάζα του υγρού ο όγκος μειώνεται πιο γρήγορα από την επιφάνειά του. Εάν τοποθετήσουμε ένα μικρό σωλήνα μέσα σε ένα υγρό, το υγρό θα ελκύεται προς τα επάνω στο σωλήνα μέχρι οι δυνάμεις βαρύτητας και τριβής να υπερνικήσουν

την τριχοειδή δύναμη. Αυτό είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του τριχοειδούς φαινόμενου, που σημαίνει ότι στο έδαφος οι δυνάμεις της επιφανειακής τάσης γίνονται σημαντικές όταν ο σωλήνας έχει μικρές διαστάσεις εξαιτίας της ισχυρής επίδρασης της βαρύτητας. Επομένως, το τριχοειδές φαινόμενο είναι ιδιαίτερα εμφανές σε πορώδη υλικά που διαθέτουν μικροσκοπικούς άδειους χώρους. Το άθροισμα των δυνάμεων συνοχής κατά μήκος της επιφάνειας του υγρού καλείται επιφανειακή τάση. Η επιφανειακή τάση είναι μια δύναμη ανά μονάδα μήκους και είναι η αιτία που η επιφάνεια του υγρού ελαχιστοποιείται επειδή διατηρεί τα μόρια του ενωμένα. Η καμπύλη στην πάνω επιφάνεια του υγρού λέγεται μηνίσκος και μπορεί να είναι κυρτή ή κοίλη. Είναι κυρτή όταν τα μόρια του υγρού έχουν ισχυρότερη έλξη μεταξύ τους από ότι με τα τοιχώματα του δοχείου, ενώ είναι κοίλη όταν συμβαίνει το αντίθετο. Η κατεύθυνση της επιφανειακής τάσης είναι εφαπτόμενη με την επιφάνεια υγρού και η γωνία θ που σχηματίζει με την κατακόρυφη γραμμή προς τα επάνω καλείται γωνία επαφής.

Μπορούμε να υπολογιστεί το ύψος h όπου φτάνει το υγρό στο τριχοειδές φαινόμενο. Η κατακόρυφη συνιστώσα προς τα επάνω της επιφανειακής τάσης σ είναι:

$$\sigma \cdot cos\theta$$

όπου θ είναι η γωνία επαφής.

Η ολική δύναμη προς τα επάνω προκύπτει πολλαπλασιάζοντας την κατακόρυφη συνιστώσα με το μήκος επαφής μεταξύ του υγρού και του τοιχώματος, οπότε είναι:

$$\sigma \cdot cos\theta \cdot 2\pi r,$$

όπου r είναι η ακτίνα του τριχοειδούς σωλήνα.

Στη θέση ισορροπίας, η δύναμη αυτή ισούται με το βάρος του υγρού, που ισούται με

$$W = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του νερού, h είναι το ύψος και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Τότε:

$$\sigma \cdot cos\theta \cdot 2\pi r = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g$$

ή αλλιώς:

$$h = \frac{2 \cdot \sigma \cdot cos\theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Για ένα δεδομένο υγρό και δοχείο το ύψος της στήλης του υγρού είναι αντιστρόφως ανάλογο με τη διάμετρο του σωλήνα και τη βαρύτητα.

$$h \sim \frac{1}{g \cdot r}$$

Για νερό και γυαλί είναι $h = 1{,}4 \cdot 10^{-5} m^2/r$, όπου r είναι η ακτίνα σε μέτρα. Συνεπώς για σωλήνα με διάμετρο ακτίνας 1m το νερό μπορεί θα ανέβει κατά 0,014 χιλιοστά, ενώ για σωλήνα με διάμετρο ακτίνας 0,0001m, το νερό θα ανέβει κατά 140 χιλιοστά. Για τα δένδρα ύψους 115 μέτρων η διάμετρος είναι της τάξεως των 10^{-4} m γιατί η επιφάνεια δεν είναι λεία όπως του γυαλιού αλλά πορώδης, οπότε συμβάλλουν και άλλες δυνάμεις στην άνοδο του νερού.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 1ο ΓΕΛ Ραφήνας με μαθητές Α΄ Λυκείου. Οι 25 μαθητές επιλέχθηκαν τυχαία από 77 μαθητές που εκδήλωσαν την επιθυμία να συμμετάσχουν, αφού το θέμα που έχει σχέση με τον εποικισμό στον Άρη είχε κινήσει το ενδιαφέρον τους. Οι μαθητές χωρίσθηκαν σε διμελείς ομάδες και πραγματοποίησαν το πείραμα στην αίθουσα της πληροφορικής. Κάθε ομάδα διαθέτει έναν υπολογιστή και μέσω του αρχείου ip-τριχοειδές _1 οδηγούνται σε περιβάλλον προσομοίωσης τριχοειδών φαινομένων.

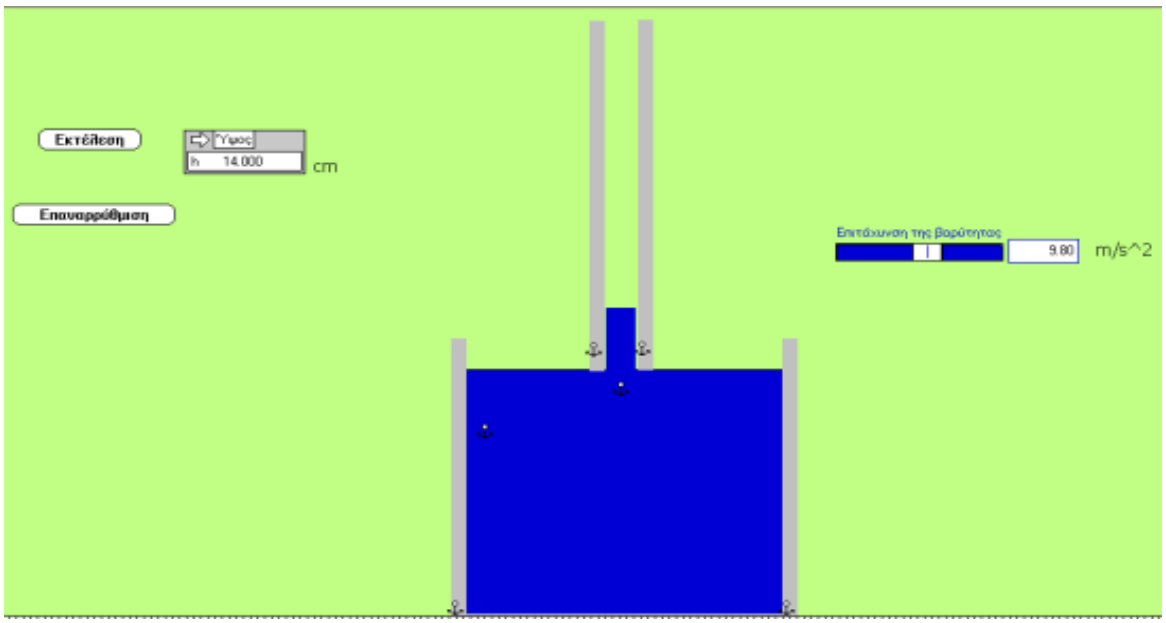
Να αναφέρουμε εδώ ότι δεν υπάρχει λογισμικό με υγρά, αλλά μέσω του λογισμικού Interactive Physics μπορέσαμε να προσεγγίσουμε αρκετά ικανοποιητικά την συμπεριφορά υγρών σε τριχοειδή φαινόμενα.

Δόθηκε ερωτηματολόγιο στους μαθητές πριν και μετά την πειραματική διαδικασία. Η εξαγωγή συμπερασμάτων και η παιδαγωγική αξιολόγηση στηρίχθηκε στη μέθοδο «Πρόβλεψη, Πειραματισμός, Επιβεβαίωση, Συμπεράσματα».

Πειραματική διαδικασία

Η άνοδος του νερού στα φυτά, όπως υποστηρίζεται από τους περισσότερους Βιολόγους και Φυσικούς, οφείλεται στα τριχοειδή φαινόμενα (Θεωρία Συνοχής – Επιφανειακής Τάσης). Σχεδιάσαμε ένα λογισμικό, που παρουσιάζει πως επηρεάζεται η κίνηση του νερού σε τριχοειδείς σωλήνες, όταν μεταβάλλεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g. Με αυτό το Νοητικό Πείραμα θέλουμε να αποδείξουμε ότι όταν μεταβάλλεται η επιτάχυνση της βαρύτητας μεταβάλλεται το ύψος του νερού σε ένα τριχοειδή σωλήνα. Όπως συμπεριφέρεται το νερό σε έναν γυάλινο τριχοειδή σωλήνα ανάλογα θα συμπεριφερθεί και στους λεπτούς ξυλώδεις σωλήνες των φυτών, που ανεβάζουν το νερό στα φύλλα.

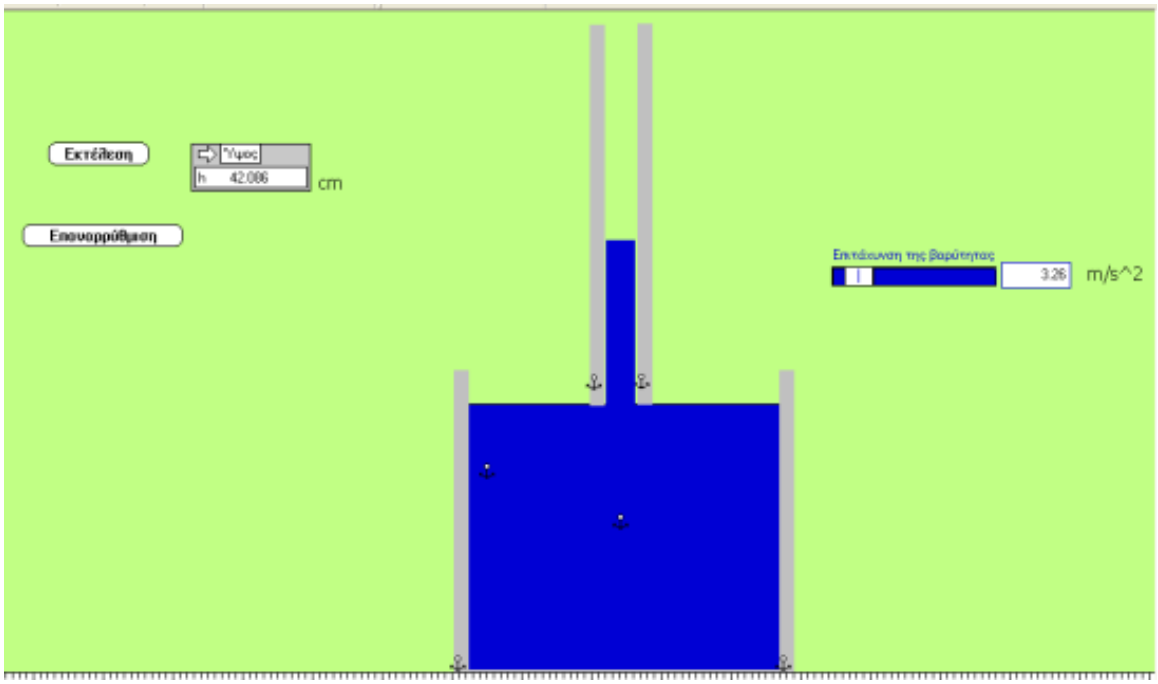
Η κάθε ομάδα ανοίγει το αρχείο ip-τριχοειδές _1, που έχουμε δημιουργήσει από το λογισμικό Interactive Physics, το οποίο οδηγεί σε περιβάλλον προσομοίωσης τριχοειδών φαινομένων. Στο αρχείο που άνοιξαν μπορούν να πειραματιστούν και να μελετήσουν τριχοειδή φαινόμενα. Συγκεκριμένα την εξάρτηση του ύψους h του νερού τριχοειδών σωλήνων από τη μεταβολή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g.



Εικόνα 7: Η συσκευή του Νοητικού Πειράματος των τριχοειδών φαινομένων. Ο σωλήνας έχει διάμετρο 10^{-4} m και στην επιφάνεια της Γης το ύψος του νερού είναι 14 cm. Για να εισάγουμε τιμές κάνουμε κλικ στο πλαίσιο που μας ενδιαφέρει και αλλάζουμε την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g ή του ύψους h του τριχοειδούς σωλήνα. Για εισαγωγή νέων τιμών κάνουμε κλικ στο πλαίσιο επαναρρύθμιση.

Γι αυτό το σκοπό το λογισμικό έχει εφοδιαστεί με (α) ένα δοχείο-δεξαμενή, το οποίο περιέχει νερό και έναν τριχοειδή σωλήνα διαμέτρου 10^{-4} m, (β) πλαίσια εισαγωγής τιμών ύψους τριχοειδούς σωλήνα, επιτάχυνσης της βαρύτητας και (γ) το πλαίσιο επαναρρύθμιση για την εισαγωγή νέων τιμών.

Για g=9,8m/s² το ύψος του νερού είναι 14 εκατοστά, όπως αποδείξαμε στη θεωρία. Για κάθε νέα τιμή επιτάχυνσης της βαρύτητας τους ζητάμε να προβλέψουν το ύψος του νερού στο σωλήνα, μετά πειραματίζονται και βλέπουν αν επιβεβαιώνεται η πρόβλεψή τους. Μεταφέρουν τις μετρήσεις τους σε υπολογιστικό φύλλο Excel και δημιουργούν διάγραμμα h-g. Τέλος συζητούν τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν.



Εικόνα 8: Η συσκευή του Νοητικού Πειράματος των τριχοειδών φαινομένων στην επιφάνεια του Άρη, όπου g = 3,26 m/s^2 .

Αποτελέσματα της έρευνας

Το λογισμικό αξιολογήθηκε σε 25 μαθητές Α΄ Λυκείου. Όπως φαίνεται από τα δείγματα Πρόβλεψης και Επιβεβαίωσης υπήρξε μεγάλο ποσοστό βελτίωσης 53,4%, (από 52% σωστή πρόβλεψη σε 80% σωστή επιβεβαίωση). Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται και οι απαντήσεις σε ερωτήσεις αξιολόγησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

	ΠΡΟΒΛΕΨΗ	ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ						
			1η	2η	3η	4η	5η	6η	7η
Α1	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Α	Α	Α	Α-4,Β-4,Γ-4	4
Α2	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-3,Β-4,Γ-5	5
Α3	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Β	Β	Α-5,Β-4,Γ-4	3
Α4	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Α	Β	Γ	Α-3,Β-3,Γ4	2
Α5	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-3,Β-3,Γ-4	2
Α6	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-5,Β-2,Γ-3	5
Α7	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Γ	Β	Β	Γ	Α-3,Β-2,Γ-2	3
Α8	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Α	Β	Γ	Α-5,Β-3,Γ-5	3
Α9	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Β	Α	Β	Β	Β	Α-3,Β-4,Γ-3	3
Α10	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Γ	Α	Β	Γ	Α-3,Β-2,Γ-3	3
Α11	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Γ	Α	Β	Β	Γ	Α-5,Β-5,Γ-5	5
Α12	ΛΑΘΟΣ	ΛΑΘΟΣ	Γ	Α	Β	Α	Β	Α-1,Β-2,Γ-2	5
Α13	ΣΩΣΤΗ	ΛΑΘΟΣ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-4,Β-5,Γ-5	3
Α14	ΣΩΣΤΗ	ΛΑΘΟΣ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-4,Β-2,Γ-4	2
Α15	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Β	Γ	Α-4,Β-4,Γ-4	5
Α16	ΛΑΘΟΣ	ΛΑΘΟΣ	Α	Γ	Β	Β	Β	Α-3,Β-4,Γ-4	3
Α17	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Γ	Β	Β	Γ	Α-4,Β-3,Γ-3	3
Α18	ΣΩΣΤΗ	ΛΑΘΟΣ	Α	Α	Α	Β	Γ	Α-3,Β-3,Γ-4	3
Α19	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Β	Γ	Β	Α-3,Β-2,Γ-3	3
Α20	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Γ	Α	Β	Γ	Α-3,Β-3,Γ-4	3
Α21	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Β	Α	Β	Β	Γ	Α-4,Β-3,Γ-3	4
Α22	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Γ	Β	Β	Γ	Α	Α-3,Β-5,Γ-4	4
Α23	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Β	Α	Β	Γ	Α-4,Β-4,Γ-4	5
Α24	ΛΑΘΟΣ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Α	Β	Γ	Α-4,Β-5,Γ-5	5
Α25	ΣΩΣΤΗ	ΣΩΣΤΗ	Α	Α	Α	Β	Γ	Α-4,Β-4,Γ-5	5
ΠΟΣΟΣΤΑ	Σ-52%	Σ-80%	Σ-80%	Σ-68%	Σ-64%	Σ-84%	Σ-76%	3,4,5: 92%	3,4,5: 92%

Α1	1	1
Α2	1	1
Α3	0	1
Α4	1	1
Α5	0	1
Α6	1	1
Α7	0	1
Α8	0	1
Α9	1	1
Α10	0	1
Α11	1	1
Α12	0	0
Α13	1	0
Α14	1	0
Α15	1	1
Α16	0	0
Α17	1	1
Α18	1	0
Α19	0	1
Α20	0	1
Α21	0	1
Α22	1	1
Α23	0	1
Α24	0	1
Α25	1	1
	0,52	0,8
ΠΟΣΟΣΤΑ	Σ-52%	Σ-80%

Έλεγχος t του μέσου δύο δειγμάτων συσχετισμένων ζευγών		
	Μεταβλητή 1	*Μεταβλητή 2*
Μέσος	0,52	0,8
Διακύμανση	0,26	0,166666667
Μέγεθος δείγματος	25	25
Συσχέτιση Pearson	-0,080064077	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0	
βαθμοί ελευθερίας	24	
t	-2,064187386	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,02498521	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,710882067	
P(T<=t) δίπλευρη	0,049970419	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,063898547	

Στο t-Test των εξαρτημένων δειγμάτων του Excel από την επιλογή Ανάλυση Δεδομένων φαίνεται στον πίνακα, ότι η διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στην πρόβλεψη και στην επιβεβαίωση είναι στατιστικά σημαντική και όχι τυχαία (οι πιθανότητες είναι < 0,05), άρα το ΝΠ βοήθησε πραγματικά τους μαθητές.

Συζήτηση -Συμπεράσματα

Ως γνωστό, η μεγαλύτερη αδυναμία των μαθητών είναι μια διαθεματική προσέγγιση.
Συνεπώς είναι δύσκολο να αντιληφθούν την έννοια των τριχοειδών φαινομένων, αφού η κατανόηση αυτής απαιτεί συνδυασμό γνώσεων από τα πεδία της Βιολογίας, της Φυσικής και της Χημείας.

Οι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι τα Νοητικά Πειράματα με τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών, μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση τέτοιων εννοιών όπως τα τριχοειδή φαινόμενα.
Η παραπάνω άποψη επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, αφού φάνηκε ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση των γνώσεων και οι μαθητές μπόρεσαν να ξεπεράσουν τις δυσκολίες.

Βιβλιογραφία

Αλευρίδης, Ι. (2011). Νοητικά πειράματα στις Φυσικές Επιστήμες: ταξινόμηση, λειτουργία, διδακτική χρήση. Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ, Πάτρα.
Βελέντζας Α., Χαλκιά Κ., Σκορδούλης Κ. (2009). Η Αξιοποίηση των νοητικών πειραμάτων στη διδασκαλία των θεωριών της Φυσικής του 20ου αιώνα σε μαθητές του Λυκείου. Η περίπτωση «του ανελκυστήρα του Αϊνστάιν». Στο: Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (2009). Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών. , σελ. 232-239. http://www.uowm.gr/kodifeet

Brown, J.: (1991) The Laboratory of the Mind. Thought Experiments in the Natural Sciences Routledge, London
Brown, J.: (2006) The Promise and Perils of Thought Experiments. Interchange, Vol. 37/1-2,63-75
Einstein, A.: (1919/1961), Relativity: The Special and the General theory, A popular Exposition, Grown publishers, New York
Gamow, G.: (1966) Thirty years that shook Physics, Doubleday and Co.
Gamow, G.: (1990) Mr Tompkins in paperback, Cambridge University Press
Gilbert, J. and Reiner, M.: (2000). Thought experiments in science education: potential and current realization, International Journal of Science Education, 22(3), 265-283
Helm, H., Gilbert, J., Watts, D.M.:(1985) Thought experiments and physics education-Part 2. Physics Education, 20, 211-17.
Klassen, S.: (2006) The science thought experiments: How Might it be Used Profitably in the Classroom?, Interchange, Vol. 37/1-2, 77-96
Kuhn, T.: (1977) A function of thought experiments. In T. Kuhn: The Essential Tension Selected studies in scientific tradition and change, Chicago University Press, 240-265.
Mach, E.:(1896/1976) On thought experiments in E. Mach Knowledge and Error 134-147.
Landau, L.: (1959) What is relativity? Basic Books New York
Matthews, M.: (1994) Thought experiments in M. Matthews Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science, Routledge, New York-London, 99-105
Popova, M. (2011). Six Famous Thought Experiments, Animated in 60 Seconds Each. In: http://www.brainpickings.org/index.php/2011/10/19/open-university-thought-experiments/
Sorensen, R.: (1992) Thought Experiments, Oxford University Press, New York and London.
Ανάκτηση από τη διεύθυνση: http://esamultimedia.esa.int/docs/hsf/les-2/ESAbooklet_Greek.pdf
Velentzas A., Halkia K., Skordoulis C.: (2007), Thought experiments in the theory of relativity and in quantum mechanics: Their presence in textbooks and in popular science books. *Science & Education, 16: 353-370*

Η ομότιτλη εργασία όπως δημοσιεύτηκε στον αρχικό τόμο των Πρακτικών του Συνεδρίου, αποτελεί πρώιμη εκδοχή του κειμένου και θα πρέπει να θεωρείται ως μη δημοσιευθείσα. Αντικαθίσταται από την παρούσα βελτιωμένη τελική εκδοχή.

Αντιλήψεις φοιτητών για τα οργανικά συστήματα. Ποιος ο ρόλος της αλληλεπίδρασης κατά τη συζήτηση σε ομάδες στη διαμόρφωση των αντιλήψεών τους

Βασιλοπούλου Παναγιώτα[1], Πρίνου Λουκία[2], Χαλκιά Κρυσταλλία[3]
[1,3]ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, giouli.vasil@gmail.com1, kxalkia@primedu.uoa.gr3
[2]Γυμνάσιο Ψυχικού, lprinou@primedu.uoa.gr2

Περίληψη

Η έρευνα εξετάζει αν η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων μιας ομάδας μπορεί να βοηθήσει στη θεώρηση του ανθρώπινου οργανισμού ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα οργάνων. Για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων επιλέχθηκε η ποιοτική έρευνα. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 τεταρτοετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ Αθηνών. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με σκίτσα, ατομικά και ομαδικά, και βιντεοσκοπημένες συζητήσεις μεταξύ πέντε ομάδων των τριών ατόμων. Η ανάλυση δεδομένων έδειξε ότι: 1) η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων μιας ομάδας μπορεί να βοηθήσει στη θεώρηση του ανθρώπινου οργανισμού ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα οργάνων, 2) οι συμμετέχοντες, ενώ όταν ζωγράφιζαν ατομικά απεικόνιζαν τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από μεμονωμένα όργανα, ομαδικά απεικόνιζαν τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα, 3) ακόμα και οι ομάδες που απεικόνιζαν τον ανθρώπινο οργανισμό συστημικά, δεν θεωρούσαν τον ανθρώπινο οργανισμό ως ένα λειτουργικό σύνολο, 4) δε θεωρούσαν ότι κάθε όργανο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ισορροπίας του συστήματος.

Abstract

The present study aims to examine whether interaction between members of a group can help in considering the human body as composed of individual systems. Qualitative research methods were employed both for data collection and analysis. Participants in the study were 15 first-year students of the Faculty of Primary Education of the Athens University. Data were collected through drawings, individual and collective, and video-recorded conversations between five groups consisting of three students each. The study's findings revealed that: 1) interaction between members of a group can help in regarding the human body as consisting of individual systems; 2) participants depicted the human body as composed of individual organs when drawing alone, while they depicted it as consisting of systems when drawing in groups; 3) even groups sketching the human organism as a system, did not consider it a functional whole; 4) did not view every organ as playing a vital part in preserving the balance of the system.

Εισαγωγή

Αρκετές έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές και οι σπουδαστές δυσκολεύονται να θεωρήσουν τον ανθρώπινο οργανισμό ως ένα λειτουργικό σύνολο αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Πρώτη πραγματοποιήθηκε η έρευνα των Reiss & Tunnicliffe (2001a,2001b) σε μαθητές και σπουδαστές της Αγγλίας από έξι διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, κατά την οποία ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να σχεδιάσουν τι πιστεύουν ότι υπάρχει μέσα στο σώμα τους. Μια παρόμοια έρευνα πραγματοποιήθηκε σε διεθνές επίπεδο με τη συμμετοχή 586 μαθητών από 11 διαφορετικές χώρες (Reiss et al.,2002). Η έρευνα αυτή ήταν κομμάτι μιας ευρύτερης διεθνούς έρευνας που προέβλεπε τη συμμετοχή 54 χωρών μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα (Παπαδοπούλου & Σουβατζή 2004). Μία ακόμα παρόμοια έρευνα πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ από τις Patrick & Tunnicliffe (2010). Ο σκοπός της μελέτης ήταν να αναφερθεί ο βαθμός κατανόησης της εσωτερικής δομής του ανθρώπινου σώματος από καθηγητές φυσικών επιστημών. Τέλος, μία πιο πρόσφατη έρευνα στην Ελλάδα σχετικά με τις απόψεις των μαθητών για το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος με βάση τα σχέδια τους έγινε στο πλαίσιο μεταπτυχιακού προγράμματος του ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ (Κυπράκη, 2012) και στην οποία συμμετείχαν μαθητές 10 και 12 χρονών. Η επεξεργασία των δεδομένων σε όλες τις προαναφερθείσες έρευνες έγινε σύμφωνα με την πρώτη έρευνα των Reiss & Tunnicliffe

(2001a,2001b). Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών έδειξαν ότι: 1) μια μειονότητα ατόμων σχεδίαζε τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα οργάνων, 2) άτομα μεγαλύτερα σε ηλικία έκαναν σχέδια υψηλότερου επιπέδου, 3) υπήρξαν αναστολές ως προς την αναπαράσταση του αναπαραγωγικού συστήματος, 4) τα όργανα κάποιων συστημάτων εμφανίζονταν συχνότερα (π.χ. καρδιά), 5) τα πιο συχνά ζωγραφισμένα συστήματα ήταν το πεπτικό και το αναπνευστικό, ενώ σπάνια εμφανιζόταν το μυϊκό.

Η έρευνα που παρουσιάζεται ακολούθως αποτελεί ένα μέρος μιας μεγαλύτερης έρευνας στην οποία, με διάφορους τρόπους, διερευνήθηκαν περαιτέρω οι αντιλήψεις σπουδαστών για το ανθρώπινο σώμα και τις λειτουργίες του. Στο συγκεκριμένο τμήμα αυτής της έρευνας που παρουσιάζεται εδώ, εξετάσθηκε ποιος είναι ο ρόλος της αλληλεπίδρασης στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των φοιτητών για το ανθρώπινο σώμα και συγκεκριμένα κατά πόσον η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων μιας ομάδας μπορεί να βοηθήσει στη θεώρηση του ανθρώπινου οργανισμού ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με σκίτσα, ατομικά και ομαδικά, αλλά και βιντεοσκοπημένες συζητήσεις μεταξύ ομάδων.

Μεθοδολογία της έρευνας

Για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων επιλέχθηκε η ποιοτική έρευνα. Η στρατηγική έρευνας που χρησιμοποιήθηκε ήταν οι ομάδες εστίασης οι οποίες είναι ομάδες συνεντεύξεων, που δε βασίζονται σε ένα σχήμα συνέντευξης τύπου ερώτηση – απάντηση, αλλά στην αλληλεπίδραση που αναπτύσσεται μέσα στο πλαίσιο της ομάδας (Mertens, 2009).

1. Το δείγμα

Το δείγμα που συμμετείχε στην έρευνα ήταν τεταρτοετείς προπτυχιακοί φοιτητές του ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ. Οι φοιτητές που συμμετείχαν στις ομάδες εστίασης επιλέχθηκαν τυχαία. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις πρώτοι φοιτητές στον κατάλογο από κάθε τμήμα του εργαστηρίου ενός μαθήματος. Έτσι, δημιουργήθηκαν οι πέντε ομάδες των τριών ατόμων. Οι λόγοι της επιλογής του συγκεκριμένου αριθμού ατόμων ανά ομάδα και όχι περισσότερων ήταν κυρίως τεχνικοί (μεγαλύτερη ευκρίνεια στο βίντεο οπτικά και ηχητικά). Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τους συμμετέχοντες στην έρευνα, όπου φαίνεται η κωδικοποίηση των προσώπων, ώστε να γίνει απόκρυψη των προσωπικών τους στοιχείων.

Πίνακας 1: Κωδικοποίηση προσωπικών στοιχείων συμμετεχόντων

ΟΜΑΔΑ 1	1: Άντρας	2: Γυναίκα	3: Γυναίκα
ΟΜΑΔΑ 2	1: Άντρας	2: Γυναίκα	3: Γυναίκα
ΟΜΑΔΑ 3	1: Γυναίκα	2: Γυναίκα	3: Γυναίκα
ΟΜΑΔΑ 4	1: Γυναίκα	2: Γυναίκα	3: Γυναίκα
ΟΜΑΔΑ 5	1: Γυναίκα	2: Γυναίκα	3: Γυναίκα

2. Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Πριν αρχίσει η συζήτηση σε ομάδες, σε κάθε έναν συμμετέχοντα ξεχωριστά, δόθηκε ένα λευκό φύλλο χαρτί στο οποίο υπήρχε η εξής εκφώνηση:

«Σχεδίασε όλα όσα υπάρχουν στο εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος και σημείωσε πώς ονομάζονται. Προσπάθησε να εξηγήσεις και να περιγράψεις πώς όλα αυτά λειτουργούν ώστε να μπορεί ο ανθρώπινος οργανισμός να επιβιώνει και να διαιωνίζεται. *(Για να απεικονίσεις και να εξηγήσεις καλύτερα τις απόψεις σου, μπορείς να χρησιμοποιήσεις και τελικά να παραδώσεις όσα φύλλα χαρτιού κρίνεις ότι είναι απαραίτητα. Τα σχέδια δεν αξιολογούνται ως προς την καλλιτεχνική τους ποιότητα η οποία και δεν λαμβάνεται υπόψη)*».

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι ομάδες και δόθηκε σε κάθε ομάδα το ίδιο φύλλο χαρτί, με την ίδια εκφώνηση, που είχε δοθεί σε κάθε άτομο ξεχωριστά. Οι συμμετέχοντες μπήκαν ανά

τριάδα σε κλειστό δωμάτιο όπου είχε τοποθετηθεί κάμερα βιντεοσκόπησης. Ενημερώθηκαν ότι έχουν στη διάθεσή τους μία ώρα να συζητήσουν για το θέμα που τους δόθηκε και να σχεδιάσουν ένα τελικό ομαδικό σκίτσο. Ολόκληρη η ωριαία συζήτηση κάθε ομάδας και η διαδικασία κατασκευής των ομαδικών σκίτσων βιντεοσκοπήθηκαν.

3. Μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο έγινε ανάλυση λόγου πάνω στα απομαγνητοφωνημένα κείμενα των διαλόγων μεταξύ των ατόμων της κάθε ομάδας. Στο δεύτερο στάδιο έγινε η βαθμολόγηση, τόσο των αρχικών ατομικών σκίτσων, όσο και των τελικών ομαδικών, ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση.

3.1. Ανάλυση λόγου των απομαγνητοφωνημένων διαλόγων

Η ανάλυση λόγου πραγματοποιήθηκε με εστιασμένη ανάλυση των διαλόγων βάσει οκτώ κριτηρίων που τέθηκαν. Διερευνήθηκαν, δηλαδή, οι απόψεις και στάσεις των συμμετεχόντων σε συγκεκριμένους τομείς. Τα κριτήρια που τέθηκαν είναι τα εξής παρακάτω:

1ο κριτήριο: Εισαγωγή της έννοιας του συστήματος

Το κριτήριο αυτό εξετάζει πότε και με ποιο τρόπο γίνεται στη συζήτηση η εισαγωγή της έννοιας του συστήματος από τα άτομα της κάθε ομάδας. Προκειμένου να γίνει η ανάλυση του πρώτου κριτηρίου χρειάστηκε να οριστούν κάποιες κατηγορίες ως προς τον τρόπο εισαγωγής της έννοιας του συστήματος. Έτσι ορίστηκε η *συνειδητή*, η *μηχανική* και η *τυχαία* εισαγωγή της έννοιας του συστήματος Περαιτέρω, η συνειδητή εισαγωγή της έννοιας του συστήματος ονομάστηκε *ενεργητική υιοθέτηση*, η μηχανική εισαγωγή ονομάστηκε *παθητική υιοθέτηση* και η τυχαία εισαγωγή ονομάστηκε *απουσία υιοθέτησης*.

2ο κριτήριο: Συστήματα που αναφέρει (λεκτικά) κάθε ομάδα.

Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στο είδος των συστημάτων που δήλωσαν λεκτικά, με οποιονδήποτε τρόπο (ακόμα και μηχανικά ή τυχαία), τα άτομα της κάθε ομάδας. Το κριτήριο αφορά καθαρά τις λεκτικές αναφορές και όχι τις αναφορές που έγιναν μέσω των σκίτσων.

3ο κριτήριο: Όργανα που αναφέρει (λεκτικά) κάθε ομάδα

Το κριτήριο αυτό αναφέρεται στα όργανα που δήλωσαν λεκτικά τα άτομα της κάθε ομάδας.

4ο κριτήριο: Όργανα που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα συστήματα

Με το κριτήριο αυτό τέθηκαν δύο στόχοι. Πρώτον, να αναδειχθεί εάν τα όργανα που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα συστήματα είναι σωστά τοποθετημένα, και δεύτερον, κατά πόσο υπάρχουν όργανα τα οποία αναφέρονται μεμονωμένα, δηλαδή χωρίς να εντάσσονται σε κάποιο συγκεκριμένο σύστημα.

5ο κριτήριο: Αναφορές σε συνεργασία, Οργάνων μεταξύ τους, Οργάνων και συστημάτων, Συστημάτων και συστημάτων

Με την ανάλυση του πέμπτου κριτηρίου ανιχνεύονται στα λεγόμενα των ομάδων τυχόν αναφορές σε συνεργασία οργάνων μεταξύ τους, οργάνων και συστημάτων, και τέλος, συστημάτων και συστημάτων.

6ο κριτήριο: Λειτουργίες οργάνων και συστημάτων που περιγράφονται σωστά

Με την ανάλυση του έκτου κριτηρίου ανιχνεύονται στα λεγόμενα των ομάδων τυχόν αναφορές σε λειτουργίες οργάνων και συστημάτων. Το κριτήριο αναλύει μόνο τις λειτουργίες που περιγράφονται με σωστό τρόπο από τις ομάδες. Αποφασίστηκε ότι θεωρείται πως μια ομάδα περιγράφει σωστά τη λειτουργία ενός συστήματος όταν περιλαμβάνει στην περιγραφή την αλληλεπίδραση τουλάχιστον του 50% των βασικών οργάνων του κάθε συστήματος.

7ο κριτήριο: Τι θεωρούν ως μέρος/εσωτερικό του σώματος

Το κριτήριο αυτό έχει ως στόχο να διερευνήσει τις απόψεις των ατόμων που αποτελούν τις ομάδες σχετικά με το τι θεωρούν εσωτερικό του σώματος και τι θεωρούν μέρος του σώματος.

8ο κριτήριο: Κριτήρια που θέτουν για τη σπουδαιότητα οργάνων και συστημάτων

Το κριτήριο αυτό έχει ως στόχο να διερευνήσει τις απόψεις των ατόμων που αποτελούν τις ομάδες σχετικά με τα κριτήρια που θέτουν για τη σπουδαιότητα των οργάνων και των συστημάτων.

3.2. Βαθμολόγηση ατομικών και ομαδικών σκίτσων

Για τη βαθμολόγηση των ατομικών και ομαδικών σκίτσων χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω επτάβαθμη κλίμακα, όπως περιγράφεται στον πίνακα 2, και τα εννέα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού με τα βασικά όργανα τα οποία περιλαμβάνει το καθένα, όπως περιγράφονται στον πίνακα 3. Οι πίνακες αυτοί βασίστηκαν στους πίνακες από την έρευνα των Reiss & Tunnicliffe (2001b), στους οποίους όμως έγιναν κάποιες τροποποιήσεις.

Πίνακας 2: . Σύστημα καταγραφής της βιολογικής ποιότητας κάθε σκίτσου

L1	Καμία αναφορά σε εσωτερική δομή.
L2	Αναφορά σε ένα όργανο (π.χ. στομάχι, εγκέφαλος) τοποθετημένο σε τυχαία θέση.
L3	Αναφορά σε ένα όργανο τοποθετημένο σε κατάλληλη θέση.
L4α	Αναφορά σε ένα, δύο ή περισσότερα όργανα σε σωστές θέσεις με διασυνδέσεις (σχέσεις) μεταξύ τους, χωρίς, όμως, να αποτελούν πλήρες σύστημα.
L4β	Αναφορά σε ένα, δύο ή περισσότερα όργανα σε σωστές θέσεις, αλλά χωρίς διασυνδέσεις (σχέσεις) μεταξύ τους.
L5	Αναφορά σε ένα σύστημα οργάνων (με κατάλληλο τρόπο).
L6	Αναφορά σε δύο-τρία συστήματα οργάνων (με κατάλληλο τρόπο).
L7	Αναφορά σε τέσσερα-πέντε συστήματα οργάνων (με κατάλληλο τρόπο).

Πίνακας 3: Ορισμός καθενός από τα μείζονα συστήματα οργάνων

Τα ΚΕΦΑΛΑΙΑ σημαίνουν ότι περιγράφεται ένα ολόκληρο σύστημα, τα μικρά ότι περιγράφεται ένα όργανο αυτού του συστήματος ή ότι η περιγραφή του συστήματος είναι ελλιπής (δεν είναι πλήρης).

Ερειστικό σύστημα (Ε, ε): Κρανίο, σπονδυλική στήλη, πλευρά και άκρα.

Αναπνευστικό σύστημα (Α, α): Δύο πνεύμονες, δύο βρόγχοι, αεραγωγός ο οποίας συνδέεται με το στόμα ή και με τη μύτη.

Νευρικό σύστημα (Ν, ν): Εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός, κάποια περιφερειακά νεύρα (π.χ. οπτικό νεύρο).

Πεπτικό σύστημα (Π, π): Συνεχής σωλήνας από το στόμα μέχρι τον πρωκτό και ενδείξεις περιέλιξης ή/και διαμερισματοποίησης (μπορεί αναλυτικότερα να περιλαμβάνει τη στοματική κοιλότητα, φάρυγγας, οισοφάγος, στομάχι, λεπτό έντερο, παχύ έντερο, πρωκτός, συκώτι/ήπαρ, πάγκρεας).

Ενδοκρινικό σύστημα (Ε, ε): Δύο ενδοκρινείς αδένες (π.χ. θυρεοειδής, επινεφρίδια, υπόφυση), εκτός από το πάγκρεας (το οποίο καταγράφεται με το πεπτικό σύστημα) και τις γονάδες (οι οποίες καταγράφονται με το ουρογεννητικό σύστημα).

Ουροποιητικό σύστημα (Ο, ο): Δύο νεφροί, δύο ουρητήρες, ουροδόχος κύστη και ουρήθρα.

Γεννητικό σύστημα (Γ, γ): Δύο ωοθήκες, δύο σάλπιγγες και μήτρα (Θ) ή δύο όρχεις, δύο επιδιδυμίδες και πέος (Α).
Μυϊκό σύστημα (Μ, μ): Δύο μυϊκές ομάδες (π.χ. κατώτερος βραχίονας και μηρός).
Κυκλοφορικό σύστημα (Κ, κ): Καρδιά, αρτηρίες και φλέβες προς και/ή από την καρδιά και προς όλο το σώμα, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό.

Αποτελέσματα και συζήτηση

1. Επεξεργασία και ανάλυση λεκτικών δεδομένων βάσει κριτηρίων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με βάση τα κριτήρια που ορίστηκαν στη μεθοδολογία έρευνας.

1ο κριτήριο: Εισαγωγή της έννοιας του συστήματος

Στην **πρώτη** ομάδα η συμμετέχουσα 2 εισάγει συνειδητά την έννοια του συστήματος από το πρώτο λεπτό. Οι άλλοι δύο της ομάδας δε φαίνεται να υιοθετούν τη στάση της 2. Δεν φέρνουν αντίρρηση στον τρόπο που έχει επιλέξει, όμως παραμένουν σε παθητική υιοθέτηση. Στη **δεύτερη** ομάδα η λέξη «σύστημα» αναφέρεται τυχαία από τη γυναίκα

2. Δεν υπονοείται καμία επιστημονική σημασιοδότηση της λέξης «σύστημα». Θεωρείται ότι η στη δεύτερη ομάδα παρατηρήθηκε απουσία κατανόησης της έννοιας του συστήματος. Η **τρίτη** ομάδα εισάγει κατευθείαν από το πρώτο λεπτό την έννοια του συστήματος μέσω της γυναίκας 3. Οι άλλες δύο γυναίκες ανταποκρίνονται αμέσως και αναφέρουν κι αυτές συχνά τη λέξη «σύστημα», σημασιοδοτώντας πλήρως επιστημονικά τη λέξη. Όλη η ομάδα, συνεπώς, προχωρεί σε ενεργητική υιοθέτηση. Η **τέταρτη** ομάδα, επίσης, εισάγει κατευθείαν από το πρώτο λεπτό την έννοια του συστήματος μέσω της γυναίκας 1. Οι άλλες δύο γυναίκες ανταποκρίνονται αμέσως και αναφέρουν κι αυτές συχνά τη λέξη «σύστημα», σημασιοδοτώντας πλήρως επιστημονικά τη λέξη. Όλη η ομάδα, συνεπώς, προχωρεί σε ενεργητική υιοθέτηση. Στην **πέμπτη** ομάδα η έννοια του συστήματος δεν εισάγεται ποτέ. Δεν αναφέρεται από κανένα μέλος της ομάδας, με οποιονδήποτε τρόπο, η λέξη «σύστημα». Πρόκειται για απουσία υιοθέτησης.

2ο κριτήριο: Συστήματα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα

3ο κριτήριο: Όργανα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα

Στους πίνακες 4 και 5 παρατίθενται τα συστήματα και τα όργανα που ανέφερε η κάθε ομάδα:

Πίνακας 4: Συστήματα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα

Συστήματα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα									
	Ερειστικό	Αναπνευστικό	Πεπτικό	Νευρικό	Ενδοκρινικό	Ουροποιητικό	Γεννητικό	Μυϊκό	Κυκλοφορικό
ΟΜΑΔΑ 1	√	√	√	√			√	√	√
ΟΜΑΔΑ 2				√			√		
ΟΜΑΔΑ 3	√		√				√	√	√
ΟΜΑΔΑ 4		√	√	√		√	√		√
ΟΜΑΔΑ 5									

Πίνακας 5: Όργανα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα

Όργανα που αναφέρει λεκτικά κάθε ομάδα																	
	Ερειστικό				Αναπνευστικό				Πεπτικό								
	Σπονδυλική Στήλη	Κρανίο	Άκρα	Πλευρά	Λάρυγγας	Πνεύμονες	Τραχεία	Ρινική Κοιλότητα	Στοματική Κοιλότητα	Φάρυγγας	Οισοφάγος	Συκώτι	Στομάχι	Λεπτό έντερο	Παχύ έντερο	Χοληδόχος Κύστη	Πάγκρεας
ΟΜΑΔΑ 1	√				√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 2	√	√		√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 4						√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 5	√		√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

	Νευρικό			Ενδοκρινικό	Ουροποιητικό		Γεννητικό					Μυϊκό	Κυκλοφορικό		
	Περιφερειακά νεύρα	Εγκέφαλος	Νωτιαίος μυελός	Ενδοκρινείς αδένες	Νεφρά	Ουροδόχος κύστη	Ωοθήκες	Σάλπιγγες	Μήτρα	Όρχεις	Πέος	Μυϊκές ομάδες	Καρδιά	Φλέβες	Αρτηρίες
ΟΜΑΔΑ 1	√	√			√		√	√	√	√	√	√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 2	√	√		√	√	√	√	√	√			√	√		
ΟΜΑΔΑ 3	√	√		√	√	√	√		√			√	√	√	√
ΟΜΑΔΑ 4	√	√			√	√	√	√	√	√	√		√	√	√
ΟΜΑΔΑ 5	√	√	√	√	√							√	√	√	√

4ο κριτήριο: Όργανα που τοποθετούνται σε συγκεκριμένα συστήματα

Τα όργανα που αναφέρονται από την **πρώτη** ομάδα τοποθετούνται σωστά στα συστήματα με λίγες εξαιρέσεις. Τα μόνα όργανα που τοποθετούνται σωστά στα συστήματα στα οποία ανήκουν από τη **δεύτερη ομάδα**, είναι ο εγκέφαλος, οι σάλπιγγες, οι ωοθήκες και η μήτρα. Άλλωστε, το νευρικό και το γεννητικό σύστημα είναι και τα μόνα συστήματα που αναφέρονται από τη συγκεκριμένη ομάδα. Υπενθυμίζεται ότι οι αναφορές στα συστήματα αυτά έγιναν με τυχαίο και μηχανικό τρόπο. Τα όργανα που τοποθετούνται από την **τρίτη** ομάδα σε συστήματα είναι σωστά τοποθετημένα. Αναφέρονται, όμως, όργανα του αναπνευστικού, του νευρικού, του ενδοκρινικού και του ουροποιητικού συστήματος που δεν τοποθετούνται σε κάποιο σύστημα. Όσα όργανα αναφέρονται από την **τέταρτη** ομάδα είναι πάντα εντός συστήματος και σωστά τοποθετημένα. Στην **πέμπτη** ομάδα δεν αναφέρονται καθόλου συστήματα, άρα όλα τα όργανα που αναφέρονται είναι εκτός συστημάτων.

5ο κριτήριο: Αναφορές σε συνεργασία: Οργάνων μεταξύ τους, Οργάνων και συστημάτων, Συστημάτων και συστημάτων

Στον πίνακα 6 παρατίθενται οι αναφορές στη συνεργασία των οργάνων:

Πίνακας 6: Αναφορές σε συνεργασία

Αναφορές σε συνεργασία			
	Οργάνων μεταξύ τους	Οργάνων και συστημάτων	Συστημάτων και συστημάτων
ΟΜΑΔΑ 1	Καρδιά και αρτηρίες. Οισοφάγος, στομάχι, παχύ & λεπτό έντερο, πάγκρεας και χολή. Σάλπιγγα, μήτρα και ωοθήκες.	Συνεργασία πνευμόνων με το κυκλοφορικό σύστημα.	
ΟΜΑΔΑ 2	Καρδιά και αρτηρίες. Οισοφάγος, στομάχι, παχύ έντερο και στοματική κοιλότητα.		
ΟΜΑΔΑ 3	Καρδιά, αρτηρίες και φλέβες. Οισοφάγος και στομάχι. Τραχεία και πνεύμονες. Περιφερειακά νεύρα και εγκέφαλος.	Εγκέφαλος με μυϊκό και ερειστικό σύστημα.	«Σε απόλυτη συνεργασία λειτουργούν όλα τα συστήματα» & «Το σώμα έχει πολύπλοκους μηχανισμούς και συστήματα, τα οποία συνεργάζονται και
ΟΜΑΔΑ 4	Ενώ τα περιγράφουν όλα με συστήματα, δεν περιγράφουν καθόλου συνεργασίες και λειτουργίες. Ψάχνουν, απλά, κάθε όργανο σε ποιο σύστημα ανήκει, και αντίστροφα κάθε σύστημα ποια όργανα περιλαμβάνει.		
ΟΜΑΔΑ 5	Καρδιά, αρτηρίες και φλέβες. Οισοφάγος, στομάχι, παχύ & λεπτό έντερο, ρινική & στοματική κοιλότητα.		

6ο κριτήριο: Λειτουργίες οργάνων και συστημάτων που περιγράφονται σωστά

Η **πρώτη** ομάδα περιγράφει σωστά το νευρικό, το κυκλοφορικό, το πεπτικό, το γεννητικό και το μυϊκό σύστημα καθώς και τη λειτουργία μερικών οργάνων. Στη **δεύτερη** ομάδα συμβαίνει το εξής παράδοξο. Περιγράφεται αρκετά εύστοχα η λειτουργία του πεπτικού συστήματος,

χωρίς, όμως, να ειπωθεί η φράση «πεπτικό σύστημα» και, προφανώς, χωρίς να γίνει αντιληπτό από τα άτομα ότι πρόκειται για το πεπτικό σύστημα. Η ομάδα αυτή περιγράφει σωστά τη λειτουργία πολλών μεμονωμένων οργάνων. Η **τρίτη** ομάδα, ενώ υιοθετεί ενεργητικά την έννοια του συστήματος και αναφέρει λεκτικά αρκετά συστήματα, δεν προβαίνει στην περιγραφή της λειτουργίας κάποιου από αυτά. Τα άτομα της **τέταρτης** ομάδας δεν περιγράφουν καθόλου συνεργασίες και λειτουργίες, παρόλο που τα περιγράφουν όλα με συστήματα. Στην **πέμπτη** ομάδα, τέλος, παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο που παρατηρείται και στη δεύτερη ομάδα. Περιγράφεται αρκετά αναλυτικά και εύστοχα η λειτουργία του πεπτικού και του κυκλοφορικού συστήματος, χωρίς, όμως, να ειπωθεί ποτέ η φράση «πεπτικό» ή «κυκλοφορικό σύστημα». Επίσης, περιγράφουν σωστά τη λειτουργία αρκετών μεμονωμένων οργάνων.

7ο κριτήριο: Τι θεωρούν ως μέρος/εσωτερικό του σώματος

Τα άτομα όλων των ομάδων έχουν ενδοιασμούς για το αν πρέπει να θεωρήσουν ως εσωτερικό του σώματος τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου, π.χ. αφτιά, μύτη, στόμα εξωτερικά γεννητικά όργανα κ.τ.λ. Μετά από συζήτηση αποφασίζουν να τα αναφέρουν ως «στοματική κοιλότητα», «ρινική κοιλότητα» κ.τ.λ. κι έτσι λύνεται το ζήτημα. Επίσης, η πέμπτη ομάδα ασχολείται με το αν το κεφάλι αποτελεί μέρος του σώματος. Στην πορεία αποφασίζουν να το συμπεριλάβουν στην περιγραφή του ανθρώπινου σώματος.

8ο κριτήριο: Κριτήρια που θέτουν για τη σπουδαιότητα οργάνων και συστημάτων

Από την ανάλυση των διαλόγων μεταξύ των ατόμων των ομάδων προκύπτει ότι θεωρούν σημαντικά για την επιβίωση του ανθρώπου μόνο τα όργανα χωρίς τα οποία δεν μπορεί ο ανθρώπινος οργανισμός να παραμείνει ζωντανός. Σημειώνεται ότι οι ομάδες οι οποίες ασχολήθηκαν με το εν λόγω θέμα είναι οι ομάδες 1 & 3.

2. Βαθμολόγηση ατομικών και ομαδικών σκίτσων

Η βαθμολόγηση των ατομικών και ομαδικών σκίτσων έγινε με βάση τα κριτήρια που αναλύθηκαν στη μεθοδολογία έρευνας. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βαθμολόγησης για κάθε μία ομάδα και πραγματοποιείται ένας σύντομος σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 7: Βαθμολόγηση ατομικών και ομαδικών σκίτσων

ΟΜΑΔΑ 1	1 (άντρας) L4β, α, ν, π, ο, γ, κ	2 (γυναίκα) L6, N, Π, M	3 (γυναίκα) L4β, ε, α, ν, π, ο, γ, μ, κ	Ομαδικό L7, E, A, N, Π, Γ, M, K
ΟΜΑΔΑ 2	1 (άντρας) L4β, ε, α, ν, π, μ, κ	2 (γυναίκα) L2, α, π, ε, ο, κ	3 (γυναίκα) L2, α, ν, π, ε, ο, γ, κ	Ομαδικό L4α, ε, α, π, ε, ο, γ, μ, κ
ΟΜΑΔΑ 3	1 (γυναίκα) L4α, ε, α, π, ν, ο, γ	2 (γυναίκα) L4α, ε, π, ν, γ, μ, κ	3 (γυναίκα) L6, E, M , K, α, π, ο	Ομαδικό L7, E, Π, Γ , M, K, α, ν, ε, ο
ΟΜΑΔΑ 4	1 (γυναίκα) L6, A, K	2 (γυναίκα) L4α, α, ν, π, ο, γ, κ	3 (γυναίκα) L6, Γ, K, α, π, ο	Ομαδικό L7, A, N, Π, O, Γ, K
ΟΜΑΔΑ 5	1 (γυναίκα) L4α, α, π, γ, κ	2 (γυναίκα) L4α, π, κ	3 (γυναίκα) L4α, α, π, ο, γ, κ	Ομαδικό L4α, ε, α, ν, π, ο, γ, μ, κ

Στην **ομάδα 1** η γυναίκα 2 σχεδιάζει μόνο συστήματα. Αντίθετα, οι 1 και 3 αναφέρουν αρκετά μεμονωμένα όργανα σε σωστές θέσεις, αλλά χωρίς διασυνδέσεις μεταξύ τους. Παρατηρώντας το ομαδικό σκίτσο καταλαβαίνουμε ότι υπερισχύει η άποψη της 2. Το σκίτσο παίρνει πολύ μεγάλη βαθμολογία. Βέβαια, η υιοθέτηση της έννοιας του συστήματος από τα άλλα δύο άτομα της ομάδας γίνεται παθητικά. Και στην **ομάδα 2** το ομαδικό σκίτσο είναι πιο πλήρες από τα ατομικά. Αυτό σημαίνει ότι μέσα από τη συζήτηση προέκυψε βελτίωση και εκφράστηκαν γνώσεις που δεν είχε εκφράσει κανείς από μόνος του, όπως οι διασυνδέσεις οργάνων. Προκύπτει, επίσης, ότι στο τελικό σκίτσο αναφέρονται όργανα από όλα τα συστήματα, ακόμα και αν δεν αναφέρονται στην έννοια του συστήματος. Τέλος, από τη βαθμολόγηση των σκίτσων επιβεβαιώνεται ότι η δεύτερη ομάδα δεν υιοθετεί καθόλου την έννοια του συστήματος. Συγκρίνοντας τις ατομικές με την ομαδική βαθμολογία της **ομάδας 3** προκύπτει ότι η ομάδα παρουσιάζει πολύ μεγάλη εξέλιξη όσον αφορά στην υιοθέτηση της συστημικής προσέγγισης. Οι

κοπέλες 1 και 2 δεν κάνουν καθόλου αναφορά σε συστήματα στο ατομικό τους σκίτσο. Βέβαια, αναφέρουν διασυνδέσεις οργάνων, γεγονός που προμηνύει εύκολη μετάβαση προς την υιοθέτηση της έννοιας του συστήματος. Η κοπέλα 3 αναφέρει συστήματα και οι άλλες δύο ανταποκρίνονται υιοθετώντας ενεργητικά την έννοια του συστήματος. Στην **ομάδα 4** οι βαθμολογίες των ατομικών σκίτσων δείχνουν ότι στην ομάδα αυτή η έννοια του συστήματος είχε κατακτηθεί πριν από τη συζήτηση από τα άτομα 1 και 3. Η γυναίκα 2 αναφέρει διασυνδέσεις μεταξύ οργάνων, αλλά δεν αναφέρει συστήματα. Στην ομάδα αυτή είναι εμφανέστατη η πρόοδος που πραγματοποιείται μέσα από τη συζήτηση. Στο ομαδικό σκίτσο δεν γίνεται καμία αναφορά σε μεμονωμένα όργανα. Από τις βαθμολογίες, τόσο των ατομικών όσο και του ομαδικού σκίτσου, της **ομάδας 5** προκύπτει ότι τα άτομα δεν υιοθετούν την έννοια του συστήματος. Βλέπουμε ότι κανένα μέλος της ομάδας δεν αναφέρεται σε συστήματα, ούτε μέσω της συζήτησης προκύπτει κάτι τέτοιο. Η μόνη πρόοδος που παρατηρείται είναι η αναφορά μεμονωμένων οργάνων από όλα τα συστήματα, γεγονός που δεν παρατηρείται σε κάποιο άτομο ξεχωριστά. Στο ομαδικό σκίτσο διαφαίνεται και η συνεργασία μεταξύ οργάνων του πεπτικού συστήματος, χωρίς βέβαια να γίνεται λόγος για «πεπτικό σύστημα». Μία ακόμη πρόοδος που παρατηρείται από τα ατομικά στο ομαδικό σκίτσο είναι ότι στο ομαδικό αποφασίζουν, μέσα από συζήτηση, να συμπεριλάβουν σαν μέρος του σώματος και το κεφάλι.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων μιας ομάδας μπορεί να βοηθήσει στη θεώρηση του ανθρώπινου οργανισμού ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα οργάνων. Κύριο εύρημα είναι ότι ενώ μόνο μια μικρή μειονότητα από τους συμμετέχοντες στα ατομικά σκίτσα ζωγράφισε τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα, με επαρκή και κατάλληλο τρόπο, στην πλειονότητά τους τα ομαδικά σκίτσα απεικόνιζαν τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα. Από τη σύγκριση των ατομικών βαθμολογιών με την ομαδική προέκυψε ότι κάποιες ομάδες παρουσίασαν πολύ μεγάλη εξέλιξη όσον αφορά στην υιοθέτηση της συστημικής προσέγγισης σχετικά με τον ανθρώπινο οργανισμό. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι μέσω της συζήτησης οι ομάδες οδηγήθηκαν σε υψηλότερο επίπεδο κατανόησης. Διαφαινόταν από τις συζητήσεις ότι, ενώ οι περισσότεροι συμμετέχοντες όταν σχεδίαζαν ατομικά τους έβγαινε αυθόρμητα να σχεδιάσουν μεμονωμένα όργανα, όταν τους δινόταν το απαραίτητο έναυσμα από κάποιον συνομιλητή τους να προσεγγίσουν το θέμα συστημικά το έκαναν πολύ πρόθυμα, λες και η γνώση λάνθανε στο μυαλό τους και χρειαζόταν μια ώθηση για να εκφραστεί.

Ενδιαφέρον προκαλεί η διαπίστωση ότι ανέφεραν πολύ συχνά και το γεννητικό σύστημα και τα μεμονωμένα όργανα που το αποτελούν, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τις προηγούμενες έρευνες. Αυτό, προφανώς, οφείλεται στο γεγονός ότι η εκφώνηση ξεκάθαρα προέτρεπε τους συμμετέχοντες να κάνουν λόγο για το αναπαραγωγικό σύστημα.

Σημαντικό εύρημα της έρευνας είναι, επίσης, ότι μόνο μία ομάδα αναφέρθηκε σε συνεργασία συστημάτων μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι ακόμα και τα άτομα που θεωρούσαν τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από επιμέρους συστήματα, δεν έκαναν και το επόμενο βήμα που είναι να θεωρήσουν τον ανθρώπινο οργανισμό ως ένα λειτουργικό σύνολο που αποτελείται από συστήματα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Φαίνεται επίσης ότι η αναλυτική εκφώνηση βοήθησε τους συμμετέχοντες να κατανοήσουν ακριβώς τι ζήταγαν οι ερευνητές. Δεν παρατηρήθηκε, δηλαδή, το φαινόμενο που είχε παρατηρηθεί σε προηγούμενες σχετικές έρευνες να περιλαμβάνουν στα σκίτσα τους συναισθηματικές αναφορές που δεν είχαν καμία σχέση με τον ανθρώπινο οργανισμό από βιολογικής άποψης. Η μόνη σύγχυση που παρατηρήθηκε ήταν σχετικά με το τι έπρεπε να θεωρήσουν ως «εσωτερικό» του ανθρώπινου σώματος και αν έπρεπε να συμπεριλάβουν στο σκίτσο τους τα εξωτερικά ανθρώπινα χαρακτηριστικά.

Σχετικά με το πώς επιβιώνει ο ανθρώπινος οργανισμός, όπως αναφερόταν στην εκφώνηση, προκύπτει ότι θεωρούσαν σημαντικά για την επιβίωση του ανθρώπου μόνο τα όργανα χωρίς τα οποία δεν μπορεί ο ανθρώπινος οργανισμός να παραμείνει ζωντανός. Δε έβλεπαν, δηλαδή, τον

ανθρώπινο οργανισμό σαν μία ολότητα όπου κάθε ένα όργανο είναι σημαντικό για την εκτέλεση των λειτουργιών των συστημάτων.

Μια διδακτική προσέγγιση που μπορεί να προταθεί βασιζόμενη στα παραπάνω συμπεράσματα είναι μια ολιστική-συστημική προσέγγιση του ανθρώπινου οργανισμού μέσα από ομαδοσυνεργατική μάθηση. Η αλληλεπίδραση των ατόμων μέσα σε ομάδες μπορεί να αναδείξει τις λανθάνουσες γνώσεις που φέρουν τα άτομα λόγω της καθημερινής άτυπης εκπαίδευσης στην οποία ασυνείδητα συμμετέχουν. Μέσα από τη διαδικασία της ομαδικής συζήτησης τα άτομα εκφράζουν και συνειδητοποιούν τις απόψεις τους, ενώ ταυτόχρονα οι γνώσεις του κάθε ατόμου «συγκρούονται» με τις γνώσεις των ατόμων της ίδιας ομάδας. Αφού όλες οι έρευνες καταδεικνύουν ότι οι μαθητές και οι σπουδαστές έχουν την τάση να θεωρούν τον ανθρώπινο οργανισμό ως αποτελούμενο από μεμονωμένα όργανα, προτείνεται η διδασκαλία να επιμένει στο ρόλο των συστημάτων ώστε να μην ενισχύεται η τάση αυτή. Η συστημική προσέγγιση πετυχαίνει με τον καλύτερο τρόπο την αξιοποίηση των επιστημονικά αποδεκτών άτυπων γνώσεων των μαθητών, με ταυτόχρονο περιορισμό των επιστημονικά μη αποδεκτών απόψεων, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατόν.

Σημείωση : Για τη βιντεοσκόπηση των συζητήσεων ευχαριστούμε θερμά τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Μ. Κιουρτζή .

Βιβλιογραφία

Κυπράκη, Χ. (2012), «Τι αντιλήψεις έχουν τα παιδιά για το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος.». Διπλωματική εργασία, Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση», ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ.

Παπαδοπούλου, Π. & Σουβατζή, Δ. (2004), «Διδασκαλία και μάθηση των επιστημών της ζωής: Τι γνωρίζουν τα παιδιά σχετικά με το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος; Μια μελέτη με αντικείμενο τις ζωγραφιές για την εσωτερική δομή του ανθρώπινου σώματος». Σε «Φυσικές Επιστήμες Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση», Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φ.Ε. και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, ΤΕΑΠΗ ΕΚΠΑ, Επιμέλεια Τσελφές Β. κ.ά., Αθήνα.

Mertens, D. (2009), «Έρευνα και αξιολόγηση στην εκπαίδευση και την ψυχολογία», Αθήνα: Μεταίχμιο.

Reiss M. & Tunnicliffe, S. D. (2001α), "Student's Understandings of their Internal Structure as Revealed by Drawings", σε Research in Science Education- Past, Present and Future, 101-106, H. Behrendt et al. (eds.), Kluwer Academic Netherlands.

Reiss, M. & Tunnicliffe, S. D. (2001b), "Student's Understandings of Human Organs and Organ Systems", Research in Science Education, 31: 381-399.

Reiss M, Tunnicliffe S, Anderson A, Bartoszeck A, Carvalho G, Chen S, Jarman R, Jonsson S, Manokore N, Mulemwa J, Novikova T, Otuka J, Teppa S and Rooy W (2002), "An international study of young people's drawings of what is inside themselves", Journal of Biological Education, 36 no2 Spr 2002.

Patrick, P. & Tunnicliffe, S. D. (2010), "Science teachers' drawings of what is inside the human body", Journal of Biological Education, 44 no2 Spr 2010 p. 81-7.

«Βιοπαιδαγωγισμός»: Μια νέα θεωρία μάθησης, εφαρμοσθείσα στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας στο Γυμνάσιο

Βενετία Δ. Νικήτα [1] , Ελένη Καρατζιά-Σταυλιώτη [2] , Σταμάτης Ν. Αλαχιώτης [3] *

[1] *BSc (with honors) Βιολογίας, MSc Βιοηθικής, Υπ. Διδάκτορας Α.Π.Θ., Εκπαιδευτικός Β΄/θμιας Εκπαίδευσης, nikita_venetia@yahoo.gr*

[2] *Επίκουρος Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών, elkara@upatras.gr*

[3] *Ομότιμος Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, alah@upatras.gr*

*Υπεύθυνος επικοινωνίας

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα επιχειρείται μια πρώτη πειραματική προσέγγιση της νέας θεωρίας του «Βιοπαιδαγωγισμού» στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας σε μαθητές της Α΄ τάξης δημόσιων ημερήσιων Γυμνασίων για ένα διδακτικό έτος. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην καλλιέργεια τεσσάρων πυρηνικών «βιοπαιδαγωγικών» δεξιοτήτων (της Τεχνολογικής-Τ, της Κοινωνικής-S, της Γλωσσικής-L και της Αριθμητικής/Θεωρητικής-Ν/Τ), οι οποίες συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη γνωσιακή συγκρότηση/μάθηση των παιδιών. Σκοπός της έρευνας είναι η διαπίστωση στατιστικώς σημαντικών διαφοροποιήσεων μεταξύ των μαθητών (ριων) της ομάδας ελέγχου (Ε τάξεις με διδασκαλία στο πλαίσιο της ισχύουσας διαθεματικής μεθοδολογίας των ελληνικών Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών - ΑΠΣ) και των μαθητών (ριών) της πειραματικής ομάδας (Π τάξεις με διδακτική προσέγγιση υπό το πρίσμα του Βιοπαιδαγωγισμού). Η αξιολόγηση έγινε τέσσερεις φορές με ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους. Από την επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της βιοπαιδαγωγικής διδασκαλίας και της βελτίωσης της διεργασίας της μάθησης, αναδεικνύοντας το Βιοπαιδαγωγισμό σε μια ισχυρή και ενδιαφέρουσα παιδαγωγική και εκπαιδευτική προσέγγιση, εύκολα εφαρμόσιμη.

Abstract

A first experimental approach of the new learning theory of “Biopedagogism” in the teaching of Biology to students in two A class of Greek public secondary schools (experimental groups) during a school year, is presented. Emphasis was given to the cultivation of four “biopedagogic” competences (Technological - T, Socialization - S, Language - L, Numeracy/Theorizing – N/T), that are considered basic to the students’ cognitive development. In the control group teaching took place according to the existing cross-curricularity program. Purpose of our study was to discover statistically significant diversification between the experimental and the control groups, regarding performance in Biology and the four competences. The evaluation took place four times, using quantitative and qualitative parameters. Our first results show an affirmative strong correlation between the biopedagogic teaching and the increase in both learning and the cultivation of the four competences, proving “Biopedagogism” to be an interesting and useful didactic tool that can lead to satisfactory higher levels of basic competence acquisition and learning, in general.

Εισαγωγή

Οι εξελίξεις στον τομέα της βιολογίας της μάθησης και της λειτουργίας του εγκεφάλου (Posner & Rothbart 2007, Dehaene 2007, Wagner 2010, OECD-CERI 2007) σε συνδυασμό με σύγχρονες παιδαγωγικές/εκπαιδευτικές θεωρίες (Sawyer 2006) έχουν τροφοδοτήσει πλήθος ερευνών με στόχο τη διεπιστημονική προσέγγιση της διεργασίας της μάθησης (Alahiotis &

Karatzia-Stavlioti 2006, Αλαχιώτης & Καρατζιά-Σταυλιώτη 2009), υπό το πρίσμα δύο βασικών ερευνητικών συνιστωσών:

α. την αξιοποίηση του βιολογικού υπόβαθρου της μάθησης (γενετικός προ-προγραμματισμός, δημιουργία, διαμόρφωση και αλληλεπίδραση εγκεφαλικών νευρωνικών δικτύων που αποτελούν τους μηχανισμούς της μνήμης, της νοημοσύνης και της συναισθηματικότητας, Αλαχιώτης και Καρατζιά-Σταυλιώτη 2009)· και

β. την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον (παιδαγωγικό/εκπαιδευτικό).

Μια τέτοια διεπιστημονική παιδαγωγικο-εκπαιδευτική προσέγγιση προσφέρει η νέα θεωρία μάθησης του «Βιοπαιδαγωγισμού» (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2008, 2013). Στην παρούσα έρευνα επιχειρείται μια πρώτη πειραματική προσέγγιση των βιοπαιδαγωγικών αρχών στη διδασκαλία ενός μαθήματος Θετικών Επιστημών (Βιολογία) στην αρχή της εφηβείας (Α΄ Γυμνασίου) για ένα ολόκληρο διδακτικό έτος. Σκοπός της έρευνας είναι η σύγκριση του βαθμού εμπέδωσης/μάθησης όσον αφορά τη Βιολογία σε εφήβους μαθητές (ριες) σε τάξεις με διδασκαλία στο πλαίσιο της ισχύουσας διαθεματικής μεθοδολογίας των ΑΠΣ, με τον αντίστοιχο βαθμό εμπέδωσης/μάθησης εφήβων μαθητών (ριών) σε τάξεις όπου η διδακτική προσέγγιση γίνεται στο πλαίσιο του «Βιοπαιδαγωγισμού». Ενδιαφέρει ιδιαίτερα η χρονική αυτή περίοδος που προσεγγίζεται ως ιδιαίτερη παράμετρος στο πλαίσιο της εν λόγω θεωρίας, καθώς δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως η ανάπτυξη/μορφοποίηση των μετωπιαίου λοβού (Bransford et al. 2000, Blakemore & Frith 2006), υπεύθυνου για τις ανώτερες νοητικές λειτουργίες, και έχουν εμφανιστεί αναδυόμενες γνωσιακές ιδιότητες.

Αντικείμενο δηλαδή της έρευνας αποτελεί το κατά πόσο η εν λόγω προσέγγιση μπορεί να έχει θετική επίδραση στη διαμόρφωση καταλληλότερων εργαλείων σκέψης-μάθησης (Nunes 1998) και στην ακόλουθη κατανόηση, κατάκτηση και απόδοση συγκεκριμένων γνωσιακών αντικειμένων και γνωσιακών στόχων. Σύμφωνα με τη νέα θεωρία του «Βιοπαιδαγωγισμού» μια διδασκαλία που βασίζεται στην καλύτερη κατανόηση και αξιοποίηση της βιολογικής-εγκεφαλικής μαθησιακής διεργασίας των παιδιών μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερη ανάπτυξη των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων μέσα από την πιθανή μεγιστοποίηση των γενετικά ελεγχόμενων ικανοτήτων μάθησης, σε σχέση με τους ισχύοντες τρόπους διδασκαλίας, λόγω της αναμενόμενης ενδυνάμωσης των σχετικών νευρωνικών δικτύων (Αλαχιώτης & Καρατζιά-Σταυλιώτη 2009, Αλαχιώτης, Καρατζιά-Σταυλιώτη & Νικήτα 2013).

Συνοπτική αναφορά στο «Βιοπαιδαγωγισμό»

Η νέα θεωρία μάθησης του «Βιοπαιδαγωγισμού» (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2008, 2013, Αλαχιώτης & Καρατζιά-Σταυλιώτη 2009) βασίζεται στην αξιοποίηση τριών κύριων αξόνων:

1. της φυλογένεσης, που αφορά στην εξέλιξη του εγκεφάλου,
2. της οντογένεσης, που αφορά στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και
3. της κατάλληλης παιδαγωγικο-εκπαιδευτικής επένδυσης.

Στο πλαίσιο αυτό τοποθετείται η ιεραρχημένη εξελικτική απαρχή τεσσάρων βασικών για την επιβίωση του ανθρώπου ικανοτήτων: της Τεχνολογικής (T-Technological), της Κοινωνικής (S-Socialization), της Γλωσσικής (L-Language) και της Αριθμητικής/ Θεωρητικής (N/T-Numeracy/Theorizing) (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2008, Αλαχιώτης & Καρατζιά-Σταυλιώτη 2009)· η εννοιολόγησή τους από την Ε.C. (1998) και τον OECD (2004) εξειδικεύτηκε περαιτέρω με τα κριτήρια αξιολόγησης των επί μέρους χαρακτηριστικών τους (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti, 2013, βλ. και Πίνακα 1). Πρόκειται για ικανότητες, οι οποίες αναδύθηκαν στο ανθρώπινο γένος σταδιακά κατά την εξελικτική του πορεία, με τη σειρά που προαναφέρθηκαν με επακόλουθο την αύξηση του όγκου του εγκεφάλου και των αλληλεπιδράσεων των νευρωνικών δικτύων

(Dehaene 2007, Posner & Rothbart 2007), των γνωσιακών ικανοτήτων και της πολυπλοκότητας του τρόπου σκέψης, που με τη σειρά τους οδήγησαν σε πολιτισμικές αλλαγές (Dehaene 2007). Εξελικτικά, η Αριθμητική/Θεωρητική ικανότητα/δεξιότητα (N/T) εμφανίστηκε τελευταία, περίπου 40.000-50.000 χρόνια πριν. Η εμφάνισή της σήμανε και την εμφάνιση στο ανθρώπινο είδος της αφηρημένης, πολυσύνθετης και ολιστικής σκέψης, καθώς και της δυνατότητας συμβολικής αποτύπωσής της. Αυτό το εξελικτικό στάδιο ονομάστηκε «Ευαίσθητη Διαδραστική Περίοδος-ΕΔΠ». Οι τέσσερεις αυτές ικανότητες εμφανίζονται αναπτυξιακά-οντογενετικά στο είδος μας με την ίδια ιεραρχημένη σειρά και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον. Π.χ. τα νευρωνικά δίκτυα για την προσοχή – σημαντική για τη διαμόρφωση της T και της S – εμφανίζονται οντογενετικά πρώτα, μετά εκείνα της L και τελευταία της N/T (Posner & Rothbart 2007).

Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι στη συγκρότηση της θεωρίας του «Βιοπαιδαγωγισμού», σημαντική παράμετρος είναι και το λεγόμενο Βήμα Αναστροφής (ΒΑ), κατά το ποίο αναστρέφεται η έμφαση στην καλλιέργεια των βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων. Για τη διαμόρφωση της εν λόγω παραμέτρου ελήφθησαν υπόψη: (1) ο υπό τη γενική έννοια «βιογενετικός νόμος» του Haeckel (Futuyma 2005, Αλαχιώτης 2007) που αναπτύχθηκε το 19ο αιώνα ως αρχική ιδέα στη βάση παρατηρήσεων της οντογένεσης εμβρύων, και αναφέρεται στο ότι η οντογενετική ανάπτυξη είναι μια μικρή και γρήγορη ανακεφαλαίωση της εξέλιξης (φυλογένεσης). Η θεώρηση αυτή δεν έχει γενική ισχύ, λόγω, κυρίως, διαφόρων αναπτυξιακών περιορισμών που εγκαθιδρύθηκαν εξελικτικά (Αλαχιώτης 2007), ισχύει όμως στην ανάπτυξη των εγγενών γνωσιακών ικανοτήτων (Langer 2005), όπως και στο πολιτισμικό επίπεδο (Greespam & Shanker 2004)· (2) οι θεωρήσεις του Von Baer (Αλαχιώτης 2007) σύμφωνα με τις οποίες κατά την ανάπτυξη οι γενικοί χαρακτήρες εμφανίζονται πριν από τους ειδικούς (λ.χ. η προσοχή ή η T πριν τη L ή την N/T)· και (3) η αναγκαιότητα κατάλληλης καλλιέργειας των δεξιοτήτων, καθώς έχουν αναδειχθεί ισχυρότερα οι αναδυόμενες γνωσιακές ιδιότητες.

Το ΒΑ σηματοδοτεί σε γενικό πλαίσιο την ηλικία των παιδιών κατά την οποία έχει σχεδόν ολοκληρωθεί η εξελικτικο-αναπτυξιακή μορφοποίηση των βασικών νευρωνικών δικτύων και των τεσσάρων ικανοτήτων· το οντογενετικό ΒΑ δηλαδή αντιστοιχεί με την εξελικτική ΕΔΠ. Οντογενετικά το ΒΑ μπορεί να αντιστοιχηθεί στα 8-10 χρόνια μας (γύρω στη Γ΄ Δημοτικού), όπου γίνεται πιο εμφανής η αφηρημένη σκέψη. Επομένως, έως την ηλικία αυτή ολοκληρώνεται σε μεγάλο βαθμό στον άνθρωπο, μέσω της εγγενούς γνωσιακής οντογένεσης η «ανακεφαλαίωση» της φυλογένεσής του, με τις περισσότερες αναδυόμενες γνωσιακές ικανότητες (που συμβάλλουν στη διαμόρφωση των ανώτερων μορφών μάθησης, όπως η κριτική σκέψη, η δημιουργικότητα κ.ά.) να έχουν μορφοποιηθεί, ουσιαστικοποιώντας την αναγκαιότητα και τη σημαντικότητα της παιδαγωγικο-εκπαιδευτικής αξιοποίησης του ΒΑ (βλ. παρακάτω).

Οι τέσσερεις πυρηνικές βιοπαιδαγωγικές ικανότητες σταδιακά μορφοποιούνται σε δεξιότητες, οι οποίες αντανακλούν σε μεγάλο βαθμό βασικές δεξιότητες αποτελεσματικής μάθησης. Οι δεξιότητες αυτές αναμένεται να ενδυναμωθούν στο έπακρο μέσα από μια εναρμονισμένη, με τη φυσική βιολογική δυναμική του εγκεφάλου, παιδαγωγικο-εκπαιδευτική διεργασία. Ένα διδακτικό περιβάλλον, στο οποίο χρησιμοποιείται ως μεθοδολογικό εργαλείο ο κατάλληλος σε έμφαση και περιεχόμενο μετασχηματισμός της διδακτέας ύλης, με βάση το αναπτυξιακό στάδιο του εκάστοτε μαθητή και την ιεραρχημένη διαλεκτική σχέση των τεσσάρων δεξιοτήτων, μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη του εγκεφάλου των παιδιών. Μάλιστα, αναμένεται να δημιουργήσει, με φυσικό τρόπο, μια φυσική μεγιστοποίηση των γενετικά ελεγχόμενων ικανοτήτων και μιαν αποτελεσματικότερη διαμόρφωσή τους σε αντίστοιχες δεξιότητες, που θα οδηγήσουν σε μιαν «έκρηξη» της δυνατότητας μάθησης.

Στο πλαίσιο αυτό, η εκπαιδευτική προσέγγιση έως την Γ΄ τάξη του Δημοτικού πρέπει να βασίζεται στη φυσική εξελικτικο-αναπτυξιακή ιεράρχηση/εμφάνιση των τεσσάρων

ικανοτήτων/δεξιοτήτων και στην αντίστοιχη έμφαση (σε χρόνο και θέματα) της καλλιέργειάς τους˙ να ακολουθεί δηλαδή τη σχέση T>S>L>N/T. Αντίθετα, από την Γ΄ τάξη, μετά το ΒΑ, η εν λόγω έμφαση πρέπει να αναστρέφεται και να γίνεται γενικά της μορφής T<S<L<N/T, για να καλλιεργούνται αποτελεσματικότερα οι αναδυόμενες γνωσιακές ιδιότητες, αποτέλεσμα της εξελικτικο-αναπτυξιακής ανακεφαλαίωσης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η δειγματοληπτική – πειραματική έρευνα αναφέρεται σε πληθυσμό εφήβων μαθητών (ριών) του Νομού Θεσσαλονίκης, που φοιτούν στην Α΄ Γυμνασίου ημερήσιων δημόσιων σχολείων του Νομού. Η έρευνα έγινε με πειραματικές και συγκριτικές ομάδες ελέγχου. Ως μονάδα δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε η σχολική τάξη. Οι τάξεις επιλέγχθηκαν από διαφορετικές σχολικές μονάδες και περιοχές της πόλης, με μαθητές (ριες) με παρόμοια κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, και εκπαιδευτικούς με παρόμοια επιστημονική κατάρτιση, εμπειρία, χρόνια υπηρεσίας και ηλικία.

Το πείραμα αφορούσε τη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας σε σχολικές τάξεις της Α΄ Γυμνασίου. Είχε διάρκεια ένα διδακτικό έτος, 2 διδακτικές ώρες εβδομαδιαία, όσο διαρκεί η διδασκαλία του δίωρου μαθήματος της Βιολογίας, στην Α΄ Γυμνασίου σύμφωνα με το ωρολόγιο πρόγραμμα. Τα πειραματικά τμήματα (Π) ήταν δύο σχολικές τάξεις και το τμήμα ελέγχου (Ε) μία τάξη. Η διδασκαλία ακολούθησε πιστά τον προγραμματισμό του ΑΠΣ και στα Π και στα Ε τμήματα, των οποίων οι εκπαιδευτικοί ενημερώθηκαν για τη διαλεύκανση της έννοιας δεξιότητα ως οριζόντιας και διαθεματικής γνώσης που μπορεί να βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με ποικίλες εξειδικευμένες επιδεξιότητες (skills), καθώς και ως σταθερής πολυδυναμικής γνωσιακής διεργασίας, η οποία μπορεί να αναπαραχθεί σε ποικίλα μέρη και επικοινωνιακά πλαίσια, όπως εξειδικεύεται και από τα κριτήρια αξιολόγησής της (Πίνακας 1).

Στα Π τμήματα οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι επιμορφώθηκαν στο «Βιοπαιδαγωγισμό», εφάρμοσαν μιαν ιεραρχημένη και συνδυαστική βιοπαιδαγωγική διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας, στη βάση του ισχύοντος ΑΠΣ, με δραστηριότητες που εστιάζονταν στην ιεραρχημένη έμφαση και αλληλόδραση των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων (T, S, L, N/T), τις οποίες αξιολογούσαν κατά προγραμματισμένες περιόδους ποσοτικά και ποιοτικά με βάση δοθέντα κριτήρια. Στα Ε τμήματα ο(η) εκπαιδευτικός προχώρησε σε ανάλογες αξιολογήσεις των τεσσάρων δεξιοτήτων (T, S, L, N/T), αφού πρώτα επιμορφώθηκε να τις απομονώνει και να τις αξιολογεί με βάση τα ίδια δοθέντα κριτήρια. Αντίστοιχες αξιολογήσεις για τα Π και Ε τμήματα έγιναν ανεξάρτητα και από την ερευνήτρια, η οποία παρακολουθούσε τακτικά τα μαθήματα στα Ε και Π τμήματα.

Η σχέση T<S<L<N/T προσεγγίστηκε σε περιοδικό τόνο (ανά τρίμηνο) για όλη τη σχολική χρονιά. Ο χρόνος της μιας διδακτικής ώρας (διδακτικός χρόνος 45 λεπτά, ωφέλιμος χρόνος 40 λεπτά) κατανεμήθηκε στη διδασκαλία σύμφωνα με την προαναφερθείσα σχέση, λαμβάνοντας υπ' όψιν το ΒΑ (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2008). Χρήσιμη θεωρήθηκε μια σύντομη εισαγωγική-αναμνηστική «δόση/παρέμβαση» της προ του ΒΑ βιοπαιδαγωγικής διεργασίας (T>S>L>N/T), όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1). Έτσι, στις πρώτες εβδομάδες του α΄ τριμήνου εφαρμόστηκε μια σταδιακή αναστροφή στην έμφαση της καλλιέργειας των δεξιοτήτων (i-iii). Στα υπόλοιπα τρίμηνα εφαρμόστηκε η κατάλληλη βιοπαιδαγωγική πρακτική για μαθητές (ριες) σύμφωνα με το ΒΑ (iv-v).

Σημαντικό στοιχείο είναι και η αλληλόδραση των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων: αρχικά η διδασκαλία εστίαστηκε στην T δεξιότητα, στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή και της S δεξιότητας, λίγο αργότερα άρχισε η καλλιέργεια και της L δεξιότητας και στο τέλος και της N/T˙ κατάσταση που διαφέρει σε σχέση με το συμβατικό Ε τμήμα. Η θεώρηση αυτή δεν

υποδηλώνει ότι καλλιεργώντας εμφατικά μια δεξιότητα, αυτή απομονωνόταν πλήρως από τη διδακτική πραγματικότητα. Υπογραμμίζεται ότι κατά τη μετάβαση σε άλλη ιεραρχημένη δεξιότητα σημαντική ήταν η συνδυαστική καλλιέργειά τους που αντανακλά και τη θεωρητική αλληλόδρασή τους. Π.χ. από την T προς την S λειτουργεί το πλαίσιο T+S ή περαιτέρω (T+S)+L ή τελικά (T+S+L)+N/T, αλλά πάντα με ιδιαίτερη έμφαση στην υπό καλλιέργεια ιεραρχημένη δεξιότητα. Με τη βιοπαιδαγωγική διδασκαλία αξιοποιούνται επίσης, εντός του διαθεματικού πλαισίου, σύγχρονες, αποτελεσματικές μεθοδολογικές τεχνικές, όπως λ.χ. ο εποικοδομιτισμός, η βιωματική ατομική και ομαδοσυνεργατική διδασκαλία/μάθηση κ.ά, πάντα όμως υπό το πρίσμα των βιοπαιδαγωγικών αρχών˙ τεχνικές που αξιοποιούνταν και στο Ε τμήμα, απουσία των βιοπαιδαγωγικών αρχών.

Πίνακας 1: Έμφαση στην καλλιέργεια των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων μέσα σε ένα διδακτικό 40λεπτο στη διάρκεια ενός διδακτικού έτους. Τα ανάστροφα τόξα υποδηλώνουν τη σταδιακή αναστροφή (i-iii) στην έμφαση καλλιέργειας των δεξιοτήτων, φθάνοντας στο ΒΑ (iv-v). Οι χρόνοι που καταγράφονται για την κάθε δεξιότητα είναι ενδεικτικοί, όχι απόλυτοι, για το 40λεπτο και αποτελούν μέρος της αθροιστικής καλλιέργειάς τους, με διαβαθμισμένη αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Α΄ Τρίμηνο			**Αριθμητικό παράδειγμα**			
			T	S	L	N/T
1η-3η εβδομάδα	i	**T** > S > L > N/T	**20**	8	7	5
4η-6η εβδομάδα	ii	T < **S** > L > N/T	8	**20**	7	5
7η-9η εβδομάδα	iii	T > S < **L** > N/T	7	5	**20**	8
10η-12η εβδομάδα	iv	T < S < L < **N/T**	5	7	8	**20**
Β΄ Τρίμηνο / **Γ΄ Τρίμηνο**	v	T < S < L < **N/T**	**6**	**8**	**10**	**16**

Οι δραστηριότητες και διδακτικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στη διάρκεια της διδακτικής ώρας από τους Π εκπαιδευτικούς ήταν με τέτοιο τρόπο επιλεγμένες, ώστε να εξαρτώνται από και να αξιοποιούν καλύτερα την εκάστοτε βιοπαιδαγωγική δεξιότητα στην οποία έπρεπε να δοθεί η απαιτούμενη διδακτική έμφαση (βλ. παράδειγμα Εικόνας 1). Οι εν λόγω δραστηριότητες διαμορφώθηκαν στη βάση του εντός ύλης περιεχομένου του μαθήματος της Βιολογίας, το οποίο αξιοποιήθηκε βιοπαιδαγωγικά.

Η αξιολόγηση έγινε στην αρχή της σχολικής χρονιάς και με την ολοκλήρωση κάθε τριμήνου, τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από την ερευνήτρια. Ο τρόπος αξιολόγησης ήταν ίδιος για τα Π και Ε τμήματα. Σε όλα τα εργαλεία διατηρήθηκε η ανωνυμία των μαθητών(ριών), των εκπαιδευτικών και των σχολείων. Η αξιολόγηση έγινε με παρακολούθηση και καταγραφή της μαθησιακής πορείας των μαθητών(ριών) και αξιοποίηση του «ατομικού φακέλου» τους, με φύλλα αξιολόγησης καθώς και με ειδικές δοκιμασίες στην αρχή της επομένης σχολικής χρονιάς (τα υπό διερεύνηση ευρήματα ήδη δείχνουν διαφορές υπέρ των Π τμημάτων). Για την ποσοτική αξιολόγηση βαθμολογήθηκαν σε ατομικό επίπεδο οι γενικές επιδόσεις των μαθητών(ριών) στη Βιολογία, καθώς και η επίδοση σε κάθε μια από τις 4 δεξιότητες, με ποσοτική και ποιοτική/περιγραφική αποτίμηση της μεταβολής 6 επιμέρους χαρακτηριστικών των δεξιοτήτων (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2013): της Ετοιμότητας-Προθυμίας, Στρατηγικής-Μεθοδικότητας, Συνεργατικότητας-Συμμετοχής, Αναλυτικής-Κριτικής σκέψης, Φαντασίας-Δημιουργικότητας και Αποτελεσματικότητας (βλ. Πίνακα 2). Χρησιμοποιήθηκε τόσο η 20/βάθμια (1-20) όσο και η 4/βάθμια (1-4) κλίμακα. Παράλληλα, η πρόοδος των μαθητών (ριών) σχολιάστηκε και περιγραφικά, ενώ συλλέχτηκαν και ποιοτικά δεδομένα σχετικά με το κοινωνικό και μαθησιακό υπόβαθρό τους.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΥΣΙΩΝ ΚΑΙ Η ΠΕΨΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΙΙ

Γ Τρίμηνο, 9η εβδομάδα: N/T>>L>S>T **N/T:** 18 ΛΕΠΤΑ **L:** 12 ΛΕΠΤΑ **S:** 10 ΛΕΠΤΑ **T:** 5 ΛΕΠΤΑ

Τάξη: Α΄ Γυμνασίου **Τμήμα**: Α1 **Ημερομηνία**: ……..

Ονοματεπώνυμα μαθητών/τριών:

Το δικό μου ……

Των συνεργατών μου ……..

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Α. Το πεπτικό σύστημα με αριθμούς

ΑΤΟΜΙΚΑ

Α.1. Γνώριζες ότι…

- Το μήκος του λεπτού εντέρου στο άλογο είναι σχεδόν τετραπλάσιο από του ανθρώπου. Είναι συνολικά 24 μέτρα.
- Ο οισοφάγος του ανθρώπου έχει μήκος 25 εκατοστά και το παχύ έντερο 1,5 μέτρα.

Να υπολογίσεις πόσα μέτρα είναι το λεπτό έντερο στον άνθρωπο. (N/T)

……

Πόσα εκατοστά είναι περίπου το μήκος ολόκληρου του πεπτικού σωλήνα; (N/T)

……

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Β. Η διαδρομή του πεπτικού σωλήνα

ΑΤΟΜΙΚΑ

Β.1. Να συμπληρώσεις τα κενά του κειμένου με κατάλληλες λέξεις: (L)

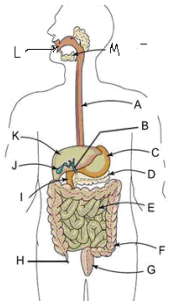
Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από μια σειρά από …… όργανα, τα οποία μετατρέπουν την …… μας σε …… για το σώμα μας. Το μήκος του ανέρχεται στα 30 πόδια και ξεκινά από …… για να καταλήξει …… Στη διαδρομή, το φαγητό …… στα συστατικά του, τα οποία με τη σειρά τους αποδομούνται σε …… ενώσεις που θα …… όλα τα κύτταρά μας.

ΟΜΑΔΙΚΑ

Β.2. Να επιλέξετε και να κυκλώσετε την πρόταση που πιστεύετε πως περιγράφει τη σωστή σειρά των τμημάτων του πεπτικού σωλήνα, λαμβάνοντας υπόψιν σας την εικόνα Α.2: (L+S)

i. στόμα, οισοφάγος, φάρυγγας, στομάχι, παχύ έντερο, λεπτό έντερο
ii. στόμα, φάρυγγας, οισοφάγος, στομάχι, παχύ έντερο, λεπτό έντερο
iii. στόμα, φάρυγγας, στομάχι, οισοφάγος, παχύ έντερο, λεπτό έντερο
iv. στόμα, φάρυγγας, οισοφάγος, στομάχι, λεπτό έντερο, παχύ έντερο.

Β.3. Να επιλέξετε από το παρακάτω σχήμα για κάθε όργανο του πεπτικού συστήματος το σωστό γράμμα, καθώς και τον αριθμό που αντιστοιχεί στην πρόταση που περιγράφει τη λειτουργία που επιτελεί. Στη συνέχεια να συμπληρώσετε σωστά τον πίνακα. (N/T+L+S)



1. Εκεί μασάμε τις τροφές.
2. Εδώ γίνεται η απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών των τροφών.
3. Αυτός ο σωλήνας οδηγεί την τροφή στο στομάχι.
4. Αυτό το όργανο αναδεύει την τροφή και την αναμειγνύει με ισχυρά ένζυμα και οξέα.
5. Από δω αποβάλλονται τα κόπρανα.
6. Εδώ κατακρατείται το νερό που περιέχει η τροφή.

ΟΡΓΑΝΟ ΠΕΠΤΙΚΟΥ	*ΓΡΑΜΜΑ*	*ΑΡΙΘΜΟΣ*
Στομάχι		
Συκώτι		
……. έντερο		6
…….	L	1
Πρωκτός		
Οισοφάγος		
……. έντερο		2
Σιελογόνος αδένας		

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ Γ. Καλύτερα να μασάς…

ΑΤΟΜΙΚΑ

Γ.1. Να σχεδιάσεις τα όργανα του πεπτικού συστήματος που υπάρχουν στο σκελετό του κρανίου και να τα ονοματίσεις: (T)

ΟΜΑΔΙΚΑ

Γ.2.Στο πεπτικό σύστημα πραγματοποιείται η <u>διάσπαση</u> της τροφής.

Να σκεφτείτε και να γράψετε δύο βασικούς λόγους, για τους οποίους η διάσπαση των ουσιών είναι απαραίτητη για τον ανθρώπινο οργανισμό. (L+S)

……

Με ποιο άλλο σύστημα πιστεύετε πως είναι απαραίτητο να συνεργαστεί το πεπτικό σύστημα, προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι λειτουργίες που σκεφτήκατε; Γιατί; (N/T+L+S)

……

Εικόνα 1: Δραστηριότητες του Φύλλου Εργασίας που αφορούν τη διδασκαλία του θέματος «Η πρόσληψη ουσιών και η πέψη στον άνθρωπο».

Πίνακας 2: Κριτήρια αξιολόγησης (στη κλίμακα Likert από 1-4) των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων με ποσοτική και ποιοτική αποτίμηση της μεταβολής της έκφανσης τους σχετικά με τα επιμέρους χαρακτηριστικά τους (1: Ετοιμότητα, 2: Μεθοδικότητα, 3: Συνεργατικότητα, 4: Κριτική σκέψη, 5: Δημιουργικότητα, 6: Αποτελεσματικότητα). Ανάλογη αξιολόγηση έγινε και στη συνήθη 20/βαθμια κλίμακα βαθμολόγησης.

Τ (ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ)	1	2	3	4
1. Ο/Η μαθητής/ρια είναι έτοιμος/η και πρόθυμος να κάνει χρήση όλων των αναγκαίων τεχνολογικών μέσων για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας. Είναι πρόθυμος/η και κινητοποιημένος/η να δράσει				
2. Ο/Η μαθητής/ρια εργάζεται μεθοδικά και συστηματικά για μια τεχνολογική εργασία.				
3. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εργαστεί με συμμαθητές του/της προκειμένου να εξασκήσει/υλοποιήσει την τεχνολογική τους δεξιότητα				
4. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να χρησιμοποιήσει κριτική σκέψη προκειμένου να λάβει αποφάσεις και να κάνει επιλογές πιο αποδοτικές στην ανάληψη, οργάνωση και υλοποίηση της δεδομένης τεχνολογικής δραστηριότητας.				
5. Ο/Η μαθητής/ρια κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων τεχνολογικού περιεχομένου είναι ικανός/ή να επινοήσει καινούριους τρόπους δημιουργίας αποτελεσμάτων με φαντασία.				
6. Ο/Η μαθητής/ρια είναι αποτελεσματικός/ή στην ολοκλήρωση της τεχνολογικής δραστηριότητας.				
S (ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ)	1	2	3	4
1. Ο/Η μαθητής/ρια είναι έτοιμος/η και πρόθυμος να εργαστεί με τρόπο που να καλλιεργεί τις κοινωνικές τους δεξιότητες όπως όταν δεν δείχνουν ντροπή ή αντιπαλότητα στη διαδικασία κοινωνικοποίησής τους και της εργασίας τους σε ομάδες.				
2. Ο/Η μαθητής/ρια εργάζεται μεθοδολογικά και συστηματικά σε σημεία που απαιτείται συνεργασία για μια δραστηριότητα.				
3. Ο/Η μαθητής/ρια μπορεί δυνητικά να συμμετέχει σε όλα τα στάδια μάθησης συνεργαζόμενος/η με τους συμμαθητές τους – Η τάξη γίνεται μια Κοινότητα Μάθησης.				
4. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να λάβει κριτικές αποφάσεις για τη μάθησή τους με συνεργατικό τρόπο.				
5. Ο/Η μαθητής/ρια συνεργάζεται για τη δημιουργία μαθησιακών επιτευγμάτων αξιοποιώντας τη φαντασία του/της.				
6. Ο/Η μαθητής/ρια δημιουργούν επιτεύγματα/αποτελέσματα με συνεργατικό τρόπο και όπως θα έπρεπε.				
L (ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ)	1	2	3	4
1. Ο/Η μαθητής/ρια είναι έτοιμος/η και πρόθυμος/η να εργαστεί σε γλωσσικές δραστηριότητες, γραπτές ή/και προφορικές.				
2. Ο/Η μαθητής/ρια εργάζεται μεθοδολογικά σε γραπτές και προφορικές δραστηριότητες.				
3. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εργαστεί ατομικά και συνεργατικά με άλλους σε προφορικές γλωσσικές δραστηριότητες και σε γραπτές ατομικές/ομαδικές γλωσσικές δραστηριότητες.				
4. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εφαρμόσει κριτική σκέψη σε προφορικές και γραπτές γλωσσικές δραστηριότητες.				
5. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εφαρμόσει τη φαντασία/δημιουργικότητα σε προφορικές και γραπτές γλωσσικές δραστηριότητες και να δημιουργήσει καινοτόμες ατομικές/ ομαδικές εργασίες.				
6. Τα αποτελέσματα των προφορικών και γραπτών γλωσσικών δραστηριοτήτων είναι τα αναμενόμενα και ικανοποιούν τους διδακτικούς στόχους της διδακτέας θεματικής ενότητας.				
Ν/Τ (ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ/ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΑ)	1	2	3	4
1. Ο/Η μαθητής/ρια είναι έτοιμος/η και πρόθυμος/η να εργαστεί σε αριθμητικές δραστηριότητες, γραπτές ή/και προφορικές.				
2. Ο/Η μαθητής/ρια εργάζεται μεθοδολογικά σε γραπτές και προφορικές δραστηριότητες.				
3. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εργαστεί ατομικά και συνεργατικά με άλλους σε προφορικές αριθμητικές δραστηριότητες και σε ανάλογες γραπτές ατομικές/ομαδικές δραστηριότητες.				
4. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εφαρμόσει κριτική σκέψη σε προφορικές και γραπτές αριθμητικές δραστηριότητες.				
5. Ο/Η μαθητής/ρια είναι ικανός/ή να εφαρμόσει τη φαντασία/δημιουργικότητα σε προφορικές και γραπτές αριθμητικές ή/και θεωρητικές δραστηριότητες και να δημιουργήσει καινοτόμες ατομικές/ ομαδικές εργασίες.				
6. Τα αποτελέσματα των προφορικών και γραπτών αριθμητικά και θεωρητικών δραστηριοτήτων είναι τα αναμενόμενα και ικανοποιούν τους διδακτικούς στόχους της σχετικής θεματικής ενότητας.				

Τη συλλογή των δεδομένων ακολούθησε στατιστική επεξεργασία με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS και του Excel. Εκτός από την επεξεργασία των ποσοτικών δεδομένων, που περιλαμβάνει την εξαγωγή Μέσων Όρων (Μ.Ο.) και την επεξεργασία συντελεστών συσχέτισης, με τη στατιστική ανάλυση αναδείχτηκαν διαφορές και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά, καθώς και συσχετίσεις μεταξύ ποσοτικών και ποιοτικών αποτελεσμάτων στο επίπεδο της Ανάλυσης Διασποράς/Διακύμανσης (ANOVA). Με τον τρόπο αυτό εξάγονται πιο αντικειμενικά και ισχυρά συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση του «Βιοπαιδαγωγισμού» στην εμπέδωση του μαθήματος.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

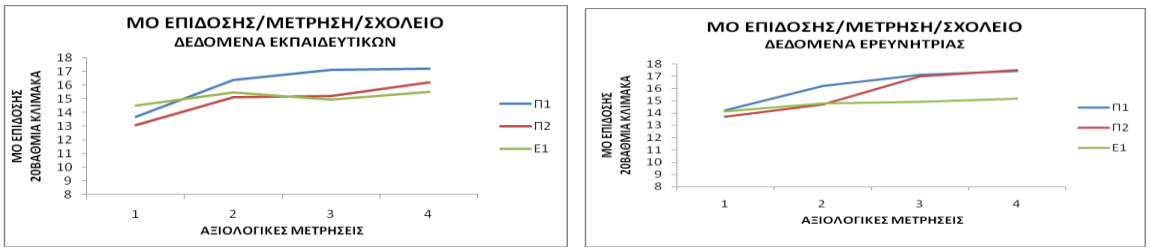
Στο πλαίσιο της έρευνας χρησιμοποιήθηκε διδακτική σύμφωνη με το ΑΠΣ Βιολογίας της Α΄ Γυμνασίου, αλλά διαφοροποιημένη ως προς τα μεθοδολογικά εργαλεία. Στα Π τμήματα οι διδακτικές δραστηριότητες επιλέχθηκαν με βάση το ΑΠΣ και το βιβλίο της Βιολογίας ώστε να ικανοποιείται μεταξύ των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων αρχικά η σχέση T>S>L>N/T (εισαγωγική-αναμνηστική «δόση/παρέμβαση» της προ του ΒΑ βιοπαιδαγωγικής διεργασίας) και έπειτα η σχέση T<S<L<N/T (όπως και συνδυαστικά σχήματα π.χ. T+S, T+S+L, T+S+L+N/T, με χαρακτηριστική κατά περίπτωση έμφαση σε κάθε δεξιότητα). Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν προέκυψαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Στο πλαίσιο αυτό:

- Καταδείχτηκε η σημαντική λειτουργία του ΒΑ για τους μαθητές (ριες) της Α Γυμνασίου, καθώς στις αρχές του (πειραματικού) σχολικού έτους δεν υπήρχαν διαφορές επίδοσης μεταξύ Π και Ε Τμημάτων.
- Όσον αφορά την ποσοτική αξιολόγηση της γενικής επίδοσης των μαθητών (ριών), η επεξεργασία των δεδομένων δείχνει στατιστικώς σημαντική διαφοροποίηση υπέρ των Π τμημάτων. Η διαφοροποίηση αυτή ξεκινά ήδη από τη 2η μέτρηση. Η διαφορά στην ποσοτική αξιολόγηση των Μ.Ο. της γενικής επίδοσης με χρήση της 20/βάθμιας κλίμακας παραμένει, είτε η αξιολόγηση βασίζεται στον εκπαιδευτικό είτε στην ερευνήτρια (Εικόνα 2).
- Από την επεξεργασία των δεδομένων αναδεικνύεται επίσης στατιστικώς σημαντική διαφορά υπέρ των Π τμημάτων στο Μ.Ο. των τεσσάρων δεξιοτήτων τόσο στην 20/βάθμια κλίμακα (Εικόνα 3) όσο και στην 4/βάθμια κλίμακα (Εικόνα 4), από τα δεδομένα τόσο των εκπαιδευτικών όσο και της ερευνήτριας.
- Σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων από την αξιολόγηση της διαφοροποίησης στα 6 επιμέρους χαρακτηριστικά των τεσσάρων βιοπαιδαγωγικών δεξιοτήτων, παρατηρείται (στην 3η μέτρηση) στατιστικώς σημαντική διαφορά υπέρ των Π τμημάτων και στις δύο κλίμακες αξιολόγησης, από τα δεδομένα τόσο των εκπαιδευτικών όσο και της ερευνήτριας (Πίνακας 3). Τα εν λόγω χαρακτηριστικά συμβάλλουν σημαντικά στη μαθησιακή συγκρότηση κάθε δεξιότητας (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2013), η οποία καλλιεργούμενη βιοπαιδαγωγικά αναπτύσσεται δια των χαρακτηριστικών αυτών. Οι παρατηρηθείσες αυτές διαφορές μεταξύ Π και Ε τμημάτων δεν μπορούν να αποδοθούν σε άλλες σύγχρονες τεχνικές μάθησης, καθώς υπήρχε συχνή επικοινωνία ερευνήτριας, εκπαιδευτικών (Π-Ε) και μαθητών (ριών) και δεν ανιχνεύτηκε καμία τεχνική μάθησης που να βρίσκεται εκτός των αρχών του «Βιοπαιδαγωγισμού» (Π) και της ισχύουσας/διαθεματικής προσέγγισης (Ε).
- Η αξιοπιστία των δεδομένων της αξιολόγησης ενισχύεται και από το γεγονός ότι οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων/βαθμολογιών των εκπαιδευτικών και της ερευνήτριας είναι πολύ υψηλοί και στις δύο κλίμακες αξιολόγησης (Πίνακας 4). Η

κατάσταση αυτή εκμηδενίζει κάθε αμφιβολία σύμφωνα με την οποία η διαφοροποίηση στις επιδόσεις των μαθητών (ριών) μεταξύ των Π και Ε Τμημάτων θα μπορούσε να αποδοθεί στην διαφορετική ικανότητα των Π ή Ε εκπαιδευτικών, που όπως προαναφέρθηκε, ήταν ισοδύναμη, και όχι στη βιοπαιδαγωγική παρέμβαση.

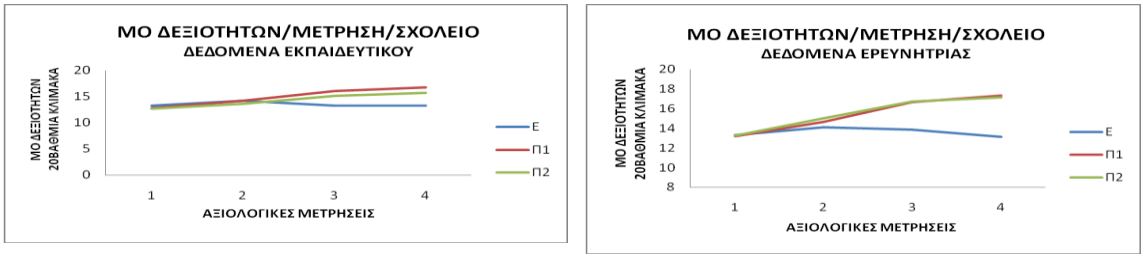
Από τη στατιστική επεξεργασία των ποσοτικών και ποιοτικών ευρημάτων προκύπτει ότι όλες οι διαφορές στις επιδόσεις στις τέσσερεις βιοπαιδαγωγικές δεξιότητες των μαθητών (ριών), αλλά και στη γενική επίδοση και άρα το βαθμό εμπέδωσης/μάθησης είναι υπέρ των Π τμημάτων· προκύπτει επίσης μία όμοια δυναμική επίδοσης που καταγράφτηκε από όλους τους αξιολογητές (εκπαιδευτικοί-ερευνήτρια) και με τις δυο χρησιμοποιηθείσες κλίμακες αξιολόγησης. Τέτοια, πολλαπλώς συγκλίνοντα και συμπίπτοντα αποτελέσματα καταδεικνύουν με ισχυρό τρόπο την ορθότητα της αξιοποίησης της βιοπαιδαγωγικής εμφατικής ιεράρχησης και καλλιέργειας των 4 δεξιοτήτων. Η όποια αλλαγή ιεράρχησης ως εναλλακτικού τρόπου ελέγχου του «Βιοπαιδαγωγισμού» θα απαιτούσε άλλο θεωρητικό υπόβαθρο, που δεν υπάρχει· και οποιαδήποτε αυθαίρετη ιεράρχηση στην έμφαση καλλιέργειας των δεξιοτήτων θα υπέφερε από την παράμετρο τυχαιότητα.

Πέραν τούτου, η διαφορετική ιεράρχηση των 4 δεξιοτήτων μεταξύ Π και Ε τάξεων στο Νηπιαγωγείο (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2013) και στο Δημοτικό (Αλαχιώτης, Καρατζιά-Σταυλιώτη & Νικήτα 2013), έχει ήδη ελεγχθεί στο πλαίσιο του ισχύοντος ΑΠΣ και της ισχύουσας διαθεματικής διδασκαλίας, καταδεικνύοντας ότι η στρέβλωση της βιοπαιδαγωγικής ιεράρχησης των δεξιοτήτων οδηγεί σε πολύ χαμηλότερες επιδόσεις των μαθητών (ριών) (Alahiotis & Karatzia-Stavlioti 2013, Αλαχιώτης, Καρατζιά-Σταυλιώτη & Νικήτα, 2013)· όπως βέβαια ισχύει και στην παρούσα έρευνα, καθώς στο Ε τμήμα η ιεράρχηση είναι διαφορετική από τη βιοπαιδαγωγική που έγινε στα Π τμήματα. Αξίζει να αναφερθεί ακόμα ότι στην παρούσα έρευνα η αξιοποίηση της εξελικτικο-αναπτυξιακής βιολογικής γνώσης στο παιδαγωγικο-εκπαιδευτικό επίπεδο δεν παραπέμπει σε καμία μορφή χυδαίου βιολογικού ντετερμινισμού, καθώς η υπό έλεγχο μεταβλητή είναι η περιβαλλοντική, η διδακτική δηλαδή. Η μεταβλητή αυτή διαφοροποιεί τις επιδόσεις των Π τμημάτων έναντι του Ε, που είχαν ισοδύναμες αρχικές επιδόσεις, μη εξαρτώμενες δηλαδή από την παράμετρο «διαφορετικό βιολογικό υπόβαθρο».



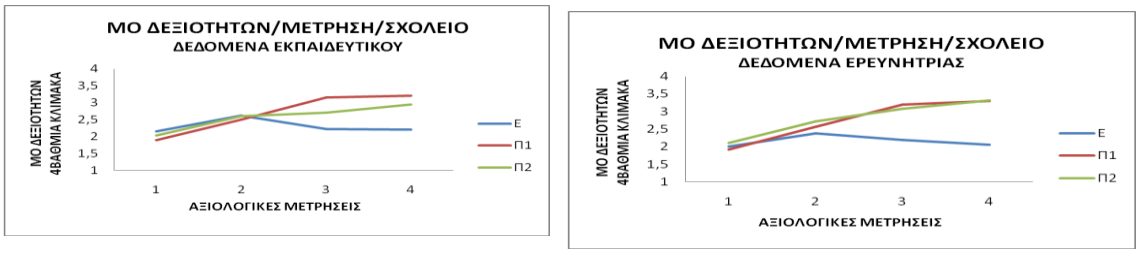
α. β.

Εικόνα 2: Διάγραμμα με το Μ.Ο. της γενικής επίδοσης των μαθητών (ριών) στο μάθημα της Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου σε τέσσερεις αξιολογικές μετρήσεις στα Πειραματικά τμήματα (Π) και το τμήμα Ελέγχου (Ε) στην 20/βάθμια κλίμακα: α. Δεδομένα εκπαιδευτικών β. Δεδομένα ερευνήτριας.



α. β.

Εικόνα 3: Διάγραμμα με το Μ.Ο. των τεσσάρων δεξιοτήτων των μαθητών (ριών) στο μάθημα της Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου σε τέσσερεις αξιολογικές μετρήσεις στα Πειραματικά τμήματα (Π) και το τμήμα Ελέγχου (Ε) στην 20/βάθμια κλίμακα: α. Δεδομένα εκπαιδευτικών β. Δεδομένα ερευνήτριας.



α. β.

Εικόνα 4: Διάγραμμα με το Μ.Ο. των τεσσάρων δεξιοτήτων των μαθητών/τριών στο μάθημα της Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου στις τέσσερεις αξιολογικές μετρήσεις στα Πειραματικά τμήματα (Π) και το τμήμα Ελέγχου (Ε) στην 4/βάθμια κλίμακα: α. Δεδομένα εκπαιδευτικών β. Δεδομένα ερευνήτριας.

Πίνακας 3: Αριθμός των επί μέρους χαρακτηριστικών της κάθε δεξιότητας με στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ των Π τμημάτων. Δεδομένα από την 3η μέτρηση εκπαιδευτικών και ερευνήτριας.

	T	S	L	N/T
Δεδομένα εκπαιδευτικών	4	5	5	6
Δεδομένα ερευνήτριας	4	6	6	6

Πίνακας 4: Συντελεστές συσχέτισης (r) των βαθμολογιών εκπαιδευτικών και ερευνήτριας στην 20/βάθμια και 4/βάθμια κλίμακα.

Δεξιότητες	20/βάθμια κλίμακα	4/βάθμια κλίμακα
T	0,93	0,79
S	0,81	0,81
L	0,93	0,92
N/T	0,91	0,80

Συμπεράσματα

Η βιοπαιδαγωγική διδακτική προσέγγιση καταδεικνύει θετική επίδραση στην καλλιέργεια των επιμέρους χαρακτηριστικών των δεξιοτήτων, συνακόλουθα στην ενίσχυση κατάκτησης των τεσσάρων δεξιοτήτων και στη γενική επίδοση των εφήβων μαθητών (ριών) στην Α΄ Γυμνασίου στο μάθημα της Βιολογίας. Η εφαρμοσθείσα βιοπαιδαγωγική μαθησιακή προσέγγιση/διδακτική φαίνεται πως ενίσχυσε τη λειτουργία των σχετικών νευρωνικών συνάψεων και δικτύων και οδήγησε σε αύξηση της εγγενούς μαθησιακής ικανότητας του εγκεφάλου. Επομένως, η κατάλληλη αξιοποίηση της βιοπαιδαγωγικής μεθοδολογίας μέσα από την αναμόρφωση και τον μετασχηματισμό της διδασκαλίας, εντός του διαθεματικού ΑΠΣ, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, σε καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση της διεργασίας της μάθησης και αποτελεσματικότερη κατάκτηση και απόδοση συγκεκριμένων γνωσιακών στόχων.

Το συμπέρασμα αυτό ενισχύουν οι υψηλοί συντελεστές συσχέτισης, καθώς και η ομοιότητα στη δυναμική των αποτελεσμάτων ανεξάρτητα από τις διαφορετικές παραμέτρους: τον αξιολογητή (εκπαιδευτικός/ερευνήτρια), την κλίμακα αξιολόγησης (20βάθμια/4βάθμια) και το αξιολογηθέν αντικείμενο (επιμέρους χαρακτηριστικά δεξιοτήτων/δεξιότητες/γενική επίδοση). Σχετικά με το χρόνο εμφάνισης των πρώτων μαθησιακών αποτελεσμάτων, η έρευνα δείχνει πως χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα περίπου 6 εβδομάδων για να υπάρξει εμφανής βιοπαιδαγωγική επίδραση. Συγκρίσιμος χρόνος 5 εβδομάδων προκύπτει και από σχετική έρευνα βασισμένη στη χρήση της τεχνικής ERP (Event Related Potential) σχετικά με προκλητές αλλαγές στον εγκέφαλο (McCandliss et.al. 1997), κατόπιν μαθησιακής εξάσκησης.

Επιπλέον, προκύπτει ότι η βιοπαιδαγωγική διδασκαλία είναι ικανή να επιφέρει βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων ακόμα και με περιορισμένης κλίμακας εφαρμογή. Στην παρούσα πειραματική εφαρμογή η διαφοροποιημένη διδασκαλία έγινε μόνο σε ένα μάθημα και μάλιστα σε εφήβους οι οποίοι δεν είχαν καμία προηγούμενη βιοπαιδαγωγική διαπαιδαγώγηση. Υποθέτουμε ότι αν η βιοπαιδαγωγική διδασκαλία εφαρμοζόταν στην προηγούμενη πρωτοβάθμια βαθμίδα και σε όλα τα μαθήματα της Α΄ Γυμνασίου, τότε ίσως τα αποτελέσματα στις επιδόσεις στη Βιολογία να ήταν πιο θεαματικά.

Στο σύνολό τους τα ευρήματά μας καταδεικνύουν τη δυνατότητα μεγιστοποίησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσα από την εφαρμογή των γενικών αρχών του «Βιοπαιδαγωγισμού», με βασικά χαρακτηριστικά:

1. Τη σωστή επιλογή και μορφοποίηση δραστηριοτήτων από τη διδακτέα ύλη που ενεργοποιούν τις τέσσερεις βιοπαιδαγωγικές δεξιότητες, δίχως να υποβαθμίζεται καμία από αυτές.

2. Την κατάλληλη ιεραρχημένη και διαδραστική έμφαση στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων, με την ημερήσια/ετήσια κατανομή του χρόνου εμφατικής καλλιέργειας της κάθε δεξιότητας να καθορίζεται από τη διαμόρφωση του θέματος και από τις εκπονούμενες δραστηριότητες, πάντα στο θεωρητικό πλαίσιο του «Βιοπαιδαγωγισμού».

3. Τη βιοπαιδαγωγική αξιοποίηση της αλληλόδρασης μεταξύ των τεσσάρων δεξιοτήτων, αλλά και της εσωτερικής τους ιεραρχίας. Π.χ. κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ο εκπαιδευτικός οφείλει, εντός του πλαισίου το ΒΑ, να ξεκινά με έμφαση στη μία δεξιότητα και σταδιακά να εισάγει τις υπόλοιπες, πάντα σε αλληλεπίδραση (π.χ. αρχικά T<S, έπειτα (T+S)<<L>>N/T, αργότερα (T+S+L)<<N/T). Αντίστοιχα, κάθε δεξιότητα πρέπει να καλλιεργείται σταδιακά με αυξανόμενο βαθμό δυσκολίας και πάντα εντός του βιοπαιδαγωγικού πλαισίου και της γενικής σχέσης T<S<L<N/T.

4. Την κατάλληλη μορφοποίηση, διαδραστική ιεράρχηση και ένταξη των δραστηριοτήτων σε Φύλλα Εργασίας.

5. Το συνδυασμό δραστηριοτήτων που εμπεριέχουν ποσοτικές, ποιοτικές παραμέτρους, ικανό πειραματισμό και πλήθος ερεθισμάτων.

6. Την ανάδειξη της σημαντικότητας του ΒΑ ως λειτουργικής παραμέτρου του Βιοπαιδαγωγισμού.

Ωστόσο, παρά τον προσεκτικό σχεδιασμό, μία διδακτική προσέγγιση με βάση τις αρχές του «Βιοπαιδαγωγισμού» προϋποθέτει την προσαρμογή του θεωρητικού πλαισίου στο διδακτικό αντικείμενο· και πρωτίστως από τον διδάσκοντα. Ο εκπαιδευτικός καλείται να πειραματιστεί δημιουργικά, προκειμένου να αντιληφθεί τις ιδιαιτερότητες των μαθητών (ριών) του και να ενσωματώσει ομαλά και ώριμα τις βιοπαιδαγωγικές αρχές στη διδασκαλία του.

Βιβλιογραφία

Αλαχιώτης, Σ. Ν. (2007). *Εισαγωγή στην Εξέλιξη*. Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.

Αλαχιώτης, Σ. Ν. & Καρατζιά-Σταυλιώτη, Ε. (2009). *Διαθεματική και βιοπαιδαγωγική θεώρηση της μάθησης και της αξιολόγησης*. Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.

Αλαχιώτης, Σ.Ν., Καρατζια-Σταυλιώτη, Ε. & Νικήτα Β. (2013). «Βιοπαιδαγωγική μάθηση στο πλαίσιο της εξελικτικής και αναπτυξιακής φύσης του εγκεφάλου και της νόησης- Αξιολόγηση της βιοπαιδαγωγικής θεωρίας». 13ο Συνέδριο ΠΕΕ «Παιδαγωγικής και Εκπαιδευτικής έρευνας» (προσκεκλημένη ομιλία από τον Σ.Ν. Αλαχιώτης, Ιωάννινα (υπό δημοσίευση).

Alahiotis, S.N. & Karatzia-Stavlioti, E. (2006). "Effective Curriculum Design and Cross-Curricularity: Analysis of the New Curriculum Design by the Hellenic Pedagogical Institute". *Pedagogy, Culture & Society* 14, 119-148.

Alahiotis, S.N. & Karatzia-Stavlioti, E. (2008). "Biopedagogism: A New Theory of Learning." *The International Journal of Learning* 15, 323-330.

Alahiotis, S.N. & Karatzia-Stavlioti, E. (2013). "A Basic Competence Assessment through a Multimodal Biopedagogic Classroom Design". *The International Journal of Assessment and Evaluation* (accepted for publication, in press).

Blakemore, S.J. & Frith, U. (2006). *The Learning Brain, Lessons for Education*. Blackwell Publishing, UK.

Bransford, J.D, Brown, A.L., Cocking, R.R. (2000). *How People Learn, Brain, Mind, Experience and School*. National Academic Press, Washington DC.

Deheane, S. (2007). "A Few Steps Towards a Science of Mental Life". *Mind, Brain and Education* 1, 28-47.

European Commission-EC. (1998). *Fostering Cross-curricular Key Competences for Creativity and Innovation*. Vienna: EC.

Futuyama, D.J. (2005). *Evolution.* Sinauer Associates INC Publishers, USA.

Langer, J. (2005). "The primate phylogeny of cognitive evolution". In Valsiner, J (ed). *Heins Werner and Developmental Science* (307-321). Springer, USA.

McCandliss, B., Posner, M. & Givon, T. (1997). "Brain Plasticity in Learning Visual Words". *Cognitive Psychology* 33, 88-100.

Greespan, S.E. & Shanker, E. (2004). *The first idea: How symbols, Language and Intelliegence evolved from our Primate Ancestors.* De Capo Press, Cambridge Mass.

Nunes, T. (1998). *Developing Children's Minds through Literacy and Numeracy.* Institute of Education, University of London.

OECD-PISA. (2004) *Problem Solving for Tomorrow's word. First Measures of Cross – Curricular Competences from PISA 2003*. Paris: OECD.

OECD-CERI. (2007). *Understanding the Brain: the Birth of a Learning Science*.OECD, Paris.

Posner, M. & Rothbart, M. (2007). *Educating the Human Brain*. American Psychological Association, Washington DC.

Sawyer, K.R. (2006). *The Learning Sciences*. Cambridge University Press.

Wagner, J. (2010). "A transfer-in-pieces Consideration of the Perception of Structure in the Transfer of Learning". *The Journal of the Learning Sciences*, 19, 443-479.

Η εννοιολογική οικολογία της θεωρίας της εξέλιξης στο ελληνικό κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο.

Στρατής Κατάκος
Πόπη Παπαδοπούλου
Κυριάκος Αθανασίου
1ο Γυμνάσιο Ταύρου, stratisk@yahoo.com
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ppapadopoulou@uowm.gr
Πανεπιστήμιο Αθηνών, kathanas@ecd.uoa.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία ερευνά τις βασικές έννοιες που συναποτελούν την εννοιολογική οικολογία της θεωρίας της εξέλιξης. Η έρευνα αυτή αφορά στο πώς αλληλεπιδρούν αυτές οι έννοιες στο ελληνικό κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο και πώς επηρεάζονται από στοχευμένες διδακτικές παρεμβάσεις.

Η έρευνα έγινε σε 2 διαδοχικά ακαδημαϊκά έτη στο τμήμα εκπαίδευσης και αγωγής στην προσχολική ηλικία, του Πανεπιστημίου Αθηνών, σε πρωτοετείς φοιτήτριες, στην αρχή και στο τέλος του πρώτου εξαμήνου.

Στην διάρκεια του εξαμήνου, στο πλαίσιο του μαθήματος 'εισαγωγή στη βιολογία', η θεωρία της εξέλιξης χρησιμοποιήθηκε σαν ενοποιητικό πλαίσιο, έγιναν στοχευμένες διδακτικές παρεμβάσεις με ανάλυση των παραμέτρων της θεωρίας της εξέλιξης, συζήτηση για τη φύση της επιστήμης και εκπόνηση εργασιών.

Τα ευρήματα της συνολικής έρευνας δείχνουν ότι οι κατάλληλες και στοχευμένες διδακτικές παρεμβάσεις, που λαμβάνουν υπόψη το ελληνικό κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο, βοηθούν καθοριστικά την κατανόηση και την αποδοχή της Θ.Ε.

Abstract

This paper deals with the key concepts that form the conceptual ecology of the theory of evolution. This study explores how these concepts interact in the Greek socio-cultural environment and how they are being affected by targeted instructional interventions.

The survey was conducted for 2 consecutive academic years, at the beginning and at the end of the first semester, in the Faculty of Early Childhood Education with the participation of first year university students.

The theory of evolution was used as a unifying framework during the course 'Introduction to Biology' and targeted teaching interventions by analyzing the parameters of the theory of evolution were made. Also a specific course on the nature of science has taken place. Finally, a number of papers has been assigned to students.

The overall findings of the survey show that targeted teaching interventions, contribute significally to the understanding and acceptance of the theory of evolution, in the Greek socio-cultural context.

Εισαγωγή

Η οικολογία των εννοιών

Η εννοιολογική οικολογία είναι μια έννοια που εισήγαγε ο Tulmin (1970) και χρησιμοποίησαν ο Posner και οι συνεργάτες του (1982), για να περιγράψουν το εννοιολογικό περιβάλλον μιας βασικής έννοιας, το οικοσύστημα των εννοιών δηλ. τις άλλες έννοιες που σχετίζονται και επηρεάζουν την κύρια έννοια.

Οι τρέχουσες και οι ριζωμένες από παλιά αντιλήψεις ενός ατόμου, αποτελούν την εννοιολογική οικολογία του και επηρεάζουν την επιλογή μιας νέας κεντρικής έννοιας. Το είδος των εννοιών αυτών που καθορίζουν την κατεύθυνση της εννοιολογικής αλλαγής, είναι:

Ανωμαλίες, αστοχίες, αποτυχίες της έννοιας

Αναλογίες και μεταφορές

Επιστημολογικές συμβάσεις
Μεταφυσικές δοξασίες και έννοιες
Άλλες περιοχές γνώσης

Στη δεύτερη αναθεωρημένη έκδοση της θεωρίας της εννοιολογικής αλλαγής, οι Strike & Posner (1992), επέκτειναν τον ορισμό της εννοιολογικής οικολογίας ώστε να περιλάβει συναισθηματικούς και κοινωνικούς παράγοντες, εναλλακτικές ιδέες, επιθυμίες, κίνητρα. Ακόμα της προσέδωσαν αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα με την έννοια ότι όλες οι έννοιες επηρεάζουν την κεντρική έννοια και επηρεάζονται με τη σειρά τους από αυτή.

Η οικολογία των ερευνών

Μετά την πρώτη παρουσίαση του μοντέλου της εννοιολογικής αλλαγής ακολούθησε συζήτηση, παρατηρήσεις και κριτική που εστιάστηκε κυρίως στην υπερβολική βαρύτητα που έδινε το μοντέλο στους λογικούς παράγοντες και την αντίστοιχη υποεκτίμηση των συναισθηματικών, κοινωνικών παραγόντων και τη δυναμική φύση της εννοιολογικής αλλαγής. (Hewson & Hamlyn, 1983, Eylon & Linn, 1988, Perkins & Simmons, 1988, Doyle, 1983).

Έτσι το 1992 δημοσιεύτηκε η 'αναθεωρημένη θεωρία της εννοιολογικής αλλαγής' (Strike & Posner, 1992), όπου εισάγεται το νέο μοντέλο εννοιολογικής αλλαγής (Conceptual Change Model-CCM), διευρυμένο ώστε να περιλαμβάνει τους συναισθηματικούς και κοινωνικούς παράγοντες και να έχει δυναμικό και αλληλεπιδραστικό χαρακτήρα.

Από το 1992 μέχρι σήμερα η έρευνα για την εννοιολογική αλλαγή, μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο του εποικοδομητισμού, παραμένει έντονη και παραγωγική. (Demastes et al, 1995)

Στην Ελλάδα μέσα στο ευρύτερο πλαίσιο του εποικοδομητισμού και των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, η έρευνα για την εννοιολογική οικολογία διεξάγεται κυρίως από την παρούσα ερευνητική ομάδα (Αθανασίου, Παπαδοπούλου, Κατάκος, 2009, 2010, 2011).

Η έρευνα αυτή έχει γίνει σε φοιτητές παιδαγωγικών σχολών και σε εκπαιδευτικούς. Επίσης έχει γίνει για συνεχόμενες χρονιές. Τέλος έχει γίνει σε συνδυασμό με εκπαιδευτικούς άλλων χωρών (Σερβία). Έτσι έχουν συγκεντρωθεί αρκετά συγκρίσιμα στοιχεία και χρονοσειρές δεδομένων από τα οποία μπορούν να βγουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Τέλος έχει γίνει ποιοτική έρευνα (συνεντεύξεις) σε εκπαιδευτικούς που διευκρινίζει και εμβαθύνει τις παραμέτρους της εννοιολογικής οικολογίας.

Από τα ευρήματα προκύπτει το γενικό συμπέρασμα ότι οι διάφοροι παράγοντες της εννοιολογικής οικολογίας λειτουργούν και επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο και βαρύτητα σε διαφορετικά κοινωνικά, πολιτιστικά περιβάλλοντα και μικροπεριβάλλοντα (εκπαιδευτικοί).

Η συγκεκριμένη εργασία επεξεργάζεται μέρος των ευρημάτων από την έρευνα που έγινε δύο συνεχόμενα χρόνια σε πρωτοετείς φοιτητές του τμήματος εκπαίδευσης και αγωγής στην προσχολική ηλικία (ΤΕΑΠΗ) του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Μεθοδολογία.

Ερευνητικά ερωτήματα

Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας είναι δύο:

Αν η επίδραση 4 γνωστών εννοιών της εννοιολογικής οικολογίας της ΘΕ (γνώση ΘΕ, γνώση για τη φύση της επιστήμης-NOS, προδιαθέσεις σκέψης-AOT, Θρησκευτικότητα), στην αποδοχή της ΘΕ, διαφοροποιείται στο ελληνικό κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο.

Αν μια οργανωμένη διδακτική παρέμβαση επηρεάζει την εξέλιξη και τη σχέση των παραγόντων της εννοιολογικής οικολογίας της Θ.Ε.

Το Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε, κατέληξε σε αυτή τη μορφή μετά από πιλοτικές έρευνες και έρευνες προηγούμενων ετών, όπου χρησιμοποιήθηκαν διάφορες υποκλίμακες και μεμονωμένες ερωτήσεις, όπως για παράδειγμα το μορφωτικό επίπεδο των γονέων, η συχνότητα συμμετοχής των γονέων σε θρησκευτικές τελετές. Στην παρούσα μορφή του το

ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 6 βασικές ενότητες-υποκλίμακες. Η πρώτη είναι τα βασικά δημογραφικά στοιχεία (φύλλο, ηλικία). Η δεύτερη ενότητα αφορά στην αποδοχή της θεωρίας της εξέλιξης. Χρησιμοποιείται η κλίμακα αποδοχής MATE (Measure of Acceptance of the Theory of Evolution, Rutledge and Warden, 1999). Περιέχει 20 ερωτήσεις με απαντήσεις σε πενταβάθμια κλίμακα Likert (Διαφωνώ πλήρως, Διαφωνώ, Αναποφάσιστος, Συμφωνώ, Συμφωνώ πλήρως).

Η τρίτη ενότητα μετρά τις γνώσεις και την κατανόηση της Θ.Ε. , με 21 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

Η τέταρτη ενότητα αφορά στις επιστημολογικές αντιλήψεις και τις απόψεις γύρω από τη φύση της επιστήμης (Nature Of Science-NOS). Χρησιμοποιείται ένα ερωτηματολόγιο 17 ερωτήσεων που αναπτύχθηκε αρχικά από το Johnson (1985) και τροποποιήθηκε από τους Rutledge and Warden (1999). Περιέχει 17 ερωτήσεις με απαντήσεις σε πενταβάθμια κλίμακα Likert.

Η πέμπτη ενότητα μετρά τον τρόπο σκέψης, τις προδιαθέσεις της σκέψης, την 'ανοιχτομυαλιά'. Χρησιμοποιείται ένα ερωτηματολόγιο 41 ερωτήσεων (Actively Open-Minded Thinking Scale), όπως διαμορφώθηκε από τους Stanovich & West (2007), με απαντήσεις σε πενταβάθμια κλίμακα (Διαφωνώ πλήρως έως Συμφωνώ πλήρως). Η μέτρηση αυτή έγινε μόνο στην δεύτερη, τελική φάση των 2 ερευνών.

Η έκτη ενότητα μετρά πλευρές τις θρησκευτικότητας, όπως η συχνότητα θρησκευτικών πρακτικών, η ερμηνεία των ιερών βιβλίων, η πίστη

Η Έρευνα

Η έρευνα έγινε σε 2 διαδοχικά χρόνια, στην αρχή και στο τέλος του πρώτου διδακτικού εξαμήνου κάθε έτους..

Η πρώτη έρευνα έγινε το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011, το πρώτο εξάμηνο (Οκτώβριος-Φεβρουάριος). Πήραν μέρος συνολικά 188 φοιτητές στην αρχική έρευνα και 132 στην τελική

Η δεύτερη έρευνα έγινε το πρώτο εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2011-2012. Πήραν μέρος 107 φοιτητές στην αρχική έρευνα και 91 φοιτητές στην τελική.

Κάθε φοιτητής δημιουργούσε έναν προσωπικό, ανώνυμο κωδικό, τον οποίο έβαζε και στις 2 έρευνες που συμμετείχε. Έτσι ήταν δυνατή η ταυτοποίηση και το ταίριασμα κάθε ερωτηματολογίου μεταξύ αρχικής και τελικής έρευνας κάθε εξαμήνου. Αντίστοιχα, η στατιστική ανάλυση έγινε και στα δείγματα σα σύνολο (independent test) και στα δείγματα σαν εξαρτημένα ζεύγη (paired test).

Στη διάρκεια του εξαμήνου οι φοιτητές διδάσκονταν ένα μάθημα εισαγωγής στη βιολογία με την εξέλιξη σαν ενοποιητικό παράγοντα.

Δόθηκε έμφαση σε κεντρικά θέματα της εξέλιξης, όπως τα απολιθώματα και οι γενετικές ενδείξεις για την εξέλιξη. Συζητήθηκαν ζητήματα για τη φύση και την ιστορία της επιστήμης και τη βιοηθική.

Υπήρξε ελαφρά διαφοροποίηση στο περιεχόμενο και την ένταση της διδακτικής παρέμβασης ανάμεσα στα 2 έτη. Το πρώτο ακαδημαϊκό έτος συζητήθηκαν οι ενδείξεις για την εξέλιξη (απολιθώματα, γενετική) και έγινε σύντομη αναφορά στην επιστημονική μέθοδο και στη φύση της επιστήμης. Η βασική εργασία που έγινε είχε σχέση με τη μεσογειακή αναιμία και έγινε αναφορά στη σύνδεση γενετικής ατόμων και γενετικής πληθυσμών σαν βασικό στοιχείο της θεωρίας της εξέλιξης.

Στο δεύτερο ακαδημαϊκό έτος (με βάση και την εμπειρία του προηγούμενου έτους), δόθηκε μεγαλύτερος χρόνος και έμφαση στη φύση της επιστήμης καθώς και στη διερευνητική, ανακαλυπτική μέθοδο διδασκαλίας και μάθησης. Στις εργασίες που δόθηκαν ζητήθηκε να βρεθεί βιβλιογραφική τεκμηρίωση και στοιχεία σχετικά με συγκεκριμένες πλευρές της Θ.τ.Ε.

Αποτελέσματα, Σχόλια

Περιγραφικά στατιστικά

Τα βασικά αποτελέσματα των 2 ερευνών παρουσιάζονται συνοπτικά στους πίνακες που ακολουθούν.

Τα περιγραφικά στατιστικά δείχνουν μια αύξηση όλων των εξεταζόμενων παραγόντων της εννοιολογικής οικολογίας, μετά από τη διδακτική παρέμβαση στη διάρκεια του εξαμήνου. Εξαίρεση αποτελεί η θρησκευτικότητα που έχει αρνητική συσχέτιση με την αποδοχή και την κατανόηση της Θ.Ε.

Η αύξηση αυτή δεν είναι αναλογικά ομοιόμορφη ανάμεσα στις διάφορες παραμέτρους. Η πιο εντυπωσιακή αύξηση είναι αυτή της αποδοχής που και στις 2 έρευνες αυξάνεται σημαντικά.

Η κατανόηση της Θ.Ε. αυξάνεται καθώς επίσης και η κατανόηση της φύσης της επιστήμης. Αξιοσημείωτη σταθερότητα παρουσιάζει ο τρόπος σκέψης ανάμεσα στις 2 έρευνες, ενώ η θρησκευτικότητα φαίνεται να μειώνεται ελαφρά στη διάρκεια του εξαμήνου.

Για την ερμηνεία των περιγραφικών στατιστικών πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι πιθανές παράμετροι, όπως οι λεπτομέρειες της διδακτικής παρέμβασης, το γνωστικό και κοινωνικό υπόβαθρο των φοιτητών.

Κάποια πρώτα σχόλια για την εξέλιξη των παραμέτρων είναι:

Οι μέσοι όροι όλων των παραμέτρων είναι σχετικά υψηλοί και μάλιστα κοντά στους μέσους όρους των ειδικών (εκπαιδευτικών)

Η διδακτική παρέμβαση είχε θετικά, μετρήσιμα και στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα στη βελτίωση των παραμέτρων της εννοιολογικής οικολογίας της Θ.Ε.

Πίνακας 1.1. Έρευνα 1, Αρχή εξαμήνου, Οκτώβριος 2010, πριν τη διδακτική παρέμβαση

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Variance
ΑΠΟΔΟΧΗ	165	43,00	53,00	96,00	74,61	8,81	77,71
ΓΝΩΣΗ	186	14,00	2,00	16,00	8,34	3,88	12,53
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	170	22,00	49,00	71,00	60,83	4,94	24,41
ΤΡΟΠΟΣ ΣΚΕΨΗΣ	160	61,00	114,00	175,00	144,44	10,77	116,18
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	186	19,00	5,00	24,00	14,58	3,77	14,22
Valid N	132						

Πίνακας 1.2. Έρευνα 1, Τέλος εξαμήνου, Φεβρουάριος 2011, μετά τη διδακτική παρέμβαση

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Variance
ΑΠΟΔΟΧΗ	107	37,00	61,00	98,00	80,04	8,787	77,21
ΓΝΩΣΗ	132	18,00	,00	18,00	9,11	4,44	19,72
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	110	28,00	48,00	76,00	61,06	4,92	24,22
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	118	18,00	5,00	23,00	13,82	4,12	17,01
Valid N	102						

Πίνακας 2.1. Έρευνα 2, Αρχή εξαμήνου, Οκτώβριος 2011, πριν τη διδακτική παρέμβαση

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Variance
ΑΠΟΔΟΧΗ	109	44,00	45,00	89,00	72,76	7,44	55,36
ΓΝΩΣΗ	109	12,00	2,00	14,00	8,09	2,55	6,51
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	109	26,00	47,00	73,00	60,16	4,47	20,02
ΤΡΟΠΟΣ ΣΚΕΨΗΣ	109	48,00	125,00	173,00	145,66	9,55	91,35
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	106	20,00	5,00	25,00	14,28	4,03	16,26
Valid N	106						

Πίνακας 2.2. Έρευνα 2, Τέλος εξαμήνου, Φεβρουάριος 2012, μετά τη διδακτική παρέμβαση

	N	Range	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Variance
ΑΠΟΔΟΧΗ	91	56,00	44,00	100,00	78,43	10,11	102,36
ΓΝΩΣΗ	91	18,00	,00	18,00	8,92	3,42	11,73
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	91	26,00	49,00	75,00	61,13	4,65	21,62
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	88	19,00	5,00	24,00	13,88	4,01	16,03
Valid N	88						

Συσχετίσεις δεδομένων

Υπάρχουν συσχετίσεις ανάμεσα στις παραμέτρους της εννοιολογικής οικολογίας. Οι συσχετίσεις αυτές, όπως φαίνεται στους παρακάτω πίνακες, διαφοροποιούνται σε κάθε έρευνα καθώς και πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Σε όλες τις έρευνες υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην αποδοχή της Θ.Ε. και τον τρόπο σκέψης. Επίσης υπάρχει ισχυρή αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην αποδοχή της Θ.Ε. και τη θρησκευτικότητα. Ένα βασικό ερώτημα (όχι μόνο για τη συγκεκριμένη έρευνα) είναι αν αυτές οι συσχετίσεις έχουν δομή αιτίου-αποτελέσματος και προς ποια κατεύθυνση.

Οι υπόλοιπες συσχετίσεις παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις από έρευνα σε έρευνα και φαίνεται να είναι αυτές που είναι 'πιο ευαίσθητες' και ευμετάβλητες ανάλογα με τη συνολική εννοιολογική οικολογία και το κοινωνικό-πολιτιστικό περιβάλλον.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι συσχετίσεις των παραμέτρων της εννοιολογικής οικολογίας όχι μόνο με την κεντρική έννοια (Αποδοχή ΘΕ) αλλά μεταξύ τους. Όπως για παράδειγμα η γνώση για τη ΘΕ με τη γνώση για τη φύση της επιστήμης (NOS) και τον τρόπο σκέψης (ΑΟΤ) καθώς και το NOS με το ΑΟΤ

Πίνακας 3.1. Έρευνα 1, Οκτώβριος 2010, ΠΡΙΝ

		ΑΠΟΔΟΧΗ	ΓΝΩΣΗ	NOS	ΑΟΤ	ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΠΟΔΟΧΗ	Pearson	1	,389**	,232**	,280**	-,371**
	Sig. (2-tailed)		,000	,004	,001	,000
	N	165	165	151	143	165
ΓΝΩΣΗ	Pearson	,389**	1,000	,114	,108	-,109
	Sig. (2-tailed)	,000		,139	,175	,140
	N	165	186	170	160	186
NOS	Pearson	,232**	,114	1,000	,364**	-,054
	Sig. (2-tailed)	,004	,139		,000	,487
	N	151	170	170	148	170
ΑΟΤ	Pearson	,280**	,108	,364**	1	-,365**
	Sig. (2-tailed)	,001	,175	,000		,000
	N	143	160	148	160	160
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	Pearson	-,371**	-,109	-,054	-,365**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,140	,487	,000	
	N	165	186	170	160	186

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 3.2. Έρευνα 1, Φεβρουάριος 2011, ΜΕΤΑ

		ΑΠΟΔΟΧΗ	ΓΝΩΣΗ	NOS	ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΑΠΟΔΟΧΗ	Pearson	1	,510**	,349**	-,401**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000
	N	107	107	102	106
ΓΝΩΣΗ	Pearson	,510**	1,000	,235*	-,116
	Sig. (2-tailed)	,000		,014	,210
	N	107	132	110	118
NOS	Pearson	,349**	,235*	1,000	,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,014		,999
	N	102	110	110	110
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	Pearson	-,401**	-,116	,000	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,210	,999	
	N	106	118	110	118

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 4.1. Έρευνα 2, Οκτώβριος 2011, ΠΡΙΝ

		ΑΠΟΔΟΧΗ	ΓΝΩΣΗ	NOS	ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΟΤ
ΑΠΟΔΟΧΗ	Pearson	1	,226*	,223*	-,479**	,381**
	Sig. (2-tailed)		,018	,020	,000	,000
	N	109	109	109	106	109
ΓΝΩΣΗ	Pearson	,226*	1	,239*	-,141	,258**
	Sig. (2-tailed)	,018		,012	,149	,007
	N	109	109	109	106	109
NOS	Pearson	,223*	,239*	1,000	-,151	,275**
	Sig. (2-tailed)	,020	,012		,121	,004
	N	109	109	109	106	109
ΑΟΤ	Pearson	,381**	,258**	,275**	-,417**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,007	,004	,000	
	N	109	109	109	106	109
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	Pearson	-,479**	-,141	-,151	1,000	-,417**
	Sig. (2-tailed)	,000	,149	,121		,000
	N	106	106	106	106	106

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 4.2. Έρευνα 2, Φεβρουάριος 2012, ΜΕΤΑ					
		ΑΠΟΔΟΧΗ	ΓΝΩΣΗ	NOS	ΘΡΗΣΚΕΥ
ΑΠΟΔΟΧΗ	Pearson	1	,291**	,190	-,424**
	Sig. (2-tailed)		,005	,072	,000
	N	91	91	91	88
ΓΝΩΣΗ	Pearson	,291**	1	,209*	-,089
	Sig. (2-tailed)	,005		,047	,412
	N	91	91	91	88
NOS	Pearson	,190	,209*	1	-,037
	Sig. (2-tailed)	,072	,047		,732
	N	91	91	91	88
ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ	Pearson	-,424**	-,089	-,037	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,412	,732	
	N	88	88	88	88
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					

Συζήτηση

Η παρούσα εργασία προσπαθεί να συνδέσει τους συναισθηματικούς παράγοντες, όπως η θρησκευτικότητα, οι επιστημολογικές απόψεις, η ανεκτικότητα και το κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο λειτουργίας τους, με τη γνωστική διαδικασία, την κατανόηση και την αποδοχή μιας σύνθετης επιστημονικής θεωρίας όπως η θεωρία της εξέλιξης. Θεωρητικά φαίνεται λογικό ότι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν τη γνωστική διαδικασία και τη συνολική γνώση, κατανόηση και αποδοχή της Θ.Ε. Επιπλέον είναι πιθανό, το κοινωνικό-πολιτιστικό πλαίσιο να επηρεάζει τη γνωστική διαδικασία μέσα από την επίδρασή του στους συναισθηματικούς παράγοντες (Deniz et al., 2008; Pintrich et al., 1993).

Συχνά παραγνωρίζουμε το γεγονός ότι η γνωστική διαδικασία δεν αφορά μόνο στην επιστημονική κατανόηση ενός αντικειμένου ή μιας θεωρίας αλλά και στο ενδιαφέρον και στην προθυμία μας να αποδεχθούμε τη θεωρία στο πλαίσιο των πεποιθήσεων της ομάδας μας, των αποδεκτών ταυτοτήτων και των συνεπειών που θα έχει η αποδοχή της θεωρίας στην υπόλοιπη ζωή μας, εκτός τάξης (Lemke, 2001).

Τα ερευνητικά μας ευρήματα υποδεικνύουν ότι η συστηματική διδασκαλία της εξέλιξης και της επιστημονικής μεθόδου, μαζί με την ανακαλυπτική, διερευνητική προσέγγιση των φοιτητών μέσω εργασιών, οδήγησαν, σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, σε μια αξιοσημείωτη μεταβολή του δείκτη αποδοχής της Θ.Ε. Μάλιστα η μεταβολή αυτή εκτός από στατιστικά σημαντική, είναι και ποιοτικά σημαντική μιας και φαίνεται να αλλάζει το επίπεδο αποδοχής, από το μεσαίο επίπεδο (65-76), στο υψηλό επίπεδο αποδοχής (76-87) σύμφωνα με τους Rutledge & Warden (2000).

Το περιβάλλον στο οποίο συντελείται αυτή η μεταβολή είναι ένα περιβάλλον με σχετικά υψηλό δείκτη ανεκτικότητας και ανοικτής σκέψης (~145) και μια θρησκευτικότητα που παρότι υψηλή φαίνεται να είναι ποιοτικά διαφορετική και 'αντιδογματική' σε σχέση με αντίστοιχες περιπτώσεις είτε μουσουλμανικής είτε καθολικής είτε προτεσταντικής θρησκευτικότητας. (Deniz et al, 2008, Scott, 2000).

Τέλος τα ερευνητικά ευρήματα τεκμηριώνουν το σημαντικό ρόλο της εκπαιδευτικής διαδικασίας στην αποδοχή της Θ.Ε. Μάλιστα η συστηματική διδασκαλία, όχι μόνο της Θ.Ε αλλά και της επιστημονικής μεθόδου και της φύσης της επιστήμης καθώς και η διερευνητική μέθοδος, επηρεάζουν θετικά την ουσιαστική κατανόηση και αποδοχή της Θ.Ε.

Μπορεί, λοιπόν, να υποστηριχθεί πως τα δεδομένα μας συνηγορούν για τη χρησιμότητα της μελέτης της Εννοιολογικής Οικολογίας ενός πληθυσμού-στόχου πριν από το σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων σε ζητήματα Διδακτικής των ΦΕ και της Βιολογίας τα οποία σχετίζονται με ηθικά και ιδεολογικά ζητήματα, όπως η διδασκαλία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε αρκετά καθαρά πως η χαμηλή αποδοχή της ΘΕ που έχει παρατηρηθεί στον Ελληνικό πληθυσμό, δεν οφείλεται σε ιδεολογικούς- θρησκευτικούς λόγους, αλλά στην απουσία για πολλά χρόνια τέτοιων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Παράλληλα, η έρευνα έδειξε πως οι Έλληνες μαθητές και εκπαιδευτικοί μπορούν ευκολότερα από άλλους λαούς να «συμβιβάσουν» ή να διαχωρίσουν τη θρησκευτικότητα με τα δεδομένα της επιστήμης, όταν αυτά τους παρασχεθούν με τις κατάλληλες παιδαγωγικές πρακτικές.

Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ., Παπαδοπούλου, Π. (2009) Παράγοντες οι οποίοι συνδέονται με την αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας στην Ελλάδα: Η αποδοχή, η κατανόηση και το μορφωτικό επίπεδο των γονέων. Πρακτικά 6ου Συνεδρίου διδακτικής φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση. Φλώρινα 7-10 Μαΐου 2009, 146-154

Athanasiou, K., Katakos, E. & Papadopoulou P. (2012) Conceptual ecology of the evolution acceptance among Greek education students: what is the contribution of knowledge increase? *Journal of Biological Education* (under publication)

Bishop, B., & Anderson, C. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. Journal of Research in Science Teaching, 27, 415-427.

Brem, S.K., Ranney,M.,& Schindel, J. (2003). Perceived consequences of evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. Science Education, 87, 181-206.

Deniz, H., Donnelly, L. & Yilmaz, I. (2008) Exploring the Factors Related to Acceptance of Evolutionary Theory Among Turkish Preservice Biology Teachers: Toward a More Informative Conceptual Ecology for Biological Evolution. Journal of Research In Science Teaching, 45, 420-443.

Gould, S.J. (2002). The Structure of Evolutionary Theory. Cambridge: Belknap of Harvard University Press.

Colburn, A., & Henriques, L. (2006). Clergy views on evolution, creationism, science, and religion. Journal of Research in Science Teaching, 43, 419-442.

Dagher, Z.R, & BouJaoude, S. (1997). Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. Journal of Research in Science Teaching, 34, 429-445.

Demastes, S.S., Good, R.G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change. Science Education, 79, 637-666.

Demastes, S.S., Settlage, J., & Good, RG. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. Journal of Research in Science Teaching, 32, 535-550.

Doyle, W. (1983). Academic work. Review of Educational Research, 53, 159-200

Hewson, P.W., & Hewson, M.G. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and design of science instruction, *Instructional Science, 13,* 1-13

Kampourakis, C. & Zogza, V. (2008) Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. Science & Education, 17, 27-47.

Lemke, J.L. (2001). Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. Journal of Research in Science Teaching, 38, 296–316.

Mayr (E. (1982). The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance. Cambridge, MA: Belknap Press

Papadopoulou, P., Stanisavljević, J., Katakos, E. & Athanasiou, K. (2011) Acceptance and understanding of evolution theory: a comparative study of Greek and Serbian teachers. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds) *Science learning and Citizenship*, E-book Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Lyon France. Available in http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/index.html

Prinou, L., Halkia, L. & Skordoulis, C. (2008) What Conceptions do Greek School Students Form about Biological Evolution? Evolution Education Outreach, 1, 312-317.

Pintrich, P.R., Marx, R.W., & Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change. The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research, 63, 167–199.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, 211–227.

Rutledge, M.L., & Mitchell, M.A. (2002). High school biology teachers' knowledge structure, acceptance, and teaching of evolution. American Biology Teacher, 64, 21-27.

Rutledge, M.L. & Sadler, K.C. (2007) Reliability of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution (MATE) Instrument with University Students. The American Biology Teacher. 69, 332-5

Rutledge, M.L., & Warden, M.A. (2000). Science and high school biology teachers: Critical relationships. American Biology Teacher, 62, 23-31.

Scott, E.C. (2000). Not (just) in Kansas anymore. Science, 288(5467), 813–815.

Stanovich, K.E., & West, R.F. (2007). Natural myside bias is independent of cognitive ability. Thinking and Reasoning, 13, 225–247.

Strike, K., & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R.A. Duschl & R.J. Hamilton (Eds.), Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice (pp. 147–176). New York, NY: State University of New York

Sinatra, G.M., Southerland, S.A., McConaughy F., & Demastes, JW. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. Journal of Research in Science Teaching, 40, 510-528.

Toulmin, S. (1972). Human understanding: An inquiry into the aims of science. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Η διδασκαλία του αναπνευστικού συστήματος σε ένα περιβάλλον εποικοδομητικού τύπου με τη συμβολή των ΤΠΕ

Μαρία-Ραφαέλα Τζιουβάρα[1]
Βασιλική Πιλάτου[2]
Χαράλαμπος Καραγιαννίδης[3]
[1] *Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ms0340@eled.uowm.gr*
[2] *Δημοτικό Σχολείο Νίκαιας Λάρισας, vpilatou@uth.gr*
[3] *Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, karagian@uth.gr*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία προτείνει μια νέα διδακτική προσέγγιση της ενότητας για το αναπνευστικό σύστημα στην ΣΤ' τάξη του Δημοτικού Σχολείου, που βασίζεται στον εποικοδομητισμό και εμπλουτίζεται με την αξιοποίηση των ΤΠΕ. Αφού διερευνήθηκαν οι αρχικές ιδέες των μαθητών σχετικά με το αναπνευστικό σύστημα και τη διαδικασία της αναπνοής, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση σε μια πειραματική ομάδα, μέσα σε τεχνολογικά ενισχυμένο περιβάλλον μάθησης, με στόχο οι μαθητές να υιοθετήσουν επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για τη δομή και τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος. Επιπλέον, στόχο της εργασίας αποτέλεσε η μελέτη της εξέλιξης των ιδεών των μαθητών της πειραματικής ομάδας, συγκριτικά με τις απόψεις των παιδιών μιας ομάδας ελέγχου, όπου η διδασκαλία της ίδιας ενότητας έγινε με το συμβατικό τρόπο. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση των ιδεών και των αναπαραστάσεων της πειραματικής ομάδας για τα υπό διερεύνηση ζητήματα, σε αντίθεση με τις απόψεις που διατυπώθηκαν από την ομάδα ελέγχου οι οποίες δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά.

Abstract

This paper proposes a new didactical approach which is based on constructivism and is enhanced through ICT, for teaching primary schools students (6th grade) the human respiratory system. We investigated students' initial ideas about the respiratory system, and then we designed and implemented an intervention in a technologically-enhanced learning environment aiming to help students adopt scientifically solid views on the structure and function of the respiratory system. An additional goal was to investigate the evolution of the experimental group students' ideas, comparing them with a control group which has been taught the same unit in the conventional way. The results showed significant improvements in the ideas and representations of the students in the experimental group, in contrast to the ideas expressed by the students in the control group, which did not demonstrate significant differences.

Εισαγωγή

Είναι γνωστό πως τα παιδιά από τα πρώτα κιόλας χρόνια της ζωής τους προσπαθούν να κατανοήσουν τον κόσμο και τα φαινόμενα που τους περιβάλλουν, αποδίδοντάς τους κάποιες ιδιότητες ή επιχειρώντας να δώσουν κάποιες δικές τους ερμηνείες. Η αναζήτηση και η αξιοποίηση στην εκπαιδευτική διαδικασία της προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της εποικοδομητικής προσέγγισης (Βλάχος, 2004).

Η ανάπτυξη του διδακτικού σεναρίου, που περιγράφεται στην παρούσα εργασία, στηρίχτηκε στις θεωρίες του εποικοδομητισμού και στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρήσεις του Vygotsky, όπου δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη μαθησιακή διαδικασία, στα γνωστικά εργαλεία που τη διαμεσολαβούν (Jonassen 2000, στο Βλάχος 2004), στην αλληλεπίδραση μεταξύ των εμπλεκομένων μερών, καθώς και στο κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον που λαμβάνει χώρα (Vygotsky 1978, στο Βλάχος 2004). Μαθητές, εκπαιδευτικοί, διδακτικά εργαλεία, περιβάλλον της τάξης, αποτελούν μέρη ενός συστήματος δραστηριότητας που αλληλεπιδρούν. Η ίδια η δραστηριότητα αποτελεί το διαμεσολαβητικό εργαλείο της μαθησιακής διαδικασίας. Μέσα σε ένα τέτοιο μαθησιακό περιβάλλον, οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη διδασκαλία,

αυτενεργούν, διαπραγματεύονται με ουσιαστικό τρόπο το νέο νόημα και ουσιαστικά συνδιαμορφώνουν τη γνώση που αποκτούν κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Πιλάτου & Σταυρίδου 2005).

Ανασκόπηση των Ιδεών των Μαθητών για το Αναπνευστικό Σύστημα

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που συνδέονται με τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι καλά καθιερωμένες. Πολλά παιδιά της Β΄ Γυμνασίου συνδέουν την καρδιά με την αναπνοή, εξισώνοντας τους ρυθμικούς σπασμούς της καρδιάς με την εισπνοή και την εκπνοή (Deshmukh & Deshmukh 2007). Η αναπνοή τυπικά συνδέεται με την κίνηση του αέρα μέσα και έξω από το στόμα και τη μύτη. Ακόμη, ενώ τα περισσότερα παιδιά ισχυρίζονται ότι η αναπνοή είναι απαραίτητη για τη ζωή, γενικά δε μπορούν να εξηγήσουν το γιατί. Σε μια ακόμη έρευνα (Abimbola 1986), εντοπίστηκε η εναλλακτική ιδέα μαθητών Α΄ Γυμνασίου, πως όταν εισπνέουμε, ο αέρας περνάει από μέρη του πεπτικού συστήματος, όπως π.χ. το στομάχι. Επιπλέον, ως εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σχετικά με το αναπνευστικό σύστημα αναφέρονται και οι εξής (McDougal 2007):

Η τραχεία ταυτίζεται από πολλούς μαθητές με τον οισοφάγο.

Τα πνευμόνια θεωρούνται κενά στο εσωτερικό τους, σαν μπαλόνια.

Ο αέρας σημαίνει κενό, τίποτα, ή είναι απλά μια ακόμη λέξη για το οξυγόνο.

Από τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποίησε ο Κόκοτας (2008), προέκυψε ότι πολλοί μαθητές φαίνεται να πιστεύουν πως ο εισπνεόμενος αέρας μένει στο κεφάλι. Σε ανάλογη έρευνα για το αναπνευστικό σύστημα των Arnaudin και Mintzes (1985) αναφέρεται ότι το 1/3 των μαθητών και το 1/4 των φοιτητών που συμμετείχαν πίστευαν ότι υπάρχουν «σωλήνες αέρα» που συνδέουν τους πνεύμονες με την καρδιά.

Ορισμένες ακόμα εναλλακτικές ιδέες μαθητών, σχετικά με το ίδιο ζήτημα, οι οποίες παρατίθενται στο σχολικό εγχειρίδιο του εκπαιδευτικού για τη Στ΄ τάξη αναφέρουν τα εξής (Αποστολάκης et al. 2007):

Οι περισσότεροι μαθητές γνωρίζουν ότι το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη ζωή, όμως αγνοούν ότι κατά την αναπνοή, παράλληλα με την πρόσληψη οξυγόνου, αποβάλλεται διοξείδιο του άνθρακα.

Ορισμένοι μαθητές νομίζουν ότι η κίνηση της θωρακικής κοιλότητας σχετίζεται με την κίνηση της καρδιάς, και δε γνωρίζουν ότι η εισπνοή και η εκπνοή γίνονται χάρη στην κίνηση του θώρακα και του διαφράγματος.

Οι συνέπειες του ενεργητικού καπνίσματος στη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος, είναι γνωστές στους περισσότερους μαθητές. Λιγότερο γνωστές όμως είναι οι συνέπειες του παθητικού καπνίσματος.

Αναγκαιότητα της έρευνας

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες της Πρωτοβάθμιας, Δευτεροβάθμιας, αλλά και της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης εμφανίζουν ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις για τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος. Επιπλέον, απ' ότι γνωρίζουμε, μέχρι σήμερα δεν έχουν σχεδιαστεί, εφαρμοστεί και αξιολογηθεί καινοτόμες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της ενότητας του αναπνευστικού συστήματος του ανθρώπου με τη χρήση κατάλληλου έντυπου και ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού.

Υπόθεση έρευνας

Η υπόθεση έρευνας που τέθηκε έχει ως ακολούθως:

Οι μαθητές της Στ΄ Δημοτικού που διδάσκονται την ενότητα του αναπνευστικού συστήματος μέσα σε ένα κοινωνικο-εποικοδομητικό περιβάλλον μάθησης (Duit & Treagust 1998), με τη χρήση κατάλληλου έντυπου εκπαιδευτικού υλικού – φύλλο εργασίας – και με κατάλληλη διδακτική αξιοποίηση του λογισμικού «Φυσικά Ε΄-Στ΄» του Π.Ι. και του Υ.Παι.Θ.Π.Α. (Πανουτσόπουλος et al. 2005), παρουσιάζουν σημαντικότερη βελτίωση των αρχικών-

εναλλακτικών τους ιδεών, σχετικά με τη δομή και λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος, από ότι οι μαθητές που διδάσκονται το ίδιο θέμα με το συμβατικό τρόπο διδασκαλίας.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 39 μαθητές δύο τμημάτων ΣΤ΄ τάξης. Την Ομάδα Ελέγχου (Ο.Ε.) αποτέλεσαν 19 μαθητές, ενώ την Πειραματική Ομάδα (Π.Ο.) 20 μαθητές. Τα παιδιά στην Π.Ο. εργάστηκαν σε ομάδες των τριών ατόμων, μικτές ως προς το φύλο, το επίπεδο επίδοσης και το ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες. Ο χωρισμός έγινε με τη βοήθεια του δασκάλου της τάξης. Η πλειονότητα των μαθητών γνώριζε να χειρίζεται καλά τον Η/Υ. Ο ρόλος του χειριστή του λογισμικού εναλλασσόταν μεταξύ των μελών της ομάδας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, ενώ κάθε μαθητής συμπλήρωνε το δικό του φύλλο εργασίας. Οι μαθήτριες και οι μαθητές της Ο.Ε. διδάχθηκαν την ενότητα του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος, την ίδια χρονική περίοδο και έτσι όπως προβλέπεται στο ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για το δημοτικό σχολείο (Υ.Παι.Θ.Π.Α. 2003).

Διδακτικά Υλικά και Μέσα

Τα διδακτικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στη διδακτική παρέμβαση στην Π.Ο. ήταν:

α) *Οι φορητοί υπολογιστές* του εργαστηρίου του σχολείου.

β) *Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Φυσικά Ε΄-Στ΄»* (Πανουτσόπουλος et al. 2005), το οποίο εγκαταστάθηκε σε όλους τους υπολογιστές.

γ) *Χειραπτικό υλικό*.

Εισαγωγική δραστηριότητα με χειραπτικό υλικό. Η εισαγωγική δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές έπρεπε να φουσκώσουν μπαλόνια και μέσα από κάποιες ερωτήσεις, να αντιληφθούν τον τρόπο με τον οποίο φούσκωσε το μπαλόνι και ότι μοιάζει με το φούσκωμα των πνευμόνων όταν παίρνουμε ανάσα. Επίσης, έπρεπε να αντιληφθούν τον τρόπο με τον οποίο ο αέρας εισέρχεται και εξέρχεται από το σώμα τους, καθώς φουσκώνουν το μπαλόνι, ώστε να μπορέσουν κατόπιν να τον απεικονίσουν σχηματικά.

Τελική δραστηριότητα με χειραπτικό υλικό. Η διεξαγωγή της δραστηριότητας έγινε στην ολομέλεια της τάξης. Υπήρχαν συγκεντρωμένες εικόνες από διάφορα όργανα του ανθρώπινου σώματος και από όλα τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος. Τα παιδιά έπρεπε να επιλέξουν και να τοποθετήσουν τις εικόνες των οργάνων του αναπνευστικού συστήματος στη σωστή θέση πάνω σε χάρτινο περίγραμμα του ανθρώπινου σώματος αναφέροντας ταυτόχρονα το όνομα και τη λειτουργία τους.

δ) *Φύλλο εργασίας*. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της διδασκαλίας σχεδιάστηκε φύλλο εργασίας, το οποίο συνόδευε και καθοδηγούσε την εργασία και τις δραστηριότητες, ατομικές και ομαδικές, των μαθητών στο περιβάλλον του λογισμικού. Κατά την επιλογή των δραστηριοτήτων και τη σύνταξη του φύλλου εργασίας λήφθηκαν υπόψη τόσο οι αρχικές ιδέες των μαθητών, όπως αυτές προέκυψαν από το αρχικό ερωτηματολόγιο, όσο και οι σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση που προωθούν:

την εμπλοκή των μαθητών σε νοητικές διεργασίες, όπως πρόβλεψη, σύγκριση, ερμηνείες, επιχειρηματολογία, διεξαγωγή συμπερασμάτων.

την προώθηση της συνεργασίας και της συζήτησης.

τη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων μέσα από παρατηρήσεις των προσομοιώσεων καταστάσεων της καθημερινής ζωής.

Οι εργασίες/ δραστηριότητες του φύλλου εργασίας, κατηγοριοποιούνται σε οκτώ (8) ομάδες:

Στην πρώτη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 1-5), επιχειρήθηκε τα παιδιά να αντιληφθούν με βιωματικό τρόπο, μέσω της ατομικής εισαγωγικής δραστηριότητας με τα μπαλόνια, την πορεία του αέρα στο σώμα τους, ώστε να μπορέσουν να συσχετίσουν τη διόγκωση του μπαλονιού με τη διόγκωση των πνευμόνων. Ζητήθηκε επίσης να αναπαραστήσουν σχηματικά τις ιδέες τους αναφορικά με το ίδιο θέμα.

Στη δεύτερη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 6-12), οι μαθητές αφού παρακολούθησαν την προσομοίωση της εισπνοής και της εκπνοής στο λογισμικό, κλήθηκαν να αναγνωρίσουν τα όργανα που συμμετέχουν σε αυτές, διατυπώνοντας αρχικά προβλέψεις και στη συνέχεια επιβεβαιώνοντας ή διαψεύδοντάς τες μέσα από συζήτηση στην ομάδα και καταγράφοντάς τες στα ατομικά τους φύλλα εργασίας. Ιδιαίτερη αναφορά έγινε στην καρδιά με στόχο να εξαλειφθεί η παρανόηση των μαθητών ότι αποτελεί όργανο του αναπνευστικού συστήματος. Παρατήρησαν ακόμη τις μεταβολές που υφίστανται τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος κατά τη διάρκεια των δυο αυτών διαδικασιών (φούσκωμα πνευμόνων, κίνηση διαφράγματος).

Στην τρίτη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 13-21), οι μαθητές διέκριναν τη δομή των πνευμόνων, ότι δηλαδή αποτελούνται από τις κυψελίδες και έμαθαν για τη δομή και το ρόλο των κυψελίδων, αλλά και των αρτηριών και των φλεβών στη λειτουργία της αναπνοής. Παρακολούθησαν την προσομοίωση της ανταλλαγής των αερίων στο εσωτερικό της κυψελίδας και πληροφορήθηκαν για τη σπουδαιότητα της διαδικασίας αυτής, η οποία προμηθεύει στον οργανισμό το απαραίτητο οξυγόνο.

Στην τέταρτη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 22-24), οι μαθητές συζήτησαν τη διαδικασία αξιοποίησης του οξυγόνου μέσα στο κύτταρο για την παραγωγή ενέργειας, αλλά και το ρόλο του οξυγόνου στην ανάπτυξη του ατόμου-οργανισμού.

Στην πέμπτη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 25-26), οι μαθητές παίζοντας με το παιχνίδι του λογισμικού με τίτλο «τα όργανα του αναπνευστικού», στο οποίο τοποθετούσαν τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος στη σωστή θέση μέσα στο περίγραμμα του σώματος, ανέπτυξαν σχηματικές και νοητικές αναπαραστάσεις της φυσιολογίας του αναπνευστικού συστήματος.

Στην έκτη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 27-28), οι μαθητές έπειτα από τη μελέτη περίπτωσης του κ. Χάρη – ενός φανατικού καπνιστή που μετά την προτροπή του γιατρού του σταμάτησε το κάπνισμα – συζήτησαν, εντόπισαν και κατέγραψαν τις συνέπειες του καπνίσματος στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου και γενικά στον ανθρώπινο οργανισμό.

Στην έβδομη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 29-30), οι μαθητές κλήθηκαν να διατυπώσουν τις απόψεις τους σχετικά με το εάν πρέπει κανείς να αναπνέει από τη μύτη ή το στόμα, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν κατανόησαν τους στόχους της διδασκαλίας αναφορικά με τη διαδικασία της εισπνοής. Επιπλέον, η ατομική εργασία 2 (ερώτηση 30) που ακολουθούσε, αποτέλεσε μια μεταγνωστικού τύπου δραστηριότητα, δεδομένου ότι το κάθε παιδί κλήθηκε να απαντήσει «Σωστό» ή «Λάθος» σε μια σειρά από προτάσεις, αφού λάβει υπόψη του τα αποτελέσματα των δραστηριοτήτων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, το υλικό που αξιοποιήθηκε σε επίπεδο λογισμικού και τα αποτελέσματα της συζήτησης που διεξήχθη τόσο σε επίπεδο ομάδας, όσο και σε επίπεδο ολομέλειας.

Στην όγδοη ομάδα δραστηριοτήτων (ερωτήσεις 31-32), ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν, μέσα σε ένα περίγραμμα ανθρώπινου σώματος, το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, και στη συνέχεια να προσπαθήσουν να περιγράψουν με λεπτομέρειες ό,τι πιστεύουν πως συμβαίνει κατά τη διαδικασία της αναπνοής. Σκοπός των ερωτήσεων αυτών ήταν να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο οι μαθητές βελτίωσαν τις αρχικές τους ιδέες και αναπαραστάσεις για το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα μέσα σε ένα σύγχρονο μαθησιακό περιβάλλον κοινωνικο-εποικοδομητικού τύπου, όπου αξιοποιείται κατάλληλο έντυπο και ψηφιακό υλικό.

Εργαλεία Συλλογής Δεδομένων

Αρχικό και Τελικό Ερωτηματολόγιο

Τα δεδομένα για τις ιδέες-αναπαραστάσεις των μαθητών συλλέχθηκαν πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τη χρήση ενός ατομικού ερωτηματολογίου, δομημένου ειδικά για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε έντεκα (11) ερωτήσεις σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος καθώς και για τις συνήθειες που ωφελούν και βλάπτουν το αναπνευστικό σύστημα. Υπήρχαν ερωτήσεις ανοικτού

και κλειστού τύπου και ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, ενώ ζητήθηκε από τους μαθητές να δημιουργήσουν και κάποια σχέδια.

Φύλλο Εργασίας

Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, τα παιδιά συμπλήρωναν το φύλλο εργασίας, με στόχο να καταγραφούν οι αρχικές τους ιδέες για τα υπό διερεύνηση ζητήματα, καθώς και να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο οι αναπαραστάσεις τους αυτές βελτιώθηκαν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ως αποτέλεσμα του ομαδικού τρόπου δουλειάς και της διδακτικής αξιοποίησης κατάλληλου έντυπου και ψηφιακού υλικού (Pilatou, Marinopoulos & Solomonidou 2010).

Διαδικασία

Τα αρχικά ερωτηματολόγια δόθηκαν δυο εβδομάδες πριν τη διδασκαλία. Η παρέμβαση στην Π.Ο. πραγματοποιήθηκε σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και τα παιδιά εργάστηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βοήθεια των φύλλων εργασίας. Καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας καταγράφονταν σε φύλλα παρατήρησης οι συμπεριφορές των ομάδων. Η Ο.Ε. διδάχθηκε την ενότητα του αναπνευστικού συστήματος με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας. Δυο εβδομάδες μετά τη διδασκαλία συμπληρώθηκε από τα παιδιά και των δύο ομάδων το τελικό ερωτηματολόγιο – ίδιο με το αρχικό – ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αρχικών και των τελικών τους απαντήσεων.

Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία παρατίθενται αποτελέσματα από το αρχικό-τελικό ερωτηματολόγιο και από το φύλλο εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές/ριες κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα προέρχονται από την ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν τα παιδιά σε τρεις (3) ερωτήσεις/ σχήματα που αφορούν στη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος. Οι ερωτήσεις έχουν ως ακολούθως:

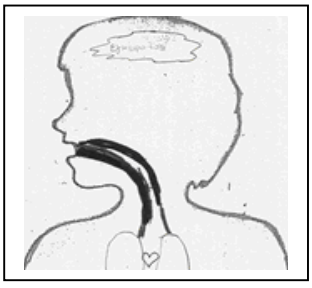
Στο περίγραμμα του ανθρώπινου σώματος, ζωγράφισε με το μολύβι σου τα όργανα που νομίζεις ότι ανήκουν στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Δίπλα σε κάθε όργανο που σχεδίασες, γράψε το όνομά του (αρχικό-τελικό ερωτηματολόγιο).

Στο σχήμα της ερώτησης 1, προσπάθησε να ζωγραφίσεις με μπλε χρώμα από πού περνάει ο αέρας που εισπνέουμε και με κόκκινο χρώμα από πού περνάει ο αέρας που εκπνέουμε (αρχικό-τελικό ερωτηματολόγιο).

Στο χώρο που ακολουθεί, δίνεται το περίγραμμα του ανθρώπινου σώματος. Σχεδιάστε μέσα σε αυτό το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Φροντίστε να μην ξεχάσετε κάποιο όργανο (φύλλο εργασίας).

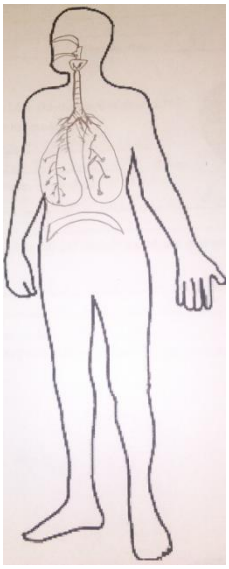
Από το αρχικό ερωτηματολόγιο

Από τα σχέδια των μαθητών στο αρχικό ερωτηματολόγιο, γίνεται φανερό ότι δεν έχουν ολοκληρωμένες νοητικές αναπαραστάσεις για τη δομή και τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος. Πριν τη διδασκαλία αρκετά παιδιά της Π.Ο. (7) και της Ο.Ε. (6) σχεδιάζουν δύο ανεξάρτητους σωλήνες – οι οποίοι ξεκινούν από το στόμα ή τη μύτη – καθένας από τους οποίους καταλήγει σε έναν πνεύμονα. Επιπλέον, στα σχήματά τους εμφανίζεται συχνά η καρδιά ή/και ο εγκέφαλος (βλ. εικόνα 1) ως μέρος ή αναπόσπαστο στοιχείο για την ολοκλήρωση του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος. Ένας (1) μαθητής της Π.Ο. και ένας (1) της Ο.Ε. σχεδιάζουν ένα σωλήνα, ο οποίος σε κάποιο σημείο διακλαδίζεται και καταλήγει σαν δύο επιμέρους σωλήνες σε καθέναν από τους δύο πνεύμονες, ενώ δύο παιδιά (2) της Π.Ο. και ένα (1) της Ο.Ε. απεικονίζουν έναν συνεχόμενο σωλήνα, ο οποίος περιλαμβάνει και το στομάχι. Τέσσερις (4) μαθητές της Π.Ο. και τέσσερις (4) της Ο.Ε. δείχνουν στα σχήματά τους διάφορα όργανα, αρκετά από άλλα συστήματα του ανθρώπου, τα οποία όμως είναι ασύνδετα μεταξύ τους.



Από τα σχέδια που κάνουν οι μαθητές στη 2η ερώτηση του αρχικού ερωτηματολογίου, προκύπτει ότι μόλις ένας (1) μαθητής της Π.Ο. και δύο (2) της Ο.Ε. απεικονίζουν μία ολοκληρωμένη πορεία της εισπνοής και της εκπνοής (*είσοδος του αέρα από το στόμα ή τη μύτη, ο οποίος συνεχίζει στο φάρυγγα, το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους και καταλήγει στους πνεύμονες. Η αντίστροφη πορεία ακολουθείται για την εκπνοή*), ενώ επτά (7) παιδιά της Π.Ο. και πέντε (5) της Ο.Ε. απεικονίζουν μία ολοκληρωμένη πορεία της εισπνοής, με την πορεία της εκπνοής να εξελίσσεται -λανθασμένα- παράλληλα προς αυτήν της εισπνοής, από τους πνεύμονες προς τη μύτη. Δύο (2) μαθητές της Π.Ο. και έξι (6) της Ο.Ε. χρωματίζουν την εισπνοή και την εκπνοή από τη μύτη ή το στόμα χωρίς να υπάρχει συνέχεια της πορείας και τρία (3) παιδιά της Π.Ο. εντάσσουν και το στομάχι στην πορεία της εισπνοής-εκπνοής, σε κλειστό σύστημα.

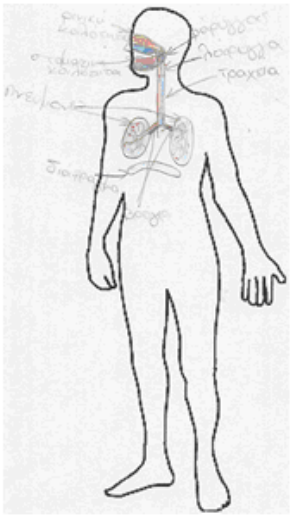
Από το φύλλο εργασίας



Προς το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, και αφού οι μαθητές και οι μαθήτριες της Π.Ο. χρησιμοποίησαν το φύλλο εργασίας, συνεργάστηκαν στην ομάδα και συμπλήρωσαν τις δραστηριότητες του λογισμικού, αποτύπωσαν με έναν πιο ολοκληρωμένο τρόπο το αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Συγκεκριμένα, 16 παιδιά από τα 20 σχεδιάζουν όλα τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος του ανθρώπου, στη σωστή θέση και συνδεδεμένα μεταξύ τους (βλ. εικόνα 2). Μάλιστα, 5 παιδιά από τα 16 «εισέρχονται» και στο εσωτερικό των πνευμόνων και στα σχήματα που πραγματοποιούν δείχνουν και τις κυψελίδες. Ένα ακόμα στοιχείο που προκύπτει από την ανάλυση των σχημάτων των παιδιών είναι ότι στα σχέδιά τους τα όργανα παρουσιάζονται στο μέγεθος που πρέπει – σε αναλογία με τις διαστάσεις του περιγράμματος του ανθρώπινου σώματος – ενώ αυτά (όργανα) μοιάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό με τον τρόπο αναπαράστασής τους στις διάφορες σελίδες του λογισμικού.

Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, μόνο ένας (1) μαθητής συνεχίζει να σχεδιάζει την καρδιά ανάμεσα στα όργανα του αναπνευστικού συστήματος.

Από το τελικό ερωτηματολόγιο



Εικόνα 3

Στο τελικό ερωτηματολόγιο, τα σχήματα των μαθητών της Π.Ο. έχουν βελτιωθεί σημαντικά, καθώς προσομοιάζουν περισσότερο με το επιστημονικό μοντέλο. Γίνεται αναπαράσταση όλων των οργάνων του αναπνευστικού συστήματος σε κλειστό σύστημα και τα σχήματα των οργάνων ομοιάζουν με την πραγματική μορφή τους (βλ. εικόνα 3). Δεκαεπτά (17) μαθητές της Π.Ο. απεικονίζουν τη στοματική και τη ρινική κοιλότητα, σαν δύο επιμέρους σωλήνες, που ενώνονται στην περιοχή του λάρυγγα και συνεχίζουν σαν ένας ενιαίος σωλήνας που διακλαδίζεται και πάλι στην περιοχή των βρόγχων, μέχρι καθένας να φτάσει στον πνεύμονα. Ιδιαίτερα θετικό κρίνεται, επίσης, το γεγονός ότι τα παιδιά της Π.Ο. (εκτός από 2 μαθητές) σταματούν να εμφανίζουν στα σχήματά τους την καρδιά ή/και τον εγκέφαλο και παρουσιάζουν το διάφραγμα, στην κίνηση του οποίου στηρίζεται η λειτουργία της εισπνοής και της εκπνοής στον άνθρωπο (βλ. εικόνα 3).

Από τους μαθητές της Ο.Ε. μόλις τέσσερις (4) δείχνουν μια ολοκληρωμένη αναπαράσταση του αναπνευστικού συστήματος. Πέντε (5) παιδιά σχεδιάζουν δύο ανεξάρτητους σωλήνες που ενώνονται σε κάποιο σημείο και καταλήγουν σαν ένας κεντρικός σωλήνας στους 2 ενωμένους πνεύμονες, ενώ τέσσερα (4)

συγχέουν τα διάφορα συστήματα του ανθρώπου και παρουσιάζουν πολύπλοκες και ακατηγοριοποίητες αναπαραστάσεις.

Στο τελικό ερωτηματολόγιο δεκαεφτά (17) μαθητές συνολικά από την Π.Ο. σχεδιάζουν μια ολοκληρωμένη πορεία της εισπνοής και της εκπνοής (βλ. εικόνα 3). Δύο (2) μαθητές της Π.Ο. σχεδιάζουν ολοκληρωμένη την πορεία της εισπνοής, απεικονίζοντας όμως την πορεία της εκπνοής από τους πνεύμονες προς τη μύτη, χωρίς να συνδέουν τις δυο πορείες μεταξύ τους.

Στην Ο.Ε. δεν παρατηρείται σημαντική εξέλιξη. Οκτώ (8) μαθητές απεικονίζουν ολοκληρωμένη ην πορεία της εισπνοής- εκπνοής, ενώ τέσσερις (4) ζωγραφίζουν μόνο τη μύτη ή το στόμα, χωρίς συνέχεια της πορείας του αέρα προς το φάρυγγα. Παρατηρείται ακόμη αύξηση, σε σχέση με το αρχικό ερωτηματολόγιο, των μαθητών που κάνουν «διάφορα σχέδια», συγχέοντας τα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα γίνεται φανερό ότι τα παιδιά της Π.Ο. που διαπραγματεύθηκαν τα θέματα του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος μέσα σε ένα μαθησιακό περιβάλλον, όπου ενθαρρύνεται η έκφραση απόψεων/ ιδεών, η συνεργασία και ο συλλογικός τρόπος εξαγωγής συμπερασμάτων, βοήθησε τους μαθητές να βελτιώσουν σημαντικά τις αντιλήψεις και τις αναπαραστάσεις τους σε σχέση με τις απόψεις των παιδιών της Ο.Ε.

Σε αυτό συνέβαλε το γεγονός ότι το φύλλο εργασίας που αναπτύχθηκε διευκόλυνε την αλληλεπίδραση των παιδιών με το λογισμικό, αλλά και μεταξύ των μελών των ομάδων, ενώ μέσα από τη συζήτηση, την επιχειρηματολογία, και την ακρόαση διαφορετικών απόψεων, οι μαθητές αντιλήφθηκαν τις παρανοήσεις τους και μετακινήθηκαν προς την οικοδόμηση επιστημονικά αποδεκτών απόψεων. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που ανακύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας είναι ότι η ενασχόληση των παιδιών με κατάλληλο ψηφιακό (π.χ. λογισμικό) και χειραπτικό υλικό (π.χ. μπαλόνι, χάρτινο περίγραμμα ανθρώπινου σώματος, κ.ά.), καθώς και οι πολλαπλοί τρόποι αναπαράστασης του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος (σχήμα, προσομοίωση, παιχνίδι λογισμικού, σχηματική αναπαράσταση, κ.ά.), βοηθούν τα παιδιά να προσεγγίσουν με ουσιαστικό τρόπο τη νέα γνώση, ενθαρρύνουν τη σταδιακή ανάπτυξη νοητικών αναπαραστάσεων από τα ίδια και τελικά οδηγούν τους μαθητές στην επίτευξη των διδακτικών στόχων της ενότητας.

Ωστόσο, η έρευνα που περιγράφηκε υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς. Το μικρό αριθμητικά δείγμα δεν παρέχει τη δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων. Επιπλέον, παράγοντες όπως οι εμπειρίες σχετικά με το αναπνευστικό σύστημα που μπορεί να είχαν τα παιδιά στο σπίτι τους ή οι διαφορές μεταξύ των εκπαιδευτικών των τμημάτων μπορεί να επηρέασαν τα αποτελέσματα. Αφιερώθηκε δε περιορισμένος χρόνος (2 διδακτικές ώρες) για τη διδασκαλία του αναπνευστικού συστήματος.

Από το σχεδιασμό της παρούσας έρευνας αναδύονται ερωτήματα για μελλοντική έρευνα. Θα πρέπει να διενεργηθούν περισσότερες ανάλογες έρευνες σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών και με διάφορες εκδοχές των φύλλων εργασίας, καθώς και των αρχικών και τελικών δοκιμασιών, ώστε να βρεθεί η φόρμα διδασκαλίας που θα οδηγήσει σε πιο ολοκληρωμένες και αποτελεσματικές παρεμβάσεις με τη χρήση Τ.Π.Ε. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε πριν το σχεδιασμό της παρούσας εργασίας, διαπιστώθηκε έλλειψη αντίστοιχων ερευνών και εφαρμογών για το αναπνευστικό σύστημα στην ελληνική πραγματικότητα, ενώ έρευνες από την ξένη βιβλιογραφία φαίνεται πως δεν ενσωματώνουν τη χρήση των ΤΠΕ σε αντίστοιχες διδακτικές παρεμβάσεις. Επίσης, ο εμπλουτισμός της μαθησιακής διαδικασίας και με υλικό από το διαδίκτυο μπορεί να μεγιστοποιήσει τα αποτελέσματα της διδασκαλίας. Θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα η σύγκριση της Π.Ο. της έρευνας αυτής, με μια Π.Ο. η οποία θα χρησιμοποιούσε εργαστηριακό υλικό που θα προσομοίωνε το επιστημονικό μοντέλο του αναπνευστικού συστήματος, για να διερευνηθεί η συμβολή τόσο του ενός περιβάλλοντος (τεχνολογικά εμπλουτισμένου), όσο και του άλλου περιβάλλοντος (εργαστηριακό) στην καλύτερη κατανόηση του αναπνευστικού συστήματος.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης, Ε.Γ., Παναγοπούλου Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης, Γ.Θ. (2007) «ΦΥΣΙΚΑ» ΣΤ Δημοτικού, ερευνώ και ανακαλύπτω, βιβλίο δασκάλου. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.

Βλάχος, Ι. Α. (2004). Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες. Η πρόταση της εποικοδόμηση. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κόκκοτας, Π. Β. (2008). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Πανουτσόπουλος, Θ., Κροντηράς, Χ., Κόκκινος, Π., Τσιόκανος, Α. & Μελισσαρόπουλος, Γ. (2005). Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο για την Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού, Υποστηρικτικό Εκπαιδευτικό Λογισμικό Φυσικών Επιστημών Ε΄ και Στ΄ τάξεων Δημοτικού, ΥΠ.Ε.Π.Θ. – Π.Ι. (http://www.pi-schools.gr)

Πιλάτου, Β. & Σταυρίδου, Ε. (2005). Από το Πρόγραμμα Σπουδών στη διδακτική πράξη: η πορεία ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού στο δημοτικό σχολείο. Πρακτικά διημερίδας που διοργάνωσε το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με θέμα "Βιβλία, υλικά, λογισμικά για την εκπαίδευση: από τη σχεδίαση στη διδακτική πράξη", Βόλος 13-14 Δεκεμβρίου, 43-56

Υ.Παι.Θ.Π.Α. (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) για το Δημοτικό και το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο». Αθήνα.

Abimbola, O. (1986). The alternative conceptions of human respiration held by selected form four students. Journal of Curriculum and Instruction**,** 1 (1), 48-68.

Arnaudin, M.W**.**, Mintzes, J.J. (1985). *Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross age study*. Science Education, 69, 721-733.

Deshmukh, N.D., & Deshmukh, V.M. (2007). A study of students' misconceptions in biology at the secondary school level. Proceedings of epiSTEME-2: An International Conference to Review Research on Science, Technology and Mathematics Education (137-141). Delhi, India: Macmillan India Ltd.

Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B.J. Fraser and K.G. Tobin (Eds.) International Handbook of Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.3-25.

McDougal Littell Science © 2007/Modules (human biology). Ανακτήθηκε στις 12-2-2011 από:http://www.mcdougallittell.com/store/ProductCatalogController;jsessionid=LQKb2LTrpQgy6zTSKyF5p2lgLdVQxnzX5TB4SZH3vJ9dHgwTHQyL!1867803257?cmd=ProductDetail&recordReference=204990&nextPage=McDougal%2FProduct.jsp&division=M01&frontOrBack=F&sortEntriesBy=SEQ_NAME&sortProductsBy=SEQ_TITLE&hierarchyID=1007100000064377.

Pilatou, V., Marinopoulos, D. & Solomonidou, C. (2010). Development of appropriate digital material to cope with primary school students' conceptions about the greenhouse phenomenon and the way it affects the weather conditions of a region, The International Journal of Learning, 17(8), 77-91.

Συνεδρία 7 : Αντιλήψεις Μαθητών και Φοιτητών Ι

Αναπαραστάσεις της δομής του ατόμου - Μια διηλικιακή προσέγγιση σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Νικόλαος Ζαρκάδης, Γεώργιος Παπαγεωργίου, Άγγελος Μάρκος
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
nzarkadi@eled.duth.gr, gpapageo@eled.duth.gr, amarkos@eled.duth.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων τάξεων, με σκοπό να διερευνηθούν διηλικιακά οι νοητικές αναπαραστάσεις τους για τη δομή του ατόμου, καθώς και ο βαθμός και ο τρόπος στον οποίο επηρεάζονται αυτές, όταν οι μαθητές ζητείται να εργαστούν στο πλαίσιο δεδομένων προτάσεων που σχετίζονται με συγκεκριμένα επιστημονικά μοντέλα για τη δομή του ατόμου. Στη μελέτη συμμετείχαν 421 συνολικά μαθητές, Β' Γυμνασίου, Α' Λυκείου και Γ' Λυκείου Τεχνολογικής και Θετικής κατεύθυνσης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία συλλέχτηκαν στη βάση ενός κατάλληλα δομημένου ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ μαθητών ίδιας ηλικίας αλλά και ανά ηλικιακή ομάδα. Παρατηρείται διακύμανση στα μοντέλα αναπαράστασης και έντονη προσκόλληση στο πλανητικό μοντέλο Bohr σε όλες τις ομάδες. Οι διαφοροποιήσεις είναι μεγάλες στο πλαίσιο των δεδομένων προτάσεων στην περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης της Γ' Λυκείου όπου αφενός διαπιστώνεται η αδυναμία των μαθητών να κατανοήσουν πλήρως το κβαντικό μοντέλο, αφετέρου όμως έχουν καλύτερη αντίληψη και επιτυγχάνουν καλύτερες αναπαραστάσεις συγκριτικά με τις άλλες τρεις ομάδες.

Abstract

This paper presents the results of a cross-age study concerning secondary education students' representations of the atomic structure. The main objective of the study is to investigate such initial representations of 421 students, as well as, the extent and the way in which, these representations could be changed when students are asked to work within specific relevant scientific models. The research tool was a questionnaire especially designed for this purpose. Results show that, there are significant differences between students of both, same age and across age. Although a quite large variety of representations was found, an also strong trend to Bohr's planetary model was obvious in all cases, except some ones in the upper secondary class. The differences are more intensive within the models given. Possible justifications and implications for the secondary education are also discussed.

Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική έρευνα που πραγματοποιείται στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, αναδεικνύει τις τελευταίες δεκαετίες ως ιδιαίτερα σημαντική την έννοια του ατόμου στο γενικότερο πλαίσιο της σωματιδιακής δομής της ύλης καθώς έρευνες γύρω από την δομή του ατόμου έχουν αναδείξει πολλές μαθησιακές δυσκολίες που γίνονται ολοένα και εντονότερες καθώς προχωρά κανείς σε πιο πολύπλοκα μοντέλα περιγραφής της εικόνας του ατόμου (Adbo & Taber 2009, Fischler & Lichtfeldt 1992, Park & Light 2009, Stefani & Tsaparlis 2009, Taber 2001, 2002, 2005, Tsaparlis & Papaphotis 2009, Zoltán & Lajos 2007). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγχρονη επιστημονικά αποδεκτή κβαντική προσέγγιση της εικόνας του ατόμου στη μελέτη του βαθμού στον οποίο μπορεί να γίνει αντιληπτή από τους μαθητές. Αυτό είναι σ΄ ένα βαθμό αναμενόμενο, καθώς αυτή προϋποθέτει την κατανόηση θεμελιωδών χαρακτηριστικών του ατόμου (Griffiths & Preston 1992, Harrison & Treagust 1996) και αφηρημένων εννοιών όπως "τροχιακό" (Carvellati & Perugini 1981, Nakiboglou 2003, Stefani &

Tsaparlis 2009, Taber 2001, 2002, 2005, Tsaparlis 1997, Tsaparlis & Papaphotis 2009) και "ηλεκτρονιακό νέφος" (Harrison & Treagust 1996, 2000, Tsaparlis & Papaphotis 2009) που συνεπάγεται αντίστοιχα την κατανόηση των εννοιών αυτών όχι μόνο σε μαθηματικό υπόβαθρο αλλά κυρίως εννοιολογικά (Jiun-Liang Ke et al. 2005, Nakiboglou 2003).

Στην προσέγγιση της κβαντικής φύσης της δομής του ατόμου από τους μαθητές, οι πολλές αφηρημένες έννοιες που είναι μη οικείες και μακριά από τη καθημερινή εμπειρία (Cokelez & Dumon 2005, Taber 2002) που χρησιμοποιούνται και έχουν μια διαφορετική ερμηνεία για την Κβαντική Θεωρία σε σχέση με τη κλασική θεώρηση, η σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες όπως χρήση ενός όρου στην θέση του άλλου όπως "τροχιακό" με "ενεργειακό επίπεδο" (Carvellati & Perugini 1981), τα "τροχιακά" με τις "στιβάδες" και τις "τροχιές" (Nakiboglou 2003) και τις υποστιβάδες (Taber 2002) έννοιες οι οποίες περιπλέκονται όταν εισάγονται οι "υποστιβάδες" και τα "ενεργειακά επίπεδα" (Taber 2001), η "ηλεκτρονιακή στιβάδα" με το "ηλεκτρονιακό νέφος" (Harrison & Treagust 2000), η προσκόλληση στο πλανητικό μοντέλο Bohr το οποίο αναδεικνύεται ως "ιδιαίτερα ανθεκτικό", ακόμη και μετά από διδασκαλία (Fischler & Lichtfeldt 1992, Petri & Niedderer 1998, Taber 2002, Tsaparlis & Papaphotis 2009), αποτελούν τροχοπέδη στην ουσιαστική εννοιολογική κατανόηση.

Ως αποτέλεσμα, οι έρευνες σχετικά με τη μελέτη της δομής του ατόμου αναδεικνύουν ότι οι αντίστοιχες νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την έννοια του ατόμου παρουσιάζουν πολλά προβλήματα, ενώ ποικίλουν σημαντικά ανάμεσα στους μαθητές. Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες πραγματοποιήθηκαν με σχετικά περιορισμένο αριθμό δείγματος, με συνεντεύξεις, κυρίως ποιοτικά, χωρίς την συγκριτική μελέτη ανά τάξη, με σκοπό την διαπίστωση του βαθμού και επιπέδου προόδου προς το σύγχρονο επιστημονικά αποδεκτό κβαντικό μοντέλο. Στην παρούσα έρευνα προσπαθήσαμε να μελετήσουμε μέσα από ένα δείγμα αυξημένου αριθμού μαθητών, διαφόρων τάξεων και κατευθύνσεων (Θετική – Τεχνολογική), τις διαφοροποιήσεις που μπορεί να παρουσιαστούν στις νοητικές αναπαραστάσεις της δομής του ατόμου, διηλικιακά αλλά και σε σχέση με δεδομένες προτάσεις που σχετίζονται με συγκεκριμένα επιστημονικά μοντέλα για τη δομή του ατόμου.

Η ταυτότητα της έρευνας

Στο γενικότερο πλαίσιο της έρευνας, όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω, συγκροτήθηκαν τέσσερις ομάδες 421 συνολικά μαθητών. Η πρώτη αποτελούνταν από 127 μαθητές 13 ετών (Β' Γυμνασίου), η δεύτερη από 167 μαθητές 15 ετών (Α' Λυκείου), η τρίτη από 45 μαθητές 17 ετών (Γ' Λυκείου, Θετική κατεύθυνση) και η τέταρτη από 82 μαθητές 17 ετών (Γ' Λυκείου, Τεχνολογική κατεύθυνση). Όλοι οι μαθητές φοιτούσαν σε Γυμνάσια και Λύκεια της Αλεξανδρούπολης και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου.

Για να διερευνηθούν γενικότερα οι νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για τη δομή της ύλης, διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο έντεκα συνολικά Έργων, εκ των οποίων τα τρία εξυπηρετούσαν το βασικό στόχο της παρούσας εργασίας, δηλαδή τη διερεύνηση των διαφοροποιήσεων που αυτές παρουσιάζουν σε σχέση:

με την ηλικιακή ομάδα των μαθητών και

με δεδομένες προτάσεις που σχετίζονται με συγκεκριμένα επιστημονικά μοντέλα για τη δομή του ατόμου.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα τρία αυτά Έργα και οι αντίστοιχες προτάσεις.

Πίνακας 1: Τα Έργα του ερωτηματολογίου που αφορούν στην παρούσα έρευνα.

Έργο 1ο: Ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν με λεπτομέρεια πως φαντάζονται να είναι το «άτομο», αν μπορούσαμε να το παρατηρήσουμε μέσα από ένα «πανίσχυρο μικροσκόπιο», και να το ζωγραφίσουν.
Έργο 2ο: Με δεδομένες δύο προτάσεις (2α, 2β), και ανεξάρτητα από το αν είναι σωστές ή να είναι λάθος, ζητήθηκε από τους μαθητές να απεικονίσουν το άτομο με βάση καθεμιά από αυτές, ονομάζοντας το καθετί που ζωγραφίζουν.

Η 2α περιέγραφε την κίνηση του e^-, ως σωματίδιο, σε τροχιές, ενώ η 2β την ιδέα του «ηλεκτρονιακού νέφους» και του «τροχιακού».
Έργο 3ο: Το έργο είχε δύο προτάσεις: Στην 3α ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν ποιά πρόταση κατανοούν καλύτερα από τις δύο προτάσεις του έργου 2, ενώ στην 3β, ποια πρόταση θεωρούν ότι απεικονίζει καλύτερα τη πραγματικότητα.

Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε ειδικά για τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας και αφού προηγουμένως ελέγχθηκε στα πλαίσια της πιλοτικής φάσης σε δείγμα 72 ατόμων χορηγήθηκε διαμορφωμένο στην τελική του μορφή. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε από τους μαθητές τουλάχιστον δύο μήνες μετά από τη σχετική διδασκαλία στο πλαίσιο του σχολείου, στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας και σε όμοιες, κατά το δυνατό, συνθήκες για κάθε τάξη.

Για τη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στις νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για τη δομή του ατόμου και την ηλικιακή τους ομάδα (τάξη), εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος χ^2 με τη μέθοδο προσομοίωσης Monte Carlo και το z-test για τη σύγκριση μεταξύ ποσοστών (διαδικασία Crosstabs του IBM Statistics SPSS v19). Από την ανάλυση αφαιρέθηκαν οι ελλείπουσες τιμές, οι ασαφείς και οι λάθος απαντήσεις.

Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε τάξη κατηγοριοποιήθηκαν με κριτήριο την ορθότητα και πληρότητα τόσο των αναπαραστάσεων όσο και την ερμηνεία των εννοιών σε σχέση με την επιστημονική άποψη, και διαμόρφωσαν αντίστοιχα τα 5 μοντέλα αναπαράστασης της δομής του ατόμου που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Η διαβάθμιση με την οποία ορίστηκαν οι κατηγορίες και υποκατηγορίες τους έγινε από το λιγότερο και ασαφές προς το πλέον ορθό, πλήρες όσο και πολύπλοκο της αναπαράστασης. Οι συχνότητες και τα ποσοστά των μαθητών ανά τάξη και ανά μοντέλο αναπαράστασης στα Έργα 1 και 2 παρουσιάζονται στο Πίνακα 3, ενώ για το Έργο 3 παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Τα μοντέλα αναπαράστασης των μαθητών για τη δομή του ατόμου στο Έργο 1 διαφέρουν ως προς την ηλικιακή ομάδα του μαθητή (βλ. Πίνακα 3). Συγκεκριμένα, ο έλεγχος χ^2 έδειξε ότι η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές «μοντέλο αναπαράστασης ατόμου» και «ηλικιακή ομάδα» είναι στατιστικά σημαντική ($\chi^2(12) = 79,37$, $p < 0,001$), ενώ η ίδια σχέση προκύπτει και για το Έργο 2α ($\chi^2(12) = 106,74$, $p< 0,001$) και το Έργο 2β ($\chi^2(12) = 73,72$, $p< 0,001$). Η σχέση αυτή φαίνεται να οφείλεται στο ότι:

1. Γενικά, οι μαθητές της Β' Γυμνασίου στο Έργο 1 έχουν αναπαραστάσεις μέχρι και το πλανητικό μοντέλο Bohr, ενώ κανένας μαθητής δεν προσεγγίζει το κβαντικό μοντέλο. Η μεγάλη πλειονότητα των μαθητών αυτών αναγνωρίζουν το πυρηνικό μοντέλο (61 μαθητές, 48%) και ένα σημαντικό ποσοστό το πλανητικό μοντέλο Bohr (32 μαθητές, 25,2%, όλοι στην κατηγορία D_1). Στο Έργο 2α, το ποσοστό των μαθητών που αναγνωρίζουν το πλανητικό μοντέλο αυξάνει σε 39,4% (50 μαθητές, όλοι στην κατηγορία D_1). Στο Έργο 2β το ποσοστό αυτών που αναγνωρίζουν το πυρηνικό μοντέλο είναι 23,6% (30 μαθητές), το πλανητικό μοντέλο 16,5% (21 μαθητές) και το κβαντικό μοντέλο 36,2% (46 μαθητές, όλοι στην κατηγορία E_1).

Πίνακας 2: Μοντέλα αναπαράστασης της δομής του ατόμου (με υποκατηγορίες)

Α: «Μακροσκοπικό»
1. Κύτταρο με βιολογικές ιδιότητες ζωντανού οργανισμού
Β: «Σωματιδιακό»
1. Αναπαράσταση σωματιδίων. Μη διάκριση ανάμεσα σε Άτομα, Μόρια και Ιόντα.
2. Κύκλος, μπάλα ή σφαίρα χωρίς αναφορά σε υποατομική υφή.
3. Απεικόνιση ατόμου με ασαφή αναφορά σε υποατομική υφή.
C: «Πυρηνικό»
1. Πυρήνας, χωρίς σαφή αναφορά στα υπόλοιπα υποατομικά συστατικά του.

2. Πυρήνας και σαφή αναφορά στα σωματίδια που το αποτελούν (e^-, p ,n).
3. Απεικόνιση της C_2 και επιπλέον στοιχεία των σωματιδίων.

D: «Πλανητικό Bohr»

1. Υποατομικά στοιχεία και τα e^- κινούνται σε κυκλικές τροχιές (3D).
2. Τα e^- κινούνται σε στιβάδες, επιτρεπόμενες κυκλικές ή ελλειπτικές τροχιές (3D).
3. Μοντέλο Bohr (3D) και αναφορά στη κβάντωση της ενέργειας.
4. Συνύπαρξη τροχιάς και τροχιακού (ασαφή αναφορά στην έννοια του τροχιακού).

E: «Κβαντικό»

1. Υιοθέτηση της μορφής του νέφους και τροχιακού στη σωματιδιακή υφή του e^-
2. Η E_1 με μερική υιοθέτηση αρχών της Κβαντικής Θεωρίας
3. Υιοθέτηση της πιθανότητας με συγκεχυμένα στοιχεία τροχιάς και διαφόρων μορφών τροχιακών.
4. Υιοθέτηση των αρχών της ΚΘ (πιθανότητα, νέφος και τροχιακό κ.α.) με μορφές τροχιακών (s,p_x,p_y,p_z ή sp) και κουκίδες με εμφανή τη πυκνότητα του νέφους.

Πίνακας 3: Συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών στα Έργα 1 και 2.

Τάξη	Έργο	Κατηγορίες Αναπαράστασης Ατομικής Δομής											
		A		B		C		D		E		E/A	
		n	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%	*N*	%	*n*	%
Β΄ Γυμνασίου	1	6	4,7	28	22,0	61	48,0	32	25,2	0	0,0	0	0,0
	2α	3	2,4	10	7,9	61	48,0	50	39,4	0	0,0	3	2,4
	2β	3	2,4	11	8,7	30	23,6	21	16,5	46	36,2	16	12,6
Α΄ Λυκείου	1	9	5,4	33	19,8	74	44,3	50	29,9	1	0,6	0	0,0
	2α	0	0,0	15	9,0	43	25,7	108	64,7	1	0,6	0	0,0
	2β	1	0,6	9	5,4	15	9,0	25	15,0	59	35,3	58	34,7
Γ΄ Θετική	1	0	0,0	1	2,2	11	24,4	27	60,0	6	13,3	0	0,0
	2α	0	0,0	0	0,0	1	2,2	41	91,1	3	6,7	0	0,0
	2β	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	42	93,3	3	6,7
Γ΄ Τεχνολογική	1	1	1,2	16	19,5	19	23,2	45	54,9	1	1,2	0	0,0
	2α	0	0,0	0	0,0	6	7,3	76	92,7	0	0,0	0	0,0
	2β	0	0,0	0	0,0	3	3,7	26	31,7	36	43,9	17	20,7

E/A = Ελλείπουσες τιμές, ασαφείς ή λάθος απαντήσεις

Πίνακας 4: Συχνότητες και ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών στο Έργο 3

Τάξη	Έργο	Πρόταση1		Πρόταση2		Πρόταση1&2		E/A	
		n	%	*n*	%	*n*	%	*n*	%
Β΄ Γυμνασίου	3α	86	67,7	19	15,0	21	16,5	1	0,8
	3β	78	61,4	45	35,4	2	1,6	2	1,6
Α΄ Λυκείου	3α	127	76,0	17	10,2	22	13,2	1	0,6
	3β	105	62,9	51	30,5	8	4,8	3	1,8
Γ΄ Θετική	3α	18	40,0	7	15,6	19	42,2	1	2,2
	3β	10	22,2	34	75,6	1	2,2	0	0,0
Γ΄ Τεχνολογική	3α	62	75,6	5	6,1	14	17,1	1	1,2
	3β	49	59,8	28	34,1	4	4,9	1	1,2

E/A = Ελλείπουσες τιμές

2. Οι μαθητές της Α' Λυκείου έχουν παρόμοιο προφίλ με αυτούς της Β' Γυμνασίου. Στο Έργο 1 το 44,3% (74 μαθητές) αναγνωρίζουν το πυρηνικό μοντέλο και το 29,9% (50 μαθητές) το

πλανητικό μοντέλο Bohr, ποσοστό που μεγαλώνει στο Έργο 2α σε 64,7% (108 μαθητές, κατηγορίες D_1 21,6% και D_2 40,7%). Στο Έργο 2β το κβαντικό μοντέλο (Κατηγορία E_1) αναγνωρίζεται από το 35,3% (59 μαθητές).

3. Οι μαθητές της Γ' Λυκείου (τεχνολογική κατεύθυνση) διαφέρουν από τις προηγούμενες δύο τάξεις στο ότι αναγνωρίζουν σε σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό το πλανητικό μοντέλο Bohr (54,9%, 45 μαθητές) στο Έργο 1 και σε ακόμη μεγαλύτερο στο Έργο 2α (92,7%, 76 μαθητές, κατηγορίες D_1 43,9%, D_2 42,7%). Στο Έργο 2β, το κβαντικό μοντέλο αναγνωρίζεται από το 43,9% (36 μαθητές, από τους οποίους οι 33 ανήκουν στην κατηγορία E_1 και οι 3 στην κατηγορία E_2). Τέλος, το 31,7% (26 μαθητές) εμμένουν στο πλανητικό μοντέλο Bohr.

4. Οι μαθητές της Γ' Λυκείου (θετική κατεύθυνση) διαφέρουν από τις προηγούμενες τάξεις καθώς στο Έργο 1 αναγνωρίζουν σε ποσοστό 60% το πλανητικό μοντέλο Bohr (27 μαθητές, κατηγορίες D_1 35,6%, D_2 13,3%, D_3 2,2% D_4 8,9%) και σε ποσοστό 13,3% το κβαντικό μοντέλο (6 μαθητές, κατηγορίες E_1 2,2%, E_2 2,2%, E_3 2,2%, E_4 6,7%). Στο Έργο 2α, το ποσοστό του πλανητικού μοντέλου Bohr γίνεται 91,1% (41 μαθητές, κατηγορίες D_1 11,1%, D_2 46,7%, D_3 26,7%) ενώ στο Έργο 2β, 42 μαθητές (93,3%) αναγνωρίζουν το κβαντικό μοντέλο (κατηγορίες E_1 13,3%, E_2 31,1%, E_3 35,6%, E_4 13,3%).

Στο Έργο 3, στις προτάσεις 3α και 3β, τόσο οι μαθητές της Β' Γυμνασίου όσο και αυτοί της Α' Λυκείου και Γ' Τεχνολογικής κατανοούν καλύτερα τη πρόταση 1, σε αντίστοιχα υψηλό ποσοστό, όπως και θεωρούν ότι απεικονίζει καλύτερα τη πραγματικότητα. Αυτό ήταν αναμενόμενο με βάση τα υψηλά ποσοστά του πλανητικού μοντέλου Bohr και έρχεται σε αντίθεση με τους μαθητές της Γ' Θετικής, όπου στο Έργο 3α σε ποσοστό 40,0% (18 μαθητές) κατανοούν καλύτερα τη πρόταση 1, σε ποσοστό 42,2% (19 μαθητές) κατανοούν και τις δυο προτάσεις εξίσου και στο Έργο 3β σε ποσοστό 75,6% (34 μαθητές) θεωρούν ότι η πρόταση 2 απεικονίζει καλύτερα την πραγματικότητα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι στο Έργο 2β όλοι οι μαθητές αναγνώρισαν το κβαντικό μοντέλο.

Συζήτηση και συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ μαθητών ίδιας ηλικίας, αλλά και ανά ηλικιακή ομάδα καθώς η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές «μοντέλο αναπαράστασης ατόμου» και «ηλικιακή ομάδα» είναι στατιστικά σημαντική με το πυρηνικό και πλανητικό ατομικό μοντέλο Bohr να εμφανίζονται κυρίως στη Β΄ Γυμνασίου, Α΄ Λυκείου και Γ΄ Τεχνολογική. Επίσης, παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις στο πλαίσιο των δεδομένων προτάσεων καθώς εμφανίζονται κυρίως το πλανητικό μοντέλο Bohr και λιγότερο το κβαντικό όπου αναγνωρίζονται οι έννοιες του "τροχιακού" και του "ηλεκτρονιακού νέφους" στη σωματιδιακή υφή του e^-.

Όπως αναμένεται, οι διαφοροποιήσεις είναι μεγαλύτερες στην περίπτωση της Θετικής κατεύθυνσης της Γ' Λυκείου όπου εμφανίζεται το πλανητικό μοντέλο Bohr και κυρίως το κβαντικό μοντέλο στο πλαίσιο δεδομένων προτάσεων, όμως ακόμη και σε αυτή την ομάδα διαπιστώνεται η αδυναμία των μαθητών να κατανοήσουν πλήρως το κβαντικό μοντέλο. Επίσης, αδυναμία διαπιστώνεται και στο να το ερμηνεύσουν ικανοποιητικά, παρόλο που έχουν καλύτερη αντίληψη των εννοιών και επιτυγχάνουν καλύτερες αναπαραστάσεις του κβαντικού μοντέλου συγκριτικά με τις άλλες τρεις ομάδες. Αυτό εξηγείται, καθώς για τη γνήσια πρόοδο, η ικανότητα αναπαράστασης πρέπει όπως αναφέρουν οι Harrison και Treagust (2000) να είναι ανάλογη του εννοιολογικού επιπέδου και της νοητικής ικανότητας.

Η προσκόλληση στο πλανητικό μοντέλο του Bohr παρατηρείται σε όλες τις ομάδες και όσο αυξάνεται η ηλικία διαπιστώνεται μετάβαση από τις απλές κυκλικές τροχιές, στη πλήρη κατανόηση του μοντέλου, με σαφή αναφορά στη κβάντωση της ενέργειας και κυρίως στη μετάβαση από το Έργο 1 στο 2α.

Χαρακτηριστικό εύρημα είναι τα ποσοστά της Β΄ Γυμνασίου και Α΄ Λυκείου στα έργα αυτά στο Μακροσκοπικό, Σωματιδιακό και Πυρηνικό μοντέλο όπου τα άτομα έχοντας πυρήνα παρουσιάζονται ως κύτταρα που αναπαράγονται, αναπτύσσονται και περιβάλλονται από μεμβράνη ή εξωτερικό τοίχωμα αλλά και οι στιβάδες παρουσιάζονται ως στοίβες από e^- ή ότι

προστατεύουν τα άτομα (Harrison & Treagust 1996) ως δακτύλιοι γύρω από αυτό, όπως συμβαίνει στους πλανήτες. Επιπλέον, δεν υπάρχει διαχωρισμός ανάμεσα σε άτομα, μόρια και ιόντα καθώς στις αναπαραστάσεις το καθένα αποτελεί μέρος του άλλου, όπως είτε το μόριο είναι μέρος του ατόμου είτε το ιόν βρίσκεται μέσα στο άτομο.

Στο Έργο 2β παρουσιάζονται στην υποκατηγορία D_4 απεικονίσεις με κίνηση των ηλεκτρονίων πάνω στο τροχιακό, όπου το τροχιακό θεωρείται ως η τροχιά ή η συγκεκριμένης ενέργειας στιβάδα, καθώς επίσης παρουσιάζεται και η άποψη ότι τα τροχιακά ανήκουν σε συγκεκριμένες στιβάδες.

Στην υποκατηγορία E_1 για όλες τις ομάδες παρουσιάστηκαν απεικονίσεις όπου τα e^- ή μάζες από e^- κινούνται σε τροχιές ή στιβάδες ή περιοχές με τη μορφή νέφους όπου φαίνεται η σύγχυση ανάμεσα στην έννοια της ηλεκτρονιακής στιβάδας και του νέφους (Harrison & Treagust 2000).

Στην υποκατηγορία E_2 για όλες τις ομάδες παρουσιάστηκαν απεικονίσεις όπου εμμένουν στη σωματιδιακή υφή του e^- της υποκατηγορίας E_1 αλλά επιπλέον, εμφανίζονται και ερμηνείες που περιέχουν μία από τις βασικές αρχές της Κβαντικής θεωρίας (π.χ. η πιθανότητα, ο δυϊσμός, αρχή απροσδιοριστίας κ.α). Επίσης, στις ερμηνείες αυτής της υποκατηγορίας είναι και εδώ η τροχιά ή η στιβάδα ή η καθορισμένη θέση για την έννοια του τροχιακού. Το νέφος ερμηνεύεται ως η περιοχή γύρω από το πυρήνα όπου υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί το e^- ή ως ο χώρος όπου μπορεί να βρεθεί το e^- άρα συνώνυμο του τροχιακού. Για τις E_1 και E_2 υποκατηγορίες παρουσιάστηκε η ερμηνεία ότι η συσσώρευση των e^- σε περιοχές γύρω από το πυρήνα είναι τα νέφη που δημιουργούνται γύρω από το πυρήνα ή ότι όλα τα e^- σχηματίζουν το νέφος γύρω από το πυρήνα. Το νέφος απεικονίζεται επίσης ως τα e^- που διασκορπίζονται γύρω από το πυρήνα και ο σχηματισμός του αποδίδεται στη κίνηση των e^- γύρω από το πυρήνα με μεγάλη ταχύτητα (Harrison & Treagust 2000).

Στην υποκατηγορία E_3 παρουσιάστηκαν απεικονίσεις με μορφές τροχιακών με μη πλήρη ερμηνεία των εννοιών νέφους και τροχιακού.

το τροχιακό να απεικονίζεται ως τροχιά της κίνησης του ηλεκτρονίου.

το νέφος εντοπισμένο με κουκίδες σε περιοχές του χώρου γύρω από το πυρήνα όπου τονίζεται η έννοια του νέφους ως η "περιοχή" παρόλο που αναφέρεται η πυκνότητα του νέφους ως αραιού ή πυκνού με βάση τη πιθανότητα.

το νέφος με κουκίδες γύρω από το πυρήνα χωρίς όμως πλήρη ερμηνεία των εννοιών νέφους και τροχιακού.

Στην κατηγορία αυτή παρουσιάστηκαν απαντήσεις όπου δίνεται σωστή ερμηνεία στη μία έννοια και ασαφή στην άλλη ή συνώνυμη της άλλης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η σαφή ερμηνεία του τροχιακού ως του χώρου που υπάρχει πιθανότητα να βρεθεί το e^-, σε αντίθεση με το νέφος ως του χώρου ή σημείου που σίγουρα έχει διέλθει το ηλεκτρόνιο.

Πέραν των όσων μπορεί να παρατηρήσει κανείς σε σχέση με τις επιμέρους κατηγορίες, γενικότερα, είναι εμφανής η προσκόλληση των μαθητών στο πρότυπο του Bohr και η δυσκολία τους να υιοθετήσουν το κβαντικό μοντέλο. Η δυσκολία αυτή, όπως αναφέρουν οι Jiun-Liang Ke et al. (2005), πιθανόν να προέρχεται από τη βιασύνη των καθηγητών να θέσουν τις ιδέες της κβαντικής σε αλγεβρική μορφή, αλλά και την αποφυγή κλασικών μοντέλων ως τη βάση για μια εννοιολογική κατανόηση. Οι αναπαραστάσεις της δομής του ατόμου, ακόμη και αν ερμηνεύονται ορθά, οι έννοιες "τροχιακό" και "ηλεκτρονιακό νέφος", δεν ακολουθούνται από τις αντίστοιχες ορθές απεικονίσεις με αποτέλεσμα η έννοια της "πιθανότητας" που πρέπει να συνδέεται με το "ηλεκτρονιακό νέφος" αφενός να γίνεται κατανοητή ως τρόπος σκέψης, αφετέρου να μην αποδίδεται με τον ορθό τρόπο στην απεικόνιση τόσο του "τροχιακού" όσο και του "ηλεκτρονιακού νέφους". Πιθανές διέξοδοι, ενδεχομένως να είναι οι εξής:

Στην Β' Γυμνασίου όπου εισάγονται οι μαθητές για πρώτη φορά στη δομή του ατόμου και αργότερα στην Α' Λυκείου όπου διδάσκονται το πλανητικό μοντέλο Bohr, ενδεχομένως να πρέπει να δοθεί περισσότερη προσοχή στη περιγραφή του ατόμου με περισσότερες λεπτομέρειες τόσο στα συστατικά στοιχεία του όσο και στις ιδιότητες αυτών ώστε στη συνέχεια, το μοντέλο Bohr να γίνει πλήρως κατανοητό. Καλή θα ήταν η αντιπαράθεση των όρων αρχικά από την Α' Λυκείου, ξεκινώντας από την τροχιά και την στιβάδα μέχρι την έννοια της

κβάντωσης της ενέργειας και στη Γ΄ Λυκείου μέχρι την έννοια της πιθανότητας, αλλά και η συζήτηση ανάμεσα στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μοντέλου. Στη Γ' Λυκείου θα μπορούσε να δοθεί περισσότερη προσοχή στη διδασκαλία των γραφικών αναπαραστάσεων των τροχιακών τονίζοντας την έννοια της πιθανότητας και επομένως των αντίστοιχων ηλεκτρονιακών νεφών.

Βιβλιογραφία

Adbo, K. & Taber, K.S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Sweadish science students. International Journal of Science Education, 31(6), 757-786

Carvellati, R. & Perugini, D. (1981). The Understanding of the Atomic Orbital Concept by Italian High School Students, Journal of Chemical Education, 58 (7), 568-569

Cokelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. Chemistry Education Research and Practice 6(3), 119-135

Fischler, H. & Lichtfeldt, M. (1992). Modern physics and students' conceptions'. International Journal of Science Education,14(2), 181-190

Griffiths, A.K. & Preston, K.R (1992). Grade-12 students misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. Journal of Research in Science Teaching, 29(6), 611-628

Harrison, A.G., & Treagust, D.F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. Science Education, 80(5), 509-534

Harrison, A.G., & Treagust, D.F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. Science Education, 84, 352-381

Nakiboglu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. Chemistry Education: Research and Practice, 4(2), 171-188

Park, E.J. & Light, G. (2009). 'Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept: Student mental models and troublesomeness'. International Journal of Science Education, 31(2), 233-258

Petri, J. & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. International Journal of Science Education, 20(9), 1075-1088

Stefani, C. & Tsaparlis, G. (2009). Students' Levels of Explanations, Models, and Misconceptions in Basic Quantum Chemistry: A Phenomenographic Study. Journal of Research in Science Teaching, 46(5), 520-536

Taber, K.S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 2(2), 123-158

Taber, K.S. (2002). Conceptualizing quanta: Illuminating the ground state of student understanding of atomic orbitals. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 3(2), 145-158

Taber, K.S. (2005). Learning Quanta: Barriers to Stimulating Transitions in Student Understanding of Orbitals Ideas. Science Education, 89, 94-116

Tsaparlis, G. (1997). Atomic Orbitals, Molecular Orbitals and Related Concepts: Conceptual Difficulties Among Chemistry Students. Research in Science Education, 27(2), 271-287

Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. (2009). High-school Students' Conceptual Difficulties and Attempts at Conceptual Change: The case of basic quantum chemical concepts. International Journal of Science Education, 31(7), 895-930

Zoltán, T., & Lajos, L. (2007). Combination of Phenomenography with Knowledge Space Theory to study students' thinking patterns in describing an atom, Chemistry Education Research and Practice, 8, 327-336

Η κατανόηση του νερού ως διαλύτη: Εξέλιξη μερικών αντιλήψεων των μαθητών από το δημοτικό μέχρι το λύκειο

Άννα Κουκά, Στέλλα Βοσνιάδου, Γεώργιος Τσαπαρλής
Μέση Εκπαίδευση, Λύκειο Μαραθώνα, annakouka@yahoo.gr
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, svosniad@phs.uoa.gr
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετάμε την κατανόηση των μαθητών για το νερό ως διαλύτη και πώς εξελίσσονται οι γνώσεις τους κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Συνολικά 80 μαθητές, ηλικίας 8–18 ετών, έδωσαν ατομικές συνεντεύξεις σχετικά με τις μεταβολές που συμβαίνουν κατά τη διάλυση του αλατιού στο νερό καθώς και γενικά για το γιατί συμβαίνει η διάλυση. Οι απαντήσεις αναλύθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία της Βοσνιάδου (Vosniadou and Brewer, 1992, 1994, Vosniadou, in press). Βρέθηκε ότι οι εξηγήσεις των μαθητών για το νερό ως διαλύτη ήταν διαφορετικές από τις επιστημονικές και μόνον τέσσερις από τους μεγαλύτερους μαθητές έδωσαν επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις. Υποστηρίζεται ότι οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές αντανακλούν τις βασικές προϋποθέσεις του αρχικού επεξηγηματικού πλαισίου, σύμφωνα με τις οποίες το νερό γίνεται αντιληπτό ως υγρό και η ύλη εκλαμβάνεται σαν συνεχής και στατική.

Understanding water as a solvent: The evolution of some students' conceptions from elementary to upper secondary school

Anna Kouka, Stella Vosniadou, Georgios Tsaparlis
National and Kapodistrian University of Athens, Department of Methodology, History and Theory of Science, annakouka@yahoo.gr
National and Kapodistrian University of Athens, Department of Methodology, History and Theory of Science, svosniad@phs.uoa.gr
University of Ioannina, Department of Chemistry, gtseper@cc.uoi.gr

Abstract

We represent an empirical study which investigated students' understanding of water as a solvent and how their knowledge develops during primary and secondary education. In individual interviews students, ranging in age 8-18 years answered questions concerning the changes in matter that take place when salt is dissolved in water and how they explain these changes in matter. Responses were analyzed according to the methodology proposed by Vosniadou (Vosniadou and Brewer, 1992, 1994, Vosniadou, in press). It was found that pupils' explanations about water as solvent were different from the scientific explanations, while only four among the elder students provided scientifically acceptable answers. It is argued that students' difficulties reflect the fundamental presuppositions of their initial explanatory frameworks about water as a liquid as well as the continuous and static conception of matter, despite the teaching of chemistry in school.

Εισαγωγή

Οι έρευνες δείχνουν ότι τα παιδιά προτού να πάνε στο σχολείο διαμορφώνουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο οι οποίες αντιστέκονται στην παραδοσιακή διδασκαλία και εμφανίζονται συχνά με τη μορφή «παρανοήσεων». Η Vosniadou υποστηρίζει ότι τα παιδιά αποκτούν μια ουσιαστική αισθητηριακής φύσης γνώση για το φυσικό κόσμο, μια αφελή «θεωρία» η οποία βασίζεται σε παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου και στις πληροφορίες από το περιβάλλον τους. Αργότερα στο σχολείο πολλοί μαθητές κάνουν λάθη για παράδειγμα για το σχήμα της Γης και

εμφανίζουν παρανοήσεις πολλές από τις οποίες είναι *συνθετικά μοντέλα* (Vosniadou and Brewer, 1992, 1994, (Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti, 2008, Vosniadou, in press). Τα συνθετικά μοντέλα προκύπτουν διότι τα παιδιά, μη έχοντας επίγνωση της διαφορετικότητας των επιστημονικών εξηγήσεων από τις δικές τους αφελείς εξηγήσεις, ενσωματώνουν τις επιστημονικές πληροφορίες στην αρχική αφελή τους «θεωρία» για το φυσικό κόσμο. Η εννοιολογική αλλαγή είναι απαραίτητη για την κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών και είναι μια αργή και βαθμιαία διαδικασία που προχωρά μέσω της σταδιακής αντικατάστασης των απόψεων και των πεποιθήσεων που περιλαμβάνονται στην αφελή «θεωρία». Στην παρούσα έρευνα σκοπεύουμε να διερευνήσουμε με τη βοήθεια του προηγούμενου θεωρητικού πλαισίου πώς σχηματίζονται οι αρχικές αντιλήψεις για το νερό ως χημικό διαλύτη και πώς αναδιοργανώνονται καθώς οι μαθητές μεγαλώνουν.

Παρατηρώντας τον κόσμο γύρω τους, τα παιδιά έχουν αποκτήσει πλούσια γνώση για τα υλικά και τις ουσίες και φαίνεται ότι είναι ικανά από μικρή ηλικία να κάνουν μια πρώτη διάκριση για παράδειγμα ανάμεσα στα αντικείμενα και στα υλικά. Από την ηλικία των 4 ετών, καταλαβαίνουν ότι αντικείμενα του ίδιου τύπου, π.χ. τα πιρούνια, μπορεί να είναι φτιαγμένα από διαφορετικό υλικό για παράδειγμα πλαστικό ή μέταλλο, όπως επίσης ότι δύο διαφορετικά αντικείμενα, όπως ποτήρι και πιρούνι, μπορεί να είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό (Dickinson, 1987). Ωστόσο ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβάνονται τις ιδιότητες των υλικών σωμάτων δεν είναι πάντοτε σωστός. Συχνά κρίνουν ότι μικρά, ελαφρά σώματα δεν ζυγίζουν «τίποτα απολύτως» (Wiser & Smith, 2008), προφανώς γιατί στην οντολογία των μικρών παιδιών δεν διαφοροποιείται το «αισθάνομαι ότι είναι βαρύ» από το φυσικό μέγεθος του βάρους. Φαίνεται ότι η αρχική κατανόηση της υλικότητας των σωμάτων στηρίζεται μάλλον σε κοινής λογικής, αισθητηριακά αντιληπτές ιδιότητες (Wiser & Smith, 2008, Gigopoulou & Vosniadou, 2012), παρά κάτι που έχει μάζα και καταλαμβάνει όγκο όπως διδάσκεται αργότερα στο σχολείο. Η αρχική αυτή έννοια της υλικότητας περιλαμβάνει τα στερεά και τα υγρά και φαίνεται ότι, ενώ τα παιδιά μπορούν με επιτυχία να διακρίνουν και να αναγνωρίσουν τα υγρά με πρότυπο το νερό, δεν συμβαίνει το ίδιο για τα στερεά, με αποτέλεσμα ακόμη και σε μεγαλύτερη ηλικία κάνουν λάθη σε ότι αφορά για παράδειγμα τις σκόνες (Stavy, 1991).

Σε ό,τι αφορά το γνωστικό αντικείμενο της χημείας, τα φαινόμενα στο μακροσκοπικό επίπεδο προσεγγίζονται μέσω παρατηρήσεων, στο μικροσκοπικό επίπεδο προσφέρονται εξηγήσεις για την κατανόησή τους και στο συμβολικό συμβολίζονται μέσω της ιδιαίτερης χημικής γλώσσας. Τα φυσικά φαινόμενα και η διάλυση ορίζονται μέσω της διατήρησης της ταυτότητας των ουσιών η οποία περιγράφεται μέσω της αντιστοίχισης της ουσίας με τις ιδιότητές της στο μακροσκοπικό επίπεδο και μέσω της διατήρησης του είδους των μορίων στο μικροσκοπικό. Έτσι η διάλυση μιας ουσίας στο νερό οδηγεί στη δημιουργία ενός ομογενούς μείγματος μακροσκοπικά και είναι το αποτέλεσμα μιας σχέσης αλληλεπίδρασης σε μοριακό επίπεδο της ουσίας και του νερού.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη διάλυση ως φυσική μεταβολή. Για παράδειγμα, εστιάζουν την προσοχή τους περισσότερο στις μεταβολές κατά τη διάλυση που γίνονται άμεσα αντιληπτές μέσω των αισθήσεων (Nussbaum, 1993, Χατζηνικήτα, 2000) και στις άμεσα παρατηρούμενες χαρακτηριστικές ιδιότητες και συχνά έχουν την άποψη ότι οι ουσίες διατηρούν την ταυτότητά τους ενώ αλλάζουν ιδιότητες (Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1995). Περαιτέρω, εμφανίζουν πολλές παρανοήσεις στο σωματιδιακό επίπεδο και δυσκολεύονται να δώσουν εξηγήσεις της διάλυσης με αναφορές στα σωματίδια της ύλης (Lee et al., 1993).

Με βάση τα προηγούμενα, υποθέσαμε ότι η σκέψη των μαθητών κυριαρχείται από τη μακροσκοπική αντίληψη για την ύλη, τη βασισμένη στην καθημερινή εμπειρία. Ως αποτέλεσμα του μοντέλου μικροδομής της ύλης και της δυναμικής θεώρησης των ουσιών που διδάσκονται στο σχολείο, η δραστικότητα των ουσιών και η αλληλεπίδρασή έρχονται σε αντίθεση με την αρχική αντίληψη για την ύλη που περιλαμβάνει τα στερεά και τα υγρά υλικά της καθημερινής ζωής και τη χρήση προτύπων για την αναγνώριση της ταυτότητάς τους. Υποθέσαμε ότι η ιδέα της αδράνειας των χημικών ουσιών αποτελεί βασική προϋπόθεση του αρχικού επεξηγηματικού

πλαισίου για την ύλη και τα υλικά σώματα και περιορίζει την κατανόηση της διάλυσης ως σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ουσιών.

Μέθοδος

Ατομικές δομημένες συνεντεύξεις με ερωτήσεις ανοικτού τύπου έδωσαν συνολικά 80 μαθητές, 20 ανά τάξη, της δ΄ τάξης και της στ΄ τάξης του δημοτικού, της γ΄ γυμνασίου και της γ΄ λυκείου των αντίστοιχων σχολείων μιας μικρής πόλης της Ανατολικής Αττικής. Ζητήσαμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν ή να απαντήσουν προφορικά, ενώ τους επιδεικνύαμε ουσίες κυρίως της καθημερινής ζωής και απλά πειράματα σε ιδιαίτερο χώρο του σχολείου τους. Οι απαντήσεις μαγνητοφωνήθηκαν, συμπληρώθηκαν από ιδιόχειρες σημειώσεις που κρατήσαμε κατά τις συνεντεύξεις και από επεξηγήσεις που ζητήσαμε μετά το τέλος των συνεντεύξεων, χωρίς να γίνει αλλαγή στις ερωτήσεις της δομημένης συνέντευξης.

Στα πλαίσια μιας ευρύτερης έρευνας, θέσαμε έξι ερωτήσεις, χωρισμένες σε δύο ενότητες, με στόχο να διερευνήσουμε τα είδη των μεταβολών που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να περιγράψουν την πολύ γνωστή διάλυση του αλατιού στο νερό. Συγκεκριμένα στην Ενότητα Ερωτήσεων Ι, ζητήσαμε να σχεδιάσουν τι συμβαίνει κατά τη διάλυση μιας μικρής ποσότητας αλατιού σε νερό (ερώτηση 1) και να εξηγήσουν προφορικά τι συμβαίνει στο αλάτι (ερώτηση 2) και τι στο νερό (ερώτηση 3). Στη συνέχεια τους εξηγήσαμε ότι ολοκληρώθηκε η διάλυση και τους ζητήσαμε (Ενότητα Ερωτήσεων ΙΙ) να απαντήσουν τι έχει συμβεί στα συστατικά του αλατιού (ερώτηση 4) και του νερού (ερώτηση 5), όπως και αν τα συστατικά του αλατιού και του νερού μένουν ακίνητα ή κινούνται (ερώτηση 6). Με τον όρο *συστατικά* προσπαθήσαμε να στρέψουμε την προσοχή των μαθητών στον μικρόκοσμο και να ελέγξουμε αν έχουν ή όχι αναπτύξει σωματιδιακές ιδέες. Τα αποτελέσματα των έξι ερωτήσεων τα έχουμε παρουσιάσει σε προηγούμενη εργασία (Κουκά, Βοσνιάδου, & Τσαπαρλής 2009).

Τέσσερις ερωτήσεις (Ενότητα Ερωτήσεων ΙΙΙ) είχαν στόχο τις αντιλήψεις των μαθητών για το εύρος της διαλυτικής ικανότητας του νερού. Με αυτές ρωτήσαμε αν το νερό διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι (ερώτηση 7), ποιες ουσίες δεν διαλύει το νερό ή αν διαλύει και το λάδι και το λίπος (ερώτηση 8), γιατί δεν διαλύει το λάδι και το λίπος ή την ουσία που πρότειναν οι ίδιοι οι μαθητές (ερώτηση 9) και γιατί πλένουμε τα χέρια μας με νερό (ερώτηση 10). Τα αποτελέσματα αυτών των ερωτήσεων τα έχουμε παρουσιάσει επίσης σε προηγούμενη εργασία (Κουκά Βοσνιάδου, & Τσαπαρλής 2011).

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία της Βοσνιάδου (Vosniadou & Brewer 1992, 1994, Vosniadou, in press), αναλύσαμε τις απαντήσεις των μαθητών δύο φορές, μία στο επίπεδο των ερωτήσεων και μία στο σύνολο των ερωτήσεων. Η ανάλυση στο επίπεδο των ερωτήσεων οδήγησε στον εντοπισμό διαφορετικών τύπων απάντησης ανά ερώτηση και ανά ενότητα ερωτήσεων και στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τις επιμέρους γνώσεις των μαθητών και συγκεκριμένα για τα είδη των μεταβολών που χρησιμοποιούν για τη διάλυση (Κουκά et al., 2009) και τις αιτίες για τις ουσίες που το νερό δεν διαλύει (Κουκά et al., 2011). Ωστόσο αυτά τα στοιχεία παραμένουν μερικά και αποσπασματικά. Για να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα των αντιλήψεων των μαθητών συνολικά για το νερό ως χημικό διαλύτη, χρειάζεται να διερευνήσουμε τις απαντήσεις τους στο συνολικό επίπεδο, και αυτό κάνουμε στην παρούσα εργασία.

Αποτελέσματα

Αποτελέσματα στο επίπεδο των ερωτήσεων

Οι μαθητές διδάσκονται στο σχολείο τη διάκριση των φαινομένων σε δύο κατηγορίες, στα φυσικά και στα χημικά φαινόμενα, με αντίστοιχο κριτήριο διάκρισης μεταξύ τους τη διατήρηση ή τη μη διατήρηση της ταυτότητας των ουσιών που παίρνουν μέρος σ' αυτά.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα στο επίπεδο της ερώτησης έδειξαν ότι για να περιγράψουν τη διάλυση με διαλύτη το νερό οι μαθητές χρησιμοποίησαν άλλου τύπου μεταβολές και όχι τη διατήρησης της ταυτότητας (Κουκά, 2009), ενώ οι εξηγήσεις που έδωσαν σχετικά με τη μη διάλυση ουσιών στο νερό υποδεικνύουν αιτίες διαφορετικές από την αλληλεπίδραση του νερού και της προς διάλυση ουσίας (Κουκά., 2011). Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ορισμένα από τα

ευρήματα των δύο προηγούμενων εργασιών σχετικά με τα είδη των μεταβολών που χρησιμοποίησαν οι μαθητές, καθώς και τις εξηγήσεις που έδωσαν σχετικά με τις αιτίες της διάλυσης με διαλύτη το νερό.

Α. Ενότητες Ερωτήσεων Ι & ΙΙ. Τα είδη των μεταβολών που χρησιμοποιούν οι μαθητές. Οι μεταβολές που συνιστούν τη διάλυση του αλατιού στο νερό μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και στις δύο ενότητες ως εξής:

Α1. Συγκεκριμένες περιγραφές, με απαρίθμηση μεμονωμένων μεταβολών του αλατιού, του νερού και των συστατικών τους, που βασίζονται στην άμεση παρατήρηση της εξέλιξης της διαδικασίας της διάλυσης

Για παράδειγμα στην Ενότητα Ερωτήσεων Ι οι μαθητές ανέφεραν συγκεκριμένα μεταβολές όπως **γεύση** για το αλάτι (κατά 5% οι μαθητές της δ΄ και της στ΄ δημοτικού) και βεβαίως για το νερό (κατά 80%, 60%, 35%, 20% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα), **θέση** για το αλάτι (κατά 30%, 5%, 20%, 5% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα) και το νερό (κατά 15%, 5%, 10% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού και του γυμνασίου αντίστοιχα), **ανάμειξη** για το αλάτι (κατά 40%, 30%, 15%, 25% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα) και το νερό (κατά 10%, 15%, 30%, 30% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα). Επίσης ειδικά για το αλάτι μεταβολές στη **μορφή**, όπως ότι εξαφανίζεται και παύει να φαίνεται μέσα στο νερό (κατά 45%, 50%, 45%, 25% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα). Τέλος ειδικά για το νερό μεταβολές στο **χρώμα** (5%, 40%, 10%, 5% οι μαθητές της δ΄, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα), στο ότι «*δεν είναι καθαρό πια το νερό αλλά με το αλάτι*» (κατά 10% οι μαθητές της στ΄ δημοτικού) και «*τίποτα, είναι το ίδιο με πριν*» (κατά 5% οι μαθητές της δ΄ δημοτικού και 10% οι μαθητές της στ΄ δημοτικού). Στις απαντήσεις αυτής της κατηγορίας δώσαμε το χαρακτηρισμό 0 (Κουκά, 2009).

Α2. Μακροσκοπικού επιπέδου εξηγήσεις της διάλυσης, με αναφορές σε μεταβολές αόρατων σωματιδίων. Σε αυτήν την κατηγορία, οι μαθητές προχώρησαν πέρα από τις άμεσα αντιληπτές περιγραφές και έδωσαν γενικά *βαθύτερες* εξηγήσεις, χωρίς ωστόσο να αναφέρονται πραγματικά σε μικροσκοπικές εξηγήσεις της διάλυσης σύμφωνες με το σωματιδιακό μοντέλο.

Για παράδειγμα στην Ενότητα Ερωτήσεων ΙΙ οι μαθητές απάντησαν για το αλάτι ότι δεν είναι πια αυτούσιο όπως ήταν πριν και συγκεκριμένα αναφέρθηκαν σε μεταβολές στην **κατάτμηση** του αλατιού σε μικρά-μικρά κομμάτια ή σε περισσότερα στο πλήθος κομμάτια (κατά 5%, 5%, 20%, 10% οι μαθητές της δ΄ και της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα), στη **συγκρότηση** του αλατιού και στην αποσύνδεση του νατρίου από το χλώριο ή στη διάσπαση γενικά των συστατικών του μεταξύ τους (κατά 25% και 20% οι μαθητές του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα), στο ότι «*έχουν λιώσει τα συστατικά του αλατιού*» (5% οι μαθητές του λυκείου) ενώ για το νερό απάντησαν ότι «*περιέχει τα συστατικά του αλατιού*» (κατά 5%, 10%, 40%, 35% οι μαθητές της δ΄ και στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα). Επίσης απάντησαν ότι το αλάτι και τα συστατικά του έχουν αναμειχθεί με τα συστατικά του νερού (κατά 10% οι μαθητές της στ΄ δημοτικού, 20% του γυμνασίου και 35% οι μαθητές του λυκείου) και ότι έχουν πια γίνει αλατόνερο (κατά 5% και 15% οι μαθητές γυμνασίου και λυκείου αντίστοιχα) Στις απαντήσεις αυτής της κατηγορίας δώσαμε το χαρακτηρισμό 1 (Κουκά, 2009).

Α3. Μικροσκοπικές εξηγήσεις, με αναφορές σε αλλαγή δυνάμεων μεταξύ των μορίων των ουσιών και έλξη των μορίων του νερού και των ιόντων του αλατιού, με σωστές μικροσωματιδιακές ιδέες σύμφωνες με τα όσα διδάσκονται στο σχολείο. Στις απαντήσεις αυτής της κατηγορίας δώσαμε το χαρακτηρισμό 3 (Κουκά, 2009).

Β. Ενότητα Ερωτήσεων ΙΙΙ. Οι εξηγήσεις των μαθητών για το εύρος της διαλυτικής ικανότητας του νερού.

Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις σχετικά με τις ουσίες που δεν διαλύονται στο νερό και γιατί το νερό δεν διαλύει ορισμένες ουσίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

Β1. Ιδιότυπες απαντήσεις, στις οποίες οι μαθητές δήλωναν ότι δεν υπάρχουν αδιάλυτες στο νερό ουσίες, δηλαδή ότι το νερό έχει απεριόριστη διαλυτική ικανότητα. Σε αυτές τις απαντήσεις δώσαμε το χαρακτηρισμό 0 (Κουκά, 2011).

Λίγοι συνολικά μαθητές (κατά 15% της δ΄ δημοτικού καθώς και 5% του γυμνασίου και του λυκείου) έδωσαν τη διαισθητική εξήγηση ότι **το νερό διαλύει όλες τις ουσίες,** όπως το αλάτι, και επίσης λίγοι από τους μικρότερους μαθητές (κατά 15% και 5% οι μαθητές του δ΄ και στ΄ δημοτικού αντίστοιχα) απάντησαν ότι το ***ζεστό νερό*** διαλύει όλες τις ουσίες θέτοντας έναν περιορισμό στην πανδιαλυτική ικανότητα του νερού.

Β2. Αιτιώδεις εξηγήσεις, στις οποίες οι μαθητές, δίνοντας διάφορα παραδείγματα αδιάλυτων ουσιών, ανέφεραν διαφορετικές αιτίες για τη διάλυσή τους στο νερό. Συγκεκριμένα οι μαθητές έδωσαν τις επόμενες κατηγορίες απαντήσεων:

- Οι αδιάλυτες ουσίες *έχουν ορισμένες ιδιότητες ή ορισμένη σύσταση* οι οποίες δεν επιτρέπουν τη διάλυσή τους. Η πλειονότητα των μαθητών όλων των τάξεων (κατά 65% και 80% οι μαθητές της δ΄ δημοτικού και της στ΄ δημοτικού αντίστοιχα, κατά 90% οι μαθητές γυμνασίου και 60% οι μαθητές λυκείου), χρησιμοποιώντας καθημερινές εκφράσεις, απέδωσε στην ίδια την ουσία την αιτία της μη διάλυσης στο νερό γιατί είναι π.χ. παχιά, βαριά, πυκνή κ.λπ. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι εξηγήσεις που έδωσαν οι μαθητές ήταν κάθε φορά κατασκευασμένες με βάση τις ιδιότητες της εκάστοτε ουσίας. Στις απαντήσεις αυτής της κατηγορίας δώσαμε το χαρακτηρισμό 1 (Κουκά, 2011).

- Οι αδιάλυτες ουσίες έχουν *ορισμένη σχέση* με το νερό, η οποία δεν επιτρέπει τη διάλυσή τους. Η σχέση της προς διάλυση ουσίας και του διαλύτη προσδιοριζόταν με

Πίνακας 1 Κριτήρια κατηγοριοποίησης στις Γενικές Κατηγορίες

Γενικές Κατηγορίες	*Ενότητ. Ερωτήσεων I* (ερωτήσεις 1-3)	*Ενότ. Ερωτήσεων .II* (ερωτήσεις 4-6)	*Ενότ. Ερωτήσεων III* (ερωτήσεις 7-10)
Νερό/ Πανδιαλύτης	Απαντήσεις με συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0)	Συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0). Τα σωματίδια κινούνται ή όχι	Ιδιότυπες απαντήσεις (χαρακτηρισμός 0)
	Απαντήσεις με συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0)	Συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0). Τα σωματίδια κινούνται ή όχι	Το ζεστό νερό διαλύει όλες τις ουσίες (χαρακτηρισμός 0)
Νερό/ Παθητικός παράγοντας	Απαντήσεις με συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0)	Συγκεκριμένες περιγραφές (χαρακτηρισμός 0). Τα σωματίδια κινούνται ή όχι	Αιτία της διάλυσης: χαρακτηριστικά της διαλυμένης ουσίας (χαρακτηρισμός 1)
	Μακροσκοπικές εξηγήσεις με αναφορές «σωματιδίων» (χαρακτηρισμός 2).	Μακροσκοπικές εξηγήσεις με αναφορές «σωματιδίων» (χαρακτηρισμός 2).	Αιτία της διάλυσης: χαρακτηριστικά της διαλ. ουσίας (χαρακτηρισμός 1)

Νερό/ Ισότιμος παράγοντας	Μακροσκοπικές εξηγήσεις με αναφορές «σωματιδίων» (χαρακτηρισμός 2).	Μακροσκοπικές εξηγήσεις με αναφορές «σωματιδίων» (χαρακτηρισμός 2).	Αντιδρούν η ουσία και ο διαλύτης (χαρακτηρισμός 1 ή 2)
Νερό/ Διαλύτης	Μικροσκοπικές μεταβολές (χαρακτηρισμός 3)	Μικροσκοπικές μεταβολές (χαρακτηρισμός 3)	Η διάλυση ως σχέση αλληλεπίδρασης (χαρακτηρισμός. 3)

Πίνακας 2 Συχνότητες (%) των μαθητών στις Γενικές Κατηγορίες

Γενικές Κατηγορίες		*Δ΄ Δημοτικ (N=20)*	*Στ΄ Δημοτικ (N=20)*	*Γ΄ Γυμνασ (N=20)*	*Γ΄ Λυκείου (N=20)*	*Σύνολο (N=80)*
Νερό/ Πανδιαλύτης	Όλες οι ουσίες διαλύονται στο νερό *Αρχικό Μοντέλο*	3 (15%)	0	1 (5%)	1 (5%)	5 (6,25%)
	Όλες οι ουσίες διαλύονται στο ζεστό νερό	3 (15%)	1 (5%)	0	0	4 (5%)
Νερό/ Παθητικός παράγοντας	Διαλύονται οι ουσίες με ορισμένες ιδιότητες	9 (45%)	14 (70%)	2 (10%)	0	25 (30%)
	Διαλύονται οι ουσίες με ορισμένες ιδιότητες. .Σωματιδιακές ιδέες	1 (5%)	2 (10%)	8 (40%)	6 (30%)	17 (21,25%
Νερό/ Ισότιμος παράγοντας	Διαλύονται οι ουσίες που αντιδρούν με το νερό	0	0	0	4 (20%)	4 (5%)
Νερό/ Διαλύτης	Η διάλυση ως αποτέλεσμα δυνάμεων σε μοριακό επίπεδο.	0	0	1 (5%)	3 (15%)	4 (5%)
	Δεν ξέρω	4 (20%)	1 (5%)	3 (15%)	0	8 (10%)

όρους συμμετρίας: διαλύονται οι ουσίες οι οποίες αντιδρούν με το νερό και δεν διαλύονται εκείνες οι οποίες δεν αντιδρούν. 20% των μαθητών του λυκείου έδωσαν τις απαντήσεις αυτής της κατηγορίας, στις οποίες δώσαμε το χαρακτηρισμό 1 ή 2 (Κουκά, 2011). Τέλος το 5% των μαθητών του γυμνασίου και το 15% των μαθητών του λυκείου προσδιόρισαν ότι δεν διαλύονται στο νερό οι ουσίες οι οποίες δεν αλληλεπιδρούν κατάλληλα με το νερό. Στις απαντήσεις που εξήγησαν τη διάλυση με όρους αλληλεπίδρασης δώσαμε το χαρακτηρισμό 2 (Κουκά, 2011).

Αποτελέσματα στο σύνολο των ερωτήσεων

Στην παρούσα εργασία οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν συνολικά για όλες τις ερωτήσεις και οι συνολικές απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν με τα κριτήρια που φαίνονται στον Πίνακα 1. Η κατηγοριοποίηση βασίστηκε στα είδη των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές. Η κατανομή των μαθητών στις *Γενικές Κατηγορίες* παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Συμπεράσματα και Συζήτηση

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, οι μικρότεροι μαθητές απαντούν ότι το νερό διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι και δεν υπάρχουν ουσίες που το νερό δεν διαλύει. Αυτή η θεώρηση του νερού είναι πολύ διαφορετική από την εξήγηση του νερού διαλύτη που διδάσκεται στο σχολείο. Υποθέτουμε ότι η αρχική έννοια του νερού/υγρού υπαγορεύεται από την καθημερινή εμπειρία με τα στερεά και τα υγρά υλικά και τις παρατηρήσεις για το νερό ως υγρό και αδρανές υλικό, όπως γίνεται αντιληπτό από τις καθημερινές δραστηριότητες.

Τέσσερις μαθητές του γυμνασίου και του λυκείου χρησιμοποιούν τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων για να περιγράψουν τις μεταβολές κατά τη διάλυση του αλατιού στο νερό όσο και τις αιτίες των μεταβολών, ακολουθώντας όσα διδάσκονται στο σχολείο. Η δυναμική θεώρηση της ύλης επέτρεψε στους μαθητές να κατανοήσουν το *Νερό ως Διαλύτη* και τη διάλυση ως σχέση αλληλεπίδρασης.

Η μεγάλη πλειονότητα των μαθητών ωστόσο έδωσαν εναλλακτικές εξηγήσεις. Έτσι απαντούν ότι άλλες ουσίες διαλύονται από το νερό και άλλες δεν διαλύονται, χωρίς ωστόσο να κατανοούν τη διάλυση με όρους φυσικής μεταβολής. Καθώς οι μαθητές μεγαλώνουν, φαίνεται ότι η αρχική αφελής εξήγηση του νερού/πανδιαλύτη χάνει την συνοχή της και υπάρχει μια εξέλιξη προς την έννοια του νερού/διαλύτη μέσω των εννοιών του νερού/παθητικού παράγοντα και του νερού/ισότιμου παράγοντα της διάλυσης. Η συνολική επιστημονική εξήγηση της διάλυσης ως σχέση αλληλεπίδρασης έχει αφομοιωθεί εν μέρει στα συνθετικά μοντέλα που εμφανίζονται..

Οι περισσότεροι μαθητές, κυρίως των μικρότερων τάξεων, κάνουν απαρίθμηση άμεσα παρατηρούμενων μεταβολών σχετικά με τη γεύση, το χρώμα, τη μορφή, την ανάμειξη του νερού, του αλατιού και των συστατικών τους. Αυτοί οι μαθητές έχουν δυσκολίες να προβούν σε γενικεύσεις σχετικά με τις αδιάλυτες στο νερό ουσίες και δίνουν εξηγήσεις της μη διάλυσης κατασκευασμένες στις ιδιότητες της εκάστοτε ουσίας. Μια ουσία δεν διαλύεται στο νερό γιατί είναι βαριά, πυκνή, σκληρή κ.α. σύμφωνα με τους μαθητές του *Νερού/Παθητικού παράγοντα*. Στην ίδια κατηγορία εμφανίζεται μια υποκατηγορία μαθητών, κυρίως του γυμνασίου και του λυκείου, οι οποίοι καταφέρνουν να προχωρήσουν σε *βαθύτερες* εξηγήσεις σε ό,τι αφορά τα είδη των μεταβολών που συνιστούν τη διάλυση του αλατιού στο νερό. Οι μαθητές αυτοί αναφέρονται σε μεταβολές μη ορατών γενικά σωματιδίων, κυρίως σε ότι έχει σχέση με το αλάτι, τα οποία όμως συνιστούν περισσότερο μακροσκοπικού επιπέδου οντότητες παρά μικροσκοπικές οντότητες. Η αναφορά μικροσκοπικού επιπέδου μεταβολών παραμένει περιορισμένη προσπάθεια εξήγησης της διάλυσης τελικά, όσο οι μαθητές δεν διαφοροποιούν οντολογικά τα σωματίδια του μικρόκοσμου από τις οντότητες του μακρόκοσμου. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν ότι η εννοιολογική αλλαγή απαιτεί οντολογικές αλλαγές και συμφωνούν με τα ευρήματα άλλων ερευνών (Vosniadou, Vamvakoussi, & Skopeliti, 2008 και Κουκά et al., 2013).

Επίσης αιτιώδεις εξηγήσεις για τη διάλυση δίνουν στην κατηγορία του *Νερού/Ισότιμου παράγοντα* λίγοι μαθητές του λυκείου (20%) και απαντούν ότι διαλύονται οι ουσίες που αντιδρούν με το νερό. Ωστόσο, καταφέρνουν να αντιληφθούν τον ισότιμο ρόλο μεταξύ διαλύτη και διαλυμένης ουσίας και να αναζητήσουν την αιτία της διάλυσης στη σχέση που διαμορφώνεται μεταξύ των δύο παραγόντων της διάλυσης του νερού και της προς διάλυση ουσίας. Συνολικά οι μακροσκοπικού επιπέδου αντιλήψεις δεν επιτρέπουν στους μαθητές αυτούς να εξηγήσουν τη διάλυση με όρους δυνάμεων και δεσμών μεταξύ των σωματιδίων στα οποία αναφέρονται, ούτε να κάνουν σωστά τη διάκριση των μεταβολών της ύλης σε φυσικές και χημικές. Η ένταξη της διάλυσης στις χημικές μεταβολές αποτελεί παρανόηση η οποία όπως συμβαίνει με πολλές παρανοήσεις, οφείλεται σε μια λανθασμένη κατηγοριοποίηση.

Με δεδομένο ότι η διάλυση με διαλύτη το νερό είναι ένα πολύ οικείο φαινόμενο, είναι περίεργο το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν τόσες δυσκολίες να την κατανοήσουν και εμφανίζουν τις εναλλακτικές απόψεις που περιγράψαμε προηγουμένως. Θεωρούμε ότι η παρουσία των εναλλακτικών μοντέλων εξηγεί ότι η μετάβαση από την αρχική έννοια του νερού/υγρού στην έννοια του νερού/διαλύτη απαιτεί μια ριζική εννοιολογική αναδιοργάνωση. Η αρχική έννοια του νερού/υγρού δεν συνιστά μια μεμονωμένη γνώση αλλά βρίσκεται μέσα σ' ένα πολύπλοκο

σύνολο αλληλένδετων γνώσεων της αφελούς «θεωρίας» για την ύλη. Η κατανόηση του νερού ως διαλύτη προϋποθέτει την αναδιοργάνωση της αρχικής «θεωρίας» που έχουν τα παιδιά για την ύλη και τα υλικά, διαδικασία η οποία δεν είναι καθόλου ευκολονόητη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η προϋπόθεση του νερού υγρού και αδρανούς υλικού είναι πολύ ισχυρή στους μικρότερους μαθητές, συνεχίζει να είναι ισχυρή στους μεγαλύτερους μαθητές και παρεμποδίζει τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων για την πλειονότητα των μαθητών. Οι μεγαλύτεροι μαθητές δίνουν εξηγήσεις βασισμένες στα σωματίδια περισσότερο από τους μικρούς μαθητές και σταδιακά, όσο αυξάνεται η ηλικία, παρατηρείται μια εξέλιξη από την αρχική, αφελή έννοια του νερού/πανδιαλύτη προς την έννοια του νερού/διαλύτη. Ωστόσο, όπως δείχνουν τα αποτελέσματα, η εμπειρία της συνεχούς και στατικής ύλης είναι βαθιά εμπεδωμένη. Χρειάζεται η διδασκαλία της χημείας να λάβει υπόψη της το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής και να κινηθεί προς την κατεύθυνση της αναδιοργάνωσης των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών.

Βιβλιογραφία

Γκικοπούλου, Ο., & Βοσνιάδου, Σ. (2012). Επανακατηγοριοποίηση υλικών σωμάτων και φυσικές μεταβολές της ύλης.. *Ψυχολογία 19(1)*. Εκδόσεις Πεδίο

Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ. & Τσαπαρλής, Γ. (υπό έκδοση, 2013). Δυσκολίες των Μαθητών στην Κατανόηση της Έννοιας του Νερού ως Ουσίας. *Νόησις*. Εκδόσεις Gutenberg

Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ. & Τσαπαρλής, Γ. (2009). Οι δυσκολίες των μαθητών να κατανοήσουν τη διάλυση του αλατιού στο νερό. *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Φλώρινα 7-10 Μαΐου 2009, 420-428.

Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ. & Τσαπαρλής, Γ. (2011). Γιατί το νερό διαλύει ορισμένες ουσίες; *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Αλεξανδρούπολη 15-17 Απριλίου 2011, 291-298.

Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (1995). Οι χημικές ουσίες, το περιβάλλον και ο σύγχρονος πολίτης. *Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, τόμος Ε', τ. 17, 197-208

Χατζηνικήτα, Β & Κουλαϊδής, Β. (2000). Αναπαραστάσεις Μαθητών του Δημοτικού για τις Μεταβολές Φυσικοχημικών Συστημάτων: Σύστημα Ταξινόμησης. Στο Κόκκοτας, Π. (Επ). *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδ. Τυπωθήτω, 85-110.

Dickinson, D. K. (1987). The development of material kind. *Science Education, 71*, 615-628.

Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., and Blakeslee, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching, 30, 249-270.*

Nussbaum, J. (1993). Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση. Στο R. Driver, E. Guesne & A. Tibergien (Eds). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες.* Αθήνα: Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 110-207.

Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Curriculum, 91*, 240-244

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). Mental models of earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24, 535-585.*

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1994). Mental models of the day- Night cycle. *Cognitive Science, 18, 123 - 183.*

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, E. (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York, NY: Routledge.

Vosniadou, S. (in press). Conceptual Change in Learning and Instruction: The Framework Theory Approach. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (second edition). New York, NY: Routledge.

Wiser, M. & Smith, C. (2008). Teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York, NY:Routledge.

Μερικές παρανοήσεις φοιτητών σε θέματα που σχετίζονται με την πυρηνική φυσική και την κοινωνία

Σωτήρης Χαρτζάβαλος, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
shartz@otenet.gr , gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και συζητούνται μερικές παρανοήσεις πρωτοετών φοιτητών φυσικής και παιδαγωγικού δημοτικής εκπαίδευσης σε θέματα πυρηνικής φυσικής που σχετίζονται και αφορούν την κοινωνία. Τα περισσότερα από αυτά τα θέματα αποτελούν τμήμα της διδακτέας ύλης του μαθήματος της φυσικής γενικής παιδείας της τρίτης λυκείου, ενώ συναντώνται και σε πηγές άτυπης γνώσης. Οι παρανοήσεις καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια ευρύτερης έρευνας για τον επιστημονικό αλφαβητισμό, η οποία δομήθηκε με βάση δύο επιστημονικά άρθρα εφημερίδων. Τα άρθρα αυτά, με κάποιες τροποποιήσεις, συνόδευαν ερωτηματολόγια ανοικτού τύπου στα οποιά απάντησαν οι φοιτητές. Οι παρανοήσεις αναλύονται ως προς το περιεχόμενο τους, ενώ αναζητούνται οι πιθανές αιτίες που τις προκαλούν και προτείνονται λύσεις για βελτιωμένη διδασκαλία.

Abstract

In this paper, we present and discuss some misconceptions on nuclear physics topics that are relevant to and concern society, which are held by first-year physics and primary education Greek students. Most of the topics are part of the physics curriculum for general education of the twelfth grade in Greek high school, while they are also encountered in informal-education sources. These misconceptions were recorded as part of a wider study on Greek students' scientific literacy, which was structured about newspapers scientific articles. These properly adapted articles accompanied open-ended questionnaires which were answered by the students. We analyze the misconceptions with respect to their content, as well as we seek their possible causes, and make suggestions for improved instruction.

Εισαγωγή

Οι ιδέες και οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον φυσικό κόσμο διαφέρουν συνήθως από τις επιστημονικές προσεγγίσεις και διαδραματίζουν, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές της διδακτικής των φυσικών επιστημών (φ.ε.), ένα σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με αυτές (Driver & Easley 1978). Έτσι, έχει δοθεί μεγάλη σημασία στην αναζήτηση αυτών των αντιλήψεων, που χαρακτηρίζονται με μια ποικίλη ορολογία:

- «Αυθόρμητες ή πρώτες ιδέες και αναπαραστάσεις», αν το βάρος δίνεται στον κοινωνικό χαρακτήρα της γνώσης,
- *Προαντιλήψεις* ή *προϊδεάσεις* (preconceptions) (a priori ιδέες και αρχικές αντιλήψεις), ως «παρανοήσεις» (misconceptions) (Wandersee, Mintzes, & Novak 1994),
- «Εναλλακτικές αντιλήψεις» (alternative conceptions) (Gilbert & Swift 1985) και «εναλλακτικές δομές» (alternative structures) αν η προσοχή εστιάζεται στον εσφαλμένο χαρακτήρα του περιεχομένου τους ή της δομής τους αντίστοιχα.

Οι Gilbert, Osborn και Fensham (1982) αντιμετωπίζουν ως εναλλακτική αντίληψη κάθε έννοια ή μοντέλο που είναι διαφορετικό απ' ότι είναι συμφωνημένο και αποδεκτό επιστημονικά. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν ή που μπορεί να επηρεάσουν τις ιδέες των μαθητών καθορίζονται από το κοινωνικό–πολιτισμικό, το φυσικό και το τεχνολογικό περιβάλλον, που με τη σειρά τους περιλαμβάνουν το σχολικό και το ευρύτερο οικογενειακό περιβάλλον. Ο Κόκκοτας (1998) αναφέρει ότι οι ιδέες των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά σχηματίζονται από τους μηχανισμούς που αυτά διαθέτουν και με τους οποίους αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους, ενώ οι Skelly και Hall (1993) διαχώρισαν τις αντιλήψεις των μαθητών σε αυτές που οφείλονται στις εμπειρίες τους και σε αυτές που

οφείλονται στη διδασκαλία. Οι Oliveras, Marquez και Sanmart (2011) ερεύνησαν τις δυσκολίες που συνάντησαν μαθητές 15-16 ετών κατά την κριτική ανάγνωση άρθρων εφημερίδων με επιστημονικό περιεχόμενο, διαπιστώνοντας ότι οι δραστηριότητες που είχαν σχεδιάσει αποδείχθηκαν τελικά χρήσιμες στους μαθητές.

Από μελέτες διαπιστώνεται ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις που εμφανίζουν μαθητές και πρωτοετείς φοιτητές εξακολουθούν να υπάρχουν και σε περιπτώσεις φοιτητών μεγαλύτερων ετών αλλά και σε αποφοίτους (Coll & Taylor 2001). Ένα από τα πλέον συνήθη και σημαντικά ευρήματα στη βιβλιογραφία της διδακτικής των φ.ε. είναι ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις έχουν γερά θεμέλια και είναι πολύ ανθεκτικές στην αλλαγή. Τέτοιου είδους έρευνες εγείρουν ερωτήματα ως προς την αξία των συμβατικών διδακτικών στρατηγικών για τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών. Πολλοί ερευνητές θεωρούν επομένως ότι οι διδάσκοντες χρειάζεται να είναι περισσότερο ενήμεροι σχετικά με τις τρέχουσες θεωρίες μάθησης, καθώς προσπαθούν να μεταδώσουν τη γνώση στους μαθητές (Taber 2001, Tsaparlis, 2001)

Οι παρανοήσεις σε σύγχρονα θέματα φυσικών επιστημών και κυρίως σε έννοιες πυρηνικής φυσικής (αλλά και γενικότερα ατομικής δομής) και κβαντομηχανικής (αναφορικά με τη σχετική ύλη της χημείας γ΄ λυκείου) μπορούν να αποδοθούν τόσο στη διδασκαλία των αντικειμένων στο σχολείο όσο και στις πληροφορίες που μπορεί να έχει ο μαθητής από το περιβάλλον του. Οι βασικές αιτίες στην πρώτη περίπτωση μπορεί να είναι η εγγενής δυσκολία κατανόησης των εννοιών και η σύγχυσή τους λόγω της χρήσης διαφόρων παραπλήσιων και μη μοντέλων, οι γλωσσικές δυσκολίες, η αφηρημένη φύση των θεμάτων αυτών και η αδυναμία σύλληψης της μικροσκοπικής κλίμακας της ύλης (Papaphotis & Tsaparlis 2008, Taber 2001).

Οι έρευνες στα θέματα της πυρηνικής φυσικής είναι περιορισμένες σε σύγκριση με όσες αφορούν άλλα αντικείμενα της φυσικής (μηχανική, ηλεκτρισμός, μαγνητισμός, θερμοδυναμική, ακόμη πιο πρόσφατα και σε θέματα κβαντομηχανικής). Είναι σημαντική η ορθή κατανόηση των εννοιών της πυρηνικής φυσικής, αν ληφθούν υπόψη οι σημαντικές εφαρμογές της στην ιατρική, στη βιομηχανία, στην παραγωγή ενέργειας και οι συζητήσεις και οι στάσεις απέναντι στα πυρηνικά όπλα αλλά και την πιθανότητα ατυχημάτων (Kohnle et al. 2011).

Οι περισσότερες έρευνες που στοχεύουν στην ανίχνευση των αντιλήψεων μαθητών ή φοιτητών σε θέματα πυρηνικής φυσικής, περιστρέφονται κυρίως στη σύγχυση των ακόλουθων κυρίως εννοιών: *ακτινοβολία και ραδιενέργεια* (Eijkelhof & Millar 1988, Henriksen & Jorde 2001), *ρύπανση και ακτινοβόληση* (Millar & Gill 1996, Prather & Harrington 2001), *ραδιενεργό υλικό και ραδιενεργός διάσπαση* (Alsop 2001), *ιοντίζουσα και μη ιοντίζουσα ακτινοβολία* (Eijkelhof 1994, Millar 1994, Rego & Peralta 2006), *ημιζωή* (Alsop 2001, Eijkelhof & Millar 1988), *ενέργεια σύνδεσης και ρυθμός ραδιενεργού διάσπασης* (Tekin & Nakiboğlu 2006). Οι εργασίες και οι μελέτες που αφορούν τις εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής στην καθημερινή ζωή είναι λιγότερες.

Τα επίπεδα του επιστημονικού αλφαβητισμού

Υπάρχουν διάφορα επίπεδα και εκφράσεις του *επιστημονικού αλφαβητισμού* (EA) (scientific literacy). Μια κατηγοριοποίηση (Shamos 1995) διακρίνει τα ακόλουθα τρία επίπεδα, που αποτελούν μια ελάχιστη απαίτηση για το τι θα πρέπει να δίνει η υποχρεωτική εκπαίδευση στους μαθητές:

Πρακτικός (practical) **ή λειτουργικός** (functional) **αλφαβητισμός**: Το χαμηλότερο επίπεδο, που αφορά την ικανότητα ενός ατόμου να λειτουργεί κανονικά στην καθημερινή του ζωή ως καταναλωτής επιστημονικών και τεχνολογικών προϊόντων (τροφή, υγεία και στέγη).

Πολιτικός (civic) **αλφαβητισμός** ή **αλφαβητισμός εν δράσει** ή **ως δύναμη** (power): συνδέεται με την δυνατότητα ενός ατόμου να συμμετέχει συνετά σε μια κοινωνική συζήτηση περί επιστημονικών και τεχνολογικών θεμάτων που είναι άμεσου ενδιαφέροντος για την κοινωνία. Με τη δυνατότητα αυτή ο πολίτης είναι σε θέση να κατανοεί τα ζητήματα των καιρών, να είναι ενημερωμένος και κριτικός με την ικανότητα να λαμβάνει σωστές αποφάσεις που αφορούν το μέλλον της ανθρωπότητας.

Πολιτισμικός (cultural) ή **ιδεώδης** (ideal) **ΕΑ**: αφορά την εκτίμηση των επιστημονικών προσπαθειών και την αποδοχή της επιστήμης ως διανοητικής δραστηριότητας. Είναι μια υψηλότερης στάθμης μεταγνωστική ικανότητα που επιτυγχάνεται έστω και εν μέρει από μια μειονότητα σπουδαστών και η οποία εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου υπό την επίδραση επιπλέον δεδομένων από την εργασία και την κοινωνία.

Η γνώση θεμάτων της πυρηνικής επιστήμης καλύπτει και τα τρία προηγούμενα επίπεδα με έμφαση στα δύο πρώτα.

Η εργασία: Έρευνα και αποτελέσματα

Σε αυτή την εργασία συζητούνται μερικές παρανοήσεις πρωτοετών φοιτητών σχετικές με θέματα πυρηνικής φυσικής. Οι παρανοήσεις αυτές διαπιστώθηκαν κατά την έρευνα που διεξήχθη με φοιτητές τμήματος φυσικής (N = 85) και παιδαγωγικού δημοτικής εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) (N = 104). Σκοπός της έρευνας ήταν η καταγραφή των απόψεων πρωτοετών φοιτητών για ζητήματα καθημερινής εμπειρίας που σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με θέματα πυρηνικής φυσικής και της ικανότητας περιγραφής εννοιών της πυρηνικής φυσικής, η αναζήτηση παρανοήσεων πάνω σε αυτά τα θέματα και η πιθανή επίδραση άτυπων μορφών εκπαίδευσης στις αντιλήψεις των φοιτητών. Το ερευνητικό εργαλείο αποτελούνταν από δύο κείμενα που προέρχονταν (με κάποιες τροποποιήσεις) από τρία άρθρα του ημερήσιου τύπου (εφημερίδες «Το Βήμα» και «Ελευθεροτυπία») και τα οποία συνοδεύονταν από περί τις 20 ερωτήσεις ανοικτού τύπου το καθένα. Το ένα άρθρο αφορούσε τον αντιδραστήρα σύντηξης ITER και το άλλο ήταν σχετικό με το απεμπλουτισμένο ουράνιο (για περισσότερες πληροφορίες και σχετικές παραπομπές, βλ. Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2009). Οι φοιτητές και των δύο τμημάτων χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, κάθε μια από τις οποίες συμπλήρωσε ένα από τα δυο ερωτηματολόγια. Λόγω της διαφορετικότητας του περιεχομένου των δύο ερωτηματολογίων, ελάχιστες από τις ερωτήσεις ήταν κοινές και για τις δύο ομάδες φοιτητών. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο των Shwartz, Ben-Zvi και Hofstein (2006) και χαρακτηρίστηκαν ως αποδεκτές, μερικώς αποδεκτές και μη αποδεκτές. Ξεχωριστή κατηγορία αποτέλεσαν οι περιπτώσεις στις οποίες οι φοιτητές απέφυγαν να δώσουν απάντηση. Να σημειωθεί ότι η ίδια έρευνα πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια και με τούρκους φοιτητές, αντιστοίχων τμημάτων, του πανεπιστημίου του Balikesir, με παραπλήσια αποτελέσματα Tsaparlis et al (2013)

Οι ανοικτού τύπου ερωτήσεις έδωσαν τη δυνατότητα καταγραφής αντιλήψεων των φοιτητών και σε θέματα που αναφέρονται από ελάχιστα έως καθόλου στο σχολικό βιβλίο ή κατά την αναφορά τους σε αυτό δεν δίνεται ανάλογη βαρύτητα. Πρόκειται για αντικείμενα που σχετίζονται με εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής στην καθημερινή ζωή ή γίνονται θέματα συζήτησης στα ΜΜΕ και σε άλλες πηγές άτυπης γνώσης. Από τις απαντήσεις των φοιτητών σε αυτού του είδους τα θέματα διαπιστώθηκαν αρκετές παρανοήσεις οι οποίες ομαδοποιήθηκαν και παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Α. Οι ακτίνες Χ και η ιατρική. Η σχετική ερώτηση ήταν:

- *Γνωρίζετε αν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρετε κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείτε να την αναφέρετε.*

Η πρόοδος της πυρηνικής ιατρικής μετά από το 1950 υπήρξε ραγδαία και καταλυτική για τη διάγνωση και την αντιμετώπιση σοβαρών ασθενειών. Όμως, οι φοιτητές στην πλειονότητά τους, όπως διαπιστώθηκε από τις απαντήσεις, έδειξαν άγνοια για τα περισσότερα από αυτά τα θέματα. Να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι στο σχολικό βιβλίο γίνεται επαρκής αναφορά σε χρήσεις της ραδιενεργού ακτινοβολίας, ένα σημαντικό ποσοστό (38,9%) δεν έγραψε τίποτε σχετικό. Ένας άλλος μεγάλος αριθμός φοιτητών ανέφερε ως εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής τις ακτινογραφίες, τις ακτίνες Χ, τη χημειοθεραπεία, τα λέιζερ, απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτές, με μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ακόλουθα:

«με τις ακτίνες Χ, ακτινογραφία, μαγνητοσκόπηση» / «Ιατρικές θεραπευτικές εφαρμογές π.χ. στον καρκίνο οι ασθενείς εκτίθενται στις χημειοθεραπείες» / «Σε περιπτώσεις καρκίνου θεραπεύεται τοπικά με λέιζερ που στοχεύει τοπικά και σε συγκεκριμένες ποσότητες στον ιστό που πάσχει» / «Η πυρηνική φυσική έχει ιατρικές διαγνωστικές εφαρμογές με τη χρήση της ακτινογραφίας όπου οι ακτίνες Χ περιέχουν ραδιενέργεια» / «Στην εξέταση των ασθενών με ακτινογραφίες, στη θεραπεία του καρκίνου με ακτίνες γ»

Να σημειωθεί ότι η παρανόηση που αφορούσε τις ακτίνες Χ εμφανίστηκε στο 69% των απαντήσεων, χωρίς να διαπιστωθεί διαφορά μεταξύ των φοιτητών των δύο τμημάτων. Στο ποσοστό αυτό, τη μεγαλύτερη συμμετοχή (42,5%) είχαν οι φοιτητές που προέρχονταν από τη θετική κατεύθυνση, ακολουθούμενοι από τους φοιτητές από τη θεωρητική (32,5%) και την τεχνολογική (25%) κατευθύνσεις. Ως αιτία της παρανόησης αυτής μπορεί να θεωρηθεί η σύγχυση μεταξύ των εννοιών της ακτινοβολίας (γενικώς) και της ραδιενέργειας

Β. Η έκρηξη της ατομικής βόμβας και του πυρηνικού αντιδραστήρα. Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

«Όλες οι χώρες της κοινοπραξίας ήθελαν να φιλοξενήσουν τον αντιδραστήρα επειδή, σε αντίθεση με τους ατομικούς αντιδραστήρες ουρανίου, που έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης και παράγουν ραδιενεργά κατάλοιπα, οι θερμοπυρηνικοί αντιδραστήρες είναι ασφαλείς και 'καθαροί'».

- *Συνδέεται αυτή η έκρηξη αυτή με αυτό που αναφέρουμε ως έκρηξη ατομικής βόμβας;*

Στο σχολικό βιβλίο δεν υπάρχει καμιά αναφορά σε αυτό το πάντοτε επίκαιρο θέμα, το οποίο αναδεικνύεται σε πολλές περιπτώσεις κατά τις οποίες γίνεται συζήτηση για λειτουργία πυρηνικών εργοστασίων ή μετά από ατυχήματα που συνδέονται με πυρηνικά εργοστάσια. Στο κείμενο, η φράση «*έχουν πάντα τον κίνδυνο έκρηξης*» αφορά την έκρηξη που θα απελευθερώσει στο περιβάλλον ποσότητες ραδιενεργού υλικού, με αποτέλεσμα τη ρύπανση τεράστιων εκτάσεων, αν τα προϊόντα της έκρηξης είναι αέρια ή να διοχετεύεται το υλικό αυτό στον υδροφόρο ορίζοντα, μέσω τεχνητών ή φυσικών υδάτινων συστημάτων ψύξης (το τελευταίο συμβαίνει στα περισσότερα πυρηνικά εργοστάσια).

Διαπιστώθηκε ότι υπήρξαν μερικές απαντήσεις στις οποίες διατυπώθηκαν κάποιες λογικές σκέψεις και απόψεις, χωρίς όμως να πλησιάζουν σε μια απόλυτα τεκμηριωμένη απάντηση, για παράδειγμα: «*Όχι απαραίτητα. Ίσως συνδέεται περισσότερο με τα κατάλοιπα ή τις διαρροές*». Το 46% των ερωτηθέντων έδωσε καταφατική απάντηση, δικαιολογώντας την επιλογή τους με φράσεις όπως:

«Θα έλεγα πως είναι πιο ισχυρή από μια ατομική βόμβα» / «Ναι διότι το ουράνιο είναι το βασικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι ατομικές βόμβες», / ή εστιάζοντας στις συνέπειες:

«Ναι, και στις δυο περιπτώσεις η μόλυνση που προκαλείται είναι τεράστια λόγω των ραδιενεργών στοιχείων και καταλοίπων που απελευθερώνονται».

Δεν υπήρξε διαφορά στο περιεχόμενο των απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών που προερχόντουσαν από τα δυο τμήματα ή τις τρεις κατευθύνσεις.

Γ. Τα όρια της ακτινοβολίας και η «ανοσία» των πυρηνικών εργατών. Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

«Το όριο όμως αυτό σταδιακά πέφτει, φτάνοντας τη δεκαετία του '50 στα 15 rem, την περίοδο μεταξύ 1960 και 1990 στα 5 rem, και τώρα πια μιλάμε για 2 rem! Σήμερα οι τιμές αυτές για τον γενικό πληθυσμό (και όχι για τους πυρηνικούς εργάτες) είναι το 1/10, δηλαδή 0,2 rem.»

- *Μπορείτε να σκεφθείτε γιατί το όριο για τον γενικό πληθυσμό έχει τεθεί δέκα φορές λιγότερο από ότι για τους εργαζόμενους στα πυρηνικά εργοστάσια;*

Παρά το γεγονός ότι το σχολικό βιβλίο της γ΄ λυκείου (σελ. 94) παραθέτει τιμές ορίων και σχολιάζει τα μεγέθη αυτά, δεν κάνει καμιά νύξη στη διαφορά των ορίων μεταξύ των εργαζομένων σε πυρηνικά εργοστάσια και του γενικού πληθυσμού. Επομένως, η δραστηριότητα αυτή ήταν αρκετά απαιτητική καθώς οι φοιτητές έπρεπε να συνδυάσουν γνώσεις και κριτική σκέψη. Ένα μεγάλο ποσοστό απαντήσεων (36,3%) αναφέρονταν σε μια υποτιθέμενη ιδιότητα του ανθρώπινου οργανισμού να «συνηθίζει» ή να «προσαρμόζεται», να

αποκτά ένα «*είδος ανοσίας*», όπως σημείωσαν αρκετοί φοιτητές. Τέτοια περίπτωση «ανοσίας» φυσικά δεν υφίσταται και αυτού του είδους οι απαντήσεις, αξιολογήθηκαν ως «μη αποδεκτές»:

«*Γιατί εκτίθενται καθημερινά σε αυτές τις συνθήκες οπότε ο οργανισμός τους έχει αποκτήσει περισσότερη ανοσία απ' ό,τι των άλλων ανθρώπων*» / «*Γιατί ο οργανισμός τους είναι πιο ευαίσθητος στην ακτινοβολία, ενώ οι εργαζόμενοι έχουν κατά κάποιο τρόπο "προσαρμοστεί"*» / «*Ίσως λόγω της "ανοσίας" - συνήθειας του οργανισμού τους*» / «*Γιατί οι εργαζόμενοι έχουν συνηθίσει στη ραδιενέργεια και φορούν ειδικές στολές*».

Το μεγαλύτερο ποσοστό τέτοιου είδους απαντήσεων έδωσαν οι φοιτητές που είχαν ακολουθήσει τεχνολογική κατεύθυνση (42%), ενώ τα ποσοστά των φοιτητών από θετική και τεχνολογική κατεύθυνση ήταν παραπλήσια (27 - 29%). Δεν διαπιστώθηκε διαφορά μεταξύ των φοιτητών του ΠΤΔΕ και αυτών του τμήματος φυσικής.

Δ. Τι είναι το απεμπλουτισμένο ουράνιο. Η ερώτηση ήταν:

Έχετε ακούσει τους όρους εμπλουτισμένο ουράνιο και απεμπλουτισμένο ουράνιο; Αν ναι, τι ξέρετε γι' αυτούς;

Δεν υπάρχει αντίστοιχη ενότητα ή έστω κάποια αναφορά στο σχολικό βιβλίο, οι απαντήσεις που θα διατύπωναν οι φοιτητές θα μπορούσαν να αναζητηθούν και στις άτυπες πηγές γνώσης. Ελάχιστοι φοιτητές (<5%) έδωσαν αποδεκτή απάντηση, ενώ μεταξύ των υπόλοιπων απαντήσεων δόθηκαν και οι ακόλουθες, με την ίδια ή παρόμοια διατύπωση, σε ποσοστά περί το 22%:

«*Ανενεργό ουράνιο που χρησιμοποιήθηκε σαν ενίσχυση σε κάποιους αντιαρματικούς πυραύλους λόγω της σκληρότητας του*» / «*Ήδη χρησιμοποιημένο ουράνιο*».

Να σημειωθεί ότι σε διάφορες πηγές άτυπης γνώσης, όπως άρθρα σε μη επιστημονικά περιοδικά και εκπομπές στην τηλεόραση, το απεμπλουτισμένο ουράνιο συνηθίζεται να αποκαλείται και «εξασθενημένο» ή «εξαντλημένο» ουράνιο, με αποτέλεσμα να προκαλούνται παρανοήσεις όπως η προηγούμενη. Κατά τη γνώμη μας, το θέμα του απεμπλουτισμένου ουρανίου, με την έμφαση που έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια, αποτελεί ένα σοβαρό θέμα το οποίο θα έπρεπε να έχει ιδιαίτερη αναφορά στο σχολικό βιβλίο.

Ε. Ποια είναι η σημασία του όρου «*ραδιενεργά κατάλοιπα*»;

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν περισσότεροι φοιτητές (~70%), αφού είναι αντικείμενο που υπάρχει στο σχολικό βιβλίο, αλλά είναι και συνηθισμένο αντικείμενο συζήτησης στα ΜΜΕ σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή διαμαρτυριών για την εγκατάσταση πυρηνικών εργοστασίων ή τη μεταφορά πυρηνικών αποβλήτων. Όμως, παρά τη μεγάλη συμμετοχή, ο αριθμός των αποδεκτών απαντήσεων κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (περίπου 16%). Οι λανθασμένες απαντήσεις που δόθηκαν περιλάμβαναν φράσεις όπως:

«*Ραδιενεργές ουσίες που δεν χρησιμεύουν πλέον στην παραγωγή ραδιενέργειας*» / «*Ό,τι απομένει από τη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων, π.χ. U-238, τα οποία έχουν μεγάλο χρόνο ημιζωής*».

Οι απαντήσεις αυτές παραπέμπουν σε ουσίες που δεν επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία και φράσεις όπως «*Είναι σώματα που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία*». Άλλες απαντήσεις εστίασαν αποκλειστικά τα κατάλοιπα σε μη ειρηνικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας: «*Μετά την έκρηξη ραδιενεργού βόμβας συνεχίζουν να υπάρχουν κατάλοιπα που είναι επικίνδυνα*», χωρίς όμως να εξηγούν τι είναι αυτά. Καλύτερες επιδόσεις σε αυτή τη δραστηριότητα εμφάνισαν οι φοιτητές που προέρχονταν από το ΠΤΔΕ και ειδικότερα από τη θεωρητική κατεύθυνση (66% και 62,5% αντίστοιχα)

ΣΤ. Το Τσέρνομπιλ και η μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας.

Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

«*Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου.*»

- *Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.*

Η συμμετοχή των φοιτητών σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν πολύ υψηλή (της τάξης του 95%) και στα δύο τμήματα, ενώ το 82% αναφέρθηκε στη χρήση των ατομικών βομβών στις πόλεις Χιροσίμα και Ναγκασάκι. Αρκετά ενδιαφέρον όμως ήταν το υψηλό ποσοστό απαντήσεων στις οποίες γινόταν αναφορά στο ατύχημα που συνέβη το 1986 στο πυρηνικό εργοστάσιο του Τσέρνομπιλ, όπου ένα ποσοστό 16% των φοιτητών ανέφεραν αποκλειστικά το ατύχημα ως μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας. Μια χαρακτηριστική απάντηση:

«*Μια χρήση της πυρηνικής ενέργειας που έχει γίνει και δεν ήταν ειρηνική, ήταν ο ατομικός αντιδραστήρας ουρανίου. Αυτός ήταν επικίνδυνος γιατί παρήγαγε ραδιενεργά κατάλοιπα. χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έκρηξη του εργοστασίου στο Τσέρνομπιλ*».

Ακόμη, και σε απαντήσεις που αναφέρονταν στις ατομικές βόμβες, έγινε μνεία του Τσέρνομπιλ:

«*Μη ειρηνική χρήση έγινε κατά το 20 παγκόσμιο πόλεμο, με τις ρίψεις των ατομικών βομβών σε Ναγκασάκι – Χιροσίμα. Ακόμη, αξίζει να αναφερθούμε στην έκρηξη που συνέβη σε εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας στο Τσέρνομπιλ της Ουκρανίας στη δεκαετία του '80*».

Η σύγχυση των μη ειρηνικών χρήσεων της πυρηνικής ενέργειας με τα ατυχήματα που συνέβησαν είναι πιθανόν να πηγάζει από την έμφαση που έχει δοθεί από τα ΜΜΕ και, ειδικότερα από το γεγονός ότι έχουν γίνει εκτεταμένες αναφορές σχετικά με τις συνέπειες από αυτά για τη χώρα μας. Το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων που περιελάμβαναν το ατύχημα του Τσέρνομπιλ προερχόταν από τους φοιτητές του ΠΤΔΕ (22%) και πολύ λιγότερο (9%) από τους φοιτητές του τμήματος Φυσικής.

Ζ. Η φυσική ραδιενέργεια και η προέλευσή της. Το απόσπασμα του άρθρου με την αντίστοιχη ερώτηση ήταν:

«*Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,1-0,15 rem.*»

- *Από πού προέρχεται αυτή η φυσική ραδιενέργεια;*

Πρόθεσή μας ήταν να ανιχνεύσουμε τις αντιλήψεις των φοιτητών για το εάν η ραδιενέργεια είναι αποτέλεσμα αποκλειστικά ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, δεδομένου ότι δεν συναντάται αντίστοιχη παράγραφος στο σχολικό βιβλίο. Σε αυτή την ερώτηση δεν απάντησαν 42 φοιτητές συνολικά (44,2%), ενώ όσοι έδωσαν κάποια απάντηση έδειξαν ότι δεν διάβασαν προσεκτικά την ερώτηση ή δεν αντιλήφθηκαν τον προσδιορισμό «φυσική» για τη ραδιενέργεια, με αποτέλεσμα να αναφερθούν (αποκλειστικά) σε ανθρώπινες δραστηριότητες (όπλα, εκρήξεις, κ.λπ.). Μια άλλη ομάδα μη αποδεκτών απαντήσεων αφορούσε την άμεση ή έμμεση ταύτιση των όρων «ακτινοβολία» και «ραδιενέργεια»:

«*Από ακτινογραφίες και άλλες ιατρικές εφαρμογές*» / «*Από πυρηνικές δραστηριότητες, πυρηνικές εκρήξεις, πυρηνικά όπλα και άλλες δραστηριότητες με ραδιενεργά υλικά*».

Ένα σημαντικό ποσοστό των απαντήσεων αναφέρθηκε στον Ήλιο ως πηγή φυσικής ραδιενέργειας: «*από τις πυρηνικές αντιδράσεις στην επιφάνεια του ήλιου*». Σε αρκετές περιπτώσεις, οι απαντήσεις έδειξαν σημαντικές παρανοήσεις αφού συνέδεσαν την έννοια της φυσικής ραδιενέργειας με καθημερινές ή *οικείες* δραστηριότητες όπως:

«*Από την έκθεση σε κοινές πηγές ραδιενέργειας, π.χ. κινητά*» / «*Από πιθανές ακτινογραφίες*» / «*Η φυσική ραδιενέργεια μπορεί να προέρχεται από διαρροές στο Κοσλοντουι στη Βουλγαρία,…, υπολείμματα από την έκρηξη του Τσέρνομπιλ*».

Θα μπορούσε να υπάρχει συγκεκριμένη ενότητα στο σχολικό βιβλίο που να αναφέρεται στο θέμα της φυσικής ραδιενέργειας. Το ραδόνιο, που αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη πηγή φυσικής ραδιενέργειας δεν αναφέρθηκε σε καμία απάντηση.

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Από τα παραπάνω ευρήματα, διαπιστώνουμε ότι πρωτοετείς φοιτητές τμημάτων άμεσα σχετικού με το μελετώμενο αντικείμενο (τμήμα φυσικής) ή με σχετικά μεγάλους βαθμούς πρόσβασης σε αυτό (παιδαγωγικό τμήμα δημοτικής εκπαίδευσης (~16-19) έχουν πολλές παρανοήσεις σε σημαντικά ζητήματα της πυρηνικής φυσικής που σχετίζονται με τη σύγχρονη

κοινωνία. Αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός της ολοένα και μεγαλύτερης μείωσης της διδακτέας ύλης γι' αυτά τα θέματα, η μελλοντική εικόνα σε αντίστοιχη μελέτη πιθανόν να είναι πιο απογοητευτική. Το γεγονός ακόμη ότι το συγκεκριμένο μάθημα δεν αποτελεί επιλογή των υποψηφίων για εξέταση στις πανελλαδικές εξετάσεις τονίζει τον υποβαθμισμένο του χαρακτήρα, με συνέπειες αυτές που διαπιστώθηκαν και τις παρανοήσεις που συζητήθηκαν προηγουμένως.

Είναι, επομένως, επιτακτική η ανάγκη για αλλαγή του περιεχομένου και κυρίως της διδακτικής προσέγγισης. Η διδακτική των φυσικών επιστημών (φ.ε.) και της τεχνολογίας απαιτεί διδακτικές προσεγγίσεις διαμέσου του γενικότερου πλαισίου των φυσικών επιστημών. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις αναμένεται να είναι δημοφιλείς και ουσιώδεις, επομένως να προάγουν τον επιστημονικό αλφαβητισμό, ενώ θα αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιλογή επαγγελμάτων που σχετίζονται με τις φ.ε. και την τεχνολογία.

Ως παράδειγμα, αναφέρουμε το ευρωπαϊκό πρόγραμμα «PARSEL» (Popularity and Relevance of Science Education for scientific Literacy: *Επιστημονικός Αλφαβητισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών*), ένα μέσο που διαθέτει δωρεάν αυτοτελή διδακτικά αντικείμενα, στην αγγλική αλλά και σε άλλες ευρωπαϊκές γλώσσες (και στα ελληνικά). Τέτοιου είδους προσεγγίσεις είναι δυνατόν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών που έχουν αρνητική στάση απέναντι στα μαθήματα των φ.ε., ώστε να αναβαθμίσουν και αυτοί το επίπεδο του επιστημονικού τους αλφαβητισμού, ειδικότερα σε θέματα φυσικής που σχετίζονται άμεσα με τις ανάγκες του σήμερα και του αύριο. Τελευταίο, αλλά όχι ασήμαντο είναι το γεγονός της σπουδαιότητας της *διαθεματικότητας* σε πρόσφατες εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις σε αρκετές χώρες. Η διαθεματικότητα συνδέει διάφορα σχολικά αντικείμενα, μια σύζευξη που καταδεικνύει την αλληλεξάρτηση καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθημάτων. Μια άλλη παράμετρος της διαθεματικότητας είναι η σύνδεση των σχολικών αντικειμένων με την καθημερινή ζωή και γενικότερα την κοινωνία. Το αντικείμενο της πυρηνικής φυσικής ταιριάζει τέλεια σε μια τέτοιου είδους διαθεματική προσέγγιση, συνδυάζοντας γνώση φυσικής, χημείας, βιολογίας, μαθηματικών και ακόμη οικονομικής, κοινωνικής και πολιτικής επιστήμης.

Βιβλιογραφία

Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν. & Χριστακόπουλος, Ι. (2000). Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ τάξης Ενιαίου Λυκείου. Έκδοση Β, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Κόκκοτας Π.(1998). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης, Αθήνα.

Χαρτζάβαλος Σ.& Τσαπαρλής Γ., (2009) Επιστημονικός αλφαβητισμός των αποφοίτων λυκείου και πυρηνική φυσική - γνώση βασικών εννοιών από πρωτοετείς φοιτητές φυσικής, με προεκτάσεις και σε θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης (Πρακτικά Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Φλώρινα, σελ. 920-928).

Serway, R.A., Moses, C.J, Moyer, C.A. (2002). Σύγχρονη Φυσική. 3η έκδοση (Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο)

Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. International Journal of Science Education, 23(3), 263-281.

Coll, R. K. & Taylor, N., (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. Research in Science and Technological Education, 19(2), 171–191.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related the concept development in adolescent science students. Studies in Science Education, 5, 61–84.

Eijkelhof, H. & Millar, R. (1988). Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity. School Science Review, 70(251), 35-41.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. Science Education, 66(4), 623-633.

Gilbert, J. & Swift, D. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. Science Education, 69(5), 681-696.
Henriksen, K.E. & Jorde, D. (2001). High School Student's Understanding of Radiation and the Environment: Can Museums Play a Role? Science Education, 85(2), 189-206.
Kohnle, A., Mclean, S.& Aliotta, M. (2011). Towards a conceptual diagnostic survey in nuclear physics European journal of physics, 32(1), 55–62.
Millar, R. & Gill, J. S. (1996). School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionising radiation. Physics Education, 31(1), 27-33.
Oliveras, B., Marquez, C., & Sanmart, N. (2011).The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes, International Journal of Science Education, DOI:10.1080/09500693.2011.586736. (iFirst Article)
Papaphotis G. & Tsaparlis G. (2008). Conceptual versus algorithmic learning in high school chemistry: the case of basic quantum chemical concepts, Part 2. Students' common errors, misconceptions, and difficulties in understanding. Chemistry Education Research and Practice, 9 (4). 332-340.
Prather, E. E. & Harrington, R. R. (2001). Student Understanding of ionizing radiation and radioactivity. Journal of College Science Teaching, 31(2), 89-93.
Rego F, Peralta L (2006). Portuguese students' knowledge of radiation physics. Physics Educ. 41(3): 259-262.
Shamos, M.H. (1995). The myth of scientific literacy. New Brunswick, NJ, Rutgers University Press.
Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school chemistry students. Chemistry Education Research and Practice, 7(4), 203-225.
Skelly, K. M. & Hall, D. (1993). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry. Paper presented at the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in science and Mathematics (Ithaca, August).
Taber, K.S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using research to inform practice. Chemical Education: Research and Practice in Europe, 2(1), 43-51
Tekin, B. B. & Nakiboglu, C . (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. Journal of Chemical Education, 83(11), 1712-1718.
Tsaparlis, G. (2001). Theories in science education at the threshold of the third millennium. Chemistry Education: Research and Practice, 2(1), 1-4.
Tsaparlis, G., Hartzavalos, S. & Nakiboglu, C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: The case of newspaper articles. Science & Education, DOI: 10.1007/s11191-013-9578-5
Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In Handbook of Research on Science Teaching and Learning (D.L. Gabel, ed.), 177–210, Macmillan, New York.

Σχέση του δείκτη νοημοσύνης με τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών Δημοτικού στις έννοιες της δύναμης και του βάρους

Παπαδιά Θ. Αικατερίνη και Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος
ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, apapadia@cc.uoi.gr
ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Έκτης Δημοτικού της πόλης των Ιωαννίνων σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν στις έννοιες της δύναμης και του βάρους σε σχέση με τον δείκτη νοημοσύνης που έχει ο κάθε μαθητής, η οποία μετρήθηκε με το εργαλείο WISC-III. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ του δείκτη νοημοσύνης και του αριθμού των σωστών απαντήσεων που δίνει ο μαθητής.

Εισαγωγή

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι μαθητές τροφοδοτούνται στην καθημερινή τους ζωή με εμπειρικούς κανόνες και ιδέες που τους υπαγορεύει η διαίσθηση, τα αισθητήρια όργανά τους και η κοινή λογική όπως έγινε με τους μεγάλους επιστήμονες του παρελθόντος ως το δέκατο έβδομο αιώνα. Οι περισσότεροι μαθητές υιοθετούν τους κανόνες και τις ιδέες αυτές, διότι έχουν χρησιμοποιηθεί, ελεγχθεί, και επιβεβαιωθεί επανειλημμένα στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων και έτσι εδραιώνονται ισχυρά στο νου τους (Osborn & Wittrock, 1983) και μεταφέρονται στο σχολείο. Αυτές οι εναλλακτικές ιδέες δεν είναι παράλογες ούτε χαρακτηρίζουν μειοψηφίες μαθητών. Το παιδί και στη συνέχεια ο μαθητής, έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται φυσικά φαινόμενα να αιτιολογεί την ύπαρξή τους και να προβλέπει την εξέλιξή τους (Glaxton, 1993). Η διαδικασία της πρόβλεψης και κατά συνέπεια της υπόθεσης, είναι ένας συμπερασματικός συλλογισμός όπου ο μαθητής καλείται να συνθέσει πληροφορίες από διάφορες έννοιες που προέρχονται από τη διαδικασία της ικανότητας του για παρατήρησης, τη χρήση παλαιοτέρων στοιχείων που γνωρίζει και εμπειρικών βιωμάτων που έχει. Η πρόβλεψη οδηγεί στη εξαγωγή συμπερασμάτων και ουσιαστικά τη διαμόρφωση των προσωπικών αντιλήψεων που έχει ο κάθε μαθητής για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων και του κόσμου που τον περιβάλλει (Wheatley, 1991). Ουσιαστικά στη διαδικασία αυτή απαιτούνται τα νοητικά στάδια της ταξινόμησης, της ανάλυσης και της σύνθεσης, καθώς επίσης και η ικανότητα σύνδεσης των δεδομένων με την υπάρχουσα γνώση. Αυτές οι συνιστώσες, οι οποίες διαμορφώνουν τις αντιλήψεις και άρα τη γνώση του μαθητή, απαιτούν σκέψη (Ornstein and Carstensen, 1990) και εξαρτώνται άμεσα από την νοητική λειτουργία του μαθητή (Χατζηνικήτα, 1995) και κατά συνέπεια από τη νοημοσύνη του.

Τίθεται λοιπόν το ερώτημα αν υπάρχει σχέση μεταξύ του δείκτη νοημοσύνης του μαθητή και των εναλλακτικών ιδεών που έχει για έννοιες της φυσικής και ιδιαιτέρως της μηχανικής, του τμήματος εκείνου της Φυσικής, για το οποίο οι μαθητές έχουν πολλές βιωματικές εμπειρίες.

Υποκείμενα – Ψυχομετρικά Εργαλεία – Διαδικασία

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 79 μαθητές της Έκτης Δημοτικού από δύο Δημοτικά σχολεία της πόλης των Ιωαννίνων* και ξεκίνησε τον Απρίλιο του 2011. Επιλέχθηκε να είναι μαθητές της Στ΄ Δημοτικού γιατί πρόκειται για μαθητές που έχουν διδαχθεί ήδη έννοιες της Φυσικής τόσο στην προηγούμενη τάξη, όσο και στην Έκτη. Το 48,1% είναι αγόρια και το 51,9% είναι κορίτσια. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι από τα ερευνητικά δεδομένα δεν προέκυψε στατιστική διαφορά των ευρημάτων, ως προς το φύλο των υποκειμένων του δείγματος. Οι μαθητές απαντούσαν

* Οι συγγραφείς αισθάνονται την ανάγκη να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους τόσο στους Διευθυντές των δύο σχολείων, όσο και στους συναδέλφους Εκπαιδευτικούς της Στ΄ Δημοτικού, για την βοήθεια που του παρείχαν στη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας.

ατομικά σε ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου οκτώ (8) ερωτήσεων, για την καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών τους στις έννοιες της δύναμης και του βάρους. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου είχαν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες για ιδίας ηλικίας μαθητών (Κώτσης και Κολοβός, 2002, Κώτσης και Βέμης 2002, Κώτσης 2011).

Στη συνέχεια κάθε μαθητής, για 60-90 λεπτά περίπου, υποβαλλόταν στο ψυχομετρικό εργαλείο WISC-III, από όπου υπολογίσθηκε ο δείκτης νοημοσύνης του. Για την έρευνα και την αξιολόγηση της νοημοσύνης των παιδιών χρησιμοποιήθηκε η διεθνώς γνωστή κλίμακα WISC-III (Wechsler Intelligence Scale for Children – Third Edition) που στην Ελλάδα σταθμίστηκε και προσαρμόστηκε το 1997 (Γεώργας, Παρασκευόπουλος, Μπεζεβέγκης & Γιαννίτσας, 1997). Το τεστ αυτό καλύπτει παιδιά από ηλικίας 6 ετών ως 16 ετών και 11 μηνών. Αποτελείται από 12 δοκιμασίες. Έξι από αυτές τις δοκιμασίες αποτελούν την λεκτική κλίμακα και άλλες έξι δοκιμασίες αποτελούν την πρακτική κλίμακα. Το παιδί αντιμετωπίζει εναλλάξ τις λεκτικές και τις πρακτικές δοκιμασίες.

Η λεκτική κλίμακα αποτελείται από έξι λεκτικές δραστηριότητες (Πληροφορίες, Ομοιότητες, Αριθμητική, Λεξιλόγιο, Κατανόηση, Μνήμη αριθμών) και εξετάζει τις λεκτικές γνώσεις και την κατανόηση του παιδιού, γνώσεις που συνήθως αποκτώνται μέσω της εκπαίδευσης των παιδιών κύρια στο σχολείο. Εξετάζει επίσης την ικανότητα του παιδιού να χρησιμοποιήσει αυτές τις γνώσεις σε μια καινούρια κατάσταση.

Η πρακτική κλίμακα αποτελείται από έξι πρακτικές δραστηριότητες (Συμπλήρωση εικόνων, Κωδικοποίηση, Σειροθέτηση εικόνων, Σχέδια με κύβους, Συναρμολόγηση εικόνων και Λαβύρινθοι) και εξετάζει την ικανότητα του παιδιού να κατανοήσει και να οργανώσει οπτικά ερεθίσματα μέσα σε περιορισμένο χρονικό διάστημα, Η επίδοση του παιδιού σ' αυτή την κλίμακα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητά του να χρησιμοποιήσει με ευέλικτο τρόπο διάφορες στρατηγικές μεθόδους ώστε να λύσει ένα νέου είδους πρόβλημα.

Ο γενικός δείκτης νοημοσύνης προκύπτει από το άθροισμα των δεικτών της λεκτικής και πρακτικής νοημοσύνης. Σύμφωνα με τον Kaufman (1994), όταν το προφίλ του μαθητή δεν εμφανίζει σημαντικές διαφορές μεταξύ λεκτικού και πρακτικού δείκτη νοημοσύνης, τότε ο γενικός δείκτης νοημοσύνης μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφει επαρκώς το γενικό επίπεδο της νοητικής του λειτουργίας. Ο γενικός δείκτης νοημοσύνης είναι ο σφαιρικότερος, εγκυρότερος και πιο αξιόπιστος δείκτης του επιπέδου νοητικής λειτουργίας του παιδιού που παρέχει το WISC-III. Η επίδοση ενός παιδιού στο τεστ νοημοσύνης έχει προβλεπτική αξία για μια σειρά παραμέτρων. Σύμφωνα με έρευνες, (Neisser et al., 1996, επιμέλεια ελληνικής μετάφρασης Ευκλείδη, 1997), ο δείκτης νοημοσύνης επιτρέπει μια αρκετή καλή πρόβλεψη της σχολικής επίδοσης και θεωρείται από πολλούς ότι αποτελεί μια γενική εκτίμηση των νοητικών ικανοτήτων του παιδιού.

Το ελληνικό WISC-III επιτρέπει, επίσης, να υπολογισθεί η επίδοση του παιδιού και με όρους που υποδηλώνουν την αναπτυξιακή – νοητική του ηλικία, η οποία δίνει πληροφορίες για το επίπεδο ανάπτυξης που έχει κατακτήσει το παιδί σε κάθε δεδομένη ηλικία (Μόττη 1999).

Αποτελέσματα της έρευνας

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 18. Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερώτηση παρουσιάζονται με τη μορφή πίνακα.

Στην ερώτηση 1, ερωτούνται οι μαθητές για το πότε ενεργεί μια δύναμη σε ένα σώμα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Πότε ενεργεί μια δύναμη σε ένα σώμα;»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Όταν σπρώχνουμε ένα σώμα και αυτό κινείται	50,6
Όταν σταματάμε ένα σώμα που κινείται	12,7
Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις	35,4

Από τις απαντήσεις των μαθητών προκύπτει ότι η σωστή απάντηση *(και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις)* δίνεται μόνο από το 35,4%, ενώ κυριαρχεί η γνωστή εναλλακτική ιδέα ότι η δύναμη συνδέεται μόνο με την ύπαρξη της κίνησης (Driver, 1984).

Στο ίδιο πλαίσιο είναι και η ερώτηση 2, όπου ζητείται το «Πότε ασκείται δύναμη από έναν ποδοσφαιριστή σε μια μπάλα». Οι απαντήσεις των μαθητών δίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Πότε ασκείται δύναμη από έναν ποδοσφαιριστή σε μια μπάλα;»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Τη στιγμή που κλωτσά τη μπάλα	73,4
Όταν η μπάλα κινείται προς τα δίχτυα	10,1
Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις	10,1
Σε καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις	5,1

Στην ερώτηση αυτή, η πλειοψηφία των μαθητών δίνει τη σωστή απάντηση (*τη στιγμή που κλωτσά τη μπάλα*) σε ποσοστό 73,4%.

Η Ερώτηση 3 αναφέρεται σε μια εφαρμογή του τρίτου Νόμου του Νεύτωνα και έχει ως εξής: *«Ένα έντομο συνθλίβεται στο μπροστινό τζάμι ενός αυτοκινήτου που κινείται, επειδή το τζάμι του ασκεί μια δύναμη. Το έντομο ασκεί δύναμη στο τζάμι;»*. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Ένα έντομο συνθλίβεται στο μπροστινό τζάμι ενός αυτοκινήτου που κινείται, επειδή το τζάμι του ασκεί μια δύναμη. Το έντομο ασκεί δύναμη στο τζάμι;»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Όχι δεν του ασκεί	55,7
Ναι του ασκεί	43,0

Πάνω από τους μισούς μαθητές (55,7%) απαντούν λανθασμένα, συνδέοντας την ύπαρξη της δύναμης με το ορατό αποτέλεσμά της. Οι υπόλοιποι μαθητές, δηλαδή το 43% απαντά ορθά *(Ναι του ασκεί)*.

Τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα διαπραγματεύεται και η ερώτηση 4, η οποία έχει ως εξής: «Ένα τραπέζι σπρώχνει προς τα κάτω το έδαφος. Το έδαφος ομοίως σπρώχνει προς τα πάνω το τραπέζι». Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4

Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Ένα τραπέζι σπρώχνει προς τα κάτω το έδαφος. Το έδαφος ομοίως σπρώχνει προς τα πάνω τον τραπέζι».

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Σωστό	37,8
Λάθος	60,8

Οι μαθητές απαντούν σε ποσοστό 60,8% με την εναλλακτική ιδέα (Sjobery and Lie, 1981) χωρίς να αποδέχονται την ύπαρξη της αντίδρασης, όπως και στην ερώτηση 3, ενώ μόνο το 37,8% δίνει την επιστημονικά ορθή απάντηση.

Οι υπόλοιπες ερωτήσεις διαπραγματεύονται την έννοια του βάρους, μιας δύναμης που ο μαθητής τη διδάσκεται, αλλά και έχει βιωματικές εμπειρίες. Η ερώτηση 5, συνδέεται με τη φύση της έννοιας του βάρους και έχεις ως εξής: *«Το βάρος ενός σώματος είναι:»*. Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στον πίνακα 5.

Πίνακας 5
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Το βάρος ενός σώματος είναι:»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Δύναμη	12,7
Χαρακτηριστική ιδιότητα ενός σώματος	22,8
Η μάζα του σώματος	63,3

Στην παραπάνω ερώτηση, το μεγαλύτερο ποσοστό (63,3), των μαθητών απαντούν με την γνωστή εναλλακτική ιδέα (Mullet and Gervais, 1990), ότι το βάρος και η μάζα είναι ταυτόσημες έννοιες. Ένα 22,8% απαντά με μια άλλη εναλλακτική ιδέα, δηλαδή ότι βάρος είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα ενός σώματος (Roggerio et. al, 1985) ενώ μόνο το 12,7% απαντά σωστά, δηλαδή ότι το βάρος είναι μια δύναμη.

Η επόμενη ερώτηση, δηλαδή η 6, έχει να κάνει με την ύπαρξη της δύναμης τους βάρους και έχει ως εξής: *«Ένας άνθρωπος έχει βάρος γιατί:»*. Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Ένας άνθρωπος έχει βάρος γιατί:»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Τον πιέζει ο αέρας στη γη	17,7
Τον έλκει η γη	35,4
Τίποτα από τα παραπάνω	45,6

Από τις απαντήσεις των μαθητών στην παραπάνω ερώτηση, προκύπτει ότι μόνο το 35,4%, απαντά σωστά (τον έλκει η γη), ενώ οι περισσότεροι, 45,6%, αδυνατούν να βρουν την σωστή απάντηση και να συνδέσουν το βάρος με την δύναμη της βαρύτητας (Watts, 1982)

Την αδυναμία των μαθητών να διαχωρίσουν τις έννοιες βάρους και μάζας διαπραγματεύεται η ερώτηση 7, η οποία έχει ως εξής: «Όταν κάνουμε δίαιτα, τι στην πραγματικότητα χάνουμε;». Οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:

«Όταν κάνουμε δίαιτα, τι στην πραγματικότητα χάνουμε;»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Βάρος	62,0
Μάζα	36,7

Από τις απαντήσεις των μαθητών στην παραπάνω ερώτηση, προκύπτει ότι η πλειοψηφία (62,0%) πιστεύει ότι στη δίαιτα ελαττώνεται το βάρος, μη διαχωρίζοντας τις έννοιες βάρους και μάζας (Mullet and Gervais, 1990) και το 36,7% θεωρεί σωστά ότι ελαττώνεται πρώτα η μάζα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα να μικραίνει και το βάρος.

Τέλος στην ερώτηση 8, διαπιστώνεται αν οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν αν το βάρος ενός σώματος επηρεάζεται αν είναι μέσα σε νερό. Η ερώτηση που τους τέθηκε είναι η εξής: «Όταν κολυμπάς το βάρος σου:». Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στον πίνακα 9.

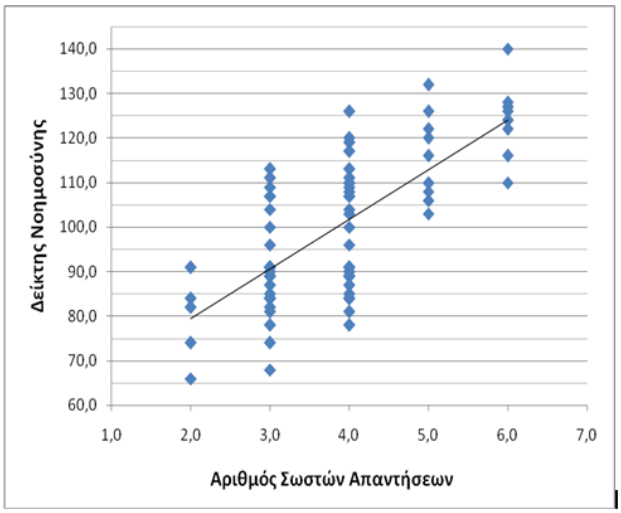
Πίνακας 8
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση:
«Όταν κολυμπάς το βάρος σου:»

Απάντηση	**Ποσοστό των μαθητών (%)**
Γίνεται μεγαλύτερο στο νερό	17,7
Γίνεται μικρότερο στο νερό	60,8
Δεν αλλάζει	20,3

Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση αυτή καταδεικνύει ότι σε μεγάλο ποσοστό (60,8%) απαντούν οι μαθητές σύμφωνα με τη βιωματική εμπειρία τους (Stead and Osborne, 1980) και μόνο το 20,3% απαντά σύμφωνα με την επιστημονική θεώρηση, δηλαδή ότι το βάρος δεν αλλάζει.

Από την εφαρμογή της ελληνικής έκδοσης της κλίμακας WISC-III, προέκυψε ότι ο μέσος όρος του δείκτη νοημοσύνης των μαθητών του παρόντος δείγματος είναι 101,6 ± 17,6, που αντιστοιχεί σε μαθητές με φυσιολογικό δείκτη νοημοσύνης. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα όρια του δείκτη νοημοσύνης για όλους τους μαθητές εκτείνονταν σε μια περιοχή από 66 έως 140. Στη συνέχεια μετρήθηκαν οι σωστές απαντήσεις που έδωσε ο κάθε μαθητής στο ερωτηματολόγιο και έγινε η γραφική παράσταση σε συνάρτηση με το δείκτη νοημοσύνης του. Η καμπύλη που αποδίδει τη συνάρτηση του δείκτη νοημοσύνης των μαθητών με τον αριθμό των σωστών απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο, φαίνεται στη γραφική παράσταση του σχήματος 1.

Από τη γραφική παράσταση του σχήματος 1, προκύπτει ότι αντιστοιχεί μια περιοχή των τιμών του δείκτη νοημοσύνης για κάθε αριθμό σωστών απαντήσεων. Δηλαδή οι μαθητές που έδωσαν 2 σωστές απαντήσεις σε σύνολο 8 ερωτήσεων, έχουν δείκτη νοημοσύνης από 63 έως 92. Αντίστοιχα οι μαθητές που έδωσαν 6 σωστές απαντήσεις στο σύνολο των 8 ερωτήσεων, παρουσιάζουν δείκτη νοημοσύνης από 110 έως140. Συνολικά όμως όλα τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο σχήμα 1, μπορούν να αποδοθούν σε πρώτη προσέγγιση με μια γραμμική καμπύλη.



Σχήμα 1. Η συνάρτηση του δείκτη νοημοσύνης των μαθητών με τον αριθμό των σωστών απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο.

Η γραμμική σχέση των σωστών απαντήσεων με τον δείκτη νοημοσύνης, σημαίνει ότι, όσο μεγαλύτερο δείκτη νοημοσύνης εμφανίζει ένας μαθητής τόσο μεγαλύτερο αριθμό σωστών απαντήσεων έδωσε στο συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο.

Συμπεράσματα

Από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, προκύπτει σαφώς ότι υπάρχει μια σχέση μεταξύ του δείκτη νοημοσύνης του μαθητή και του αριθμού των σωστών απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο για έννοιες της δύναμης και του βάρους. Η σχέση αυτή είναι γραμμική και δηλώνει ότι όσο μεγαλύτερο δείκτη νοημοσύνης έχει ένας μαθητής τόσο ορθότερα μπορεί να αντιληφθεί κάποια φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με της έννοιες δύναμης και του βάρους. Η σχέση αυτή δεν είναι δυνατόν να συσχετισθεί με άλλες έρευνες, αφού κάτι ανάλογο δεν έχει βρεθεί στη βιβλιογραφία. Το συμπέρασμα της παρούσας εργασίας δεν μπορεί να γενικευθεί ως γενικός κανόνας για όλες της έννοιες της Φυσικής, αλλά ως εύρημα είναι σημαντικό. Το ότι για κάθε τιμή σωστών απαντήσεων υπάρχει μια περιοχή τιμών του δείκτη νοημοσύνης, μπορεί να οφείλεται στο ότι δεν χρησιμοποιήθηκε το καταλληλότερο ψυχομετρικό εργαλείο για τη μέτρηση του δείκτη νοημοσύνης. Ακόμη και η χρήση κλειστού ερωτηματολογίου ίσως να μην ενδείκνυται για την έρευνα αυτή. Η χρήση συνέντευξης θα ήταν καταλληλότερη, αλλά θα ήταν ιδιαίτερα κουραστική για τους μαθητές, αφού η εφαρμογή και μόνο του WISC-III απαιτούσε 1-1,5 ώρα για κάθε μαθητή.

Αξίζει τέλος να αναφερθεί ότι η ανάλυση των δεδομένων σε επίπεδο κάθε ερώτησης ξεχωριστά δεν έδειξε κάτι το οποίο να γενικεύεται ως κανόνας, έστω και στο επίπεδο της έρευνας αυτή. Τα δεδομένα έδειξαν ότι είναι δυνατόν, ένας μαθητής με μικρό δείκτη νοημοσύνης να απαντά σωστά σε μια ερώτηση, ενώ αντιθέτως ένας άλλος με πολύ μεγαλύτερο δείκτη, να απαντά στην ίδια ερώτηση λανθασμένα, με βάση την εναλλακτική του ιδέα. Δηλαδή σε επίπεδο μιας ερώτησης δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί κανένα συμπέρασμα για τις απαντήσεις των μαθητών, σε συνάρτηση με το δείκτη νοημοσύνης τους, όπως προσδιορίζεται από το WISC-III. Σίγουρα απαιτείται σε βάθος περαιτέρω έρευνα για να αποτυπώσει κανείς τη σχέση του δείκτη νοημοσύνης με τις απαντήσεις των μαθητών σε έννοιες της μηχανικής.

Βιβλιογραφία

Γεώργας, Δ., Παρασκευόπουλος, Ι., Μπεζεβέγκης, Η., & Γιαννίτσας, Ν.Δ. (1997), *Ελληνικό WISC-III: Οδηγός εξεταστή*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Κώτσης Κ.Θ. και Κολοβός Χ., (2002), *Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό στην έννοια της δύναμης*, στο Μαργετουσάκη Αθ. &. Μιχαηλίδης Π.Γ (επ.) Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», Ρέθυμνο, 250-256.

Κώτσης Κ.Θ. και Βέμης Κ., (2002), *Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό για φαινόμενα που στηρίζονται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα*, στο Μαργετουσάκη Αθ. &. Μιχαηλίδης Π.Γ (επ.) Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», Ρέθυμνο, 257-262.

Κώτσης Κ.Θ., (2011), *Ερευνητική Προσέγγιση του διαχρονικού χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών στη διδακτική της φυσικής*, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Μόττη-Στεφανίδη, Φ. (1999). *Αξιολόγηση της Νοημοσύνης παιδιών σχολικής ηλικίας και εφήβων. Εγχειρίδιο για ψυχολόγους*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Χατζηνικήτα Β., (1995), *Οι αναπαραστάσεις των μαθητών του Δημοτικού για τις μεταβολές της ύλης*, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Driver, R. (1984), *Cognitive psychology and pupil's frameworks in mechanics, in Lijnse, P. (ed.), The many faces of teaching and learning mechanics in secondary end early tertiary education*, Proceedings of conference on physics education, August, Utrecht; GIPERS/SVO/UNESCO, WCC, Utrecht, 1985, 227.

Glaxton G., (1993), *Minitheories: a preliminary model fro learning science*, Children's informal ideas in science, Black P. J. and Lucas A. M. (Eds.) Routledge.

Kaufman, A. S. (1994), *Intelligent testing with the WISC-III*, New York: Wiley

Mullet E., and Gervais H., (1990), *Distinction between the concepts of weight and mass in high school students*, International Journal of Science Education, 12(2), 217-226

Neisser,U.,Boodo,G.,Bouchard,T.J.,Jr.,Boykin,A.W.,Brody,N.,Ceci,S.J.,Halpern,D.F.,Loehlin,J.C., Perloff,R.,Sternberg,R.J.,&Urbina,S. (1996), *Νοημοσύνη: Τι είναι γνωστό και τι δεν είναι*, (Επιμέλεια ελληνικής μετάφρασης, Α. Ευκλείδη 1997). Ψυχολογία, 4 (1), 48-93

Ornstein R. and Carstensen L, (1990), *Psychology: The study of human experience*, New York, Harcourt Brace Jovanovitch.

Osborne R. J. and Wittrock M. C., (1983), Learning Science: A generative process, *Science Education*, 67(4), 489-508

Roggerio S, Cartielli A., Dupre F. and Vicentini-Missoni M., (1985), *Weight, gravity and air pressure; mental representations by Italian middle-school pupils*, European Journal of Science Education 7(2), 181-194.

Sjobery S. and Lie S., (1981), *Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students*, Institute of Physics Report Series: Report 81-11, University of Oslo.

Stead K. and Osborne R., (1980), *Gravity*, LISP Working Paper 20, Science Education Research Unit, Univeristy of Waikato, Hamilton, New Zealand.

Watts D.M., (1982), *Gravity – don't take it for granted!*, Physics Education, 17, 116-121.

Wheatley G., (1991), *Constructivist Perspectives in Science and Mathematics Learning*, Science Education, 75, 9-21

Η εικόνα του/της επιστήμονα στις σχεδιαστικές αναπαραστάσεις παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

Γιάννης Σαμαράς[1], Βασιλεία Χρηστίδου[2] και Φωτεινή Μπονώτη[3]

[1]*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, giannissam@yahoo.gr*
[2]*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, vchristi@ece.uth.gr*
[3]*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, fbonoti@ece.uth.gr*

Περίληψη

Η εργασία διερευνά την εικόνα που υιοθετούν για τον/την επιστήμονα μαθητές και μαθήτριες του δημοτικού προκειμένου να προσδιοριστεί εάν και κατά πόσο αυτή περιλαμβάνει στερεοτυπικά στοιχεία. Στην έρευνα συμμετείχαν 617 παιδιά που φοιτούσαν στην Ε' και ΣΤ' τάξη δημοτικών σχολείων του Ν. Μαγνησίας. Από τα παιδιά ζητήθηκε να σχεδιάσουν έναν/μια ή περισσότερους/ες επιστήμονα/ες στο χώρο εργασίας τους. Η ανάλυση των σχεδίων περιλάμβανε τον εντοπισμό σε αυτά ενός ή περισσότερων από τους δείκτες του στερεότυπου μοντέλου για τους επιστήμονες, όπως έχουν καταγραφεί από προηγούμενες έρευνες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά ενσωματώνουν στα σχέδιά τους πολλούς δείκτες, γεγονός που υποδεικνύει ότι έχουν ήδη συγκροτήσει στερεοτυπικές εικόνες για τους επιστήμονες. Επιπλέον, βρέθηκε ότι τα παιδιά αποδίδουν στην επιστήμη έναν έντονα έμφυλο χαρακτήρα, καθώς οι απεικονιζόμενοι επιστήμονες ήταν στην πλειοψηφία τους άνδρες. Επίσης, διαφοροποιήσεις εμφανίστηκαν στον τρόπο που απεικονίζονται οι άνδρες και οι γυναίκες επιστήμονες, αλλά και ανάμεσα στα σχέδια αγοριών και κοριτσιών.

Abstract

The present study explores primary school pupils' images of scientists to determine if and to what extent these images involve stereotypic features. The sample consisted of 617 5th and 6th grade pupils, who attended primary schools in the prefecture of Magnesia. Children were asked to draw one or more scientists at work. Analysis of children's drawings focused on the existence of indicators of the stereotypic model of scientists, as specified by previous research. Results showed that pupils incorporate in their drawings a variety of such indicators, which implies that they adopt a fairly stereotypic image of scientists. Moreover, an intensely gendered image of science was found, since the depicted scientists were in majority male. Furthermore, differentiations appeared in the way pupils choose to represent men and women scientists, as well as between the drawings of boys and girls.

Εισαγωγή

Η «εικόνα» που έχουν τα παιδιά για τον/την επιστήμονα προέλκυσε το επιστημονικό ενδιαφέρον για πολλά χρόνια. Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες (Mead & Metraux 1957) έδειξαν ότι τα παιδιά σχηματίζουν στερεοτυπικές εικόνες για τους επιστήμονες στους οποίους αποδίδουν κυρίως ανδρική μορφή, αλλά και μια σειρά στερεότυπων χαρακτηριστικών. Σε αυτά περιλαμβάνονται η λευκή ποδιά και τα γυαλιά, η εργασία σε εργαστήριο, η ενασχόληση με εργαστηριακά όργανα, αλλά και στοιχεία προσωπικότητας όπως η αντικοινωνικότητα, η εφευρετικότητα και η μυστικοπάθεια. Επιπλέον, ο επιστήμονας αντιμετωπίζεται ως υπερβολικά έξυπνος, συχνά σοφός, ελαφρώς αποκρουστικός και απορροφημένος στην εκτέλεση επιστημονικών πειραμάτων (Ward, 1977). Μια μετα-ανάλυση των πρώιμων συναφών ερευνών (Pion & Lipsey, 1981) επιβεβαίωσε τις στρεβλώσεις, ανακρίβειες και ελλείψεις στην εικόνα της επιστήμης και των επιστημόνων που υιοθετούν οι μαθητές.

Εμπλουτίζοντας τη διαθέσιμη βιβλιογραφία, ο Chambers (1983) πρότεινε μια τεχνική σχεδίασης και ανάλυσης της εικόνας ενός/μιας επιστήμονα, γνωστή ως 'Draw-A-Scientist-Test (DAST)'. Συλλέγοντας ένα μεγάλο αριθμό σχεδίων, υποστήριξε ότι τα παιδιά υιοθετούν ένα στερεότυπο μοντέλο για τον επιστήμονα, το οποίο περιλαμβάνει επτά συγκεκριμένα

χαρακτηριστικά που ονόμασε δείκτες. Σε αυτούς συγκαταλέγονται *η ποδιά του εργαστηρίου, τα γυαλιά, η περίεργη κόμη ή/και η ανάπτυξη τριχοφυΐας στο πρόσωπο (γένια, μουστάκι, φαβορίτες), τα εργαλεία έρευνας και ο εξοπλισμός εργαστηρίου (δοκιμαστικοί σωλήνες, τηλεσκόπια κ.λπ.), τα σύμβολα γνώσης (π.χ. βιβλία, φάκελοι, μαυροπίνακες), τα προϊόντα τεχνολογίας και οι σχετικές λεζάντες (εξισώσεις, τύποι, ταξινομήσεις).* Η She (1998) πρότεινε την εισαγωγή ενός όγδοου δείκτη στο στερεότυπο μοντέλο, *την παρουσία στοιχείων από το φυσικό περιβάλλον (π.χ. ζώα, φυτά, αστρονομικά σώματα).*

Ενώ τα μικρά παιδιά σχεδιάζουν μη στερεοτυπικές εικόνες επιστημόνων (Buldu 2006), ο αριθμός των δεικτών που απεικονίζεται στα παιδικά σχέδια αυξάνεται με την ηλικία (Chambers 1983). Καθώς τα παιδιά μεγαλώνουν αναπαριστούν περισσότερες λεπτομέρειες, καθώς και πιο εξειδικευμένα σύμβολα γνώσης, τεχνολογίας και έρευνας. Οι τάσεις αυτές φαίνεται πως είναι αρκετά σταθερές (Finson 2002, Schibeci & Sorensen 1983) και ανεξάρτητες από το κοινωνικο-πολιτισμικό υπόβαθρο των παιδιών (She 1998).

Η αξιοποίηση της τεχνικής DAST ανέδειξε και μια άλλη βασική στερεοτυπική αντίληψη που αφορά στο φύλο των επιστημόνων. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες τείνουν να βλέπουν την επιστήμη ως «αντρική υπόθεση» (Turkmen 2008), καθώς σχέδια γυναικών επιστημόνων εμφανίζονται σπάνια (Buldu 2006, Chambers 1983). Τα ευρήματα αυτά φαίνεται να υποστηρίζουν την εμπειρικά τεκμηριωμένη άποψη ότι η ενασχόληση με τις Φυσικές Επιστήμες αποτελεί «αντρική» δραστηριότητα, την οποία τα κορίτσια συχνά αντιμετωπίζουν ως ανταγωνιστική, απρόσωπη, καθοδηγούμενη από κανόνες και βεβαιότητες και στερημένη από φαντασία (She 1998).

Η παρούσα έρευνα

Στην Ελλάδα η ερευνητική δραστηριότητα που σχετίζεται με την εικόνα που υιοθετούν παιδιά για τους επιστήμονες είναι περιορισμένη και σχετικά πρόσφατη (Χρηστίδου κ.ά. 2006, Σαμαράς 2009). Τα ευρήματά της επιβεβαιώνουν σε ένα σημαντικό βαθμό ότι και στη χώρα μας τα παιδιά όσο μεγαλώνουν τείνουν να ενσωματώνουν στα σχέδιά τους ολοένα και περισσότερα στοιχεία του στερεότυπου μοντέλου.

Η παρούσα έρευνα επιχειρεί να αναδείξει τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν στους επιστήμονες μαθητές που ολοκληρώνουν τη φοίτησή τους στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ειδικότερα, στόχος της είναι να αξιοποιήσει την τεχνική DAST, προκειμένου να μελετήσει τις αντιλήψεις που έχουν οικοδομήσει παιδιά σχολικής ηλικίας για τους/τις επιστήμονες και τη δραστηριότητά τους. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν σχέδια παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης προκειμένου να απαντηθούν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

Περιλαμβάνουν, και σε ποιο βαθμό τα σχέδια των παιδιών στοιχεία της στερεότυπης εικόνας για τον/την επιστήμονα;

Υιοθετούν τα παιδιά στερεότυπα φύλου ως προς τους επιστήμονες;

Διαφοροποιούν τα παιδιά τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν στους άνδρες και στις γυναίκες επιστήμονες;

Διαφοροποιούν τα παιδιά ανάλογα με το φύλο τους τα χαρακτηριστικά που αποδίδουν στους/στις επιστήμονες;

Εκτός από το γεγονός ότι τα ερευνητικά ευρήματα για την εικόνα που υιοθετούν οι Έλληνες μαθητές και μαθήτριες για τους επιστήμονες είναι περιορισμένα, η σημασία της παρούσας έρευνας τεκμηριώνεται από συναφή ερευνητικά δεδομένα, που υποδεικνύουν ότι οι στερεότυπες αντιλήψεις για τους επιστήμονες μπορεί να συνδέονται με τις μελλοντικές ακαδημαϊκές και επαγγελματικές επιλογές των μαθητών (Finson 2002, She 1998). Πιο συγκεκριμένα, όσοι υιοθετούν μια στερεοτυπική και αρνητική εικόνα για τους επιστήμονες δεν αναμένεται να επιλέξουν να ακολουθήσουν μια επιστημονική σταδιοδρομία (Gardner 1980). Ταυτόχρονα, με την είσοδό τους στην εφηβεία οι μαθητές και –κυρίως- οι μαθήτριες φαίνεται να χάνουν μεγάλο μέρος του ενδιαφέροντός τους για τις φυσικές επιστήμες (Christidou 2006). Η ηλικία αυτή θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς σε αυτή έχει παρατηρηθεί μια στροφή των εικονικών αναπαραστάσεων των παιδιών προς πιο στερεοτυπικές αντιλήψεις (Chambers 1983).

Επομένως, η μελέτη αυτή, αναδεικνύοντας πιθανές στερεότυπες αντιλήψεις των μαθητών για τους επιστήμονες, μπορεί να επιτρέψει τον προσδιορισμό κρίσιμων παιδαγωγικών επιπτώσεων που αφορούν τις στάσεις και τις επιλογές των Ελλήνων μαθητών αναφορικά με τις Φυσικές Επιστήμες κατά την κρίσιμη περίοδο εισόδου τους στην εφηβεία.

Μέθοδος

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 617 μαθητές (N = 307) και μαθήτριες (N = 310) της Ε' (N = 350) και της Στ' (N = 267) δημοτικού, όπου διδάσκονται συστηματικά οι Φυσικές Επιστήμες. Τα παιδιά φοιτούσαν σε σχολεία των δήμων Βόλου, Ν. Ιωνίας και Φερών.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της τεχνικής DAST. Χορηγήθηκε σε κάθε παιδί μια λευκή σελίδα Α4 και του ζητήθηκε να σχεδιάσει έναν/μια ή περισσότερους/ες επιστήμονα/ες στο χώρο εργασίας τους. Στα παιδιά δόθηκε η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν όσα χρώματα επιθυμούσαν. Δεν τέθηκε χρονικός περιορισμός για την ολοκλήρωση του σχεδίου.

Τα σχέδια των παιδιών αξιολογήθηκαν ως προς την παρουσία των επτά δεικτών του Chambers (1983) και του όγδοου της She (1998), όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Ειδικότερα, τα σχέδια αναλύθηκαν ως προς τον αριθμό των δεικτών που συμπεριελάμβαναν, ενώ μετρήθηκε η συχνότητα εμφάνισης του κάθε δείκτη στα σχέδια όλων των παιδιών. Επιπλέον, καταγράφηκε το φύλο του/της επιστήμονα ή των επιστημόνων που απεικονίζονται σε κάθε σχέδιο και διερευνήθηκε η ύπαρξη πιθανών διαφοροποιήσεων στο είδος των δεικτών του στερεότυπου μοντέλου του επιστήμονα ανάλογα με το φύλο του απεικονιζόμενου επιστήμονα και το φύλο του παιδιού.

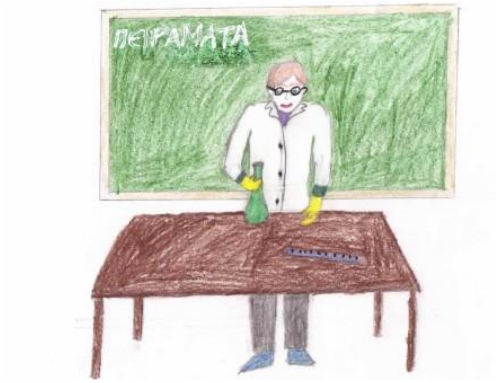
Αποτελέσματα

Στο σύνολο των 617 σχεδίων που συλλέχθηκαν, συμπεριλήφθηκαν 1499 δείκτες του στερεότυπου μοντέλου για τον/την επιστήμονα, δηλαδή κάθε σχέδιο περιλάμβανε κατά μέσο όρο 2,43 δείκτες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται ο αριθμός των δεικτών για το στερεότυπο μοντέλο για τον/την επιστήμονα στα σχέδια των παιδιών. Τα περισσότερα παιδιά συμπεριέλαβαν 1-4 δείκτες του στερεοτυπικού μοντέλου (Εικόνα 1). Μικρός αριθμός μαθητών είτε δεν εισήγαγαν κανέναν δείκτη στα σχέδιά τους, είτε συμπεριέλαβαν 5 ή περισσότερους δείκτες (Εικόνα 2). Επιπλέον, οι μαθητές της Ε' τάξης έτειναν να αναπαριστούν λιγότερους δείκτες στις εικόνες που δημιούργησαν απ' ό,τι εκείνοι της ΣΤ' (χ^2=14,78, df=6, p<0,025).

Όσον αφορά τους τύπους των δεικτών που συμπεριλήφθηκαν στα σχέδια των παιδιών (Πίνακας 2), βρέθηκε ότι τα σύμβολα έρευνας (δοκιμαστικοί σωλήνες, χημικές ουσίες, κωνικές φιάλες) εμφανίστηκαν με τη μεγαλύτερη συχνότητα στα σχέδια 467 παιδιών (75,69%), ενώ ακολούθησαν η ποδιά εργαστηρίου (43,76%), η περίεργη κόμμωση ή τριχοφυΐα στο πρόσωπο (32,25%), τα σύμβολα γνώσης (24,96%), τα στοιχεία του φυσικού κόσμου (22,20%), τα γυαλιά (18,80%), οι λεζάντες με χημικούς ή μαθηματικούς τύπους (Εικόνα 2), ή σχόλια του/της επιστήμονα (15,40%) και προϊόντα τεχνολογίας (9,89%).

Πίνακας 1: Αριθμός απεικονιζόμενων δεικτών ανά σχέδιο

Αριθμός Δεικτών	Ε΄ Δημοτικού (N=350)		ΣΤ΄ Δημοτικού (N=267)		Σύνολο (N=617)	
0	25	7,14%	12	4,49%	37	6,00%
1	77	22,00%	69	25,84%	146	23,66%
2	98	28,00%	52	19,48%	150	24,31%
3	73	20,86%	75	28,10%	148	23,99%
4	48	13,71%	39	14,61%	87	14,10%
5	15	4,29%	16	5,99%	31	5,02%
6	14	4,00%	4	1,50%	18	2,92%
7	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
8	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%



Εικόνα 1: Άντρας επιστήμονας με λευκή ποδιά, γυαλιά, σύμβολα έρευνας και σύμβολα γνώσης (σχέδιο μαθήτριας ΣΤ' τάξης)

Εικόνα 2: Άντρας επιστήμονας με περίεργη κόμη, λευκή ποδιά, σύμβολα έρευνας και γνώσης, λεζάντες και στοιχεία του φυσικού κόσμου (σχέδιο μαθητή Ε' τάξης)

Πίνακας 2: Συχνότητες εμφάνισης των δεικτών του στερεότυπου μοντέλου του επιστήμονα

Δείκτης	Ε΄ Δημοτικού (N=350)	ΣΤ΄ Δημοτικού (N=267)	Σύνολο (N=617)
Ποδιά εργαστηρίου	168 (48,00%)	102 (38,20%)	270 (43,76%)
Γυαλιά	54 (15,43%)	62 (23,22%)	116 (18,80%)
Περίεργη κόμη/τριχοφυΐα	115 (32,86%)	84 (31,46%)	199 (32,25%)
Σύμβολα έρευνας	276 (78,86%)	191 (71,54%)	467 (75,69%)
Σύμβολα γνώσης	88 (25,14)	66 (24,72%)	154 (24,96%)
Προϊόντα τεχνολογίας	18 (5,14)	43 (16,11%)	61 (9,89%)
Σχετικές λεζάντες	56 (16,00%)	39 (14,61%)	95 (15,40%)
Στοιχεία φυσικού κόσμου	68 (19,43%)	69 (25,84%)	137 (22,20%)
Σύνολο	843	656	1499

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του Πίνακα 2 έδειξε ότι τα παιδιά της Ε' και της ΣΤ' τάξης δεν εισήγαγαν με ομοιόμορφο τρόπο τους διαφορετικούς δείκτες στα σχέδιά τους. Οι μαθητές της Ε' τάξης έτειναν να περιλαμβάνουν την ποδιά εργαστηρίου και τα σύμβολα έρευνας στα σχέδιά τους συχνότερα από το αναμενόμενο, ενώ τα παιδιά της ΣΤ' τάξης προτίμησαν τα γυαλιά, τα προϊόντα τεχνολογίας και τα στοιχεία του φυσικού κόσμου (χ^2=30,57, df=7, p<0,001) –βλ. γραμμοσκιασμένα κελιά στον Πίνακα 2.

Όσον αφορά το φύλο των απεικονιζόμενων επιστημόνων (Πίνακας 3), τα περισσότερα παιδιά (N = 375, 287 αγόρια και 88 κορίτσια) επέλεξαν να σχεδιάσουν άντρα επιστήμονα, ενώ 196 παιδιά (2 αγόρια και 194 κορίτσια, βλ. Εικόνα 3) σχεδίασαν γυναίκα επιστήμονα. Δύο ή περισσότερους επιστήμονες και των δύο φύλων (Εικόνα 4) συμπεριέλαβαν στο σχέδιό τους 24 παιδιά (3 αγόρια και 21 κορίτσια). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι παρά τη ρητή οδηγία που δόθηκε για την παραγωγή του σχεδίου, σε 22 σχέδια (15 σχέδια αγοριών και 7 κοριτσιών) δεν απεικονίστηκε κάποια ανθρώπινη μορφή. Το φύλο του απεικονιζόμενου επιστήμονα εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις με το φύλο του παιδιού: τα αγόρια έτειναν να σχεδιάζουν άνδρες επιστήμονες ή να μην περιλαμβάνουν καθόλου επιστήμονες στα σχέδιά τους, ενώ τα κορίτσια να περιλαμβάνουν γυναίκες, ή επιστήμονες και των δύο φύλων

συχνότερα από το αναμενόμενο (χ^2=310,09, df=3, p<0,001). Επιπλέον, τα παιδιά της ΣΤ' τάξης έτειναν να σχεδιάζουν άνδρες επιστήμονες ή να μην ενσωματώνουν επιστήμονες στα σχέδιά τους συχνότερα από το αναμενόμενο, ενώ γυναίκες επιστήμονες απεικονίζονταν συχνότερα από το αναμενόμενο στα σχέδια των παιδιών της Ε' τάξης (χ^2=15,72, df=3, p<0,01).

Πίνακας 3: Το φύλο του/της απεικονιζόμενου/ης επιστήμονα στα σχέδια αγοριών και κοριτσιών

Φύλο επιστήμονα	Ε΄ Τάξη (N=350)		ΣΤ΄ Τάξη (N=267)		Σύνολο (N=617)	
	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια	Αγόρια	Κορίτσια
Άντρας	163	47	124	41	287	88
	210		165		375 (60,78%)	
Γυναίκα	2	119	0	75	2	194
	121		75		196 (31,77%)	
Και τα δύο φύλα	2	13	1	8	3	21
	15		9		24 (3,89%)	
Απουσία επιστήμονα	3	1	12	6	15	7
	4		18		22 (3,57%)	
Σύνολο	170	180	137	130	307	310
	350		267		617	

Εικόνα 3: Γυναίκα επιστήμονας με σύμβολα έρευνας και σύμβολα γνώσης (σχέδιο μαθήτριας Ε' τάξης)

Εικόνα 4: Άντρας και γυναίκα επιστήμονες με γυαλιά και σύμβολα έρευνας (σχέδιο μαθήτριας ΣΤ' τάξης)

Σημαντικές διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν και όσον αφορά τους δείκτες που ενσωματώθηκαν στα σχέδια με βάση το φύλο των απεικονιζόμενων επιστημόνων (Πίνακας 4). Στις αναπαραστάσεις ανδρών επιστημόνων, συμπεριλήφθηκαν γυαλιά, περίεργη κόμη ή τριχοφυΐα προσώπου και σύμβολα έρευνας συχνότερα από το αναμενόμενο. Αντίστοιχα, οι γυναίκες επιστήμονες έτειναν να φορούν ποδιά εργαστηρίου, να περιβάλλονται από σύμβολα γνώσης και στοιχεία του φυσικού κόσμου. Στις απεικονίσεις επιστημόνων και των δύο φύλων σχεδιάζονταν συχνότερα τα γυαλιά όρασης, ενώ τα σχέδια που χαρακτηρίζονταν από απουσία επιστημόνων περιλάμβαναν συχνά στοιχεία του φυσικού κόσμου (χ^2=175,02, df=21, p<0,001).

Πίνακας 4: Σχέση φύλου του/της επιστήμονα και στερεοτυπικών δεικτών

Φύλο επιστήμονα	Ποδιά	Γυαλιά	Παράξενη κόμη / Τριχοφυΐα	Σύμβολα έρευνας	Σύμβολα γνώσης	Τεχνολογία	Λεζάντες	Στοιχεία φυσικού κόσμου
Άντρας	100	82	171	283	70	36	50	68
Γυναίκα	159	26	20	154	78	19	38	61
Και τα δύο φύλα	11	8	8	19	6	5	5	2
Απουσία	0	0	0	11		1	2	6

Επιπλέον, διαφορές φύλου παρουσιάστηκαν (Πίνακας 5) στις επιλογές των δεικτών. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι τα αγόρια δημιούργησαν λιγότερο στερεοτυπικά σχέδια (συμπεριλαμβάνοντας 2,29 δείκτες κατά μέσο όρο) από τα κορίτσια (2,57 δείκτες κατά μέσο όρο). Επίσης, τα αγόρια σχεδίασαν φιγούρες με παράξενη κόμη ή/και τριχοφυΐα προσώπου, αλλά και σύμβολα έρευνας, ενώ τα κορίτσια σύμβολα γνώσης, λεζάντες και στοιχεία του φυσικού κόσμου (χ^2=74,49, df=7, p<0,001).

Πίνακας 5: Σχέση φύλου παιδιών και στερεοτυπικών δεικτών του/της επιστήμονα

Φύλο παιδιού	Ποδιά	Γυαλιά	Παράξενη κόμη / Τριχοφυΐα	Σύμβολα έρευνας	Σύμβολα γνώσης	Τεχνολογία	Λεζάντες	Στοιχεία φυσικού κόσμου	Σύνολο
Αγόρι	124	57	129	246	42	29	28	49	704
Κορίτσι	146	59	70	221	112	32	67	88	795

Συμπεράσματα

Στην παρούσα έρευνα τα σχέδια των παιδιών εμφανίζονται αρκετά στερεοτυπικά, καθώς τείνουν να ενσωματώνουν έναν ή περισσότερους δείκτες του στερεότυπου μοντέλου του επιστήμονα. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει ότι και οι έλληνες μαθητές και μαθήτριες υιοθετούν σε μεγάλο βαθμό και από σχετικά μικρή ηλικία στερεότυπες αντιλήψεις για τους επιστήμονες, όπως και οι μαθητές άλλων εθνικών προελεύσεων (Finson 2002, She 1998). Η προτίμηση σε δείκτες όπως τα σύμβολα έρευνας, γνώσης, καθώς και στοιχεία του φυσικού κόσμου υποδεικνύει ότι τα παιδιά εστιάζουν τις αναπαραστάσεις τους σε διαστάσεις που σχετίζονται με το περιεχόμενο της επιστημονικής έρευνας, επιχειρώντας έτσι να συμβολίσουν την 'ουσία' της επιστήμης. Από την άλλη πλευρά, η συχνά παρατηρούμενη προτίμηση σε δείκτες όπως η εργαστηριακή ποδιά, η περίεργη κόμη ή τα γυαλιά, δείχνει πως τα παιδιά τείνουν να αναπαριστούν συμβολισμούς που ενδεχομένως αντλούν από τη λαϊκή κουλτούρα και το χώρο του φανταστικού (κινηματογράφος, κόμικς κ.λπ.).

Οι δείκτες του στερεότυπου μοντέλου για τον/την επιστήμονα δεν εισάγονται με ομοιόμορφο τρόπο από τα παιδιά της Ε' και ΣΤ΄ τάξης. Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν ενδεχομένως να οφείλονται στη διδακτέα ύλη που αντιστοιχεί στις δύο αυτές τάξεις. Συγκεκριμένα, η διδακτέα ύλη για το μάθημα «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης περιλαμβάνει θέματα που συνδέονται περισσότερο με 'εργαστηριακούς' πειραματισμούς (π.χ. ηλεκτρισμός, πυκνότητα, θερμότητα και θερμοκρασία). Από την άλλη πλευρά, στην ΣΤ΄ τάξη το αντίστοιχο μάθημα περιλαμβάνει αρκετά κεφάλαια από την περιοχή της Βιολογίας (π.χ. φυτά, ζώα, οικοσυστήματα), ενώ το μάθημα της Γεωγραφίας αναφέρεται εκτενώς στη γη και τους πλανήτες ως ουράνια σώματα. Η έμφαση αυτή ενδεχομένως οδήγησε τα παιδιά της ΣΤ΄ τάξης στο να συμπεριλάβουν περισσότερα στοιχεία του φυσικού κόσμου στα σχέδιά τους από τα παιδιά της Ε΄ τάξης. Επίσης, τα μεγαλύτερα παιδιά αρχίζουν να χρησιμοποιούν πιο συστηματικά τον Η/Υ και τον υπολογιστή τσέπης (υπάρχει σχετικό μάθημα στα μαθηματικά της ΣΤ΄ τάξης)

και πιθανόν και αυτό να εξηγεί τη συχνότερη εμφάνιση προϊόντων τεχνολογίας στα σχέδιά τους.

Τα σχέδια που παρήγαγαν τα παιδιά εμφανίζονται ιδιαίτερα στερεοτυπικά και ως προς το φύλο των επιστημόνων, καθώς η μεγάλη πλειοψηφία τους φαίνεται να θεωρεί την επιστημονική έρευνα ως μια κατ' εξοχήν 'ανδρική' δραστηριότητα (Chambers 1983, Finson 2002, She 1998). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται ανάμεσα στα δυο φύλα. Πρώτον, τα αγόρια θεωρούν συχνότερα την επιστημονική δραστηριότητα ως ανδρική, αλλά και ως μια απρόσωπη διαδικασία (όπως αντανακλάται στην απουσία επιστημόνων από ορισμένα σχέδια), ενώ τα κορίτσια αναπαριστούν γυναίκες, αλλά και επιστήμονες και των δύο φύλων. Δεύτερον, τα σύμβολα έρευνας προτιμώνται στα σχέδια των αγοριών (αλλά και στις αναπαραστάσεις ανδρών), ενώ τα σύμβολα γνώσης και τα στοιχεία του φυσικού κόσμου στα σχέδια κοριτσιών (αλλά και στις αναπαραστάσεις γυναικών), υποδηλώνοντας την τάση των παιδιών να συνδέουν την 'πειραματική /χειρωνακτική' όψη της επιστημονικής έρευνας κυρίως με το ανδρικό φύλο και τη 'θεωρητική' και 'φυσιοκεντρική' θεώρησή της με το γυναικείο.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας επιβεβαιώνουν ότι τα παιδιά διαμορφώνουν εικόνες για τους επιστήμονες, οι οποίες επηρεάζονται από παρωχημένα και ανακριβή στερεότυπα. Υιοθετούν ισχυρά εδραιωμένες αντιλήψεις, οι οποίες έχουν επιβιώσει στη δημόσια σφαίρα παρά την ραγδαία πρόοδο της επιστήμης στη διάρκεια του τελευταίου αιώνα. Συνεπώς, τόσο η τυπική διδασκαλία των φυσικών επιστημών, όσο και οι άτυποι δίαυλοι διάχυσης της επιστημονικής γνώσης, που αποτελούν τις κύριες πηγές ενημέρωσης των μαθητών/τριών για τους επιστήμονες και τη δραστηριότητά τους δεν έχουν κατορθώσει να προαγάγουν πιο σύγχρονες και ρεαλιστικές εικόνες (Christidou et al. 2012).

Καθώς τα ισχυρά στερεότυπα για την εικόνα των επιστημόνων συνιστούν αρνητικές προγνώσεις για την μελλοντική εμπλοκή των παιδιών με τις φυσικές επιστήμες (Gardner 1980), χρειάζονται συστηματικές παρεμβάσεις που να αποβλέπουν στον επανακαθορισμό της εικόνας των επιστημόνων και της φύσης της επιστημονικής έρευνας στο μαθητικό πληθυσμό (Scherz & Oren 2006). Ταυτόχρονα, είναι αναγκαίο να προωθηθεί μια πιο σύγχρονη και θετική εικόνα για τη θέση των γυναικών στην επιστήμη, καθώς φαίνεται ότι οι αντιλήψεις που διαμορφώνουν τα παιδιά για τους επιστήμονες εμφανίζουν έμφυλα χαρακτηριστικά από μικρές ηλικίες.

Τέλος, καθώς το σχολείο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εικόνα που αναπτύσσουν τα παιδιά για τους επιστήμονες, θα ήταν χρήσιμο οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να διαχειριστούν διδακτικά τις στερεότυπες αντιλήψεις των μαθητών τους προκειμένου να τις αποδυναμώσουν, ενθαρρύνοντας παράλληλα πιο ρεαλιστικές αναπαραστάσεις. Στην ίδια κατεύθυνση, η μελλοντική έρευνα μπορεί να εξετάσει συστηματικά πώς διαφορετικές παιδαγωγικές πρακτικές επηρεάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τους επιστήμονες και πώς αυτές θα μπορούσαν να τροποποιηθούν μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένα μαθησιακά περιβάλλοντα.

Βιβλιογραφία

Σαμαράς, Ι. (2009). Οι αναπαραστάσεις μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τον/την επιστήμονα και τη δραστηριότητά του/της: Διερεύνηση των παραγόντων που τις διαμορφώνουν. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Π.Τ.Π.Ε., Βόλος.

Χρηστίδου, Β., Μπονώτη, Φ. & Αναστασίου, Ζ. (2006). Πώς τα παιδιά του δημοτικού απεικονίζουν τον άντρα και τη γυναίκα επιστήμονα; Στο Ε. Σταυρίδου (Επιμ. Εκδ.), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και τεχνολογίες μάθησης – Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (σελ. 361-367). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Buldu, M. (2006). Young children's perceptions of scientists: A preliminary study. Educational Research, 48, 121-32.

Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Draw-a-Scientist Test. Science Education, 6, 255-65.

Christidou, V. (2006). Greek students' science-related interests and experiences: Gender differences and correlations. International Journal of Science Education, 28, 1181-99.

Christidou, V., Hatzinikita, V. & Samaras, G. (2012). The image of scientific researchers and their activity in Greek adolescents' drawings. Public Understanding of Science, 21, 626-647.

Finson, K.D. (2002). Drawing a scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. School Science and Mathematics, 102, 335-45.

Gardner, H. (1980). Artful scribbles. New York: Basic Books.

Mead, M. & Metraux, R. (1957). The image of the scientist among high school students: A pilot study. Science, 126, 384–90.

Pion, G. M., & Lipsey, M.W. (1981). Public attitudes toward science and technology: What have the surveys told us? Public Opinion Quarterly, 45, 303-316.

Scherz, Z. & Oren, M. (2006). How to change students' images of science and technology. Science Education, 90, 965–85.

Schibeci, R. A. & Sorenson, I. (1983). Elementary school children's perceptions of scientists. School Science and Mathematics, 83, 14-19.

She, H. C. (1998). Gender and grade level differences in Taiwan students' stereotypes of science and scientists. Research in Science and Technological Education, 16, 125-35.

Turkmen, H. (2008). Turkish primary students' perceptions about scientist and what factors affecting the image of the scientists. Eurasian Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 4, 55-61.

Ward, A. (1977). Magician in a white coat. Science Activities, 14, 6-9.

Στάσεις μαθητών Λυκείου για τη χρήση των Διαδραστικών Πινάκων στην εκπαιδευτική διαδικασία

Αναστάσιος Π. Βαφειάδης[1], Μιχάλης Σιγάλας[2]
[1]*Γενικό Λύκειο Καμπάνη Κιλκίς, 61 100, Καμπάνη, Κιλκίς vafiadis@sch.gr*
[2]*Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ, 54 124, Θεσσαλονίκη, sigalas@chem.auth.gr*

Περίληψη

Ο Διαδραστικός Πίνακας (ΔΠ) είναι ένα διδακτικό εργαλείο πρωτόγνωρο για τον Έλληνα εκπαιδευτικό. Εκτός από την απαραίτητη επιμόρφωση και τα ισχυρά κίνητρα που πρέπει να δοθούν για τη χρήση του, είναι σημαντική και η καταγραφή των στάσεων των μαθητών σχετικά με τους ΔΠ. Στην παρούσα εργασία αποτυπώνονται για πρώτη φορά απόψεις μαθητών της χώρας για τους ΔΠ. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 100 μαθητές ενός Γενικού Λυκείου αγροτικής περιοχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές θεωρούν πως μαθαίνουν περισσότερα, κατανοούν καλύτερα και συμμετέχουν περισσότερο στο μάθημα όταν γίνεται χρήση του ΔΠ. Επίσης, μετά από ένα χρόνο χρήσης οι περισσότεροι μαθητές αναφέρουν πως δεν έχουν χάσει το ενδιαφέρον τους για τον ΔΠ, αν και οι τέσσερις στους δέκα υιοθετούν μια αδιάφορη στάση για την ύπαρξη του μέσα στην τάξη.

Abstract

Interactive Whiteboard (IWB) is a brand new teaching tool for the Greek teacher. Apart from the necessary educational training and strong incentives that should be given to the teachers, students' perceptions of IWB use are also important. In this paper for the first time we study the Greek students' perceptions of IWB use. The research included 100 students and took place in a General High School of a rural area. The results showed that the students believe that they learn more, understand better and participate more to the lesson when an IWB is used. Also, after a year of use, more students report that they have not lost their interest for the IWB, even though four out of ten adopt an indifferent attitude about its existence in the classroom.

Εισαγωγή

Το νεότερο εμπορικό δημιούργημα των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαίδευση είναι ο Διαδραστικός Πίνακας (ΔΠ). Ο ΔΠ είναι ίσως η πιο σημαντική τεχνολογία μάθησης που έχει λάβει ιδιαίτερη προσοχή και ευρεία οικονομική στήριξη παγκοσμίως τα τελευταία δέκα χρόνια. Το Υπουργείο Παιδείας μάλιστα το σχολικό έτος 2010-2011 προχώρησε πιλοτικά στην προμήθεια Διαδραστικών Συστημάτων Διδασκαλίας (κυρίως ΔΠ) στα τμήματα της Β΄ τάξης των Γυμνασίων της χώρας.

Για την καλύτερη χρήση του διδακτικού εργαλείου που ονομάζεται ΔΠ κρίνεται σκόπιμο να καταγραφούν και οι στάσεις (απόψεις) των μαθητών γι' αυτό (πέραν της απαραίτητης επιμόρφωσης και της χορήγησης ισχυρών κινήτρων στους εκπαιδευτικούς). Άλλωστε αυτοί είναι οι κύριοι αποδέκτες των «εκπαιδευτικών προϊόντων» του. Σε όλες σχεδόν τις χώρες που έχουν τοποθετηθεί ΔΠ υπάρχουν ανάλογες έρευνες, που καταγράφουν και αναλύουν τις απόψεις των μαθητών για τους ΔΠ (Beeland 2002, Levy 2002, Wall et al. 2005, Moss et al. 2007, Soares 2010, Türel 2011). Αν και η διεθνής βιβλιογραφία μας παρέχει αρκετά στοιχεία για τις απόψεις των μαθητών, η διαφορετικότητα της Ελληνικής εκπαιδευτικής πραγματικότητας δημιουργεί την ανάγκη για έρευνα πάνω στις στάσεις των μαθητών της χώρας. Στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί μόνο μια έρευνα για τους ΔΠ, η οποία όμως αφορά φοιτητές και όχι μαθητές (Σωτηρόπουλος et al. 2011). Ως εκ τούτου, η παρούσα εργασία είναι η πρώτη που καταγράφει τις απόψεις των μαθητών της χώρας για τη χρήση των ΔΠ.

Η εν λόγω ερευνά μπορεί να χαρακτηριστεί ως μελέτη περίπτωσης (case study). Μια μελέτη περίπτωσης είναι ένα συγκεκριμένο επιστημονικό παράδειγμα που συχνά σχεδιάζεται για να σκιαγραφήσει μια γενικότερη κατάσταση. Το συγκεκριμένο παράδειγμα είναι τμήμα ενός

ευρύτερου συστήματος όπως μιας τάξης, ενός σχολείου, μιας κοινότητας (Cohen, Manion, & Morrison 2008).

Σκοπός λοιπόν της έρευνας είναι να καταγράφουν οι ώριμες απόψεις μαθητών για τη χρήση του ΔΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Με τη επίθετο ώριμες χαρακτηρίζουμε τις απόψεις μαθητών που δεν διακατέχονται από τον αρχικό ενθουσιασμό. Σύμφωνα με τον Türel (2011) οι απόψεις των μαθητών το πρώτο διάστημα (τρείς μήνες) χρήσης μιας νέας τεχνολογίας επηρεάζονται από τον αρχικό τους ενθουσιασμό οπότε δεν είναι ρεαλιστικές και κατάλληλες για ανάλυση.

Τα **ερευνητικά ερώτημα** που προκύπτουν με βάση τον προαναφερόμενο σκοπό είναι:

Κατά πόσο οι μαθητές θεωρούν πως οι ΔΠ τους βοηθούν να μαθαίνουν και τους δίνουν περισσότερα κίνητρα μάθησης;

Υπάρχουν τεχνικά προβλήματα στη χρήση των ΔΠ;

Αλλάζει η οργάνωση του μαθήματος με τη χρήση των ΔΠ;

Ποιες είναι οι συναισθηματικές στάσεις των μαθητών για τους ΔΠ;

Ποιες είναι οι χαρακτηριστικές διαφορές με την παραδοσιακή διδασκαλία;

Μεθοδολογία της έρευνας

Για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο που απαρτίζεται συνολικά από 18 ερωτήσεις κλειστού τύπου. Οι ερωτήσεις έχουν μια πενταβάμια κλίμακα (5-point Likert scale) ξεκινώντας από το «Διαφωνώ πλήρως» και καταλήγοντας στο «Συμφωνώ πλήρως» και περιέχουν τόσο θετικού όσο και αρνητικού περιεχομένου προτάσεις.

Η συγγραφή των 18 ερωτήσεων έγινε μετά από ενδελεχή μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας. Συγκεκριμένα, βρέθηκαν έξι δημοσιεύσεις που βασίζονταν σε κλειστού τύπου τετραβάθμια και πενταβάθμια ερωτηματολόγια για τους ΔΠ (Beeland 2002, Hwang et al. 2006, Amolo & Dees 2007, Moss et al. 2007, Mathews-Aydinli & Elaziz, 2010, Türel, 2011).

Μετά από μελέτη όλων των ερωτήσεων παρατηρήθηκε πως πολλές ίδιες ερωτήσεις εμφανίζονται σε διαφορετικές μελέτες. Το κριτήριο για την ένταξή στους στο ερωτηματολόγιο ήταν το πόσο δημοφιλείς ήταν στις ξένες μελέτες και το κατά πόσο ταιριάζουν στην Ελληνική πραγματικότητα. Οι 18 ερωτήσεις τελικά συμπληρώθηκαν και από μία πρωτότυπη ερώτηση (Ερώτηση 16).

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σ' ένα Γενικό Λύκειο αγροτικής περιοχής του νομού Κιλκίς της Κεντρικής Μακεδονίας. Το σχολείο έχει εγκατεστημένο ΔΠ στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών από το Δεκέμβριο του 2008. Για τέσσερα χρόνια αρκετά από τα μαθήματα των θετικών επιστημών του Λυκείου, αλλά και του συστεγαζόμενου Γυμνασίου, γίνονται με τη χρήση ΔΠ. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε **100** μαθητές (n=100) των τριών τάξεων του Λυκείου. Όλα τα ερωτηματολόγια θεωρήθηκαν ως έγκυρα και αναλύθηκαν.

Σημειώνεται πως ο συνολικός μαθητικός πληθυσμός της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι περίπου 692.000 (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011). Αν θεωρήσουμε αυτό τον αριθμό ως βάση, προφανώς το δείγμα μας είναι εξαιρετικά μικρό.

Όμως, αξίζει να αναφερθεί ότι: α) συνολικά ένας πολύ μικρός αριθμός μαθητών της χώρας κάνει μάθημα χρησιμοποιώντας ΔΠ, β) ένας ακόμα μικρότερος αριθμός μαθητών της χώρας κάνει μάθημα χρησιμοποιώντας ΔΠ, για περισσότερο από ένα έτος (οι ΔΠ εγκαταστάθηκαν στα σχολεία την Άνοιξη του 2011 και η μοναδική επιμόρφωση σε μια μερίδα εκπαιδευτικών έγινε την Άνοιξη του 2012) και γ) για να λάβουμε αξιόπιστα αποτελέσματα σχετικά με τις απόψεις τους οι μαθητές θα πρέπει να κάνουν χρήση του ΔΠ για περισσότερο του ενός τριμήνου, ώστε να μην διακατέχονται από ενθουσιασμό.

Με βάση αυτή τη συλλογιστική, το δείγμα είναι αντικειμενικά μικρό, αλλά αξιόπιστο για να απαντήσει στα ερευνητικά ερωτήματα. Δεν μπορούμε να γνωρίζουμε κατά πόσο είναι αντιπροστατευτικό για όλη την επικράτεια, γιατί δεν υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για (τα πολύ λίγα) σχολεία που είχαν εγκατεστημένους ΔΠ πριν από το 2011.

Στοιχεία της έρευνας

Το προφίλ των συμμετεχόντων ανά τάξη Λυκείου δίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Συμμετοχή στην έρευνα ανά τάξη Λυκείου

Τάξη	Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο Μαθητών	Ποσοστό (%)
Α΄	20	18	38	38,00
Β΄	12	22	34	34,00
Γ΄	8	20	28	28,00
Σύνολο	40	60	100	

Για να αποφευχθούν απόψεις που βασίζονται στον αρχικό ενθουσιασμό των μαθητών τέθηκε ερώτηση «Για πόσο διάστημα γίνεται χρήση του ΔΠ στο σχολείο σας;». Σχεδόν όλοι οι μαθητές (99 στους 100) απάντησαν πως γίνεται χρήση του ΔΠ για περισσότερο από ένα χρόνο στις τάξεις τους (ο ένας απάντησε για περισσότερο από ένα τετράμηνο). Ως εκ τούτου, κανένα ερωτηματολόγιο δεν απορρίφθηκε από τη μελέτη εξαιτίας αρχικού ενθουσιασμού.

Επίσης, οι μαθητές ρωτήθηκαν για τη συχνότητα χρήσης του ΔΠ. Η κατανομή των απαντήσεων τους δίνεται στον Πίνακα 2. Παρατηρούμε πως ένα ποσοστό περίπου 90 % ανέφερε πως κάνει μάθημα με τον ΔΠ τουλάχιστον μια φορά στις δεκαπέντε μέρες.

Πίνακας 2: Συχνότητα χρήσης Διαδραστικού Πίνακα

Συχνότητα χρήσης. Τουλάχιστον μια φορά:	Αριθμός	Ποσοστό (%)
την εβδομάδα	64	65,31
το δεκαπενθήμερο	22	22,45
το μήνα	7	7,14
το τετράμηνο	1	1,02
το χρόνο	4	4,08

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Για την καλύτερη ανάλυση των απόψεων των μαθητών για τη χρήση των ΔΠ, οι ερωτήσεις κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα σε πέντε κατηγορίες. Η πρώτη σχετίζεται με τους τρόπους χρήσης των ΔΠ μέσα στην τάξη. Η δεύτερη με τη συμβολή των ΔΠ στη μάθηση και τα κίνητρα μάθησης. Η τρίτη αναφέρεται σε τεχνικά θέματα και θέματα οργάνωσης του μαθήματος. Η τέταρτη σε συναισθηματικά θέματα και στην τελευταία γίνονται συγκρίσεις με τη διδασκαλία χωρίς ΔΠ. Σημειώνεται πως για να μην καθοδηγηθούν οι μαθητές οι ερωτήσεις δόθηκαν ανακατεμένες και όχι ανά κατά κατηγορία.

Για την εύρεση της μέσης τιμής αντιστοιχήσαμε την απάντηση «Διαφωνώ πλήρως» στην τιμή 1, της «Διαφωνώ» στην τιμή 2 κ.ο.κ. Με βάση αυτή την αντιστοιχία, όσο μεγαλύτερη είναι η μέση τιμή από το αριθμό 3 τόσο περισσότερο συμφωνούν οι μαθητές, ενώ όσο μικρότερη από το 3 τόσο περισσότερο διαφωνούν. Στο ερωτηματολόγιο δόθηκαν και ερωτήσεις με αρνητικό περιεχόμενο για τη χρήση των ΔΠ. Σε κάποιες εργασίες (Beeland 2002, Türel 2011) συνηθίζεται να αντιστρέφονται οι αρνητικές ερωτήσεις που δόθηκαν στους μαθητές για τις ανάγκες της στατιστικής ανάλυσης. Στην παρούσα έρευνα δεν ακολουθήθηκε αυτή η τακτική, γιατί δίνονται ταυτόχρονα και τα εκατοστιαία ποσοστά των απαντήσεων. Οι ερωτήσεις με αρνητικό περιεχόμενο σημειώνονται μ' ένα αστεράκι (*) και όταν η μέση τιμή τους είναι κάτω από το 3 σημαίνει πως οι μαθητές υιοθετούν τη θετικό περιεχόμενό τους (το αντίθετο δηλαδή του αρνητικού περιεχομένου της διατύπωσης της ερώτησης).

Στάσεις μαθητών για τη μάθηση και τα κίνητρα μάθησης

Συνολικά δόθηκαν στους μαθητές έξι ερωτήσεις που σχετίζονται με τη μάθηση και τα κίνητρα μάθησης με τη χρήση του ΔΠ (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Στάσεις μαθητών για τη μάθηση και τα κίνητρα μάθησης

Αρ.	Ερώτηση	1 Διαφωνώ πλήρως (%)	2 Διαφωνώ (%)	3 Ουδέτερος (%)	4 Συμφωνώ (%)	5 Συμφωνώ πλήρως (%)	Μέση τιμή	Μέση απόκλιση
1	Μαθαίνω περισσότερα όταν ο καθηγητής χρησιμοποίει τον ΔΠ.	1,00	4,00	37,00	44,00	14,00	3,66	0,80
2	Ο ΔΠ κάνει το μάθημα περισσότερο ενδιαφέρον.	0,00	2,00	12,00	45,00	41,00	4,25	0,74
4	Κατανοώ καλύτερα το μάθημα όταν γίνεται χρήση του ΔΠ.	0,00	4,00	35,00	41,00	20,00	3,77	0,81
7	Η χρήση του ΔΠ βοηθά στο να συνεργάζομαι με τους συμμαθητές μου.	11,00	33,00	40,00	13,00	3,00	2,64	0,94
8	Είμαι συγκεντρωμένος περισσότερο στο μάθημα όταν γίνεται χρήση του ΔΠ.	2,00	12,00	29,00	45,00	11,00	3,52	0,91
17	Συμμετέχω περισσότερο στο μάθημα όταν γίνεται χρήση του ΔΠ.	3,00	14,00	39,00	29,00	15,00	3,39	1,00

Παρατηρούμε πως στις πέντε από τις έξι ερωτήσεις οι μαθητές απάντησαν θετικά (μέση τιμή μεγαλύτερη του 3). Οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν πως μαθαίνουν περισσότερα με τη χρήση του ΔΠ (58 %). Ίδιο περίπου ποσοστό (61 %) θεωρεί επίσης πως κατανοεί καλύτερα το μάθημα, ενώ λίγο μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (66 %) εκτιμά πως είναι περισσότερο συγκεντρωμένοι στο μάθημα. Ένα εντυπωσιακά μεγάλο ποσοστό (86 %) εκτιμά πως το μάθημα έχει περισσότερο ενδιαφέρον με τον ΔΠ. Σχετικά με το κίνητρο συμμετοχής η συνολική εικόνα είναι θετική (μέση τιμή = 3,39) μ' ένα ποσοστό 44 % να απαντά πως συμμετέχει περισσότερο στο μάθημα. Τέλος, όσον αφορά τη συνεργατική μάθηση (Ερώτηση 7) ένα μικρό ποσοστό μαθητών (16 %) απάντησε πως συνεργάζονται περισσότερο με τους συμμαθητές τους κατά τη διάρκεια χρήσης του ΔΠ. Το μικρό αυτό ποσοστό πιθανόν οφείλεται στην ίδια τη φύση του ΔΠ, αλλά στον τρόπο που χρησιμοποιείται ο ΔΠ από τους εκπαιδευτικούς.

Στάσεις μαθητών για τεχνικά και θέματα οργάνωσης του μαθήματος

Στους μαθητές δόθηκαν τρεις ερωτήσεις που σχετίζονται με τη τεχνικά θέματα και δυο που αφορούν θέματα οργάνωσης μαθήματος (Πίνακας 4).

Στην ερώτηση αν υπάρχουν τεχνικά προβλήματα στη χρήση του ΔΠ οι μαθητές ήταν ουσιαστικά ουδέτεροι (μέση τιμή = 3,04). Γνωρίζοντας πως συνήθως υπάρχουν αρκετά τεχνικά προβλήματα, αυτή η ουδετερότητα μπορεί να εξηγηθεί πως στο σχολείο που έγινε η έρευνα, ο ΔΠ βρίσκεται για μεγάλο χρονικό διάστημα (τέσσερα χρόνια), οπότε πολλά τεχνικά προβλήματα που υπήρχαν στην αρχή λύθηκαν με τον καιρό. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται και με τα αποτελέσματα της Ερώτησης 16 σύμφωνα με την οποία μόνο το 10 % των μαθητών αναφέρει πως χάνεται αρκετή ώρα μέχρι να ετοιμαστεί ο ΔΠ για το μάθημα.

Πίνακας 4: Στάσεις μαθητών για τεχνικά και θέματα οργάνωσης του μαθήματος.
*Οι ερωτήσεις έχουν αρνητικό περιεχόμενο

Αρ.	Ερώτηση	1	2	3	4	5	Μέση τιμή	Μέση απόκλιση
		Διαφωνώ πλήρως (%)	Διαφωνώ (%)	Ουδέτερος (%)	Συμφωνώ (%)	Συμφωνώ πλήρως (%)		
3	Υπάρχουν τεχνικά προβλήματα στη χρήση του ΔΠ.*	5,00	25,00	39,00	23,00	8,00	3,04	1,00
16	Χάνεται αρκετή ώρα από το μάθημα μέχρι να ετοιμαστεί ο ΔΠ.*	27,00	45,00	17,00	9,00	2,00	2,14	0,98
15	Μπορώ εύκολα να χειριστώ τον ΔΠ.	5,00	15,00	29,00	38,00	13,00	3,39	1,05
10	Το μάθημα είναι πιο οργανωμένο με τη χρήση του ΔΠ.	0,00	1,00	27,00	51,00	21,00	3,92	0,72

11	Οι καθηγητές προχωράνε πολύ γρήγορα όταν χρησιμοποιούν το ΔΠ και δεν μπορώ να τους παρακολουθήσω.*	26,00	38,00	20,00	12,00	4,00	2,30	1,10

Όσον αφορά το χειρισμό του ΔΠ μόνο οι μισοί περίπου μαθητές (51 %) απαντούν πως μπορούν εύκολα να τον χειριστούν. Ένα μεγάλο ποσοστό απαντά ουδέτερα (29 %) και ένα σεβαστό ποσοστό της τάξης του 20 % απαντά αρνητικά. Η στάση αυτή πιθανότητα οφείλεται στις λίγες φορές που έχουν χειριστεί οι μαθητές τον ΔΠ. Οι μαθητές γενικά πρέπει να έχουν μια σειρά από δεξιότητες στο χειρισμό του έτσι ώστε να μην χάσουν την αυτοεκτίμησή τους. Σε κάθε περίπτωση, ο εκπαιδευτικός πρέπει να εξασφαλίζει όλοι οι μαθητές να έχουν πρόσβαση στο ΔΠ και να τους βοηθά αν έχουν δυσκολίες στο χειρισμό του όπως αναφέρουν και οι Miller et al. (2005).

Τέλος, το 72 % των μαθητών θεωρεί πως το μάθημα είναι πιο οργανωμένο με τη χρήση του ΔΠ, αλλά αυτή η οργάνωση δεν έχει ως επακόλουθο την αύξηση της ταχύτητας του μαθήματος έτσι ώστε να μην μπορούν να το παρακολουθήσουν (64 %).

Συναισθηματικές στάσεις μαθητών

Οι συναισθηματικές στάσεις των μαθητών ανιχνεύτηκαν με τέσσερις διαφορετικές ερωτήσεις και καταγράφονται στον Πίνακα 5.

Το γεγονός ότι η πρώτη ερώτηση έχει μέση τιμή ίση με 3,94 και ότι στις τρεις –αρνητικού παρασχομένου– ερωτήσεις, οι μέσες τιμές είναι χαμηλότερες από το 3, σημαίνει πως μαθητές υιοθετούν τη θετικό περιεχόμενο όλων των ερωτήσεων. Συγκεκριμένα, ένα ποσοστό της τάξης σχεδόν του 70 % απαντά πως προτιμά τα μαθήματα στα οποία γίνεται χρήση του ΔΠ. Σημαντικό εύρημα είναι το ότι αν και το σύνολο σχεδόν του δείγματος ανέφερε πως γίνεται χρήση του ΔΠ στο σχολείο τους για περισσότερο από ένα χρόνο, μόνο το 12 % έχει χάσει το ενδιαφέρον του για το νέο αυτό διδακτικό εργαλείο. Παρόλο αυτά, ένα μεγάλο ποσοστό της τάξης του 41 % υιοθετεί μια αδιάφορη στάση για την ύπαρξη του ΔΠ μέσα στην αίθουσα.

Πίνακας 5: Συναισθηματικές στάσεις μαθητών. *Οι ερωτήσεις έχουν αρνητικό περιεχόμενο

Αρ.	**Ερώτηση**	**1** **Διαφωνώ πλήρως (%)**	**2** **Διαφωνώ (%)**	**3** **Ουδέτερος (%)**	**4** **Συμφωνώ (%)**	**5** **Συμφωνώ πλήρως (%)**	**Μέση τιμή**	**Μέση απόκλιση**
6	Προτιμώ τα μαθήματα στα οποία γίνεται χρήση του ΔΠ.	1,01	4,04	25,25	39,39	30,30	3,94	0,90
13	Ο ΔΠ είχε ενδιαφέρον στην αρχή,	35,00	41,00	12,00	8,00	4,00	2,05	1,07

	αλλά όχι πλέον.*							
18	Μου είναι αδιάφορο αν υπάρχει ή όχι ΔΠ στην αίθουσα.*	19,00	40,00	25,00	10,00	6,00	2,44	1,09
12	Μου δημιουργεί εκνευρισμό να χρησιμοποιώ τον ΔΠ μπροστά στην τάξη.*	40,00	29,00	21,00	7,00	3,00	2,04	1,08

Τέλος, αν και στην Ερώτηση 15 (Πίνακας 4) το 20 % των μαθητών ανέφερε πως δεν είναι εύκολος ο χειρισμός του ΔΠ, μόνο ένα 10 % νιώθει εκνευρισμό όταν τον χρησιμοποιεί. Από την απάντηση αυτή μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα πως αρκετοί μαθητές έχουν τη διάθεση να εκτεθούν μπροστά την τάξη, όσον αφορά τη χρήση του ΔΠ, ακόμα και αν δεν γνωρίζουν πολύ καλά πώς να τον χειριστούν.

Συγκρίσεις με διδασκαλία χωρίς ΔΠ

Οι τελευταίες τρεις ερωτήσεις σχετίζονται με τη διεξαγωγή του μαθήματος με ή χωρίς τη χρήση ΔΠ (Πίνακας 6). Όμοια με την κατηγορία των συναισθηματικών προτάσεων, οι μαθητές υιοθετούν το θετικό περιεχόμενο όλων των ερωτήσεων.

Ο ΔΠ είναι ένα διδακτικό εργαλείο που από μόνο του δεν επιφέρει την αλλαγή στο μάθημα. Η πρώτη ερώτηση έχει ως στόχο να ανιχνεύσει το κατά πόσο οι μαθητές θεωρούν πως ο καθηγητής αλλάζει τον τρόπο του μαθήματός του με τη χρήση του ΔΠ. Περισσότεροι από τους μισούς (54 %) διακρίνουν πως υπάρχει αλλαγή στον τρόπο του μαθήματος.

Η δημιουργία φασαρίας μέσα στην τάξη μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως τα τεχνικά προβλήματα, ανεπαρκείς προετοιμασία, ελλιπής επιμόρφωση (Türel 2011). Μόνο ένα 10 % των μαθητών απαντά πως δημιουργείται φασαρία στην τάξη με τη χρήση του ΔΠ, απάντηση που συνάδει με τη μη χάσιμο χρόνου στην προετοιμασία του ΔΠ και την όχι σαφή αναφορά ύπαρξης τεχνικών προβλημάτων (Ερωτήσεις 16 και 3 του Πίνακα 5).

Πίνακας 6: Συγκρίσεις με διδασκαλία χωρίς ΔΠ. *Οι ερωτήσεις έχουν αρνητικό περιεχόμενο

Αρ.	**Ερώτηση**	**1** **Διαφωνώ πλήρως (%)**	**2** **Διαφωνώ (%)**	**3** **Ουδέτερος (%)**	**4** **Συμφωνώ (%)**	**5** **Συμφωνώ πλήρως (%)**	**Μέση τιμή**	**Μέση απόκλιση**
5	Ο καθηγητής διδάσκει με τον ίδιο τρόπο είτε χρησιμοποιεί ΔΠ, είτε όχι.*	19,19	34,34	24,24	17,17	5,05	2,55	1,13

14	Όταν χρησιμοποιείται ο ΔΠ, δημιουργείται αρκετή φασαρία μέσα στην τάξη.*	18,37	42,86	28,57	8,16	2,04	2,33	0,93
9	Ο ΔΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μαθήματα.	5,05	26,26	17,17	30,30	21,21	3,36	1,22

Τέλος, οι μαθητές ρωτήθηκαν κατά πόσο πιστεύουν πως ο ΔΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μαθήματα. Για να εκτιμήσουμε καλύτερα την απάντησή τους, υπενθυμίζουμε πως οι μαθητές έχουν εξοικειωθεί για πάνω από ένα χρόνο με τον ΔΠ και τις δυνατότητές του. Οριακά λοιπόν, οι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές (52 %) θεωρούν πως ο ΔΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μαθήματα.

Συμπεράσματα

Από την έρευνα, που για πρώτη φορά πραγματοποιήθηκε σε σχολείο της χώρας για τις στάσεις των μαθητών, τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές θεωρούν πως το μάθημα είναι πιο ενδιαφέρον όταν γίνεται χρήση του ΔΠ, με αποτέλεσμα να μαθαίνουν περισσότερα, να κατανοούν καλύτερα, να είναι περισσότερο συγκεντρωμένοι και να συμμετέχουν περισσότερο στο μάθημα. Παρόλο αυτά, ένα σεβαστό ποσοστό δε διακρίνει διαφορές στον τρόπο διεξαγωγής του μαθήματος με ή χωρίς ΔΠ. Επίσης, οι μαθητές θεωρούν πως οι ΔΠ δεν ευνοούν τη συνεργασία μεταξύ των μαθητών. Το τελευταίο εκτιμάται πως οφείλεται στην ίδια τη φύση του ΔΠ αλλά και στον τρόπο που χρησιμοποιείται από τον εκπαιδευτικό.

Από τις απαντήσεις των μαθητών εξάγεται ακόμα το συμπέρασμα πως τα γνωστά τεχνικά προβλήματα που υπάρχουν τους πρώτους μήνες χρήσης του ΔΠ, εξαλείφονται με την πάροδο του χρόνου και την εξοικείωσή του από τους εκπαιδευτικούς. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε πως οι μαθητές έχουν τη διάθεση να σηκωθούν στον ΔΠ και να εκτεθούν στην τάξη ακόμα και δεν γνωρίζουν πολύ καλά να τον χειριστούν. Η έρευνα ακόμα έδειξε πως ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών εκτιμά πως το μάθημα είναι πιο οργανωμένο και ότι αυτή η οργάνωση δεν έχει ως επακόλουθο την αύξηση της ταχύτητας του μαθήματος έτσι ώστε να μην μπορούν να το παρακολουθήσουν. Επίσης, μετά από ένα χρόνο χρήσης οι περισσότεροι μαθητές αναφέρουν πως δεν έχουν χάσει το ενδιαφέρον τους για τον ΔΠ, αν και οι τέσσερις στους δέκα μαθητές υιοθετούν μια αδιάφορη στάση για την ύπαρξη του μέσα στην τάξη.

Ένα πρόβλημα που έχει να αντιμετωπίσει πολλές φορές ο εκπαιδευτικός είναι η φασαρία μέσα στην αίθουσα. Μόνο ένας στους δέκα μαθητές απάντησε πως δημιουργείται φασαρία στην τάξη με τη χρήση του ΔΠ, απάντηση που σχετίζεται άμεσα με την μικρή αναφορά σε τεχνικά προβλήματα και την γρήγορη προετοιμασία του ΔΠ στην αρχή του μαθήματος. Τέλος, περίπου οι μισοί μαθητές θεωρούν πως ο ΔΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα μαθήματα.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2011). Αύξηση του σχολικού πληθυσμού της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και μείωση του σχολικού πληθυσμού της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Δελτίου Τύπου 10/8/2011.http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/A1402/PressReleases/A1402_SED21_DT_AN_00_2010_01L_F_GR.pdf.

Σωτηρόπουλος Δ., Μιτζήθρας Κ. & Καλκάνης Γ.Θ. (2011). Διαδραστικός Πίνακας – "Πανάκεια" ή, απλώς "Εργαλείο"; – στην Εκπαίδευση Φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Αλεξανδρούπολη 15-17/4/2011, 283-290. http://www.7sefepet.gr/images/stories/pdf/7sefepet-praktika.pdf

Amolo, S. & Dees, E. (2007). The influence of interactive whiteboards on fifth-grade student perceptions and learning experiences. Action Research Exchange, 6(1).
http://chiron.valdosta.edu/are/Vol6no1/PDF%20Articles/AmoloSArticle_ARE_format.pdf

Beeland, W.D. (2002). Student engagement, visual learning and technology: can interactive whiteboards help? Action Research Exchange, 1(1).
http://chiron.valdosta.edu/are/Artmanscrpt/vol1no1/beeland_am.pdf

Cohen, L. Manion, L. & Morrison, K. (2008). Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας. Εκδόσεις Μεταίχμιο, 1η Έκδοση, Αθήνα, 309-310.

Hwang, W.Y. Chen, N.S. & Hsu, R.L. (2006). Development and evaluation of multimedia whiteboard system for improving mathematical problem solving, Computers & Education, 46(2), 105-121.

Levy, P. (2002). Interactive whiteboards in learning and teaching in two Sheffield schools: a developmental study, Sheffield, Department of Information Studies, University of Sheffield. http://dis.shef.ac.uk/eirg/projects/wboards.htm

Mathews-Aydinli, J. & Elaziz, F. (2010). Turkish students' and teachers' attitudes toward the use of interactive whiteboards in EFL classrooms. Computer Assisted Language Learning, 23(3), 235-252.

Miller, D.J. Glover, D. & Averis, D. (2005) Developing Pedagogic Skills for the Use of the Interactive Whiteboard in Mathematics, British Educational Research Association, Glamorgan.
http://www.keele.ac.uk/media/keeleuniversity/fachumsocsci/sclpppp/education/interactivewhiteboard/BERA%20Paper%20Sep%202005.pdf

Moss, G. Jewitt, C. Levaãiç, R. Armstrong, V. Cardini A. & Castle F. (2007). The interactive whiteboards, pedagogy and pupil performance evaluation: an evaluation of the Schools Whiteboard Expansion (SWE) Project: London Challenge, School of Educational Foundations and Policy Studies, Institute of Education, University of London, Research Report 816, London.
https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/RR816%20Report.pdf

Soares, D. de A. (2010). IWBs as Support for Technology-Related Projects in EFL Education in Brazil" in M. Thomas and E. Schmid, Interactive whiteboards for education: Theory, research and practice, Hershey, New York, 238-249.

Türel, Y.K. (2011). An interactive whiteboard student survey: Development, validity and reliability. Computers & Education, 57, 2441-2450.

Wall, K. Higgins, S. & Smith, H. (2005). The visual helps me understand the complicated things': pupil views of teaching and learning with interactive Whiteboards. British Journal of Educational Technology, 36(5), 851-867.

Συνεδρία 8: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση – Μελέτη Περιβάλλοντος Ι

Η συμβολή του θεατρικού παιχνιδιού, μέσα από πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, για τη βελτίωση της αυτοπεποίθησης και της έκφρασης μαθητών/τριων λυκείου

Αικατερίνη Δανηλίδου[1], Γεώργιος Μαλανδράκης[2]
[1]Εκπαιδευτικός, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Φλώρινα, katerinaki52@yahoo.gr
[2]Λέκτορας Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Φλώρινα, gmalandrakis@uowm.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί η συμβολή του θεατρικού παιχνιδιού ως παιδαγωγικό μέσο κατά την εφαρμογή του σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε μαθητές. Συμμετείχαν 44 μαθητές/τριες Β΄ Λυκείου, οι οποίοι αποτελούν μέλη της περιβαλλοντικής ομάδας. Χρησιμοποιήθηκε ένα έντυπο ερωτηματολόγιο, όπου οι συμμετέχοντες το συμπλήρωσαν πριν και μετά από σχετική διδακτική παρέμβαση η οποία, μεταξύ άλλων, περιελάμβανε την από εξ' αρχής συγγραφή θεατρικού έργου από τους μαθητές/τριες. Από την ανάλυση των απαντήσεών τους φάνηκε ότι οι μαθητές/τριες που αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα απέκτησαν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στις δεξιότητες τους για έκφραση. Επιπλέον, φάνηκε ότι καλλιέργησαν τις κοινωνικές τους δεξιότητες αλλά και την φαντασία και την δημιουργικότητα στην σκέψη τους, μειώνοντας τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην έκφρασή τους σε διάφορα περιβάλλοντα.

Abstract

Present study focuses on the contribution of drama as an educational mean through its implementation to environmental education projects. In the particular study engaged 44 high school students, all members of the environmental team of their school. The main activity during teaching was the writing of a play about the role of sun to our lives. An experimental research design (pre/post) with control group was the research design and data collected trough a closed-form questionnaire administered before and after teaching intervention to both groups (experimental n=22 and control n=22). Analysis revealed that the students from the experimental group significantly increased their self-confidence regarding their expression skills. Moreover, cultivated their social skills, imagination and creativity, by reducing their difficulties to expression into various situations.

Εισαγωγή

Ήδη από το 2002 οι συμμετέχοντες στην Παγκόσμια Διάσκεψη για την Γη στο Γιοχάνεσμπουργκ έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση, όχι στο «τι είναι» η βιώσιμη ανάπτυξη αλλά και στο «πώς να το κάνουμε». Δόθηκε, λοιπόν, ιδιαίτερη βαρύτητα στο περιεχόμενο και τις μεθόδους που διεγείρουν την ανάπτυξη διεπιστημονικών διδακτικών – μαθησιακών προσεγγίσεων που κατευθύνονται προς λύση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών προβλημάτων, ενώ αργότερα επισημάνθηκε και η αναγκαιότητα να συμπεριληφθούν οι τέχνες σε εκπαιδευτικά προγράμματα αειφόρου ανάπτυξης (Cambers et al. 2008).

Λαμβάνοντας, παράλληλα, υπόψη μας τον βασικό σκοπό της εκπαίδευσης για την βιώσιμη ανάπτυξη ο οποίος είναι η μετάβαση της εξουσίας της λήψης των αποφάσεων και της κυριότητας στους συμμετέχοντες, δηλαδή στους μαθητές/τριες, πρέπει να βρούμε τεχνικές που να τους εμπλέκουν στις διαδικασίες μάθησης. Υπάρχουν αρκετές και ποικίλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις που ευνοούν τόσο την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης όσο και την εμπλοκή των μαθητών/τριών στις διαδικασίες μάθησης και ιδιαίτερα μέσω της βιωματικής της προσέγγισης (Καλαϊτζής & Ουζούνης 1999). Η μέθοδος που προτείνεται στην παρούσα εργασία

και φαίνεται να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τους σκοπούς της είναι το Θεατρικό Παιχνίδι. Το Θεατρικό Παιχνίδι είναι μια πολύπλευρη διαδικασία με σκοπό την ευαισθητοποίηση του ανθρώπου γύρω από διάφορα θέματα (Πραστίτης 2002). Επιπλέον, εμπεριέχει τα στοιχεία του αυθορμητισμού, της έκφρασης, της ομαδικότητας, της δημιουργίας. Αποτελεί πρόσβαση στην εμπειρική βιωματική μάθηση και έχει μια σπουδαία διάσταση, τον ρόλο, μέσω του οποίου το παιδί μπαίνει στον κόσμο του φανταστικού και διαφορετικού, φεύγοντας από την διάσταση του πραγματικού (Γραμματάς 1996). Ο εκπαιδευτικός του δράματος Needlands (1992) δίνει ακόμα μία διάσταση, το αντιμετωπίζει ως κάτι που παρέχει όχημα για την διερεύνηση της ανθρώπινης φύσης και εμπειρίας. Παράλληλα, δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές για «πρόβες» ως ενεργοί πολίτες εκφράζοντας εναλλακτικές λύσεις, διευκολύνεται η διαδικασία μάθησης στην εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη (Mc Naughton 2004).

Οι λόγοι που επιλέχθηκε το Θεατρικό Παιχνίδι ως η κατάλληλη παιδαγωγική μέθοδος είναι γιατί οι μαθητές/τριες μέσω αυτού (Γεωργόπουλος 2005) (α) διερευνούν μια πληθώρα ανθρώπινων συναισθημάτων, (β) αποκτούν αυτοπεποίθηση για τις ικανότητες τους, ιδιαίτερα την ικανότητά τους να επικοινωνούν λεκτικά και μη – λεκτικά, (γ) αναπτύσσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης και τις χρησιμοποιούν για να εξετάσουν τις νοηματικές δηλώσεις που γίνονται τόσο από το δικό τους έργο όσο και από αυτό των συμμαθητών τους, (δ) μαθαίνουν να σέβονται τους άλλους και να συνεργάζονται αρμονικά μαζί τους, (ε) καλλιεργούν την φαντασία και την δημιουργική τους σκέψη.

Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι το Θεατρικό Παιχνίδι δεν αποτελεί μια θεατρική δραστηριότητα με τους ανάλογους κανόνες και περιορισμούς. Δεν αποτελεί, δηλαδή, προϊόν αλλά διαδικασία στην οποία το άτομο μπορεί να βρει την δική του φωνή και να εκφράσει, συχνά με μη – νατουραλιστικό στιλ, την ερμηνεία του για τον κόσμο (Sixsmith 2005). Το Θεατρικό Παιχνίδι ωστόσο αποτελεί ένα είδος συμβολικού παιχνιδιού το οποίο, σύμφωνα και με τον Vygotsky (1993) αποτελεί έναν παράγοντα που παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του παιδιού και μέσω του οποίου τελούνται εσωτερικοί μετασχηματισμοί.

Η διαδικασία του θεατρικού παιχνιδιού

Το πρόγραμμα, πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την περιβαλλοντική ομάδα του 2ου Γενικού Λυκείου Πολίχνης. Εκτυλίχτηκε σε 5 στάδια όπου οι μαθητές/τριες, οδηγήθηκαν από το ανύπαρκτο έως την ομαδική καταγραφή θεατρικού έργου με θέμα τον «Ήλιο» και μάλιστα ως προς την σχέση του με το περιβάλλον. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν 20 διδακτικές ώρες σε διάστημα 5 μηνών και οι συναντήσεις των μελών της ομάδας διεξάγονταν σε εβδομαδιαία βάση με περίπου 2 ώρες ανά συνάντηση. Το πρόγραμμα του Θεατρικού Παιχνιδιού ακολούθησε την δομική συγκρότηση που προτείνει ο Κουρετζής (1991), σύμφωνα με την οποία το Θεατρικό Παιχνίδι έχει 4 φάσεις – στάδια: Στην *1η φάση, της «απελευθέρωσης»*, όπου το άτομο απελευθερώνεται από το άγχος και τις συστολές του και επιπλέον συγκροτείται η ομάδα. Οι στόχοι αυτοί επιτυγχάνονται μέσω έντονων αισθησιο-κινητικών δραστηριοτήτων. Στην *2η φάση, της «αναπαραγωγής»*, όπου το άτομο υιοθετώντας ρόλους, συνήθως σχετικοί με την θεματική της πρώτης φάσης προβάλλει με συγκεκριμένο ή αφηρημένο τρόπο τις εμπειρίες του. Η φαντασία και η ελευθερία σκέψης της φάσης αυτής επηρεάζεται από την αποτελεσματικότητα της πρώτης. Στην *3η φάση, του «σκηνικού αυτοσχεδιασμού»* πραγματοποιείται το στάδιο του θεατρικού δρώμενου. Στην *4η φάση, της «ανάλυσης»* πραγματοποιείται το στάδιο της επεξεργασίας και της συζήτησης όσων προηγήθηκαν. Αναλυτικότερα, στην παρούσας εργασία τα στάδια ήταν τα εξής:

Πρώτο στάδιο

1η φάση : Η φάση της «απελευθέρωσης»: Το πρόγραμμα ξεκίνησε με μια δραστηριότητα γνωριμίας, μία έντονη σωματική άσκηση, η οποία απαιτούσε από τους συμμετέχοντες να μιμηθούν την κίνηση ενός συγκεκριμένου μαθητή, η οποία ακολουθούσε τον ρυθμό του τραγουδιού «Ήλιε μου – ήλιε μου», του συγκροτήματος Poll. Πριν προχωρήσουμε στην επόμενη φάση οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε ομάδες, όπου αξιοποιήθηκαν τέσσερεις

εικόνες – ζωγραφιές, στις οποίες συνδέεται με συμβολικό τρόπο ο ήλιος με τις έννοιες, 'Αγάπη', 'Ζωή', 'Αισιοδοξία' και 'Ελπίδα', έννοιες απαραίτητες για την ζωή μας όσο και ο ήλιος. *Δεύτερη φάση, της «αναπαραγωγής»***:** Οι μαθητές στις ομάδες τους δημιούργησαν κάτι δικό τους, π.χ., ένα μικρό σκετσάκι, με κεντρικό άξονα το θέμα «Ήλιος» και την λέξη που επέλεξαν. *Τρίτη φάση, του «σκηνικού αυτοσχεδιασμού»***:** Οι ομάδες παρουσίασαν τα σύντομα σκετσάκια. *Τέταρτη φάση, της «ανάλυσης»***:** Πραγματοποιήθηκε μία σύντομη συζήτηση με αφορμή τα δημιουργήματά τους με σκοπό τον αναστοχασμό αλλά και την ανταλλαγή απόψεων και ιδεών.

Δεύτερο στάδιο

Κατά το δεύτερο στάδιο, οι μαθητές έκαναν πιο περίπλοκα σκετσάκια, δηλαδή εμπεριείχαν και κίνηση και διάλογο ακόμα και χορευτικά σύνολα και τραγούδια. *Πρώτη φάση, της «απελευθέρωσης»***:** Η σύνθεση των προηγούμενων ομάδων διασπάται και υλοποιήθηκε μία ακόμα μουσικοκινητική άσκηση όπου υπό τον ήχο του τραγουδιού «I'm walking on sunshine» χόρεψαν όλοι μαζί και αντικατέστησαν την λέξη "sunshine" με κάποια άλλη της αρεσκείας τους, κάνοντας παράλληλα μία κίνηση. *Δεύτερη φάση, της «αναπαραγωγής»:* Χωρισμένοι σε ομάδες, τυχαία με θέμα τον «ήλιο» και εντάσσοντας και τις λέξεις και τις κινήσεις από την προηγούμενη φάση σε μία πρόταση – ένα μικρό κείμενο. *Τρίτη φάση, του «σκηνικού αυτοσχεδιασμού»:* Στην φάση αυτή οι ομάδες παρουσίασαν τα σύντομα σκετσάκια, τα οποία ήταν ιδιαιτέρως δημιουργικά. *Τέταρτη φάση, της «ανάλυσης»:* Στην φάση αυτή πραγματοποιήθηκε μία σύντομη συζήτηση με όλη την ομάδα με αφορμή τα δημιουργήματά τους και με απώτερο σκοπό να εντοπίσουμε την σχέση αλληλεπίδρασης του ήλιου με τις 4 έννοιες και κατ ' επέκταση στην ζωή μας.

Τρίτο στάδιο

Κατά το τρίτο στάδιο περνάμε πλέον στην σύνδεση του ήλιου με τις τέσσερεις βασικές λέξεις σε ένα «σενάριο» με περιβαλλοντικό περιεχόμενο. *1η φάση, της «απελευθέρωσης»:* Οι μαθητές κινούνταν στο χώρο και αφού σκέφτηκαν μία λέξη σχετική με την σχέση του Ηλίου με το περιβάλλον την «επικοινωνούσαν» στους υπόλοιπους. Πριν προχωρήσουμε οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε ομάδες ανάλογα με το αν η λέξη τους σχετίζεται με κάποια από τις βασικές λέξεις – έννοιες που έχουν ήδη αναφερθεί. *2η φάση, της «αναπαραγωγής»* και *3η φάση, του «σκηνικού αυτοσχεδιασμού»:* Χωρισμένοι σε ομάδες, οι συμμετέχοντες δημιούργησαν γρήγορα, με ομαδικό τρόπο, την παρουσίαση τους, οι οποίες ήταν περιβαλλοντικά προσανατολισμένες. Οι παρουσιάσεις ήταν ιδιαίτερα δημιουργικές με έντονους συμβολισμούς και αλληγορίες. *4η φάση, της «ανάλυσης»:* Έχοντας πλέον περιβαλλοντική διάσταση οι δημιουργίες των μαθητών οδηγούμαστε σταδιακά και μέσα από την συζήτηση στο σημείο να κατανοούμε την σημασία αλλά και την αλληλεπίδραση του ήλιου με το περιβάλλον.

Τέταρτο και πέμπτο στάδιο

Στο 4ο στάδιο οι συμμετέχοντας, καθισμένοι σε σχήμα κύκλου, κλήθηκαν να σχηματίσουν έναν αρχικό σκελετό για το θεατρικό μας έργο το οποίο θα έχει ως θέμα του την περιβαλλοντική διάσταση του ήλιου και των τεσσάρων λέξεων. Έλεγε, δηλαδή, μία μαθήτρια την πρώτη πρόταση, στην συνέχεια ο επόμενος μία δική του πρόταση κ.ο.κ.. Στη συνέχεια (5ο στάδιο) έγινε η συγγραφή του ολοκληρωμένου θεατρικού κειμένου και οι πρόβες που πραγματοποιήθηκαν με στόχο την τελική παράσταση.

Γενικός σκοπός της παρούσας εργασίας και έρευνας ήταν να διερευνηθεί η συμβολή του θεατρικού παιχνιδιού ως παιδαγωγικό μέσο κατά την εφαρμογή του σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε μαθητές/τριες. Οι ερευνητικές ερωτήσεις οι οποίες καθορίστηκαν είναι οι εξής:

Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες τις κινητικές και συναισθηματικές τους δεξιότητες αλλά και τη συμβολή του θεάτρου στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων αυτών και πώς η αντίληψη αυτή αλλάζει από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα;

Με ποιον τρόπο επικοινωνούν οι συμμετέχοντες στην καθημερινότητα τους, ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν στην έκφραση των ιδεών τους και πώς αυτές αλλάζουν μετά από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα;

Μεθοδολογία της έρευνας

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε

Η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε έχει καθαρά πειραματική διάταξη (πριν/μετά) με ομάδα ελέγχου. Στην *πρώτη φάση* δόθηκε το ερωτηματολόγιο σε όλους τους συμμετέχοντες. Στη δεύτερη φάση πραγματοποιήθηκε το θεατρικό παιχνίδι στην πειραματική ομάδα και στην *τρίτη φάση* δόθηκε ξανά το ίδιο ερωτηματολόγιο σε όλους τους συμμετέχοντες.

Το δείγμα

Το συνολικό δείγμα ήταν 44 άτομα εκ των οποίων τα 22 αποτελούσαν την πειραματική ομάδα, η οποία περιελάμβανε όλους όσοι είχαν επιλέξει να συμμετάσχουν εθελοντικά στο πρόγραμμα, και τα υπόλοιπα την ομάδα ελέγχου. Όλοι Το δείγμα της παρούσας έρευνας έχει ως γενικά χαρακτηριστικά ότι (α) είναι μαθητές/τριες που φοιτούν στο ίδιο σχολείο και στην ίδια τάξη, (β) έχουν επιλέξει να παρακολουθούν ως επιλεγόμενο μάθημα τις «Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών» και (γ) συμμετέχουν στην ομάδα της περιβαλλοντικής του σχολείου.

Τα ερευνητικά εργαλεία

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και για την διερεύνηση των ειδικών στόχων αξιοποιήθηκε ως ερευνητικό εργαλείο ένα ερωτηματολόγιο το οποίο περιλάμβανε 25 κύριες ερωτήσεις, κυρίως κλειστού τύπου. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν οργανωμένες σε 5 άξονες, με βάση το γενικό σκοπό και τις ερευνητικές ερωτήσεις της εργασίας. Οι άξονες αυτοί είναι: (1) γνώση του εαυτού μου, (2) ικανότητα συνεργασίας, (3) τρόποι διαπροσωπικής επικοινωνίας και πιθανά προβλήματα, (4) δημιουργική έκφραση μέσα από τις τέχνες, (5) αντίληψη του ενεργού ρόλου των μαθητών και των τεχνών στην μαθησιακή διαδικασία. Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών/τριών σε 10 ερωτήσεις. Η κλίμακα των δυνατών απαντήσεων σε όλες τις ερωτήσεις που εξετάζονται εδώ είναι 5/βάθμια τύπου Likert (1=καθόλου έως 5=πάρα πολύ).

Ανάλυση

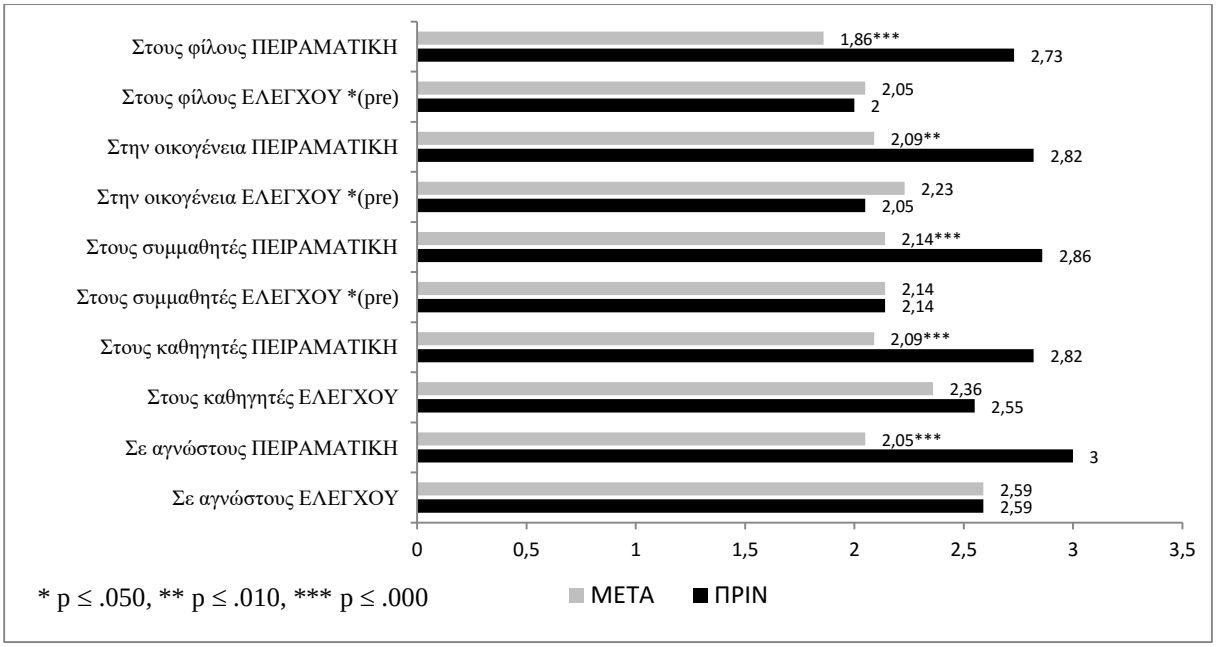
Εκτός από τα περιγραφικά στοιχεία, έγινε έλεγχος για τυχόν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σκορ των μαθητών/τριών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, τόσο στην πειραματική όσο και στην ομάδα ελέγχου. Εξαιτίας του ότι η κλίμακα μέτρησης ήταν σειροθετική (ordinal) και τα επιμέρους δείγματα μικρά ($n_{experimental}$=22, $n_{control}$=22), για τον έλεγχο της στατιστικής σημαντικότητας χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon για εξαρτημένα δείγματα (pre/post) σε συνδυασμό με το exact test. Στα γραφήματα που ακολουθούν, οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αρχικά και τελικά σκορ σημειώνονται με αστερίσκους στις αντίστοιχες ράβδους (δεξιά πλευρά γραφημάτων), ενώ οι διαφορές ανάμεσα στην πειραματική και την ομάδα ελέγχου σημειώνονται με αστερίσκους στα ονόματα των μεταβλητών (αριστερή πλευρά γραφημάτων).

Αποτελέσματα και συζήτηση

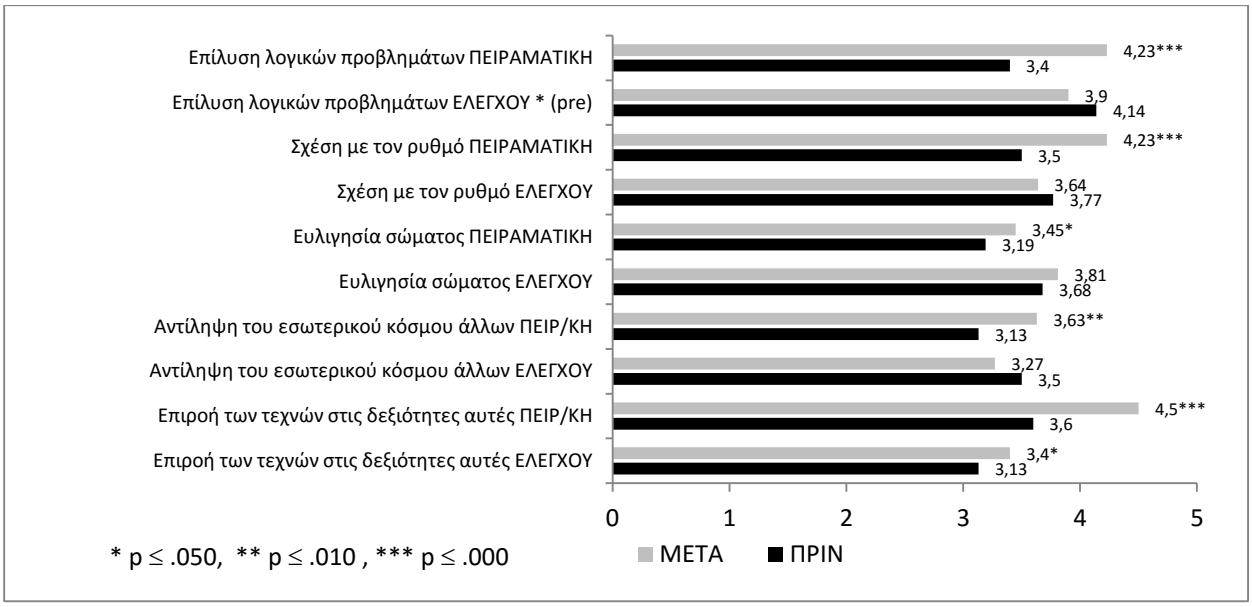
Όσον αφορά τις δεξιότητες των συμμετεχόντων στην έκφραση και την επιρροή των τεχνών σε αυτές (Γράφημα 1), διαπιστώνουμε ότι αρχικά τα ποσοστά της πειραματικής ομάδας, σε γενικές γραμμές, είναι χαμηλότερα από τα ποσοστά της ομάδας ελέγχου και μάλιστα στην περίπτωση της επίλυσης λογικών προβλημάτων (p=.017) η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική. Πιθανές αιτίες της εικόνας αυτής είναι ότι οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα ίσως χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερου βαθμού αυτογνωσίας είτε ότι οι

μαθητές/τριες που δεν συμμετέχουν ίσως διαθέτουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις ικανότητες τους στον τομέα αυτό.

Ωστόσο, μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μέσοι όροι της πειραματικής ομάδας σε όλες τις υπό εξέταση δεξιότητες αυξάνονται και μάλιστα οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές. Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου η όποιες διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές, εκτός από την ερώτηση για την επιρροή των τεχνών στις δεξιότητες των παιδιών. Σε αυτή την αύξηση υποθέτουμε ότι συνέβαλε το πρόγραμμα του θεατρικού παιχνιδιού, το οποίο θέτοντας στο επίκεντρο της διαδικασίας του την αναζήτηση και την εκτίμηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, την κατανόηση του εαυτού και της σχέσης του με τον κόσμο (Κατσέλης 2010), βοήθησε στην γνωριμία των μαθητών με τον εαυτό τους και κατ' επέκταση στην ενίσχυση της αυτοεκτίμησης τους. Πέραν τούτου, οι συμμετέχοντες μέσω Θεατρικού Παιχνιδιού, το οποίο αποβλέπει στην διαμόρφωση του ατόμου σε ικανό δέκτη των μηνυμάτων και των προθέσεων ενός πομπού όταν αυτό τους ζητηθεί (Πραστίτης 2002), έμαθαν να διερευνούν πληθώρα συναισθημάτων, τόσο των δικών τους όσο και των άλλων (Sixsmith 2005).



Γράφημα 1: Δεξιότητες των συμμετεχόντων και η επιρροή των τεχνών σε αυτές.



Γράφημα 2: Συχνότητα δυσκολίας έκφρασης σε διάφορα περιβάλλοντα

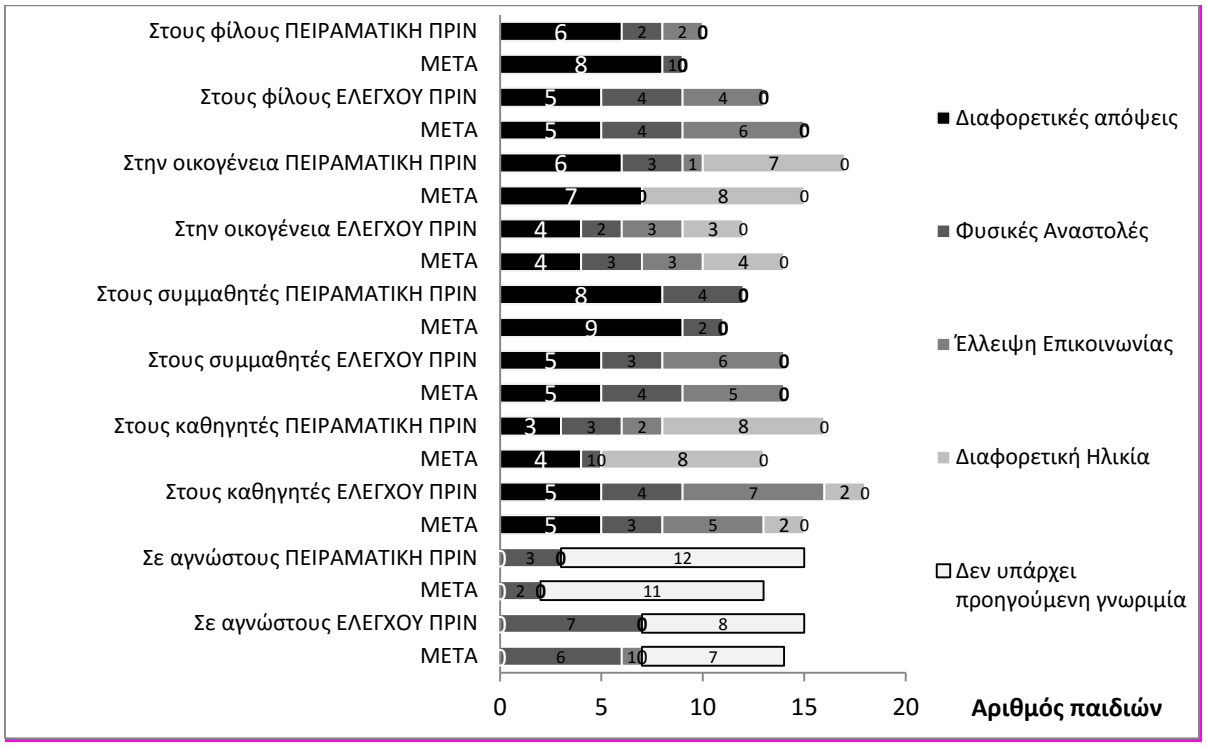
Καθοριστικός παράγοντας φαίνεται να ήταν το ευχάριστο και χαλαρό περιβάλλον το οποίο συνέβαλλε στην αποβολή των φυσικών αναστολών, ακόμα και των πιο εσωστρεφών μαθητών. Τέλος, μόνο στην ερώτηση σχετικά με την επίδραση των τεχνών στις δεξιότητες **αυτές**, το ποσοστό της πειραματικής ομάδας, πριν την παρέμβαση, ήταν πιο μεγάλο, χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικώς σημαντική. Ίσως να είναι και μία πιθανή αιτία που η πειραματική ομάδα είχε αυτή την σύσταση. Μάλιστα, το ποσοστό αυτό ενισχύεται με την ολοκλήρωση του προγράμματος σε σημαντικό βαθμό (p=.000), γεγονός που μας επιβεβαιώνει ότι πράγματι το θέατρο και οι τέχνες γενικότερα μπορούν να ασκήσουν θετική επιρροή στην καλλιέργεια των ανθρώπινων δεξιοτήτων και ότι οι μαθητές/τριες μέσα από την συμμετοχή τους είχαν την ευκαιρία να το βιώσουν.

Στην ερώτηση σχετικά με τις δυσκολίες έκφρασης που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες σε διάφορα περιβάλλοντα (Γράφημα 2) βλέπουμε ότι τα μέλη και των δύο ομάδων (ελέγχου και πειραματική), όπως είναι λογικό νιώθουν περισσότερα άνετα σε ένα περιβάλλον οικείο, δηλαδή τους φίλους και την οικογένεια τους. Ενώ, αντίθετα, όσο λιγότερο γνωρίζουν κάποια άτομα τόσο μεγαλύτερη είναι η δυσκολία. Επίσης, στα μέλη της πειραματικής ομάδας, πριν από τη διδακτική παρέμβαση, η δυσκολία είναι μεγαλύτερη σε σχέση τα μέλη της ομάδας ελέγχου και μάλιστα ως προς τους φίλους (p=.02), την οικογένεια (p=.017) και τους συμμαθητές/τριές τους (p=.021) η διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές.

Ωστόσο, μετά τη συμμετοχή τους στο θεατρικό παιχνίδι παρατηρούμε ότι οι δυσκολίες έκφρασης των παιδιών της πειραματικής ομάδας μειώνονται αισθητά και οι μειώσεις αυτές είναι στατιστικά σημαντικές αναφορικά με όλα τα περιβάλλοντα. Αντίθετα, οι όποιες διαφορές στην ομάδα ελέγχου δεν φαίνεται να είναι στατιστικά σημαντικές. Η μεταβολή αυτή δείχνει να προκύπτει ως επακόλουθο του γεγονότος ότι μέσω του θεατρικού παιχνιδιού οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες συνεργασίας, επικοινωνίας και κατακτούν ευχέρεια στην έκφραση ιδεών και απόψεων, στοιχεία τα οποία συμφωνούν με τα ευρήματα της Mc Naughton (2004) σετ παιδιά δημοτικού.

Στο Γράφημα 3 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών/τριών σχετικά με τις αιτίες εμφάνισης των δυσκολιών τους στην έκφραση. Όπως παρατηρούμε, πριν από τη διδασκαλία, τα παιδιά που συμμετείχαν στο πρόγραμμα αποδίδουν τις δυσκολίες τους στην έκφραση κυρίως στις διαφορετικές απόψεις με τον συνομιλητή τους και στην διαφορετική ηλικία. Αντίθετα, στα παιδιά της ομάδας ελέγχου δεν διακρίνεται να ξεχωρίζει κάποια αιτία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η έλλειψη επικοινωνίας ως αιτία δυσκολίας εμφανίζεται κυρίως στην ομάδα ελέγχου παρά στην

πειραματική. Ανατρέχοντας και στην βιβλιογραφία μπορούμε να δούμε ότι μέσα από το θεατρικό παιχνίδι τα παιδιά μαθαίνουν να αντιλαμβάνονται τον εσωτερικό κόσμο του άλλου (Sixsmith 2005).



Γράφημα 3: Αιτίες εμφάνισης δυσκολιών στην έκφραση

Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα, όταν τους ζητήθηκε να προτείνουν τρόπους εμπλοκής των τεχνών στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην περιβαλλοντική εκπαίδευση εξέφρασαν πολύ ενδιαφέροντες προτάσεις όπως: τη διοργάνωση φεστιβάλ για το περιβάλλον, εφαρμογή των λογοτεχνικών ειδών σε θεατρικές παραστάσεις κ.α. Επομένως, συνοψίζοντας τα ευρήματα διαπιστώνουμε ότι:

Τα μέλη της πειραματικής ομάδας, οι οποίοι λόγω της αυξημένης προηγούμενης ενασχόλησης τους με κάποια τέχνη, σε σχέση με εκείνα της ομάδας ελέγχου, πιστεύουν περισσότερο στην δύναμη των τεχνών να συμβάλλουν στην καλλιέργεια των προσωπικών κινητικών και πνευματικών δεξιοτήτων των ατόμων. Επιπλέον, πιστεύουν περισσότερο ότι το θέατρο είναι ένα ικανό μέσο επικοινωνίας. Οι απόψεις αυτές των μελών της πειραματικής ομάδας βλέπουμε ότι ισχυροποιούνται σε σημαντικό βαθμό μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, όπως επίσης αυξάνονται και οι αντίστοιχες δεξιότητες έκφρασής τους.

Επιπλέον, μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα του θεατρικού παιχνιδιού, βλέπουμε να αμβλύνονται οι φυσικές αναστολές σε ότι αφορά την επικοινωνία τους με άλλα άτομα.

Παρατηρούμε, επίσης, ότι σε γενικές γραμμές και οι δύο ομάδες επιθυμούν από την πρώτη κιόλας φάση την συμμετοχή των τεχνών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και κατά τα προγράμματα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Σε αυτό που διαφέρουν είναι ο αριθμός των ατόμων που επιθυμούν αυτή την συμμετοχή, ο βαθμός εμπλοκής που επιζητούν αλλά και το εύρος των προτάσεων που παρατίθενται, με την πειραματική ομάδα να έχει μεγαλύτερο εύρος προτάσεων, το οποίο διευρύνεται μετά την εμπλοκή με το θεατρικό παιχνίδι.

Καταλήγουμε, επομένως, στο συμπέρασμα ότι το θεατρικό παιχνίδι μπορεί να αποτελέσει σημαντική μέθοδο προσέγγισης της μάθησης κατά την διαδικασία της εκπαίδευσης για την

αειφόρο ανάπτυξη, ενισχύοντας την ελεύθερη και ενεργό συμμετοχή των συμμετεχόντων (Mc Naughton 2004).

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Α. (2005). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ο πολιτισμός που αναδύεται. Gutenberg, Αθήνα.

Γραμματάς, Θ. (1996). Θέατρο για παιδικό και νεανικό κοινό. Τυπωθήτω, Αθήνα.

Καλαϊτζής, Δ. & Ουζούνης, Κ. (1999). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Θεωρία και Πράξη. Σπανίδης, Ξάνθη.

Κατσέλης, Γ. (2010). Το Εκπαιδευτικό Δράμα. Θεωρητικό Πλαίσιο και Δραματικές Τεχνικές. Ψυχογιός, Αθήνα.

Κουρετζής, Λ. (1991). Το θεατρικό παιχνίδι. Παιδαγωγική θεωρία, πρακτική και θεατρολογική προσέγγιση. Καστανιώτης, Αθήνα.

Πραστίτης, Λ. (2002). Η παιδική λογοτεχνία μέσα από το θεατρικό παιχνίδι, Διαδρομές, 8, 254 – 261.

Sixsmith, P., (2005). «Αγκινάρες, αδελφότητες και αειφορία»: Η σχέση του εκπαιδευτικού δράματος με την εκπαίδευση για την αειφορία. Στο Γεωργόπουλος Α., (επιμέλεια), Περιβαλλοντική εκπαίδευση. Ο πολιτισμός που αναδύεται, σσ.657-675. Gutenberg, Αθήνα.

Cambers, G., Chapman, G., Diamond, P., Down, L., Griffith, A., and Wiltshire, W., (2008). Teachers' Guide for Education for Sustainable Development in the Caribbean, UNESCO. Available at

unesdoc.unesco.org/images/0016/001617/161761e.pdf, accessed February 9.

McNaughton, M-J. (2004). Educational Drama in the Teaching of Education for Sustainability. Environmental Education Research, 10(2), 139–155.

Neelands, J. (1992). Learning Through Imaged Experience. Earthscan, London.

O' Neili, C. (1995). Drama Worlds. Heinemann, Portsmouth.

O' Neili, J. (1992). The Process of Drama Negotiating Art and Meaning. Routledge, London.

Vygotsky, L. (1933). Play and its Role in the Mental Development of the Child. In Bruner J. and Play S., (Eds) Penguin.

Διδακτική αξιοποίηση του ψηφιακού περιβάλλοντος wikispaces για την ανάπτυξη μιας διαθεματικού τύπου εργασίας για το ΝΕΡΟ με μαθητές/ριες της Δ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου

Βασιλική Πιλάτου, Δημήτριος Μαρινόπουλος
Δημοτικό Σχολείο Νίκαιας Λάρισας, vpilatou@uth.gr
Π.Τ.Ε.Α. Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, dmarinop@uth.gr

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η εφαρμογή ενός διαθεματικού προγράμματος για το νερό, το οποίο αναπτύχθηκε με παιδιά της Δ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου και με τη βοήθεια του ψηφιακού περιβάλλοντος wikispaces. Στην εργασία συμμετείχαν 24 μαθητές/ριες, που κατά την περίοδο υλοποίησης του προγράμματος, φοιτούσαν στο πιλοτικό σχολείο του νομού Λάρισας. Οι μαθητές/ριες εργάστηκαν σε μικτές ομάδες των 4άρων ατόμων. Αρχικά, συμμετείχαν σε τρεις εισαγωγικές δραστηριότητες για το νερό, προκειμένου να αναπτύξουν συνεργατικού τύπου δεξιότητες και να εξοικειωθούν με τη δουλειά στην ομάδα. Στη συνέχεια, οργάνωσαν σχέδιο δράσης για τον τρόπο που θα προσέγγιζαν τα ζητήματα που τούς αφορούσαν και κατασκεύασαν, στο περιβάλλον wikispaces που δημιουργήθηκε, τις δικές τους σελίδες αναφορικά με το θέμα που διαπραγματεύονταν. Από τον τρόπο δραστηριοποίησης των μαθητών/ριών, προκύπτει ότι το ζήτημα του νερού είναι κάτι που τούς ενδιαφέρει άμεσα. Μάλιστα, όταν αυτό προσεγγίζεται μέσα από κατάλληλες δραστηριότητες και υποβοηθείται από δυναμικά εξελισσόμενα περιβάλλοντα (wikispaces), δίνεται η δυνατότητα στους/ις μαθητές/ριες να διαπραγματευθούν με ουσιαστικό τρόπο το νέο νόημα και να επιτύχουν τους βασικούς στόχους της διδασκαλίας.

Abstract

The aim of this study was to design and implement a cross thematic project about water with the help of 24 fourth (4^{th}) grade students and by using the wikispaces social software tool. This program was developed in the 9^{th} primary school of Larissa, which was a pilot school during the period 2011-2013 and where the new curriculum was implemented (program: NEW SCHOOL). Students worked in small groups of three to four persons. Firstly, all six groups collaborated for three introductory activities in order to become familiar with the work in a group. After, each group scheduled a work plan in order to program their actions and they started to create their own pages in the wikispaces environment. From students' work it becomes obvious that water is a very interesting subject for the children of this age. Specially, when teaching is supported by dynamic and progressive environments, such as wikispaces, students have the opportunity to succeed the aim of teaching and to understand the new knowledge in a more substantial and constructivist way.

Εισαγωγή

Στον αιώνα που διανύουμε οι κοινωνικές, πολιτισμικές, οικονομικές και τεχνολογικές εξελίξεις, και οι συνέπειές τους στο περιβάλλον, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα Προγράμματα Σπουδών της Εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο αυτό, το σύγχρονο σχολείο οφείλει να εφαρμόζει Προγράμματα Σπουδών που δίνουν απαντήσεις στα καθημερινά προβλήματα, καλύπτουν τις ανάγκες της σημερινής κοινωνίας, δίνουν έμφαση στη μαθητοκεντρική και ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, στην ενεργητική δόμηση της γνώσης μέσα από επιλεγμένες πηγές πληροφόρησης και ειδικές διδακτικές στρατηγικές. Οι μαθητές και οι μαθήτριες μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν, μαθαίνουν πώς να ενεργούν, μαθαίνουν πώς να ζουν και να συνεργάζονται με τους/ις άλλους/ες (Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την Αειφόρο Ανάπτυξη, 2007-2013). Ο όρος «*Αειφόρος Ανάπτυξη*», αναφέρεται στη σχέση αλληλεξάρτησης μεταξύ ανθρώπου και φυσικού περιβάλλοντος. Η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη είναι μετεξέλιξη της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ) αλλά έχει και ευρύτερο προσανατολισμό, καθώς συμπεριλαμβάνει όλες τις καινοτομίες που

εμφανίστηκαν μετέπειτα ή σχεδόν παράλληλα με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Η Αειφόρος ανάπτυξη είναι πρωταρχικά ζήτημα πολιτισμού, προϋποθέτει γνώσεις αφενός από τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Οικονομία και την Πολιτική και αφετέρου την αλλαγή των σχέσεών μας με τους άλλους και το φυσικό κόσμο (Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την Αειφόρο Ανάπτυξη, 2007-2013).

Το Πρόγραμμα Σπουδών του μαθησιακού πεδίου *Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη* εκπονήθηκε (σύμφωνα με τους/ις συγγραφείς του) κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να αποσκοπεί – μεταξύ άλλων – στη σταδιακή ανάπτυξη της κριτικής και συστημικής σκέψης από τα παιδιά, καθώς και στην καλλιέργεια διερευνητικού και δημιουργικού πνεύματος, μέσα από την ανάλυση και τη διερεύνηση περιβαλλοντικών ζητημάτων και προβληματικών καταστάσεων που αντλούνται κυρίως από την επικαιρότητα και το άμεσο περιβάλλον του μαθητή και της μαθήτριας. Μέσα σε αυτό το νέο μαθησιακό περιβάλλον τα παιδιά καθίστανται συνυπεύθυνα για τη μάθησή τους και ο ρόλος του/ης εκπαιδευτικού γίνεται περισσότερο καθοδηγητικός-συμβουλευτικός.

Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την Αειφόρο Ανάπτυξη

Στα Νέα Προγράμματα Σπουδών για το Δημοτικό σχολείο προτείνεται η διδασκαλία του επιστημονικού πεδίου «*Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη*» και «*Σχολική και Κοινωνική Ζωή*» στο πλαίσιο του μαθήματος Βιωματικές Δράσεις. Το μάθημα αυτό διδάσκεται – στην Τετάρτη τάξη – τρεις (3) ώρες την εβδομάδα. Τα παιδιά δραστηριοποιούνται περίπου πέντε (5) μήνες (μισό χρόνο) με το ένα αντικείμενο και τους υπόλοιπους πέντε (5) με το δεύτερο αντικείμενο.

Το περιεχόμενο του Νέου Προγράμματος Σπουδών για το διδακτικό μαθησιακό πεδίο «*Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη*» έχει για την Δ΄ τάξη ως ακολούθως: α) Διαχείριση υδάτινων πόρων, β) Αειφόρο Σχολείο, γ) Αειφόρος διαχείριση δασών, δ) Γεωποικιλότητα/ Ποιότητα του εδάφους και υπεδάφους, ε) Πολιτιστική Κληρονομιά και Πολιτισμική Ποικιλότητα, στ) Φυσικές Καταστροφές/ Διαχείριση περιβαλλοντικών κρίσεων.

Wikis στην Εκπαίδευση

Οι σύγχρονες πλατφόρμες δημιουργίας wiki συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά δικτυακού τύπου και ενός φιλικού εργαλείου δημιουργίας ιστοσελίδων. Επιπλέον, ενσωματώνουν εργαλεία συζήτησης (forum) και παρακολούθησης του ιστορικού ενεργειών, σε κάθε σελίδα wiki. Τα εκπαιδευτικά wiki είναι σήμερα ιδιαίτερα δημοφιλή εργαλεία, τα οποία διαμορφώνουν δυναμικά περιβάλλοντα μάθησης όπου οι μαθητές/ριες ενεργοποιούνται, συμμετέχουν, αλληλεπιδρούν, συνεργάζονται και, τελικά αναπτύσσουν και οικοδομούν νέες γνώσεις (Ρούσσινος και Τζιμογιάννης 2012)

Γενικότερα, η βιβλιογραφική ανασκόπηση δείχνει ότι τα wikis μπορούν να χρησιμοποιηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους στην εκπαίδευση: α) ως εργαλείο διαχείρισης μαθήματος, β) ως εργαλείο συνεργατικής γραφής, γ) ως ηλεκτρονικός φάκελος (e-portfolio), δ) ως περιβάλλον ανάπτυξης συνθετικών εργασιών, ε) ως εργαλείο συλλογής και διαχείρισης δεδομένων και στ) ως περιβάλλον παρουσίασης εργασιών (Bradley et al. 2010, Sheehy 2008, Wheeler et al. 2008, Zorko 2009).

Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι τα παιδιά της Τετάρτης τάξης του Δημοτικού σχολείου να αναπτύξουν κριτική και συστημική σκέψη, καθώς και να καλλιεργήσουν διερευνητικό και δημιουργικό πνεύμα εργασίας, χρησιμοποιώντας το ψηφιακό περιβάλλον *wikispaces* για την ανάλυση και τη διερεύνηση ζητημάτων που αφορούν στο «*Νερό στη Φύση*».

Επιπλέον, στόχος της εργασίας είναι τα παιδιά ηλικίας 10 ετών να προσεγγίσουν βασικά θέματα και προβληματικές καταστάσεις που αντλούνται κυρίως από την επικαιρότητα και το άμεσο περιβάλλον στο οποίο ζουν και δραστηριοποιούνται.

Μεθοδολογία της εργασίας

Δείγμα

Στην εργασία πήραν μέρος 24 παιδιά της Δ΄ τάξης του 9ου Δημοτικού Σχολείου Λάρισας, το οποίο κατά την τρέχουσα περίοδο 2011-2013 εφαρμόζει πιλοτικά τα Νέα Προγράμματα Σπουδών συμμετέχοντας στο πρόγραμμα του Υ.ΠΑΙ.Θ.Π.Α. «Νέο Σχολείο» (Σχολείο 21ου αιώνα). Συγκεκριμένα, συμμετείχαν 13 κορίτσια και 11 αγόρια, ηλικίας 10 ετών. Οι μαθητές/ριες διδάσκονταν για πρώτη φορά το συγκεκριμένο αντικείμενο, στο πλαίσιο του οποίου είχαν να αναπτύξουν μια διαθεματικού τύπου δραστηριότητα για το νερό.

Μέθοδος

α) Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία

Οι μαθητές/ριες ήταν χωρισμένοι/ες σε έξι (6) ανομοιογενείς ομάδες των τεσσάρων (4άρων) ατόμων – μεικτές ως προς το φύλο, την επίδοση, την εθνικότητα, κ.ά. – και δούλευαν με αυτόν τον τρόπο σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα του Αναλυτικού Προγράμματος (Σταυρίδου 2000, Πιλάτου 2003). Ειδικότερα, όσον αφορά τις «*βιωματικές δράσεις*» και το θεματικό πεδίο «*Περιβάλλον και Αειφόρος ανάπτυξη*», η κάθε ομάδα μαθητών/ριών επίλεξε μία από τις έξι θεματικές ενότητες, που θεώρησε περισσότερο ενδιαφέρουσα για την ίδια, και με την κατάλληλη καθοδήγηση της εκπαιδευτικού έκανε ένα περίγραμμα δουλειάς προγραμματίζοντας τον τρόπο δράσης της.

β) Διδακτική αξιοποίηση του ψηφιακού περιβάλλοντος Wikispaces

Για την ανάπτυξη της εργασίας, οι μαθητές/ριες εργάστηκαν αρκετές ώρες στο εργαστήριο Πληροφορικής. Δημιούργησαν έναν ιστοχώρο (http://pilatou.wikispaces.com), με τη βοήθεια του προγράμματος wikispaces. Τα παιδιά επισκέπτονταν συχνά τις σελίδες του συγκεκριμένου δικτυακού τόπου για να σημειώσουν τα αποτελέσματα της εργασίας τους, να ανεβάσουν φωτογραφικό υλικό, εικόνες, βίντεο, κ.ά. ή για να λάβουν οδηγίες και σχετική καθοδήγηση για το πώς θα έπρεπε να εξελίξουν την εργασία τους. Το περιβάλλον wikispaces επιλέχθηκε για τη διεξαγωγή της εν λόγω εργασίας για τους εξής λόγους:

ΠΡΙΝ ή ΚΑΤΑ την έναρξη της εργασίας

βοήθα τον/ην εκπαιδευτικό στην οργάνωση του αντικειμένου της διδασκαλίας και του τρόπου δουλειάς των μαθητών/ριών,

συμβάλλει στον καταμερισμό του αντικειμένου της διδασκαλίας στις ομάδες των μαθητών/ριών που προϋπάρχουν – ή που δημιουργούνται – στην τάξη,

βοηθά τους/ις μαθητές/ριες να αποκτήσουν μια ενιαία και ολοκληρωμένη εικόνα για το θέμα και το περιεχόμενο της εργασίας που πρόκειται να διαπραγματευθούν.

ΚΑΤΑ τη διάρκεια της εργασίας

δίνει τη δυνατότητα στα παιδιά να συμμετέχουν ενεργά κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας για να επιλύσουν ένα πρόβλημα, να σχεδιάσουν μια έρευνα δράσης ή να προσεγγίσουν με διερευνητικό τρόπο θέματα/ ζητήματα που αφορούν στην καθημερινή τους ζωή,

επιτρέπει στους/ις μαθητές/ριες να αναπτύξουν πολυτροπική παρουσίαση της πληροφορίας – αφού έχουν στη διάθεσή τους ήχο, βίντεο, φωτογραφίες, κ.ά. – που τους/ις ενθαρρύνουν να συμμετέχουν πιο ενεργά και στο σύνολό τους για την επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας,

δίνει τη δυνατότητα στους/ις μαθητές/ριες να επικοινωνούν και να συνεργάζονται μεταξύ τους (Lund and Smördal 2006), να παρακολουθούν την εξέλιξη της εργασίας της κάθε ομάδας και να παρεμβαίνουν, στο βαθμό που χρειάζεται, ώστε να αξιολογούν και να αξιολογούνται και κυρίως να βελτιώνουν και να βελτιώνονται ως προς την ποιότητα της εργασίας τους (Bruns and Humphreys 2005).

Στο ΤΕΛΟΣ της εργασίας

προκύπτει ένα συνολικό/ ομαδικό αποτέλεσμα, το οποίο αποτελεί προϊόν συλλογικής δουλειάς και προσπάθειας,

αυξάνεται το αίσθημα ικανοποίησης, και ενισχύεται η αυτοπεποίθηση των μαθητών/ριών, διότι αισθάνονται ως οι δημιουργοί αυτής της συλλογικής δουλειάς,

οι μαθητές/ριες είναι σε θέση να ενημερώνουν τους συμμαθητές/ριες και τους/ις εκπαιδευτικούς άλλων τάξεων, αλλά και τους γονείς τους για τα αποτελέσματα της δουλειάς τους,

οι μαθητές/ριες μπορούν να εφαρμόζουν/ αξιοποιούν τις γνώσεις που αποκτούν σε παρόμοιες προβληματικές καταστάσεις ή σε ζητήματα της καθημερινής τους ζωής.

Επιπροσθέτως, η χρήση του ψηφιακού περιβάλλοντος wikispaces και ο συγκεκριμένος τρόπος δουλειάς των παιδιών θεωρείται ότι:

μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών/ριών και την επιθυμία τους να συμμετέχουν πιο ενεργά στη διδασκαλία (Karasavvidis & Karagiannidis 2012),

ενισχύει τον ομαδικό τρόπο δουλειάς (Karasavvidis 2009), τη συζήτηση και την ανταλλαγή απόψεων στην ομάδα, ώστε τα μαθησιακά αποτελέσματα να είναι πιο βελτιωμένα, και

τούς δίνει τη δυνατότητα να εξοικειωθούν με βασικές δεξιότητες που αφορούν στη χρήση και αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδασκαλία, δεδομένου ότι χειρίζονται μια ποικιλία μαθησιακών περιβαλλόντων, δυναμικά εξελισσόμενων, πάντα με στόχο την επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας/ διαθεματικού τύπου εργασίας.

γ) Περιγραφή των δραστηριοτήτων της κάθε ομάδας εργασίας

Η <u>πρώτη (1η) ομάδα εργασίας</u> ανέλαβε τη θεματική ενότητα: <u>Διαχείριση υδάτινων πόρων</u>. Σε αυτό το θεματικό πεδίο εντάσσεται η πρώτη (από τις τρεις) εισαγωγική δραστηριότητα στην οποία συμμετείχαν όλες οι ομάδες εργασίας και η οποία αφορούσε στη δημιουργία αφίσας/ ζωγραφιάς για τη διαχείριση του νερού στην καθημερινή ζωή. Στόχος της δραστηριότητας ήταν οι μαθητές/ριες να εισαχθούν ομαλά στα θέματα του νερού, να διατυπώσουν τις απόψεις τους για τον τρόπο χρήσης του στην καθημερινή ζωή, τις περιπτώσεις κατασπατάλησής του και τους πιθανούς τρόπους εξοικονόμησης των υδάτινων πόρων. Επιπλέον, μέσα από τη συγκεκριμένη δραστηριότητα, επιδίωξη αποτέλεσε τα παιδιά να εξοικειωθούν με τον ομαδικό τρόπο δουλειάς, να αναπτύξουν συνεργατικού τύπου δεξιότητες, να εκφράσουν τις απόψεις τους, να συζητήσουν, να ανταλλάξουν επιχειρήματα και να καταλήξουν σε ομαδικά συμπεράσματα για το θέμα της εργασίας τους.

Πιο συγκεκριμένα, η κάθε ομάδα μαθητών/ριών επίλεξε ένα θέμα το οποίο σχετιζόταν με τη χρήση/ κατασπατάληση/ εξοικονόμηση του νερού στην καθημερινή ζωή (π.χ. η χρήση του νερού στο μπάνιο). Το κάθε παιδί προσπάθησε με βάση το θέμα αυτό να αποτυπώσει μια ζωγραφιά, να δημιουργήσει μια αφίσα, και να σημειώσει πάνω σε αυτήν και ένα μήνυμα πάντοτε με κατεύθυνση την ορθολογική χρήση του νερού στη ζωή του ανθρώπου (βλ. εικόνες 1 και 2). Στη συνέχεια, οι ζωγραφιές που συγκεντρώθηκαν (24 συνολικά), βαθμολογήθηκαν από τους/ις ίδιους/ες τους/ις μαθητές/ριες, και έτσι προέκυψαν οι τρεις επικρατέστερες, τις οποίες η πρώτη ομάδα εργασίας «ανέβασε» στο υλικό των σελίδων της εργασίας της.

Η <u>δεύτερη (2η) ομάδα μαθητών/ριών</u> ασχολήθηκε με την ενότητα: <u>Αειφόρο Σχολείο – Εξοικονόμηση νερού και ενέργειας στο σχολείο ή/και στο σπίτι</u>. Η συγκεκριμένη θεματική ενότητα έδωσε τη δυνατότητα στα παιδιά όλης της τάξης να δουλέψουν τη δεύτερη εισαγωγική δραστηριότητα, η οποία αφορούσε στην ανάπτυξη ερωτηματολογίου για τη χρήση του νερού στο σχολείο ή/και στο σπίτι ή/και γενικότερα στην καθημερινή ζωή.

Στόχος ήταν οι μαθητές/ριες να ασχοληθούν με τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων, τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων αυτών, την εξαγωγή τελικών συμπερασμάτων και τη διάχυση των αποτελεσμάτων της δικής τους έρευνας. Συγκεκριμένα, τα παιδιά του Δ1 τμήματος, που εκπόνησαν αυτή τη διαθεματικού τύπου δραστηριότητα, συζήτησαν σε επίπεδο ολομέλειας τον τρόπο ανάπτυξης ενός ερευνητικού εργαλείου, όπως είναι το ερωτηματολόγιο. Η κάθε ομάδα πρότεινε μία ερώτηση κλειστού τύπου, η οποία θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στο ερωτηματολόγιο και η ομάδα που είχε την ευθύνη της συγκεκριμένης ενότητας ανέλαβε να το γράψει, να το διαμορφώσει και να το φωτοτυπήσει τόσες φορές όσες ήταν οι τάξεις του σχολείου, δηλαδή έξι φορές. Τελικά, καταρτίστηκε ένα ερωτηματολόγιο που περιείχε οκτώ (8) ερωτήσεις. Οι ερωτήσεις αυτές αφορούσαν στον τρόπο χρήσης του νερού από τα παιδιά, όταν κάνουν μπάνιο στο σπίτι τους, όταν βουρτσίζουν τα δόντια τους, όταν περισσεύει νερό στο ποτήρι τους, ή στο πώς ενεργούν τα ίδια όταν βλέπουν κάποιον να πλένει το δρόμο με το λάστιχο, όταν οι γονείς τους πλένουν το αυτοκίνητο ή ποτίζουν τα φυτά στον κήπο ή πλένουν το κατοικίδιό τους ή όταν οι ίδιοι/ες οι μαθητές/ριες διαπιστώνουν κάποια βλάβη σε μια βρύση του σχολείου τους.

Αμέσως μετά, οι έξι ομάδες εργασίας επισκέφθηκαν, την ώρα του μαθήματος, τις έξι τάξεις του σχολείου – είκοσι (20) τμήματα συνολικά – ζήτησαν προφορικά τις απόψεις των μαθητών/ριών και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο (διαφορετικό έντυπο για κάθε τάξη). Έτσι, αφού συγκεντρώθηκαν οι απόψεις όλων των παιδιών του σχολείου –πάνω από 450 μαθητές/ριες απάντησαν στις 8 ερωτήσεις – η ομάδα που είχε την ευθύνη της συγκεκριμένης ενότητας έκανε την καταμέτρηση των απαντήσεων των παιδιών, έβγαλε τα τελικά αποτελέσματα, τα ανακοίνωσε στο σχολείο και ανάρτησε τα σχετικά συμπεράσματα στη σελίδα της στο δικτυακό χώρο.

Η τρίτη (3η) ομάδα μαθητών/ριών επίλεξε τη θεματική ενότητα: αειφόρος διαχείριση δασών. Τα παιδιά της συγκεκριμένης ομάδας καλούνταν να μελετήσουν – ψάχνοντας σε βιβλία, εγκυκλοπαίδειες, διαδίκτυο, επικοινωνία με μαθητές/ριες άλλων σχολείων και περιοχών – χαρακτηριστικούς θάμνους και δέντρα της ελληνικής μεσογειακής βλάστησης. Εναλλακτικά, μπορούσαν να πραγματοποιήσουν μια μελέτη πεδίου στο πλαίσιο της οποίας θα επισκέπτονταν ένα θαμνώνα της περιοχής τους και θα κατέγραφαν μικρούς και μεγάλους θάμνους. Για την υλοποίηση των δύο αυτών δραστηριοτήτων, οι μαθητές/ριες της τρίτης ομάδας είχαν, επιπλέον, στη διάθεσή τους – σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών – πρόσθετο πληροφοριακό υλικό που μπορούσαν να αναζητήσουν στις ιστοσελίδες του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και στην ιστοσελίδα Ελληνικής Εταιρίας προστασίας της φύσης.

Η τέταρτη (4η) ομάδα μαθητών/ριών, ασχολήθηκε με την ενότητα: Γεωποικιλότητα/ Ποιότητα του εδάφους και υπεδάφους – Διάβρωση/ Ερημοποίηση. Οι συγκεκριμένοι/ες μαθητές/ριες – μετά τις εισαγωγικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν σε επίπεδο τάξης – επισκέφθηκαν στο διαδίκτυο ιστοσελίδες που προτείνονται στο Πρόγραμμα Σπουδών για το θεματικό πεδίο «*Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη*», προκειμένου να αναζητήσουν εικόνες που παρουσιάζουν έντονο το στοιχείο της διάβρωσης ή της ερημοποίησης, να μελετήσουν τις φωτογραφίες αυτές, να παρουσιάσουν στη σελίδα της εργασίας τους κάποια χαρακτηριστικά αποσπάσματα για τα δυο φαινόμενα και αφού συζητήσουν στην ομάδα τους τον τρόπο εμφάνισης/ δημιουργίας των δύο φαινομένων, να οδηγηθούν σε συλλογικά συμπεράσματα για τον τρόπο αντιμετώπισής τους. Αναφορικά με το πρόσθετο υλικό, αυτό εστιάζεται στον οδηγό ανάπτυξης διαθεματικών δραστηριοτήτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης του Π.Ι., στον Ιστότοπο της Ε.Ε, στο Διδακτικό Πακέτο της Γεωλογίας – Γεωγραφίας του Π.Ι. και σε ένα βίντεο που αναπτύχθηκε από την εκπαιδευτικό της τάξης, όπου αναδεικνύονται με ανάγλυφο τρόπο τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία των δύο φαινομένων.

Η πέμπτη (5η) ομάδα παιδιών επίλεξε την ενότητα: Πολιτιστική Κληρονομιά και Πολιτισμική Ποικιλότητα – Μνημεία και χώροι πολιτιστικής κληρονομιάς. Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου πεδίου προτείνονται στα παιδιά ιστοσελίδες με ποικίλο εκπαιδευτικό υλικό, προκειμένου να αναζητήσουν και να εντοπίσουν ποιήματα, λογοτεχνικά κείμενα, τραγούδια, ιστορίες, μύθους,

παραμύθια ή/και παραδόσεις για μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς που βρίσκονται στον τόπο τους.

Η συγκεκριμένη εργασία αποτέλεσε την αφορμή ώστε να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο τάξης η τρίτη εισαγωγική δραστηριότητα, που θα έδινε τη δυνατότητα σε όλες τις ομάδες να εργαστούν συλλογικά και να αναζητήσουν δεδομένα για στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς που τούς ήταν γνωστά και οικεία – π.χ. το πρώτο υδραγωγείο της Λάρισας. Επιπλέον, η συγκεκριμένη δραστηριότητα θεωρήθηκε ότι θα βοηθούσε τους/ις μαθητές/ριες να αναπτύξουν συνεργατικού τύπου δεξιότητες, θα τούς έδινε τη δυνατότητα να προβληματιστούν, να διεξάγουν μικρές και σύντομες ερευνητικές εργασίες και θα τούς ωθούσε να αναπτύξουν δράσεις για την αντιμετώπιση θεμάτων που αφορούν στο βασικό συστατικό της ζωής που είναι το νερό.

Ειδικότερα, στο πλαίσιο της δραστηριότητας, προγραμματίστηκε και πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στη ΔΕΥΑ Λάρισας. Προηγουμένως, τα παιδιά σε κάθε ομάδα είχαν ετοιμάσει ερωτήσεις για ζητήματα που αφορούν στο δίκτυο ύδρευσης της Λάρισας, πόσο καθαρό είναι, πόσο κατάλληλες και σύγχρονες οι υποδομές και οι εγκαταστάσεις, ποια είναι η έκταση του δικτύου, τον τρόπο ύδρευσης της πόλης της Λάρισας – από πηγές, από τον Πηνειό ποταμό, γεωτρήσεις, κ.ά. – καθώς και θέματα οικονομικού ενδιαφέροντος που εστιάζονταν κυρίως στον προβληματισμό «*γιατί να πληρώνουμε, και μάλιστα αδρά, αφού αυτό το αγαθό μας το παρέχει η ίδια η φύση;*» ή πώς θα μειωθεί το κόστος της ύδρευσης.

Κατά την επίσκεψη της τάξης στη ΔΕΥΑ Λάρισας, έγινε ξενάγηση των παιδιών στον περιβάλλοντα χώρο. Συγκεκριμένα, οι μαθητές/ριες γνώρισαν την πρώτη ατμομηχανή που χρησιμοποιήθηκε στους χώρους της εγκατάστασης για την ύδρευση της πόλης, είδαν από κοντά το πρώτο υδραγωγείο που κατασκευάστηκε για τον ίδιο λόγο (βλ. εικόνα 3), πλησίασαν στην κοίτη του ποταμού και διέκριναν πάνω σε ένα τσιμεντένιο πάσσαλο το ύψος στο οποίο μπορεί να φτάσει η στάθμη του ποταμού, ειδικά κατά τους χειμερινούς μήνες, επισκέφτηκαν την έκταση γύρω από τις εγκαταστάσεις, όπου η ΔΕΥΑΛ πρόκειται να δημιουργήσει ένα πάρκο πρασίνου, εισήλθαν στο χώρο του χημείου όπου παρατήρησαν σε ένα μικροσκόπιο πώς είναι τα κύτταρα του βρώμικου και του καθαρού νερού και στο τέλος συγκεντρώθηκαν όλοι και όλες σε ένα χώρο με τους εκεί υπευθύνους για να συζητηθούν τα ερωτήματα των παιδιών και να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα.

Η <u>έκτη (6η) ομάδα μαθητών/ριών</u> ασχολήθηκε με τη θεματική ενότητα: <u>Φυσικές Καταστροφές/ Διαχείριση περιβαλλοντικών κρίσεων</u>. Ειδικότερα, οι μαθητές/ριες δραστηριοποιήθηκαν με μια μελέτη περίπτωσης στο πλαίσιο της οποίας αναζήτησαν ένα άρθρο στον τύπο που περιέγραφε ένα πρόσφατο μεγάλο σεισμό, ώστε να προσδιορίσουν τα χαρακτηριστικά του φαινομένου του σεισμού και να συζητήσουν για τις συνέπειές του. Εναλλακτικά, μπορούσαν να διεξάγουν μια έρευνα, με τη βοήθεια του διαδικτύου, προκειμένου να απαντήσουν σε ερωτήματα που αφορούν στον τρόπο τέλεσης των σεισμών, να καταγράψουν μεγάλους σεισμούς της τελευταίας εικοσαετίας και να κάνουν μια χαρτογραφική αποτύπωση των ηφαιστείων στον ελλαδικό χώρο, προκειμένου να εξάγουν συμπεράσματα για τη σεισμικότητα της περιοχής.

Εικόνα 3
Το πρώτο υδραγωγείο της Λάρισας

Αντί συμπερασμάτων

Από την ενασχόληση των μαθητών/ριών με τη συγκεκριμένη διαθεματικού τύπου εργασία, προκύπτουν στοιχεία, που από εκπαιδευτικής σκοπιάς, έχει ενδιαφέρον να αναφερθούν, να επισημανθούν και να σχολιαστούν, ώστε στο μέλλον να αξιοποιηθούν καταλλήλως για περαιτέρω βελτίωση της καθημερινής σχολικής πρακτικής. Συγκεκριμένα, από την ενεργό δράση και συμμετοχή των μαθητών/ριών γίνεται φανερό ότι το διδακτικό μαθησιακό πεδίο «*Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη*» πραγματεύεται θέματα που προκαλούν

θετικά το ενδιαφέρον των παιδιών, ηλικίας 10 ετών. Οι σκοποί και οι στόχοι του Προγράμματος Σπουδών, για το εν λόγω επιστημονικό πεδίο, καθώς και οι δραστηριότητες που αυτό – το Π.Σ. – προτείνει, φαίνεται ότι ανταποκρίνονται στο ηλικιακό στάδιο εξέλιξης των παιδιών και οι μαθητές/ριες μπορούν να αντεπεξέλθουν στις ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου μαθήματος.

Ένα ακόμα στοιχείο που βοήθησε στην ουσιαστική διαπραγμάτευση του νέου νοήματος από τα παιδιά, δεδομένου ότι κατέκτησαν σε σημαντικό βαθμό τους σκοπούς και τους στόχους της διδασκαλίας, είναι το γεγονός ότι η εργασία τους είχε ομαδοσυνεργατικού τύπου χαρακτηριστικά. Οι τρεις εισαγωγικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν (αφίσα – ερωτηματολόγιο – επίσκεψη στη ΔΕΥΑΛ), βοήθησαν τα παιδιά να αναπτύξουν συνεργατικού τύπου δεξιότητες, ενώ επιπλέον, συνέβαλαν στη δημιουργία κλίματος ομόνοιας και ομοψυχίας σε κάθε τετράδα – ομάδα – μαθητών/ριών. Όσον αφορά το ψηφιακό περιβάλλον wikispaces, τα παιδιά το χρησιμοποίησαν για να οργανώσουν τον τρόπο δουλειάς τους και για να εξελίξουν την εργασία τους, δεδομένου ότι αντλούσαν ποικίλο πληροφοριακό υλικό από το διαδίκτυο, το οποίο ενσωμάτωναν κατάλληλα στις σελίδες της εργασίας τους. Επιπλέον, το συγκεκριμένο περιβάλλον εργασίας έδωσε τη δυνατότητα στους/ις μαθητές/ριες να αναπτύξουν τις δραστηριότητες με ένα δυναμικά εξελισσόμενο τρόπο, αφού μπορούσαν να βελτιώνουν διαρκώς το υλικό και την εμφάνιση των σελίδων τους, ενώ αλληλεπιδρούσαν εσωτερικά με τις άλλες ομάδες, λέγοντας τη γνώμη τους, παίρνοντας ιδέες ή/και προτείνοντας τρόπους περαιτέρω ανάπτυξης/ βελτίωσης ενός θέματος.

Ένα ακόμα στοιχείο που χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς είναι ότι αυτές οι «ανοιχτού» τύπου διαθεματικές εργασίες, οι οποίες συνδέονται με μια ποικιλία παραγόντων και καταστάσεων καθημερινής ζωής, προτείνεται να προσεγγίζονται μέσα από «ανοιχτά», δυναμικά εξελισσόμενα περιβάλλοντα όπως το wikispaces. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να αναπτυχθεί, να εξελιχθεί περισσότερο, να τροποποιηθεί ή και να εμπλουτιστεί σταδιακά, με τρόπο ώστε να χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για θέματα που σχετίζονται με το νερό στη φύση.

Βιβλιογραφία

Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (2007-2013). Πρόγραμμα Σπουδών του διδακτικού – μαθησιακού πεδίου «Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη» υποχρεωτικής εκπαίδευσης, ΕΣΠΑ 2007-2013\Ε.Π.Ε. & ΔΒΜ \Α.Π. 1-2-3 ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα)

Πιλάτου Β. (2003). Μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών/ριών της Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για το ηλεκτρικό ρεύμα και τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης, αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ρούσσινος, Δ. & Τζιμογιάννης, Α. (2012). Μελέτη της συμμετοχής και της συν-εργασίας φοιτητών για την ανάπτυξη περιεχομένου μέσω wiki. Στο Χ. Καραγιαννίδης, Π. Πολίτης & Η. Καρασαββίδης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας & Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2012

Σταυρίδου, Ε. (2000). Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Μια εφαρμογή στο δημοτικό σχολείο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος

Bradley, L., Lindstrom, Rystedt, H. & Vigmo, S. (2010). Language learning in a wiki: Student contributions in a web based learning environment. *Themes in Science and Technology Education*, 3(1-2), 63-80

Bruns, A. & Humphreys, S. (2005). Wikis in teaching and assessment: The M/Cyclopedia project. Proceedings of the ACM WikiSym 05: International Symposium on Wikis, San Diego, CA, 25-32

Karasavvidis, I. (2009). Wiki work as collaborative work: exploring aspects of collaboration, Proceedings of ICER Conference, 16th – 18th Nov., Madrid, Spain

Karasavvidis, I. & Karagiannidis, C. (2012). From failure to success: rethinking Wiki use in university settings, Technological and Social Environments for Interactive Learning, in Jovanovic, J. and Chiong, R. (Eds), Santa Rosa, California: Informing Science Press (in press)

Lund, A. & Smördal, O. (2006). Is there a place for the teacher in a wiki? In WikiSym '06: Proceedings of the 2006 international symposium on Wikis (pp. 37-46). New York: ACM Press

Sheehy, G. Yeomans, P. & Wheeler, d. (2008). The good, the bad and the wiki: Evaluating student-generated content for collaborative learning. British journal of Educational Technology, 39(6), 987-995

Zorko, V. (2009). Factors affecting the way students collaborate in a wiki for English language learning. Australian journal of Educational Technology, 25(5), 645-665

Γνώσεις και απόψεις παιδιών για τη σημασία του νερού για την επιβίωση: μελέτη περίπτωσης μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

Ξενιτίδου Σοφία[1], Τζαμπερής Νεζάμ[2]
Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας, email: xenitidou@noesis.edu.gr
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, email: tzaberis@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Μέσα στον κυκεώνα των δυσεπίλυτων περιβαλλοντικών προβλημάτων η εκπαίδευση για την αειφορία, διαφαίνεται ότι είναι ο κύριος μηχανισμός που μπορεί να προετοιμάσει και να ενεργοποιήσει τα άτομα και τις ομάδες ώστε να δραστηριοποιηθούν για την αναδόμηση της κατάστασης. Σκοπός της έρευνας, η οποία διενεργήθηκε στο πλαίσιο εκπαιδευτικού προγράμματος στο Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας, είναι η διερεύνηση των γνώσεων και απόψεων των μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε ζητήματα που αφορούν στο νερό. Η διερεύνηση αυτή είναι σημαντική για τη διαμόρφωση κατάλληλων παρεμβάσεων σε προγράμματα που υλοποιεί ο φορέας με στόχο την εκπαίδευση για την αειφορία. Τα δεδομένα της έρευνας φανερώνουν περιορισμένη αντίληψη των μαθητών για τη σημασία του νερού, τη γνώση για τους κίνδυνους που διατρέχει και τους τρόπους προστασίας του. Επίσης, ελλιπής παρουσιάζεται να είναι η γνώση και κατανόηση σε ό,τι αφορά τις έννοιες κατανάλωση και σπατάλη, που διαπιστώνεται μέσω αποχής, ελλιπών ή λανθασμένων απαντήσεων.

Abstract

Facing the serious environmental problems of today, education for sustainability seems to be the main mechanism that can prepare and enable individuals and groups to take action. The purpose of the current survey, conducted in the framework of an educational program at the Science Center and Technology Museum, is to investigate the knowledge and views of primary school students on issues related to water. This research is important for developing appropriate future programs implemented by this organisation to promote education for sustainability. The survey data show limited understanding by the students about the importance of water, and knowledge about the relative dangers and the ways of protecting water. There is also evidence of low knowledge and understanding regarding the concepts of consumption and wastefulness, through abstinence, incomplete or incorrect responses.

Εισαγωγή

Τα περίπλοκα και δυσεπίλυτα περιβαλλοντικά προβλήματα που ταλανίζουν σήμερα τον πλανήτη παραμένουν να διαιωνίζονται εξαιτίας του τρόπου ζωής των ατόμων και έχουν τις ρίζες τους βαθιά στα θεμέλια της κοινωνίας. Η επιστήμη, όπως αναφέρει ο Suzuki (2010), επιβεβαιώνει ότι η κρίση του περιβάλλοντος είναι κρίση της ανθρώπινης κοινωνίας. Οι επισημάνσεις των ειδικών για την αύξηση της σοβαρότητας και της πολυπλοκότητας των περιβαλλοντικών ζητημάτων δεν φαίνεται να γίνονται αντιληπτές (Harper 1996, Coleman & Cressey 1999, Macionis 2001). Οι εφαρμοζόμενες λύσεις οι οποίες προωθούνται από το καπιταλιστικό, καταναλωτικό σύστημα δεν αποδίδουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Huckle 2012). Αντιθέτως, το σύστημα αυτό προτάσσει την επικέντρωση στις ατομικές επιδιώξεις, στηριζόμενο στο πρότυπο που ο ίδιος ο άνθρωπος διαμορφώνει για την ικανοποίηση των υλιστικών του απαιτήσεων (Dahl 2007, Webster & Johnson 2008).

Η επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων απαιτεί βαθιά διαφοροποίηση στον τρόπο σκέψης και συμπεριφοράς των ατόμων και πρέπει να είναι ανάλογη του μεγέθους των τεράστιων προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης (McKibben 2006). Το φάσμα αυτών των αλλαγών θα πρέπει να συνεισφέρει τόσο σε κοινωνικό όσο και σε ατομικό επίπεδο, μέσω της κατάλληλης εκπαίδευσης, σε μια υπεύθυνη ζωή και να συνδέει την ατομική αλλαγή με την κοινωνική δράση. Να είναι προσανατολισμένη στην πράξη και να μπορεί να ενισχύσει τη θεωρητική κατανόηση, τη συναισθηματική ανάπτυξη καθώς και τη συνειδητή δέσμευση (Dahl

2012). Στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, όπως αναφέρει ο Heimlich (2008), πολλοί θεωρούν ότι ο στόχος είναι η αλλαγή της συμπεριφοράς προς πιο φιλοπεριβαλλοντικές πρακτικές, ενώ άλλες απόψεις προτάσσουν την ανάγκη της καλλιέργειας μιας διανοητικής υπόστασης, η οποία θα επιτρέπει στα άτομα να αυτενεργούν, χωρίς επιβολές κατευθυνόμενης συμπεριφοράς.

Η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων δεν περιορίζεται στην ποσοτική, αλλά, κυρίως, στην ποιοτική αλλαγή. Υποστηρίζοντας αυτή την αρχή, η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία, έχει ως βασική επιδίωξη να παρέχει στους μαθητές την απαιτούμενη γνώση, τη δυνατότητα οραματισμού εναλλακτικών τρόπων ανάπτυξης, την ικανότητα σχεδιασμού κατά περίπτωση αλλαγών, την ετοιμότητα επίλυσης προβλημάτων, την ενεργή εμπλοκή σε συμμετοχικές διαδικασίες και να τους καταστήσει ικανούς για δράση (Sutton & Kemp 2002). Υπηρετώντας τα παραπάνω κριτήρια, αναμφισβήτητα η εκπαιδευτική αυτή διαδικασία μπορεί να συνεισφέρει τα μέγιστα στη διαμόρφωση υπεύθυνης περιβαλλοντικής στάσης (Hwang et al. 2000).

Όμως αναφέρει ο Stevenson (2007), για την ανεύρεση αποτελεσματικών τρόπων επίλυσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων σημαντικός αριθμός διεθνών οργανισμών, κυβερνήσεων και τοπικών κοινωνιών στρέφονται προς την κατεύθυνση της επιστήμης, της έρευνας και της εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση των γνώσεων μαθητών του δημοτικού σχετικά με θέματα που αφορούν στο νερό, με ιδιαίτερη επικέντρωση στις έννοιες κατανάλωση, σπατάλη και ρύπανση. Η επιλογή του θέματος στηρίζεται στην επιτακτική ανάγκη για ευαισθητοποίηση στα ζητήματα που αφορούν στους υδάτινους πόρους, ειδικά αν αναλογιστεί κανείς ότι ο πληθυσμός της γης αναμένεται μέχρι το 2050 να φτάσει στα 9 δισεκατομμύρια (UNFPA 2009) και η σταθερή αύξηση της ζήτησης για αγροτικά προϊόντα ασκεί σοβαρές πιέσεις στους υδάτινους πόρους (WWAP 2009). Η επικρατούσα πρακτική του ανθρώπου μέσα από όλες τις δραστηριότητές του συμβάλλει καταλυτικά τόσο στην άμεση, όσο και στην έμμεση ρύπανση με αποτέλεσμα τη μείωση των κατάλληλων επίγειων και υπόγειων αποθεμάτων γλυκού νερού, θέτοντας συχνά σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα συνολικά του υδατικού οικοσυστήματος (Corcoran et al. 2010).

Μεθοδολογία της έρευνας

Ως προς το σκοπό της η έρευνα είναι περιγραφική, με κεντρική επιδίωξη να προσδιορισθούν και να εκτιμηθούν οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των παιδιών για θέματα σχετικά με το νερό. Τον πληθυσμό αναφοράς της έρευνας αποτελούν οι μαθητές της Α/θμιας εκπαίδευσης της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης. Το δείγμα αποτελείται από 91 μαθητές των τριών τελευταίων τάξεων του δημοτικού που συμμετείχαν στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Θερινή απόδραση 2011», το οποίο διοργανώνεται και υλοποιείται από το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας «ΝΟΗΣΙΣ».

Το ερευνητικό εργαλείο που επιλέχθηκε είναι το ερωτηματολόγιο, καθώς αποτελεί το κατεξοχήν μέσο συλλογής δεδομένων στις κοινωνικές επιστήμες (Robson 2010). Διανεμήθηκε πιλοτικά σε πέντε μαθητές αντίστοιχων τάξεων, οι οποίοι δεν συμμετείχαν στο πρόγραμμα, για να διαπιστωθούν τυχόν αδυναμίες, ελλείψεις, ασάφειες, να αποφευχθούν μετέπειτα δυσκολίες και να εξασφαλισθεί η εγκυρότητα για το ερευνητικό εργαλείο (Βάμβουκας 2002: 262). Το ερωτηματολόγιο απαρτίζεται συνολικά από 21 ανοιχτές και κλειστές ερωτήσεις, από τι οποίες οι 5 γενικές και οι 16 ειδικές.

Με βάση τους στόχους της έρευνας, στους οποίους εστιάστηκε η ανάλυση των αποτελεσμάτων, διατυπώθηκαν συνοπτικά τα εξής διερευνητικά ερωτήματα: οι μαθητές γνωρίζουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών κατανάλωσης και σπατάλης; Γνωρίζουν τις πηγές ρύπανσης; Αντιλαμβάνονται τους κινδύνους που διατρέχει το νερό;

Αποτελέσματα

Από τα 91 παιδιά που συμμετέχουν στην έρευνα, ως προς το φύλο, κατά πλειονότητα, είναι αγόρια, με ποσοστό 68,1% και 31,9% κορίτσια. Ως προς τις τάξεις, την τετάρτη έχει τελειώσει ποσοστό 45,1% του δείγματος, την πέμπτη 40,7% και την έκτη 14,3%. Σε ό,τι αφορά το επάγγελμα

του πατέρα, η πλειονότητα δηλώνει «ελεύθερος επαγγελματίας» με ποσοστό 44%, ενώ σε δεύτερη θέση δηλώνει «ιδιωτικός υπάλληλος» με ποσοστό 28,6%. Το επάγγελμα της μητέρας είναι, κυρίως, «δημόσιος υπάλληλος» με ποσοστό 37,4% και σε δεύτερη θέση «ιδιωτικός υπάλληλος» με ποσοστό 26,4%. Ως προς την εκπαίδευση των γονιών και στις δύο περιπτώσεις δηλώνεται ότι έχουν πραγματοποιήσει πανεπιστημιακές σπουδές, ο πατέρας σε ποσοστό 82,4% και η μητέρα σε ποσοστό 84,6%.

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων της ερώτησης διερεύνησης γνώσεων σχετικά με την επιφάνεια της γης που καλύπτεται από νερό, παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειονότητα του δείγματος με ποσοστό 94,51% υποστηρίζει «το περισσότερο».

Όσον αφορά στην ερώτηση σχετικά με την κατά προσέγγιση ποσότητα του πόσιμου νερού στη φύση, φανερώνεται ότι μικρό ποσοστό (14,29%) του δείγματος γνωρίζει την πραγματική ποσότητα του 1%. Η πλειονότητα των ερωτώμενων απαντάει λανθασμένα, συγκεκριμένα με ποσοστό 19,78% ότι το πόσιμο νερό στη φύση είναι 12% και 20% αντίστοιχα. Στην ίδια κατεύθυνση υποστηρίζονται από το δείγμα με ποσοστό 14,29% οι ποσότητες 8% και 25% αντίστοιχα, ενώ ποσοστό 13,19% δεν απαντάει.

Πίνακας 1: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με το πόσιμο νερό στη φύση.

Ξέρεις πόσο περίπου από το νερό που υπάρχει στη φύση είναι πόσιμο;	**N**	**%**
1%	13	14,29
8%	15	16,48
12%	18	19,78
20%	18	19,78
25%	15	16,48
Δεν απάντησαν	12	13,19

Όσον αφορά στην ερώτηση σχετικά με το πόσο χρήσιμο θεωρούν το νερό για τη ζωή στη γη, οι μαθητές στη συντριπτική τους πλειονότητα το αξιολογούν ως «πάρα πολύ» απαραίτητο, με ποσοστό 93,41%.

Σχετικά με τις τρεις μορφές στις οποίες συναντάμε το νερό στη φύση, από την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων αναδύεται ότι η πλειονότητα υποστηρίζει και τις τρεις -υγρό, στερεό, αέριο- με ποσοστό 56,04%. Με μικρότερο ποσοστό, 6,59% δηλώνονται οι μορφές «αέριο & υγρό», με 5,49% «αλμυρό και γλυκό», με 4,4% «ποτάμια, λίμνες, θάλασσες» και με 3,3% «βροχή, χαλάζι, χιόνι». Είναι αξιοσημείωτο ότι ένα σημαντικό ποσοστό (24,18%) δεν ανταποκρίνεται στην ερώτηση.

Στην ερώτηση διερεύνησης της γνώσης σχετικά με την κινητήρια δύναμη του κύκλου του νερού στη φύση, η πλειονότητα του δείγματος δεν γνωρίζει ή δεν απαντά με ποσοστό 54,95%. Ποσοστό 18,68% των μαθητών δηλώνει τον ήλιο και τη θερμοκρασία. Με μικρότερα ποσοστά αναφέρουν τα σύννεφα, το νερό, τη βροχή-εξάτμιση και τον αέρα-ζέστη.

Από τα στατιστικά δεδομένα της έρευνας, σχετικά με τους βασικότερους παράγοντες ρύπανσης του νερού, φανερώνεται ότι ποσοστό 48,35% του δείγματος δηλώνει την όξινη βροχή, 39,56% τα αστικά λύματα και 9,89% την ατμόσφαιρα. Μικρό ποσοστό (2,2%) δεν απαντά.

Στην ερώτηση «πού πιστεύεις ότι καταναλώνει την μεγαλύτερη ποσότητα νερού ο άνθρωπος;» όπως παρατηρείται, η πλειονότητα των μαθητών απαντάει «στις οικιακές χρήσεις» (πόση, πλύσιμο, μπάνιο κ.ά.) με ποσοστό 69,23%. Μόνο μικρό ποσοστό (12,09%) του υπό έρευνα δείγματος παρουσιάζεται να γνωρίζει ότι ο κύριος καταναλωτής νερού είναι η άρδευση.

Πίνακας 2: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με τις δραστηριότητες όπου καταναλώνεται περισσότερο νερό από τον άνθρωπο.

Πού πιστεύεις ότι καταναλώνει την μεγαλύτερη ποσότητα νερού ο άνθρωπος;	**N**	**%**
Οικιακές χρήσεις	63	69,23
Πότισμα & άρδευση	11	12,09
Ύδρευση & παραγωγή ενέργειας & θέρμανση	4	4,40
Άλλα (παραγωγή ενέργειας & στη βιομηχανία)	2	2,20
Δεν απάντησαν	11	12,09

Στην ερώτηση καταγραφής απόψεων σχετικά με την οικιακή δραστηριότητα όπου καταναλώνεται η μεγαλύτερη ποσότητα νερού, σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των κατηγοριοποιημένων απαντήσεων η πλειονότητα του δείγματος σημειώνει την προσωπική υγιεινή, με ποσοστό 46,15%. Με ποσοστό 24,18% οι μαθητές δηλώνουν τις οικιακές εργασίες, όπως πλύσιμο στα πλυντήρια ρούχων και πιάτων ή πλύσιμο πιάτων στο χέρι και με ποσοστό 13,19% δηλώνουν την πόση. Μικρό ποσοστό (5,49%) του δείγματος υποστηρίζει άλλες δραστηριότης και το 10,99% απέχει από την συμπλήρωση της απάντησης.

Πίνακας 3: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με τις δραστηριότητες όπου καταναλώνεται περισσότερο νερό στο σπίτι.

Για ποια δραστηριότητα στο σπίτι θεωρείς ότι καταναλώνεται το περισσότερο νερό;	**N**	**%**
Οικιακές εργασίες	22	24,18
Προσωπική υγιεινή	42	46,15
Πόση	12	13,19
Άλλη (πλύσιμο αυτοκινήτου, σπατάλη σε παιχνίδια)	5	5,49
Δεν απάντησαν	10	10,99

Σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνας, από την ερώτηση όπου επιχειρείται ανίχνευση των απόψεων του υπό έρευνα δείγματος αναφορικά με τη σπατάλη νερού στο σπίτι, προκύπτει ότι η προσωπική υγιεινή (βούρτσισμα δοντιών, γέμισμα μπανιέρας) δηλώνεται με ποσοστό 49,45%. Σε δεύτερη θέση κατά σειρά βρίσκονται τα άτομα που είτε δεν γνωρίζουν, είτε δεν απαντούν, με ποσοστό 20,88%. Τα πλυντήρια και το πλύσιμο των πιάτων υποστηρίζονται σε ποσοστό 15,38%. Με μικρότερα ποσοστά, 6,59%, 4,40% και 3,30%, δηλώνονται το πότισμα, η σπατάλη σε παιχνίδια και το πλύσιμο αυτοκινήτου.

Πίνακας 4: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με τις δραστηριότητες όπου σπαταλιέται περισσότερο νερό.

Για ποια δραστηριότητα στο σπίτι σπαταλάμε περισσότερο νερό;	**N**	**%**
Οικιακές εργασίες	14	15,38
Προσωπική υγιεινή	45	49,45
Σπατάλη σε παιχνίδια	4	4,40
Πότισμα	6	6,59
Πλύσιμο αυτοκινήτου	3	3,30
Δεν απάντησαν	19	20,88

Στην ερώτηση διερεύνησης γνώσης σχετικά με τους οργανισμούς που έχουν ανάγκη το νερό, η πλειονότητα του δείγματος, με ποσοστό 64,84%, απαντά «όλοι», ενώ το 35,16% είτε δεν ανταποκρίνεται στην ερώτηση, είτε προσεγγίζει ελλιπώς την απάντηση. Αναλυτικότερα,

καταγράφονται με ίσα ποσοστά (6,59%) «ζώα και άνθρωποι» και «άνθρωποι και φυτά». Τα «ψάρια» υποστηρίζονται με ποσοστό 8,79% και το 13,19% του δείγματος δεν απαντά.

Αναφορικά με τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να προστατεύσουμε το νερό στον πλανήτη, από την ανάλυση των δεδομένων φανερώνεται ότι οι ερωτώμενοι, με ποσοστό 37,36%, δηλώνουν τον περιορισμό της σπατάλης, με ποσοστό 36,26% την αποφυγή της ρύπανσης και με ποσοστό 15,38% τη σπατάλη και τη ρύπανση.

Πίνακας 5: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με τις τρόπους προστασίας του νερού στον πλανήτη.

Με ποιους τρόπους πιστεύεις ότι μπορούμε να προστατεύσουμε το νερό στον πλανήτη;	**N**	**%**
Αποφεύγοντας τη σπατάλη	34	37,36
Αποφεύγοντας τη ρύπανση	33	36,26
Αποφεύγοντας ρύπανση & σπατάλη	14	15,38
Άλλο (ανακύκλωση, εξοικονόμηση ρεύματος)	6	6,59
Δεν απάντησαν	4	4,40

Στην ερώτηση διερεύνησης αντιλήψεων του δείγματος «τι θα σκεφτόσουν αν άνοιγες τη βρύση και δεν έτρεχε καθόλου νερό, γιατί θα είχε εξαντληθεί;», από την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων παρατηρείται ότι μεγάλο ποσοστό (43,96%) των μαθητών αποδίδει το πρόβλημα στην σπατάλη. Ο προβληματισμός για την επιβίωση, η απερισκεψία του ανθρώπου και η έλλειψη σεβασμού για τη διαφύλαξη και διατήρηση αυτού του φυσικού αγαθού υποστηρίζεται με ποσοστό 19,78%. Το υπολειπόμενο ποσοστό (36,26%) του ερευνητικού δείγματος είτε δεν γνωρίζει/δεν απαντά είτε προσεγγίζει το θέμα με πολύ ρηχό τρόπο, όπως «έκοψαν το νερό, δεν υπάρχει αρκετό για όλους, πρέπει να πάρω εμφιαλωμένο νερό, πρόβλημα δικτύου κ.ά.»

Σε ό,τι αφορά στη διερεύνηση των απόψεων του δείγματος για τους τρόπους εξοικονόμησης νερού στο σπίτι, από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, αναδύεται ότι η συντριπτική πλειονότητα του δείγματος, με ποσοστό 84,62%, δηλώνει θετικούς τρόπους, όπως «να μην κάνουμε πολλή ώρα μπάνιο, να κρατάμε το νερό του μπάνιου και για άλλες χρήσεις στο σπίτι, ντους αντί μπάνιου, λιγότερο νερό στο καζανάκι, έλεγχος διαρροών κ.ά». Το 3,3% των μαθητών προτείνει άλλες πρακτικές, ενώ το ποσοστό των ατόμων που δεν απαντούν στην ερώτηση είναι 12,09%.

Αναφορικά με τους κινδύνους τους οποίους διατρέχει το νερό, η άποψη του δείγματος, σε ποσοστό 50,55%, επικεντρώνεται στη ρύπανση και τη μόλυνση. Η απειλή από τον άνθρωπο σημειώνεται με ποσοστό 13,19%. Με μικρότερα ποσοστά, 9,89% και 7,69% αντίστοιχα, καταγράφονται η σπατάλη, ξεχωριστά, και η ρύπανση/σπατάλη, μαζί. Το ποσοστό των μαθητών που δεν ανταποκρίνονται στην ερώτηση είναι 14,29%.

Πίνακας 6: Κατανομή συχνοτήτων των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος σχετικά με τους σημαντικότερους κινδύνους για το νερό.

Από τι πιστεύετε ότι κινδυνεύει περισσότερο το νερό στη Γη;	**N**	**%**
Ρύπανση/μόλυνση	46	50,55
Από τον άνθρωπο	12	13,19
Καύσιμα και πετρέλαιο	2	2,20
Σπατάλη	9	9,89
Άνοδος θερμοκρασίας γης	2	2,20
Ρύπανση & σπατάλη	7	7,69
Δεν απάντησαν	13	14,29

Στην ερώτηση αναφορικά με τις πρακτικές που μπορούν να εφαρμόσουν τα παιδιά στην κατεύθυνση εξοικονόμησης νερού, από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρείται ότι το υπό έρευνα δείγμα, με ποσοστό 48,89%, δηλώνει την σπατάλη. Με ποσοστό 32,43% καταγράφονται απαντήσεις που δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, όπως «καθαρισμός ακτών, όχι σκουπίδια στη θάλασσα, αλλάζοντας ιδέες όταν ενηλικιωθούν, να μην κάνουν κάθε μέρα μπάνιο και να μην πλένουν κάθε μέρα τα πιάτα, να μη λερώνουν τα ρούχα τόσο πολύ κ.ά.». Οι μαθητές που δεν ανταποκρίνονται στη ερώτηση συγκεντρώνουν ποσοστό 18,68%.

Συζήτηση - συμπεράσματα

Καθημερινά τεράστιες ποσότητες ρυπογόνων ουσιών εισέρχονται και αναμειγνύονται με το νερό, ενώ οι αρμόδιοι επιστήμονες επισημαίνουν την επιτακτική ανάγκη διαφύλαξης των υδάτινων πόρων (Κουσουρής 2008). Η αλόγιστη χρήση, η πλημμελής διαχείριση και η υποβάθμιση, μολονότι παρουσιάζονται ως προβλήματα που χρήζουν επίλυσης κατά προτεραιότητα, ελάχιστα βήματα ουσιαστικής βελτίωσης έχουν πραγματοποιηθεί. Με στόχο τη βιωσιμότητα και την αειφορική ισορροπία του φυσικού αυτού πολύτιμου αγαθού επιβάλλεται να υιοθετηθούν οι κατάλληλες πολιτικές και πρακτικές. Το πρόβλημα της συνεχιζόμενης υποβάθμισης του περιβάλλοντος και ειδικότερα της ρύπανσης των υδάτων και της λειψυδρίας, αποτέλεσε το βασικό κίνητρο για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας.

Με βάση τα ευρήματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, επιχειρείται η εξαγωγή συμπερασμάτων, τα οποία δεν μπορούν να γενικευτούν, καθώς το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό και δεν καλύπτει όλες τις παραμέτρους του υπό εξέταση θέματος. Σύμφωνα με το σκοπό και τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν, καταγράφεται έλλειψη γνώσης γύρω από τις έννοιες της κατανάλωσης, της σπατάλης και της ρύπανσης. Πιο αναλυτικά, αναφορικά με τις ερωτήσεις για την καλυπτόμενη επιφάνεια της γης από νερό και την αναγκαιότητά του για την ύπαρξη ζωής, η πλειονότητα του δείγματος δηλώνει ότι γνωρίζει. Στην ίδια κατηγορία ερωτήσεων, αντίστοιχο ποσοστό δηλώνει άγνοια για τον κύκλο του νερού και την ποσότητα στην οποία αυτό βρίσκεται σε πόσιμη μορφή στη φύση. Από την προσπάθεια διερεύνησης των γνώσεων του ερευνητικού δείγματος για περεταίρω πτυχές του θέματος, προκύπτει ότι περιορισμένος αριθμός μαθητών αντιλαμβάνεται τη σημασία του νερού για την επιβίωση και γνωρίζει τις δραστηριότητες στις οποίες απορροφούνται οι μεγαλύτερες ποσότητες, τους κίνδυνους που διατρέχει και τους τρόπους προστασίας του. Παρατηρείται επίσης, περιορισμένη γνώση και κατανόηση σε ό,τι αφορά στις έννοιες κατανάλωση και σπατάλη, που διαπιστώνεται μέσω αποχής, ελλιπών ή λανθασμένων απαντήσεων. Οι διαπιστώσεις αυτές συνιστούν πιθανή ένδειξη ότι δεν παρέχεται στους μαθητές ουσιαστική γνώση του θέματος μέσα από τις διάφορες πηγές ενημέρωσης και πληροφόρησης, όπως είναι η τυπική εκπαίδευση, η οικογένεια, ή τα μέσα ενημέρωσης. Οι πηγές αυτές δεν φαίνεται να εκπληρώνουν αποτελεσματικά το ρόλο τους, υποβαθμίζοντας, ενδεχομένως, το γεγονός ότι η γνώση είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την εκδήλωση φιλοπεριβαλλοντικής συμπεριφοράς (Αναστόπουλος 2005). Σε αυτό το πλαίσιο, ο ρόλος της εκπαίδευσης στη διαμόρφωση περιβαλλοντικά υπεύθυνων πολιτών είναι αποφασιστικής σημασίας και, ιδιαίτερα με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων, μπορεί να «δεσμεύσει» τους μαθητές στη διδασκαλία και να επιτρέψει την ευκολότερη περαιτέρω μεταφορά της γνώσης (Kyriacides et al. 2002, Campbell et al. 2004).

Με βάση τα στοιχεία από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας διατυπώνονται, με κάθε επιφύλαξη, επιγραμματικές προτροπές και προτάσεις που ενδεχομένως μπορούν να συμβάλλουν, κατά περίπτωση, στη βελτίωση των περιβαλλοντικών προγραμμάτων. Να ενσωματωθούν στα προγράμματα που υλοποιούνται εκπαιδευτικές δραστηριότητες που να συνδέουν την περιβαλλοντική πραγματικότητα με κοινωνικές αξίες, όπως η κοινωνική υπευθυνότητα- δικαιοσύνη και η έννοια του ενεργού πολίτη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να καλλιεργήσει στους σημερινούς μαθητές και αυριανούς πολίτες την ολιστική προσέγγιση, την ανάπτυξη κριτικής ικανότητας και ανάλυσης. Να ενταχθεί στα προγράμματα η έννοια της φιλοσοφίας, των αρχών και των χαρακτηριστικών της αειφορίας, ώστε η βελτίωση του γνωστικού υπόβαθρου να κεντρίσει το ενδιαφέρον και να προσφέρει ερεθίσματα για

δραστηριοποίηση και ενδυνάμωση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και δράσης των συμμετεχόντων. Να προωθηθεί η προσέγγιση των υπαρκτών προβλημάτων της τοπικής κοινωνίας, ώστε να αντιληφθούν τη σύνδεση του ανθρώπου με το φυσικό περιβάλλον. Να εκπονηθούν ειδικά προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης προσαρμοσμένα στις εκάστοτε ανάγκες των ομάδων, που να αντλούν τη θεματολογία τους από επίκαιρα ζητήματα της καθημερινότητας, με σκοπό την αλλαγή των καθημερινών συνηθειών και πρακτικών για χάρη του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Αναστόπουλος, Χ. (2005). *Στάσεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου απέναντι στο θαλάσσιο περιβάλλον.* Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Βάμβουκας, Μ. (2002). *Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία*. Αθήνα: Γρηγόρη.

Κουσουρής, Θ. (2008). *Υδατικοί πόροι*. Ανάσυρση στις 19/3/2008 από http://www. perivallon.com/ material.html.

Robson, C. (2010). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου* (μεταφρ. Β. Νταλακου & Κ. Βασιλικού). Αθήνα: Gutenberg.

Campbell, J., Kyriakides, L., Muijs, D., Robinson, W. (2004). *Assessing teacher effectiveness. Developing a differentiated model.* London: Routledge Falmer.

Coleman, J. W. & Cressey, D. R. (1999). *Social Problems.* 7th Edition. New York: Longman.

Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. & Savelli, H. (eds). (2010). *Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment.* United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal.

Dahl, A. (2007). Ethical challenges of climate change. Paper at the *11th annual conference of International Environmental Forum*, Ottava, 12-14 October 2007. Accessed on 15th June 2011 at www.bcca.org/ ief/ddahl07b.htm.

Dahl, A. (2012). Alternatives to the consumer society. Paper presented at the *PERL 2nd International Conference*, Berlin, 19-20 March 2012.

Harper, C. L. (1996). *Environment and Society.* Upper Saddle River: Prentice Hall.

Heimlich, J.E. & Ardoin, N.M. (2008): Understanding behavior to understand behavior change: a literature review. *Environmental Education Research, 14*:3, 215-237.

Huckle, J. (2012). Even more sense and sustainability. *Environmental Education Research*. DOI:10.1080/13504622.2012.665851

Hwang, Y. H., Kim. S.L. & Jeng, J. M. (2000). Examining the causal relationships among selected antecedents of responsible environmental behavior. *The Journal of Environmental Education*, 31(4), 19-24.

Kyriacides, L., Campbell, J. & Christofidou, E. (2002). Generating criteria for measuring teacher effectiveness through a self-evaluating approach: a complementary way of measuring teacher effectiveness. *School Effectiveness and School Improvement,* 13, (3), 291-325.

Macionis, J. J. (2001). *Sociology.* 7th Edition. Upper Saddle River: Prentice Hall.

McKibben, B. (2006). A deeper Shade of Green. *National Geographic, Voices*. August.

Stevenson, R. (2007). Schooling and environmental/sustainability education: From discourses of policy and practice to discourses of professional learning. *Environmental Education Research*, *13*(2): 265-285.

Sutton, S. E., & Kemp, S. P. (2002). Children as partners in neighborhood place making: Lessons from intergenerational design charrettes. *Journal of Environmental Psychology*, 22, 171-189.

Suzuki, D. (2010). *The legacy. An elder's vision for our sustainable future*. Greystone Books.

UNFPA (2009). State of World Population 2009 - Facing a changing world: women, population and climate. Accessed on 10th May 2011 at http://www.unfpa.org/swp/2009/en/pdf/EN_SOWP09.pdf.

Webster, K. & Johnson, C. (2008). *Sense & Sustainability: Educating for a Low Carbon World*. United Kingdom: TerraPreta.

WWAP-World Water Assessment Programme (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.* Paris: UNESCO, and London: Earthscan.

Η εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο: Μια καινοτόμος διδακτική προσέγγιση

Μαρία-Ραφαέλα Τζιουβάρα [1]
Κουτσικουρή Αθηνά [2]
[1]*Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ms0340@eled.uowm.gr*
[2]*Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, atkou@hotmail.gr*

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η διαδικασία σχεδιασμού ενός προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο πλαίσιο συγκρότησης ενός θεματικού πλαισίου μάθησης για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο. Το σχέδιο εργασίας που προτείνεται είναι αποτέλεσμα ερευνητικής εργασίας, η οποία στοχεύει στη διερεύνηση του δυναμικού συσχέτισης βασικών στόχων περιεχομένου όπως προδιαγράφονται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, αλλά και βασικών δεξιοτήτων όπως ο πειραματισμός, η διερευνητική μάθηση, η ομαδοσυνεργατική εργασία, η εμπλοκή σε καταστάσεις προβληματισμού, η διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης. Αφορά δε την ανάγκη διερεύνησης ενεργειακών πρακτικών φιλικών προς το περιβάλλον που μπορούν να εφαρμοστούν στο σχολείο, τον κατεξοχήν χώρο δραστηριοποίησης και κοινωνικοποίησης των παιδιών. Η υλοποίηση των στόχων του σχεδίου εργασίας θα πραγματοποιηθεί μέσω ιστοεξερεύνησης, πολυκριτηριακής ανάλυσης, κατασκευής εννοιολογικών χαρτών και δημιουργίας οικολογικού αποτυπώματος που αφορά την ιδανική ενεργειακή κατάσταση του σχολικού κτιρίου, κατασκευή μακέτας και portfolio. Καθ' όλη τη διάρκεια του project πραγματοποιείται αξιολόγηση.

Abstract

This paper discusses the steps needed for the planning of an Environmental Project, integrated in a thematic program about energy efficiency in schools. The project plan proposed, which springs from our related research paper, aims to discuss the association of skills with primary content objectives, as set by the Interdisciplinary Unified Framework Curriculum. It promotes experimentation, inquiry-based learning, collaborative teamwork, and critical thinking; it encourages posing questions, stating hypotheses, and making deductions; it cultivates overall environmental awareness. It also explores the need for implementation of green practices in schools, which are pivotal for the students' social development. The meeting of the project's objectives will be achieved through WebQuests, multi-criteria analysis, concept maps, calculation of the ideal ecological footprint of the school building, model construction, and portfolio creation. All steps of the project are under constant evaluation.

Εισαγωγή

Η σημερινή ενεργειακή κατάσταση στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης χαρακτηρίζεται από τη χρήση συμβατικών κυρίως πηγών ενέργειας. Λόγω όμως της αβεβαιότητας που επικρατεί για τη μελλοντική εξέλιξη και ύπαρξη αυτών των πηγών είναι επιτακτική η ανάγκη στροφής στη χρήση ανανεώσιμων πηγών και σε μεθόδους εξοικονόμησης ενέργειας. Η ορθή χρήση της ενέργειας είναι απαραίτητη τόσο για την αποτελεσματική λειτουργία του ενεργειακού τομέα των χωρών και για τον περιορισμό εκροής συναλλάγματος, όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Είναι σημαντικό να αλλάξει η στάση των πολιτών όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και πρωταρχικό ρόλο προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να διαδραματίσει η εκπαίδευση. Τα ενεργειακά ζητήματα μπορούν να συμπεριληφθούν σε μαθήματα όπως τα Μαθηματικά, τα Φυσικά, η Μελέτη του Περιβάλλοντος, το μάθημα της Τεχνολογίας και της Χειροτεχνίας, ακόμα και στα μαθήματα της Γλώσσας. Οι εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες παίζουν ζωτικό ρόλο στην ευαισθητοποίηση ως προς το θέμα αυτό καθώς έχουν αντίκτυπο στους νέους οι οποίοι με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν τις οικογένειες τους και την κοινωνία γενικά στην ορθολογική χρήση ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψη σύγχρονες θέσεις σχετικά με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο σχολείο προτείνουμε την οργάνωση ενός σχεδίου εργασίας που θα χαρακτηρίζεται από διεπιστημονικότητα, μάθηση έξω από το σχολείο, ενεργό συμμετοχή, ανακαλυπτική μάθηση μέσω διερεύνησης και ομαδική εργασία (Stevenson 1987, Jensen & Schack 1997, Παπαδημητρίου 2006). Ειδικότερα, θα ασχοληθούμε με την εξέταση των ενεργειακών πρακτικών που χρησιμοποιούνται στο σχολείο. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα εμπλακούν στη διερεύνηση του προβλήματος της κατασπατάλησης ενέργειας στο σχολείο, που απαιτεί τον προσδιορισμό του προβλήματος, το σχεδιασμό της μεθόδου διερεύνησης, την αξιολόγηση, καταγραφή και ταξινόμηση των πληροφοριών και την παρουσίαση τους (Παπαδημητρίου 2006). Οι μαθητές λοιπόν, καθώς συλλέγουν πληροφορίες από διάφορες πηγές (τηλεόραση, περιοδικά, γονείς, σχολείο), στη διεξαγωγή του project καλούνται οι ίδιοι να αναλάβουν δράση και να διερευνήσουν ενεργειακές πρακτικές φιλικές προς το περιβάλλον που μπορούν να εφαρμοστούν στο σχολείο. Στο τέλος οι μαθητές θα διατυπώσουν προτάσεις για την επίλυση του προβλήματος σε συνεργασία με τους δασκάλους και την κοινότητα. Το σχέδιο εργασίας αυτό θα μπορέσει να αποτελέσει την αρχή για τη μετατροπή του σχολείου μας σε ένα πράσινο-αειφόρο σχολείο, ακόμα και να ενεργοποιήσει τους υπόλοιπους μαθητές ή μαθητές άλλων σχολείων.

Πριν τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές έχουν ήδη ασχοληθεί με ενότητες σχετικές με το περιβάλλον και την ενέργεια σε προηγούμενη τάξη (Μελέτη Περιβάλλοντος Δ΄ τάξης- ενότητα 3η «Η φύση είναι το σπίτι μας- Φυσικό περιβάλλον και προστασία») και στο μάθημα των Φυσικών της Ε΄ τάξης («Ενέργεια στην καθημερινή ζωή και αποθήκες ενέργειας», όπου γίνεται σύντομη αναφορά για τις μορφές ενέργειας και τις πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες και μη).

Σχέδιο εργασίας: Η εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο

Διδακτικοί Στόχοι

Οι στόχοι της συγκεκριμένης εργασίας σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο του αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών. Οι μαθητές πρέπει :

- Να εντοπίσουν πώς οι έννοιες υπερθέρμανση του πλανήτη, φαινόμενο του θερμοκηπίου και εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα, επηρεάζουν η μια την άλλη, σαν ανάλογες μεταβλητές, καθώς αποτελούν όψεις του ίδιου νομίσματος.
- Να πληροφορηθούν σχετικά με το τι είναι ενέργεια και ποιες είναι οι πηγές της.
- Να κατανοήσουν τι είναι συμβατική ενέργεια και τι ανανεώσιμη.
- Να ενημερωθούν σχετικά με το ποια μορφή ενέργειας (συμβατική ή ανανεώσιμη) χρησιμοποιείται ευρύτερα σήμερα και γιατί.
- Να κατανοήσουν ότι κύριος στόχος των βιοκλιματικών σχολείων είναι η εξοικονόμηση ενέργειας.
- Να συγκρίνουν το σχολείο μας με ένα βιοκλιματικό σχολείο (χωροθέτηση, χρήση πηγών ενέργειας ανανεώσιμων ή μη, ύπαρξη πρασίνου) μέσω ενός ερωτηματολογίου.
- Να αντιληφθούν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός βιοκλιματικού σχολείου, να τα καταγράψουν στη μορφή εννοιολογικού χάρτη και να πραγματοποιήσουν αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους.
- Να εξοικειωθούν με την αναζήτηση πληροφοριών και την διασταύρωση αυτών σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Να αξιολογήσουν οι ίδιοι την απόδοση τους με βάση κάποια κριτήρια που τους δίνονται.
- Να αποκτήσουν δεξιότητες λήψης αποφάσεων.

Το θεματικό σχέδιο εργασίας οργανώνει τις επιμέρους δράσεις σε τρεις φάσεις, τη φάση διερεύνησης του θεματικού πλαισίου, την κύρια φάση εργασίας και την τελική φάση παρουσίασης και αξιολόγησης.

Α΄ φάση: Διερεύνηση του θεματικού πλαισίου- Ψυχολογική και Γνωσιολογική Προετοιμασία

Κατά τη φάση της διερεύνησης προβάλλουμε στην ολομέλεια της τάξης ένα video http://www.youtube.com/watch?v=-Jp3pNQ7Ow8, το οποίο περιλαμβάνει πληθώρα περιβαλλοντικών προβλημάτων προτείνοντας παράλληλα και λύσεις τους. Συζητάμε με τους μαθητές σχετικά με τα περιβαλλοντικά προβλήματα που είδαμε και καταλήγουμε ότι τα σημαντικότερα από αυτά οφείλονται στη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας. Αποφασίζουμε να διερευνήσουμε δυνατότητες ορθολογικότερης χρήσης και εξοικονόμησης της ενέργειας στο σχολείο μας. Στη συνέχεια δημιουργείται μαζί με τα παιδιά στο λογισμικό inspiration έναν εννοιολογικό χάρτη όπου καταγράφονται οι πρώτες ιδέες των παιδιών για το θέμα (Joseph & Cañas 2008). Προκύπτουν έτσι ερωτήματα προς διερεύνηση όπως τα παρακάτω:

1. Από πού μπορούμε να αντλήσουμε περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;
2. Σε τι βαθμό επιβαρύνει το σχολείο μας το περιβάλλον και τι τάξεως είναι η αλλαγή-μείωση που θα γίνει με τη χρήση περιβαλλοντικά φιλικών πρακτικών;
3. Πως μπορούμε να μετρήσουμε τις ενεργειακές καταναλώσεις των συσκευών που λειτουργούν στο σχολείο μας και το κόστος τους για το σχολείο και το περιβάλλον;
4. Πώς μπορεί να γίνει εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση συγκεκριμένων υλικών ή συσκευών;
5. Μπορούμε να αναλάβουμε την πρωτοβουλία για την κινητοποίηση των υπόλοιπων μαθητών του σχολείου, αλλά και ανθρώπων της ευρύτερης κοινότητάς μας, ενημερώνοντάς τους για την έρευνά μας και τα αποτελέσματά της;

Για την πραγματοποίηση του project θα στηριχθούμε σε υλικό που οι μαθητές θα αντλήσουν από το διαδίκτυο με τη μέθοδο της ιστοεξερεύνησης (Dodge 1995). Θα χρησιμοποιήσουμε φύλλα εργασίας και πληροφόρησης και προσομοιώσεις. Θα πραγματοποιήσουμε επισκέψεις και συνεντεύξεις, θα κάνουμε κατασκευές και θα παίξουμε παιχνίδι ρόλων.

Β΄ φάση: Κυρίως εργασία

Οι δραστηριότητες θα πραγματοποιηθούν τόσο σε ομάδες όσο και στην ολομέλεια της τάξης. Κάθε μαθητής στην ομάδα έχει συγκεκριμένη εργασία, η οποία καθορίζεται από το είδος της δραστηριότητας ενώ παράλληλα προβλέπεται και εναλλαγή των ρόλων των μαθητών. Στην πορεία του σχεδίου εργασίας, διαμορφώνονται νέες ομάδες έρευνας, ομάδες ειδικών σύμφωνα με τη μέθοδο Jigsaw (Aronson & Patnoe 2011). Στις νέες ομάδες, οι μαθητές εμβαθύνουν σε ένα συγκεκριμένο θέμα και μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας επιστρέφουν στις αρχικές ομάδες και ενημερώνουν τα υπόλοιπα μέλη για τα αποτελέσματα της έρευνάς τους. Κάθε ομάδα συνεισφέρει στη δημιουργία του τελικού προϊόντος τόσο με τα αποτελέσματα της εργασίας τους, όσο και με την αλληλεπίδραση της με τις υπόλοιπες ομάδες.

Δραστηριότητα 1η

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων, εργάζονται σε υπολογιστή με την καθοδήγηση του φύλλου εργασίας και καλούνται να γράψουν, ομαδικά, μια παράγραφο 10 σειρών με θέμα την υπερθέρμανση του πλανήτη. Δίνονται κάποιες ηλεκτρονικές διευθύνσεις ώστε οι μαθητές να αναζητήσουν πληροφορίες. Στη συνέχεια, καλούνται να αξιολογήσουν οι ίδιοι την απόδοσή τους στη δραστηριότητα που τους ανατέθηκε. Αφού ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, κάθε ομάδα διαβάζει την παράγραφό της στην ολομέλεια. Με τη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές πληροφορούνται για την υπερθέρμανση του πλανήτη, για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα και για τα τρέχοντα στατιστικά στοιχεία. Στο τέλος της ιστοεξερεύνησης αυτής δίνουμε στους μαθητές πίνακα για την αυτο-αξιολόγησή τους ως προς τη δραστηριότητα αυτή με κύριους άξονες τη χρήση των πηγών, την επεξεργασία πληροφορίας, την εγκυρότητα αναφοράς, την επιχειρηματολογία, τη συνεργασία και τον αναστοχασμό.

Δραστηριότητα 2η

Μοιράζουμε σε κάθε παιδί ξεχωριστά έναν πίνακα που περιλαμβάνει πληροφορίες (κόστος κατασκευής, εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα για ένα χρόνο, βαθμό ευθύνης και συμβολή χρηστών σχολείου στην εξοικονόμηση ενέργειας) για τρία διαφορετικά σχολεία. Το τρίτο από τα σχολεία αυτά είναι βιοκλιματικό. Ζητάμε από τους μαθητές να φανταστούν πως βρίσκονται στην επιτροπή έγκρισης για την κατασκευή ενός σχολείου και να αποφασίσουν ποιο από τα τρία θα επέλεγαν. Ακούμε τις προτάσεις τους καθώς και την αιτιολόγηση της απόφασης τους με βάση ένα από τα κριτήρια που τους δίνονται στον πίνακα. Τους ζητάμε να πάρουν μια απόφαση αξιοποιώντας τον πίνακα πολυκριτηριακής ανάλυσης στο σύνολό του (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2005). Στόχος μας είναι να καταλάβουν οι μαθητές ότι σημαντικό κριτήριο στη λήψη απόφασης από τους υπευθύνους μπορεί να είναι το κόστος και όχι το περιβάλλον, και να επιλέξουν αντισταθμίζοντας τα ~~οφέλη~~ πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, τι θα βάλουν ως προτεραιότητα για την κατασκευή του σχολείου. Εξηγούμε τη διαδικασία βελτιστοποίησης όπου προσθέτουμε συντελεστές βαρύτητας στα κριτήρια δίνοντας ένα παράδειγμα στον πίνακα. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές μπορούν να πάρουν αποφάσεις στηριζόμενοι σε όλα τα κριτήρια και με βάση τη λογική αν και πάλι οι αξίες είναι υποκειμενικές και προβάλλονται μέσα από τον τρόπο απόδοσης των συντελεστών. Οι μαθητές, πραγματοποιούν τις πράξεις είτε στο τετράδιο τους είτε με τη βοήθεια υπολογιστή τσέπης και στη συνέχεια ανακοινώνουν την απόφαση τους στην ολομέλεια.

Δραστηριότητα 3η

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα που αφορούν το βιοκλιματικό σχολείο ζητάμε από τους μαθητές να μας πουν που βρίσκεται η διαφοροποίηση του από τα άλλα δυο σχολεία. Έτσι, εισάγουμε την έννοια του βιοκλιματικού σχολείου και δείχνουμε κάποιες εικόνες που αντιστοιχούν σε παραδείγματα τέτοιων σχολείων. Ακόμη, μοιράζουμε στις ομάδες πληροφοριακό υλικό για τα βασικά χαρακτηριστικά ενός βιοκλιματικού σχολείου όπως χρήση ηλιακών συσσωρευτών, μονωτικών υλικών στους τοίχους και τα παράθυρα, συστήματα εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού, αερισμού και σκίασης, ύπαρξη δροσερών στεγών, σωστός χρωματισμός στους τοίχους, ύπαρξη γεωθερμικών αντλιών θέρμανσης, ύπαρξη φυτών ανθεκτικών στο κλίμα και στη μειωμένη χρήση χημικών λιπασμάτων κτλ. Μοιράζουμε ένα ερωτηματολόγιο στους μαθητές προκειμένου να παρατηρήσουν και έπειτα από μεταξύ τους συζήτηση να απαντήσουν κατά πόσο το δικό μας σχολείο προσεγγίζει το βιοκλιματικό.

Δραστηριότητα 4η

Ζητάμε από τους μαθητές να φτιάξουν τον εννοιολογικό χάρτη του βιοκλιματικού σχολείου με κεντρικό όρο την εξοικονόμηση ενέργειας (προκειμένου να μην επεκταθούν οι μαθητές σε όλες τις πτυχές του βιοκλιματικού σχολείου). Οι μαθητές δεν αναγράφουν το όνομα τους αλλά ένα «κωδικό όνομα». Στη συνέχεια μοιράζουμε εκ νέου τους χάρτες, ώστε κάθε μαθητής να αξιολογήσει τον εννοιολογικό χάρτη κάποιου άλλου μαθητή με βάση ένα ερωτηματολόγιο που τους παρέχουμε. Τέλος, επιστρέφουμε τους χάρτες και την αξιολόγηση αυτών στους μαθητές που ανήκουν ώστε να αναστοχαστούν σχετικά με τις επιλογές τους.

Στη συνέχεια δημιουργούμε έναν κεντρικό εννοιολογικό χάρτη στον πίνακα, τον οποίο συμπληρώνουν οι μαθητές με τα στοιχεία που χρησιμοποίησαν στους εννοιολογικούς τους χάρτες. Με τον τρόπο αυτό καταλήγουμε στα σωστά σημεία του εννοιολογικού χάρτη, ενώ οι ίδιοι οι μαθητές με την αξιολόγηση που έχουν κάνει, έχουν επιχειρήματα για να απορρίψουν κάποια λανθασμένα σημεία που προτείνονται από συμμαθητές τους. Τέλος, κλείνουμε με προτάσεις που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο μας και καταλήγουμε σε κάποια ερωτήματα για περαιτέρω διερεύνηση.

Δραστηριότητα 5η

Αρχικά, μοιράζουμε στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας, προκειμένου να θυμηθούν και να πληροφορηθούν για τις βασικές έννοιες της ενέργειας (είδη ενέργειας, μέτρηση ενέργειας).

Περιλαμβάνονται δραστηριότητες σχετικά με την ισχύ και την απόδοση των ηλεκτρικών συσκευών και τις μονάδες μέτρησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, οι μαθητές χωρισμένοι στις ομάδες τους με ειδικό όργανο (το βαττόμετρο), υπολογίζουν την ισχύ διαφόρων συσκευών στο γραφείο των δασκάλων, στο γραφείο του διευθυντή και μέσα στις σχολικές αίθουσες και την ενέργεια που καταναλώνουν σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας τους (διακόπτης κλειστός, διακόπτης ανοιχτός αλλά σε κατάσταση αναμονής, σε λειτουργία) και καταγράφουν τα ευρήματά τους σε φύλλο παρατήρησης. Τέλος, συγκεντρώνονται όλες οι ομάδες και ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων τους. Καταλήγουμε σε συμπεράσματα σχετικά με την κατανάλωση και την εξοικονόμηση ενέργειας σε κάθε συσκευή σε κατάσταση λειτουργίας και σε κατάσταση αναμονής και προτείνουμε να τις απενεργοποιούμε και να τις βγάζουμε από την πρίζα.

Δραστηριότητα 6η

Αφού στην προηγούμενη δραστηριότητα πειραματιστήκαμε με τις συσκευές και παρατηρήσαμε την κατανάλωση ενέργειας, αποφασίζουμε να κάνουμε το οικολογικό αποτύπωμα του σχολείου μας. Θα δούμε την ποσότητα του Διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας των καθημερινών μας συνηθειών που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας. Αναθέτουμε στον κάθε μαθητή τον ρόλο ενός μικρού επιθεωρητή. Κάθε μαθητής επιθεωρεί μια αίθουσα (αίθουσες διδασκαλίας, γραφείο δασκάλων, γραφείο διευθυντή, λεβητοστάσιο) και έχοντας στα χέρια του το ερωτηματολόγιο, συμπληρώνει τα απαραίτητα στοιχεία (σχετικά με τον τύπο των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται, την ύπαρξη ηλεκτρικών συσκευών όπως φαξ, Η/Υ, φωτοτυπικά και την διαχείριση τους μετά το τέλος της εργασίας μας, τι χρησιμοποιείται για την καύση και σε τι ποσότητα κτλ). Φωτοτυπούμε τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια και φροντίζουμε κάθε ομάδα να έχει όλα τα στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας στο σχολείο μας. Οι μαθητές ξεκινούν πλέον να σχεδιάζουν το σχολείο σύμφωνα με τις οδηγίες του λογισμικού οικολογικό αποτύπωμα WWF. Αφού συμπληρωθούν όλα τα στοιχεία βγαίνει το οικολογικό αποτύπωμα του σχολείου μας. Παρατηρούμε την κατάταξη του σε σχέση με άλλα σχολεία που έχουν βγάλει το δικό τους αποτύπωμα και συμπεραίνουμε αν είναι αρκετά φιλικό προς το περιβάλλον. Φωτογραφίζουμε την οθόνη του υπολογιστή και καταγράφουμε τα αποτελέσματα.

Δραστηριότητα 7η

Επιλέγοντας ένα μαθητή από κάθε ομάδα, πραγματοποιούμε μια νέα ομαδοποίηση. Δημιουργούνται, έτσι ομάδες των τεσσάρων μαθητών, με σκοπό να πραγματοποιήσουμε αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο σχετικά με τις εναλλακτικές μορφές και την εξοικονόμηση ενέργειας. Η πρώτη ομάδα αναλαμβάνει να αναζητήσει πληροφορίες σχετικά με τα φωτοβολταϊκά, η δεύτερη σχετικά με τα δέντρα και τη σκίαση και η τρίτη σχετικά με τη μόνωση. Κάθε ομάδα έχει το δικό της φύλλο καταγραφής και αξιολόγησης. Στους μαθητές δίνονται, επίσης, κάποιες καθοδηγητικές ερωτήσεις και συγκεκριμένοι ιστότοποι που θα βοηθήσουν στην έρευνά τους. Οι ρόλοι των μαθητών εναλλάσσονται έτσι ώστε να εξασκηθούν όλοι οι μαθητές στην πλοήγηση στο διαδίκτυο και στην επιλογή των πληροφοριών. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία καθώς επίσης και η αξιολόγηση με βάση το φύλλο που έχουμε μοιράσει στην κάθε ομάδα, οι μαθητές επιστρέφουν στις αρχικές ομάδες τους και ενημερώνουν τα υπόλοιπα μέλη για τα αποτελέσματα της έρευνας τους.

Δραστηριότητα 8η

Αφού επιλύσουμε όποια προβλήματα ανακύψουν σχετικά με την έξοδο των μαθητών από το σχολείο (μεταφορά, ασφάλεια και απαραίτητες άδειες) βγαίνουμε με τους μαθητές εκτός σχολείου. Οι μαθητές τραβούν φωτογραφίες καλών και κακών πρακτικών διατήρησης και εξοικονόμησης ενέργειας τόσο στο σχολείο μας όσο και σε κάποιο άλλο κοντινό σχολικό κτίριο το οποίο είτε είναι βιοκλιματικό, είτε έχει ενσωματώσει πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας.

Έπειτα, τοποθετούν τις φωτογραφίες σε ένα χαρτόνι με τρόπο ώστε να αντιπαραβάλλονται οι κακές με τις ανάλογες καλές πρακτικές και κάθε ομάδα παρουσιάζει ην εργασία της στην ολομέλεια της τάξης.

Δραστηριότητα 9η

Οι ομάδες παίρνουν προσφορές από τέσσερις από τις εταιρείες, τις οποίες έχουμε εντοπίσει με την προηγούμενη ιστοεξερεύνηση, για κάθε μεμονωμένη αλλαγή (πχ. Φωτοβολταικά συστήματα, μόνωση των τοίχων και των παραθύρων, λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας κτλ.). Η κάθε ομάδα επισκέπτεται μια εταιρεία- κατάστημα και χρησιμοποιεί για την έρευνά της φωτογραφική μηχανή και μαγνητόφωνο. Επιστρέφοντας, η κάθε ομάδα ανακοινώνει τα αποτελέσματα της έρευνάς της στις υπόλοιπες ομάδες και από κοινού επιλέγουν την πιο συμφέρουσα προσφορά, που πληροί τα κριτήρια του κόστους και της μεγαλύτερης δυνατής εξοικονόμησης ενέργειας, εξισορροπώντας τα. Έτσι, στο χαρτόνι που έχουμε δημιουργήσει προηγουμένως, προσθέτουμε και τις προτάσεις- προσφορές για το κόστος τους.

Δραστηριότητα 10η

Έχοντας κάνει την έρευνα κόστους, πραγματοποιούμε εκ νέου το οικολογικό αποτύπωμα του σχολείου μας όπου μπορούμε να υπολογίσουμε πόση θα είναι η νέα κατανάλωση ενέργειας. Έπειτα, πραγματοποιούμε σύγκριση του αρχικού και του τελικού αποτυπώματος για να δούμε πόση ενέργεια μπορούμε να εξοικονομήσουμε ενσωματώνοντας τις αλλαγές που προτείνουμε. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με το πρώτο οικολογικό αποτύπωμα και αφού τελειώσουμε φωτογραφίζουμε την οθόνη του υπολογιστή (με screenshot) για να εκτυπώσουμε το αποτέλεσμα και το τοποθετούμε μαζί με τα προηγούμενα δεδομένα που συγκεντρώσαμε.

Δραστηριότητα 11η

Μέσα από τις προηγούμενες δραστηριότητες οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Τώρα καλούνται οι ομάδες να κατασκευάσουν τη μακέτα ενός σχολείου στο οποίο θα προσπαθήσουν να ενσωματώσουν τις προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που διατύπωσαν (προσανατολισμός, σκίαση, φυσικός φωτισμός κτλ). Αφού ολοκληρωθεί η μακέτα κάθε ομάδας, θα κατέβουμε στην αυλή και με τη βοήθεια ενός ηλιακού ρολογιού, θα δούμε ποια είναι η πορεία που ακολουθεί ο ήλιος και προς ποιο σημείο ενδείκνυται να είναι προσανατολισμένη η πρόσοψη του σχολείου. Στη συνέχεια, οι μαθητές έχοντας μπροστά τους προσανατολισμένη τη μακέτα του σχολείου, συμπληρώνουν έναν πίνακα και συζητούν- αιτιολογούν τις επιλογές τους. Στο τέλος της δραστηριότητας δίνεται στους μαθητές φύλλο αυτο-αξιολόγησης.

Δραστηριότητα 12η

Οι μαθητές στην ολομέλεια της τάξης γράφουν επιστολές προς τον Πρόεδρο του Διοικητικού Συμβουλίου του Οργανισμού Σχολικών Κτηρίων, το Δήμαρχο της πόλης και άλλους εμπλεκόμενους φορείς, παρουσιάζοντάς τους τα αποτελέσματα της έρευνας τους και ζητώντας τους να συμβάλλουν στην πραγματοποίηση των αλλαγών που προτείνουν.

Γ΄ φάση: Παρουσίαση- αξιολόγηση

Τελικό προϊόν του σχεδίου εργασίας είναι η δημιουργία ενός portfolio όπου θα υπάρχουν οργανωμένα όλα τα στοιχεία που συγκέντρωσαν οι μαθητές μέσα από τις δραστηριότητες τους και θα αποτελεί την ολοκληρωμένη πρόταση των μαθητών για ένα πιο φιλικό προς το περιβάλλον σχολείο λαμβάνοντας υπόψη και το οικονομικό κόστος. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού θα αναρτήσουν τα στοιχεία αυτά στην ιστοσελίδα του σχολείου.

Με την ολοκλήρωση του σχεδίου εργασίας οι μαθητές θα παρουσιάσουν στο Διευθυντή του σχολείου, στο Σύλλογο γονέων και κηδεμόνων καθώς επίσης και στο σύνολο των μαθητών του σχολείου την πρότασή τους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο τους. Ξεκινούν από το οικολογικό αποτύπωμα του σχολείου και την παρούσα κατανάλωση ενέργειας, έπειτα δείχνουν

τα αποτελέσματα της έρευνας κόστους για κάθε μεμονωμένη αλλαγή που προτείνουν καθώς επίσης και το δεύτερο οικολογικό αποτύπωμα όπου έχουν ενσωματώσει τις προτεινόμενες αλλαγές. Τέλος, οι μαθητές παραθέτουν και τα τιμολόγια των διαφόρων καταστημάτων με τις προσφορές τους καθώς και το εκτυπωμένο αποτέλεσμα της προσομοίωσης που αποδεικνύει την εξοικονόμηση ενέργειας μετά την ενσωμάτωση των αλλαγών. Στόχος των μαθητών είναι τόσο η ενημέρωση όσο και η ενεργοποίηση για ανάληψη δράσης όλων των εμπλεκομένων φορέων.

Το τελικό προϊόν, η παρουσίαση του και η συγγραφή επιστολών (σωστή αλληλουχία δεδομένων, επαρκής υποστήριξη επιχειρημάτων, κατάλληλο επιστημονικό υπόβαθρο των προτάσεων τους κτλ.) αποτελούν την τελική αξιολόγηση των μαθητών. Επίσης, στην πορεία του σχεδίου εργασίας πραγματοποιείται διαμορφωτική αξιολόγηση η οποία στηρίζεται στην αυτό-αξιολόγηση των μαθητών.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα αυτό, προτείνει δραστηριότητες που θα μπορούσαν να διεξαχθούν μέσα στην τάξη και θα βοηθούσαν τους δασκάλους να εξοικειωθούν με τα ενεργειακά ζητήματα αλλά και να μπορέσουν με τρόπο ευφάνταστο και δημιουργικό να ενημερώσουν τους μαθητές πάνω στα θέματα αυτά. Οι δραστηριότητες που προτείνονται στην παρούσα εργασία είναι οργανωμένες γύρω από ένα σχέδιο εργασίας που είναι κοντά στα βιώματα των παιδιών και τα εμπλέκει σε μία διαδικασία που έχει ενδιαφέρον για τα ίδια. Ο ρόλος του/της εκπαιδευτικού θεωρείται σημαντικός τόσο για την κατάλληλη προετοιμασία των δράσεων όσο και για την ενορχήστρωση και διευκόλυνση της μαθησιακής διαδικασίας. Ο εκπαιδευτικός παρέχει τα φύλλα εργασίας και πληροφόρησης, ελέγχει την πορεία της πλοήγησης στο διαδίκτυο, επιλύει διαδικαστικά προβλήματα στην έξοδο από την αίθουσα και διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ των ομάδων. Βασική επιδίωξη αποτέλεσε ο συνδυασμός της μάθησης με την ευαισθητοποίηση και την προώθηση της ενεργειακής συνείδησης στα παιδιά που θα αποτελέσουν τους αυριανούς πολίτες και θα θέσουν σε εφαρμογή τις γνώσεις που αποκόμισαν από το σχολείο.

Βιβλιογραφία

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών (2005, Δεκέμβριος). Development of best management systems for high priority waste streams in Cyprus. Έκθεση σχετικά με τις μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης. LIFE Third Countries Project Number.

Παπαδημητρίου, Β. (2006). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Σχολείο. Μια Διαχρονική Θεώρηση. Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δαρδάνος, Αθήνα.

Aronson, E., & Patnoe, S. (2011). Cooperation in the classroom: The jigsaw method (3rd ed.). Pinter & Martin, Ltd., London.

Dodge, B. (1995b). WebQuests: A technique for Internet-based learning. Distance Educator, 1(2), 10-13.

Jensen, B., & Schack, K. (1997). The Action Competence Approach in Environmental Education. Environmental Education Research, 3 (2), 163-178.

Novak, J. D., & Cañas A. J. (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Institute for Human and Machine Cognition, Florida Ανακτήθηκε από:
http://cmap.ihmc.us/publications/researchpapers/theorycmaps/theoryunderlyingconceptmaps.htm

Stevenson, R. (1987). Schooling and Environmental Education: Contradictions in Purpose and Practice. In Robbotom, I. (ed.), Environmental Education – Practise and Possibility, 69-82. Deakin University Press, Geelong Victoria

Υλικό δανειστήκαμε από τις ηλεκτρονικές σελίδες:

http://www.cres.gr/kape/kidsol/MAIN.htm
http://www.dipe-serron.gr/co2schools/index.php?
http://www.eia.gov/kids/
http://www.helapco.gr/
http://www.osk.gr/UserFiles/File/Bioklimatika.pdf
http://sunandshadow.gr/2010/12/6976/
http://www.cres.gr/energy saving/Ktiria/thermiki prostasia kelyfous hlioprostasia.ht_m
http://www.p-j.gr/energy-saving.php
http://www.fibrotermica.gr/gr/philosophy.php
http://www.stoprasinospiti.gr/services/list/category/monosi/

Συνεδρία 9 : Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική ΙΙ

Το Μοντέλο Διερευνητικής Προσέγγισης ΔΙΕΔΙΑ -Διερευνητικές Διαδρομές (Inquiry Routes - INROU)

Χρύσα Καραγιάννη
Δημήτρης Ψύλλος
22ο Δ.Σ. Θεσσαλονίκης, ckaragian@eled.auth.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, psillos@eled.auth.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο πεδίο της Διερευνητικής Διδασκαλίας και Μάθησης. Σκοπός της είναι η παρουσίαση ενός μοντέλου Διερευνητικής Προσέγγισης, που ονομάσαμε ΔΙΕΔΙΑ «Διερευνητικές Διαδρομές – Inquiry Routes (INROU)» και το οποίο αποτελεί το αποτέλεσμα της συγκριτικής μελέτης 19 επιλεγμένων διερευνητικών μοντέλων, που συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν στα πλαίσια εκπόνησης μεταπτυχιακής εργασίας με τίτλο «Συγκριτική Μελέτη Μοντέλων Διερευνητικής Προσέγγισης. Πρόταση Διερευνητικού Μοντέλου». Η φιλοσοφία του μοντέλου ΔΙΕΔΙΑ τον κυκλικό χαρακτήρα της διερευνητικής διαδικασίας. Η φάση του αναστοχασμού κατέχει κυριάρχη θέση στο μοντέλο, γιατί αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ των φάσεων και το απαραίτητο σκαλοπάτι μετάβασης από την μία φάση στην επόμενη. Η παρουσίαση του μοντέλου ολοκληρώνεται με την περιγραφή μιας πρότασης διδακτικής παρέμβασης. Η πρόταση διδασκαλίας ακολουθεί τη δομή της σύνταξης των φάσεων του μοντέλου και είναι προσανατολισμένη στη γνωστική περιοχή των Φυσικών Επιστημών, εστιάζοντας στα φαινόμενα της Σκιάς και της Παρασκιάς.

Abstract

This paper focuses on the field of inquiry Teaching and Learning. The purpose of this paper is to present an inquiry model, which we called Inquiry Routes (INROU), and is the result of the comparative study 19 selected inquiry models, gathered and analyzed in preparation of thesis entitled" Comparative Study Inquiry models. Inquiry Mode's Suggestion ."The philosophy of the model "Inquiry Routes" showcases the cyclical nature of the inquiry process. The phase of the reflection dominates the model, because it 's the link between the phases and the necessary step transition from one phase to the next. The presentation of the model is completed with the description of a proposed teaching intervention. The teaching proposal follows the writing structure of the model's phases and is oriented to the cognitive area of science, focusing on the effects of shadow and penumbra.

Εισαγωγή

Η ραγδαία αύξηση της επιστημονικής γνώσης και ο επαναπροσδιορισμός των στόχων στην κοινωνία της μάθησης συνεπάγονται τη διεύρυνση των σκοπών της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Από την επιστημονική κοινότητα, πέρα από τη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου, αναδεικνύονται ως σημαντικοί σκοποί η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και των τρόπων κατασκευής της επιστημονικής γνώσης καθώς και η εξοικείωση με τις επιστημονικές μεθόδους μελέτης των φαινομένων.

Πρόσφατα στο χώρο της Διδακτικής των ΦΕ, η προσέγγιση που υιοθετείται από πολλούς ερευνητές και εκπαιδευτικούς για να επιτευχθούν γνωστικοί, μεθοδολογικοί και επιστημολογικοί σκοποί, είναι η διερευνητική - Inquiry-Based Science Education (I.B.S.E.). Με τη σύγχρονη διερευνητική προσέγγιση επιδιώκεται η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, μέσα από τη συνεχή παρατήρηση, τη διατύπωση κατάλληλων ερωτήσεων από εκπαιδευτικούς και μαθητές, ώστε να μετατοπιστεί η προσοχή των παιδιών

από τις απλές ερωτήσεις, στις δυναμικές και εξελισσόμενες ερωτήσεις, κατά την πορεία επίλυσης των προβλημάτων. Η διερεύνητική προσέγγιση είναι η συνειδητή διαδικασία επίλυσης προβλήματος, η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός της έρευνας, η συλλογή πληροφοριών με πολλαπλούς τρόπους, η κριτική θεώρηση της πειραματικής διαδικασίας, ο διαχωρισμός των εναλλακτικών λύσεων, η κατασκευή μοντέλων, η επικοινωνία και αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών καθώς και η διατύπωση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων, (Linn, Davis, & Bell, 2004). Εκπαιδευτικό ενδιαφέρον για τη διερεύνηση, ως διδακτική – μαθησιακή διαδικασία, στην περιοχή των ΦΕ, υπάρχει στο Ενιαίο Διαθεματικό Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ, 2003) και στο νέο πιλοτικό πρόγραμμα διδασκαλίας των ΦΕ (2011), αλλά οι έρευνες και οι συγκεκριμένες διδακτικές προτάσεις ή εφαρμογές της στη χώρα μας είναι ακόμα περιορισμένες.

Επισκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει ότι ερευνητές και εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν διάφορα διερευνητικά μοντέλα (Καραγιάννη, 2012). Υπάρχουν βεβαίως ομοιότητες μεταξύ των μοντέλων, καθώς όλα εκπορεύονται από ένα κοινό σύνολο βασικών σκοπών, στόχων και δεξιοτήτων εντοπίζονται όμως και διαφορές, οι οποίες εστιάζονται στον κύριο σκοπό που υλοποιείται σε κάθε φάση, στη σύνταξη των φάσεών που προτείνεται από τους συγγραφείς του μοντέλου, καθώς και στον τρόπο περιγραφής τους. Η ύπαρξή τους καταδεικνύει αφενός μεν την ποικιλομορφία αφετέρου δε το ότι ο κάθε ερευνητής αντιλαμβάνεται διαφορετικά τη διερευνητική διδακτική-μαθησιακή διαδικασία.

Στο πλαίσιο αυτό σκοπός της εργασίας μας είναι η παρουσίαση ενός καινοτομικού διερευνητικού μοντέλου το οποίο ενσωματώνει, αφενός τα στοιχεία που θεωρούμε απαραίτητα για τη συγκρότηση και αποτύπωση ενός μοντέλου και αφετέρου τα αποτελέσματα συγκριτικής μελέτης επιλεγμένων διερευνητικών μοντέλων. Η παρουσίαση του μοντέλου ολοκληρώνεται με την σύντομη περιγραφή μιας πιλοτικής εφαρμογής του, στα φαινόμενα της Σκιάς και της Παρασκιάς στο Δημοτικό Σχολείο.

Πλαίσιο

Σύμφωνα με τους Joyce-Weil (1992) ένα διδακτικό μοντέλο συγκροτείται από τη σύνταξη των φάσεων, τις αρχές αντίδρασης, το κοινωνικό σύστημα και το σύστημα υποστήριξης. Η σύνταξη σε ένα μοντέλο περιγράφει τη ροή των δράσεων. Δηλαδή αν ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιήσει το μοντέλο, πώς θα αρχίσει; Τι θα κάνει πρώτο και τι δεύτερο; Η σύνταξη περιγράφεται με μια σειρά δραστηριοτήτων που ονομάζονται Φάσεις. Οι αρχές αντίδρασης περιγράφουν τις μεθόδους αντίδρασης που επιλέγει να εφαρμόσει ο εκπαιδευτικός στην τάξη (πχ ο εκπαιδευτικός κρατάει ουδέτερη στάση). Το κοινωνικό σύστημα περιγράφει τους ρόλους των μαθητών και των εκπαιδευτικών (πχ μοντέλο που διευκολύνει την ομαδοσυνεργατική δραστηριότητα). Το σύστημα υποστήριξης αναφέρεται στις δεξιότητες που χρειάζεται ο εκπαιδευτικός για την εφαρμογή του μοντέλου (πχ υπομονή) ή στις ιδιαίτερες τεχνικές ανάγκες που απαιτούνται (πχ υλικοτεχνική υποδομή).

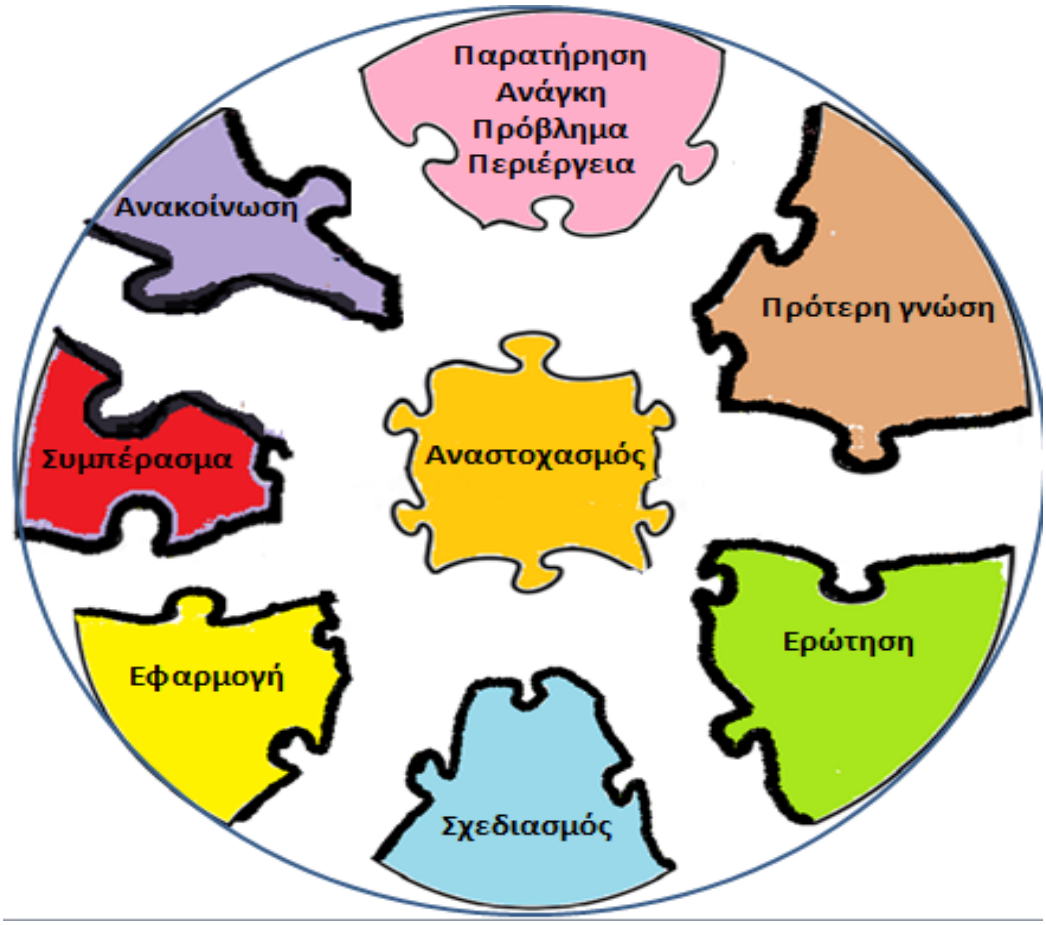
Ως προς τη γενική πρόταση των Joyce-Weil θεωρούμε πως η ολοκληρωμένη περιγραφή της σε ένα διερευνητικό μοντέλο, θα πρέπει να εντάσσει εξειδικευμένα κατά την εφαρμογή της και τα ακόλουθα στοιχεία τα οποία αναφέρουμε συνοπτικά για λόγους περιορισμού της έκτασης του κειμένου:

- τον κύριο σκοπό ή σκοπούς του
- το γνωστικό πεδίο εφαρμογής του (αφορά ειδικά τις Φυσικές Επιστήμες ή δεν προσδιορίζει σε ποιο γνωστικό αντικείμενο μπορεί να εφαρμοστεί;)
- τη σύνδεσή του με τις θεωρίες στις οποίες στηρίζεται (π.χ. γνωστικός εποικοδομητισμός)
- την οπτική αναπαράσταση του
- το φορέα σχεδιασμού και εγκυροποίησής του

Έχοντας προσδιορίσει τα πιο πάνω στοιχεία, αποφασίσαμε να μελετήσουμε τα δημοσιευμένα διερευνητικά μοντέλα που εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία και δικτυογραφία. Στο πλαίσιο αυτό επιλέξαμε 19 δημοσιευμένα διερευνητικά μοντέλα. Στόχος μας ήταν να διαπιστώσουμε, πόσα και ποια στοιχεία, δομούν τον τρόπο περιγραφής των μοντέλων αυτών. Παρατηρήσαμε πως σε κανένα μοντέλο δεν εμφανίζονται, στο σύνολό τους, όλα τα στοιχεία, που χρειάζονται για την ολοκληρωμένη συγκρότηση και αποτύπωση ενός μοντέλου (Καραγιάννη, 2012). Στη συνέχεια με βάση τα ευρήματα της έρευνας και τις πιο πάνω θέσεις προχωρήσαμε στην ανάπτυξη μιας δικής μας πρότασης μοντέλου διερευνητικής προσέγγισης. Το μοντέλο έχει την ονομασία ΔΙΕΔΙΑ (Διερευνητικές Διαδρομές) και περιγράφεται παρακάτω.

Το Μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ (Διερευνητικές Διαδρομές)

Το προτεινόμενο μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ «Διερευνητικές Διαδρομές» (Inquiry Routes –INROU.) αναδεικνύει τα στοιχεία εκείνα που θεωρούμε απαραίτητα για την «ολοκληρωμένη περιγραφή» ενός μοντέλου διερευνητικής προσέγγισης. Κύριος σκοπός του μοντέλου είναι να εξοικειώσει τα παιδιά με όψεις της διερευνητικής προσέγγισης. Η σύνταξη των φάσεων του μοντέλου ΔΙΕΔΙΑ αναδείχθηκε μέσα από την συγκριτική μελέτη της σύνταξης των φάσεων των 19 διερευνητικών μοντέλων. Σχηματικά το μοντέλο παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Ο τρόπος απεικόνισης βασίζεται στην πρόταση απεικόνισης που προτείνεται στο κείμενο Alberta Learning (2004), εμπεριέχει όμως διαφορετικά στοιχεία και σχέσεις.



Εικόνα 1 : Οπτική αναπαράσταση του μοντέλου ΔΙΕΔΙΑ-Διερευνητικές Διαδρομές

Η σύνταξη του μοντέλου συγκροτείται από 8 φάσεις

Φάση 1 : Παρατήρηση- Ανάγκη- Πρόβλημα- Περιέργεια : Ο βασικός στόχος αυτής της φάσης αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της διερευνητικής προσέγγισης. Σύμφωνα με τους Ash & Klein (2005) η διερεύνηση οδηγείται από την περιέργεια, απορία, ενδιαφέρον και πάθος των παιδιών στην προσπάθεια τους να κατανοήσουν μια παρατήρηση ή να λύσουν ένα πρόβλημα.

Φάση 2 : Ερώτηση : Στόχος αυτής της φάσης είναι να εξελιχθούν οι απλές ερωτήσεις των μαθητών σε ερωτήσεις δυναμικές, δηλαδή ερωτήσεις οι οποίες μπορούν να πολλαπλασιαστούν. Η ικανότητα να διατυπώνουμε ερωτήσεις διαμορφώνει μια κοινότητα. Η διατύπωση ερωτήσεων σε επίπεδο ομάδας αναδεικνύει περισσότερες πτυχές στο πρόβλημα που διερευνάται από τους μαθητές

Φάση 3 : Πρότερη Γνώση : Στόχος αυτής της φάσης είναι η ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών σε σχέση με το υπό μελέτη θέμα ή και των σχετικών παρανοήσεων.

Φάση 4 : Σχεδιασμός: Στόχος της φάσης του σχεδιασμού είναι να διατυπώσουν οι μαθητές ένα συνολικό σχέδιο για την έρευνά τους, στηριζόμενα σε διαδικασίες εντοπισμού κατάλληλων πληροφοριών, π.χ μέσω διαδικτύου, πρόβλεψης των αποτελεσμάτων και επιλογής του κατάλληλου εξοπλισμού (για τα πειράματα)

Φάση 5 : Εφαρμογή: Στόχος αυτής της φάσης είναι η εφαρμογή του σχεδίου που εκπονήθηκε στην προηγούμενη φάση. Ενδεικτικά υλοποιείται μέσα από τις παρακάτω διαδικασίες, από τις οποίες δύναται να εφαρμοστούν μερικές ή και όλες: παρατήρηση, εντοπισμός πληροφοριών, χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, συλλογή πειραματικών δεδομένων, οργάνωση/ ταξινόμηση/ ανάλυση των πληροφοριών και των δεδομένων, δημιουργία μοντέλου (Χαλκιά, 2010).

Φάση 6 : Συμπέρασμα: Σε αυτή την φάση βασικός σκοπός είναι να αφενός να διατυπώσουν οι μαθητές συμπεράσματα τα οποία να στηρίζονται στα δεδομένα και αφετέρου να συνδέσουν τα συμπεράσματα αυτά με την επιστημονική γνώση

Φάση 7 : Ανακοίνωση : Κατά την φάση αυτή οι μαθητές παρουσιάζουν το τελικό προϊόν με τρόπο που να έχει νόημα για ένα συγκεκριμένο κοινό. Βασικοί στόχοι είναι η ανακοίνωση των ευρημάτων στο κατάλληλο κοινό (π.χ. συμμαθητές, μαθητικές κοινότητες) και η εστίαση στις συγκεκριμένες ανάγκες του κοινού.

Φάση 8 : Αναστοχασμός: Ο θεμελιώδης σκοπός της φάσης, είναι η ανάπτυξη των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των μαθητών μέσα από την διαδικασία του αναστοχασμού και της αυτοαξιολόγησης, που αφορούν στην επίγνωση της πορείας των μαθητών του πως μαθαίνουμε και στην κατανόηση των όψεων της φύσης της επιστήμης.

Το μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ αναδεικνύει τον κυκλικό χαρακτήρα της διερευνητικής διαδικασίας. Η ύπαρξη της φάσης του αναστοχασμού στο κέντρο υποδηλώνει την τεράστια σημασία της. Αναστοχαστικές διαδικασίες θεωρούμε πως μπορούν να διεξαχθούν είτε με την ολοκλήρωση της διερευνητικής πορείας, είτε κατά την μετάβαση στη επόμενη φάση, είτε κατά την επιστροφή σε μια προηγούμενη φάση που έχει ήδη υλοποιηθεί.

Το μοντέλο, με βάση την σύνταξη των φάσεών του, θεωρούμε ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά γνωστικά αντικείμενα. Κατά το σχεδιασμό του όμως εστιαστήκαμε και δώσαμε βαρύτητα σε στρατηγικές υλοποίησης φάσεων που εφαρμόζονται στο γνωστικό αντικείμενο των ΦΕ, γιατί αφενός ένα μεγάλο κομμάτι της βιβλιογραφίας που μελετήσαμε εστιάζεται στην Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και αφετέρου η πρόταση εφαρμογής αφορά το μάθημα των Φυσικών Επιστημών.

Όψεις της Πιλοτικής Διδακτικής Παρέμβασης

Κατά τον σχεδιασμό του μοντέλου εστιαστήκαμε στο γνωστικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αυτό επιλέξαμε να ασχοληθούμε με τα φαινόμενα της Σκιάς και της Παρασκιάς. Η επιλογή της ενότητας στηρίχτηκε, στο ότι είναι καθημερινά φαινόμενα που διδάσκονται στην Έ Δημοτικού, στην ύπαρξη σχετικής βιβλιογραφίας σχετικά με τις εναλλακτικές απόψεις των παιδιών για τα παραπάνω φαινόμενα, στην ύπαρξη κατάλληλου λογισμικού για τα φαινόμενα της οπτικής (Α.ΜΑ.Π.- Ανοιχτό Μαθησιακό Περιβάλλον, 2008). Κύριος σκοπός της διδακτικής παρέμβασης ήταν να εξοικειώσουμε τους μαθητές με ορισμένες βασικές διερευνητικές δεξιότητες δηλαδή να διατυπώνουν κατάλληλες ερωτήσεις –

εντοπίζοντας λέξεις κλειδιά- να σχεδιάζουν μια πειραματική διαδικασία, να συλλέγουν, να οργανώνουν και να κωδικοποιούν τα δεδομένα, να αναστοχάζονται σε κάθε φάση της διαδικασίας και να μεταφέρουν την νέα γνώση στην καθημερινή τους ζωή. Σε γνωστικό επίπεδο βασικός στόχος ήταν να μπορούν τα παιδιά να εξηγήσουν από ποιους παράγοντες εξαρτώνται η σκιά και η παρασκιά. Σε μεταγνωστικό επίπεδο εστιαστήκαμε στην επίγνωση του πως μαθαίνουμε και στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης.

Επιλέξαμε ως επίπεδο διερευνητικής διδασκαλίας την καθοδηγούμενη διερεύνηση. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δίωρες διδασκαλίες, σε ένα τμήμα 14 μαθητών, της Ε' Δημοτικού. Παρακάτω περιγράφουμε συνοπτικά τις βασικές στρατηγικές υλοποίησης της κάθε φάσης. Θα πρέπει να σημειώσουμε πως κάθε φάση ολοκληρώνεται με ένα ατομικό ή ομαδικό φύλλο αναστοχασμού.

Φάση 1 : Παρατήρηση- Ανάγκη- Πρόβλημα- Παρατήρηση : Στόχοι της πρώτης φάσης είναι η κινητοποίηση της περιέργειας των μαθητών για το φαινόμενο δημιουργίας σκιάς και παρασκιάς, η σύνδεση της έννοιας της σκιάς με τα βιώματά τους, η αυτοαξιολόγηση και η αποτύπωση των συναισθημάτων που βίωσαν οι μαθητές κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης. Η διδασκαλία ξεκινάει με ένα παιχνίδι με τις σκιές στον τοίχο και συνεχίζει με 2 βίντεο με σκιές χεριών και σωμάτων, παρουσιάζονται αποσπάσματα από το θέατρο σκιών του Καραγκιόζη και παρουσιάζεται ένα παραμύθι που σχετίζεται με το φαινόμενο της σκιάς.

Φάση 2 : Ερώτηση: Επειδή η μορφή της διερευνητικής διδασκαλίας είναι η καθοδηγούμενη διερεύνηση, ο εκπαιδευτικός είναι αυτός που θέτει το βασικό ερευνητικό ερώτημα το οποίο είναι: Από τι εξαρτάται το μέγεθος της σκιάς και της παρασκιάς; Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός, συζητώντας με τους μαθητές διατυπώνει ένα παράγωγο ερώτημα (Η απόσταση από την φωτεινή πηγή επηρεάζει το μέγεθος της σκιάς και της παρασκιάς;) με στόχο να απαντηθεί το βασικό ερώτημα.

Φάση 3: Πρότερη Γνώση: Μετά την ολοκλήρωση της φάσης 1 περνάμε στη δεύτερη φάση, τη φάση της ανάδειξης των αντιλήψεων των μαθητών. Δίνουμε σε κάθε ομάδα ένα διάγραμμα ζητώντας να απαντήσει στο ερώτημα «Τι ξέρω για την σκιά και την παρασκιά», με την στρατηγική του καταιγισμού των ιδεών.

Φάση 4 : Σχεδιασμός: Ο σχεδιασμός της έρευνας γίνεται από τους μαθητές, ο εκπαιδευτικός έχει τον ρόλο του καθοδηγητή. Οι μαθητές είναι χωρισμένοι σε 4 ομάδες. Δίνουμε σε 2 ομάδες από ένα φακό και από τις άλλες δύο ζητάμε να μπουν στο περιβάλλον του λογισμικού ΑΜΑΠ. Αρχικά οι μαθητές προβλέπουν αν η απόσταση από την φωτεινή πηγή επηρεάζει το μέγεθος της σκιάς και της παρασκιάς και στη συνέχεια σχεδιάζουν ένα εικονικό ή πραγματικό πείραμα για να απαντήσουν στο παράγωγο αυτό ερώτημα, συνδέοντας την θέση των σωμάτων με την πηγή του φωτός.

Φάση 5 : Εφαρμογή: Στην φάση αυτή οι μαθητές πραγματοποιούν το πείραμα το οποίο σχεδίασαν στη φάση του σχεδιασμού (στην πραγματικότητα ή μέσω των προσομοιώσεων του Α.ΜΑ.Π.). Οι δύο ομάδες εκτελούν το πραγματικό πειραμα (απομακρύνουν και πλησιάζουν το χέρι τους από το φακό) ενώ οι υπόλοιπες δύο εκτελούν εικονικό πείραμα στο εργαστήριο οπτικής του Α.ΜΑ.Π. (απομακρύνουν και πλησιάζουν μία ράβδο σε μία φωτεινή πηγή).

Φάση 6: Συμπέρασμα: Οι μαθητές καταγράφουν τα συμπεράσματά τους και προχωρούν στην διατύπωση μιας γενικότερης πρότασης, όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο αυξάνεται και μειώνεται το μέγεθος της σκιάς ενός σώματος.

Φάση 7 :Ανακοίνωση: Οι μαθητές επιλέγουν τον τρόπο με τον οποίο θα ανακοινώσουν τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν στους συμμαθητές τους. Σημαντικό είναι, πως πριν ξεκινήσει η κάθε ομάδα την παρουσίαση και την ανακοίνωση των συμπερασμάτων της, καλεί τις υπόλοιπες ομάδες -που πρόκειται να παρακολουθήσουν την ανακοίνωση- να κάνουν μία πρόβλεψη για το αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό δηλαδή έχουμε αλληλεπίδραση της φάσης της ανακοίνωσης με την φάση της ανάδειξης των εναλλακτικών απόψεων των παιδιών.

Φάση 8 : Αναστοχασμός: Η φάση του αναστοχασμού υλοποιείται καθόλη την διάρκεια της διδασκαλίας μέσα από τα ατομικά ή τα ομαδικά φύλλα αναστοχασμού που συμπληρώνουν οι μαθητές σε κάθε φάση.

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Το μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ εστιάζεται στο γνωστικό πεδίο των ΦΕ και αναδεικνύει την κυκλική φύση της διερευνητικής διαδικασίας. Τα καινοτόμα στοιχεία του μοντέλου είναι ότι α) περιλαμβάνει, όλα τα στοιχεία που θεωρούμε απαραίτητα για την «ολοκληρωμένη περιγραφή» ενός διερευνητικού μοντέλου, β) η φάση του αναστοχασμού, ως κεντρικό στοιχείο του μοντέλου, αλληλεπιδρά με όλες τις επιμέρους φάσεις του μοντέλου.

Η πρώτη αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης στηρίχτηκε σε ατομικές συνεντεύξεις (pre-post tests) και σε ατομικά ή ομαδικά φύλλα αναστοχασμού που συμπλήρωναν οι μαθητές μετά την ολοκλήρωση της κάθε φάσης.

Μέσα από τα φύλλα εργασίας της φάσης 7 (ανακοίνωση) και μέσα από τις ατομικές συνεντεύξεις (post tests) παρατηρούμε πως, για τους περισσότερους μαθητές, έχει επιτευχθεί η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών της σκιάς και της παρασκιάς. Συγκεκριμένα στο ερώτημα «Η απόσταση από την φωτεινή πηγή επηρεάζει το μέγεθος της σκιάς και της παρασκιάς», οι δύο ομάδες που εκτέλεσαν το πραγματικό πείραμα με το φακό και οι ομάδες που πραγματοποίησαν το εικονικό πείραμα στο εργαστήριο οπτικής του Α.ΜΑ.Π., απάντησαν πως όσο απομακρυνόμαστε από την φωτεινή πηγή η σκιά και η παρασκιά μικραίνουν, άποψη που είναι σύμφωνη με το επιστημονικό μοντέλο.

Μέσα από τα ατομικά και τα ομαδικά φύλλα αναστοχασμού της πρώτης φάσης (Παρατήρηση- Ανάγκη- Πρόβλημα- Περιέργεια), φαίνεται πως η παρέμβαση συνετέλεσε στην κινητοποίηση και εμπλοκή των μαθητών με τα φαινόμενα της σκιάς και της παρασκιάς. Ενδεικτικά το δεδομένο αυτό αποτυπώνεται στις απαντήσεις των μαθητών στο παρακάτω ερώτημα: «Ποια συναισθήματα βίωσες κατά την πρώτη φάση; » Οι μαθητές απάντησαν ως εξής: μου άρεσε, περιέργεια, ενθουσιασμός, κατάπληξη, χαρά, ενδιαφέρον, ευχαρίστηση, έκπληξη.

Από τις απαντήσεις των μαθητών προκύπτουν επίσης στοιχεία που αφορούν στην κατανόηση του τρόπου κατασκευής της επιστημονικής γνώσης: Ειδικότερα αναδεικνύονται στοιχεία που αναφέρονται στην πηγή της γνώσης και στην σταθερότητα της γνώσης. Στην πρώτη περίπτωση, διαπιστώνεται από τους μαθητές, ότι η γνώση δεν μεταβιβάζεται μόνο από την εκπαιδευτικό αλλά οικοδομείται μέσω της αλληλεπίδρασης με κατάλληλα εργαλεία: «Έμαθα να χρησιμοποιώ το Α.ΜΑ.Π, και μπορώ τώρα να καταλάβω και κάποιο άλλο φαινόμενο που με ενδιαφέρει». Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται αντιληπτό από του μαθητές, πως η γνώση δεν είναι σταθερή και βέβαιη, αλλά σχετική και μεταβαλλόμενη: «Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε μπορεί στο μέλλον να αλλάξουν».

Τέλος οι μαθητές φαίνεται πως εξοικειώθηκαν με ορισμένες βασικές διερευνητικές δεξιότητες, όπως να διατυπώνουν κατάλληλες ερωτήσεις «Έμαθα να βρίσκω σημαντικές ερωτήσεις και να μπορώ να τις φτιάχνω με τις λέξεις κλειδιά», «Σε αυτή τη φάση απέκτησα το καλό να βρίσκω πιο εύκολα ερωτήσεις», να σχεδιάζουν μία πειραματική διαδικασία (γραπτή περιγραφή των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας που πρόκειται να ακολουθήσουν, για να απαντήσουν στο παράγωγο και στο βασικό ερώτημα), να συλλέγουν, να οργανώνουν και να κωδικοποιούν τα δεδομένα, να αναστοχάζονται σε κάθε φάση της διαδικασίας «Έμαθα να αξιολογώ τον εαυτό μου συνέχεια», «να αξιολογώ τις ερωτήσεις μου», να μεταφέρουν την νέα γνώση σε άλλα πλαίσια και στην καθημερινή τους ζωή «η διατύπωση ερωτήματος είναι χρήσιμη και σε άλλα μαθήματα», «το να ξέρω να φτιάχνω ερωτήσεις είναι χρήσιμο γιατί θα βρεθείς πάντα σε μία θέση που θα χρειαστείς αυτή την δεξιότητα»

Η πρώτη ανάλυση των αποτελεσμάτων της πιλοτικής εφαρμογής δείχνει ότι εφαρμογή του ΔΙΕΔΙΑ ως αντικείμενο μάθησης, ενισχύει την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων και την κατανόηση της φύσης της επιστήμης και ως διδακτική προσέγγιση αυξάνει τον βαθμό κατανόησης των επιστημονικών εννοιών. Περισσότερες εφαρμογές του ΔΙΕΔΙΑ ως μοντέλου υλοποίησης της διερευνητικής προσέγγισης σε κατάλληλες γνωστικές περιοχές χρειάζονται για τη διατύπωση ασφαλέστερων συμπερασμάτων πράγμα το οποίο αποτελεί αντικείμενο επεξεργασίας.

Βιβλιογραφία

ΑΜΑΠ , Ανοιχτό Μαθησιακό Περιβάλλον (2008).
http://e yliko.gr/Lists/List40/DispForm.aspx?ID=182αναφορα και δικτυακός τόπος
ΔΕΠΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών. Αθήνα:
Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 24 Μαρτίου 2010 από http://www.pi-schools.gr/programs/depps/.
Καραγιάννη, Χ., (2012). Συγκριτική μελέτη μοντέλων διερευνητικής προσέγγισης. Πρόταση μοντέλου. Μεταπτυχιακή εργασία, Π.Τ.Δ.Ε., Φλώρινα.
Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Θεσσαλονίκη, Γράφημα.
Πιλοτικά Προγράμματα Σπουδών (2011). Ανακτήθηκε στις 5 Μαρτίου 2012 από http://digitalschool.minedu.gov.gr/info/newps.php
Σπύρτου, Ά. (2002). *Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες.* Διδακτορική Διατριβή στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ.
Χαλκιά, Κ. (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις.* Τόμος Α΄. Πατάκη, Αθήνα.
Ψύλλος, Δ., Ταραμόπουλος, Θ., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπάρμπας, Α., Μολοχίδης, Τ., Μπισδικιάν Γ. (2008). Ένα Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον (ΑΜΑΠ) στην Περιοχή του Ηλεκτρισμού

Alberta Learning. (2004). Focus on Inquiry : A Teacher's Guide to Implementing Inquiry-based Learning. A PDF version of this document is available on the Alberta Learning Web site at
http://www.learning.gov.ab.ca/k_12/curriculum/bySubject/focusoninquiry.pdf, Alberta, Canada.
Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
Hassard J.& Dias M.(2005). *The Art Of Teaching Shience.* Oxford University Press,Inc.
Hatzikraniotis, E., Bisdikian, G., Barbas, A., Psillos, D. (2007). OptiLab: Design and Development of an Integrated Virtual Laboratory for Teaching Optics, International Conference on Computer Based Learning in Science, CBLIS-07, Crete
Joyce, B., Weil, M., & Showers, B. (1992). Models of teaching. York Production Services.
Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). Internet environments for science education. Mahwah, NJ, Erlbaum.
Minstrell, J. &. Van Zee E, H, (2000). Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
National Research Council (NRC), (2000). Inquiry and the National Science Education Standards. Washington D.C., National Academy Press.
Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Science Education NOW. A renewed pedagogy for the future of Europe. Directorate-General for Research Science, Economy and Society.

Η πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος από τους μαθητές. Εμπόδια, δυσκολίες, προοπτικές.

Αθανάσιος Βελέντζας - Κρυσταλλία Χαλκιά
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΕΚΠΑ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνώνται οι δυσκολίες και τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την πρόβλεψη της έκβασης των πειραμάτων από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι κατά την πρόβλεψη οι μαθητές χρησιμοποιούν τη διαισθητική γνώση και όχι την προηγούμενη σχολική γνώση, έτσι διατυπώνουν ατελείς υποθέσεις, αποδίδουν λανθασμένες ιδιότητες στα σώματα, χρησιμοποιούν σχέσεις και νόμους που δεν σχετίζονται με το φαινόμενο που εξετάζουν ή ακόμα παραλείπουν από το συλλογισμό τους κρίσιμες σχέσεις. Για το λόγο αυτό, οδηγούνται στη διατύπωση συμπερασμάτων, σχετικά με την έκβαση των πειραμάτων, τα οποία είναι ασύμβατα με την επιστημονική γνώση. Οι μαθητές φαίνεται ότι χρειάζονται υποστήριξη για να πραγματοποιήσουν εκείνες τις νοητικές διαδικασίες που απαιτούνται για την πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος και την εξήγηση εντός ενός πλαισίου που να είναι συμβατό με το επιστημονικό. Για το λόγο αυτό, προτείνουμε ότι ρόλο κλειδί έχει εκπαιδευτικός ο οποίος μαζί με την προετοιμασία της εκτέλεσης ενός πειράματος θα πρέπει να επεξεργάζεται, ανάλογα με τις γνώσεις και το επίπεδο των μαθητών του, ένα ερμηνευτικό σχήμα που θα βασίζεται στην προηγούμενη σχολική γνώση τους και θα τους βοηθά να το ακολουθούν και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα του πειράματος σύμφωνα με αυτό.

Abstract

In the present study, the difficulties students face in predicting the outcomes of an experiment are investigated. The results show that intuition and incompleteness of assumptions are the key factors which lead students to erroneous conclusions concerning the prediction of the outcomes of an experiment. It seems that students' thought processes are not compatible with the school science knowledge in predicting the outcome of an experiment and in explaining it. For this reason, we suggest that the teacher should have a key role not only in the preparation of the practical details necessary to carry on an experiment, but also in the design of an explanation schema based on the his/her students' previous school science knowledge that can help them in predicting the outcomes of an experiment.

Εισαγωγή

Στη σχολική επιστήμη η πειραματική διδασκαλία θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας της Φυσικής. Οι βασικοί στόχοι για μια διδασκαλία βασισμένη στο πείραμα είναι οι μαθητές (α) να αποκτήσουν τη σχετική με το πείραμα γνώση περιεχομένου, οικοδομώντας το αντίστοιχο εννοιολογικό πλαίσιο, (β) να ασκηθούν στις μεθόδους της επιστήμης (διαδικαστική γνώση) και (γ) να αναπτύξουν ενδιαφέροντα και θετική στάση προς την επιστήμη, καθώς επίσης και τις σχετικές δεξιότητες και ικανότητες (Hodson 1993). Ωστόσο, η εργαστηριακή άσκηση στο σχολείο, ενώ προάγει τα ενδιαφέροντα και τις δεξιότητες των μαθητών, ελάχιστα προάγει την κατανόηση του περιεχομένου της επιστήμης (White 1996).

Σύμφωνα με τους Lederman et al. (2002), η φύση των φυσικών επιστημών δεν είναι μόνο εμπειρική, αλλά αποτελεί και προϊόν της ανθρώπινης φαντασίας, σκέψης και δημιουργικότητας. Κατά τους Duit και Tesch (2010) στην διδασκαλία, όπως και στην επιστήμη, υπάρχει μια κυκλική συσχέτιση μεταξύ πειραματισμού και θεωρίας και διαφέρει από την επαγωγική θεώρηση, όπως αυτή καθορίστηκε στα τέλη του 18ου αιώνα και κυριάρχησε για μακρύ χρονικό διάστημα στην επιστήμη και στην εκπαίδευση της επιστήμης. Η συσχέτιση όμως των εμπειρικών δεδομένων με τις αποδεκτές επιστημονικές θεωρίες δεν είναι εύκολη διαδικασία για τους μαθητές οι οποίοι χρειάζονται βοήθεια και για το λόγο αυτό είναι καθοριστική η συμβολή του δασκάλου (Bruner 1985). Μπορούμε, για παράδειγμα, να αναφέρουμε ότι πολλοί από τους μαθητές που προβλέπουν ότι το βαρύτερο σώμα πέφτει

γρηγορότερα, «βλέπουν» το ίδιο και όταν στη συνέχεια πραγματοποιείται το πείραμα (Gunstone & White 1981). Άλλωστε, είναι απίθανο ένας μαθητής να συλλάβει μια νέα επιστημονική έννοια ή να κατανοήσει μια θεωρία ή ένα μοντέλο σαν αποτέλεσμα απλώς μιας πρακτικής εργασίας, έστω και αν αυτή έχει σχεδιαστεί σωστά (Millar 2004). Κατά τον Millar (2004), συχνά μία διδασκαλία που βασίζεται σε διερευνητικού τύπου μάθηση συναντά τις παρακάτω δυσκολίες: Πρώτον, οι μαθητές λόγω έλλειψης εμπειρίας, κατάλληλου εξοπλισμού ή χρόνου κάνουν μετρήσεις και παρατηρήσεις ατελείς, ασαφείς και λανθασμένες. Έτσι τα δεδομένα που συλλέγουν δεν οδηγούν στο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Δεύτερον, οι μαθητές πολλές φορές, έστω και αν έχουν στα χέρια τους τα κατάλληλα δεδομένα δεν είναι σε θέση από μόνοι τους να οδηγηθούν σε συμπέρασμα. Τρίτον, οι μαθητές έχοντας κατά νου ότι ο διδάσκων γνωρίζει την απάντηση, αποβλέπουν στο να τους πει αν αυτό που υποθέτουν είναι σωστό. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές παίζουν ένα «κοινωνικό» παιγνίδι και δεν συμμετέχουν αυθεντικά σε μια «ανακάλυψη της γνώσης» (Millar 2004).

Με βάση τα παραπάνω κρίναμε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μία έρευνα που θα εστιάζει σε πειράματα που έχουν κυρίως ως στόχο τη γνώση περιεχομένου. Ένα σχήμα που συχνά προτείνεται για την πειραματική διδασκαλία της φυσικής ξεκινά με την πρόβλεψη της έκβασης του πειράματος και συνεχίζει με την εκτέλεση του πειράματος και τη διαπραγμάτευση / διδασκαλία των εννοιών και νόμων (πρόβλεψε – παρατήρησε – εξήγησε, White & Gunstone 1992). Η παρούσα εργασία περιορίζεται στο πρώτο σκέλος και διερευνά τις δυσκολίες και τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά την πρόβλεψη της έκβασης των πειραμάτων από τους μαθητές. Τα πορίσματα της έρευνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω για τη διατύπωση μιας διδακτικής πρότασης για αποτελεσματική αξιοποίηση της πειραματικής διδασκαλίας. Το ερευνητικό ερώτημα είναι: Ποιες δυσκολίες συναντούν οι μαθητές του Λυκείου στην προσπάθειά τους να προβλέψουν το αποτέλεσμα πειραμάτων και ποιοι είναι οι βασικοί παράγοντες που τους οδηγούν σε προβλέψεις ασύμβατες με την έκβαση των πειραμάτων;

Η πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος από τους μαθητές

Ο μαθητής στην φάση της πρόβλεψης εκτελεί νοητικά το πείραμα και αποφαίνεται για το αποτέλεσμα. Τότε ακολουθεί, κατά τη γνώμη μας, μια πορεία ανάλογη με την πορεία που ακολουθεί κατά την εκτέλεση ενός νοητικού πειράματος. Αρχικά, δημιουργεί ένα νοητικό μοντέλο του υπό μελέτη φυσικού συστήματος (Vosniadou 2002) και κατόπιν έχοντας στο μυαλό του κάποια θεωρία ή υπόθεση τρέχει μια νοητική προσομοίωση προκειμένου να προβλέψει γεγονότα και φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτό το φυσικό σύστημα (Nersessian 1993). Σε μια τέτοια νοητική διαδικασία ο μαθητής ενσωματώνει την υπάρχουσα γνώση, τη διαισθητική (καθημερινή) γνώση και στρατηγικές παραγωγικών συλλογισμών (Reiner & Burko 2003).

Προκειμένου να κατανοήσουμε τις διαδικασίες που συντελούνται κατά την πρόβλεψη, θα αναφερθούμε στις σχετικές έρευνες από την ανάλυση ιστορικών νοητικών πειραμάτων διακεκριμένων επιστημόνων (Reiner και Burko 2003). Σύμφωνα με τους Reiner και Burko (2003), οι γνωσιακές διαδικασίες που, κατά την εκτέλεση των νοητικών πειραμάτων, μπορούν να οδηγήσουν σε λάθος συμπέρασμα είναι: α) Η διαίσθηση (ο πειραματιστής λόγω διαίσθησης μπορεί να αγνοήσει το συμβατικό θεωρητικό πλαίσιο), β) οι ατελείς υποθέσεις (ο πειραματιστής παραλείπει από ένα σύνολο υποθέσεων κάποιες που αφορούν τον φανταστικό κόσμο του νοητικού πειράματος), γ) οι μη σχετικές υποθέσεις (ο πειραματιστής περιλαμβάνει κάποιες άσχετες υποθέσεις στα χαρακτηριστικά του φανταστικού κόσμου του νοητικού πειράματος). Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι και στην περίπτωση του νοητικού πειραματισμού των μαθητών ακολουθούνται ανάλογες γνωσιακές διαδικασίες, με τη διαφορά ότι η διαισθητική (καθημερινή) γνώση αντικαθιστά σε μεγαλύτερο βαθμό τις θεωρητικές κατασκευές. Πράγματι, οι μαθητές έχουν την τάση να χρησιμοποιούν την γνώση, που παράγεται κυρίως μέσω της καθημερινής εμπειρίας και είναι αποθηκευμένη στη μνήμη, παρά το λογικό συλλογισμό (Reiner & Gilbert 2000).

Αντίστοιχα, κατά την πρόβλεψη του αποτελέσματος ενός ρεαλιστικού πειράματος θεωρούμε ότι αναπτύσσονται νοητικές λειτουργίες ανάλογες με αυτές που αναπτύσσονται

κατά την εκτέλεση ενός νοητικού πειράματος. Ο «φανταστικός κόσμος» τώρα είναι μια αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης. Δηλαδή, για να προβλέψει ο μαθητής το αποτέλεσμα ενός πειράματος δημιουργεί μια νοητική αναπαράσταση της πειραματικής διάταξης και με βάση την προηγούμενη γνώση σχολική ή διαισθητική αποδίδει (πιθανόν ασυνείδητα) κάποιες ιδιότητες στα στοιχεία της διάταξης, υποθέτει κάποιους νόμους και σχέσεις και ακολουθώντας λογικούς συλλογισμούς προβλέπει την έκβαση του πειράματος. Σε αυτή την εργασία γίνεται προσπάθεια να εντοπιστούν τα σημεία εκείνα στα οποία εδράζεται η δυσκολία των μαθητών στην πρόβλεψη της έκβασης των πειραμάτων.

Η έρευνα

Επιλέξαμε τρία πειράματα των οποίων η έκβαση ζητήθηκε να προβλεφθεί από τους μαθητές. Με τα πειράματα αυτά οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν:

Πείραμα 1: Αν εξαρτάται η τριβή ολίσθησης από το εμβαδό επαφής των τριβόμενων επιφανειών.

Πείραμα 2: Αν λιώνει ταχύτερα ένα παγάκι τυλιγμένο σε μάλλινο ύφασμα ή σε αλουμινόχαρτο.

Πείραμα 3: Αν εξαρτάται ο χρόνος ελεύθερης πτώσης από το βάρος ενός σώματος.

Τα πειράματα αυτά επιλέχθηκαν γιατί από τη διδακτική μας εμπειρία σε μεγάλο βαθμό οι μαθητές (αλλά και οι φοιτητές) δυσκολεύονται να προβλέψουν την έκβασή τους.

Για κάθε ένα πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένα σκίτσο και διατυπώθηκε το ερώτημα κατάλληλα για τους μαθητές, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν μεταξύ των τριών πιθανών εκδοχών. Οι μαθητές είχαν να απαντήσουν αφενός μεν στο τι προβλέπουν αλλά και πως σκέφτηκαν αναλυτικά (αν ανακάλεσαν κάτι που ήξεραν, αν τους ήλθε στο μυαλό κάποια εικόνα, κάποια εμπειρία, τι συλλογισμό έκαναν κ.τ.λ.). Συμμετείχαν 86 μαθητές ενός πειραματικού Γενικού Λυκείου και συγκεκριμένα 46 μαθητές της Α΄ Λυκείου, 23 μαθητές της Β΄ Λυκείου και 17 μαθητές της Γ΄ Λυκείου. Δόθηκε σε 25 μαθητές το πείραμα 1, σε 36 μαθητές το πείραμα 2 και σε 25 μαθητές το πείραμα 3. Τα πειράματα 1 και 2 δόθηκαν σε μαθητές και των τριών τάξεων, ενώ το πείραμα 3 δεν δόθηκε σε μαθητές της Γ΄ τάξης. Το δείγμα ήταν από τμήματα γενικής παιδείας. Επιλέξαμε να δώσουμε τις ερωτήσεις στους μαθητές και των τριών τάξεων μιας και ο στόχος της έρευνας είναι η διερεύνηση του τρόπου σκέψης των μαθητών κατά την πρόβλεψη της έκβασης των πειραμάτων και θεωρήσαμε ότι αυτή η επιλογή μας εξασφαλίζει ευρύτερο φάσμα απαντήσεων. Τα αποτελέσματα προέκυψαν με ποιοτική ανάλυση περιεχομένου αυτού του υλικού (Erickson 1998). Μονάδα ανάλυσης ορίστηκε ολόκληρη η απάντηση του κάθε μαθητή.

Ευρήματα – σχολιασμός

Στους πίνακες 1,2 και 3 παρουσιάζονται κωδικοποιημένες οι απαντήσεις των μαθητών στα πειράματα αντίστοιχα 1,2,3. Σημειώνεται ότι τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα, άρα μια απάντηση δεν είναι γνωστό αν αναφέρεται σε μαθητή ή μαθήτρια. Συνεπώς, ο όρος «μαθητές» αναφέρεται γενικά και αφορά τους μαθητές και τις μαθήτριες.

Σχολιασμός

Ο βασικότερος παράγοντας που δυσκολεύει τους μαθητές στο να προβλέπουν την έκβαση ενός πειράματος και να αιτιολογούν την πρόβλεψή τους είναι ότι η συντριπτική πλειοψηφία τους χρησιμοποιεί ως το κυρίαρχο θεωρητικό πλαίσιο την καθημερινή γνώση για τις εκάστοτε προβλέψεις. Μάλιστα, έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι στις αιτιολογήσεις των απαντήσεών τους οι μαθητές χρησιμοποιούν τη σχολική γνώση ως «ντεκόρ» και πρόσχημα για να εγκυροποιήσουν ακριβώς αυτή τη διαισθητική γνώση. Συγκεκριμένα:

Πίνακας 1: Απαντήσεις στο πείραμα 1		
Σύνολο 25 μαθητές (11 Α΄ Λυκείου, 7 Β΄ Λυκείου, 7 Γ΄ Λυκείου)		
Κατηγορία	**Αριθμός**	**Σκεπτικό μαθητών**

	μαθητών	
1.1	6	Μεγαλύτερη τριβή έχουμε όταν έχουμε μεγαλύτερη επιφάνεια σε επαφή με το δάπεδο γιατί υπάρχουν «περισσότερα σημεία τριβής».
1.2	5	Η δύναμη που ασκώ για να σύρω το κιβώτιο πάνω στο δάπεδο εξαρτάται μόνο από το βάρος/μάζα του κιβωτίου. Άρα το εμβαδόν δεν παίζει ρόλο.
1.3	4	Πειραματίστηκα επιτόπου και διαπίστωσα ότι μικρότερη τριβή έχω όταν είναι σε επαφή με το δάπεδο η επιφάνεια μικρότερου εμβαδού
1.4	2	Η τριβή δίνεται από τον τύπο Τ=μΝ. Το μ είναι ο συντελεστής τριβής και το Ν η κάθετη δύναμη, άρα το εμβαδόν δεν παίζει ρόλο.
1.5	1	Η τριβή δίνεται από τον τύπο Τ=μΝ. Το μ είναι ο συντελεστής τριβής που εξαρτάται από το εμβαδόν, άρα μεγαλύτερη τριβή έχω στη μεγαλύτερη επιφάνεια.
1.6	1	Γνωρίζω από το μάθημα της Φυσικής ότι η τριβή είναι ανεξάρτητη του εμβαδού των τριβόμενων επιφανειών.
1.7	6	Ασαφής απάντηση. Για διευκρίνιση θα απαιτούνταν επιπλέον συζήτηση.
Παρατήρηση: Οι τρείς πρώτες κατηγορίες απαντήσεων καθώς και η τελευταία συναντώνται και στις τρεις τάξεις. Οι υπόλοιπες κατηγορίες αφορούν μαθητές της Β΄ και Γ΄ τάξης.		

Πίνακας 2: Απαντήσεις στο πείραμα 2		
Σύνολο 36 μαθητές (18 Α΄ Λυκείου, 8 Β΄ Λυκείου, 10 Γ΄ Λυκείου)		
Κατηγορία	**Αριθμός μαθητών**	**Σκεπτικό μαθητών**
2.1	16	Ταχύτερα λιώνει το παγάκι μέσα στο μάλλινο γάντι. Το μάλλινο ζεσταίνει, ενώ το αλουμινόχαρτο διατηρεί τη θερμοκρασία.
2.2	9	Ταχύτερα λιώνει το παγάκι μέσα στο μάλλινο γάντι. Το μάλλινο παράγει περισσότερη θερμότητα (ή είναι πιο ζεστό) από το αλουμίνιο.
2.3	3	Ταχύτερα λιώνει το παγάκι μέσα στο μάλλινο γάντι. Το μαλλί είναι "πορώδες" και επιτρέπει την επαφή με τον αέρα, ενώ το αλουμινόχαρτο όχι.
2.4	4	Λιώνουν ταυτόχρονα αφού είναι η ίδια ποσότητα στην ίδια θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το υλικό περιτυλίγματος δεν παίζει ρόλο.
2.5	3	Υποστηρίζουν ότι το παγάκι λιώνει ταχύτερα στο αλουμινόχαρτο με όχι καλή διατύπωση. Χρειαζόταν συζήτηση για να διαπιστωθεί σίγουρα ότι η εξήγηση είναι πλήρης.
2.6	1	Λιώνει ταχύτερα στο αλουμινόχαρτο γιατί είναι πιο λεπτό. Το μάλλινο είναι πιο «χοντρό» και διατηρεί «τη θερμοκρασία του υλικού που θα μπει μέσα σε αυτό».
Παρατήρηση: Οι κατηγορίες 2.1, 2.2, 2.4 και 2.5 συναντώνται και στις τρείς τάξεις. Η κατηγορία 2.3 εκφράζει απόψεις μαθητών της Α΄ Λυκείου, ενώ η 2.6 είναι η άποψη μαθητή της Γ΄ Λυκείου.		

Πίνακας 3: Απαντήσεις στο πείραμα 3		
Σύνολο 25 μαθητές (17 Α΄ Λυκείου, 8 Β΄ Λυκείου)		
Κατηγορία	**Αριθμός**	**Σκεπτικό μαθητών**

	μαθητών	
3.1	10	Το βαρύτερο πέφτει γρηγορότερα γιατί έλκεται από τη Γη με μεγαλύτερη δύναμη.
3.2	10	Πέφτουν ταυτόχρονα γιατί το έχω μάθει από τη Φυσική ή μας έκανε τέτοιο πείραμα ο καθηγητής ή το είδα σε ντοκιμαντέρ.
3.3	3	Το πυκνότερο πέφτει γρηγορότερα.
3.4	1	Θα πέσει πιο γρήγορα το βαρύ. Γνωρίζω ότι όλα τα αντικείμενα πέφτουν με ίδια g, όμως το βαρύτερο έχει μικρότερη αντίσταση αέρα.
3.5	1	Το γεμάτο με νερό μπουκάλι σε σχέση με αυτό που περιέχει λίγο νερό πέφτει γρηγορότερα γιατί έλκεται από τη Γη με μεγαλύτερη δύναμη και επιπλέον περιέχει λιγότερο αέρα.
Παρατήρηση: Οι δύο πρώτες κατηγορίες συναντώνται και στις δύο τάξεις. Η 3.4 εκφράζει άποψη μαθητή της Β΄ Λυκείου, ενώ οι 3.3 και 3.5 εκφράζουν απόψεις μαθητών της Α΄ τάξης.		

-

Οι μαθητές αποδίδουν στα σώματα και στα υλικά λάθος ιδιότητες, όπως στις περιπτώσεις 2.1 και 2.2. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στην ποικιλία των εφαρμογών τους στην καθημερινή πρακτική πράγμα που προκαλεί σύγχυση στους μαθητές. Για παράδειγμα το αλουμινόχαρτο χρησιμοποιείται καθημερινά και για άλλες χρήσεις του (εκτός της ιδιότητάς του ως καλός αγωγός). Με αυτό τυλίγουμε τρόφιμα διότι είναι πιο υγιεινό από άλλα υλικά και όχι για να τα διατηρήσουμε, σκεπάζουμε το φαγητό στο φούρνο διότι δεν καίγεται και ταυτόχρονα επιτρέπει στη θερμότητα να περνάει στο εσωτερικό, κ.λπ. Αυτές οι εναλλακτικές χρήσεις του μπερδεύουν τα παιδιά ως προς την ερμηνεία της λειτουργίας του. Το ίδιο από άλλη σκοπιά συμβαίνει με το μαλλί. Εκεί καθοριστικό ρόλο παίζουν οι αισθήσεις. Τα παιδιά γνωρίζουν ότι όταν ζεσταίνονται αυτό οφείλεται τις περισσότερες φορές σε κάποιον ενεργητικό εξωτερικό παράγοντα (π.χ. Ήλιος, θερμάστρα, κ.λπ.). Έτσι, αμέσως μεταφέρουν αυτή την εμπειρία και ερμηνεία και στην περίπτωση των μάλλινων γαντιών. Μερικές χαρακτηριστικές προτάσεις των μαθητών είναι:

«Μου ήλθε στο μυαλό το αλουμινόχαρτο που είναι κρύο όταν το βγάζουμε από το ψυγείο και αν τυλίξουμε μέσα κάτι το κρατά δροσερό.»

«Το αλουμινόχαρτο το χρησιμοποιούμε για να διατηρούμε τη θερμοκρασία των τροφίμων. Όμως χρησιμοποιούμε μάλλινα γάντια για να ζεσταθούμε.»

«Το μάλλινο γάντι παράγει μεγαλύτερη θερμότητα από το αλουμινόχαρτο.»

«Το μάλλινο φτιάχνεται από τρίχωμα ζώου που το χρησιμοποιούσε το χειμώνα για να ζεσταθεί, άρα αφού το τρίχωμα είναι ζεστό το παγάκι λιώνει.»

- Οι μαθητές κάνουν μη πλήρεις υποθέσεις ως προς τις αιτίες, σχέσεις ή τους νόμους, δηλαδή χρησιμοποιούν για την πρόβλεψη την πιο «προφανή» σχέση και παραβλέπουν κάποιες άλλες, όπως στις περιπτώσεις 1.1, 3.1 και 3.3. Στην περίπτωση 1.1 οι μαθητές λαμβάνουν υπόψη την προφανή σχέση ότι η αύξηση του εμβαδού «αυξάνει τα σημεία τριβής» αλλά παραβλέπουν την μείωση της κάθετης δύναμης ανά μονάδα επιφάνειας που απαιτεί ένα δεύτερο επίπεδο σκέψης. Επίσης στην περίπτωση 3.1 οι μαθητές λαμβάνουν υπόψη την προφανή εμπειρική σχέση ότι το σώμα μεγαλύτερης μάζας έλκεται με μεγαλύτερη δύναμη αλλά παραβλέπουν ότι η μεγαλύτερη μάζα συνεπάγεται και μεγαλύτερη αδράνεια. Μπορεί ακόμα οι μαθητές να οδηγηθούν σε λάθος συμπέρασμα διότι εκτός από σωστές σχέσεις υποθέτουν (ίσως αυθαίρετα) και λανθασμένες, όπως στην περίπτωση 2.4. Για παράδειγμα, ένας μαθητής αναφέρει ότι «και τα δύο υλικά είναι μονωτικά». Επιπλέον οι μαθητές λόγω εναλλακτικών ιδεών μπορεί να υποθέτουν λάθος σχέσεις, όπως στην περίπτωση 3.5 η ιδέα του «αβαρούς ή του κινούμενου προς τα πάνω αέρα» οδηγεί στην υπόθεση ότι ο εγκλωβισμένος σε ένα σώμα αέρας δυσκολεύει την κίνηση του σώματος προς τα κάτω.

- Σε περιπτώσεις που οι μαθητές κάνουν ανάκληση γνώσεων προσδίδουν λάθος ιδιότητα σε ένα παράγοντα ώστε η έκβαση του πειράματος να είναι συμβατή με αυτό που οι ίδιοι διαισθητικά προβλέπουν. Μπορούμε να αναφέρουμε ότι στο πείραμα της ελεύθερης πτώσης ένας σημαντικός αριθμός μαθητών (κατηγορία 3.2) έκανε ανάκληση γνώσης χωρίς να επιχειρήσουν να δώσουν κάποια εξήγηση που να τους κάνει νόημα. Επίσης στην περίπτωση 1.6 έχουμε απλή ανάκληση γνώσης καθώς και στην περίπτωση 1.4 ικανοποιητική εξήγηση με βάση το μαθηματικό τύπο. Ωστόσο, στην περίπτωση 1.5 ο μαθητής αποδίδει λάθος ιδιότητα στο συντελεστή τριβής προκειμένου να καταλήξει στο «αναμενόμενο», δηλαδή μεγαλύτερο εμβαδό σημαίνει περισσότερες τριβές. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι στην ερώτηση σχετικά με την ελεύθερη πτώση τα σώματα ήταν δύο ίδια μπουκάλια, το ένα γεμάτο με νερό και το άλλο περιείχε λίγο νερό. Παρόλα αυτά στην περίπτωση 3.4 ενώ ο μαθητής κάνει ανάκληση γνώσης, υποθέτει ότι «η αντίσταση του αέρα είναι μικρότερη στο βαρύτερο» προκειμένου να καταλήξει στο «αναμενόμενο» γι' αυτόν αποτέλεσμα.

- Οι μαθητές σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιούν για την πρόβλεψη ιδιότητες που έστω και αν είναι σωστές (ή μερικά σωστές) δεν έχουν κατά βάση να κάνουν με το υπό εξέταση φαινόμενο με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε λανθασμένο συμπέρασμα, όπως στην περίπτωση 2.3. Επίσης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι με χρήση «μερικά σωστών ιδιοτήτων» μπορεί οι μαθητές να προβλέψουν τη σωστή έκβαση του πειράματος αλλά η εξήγηση να μην είναι συμβατή με την επιστημονική εξήγηση. Για παράδειγμα, στην περίπτωση 2.6 πράγματι το πάχος παίζει ρόλο στη θερμομόνωση αλλά όταν συγκρίνει κανείς το ίδιο υλικό και όχι δύο διαφορετικά. Συνεπώς, στη συγκεκριμένη περίπτωση η πρόβλεψη είναι σωστή, αλλά αν υιοθετηθεί η εξήγηση τότε οι μαθητές δεν θα είναι σε θέση να προβλέψουν σωστά στην περίπτωση που το μάλλινο ύφασμα και το αλουμινόχαρτο έχουν το ίδιο πάχος. Ανάλογο σχόλιο μπορεί να γίνει και για την περίπτωση 1.2. Παρατηρούμε ότι οι μαθητές μπορεί να επιλέγουν τη σωστή απάντηση ωστόσο λόγω εμπειρίας οδηγούνται σε μια λανθασμένη επαγωγική γενίκευση. Συγκεκριμένα, η εμπειρία «ότι για να σύρω στο πάτωμα ένα κιβώτιο ασκώ τόσο μεγαλύτερη δύναμη όσο αυτό είναι βαρύτερο» οδηγεί στην μη αναγνώριση της τριβής ως παράγοντα για τη δυσκολία που συναντάμε όταν σέρνουμε ένα αντικείμενο. Αυτοί οι μαθητές αναγνωρίζουν ως παράγοντα το βάρος, παρόλο που στην εκφώνηση του ερωτήματος αναφερόταν η τριβή ολίσθησης. Προφανώς δεν θα ήταν σε θέση να προβλέψουν την περίπτωση που έχουμε ένα βαρύ σώμα σε σχεδόν λείο δάπεδο και ένα ελαφρύτερο σε τραχύ δάπεδο.

- Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση 1.3 κατά την οποία οι συγκεκριμένοι μαθητές αποφάσισαν αυθόρμητα να «πειραματιστούν» με την κασετίνα, τη θήκη γυαλιών ή την τσάντα τους και ανακοίνωσαν ότι «διαπίστωσαν» αυτό που μάλλον ανέμεναν. Αυτή η περίπτωση δίνει αφορμή για προβληματισμό σχετικά με τη γνώση που παράγεται από την εμπειρία των μαθητών και τη δυσκολία που αναφύεται κατά τη διδασκαλία με χρήση πειραμάτων στις περιπτώσεις εκείνες που, λόγω διαφόρων σφαλμάτων, εκτιμήσεων, ή ακόμα και επειδή «οι άνθρωποι που έχουν διαφορετικά πιστεύω βλέπουν διαφορετικά πράγματα» (White 1996), οι μαθητές βρίσκουν αποτέλεσμα ασύμβατο με το αναμενόμενο. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτείται από το διδάσκοντα, εκτός από την καλή προετοιμασία για τη διαδικαστική εκτέλεση του πειράματος, να έχει επεξεργαστεί ένα θεωρητικό σχήμα βασιζόμενο στην προηγούμενη σχολική γνώση των μαθητών του που θα λειτουργήσει ως οδηγός στη νοητική εκτέλεση του πειράματος από αυτούς.

- Τέλος θα πρέπει να τονιστεί ότι με βάση τις (έστω λανθασμένες) υποθέσεις τους οι μαθητές παράγουν λογικά το αποτέλεσμα. Μόνο σε τέσσερεις περιπτώσεις οι μαθητές (εκτός από λανθασμένες υποθέσεις σχετικά με ιδιότητες και σχέσεις) είχαν επιπλέον και σφάλματα λογικών συλλογισμών, όπως για παράδειγμα, «…αφού η τριβή είναι μεγαλύτερη το κορίτσι για να σύρει το κιβώτιο θα ασκήσει μικρότερη δύναμη».

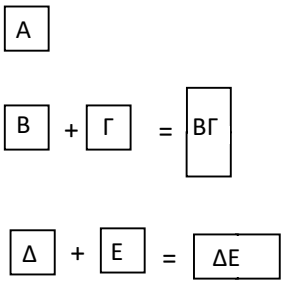
Συμπεράσματα - συζήτηση -προτάσεις

Από τα δεδομένα αυτής της εργασίας συνάγεται ότι όπως και στην περίπτωση της εκτέλεσης των νοητικών πειραμάτων (Reiner & Burko 2003), έτσι και στην περίπτωση της πρόβλεψης ενός

πραγματικού πειράματος η διαισθητική (ή καθημερινή) γνώση και οι ατελείς υποθέσεις είναι οι βασικοί παράγοντες που οδηγούν τους μαθητές σε λανθασμένα συμπεράσματα για την έκβαση των πειραμάτων. Οι μαθητές λόγω της καθημερινής τους εμπειρίας αποδίδουν στα σώματα και τα υλικά λανθασμένες ιδιότητες. Επίσης, χρησιμοποιούν κατά βάση την διαίσθηση και όχι την σχολική επιστημονική γνώση με αποτέλεσμα να υποθέτουν λάθος σχέσεις και νόμους που διέπουν τη συμπεριφορά των σωμάτων του φυσικού συστήματος που εξετάζουν. Ακόμα πολλές φορές οι μαθητές, ενώ χρησιμοποιούν σωστές σχέσεις παραλείπουν κάποιες (ή ακόμα εμπλέκουν κάποιες άσχετες με το φαινόμενο) με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Οι μαθητές (ακόμα και του Λυκείου) δεν είναι σε θέση από μόνοι τους να πραγματοποιήσουν εκείνες τις νοητικές διαδικασίες που απαιτούνται για την πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος και την εξήγηση εντός ενός πλαισίου που να είναι συμβατό με το επιστημονικό. Οι απαιτούμενες νοητικές λειτουργίες για την «νοητική εκτέλεση» των πειραμάτων απαιτούν από τους μαθητές τη χρήση αφαιρετικής σκέψης, την εξοικείωση με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και τον προβληματισμό τους για τη φύση της επιστήμης. Σύμφωνα με τον Millar (2004) οι εξήγηση των δεδομένων ενός πειράματος στην σχολική τάξη ή στο εργαστήριο δεν προκύπτει απλά από τα δεδομένα.

Πίνακας 4. Ερμηνευτικό σχήμα για το πείραμα της τριβής

Το ερώτημα	Σέρνουμε πάνω σε οριζόντιο δάπεδο ένα κουτί σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου. Την πρώτη φορά είναι σε επαφή με το δάπεδο η επιφάνεια μεγαλύτερου εμβαδού και την δεύτερη φορά η επιφάνεια μικρότερου εμβαδού. Σε ποια περίπτωση είναι μεγαλύτερη η τριβή;
Το μοντέλο	Έστω πέντε ίδιοι σε όλα κύβοι Α,Β, Γ,Δ και Ε. Οι Β,Γ ενώνονται ώστε να σχηματίσουν το σώμα ΒΓ και οι Δ,Ε το σώμα ΔΕ.
Η θεωρία	Προτάσεις από το μοντέλο για τις ιδιότητες: (1) Το ΒΓ και το ΔΕ είναι δύο πανομοιότυπα σώματα σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με τη διαφορά ότι το ΔΕ έχει σε επαφή με το δάπεδο την επιφάνεια μεγαλύτερου εμβαδού, ενώ το ΒΓ την επιφάνεια μικρότερου εμβαδού. (2) Όλες οι επιφάνειες των κύβων αποτελούνται από το ίδιο υλικό. (3) Το ΒΓ και το ΔΕ έχουν διπλάσιο βάρος από το Α. Προτάσεις από τις σχέσεις / νόμους: (3) Η τριβή εξαρτάται από τη φύση των τριβόμενων επιφανειών. (4) Η τριβή είναι ανάλογη του βάρους (της κατακόρυφης δύναμης που ασκείται μεταξύ σωμάτων και δαπέδου). Προτάσεις λόγω εξωτερικών παραγόντων: (5) Αμελητέα η αντίσταση του αέρα. (6) Δεν λαμβάνονται υπόψη πειραματικά σφάλματα. 
Το σκεπτικό	(α) Το Α και το ΒΓ αποτελούνται από το ίδιο υλικό και έχουν ίσο εμβαδόν τριβόμενων με το δάπεδο επιφανειών, αλλά το ΒΓ έχει διπλάσιο βάρος, συνεπώς η τριβή στο ΒΓ είναι διπλάσια από την τριβή στο Α. (β) Το κομμάτι Δ του ΔΕ είναι πανομοιότυπο με το Α, άρα η τριβή που του ασκείται είναι ίση με την τριβή που ασκείται στο Α. (γ) Το κομμάτι Ε του ΔΕ είναι πανομοιότυπο με το Α, άρα η τριβή που του ασκείται είναι ίση με την τριβή που ασκείται στο Α. (δ) Οι προτάσεις (β),(γ) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η τριβή που ασκείται στο ΔΕ από το δάπεδο είναι διπλάσια από την τριβή που ασκείται στο Α.

	(ε) Οι προτάσεις (α),(δ) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η τριβή στο ΒΓ είναι ίση με την τριβή στο ΔΕ.
Το συμπέρασμα	Οι προτάσεις (1) και (ε) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η τριβή ολίσθησης είναι ανεξάρτητη του εμβαδού των τριβόμενων επιφανειών.

Ο εκπαιδευτικός που γνωρίζει την εξήγηση πολλές φορές υποτιμά τη δυσκολία αυτού του γεγονότος. Για τον μαθητή όμως που δεν γνωρίζει την εξήγηση δεν είναι προφανής ο συσχετισμός των δεδομένων με την αναμενόμενη εξήγηση. Συνεπώς, ο σχεδιασμός της πειραματικής διδασκαλίας δεν πρέπει να επικεντρώνει μόνο στα δεδομένα αλλά και στην ερμηνεία τους. Σύμφωνα με το Hodson (1996), μια κατάλληλη προσέγγιση στη σχολική επιστήμη μπορεί να περιλαμβάνει τρείς φάσεις, τη μοντελοποίηση (παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό), την καθοδηγούμενη πρακτική (οι μαθητές εργάζονται με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού) και την εφαρμογή (οι μαθητές εργάζονται ανεξάρτητα από το δάσκαλο). Για το λόγο αυτό, προτείνουμε ότι ρόλο κλειδί έχει ο εκπαιδευτικός ο οποίος μαζί με την προετοιμασία της πρακτικής εκτέλεσης ενός πειράματος θα πρέπει να επεξεργάζεται, ανάλογα με τις γνώσεις και το επίπεδο των μαθητών του, ένα ερμηνευτικό σχήμα που θα λειτουργεί ως οδηγός και θα βοηθά τους μαθητές να εντάσσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων Φυσικής σε ένα εννοιολογικό πλαίσιο συμβατό με το επιστημονικό.

Ένα προτεινόμενο σχήμα θα μπορούσε να περιλαμβάνει

ένα απλό μοντέλο της πειραματικής διάταξης.

προτάσεις σχετικές με τις ιδιότητες των στοιχείων του μοντέλου, τις σχέσεις και τους νόμους που αφορούν στο φαινόμενο, καθώς και προτάσεις σχετικές με την επίδραση εξωτερικών παραγόντων.

ένα σκεπτικό, δηλαδή μια διαδικασία λογικής παραγωγής και

το συμπέρασμα

Για παράδειγμα, στην περίπτωση του πειράματος σχετικά με την εξάρτηση της τριβής από το εμβαδόν ένα τέτοιο ερμηνευτικό σχήμα θα μπορούσε να είναι αυτό που προτείνεται στον πίνακα 4.

Η επεξεργασία μιας διδακτικής πρότασης στην παραπάνω κατεύθυνση και η εφαρμογή της σχεδιάζεται και αποτελεί στόχο επόμενης εργασίας μας προκειμένου να διερευνηθεί σε τι βαθμό οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν, με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού, να προσεγγίσουν ανάλογα νοητικά σχήματα, ώστε να είναι σε θέση να προβλέπουν και να εξηγούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων στο πλαίσιο της σχολικής επιστήμης.

Βιβλιογραφία

Bruner, J. (1985). Vygotsky: A historical and conceptual perspective. In: J. Wertsch (Ed.), *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives,* (pp.21-34) Cambridge University Press.

Duit, R., Tesch, M. (2010). On the role of experiment in science teaching and learning – Visions and the reality of instructional practice. In Kalogiannakis, M., Stavrou, D., & Michaelides P.G. (Eds) *Proceedings of the 7th International Conference Hands-on Science. Bridging the Science and Society gap.* Rethymno, Greece. (pp. 17-30). University of Crete.

Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. In *International Handbook of Science Education*. In Fraser B.J & Tobin K.G. (Eds) (pp. 1155-1173).

Gunstone, R. F. and White, R. T. (1981) Understanding of gravity, *Science Education,* 65, 291-99.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142

Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies,* 28(2), 115-135.

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(6), 497–521.

Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper prepared for the Committee: High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Science, Washington, DC.

Nersessian, N. (1993). In the Theoretician's Laboratory: Thought experimenting as mental modeling. Proceedings of the Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association, 2, 291–301.

Reiner, M., & Burko, L. (2003). On the limitations of thought experiments in physics and the consequences for physics education. Science and Education, 12, 385–358.

Reiner, M., & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. International Journal of Science Education, 22(5), 489–506.

Vosniadou, S. (2002). Mental Models in Conceptual Development. In L. Magnani & N. Nersessian Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values, New York: *Kluwer Academic Press*.

White, R. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*. VOL. 18, NO. 7, 761-774

White, R., & Gunstone R. (1992). *Probing Understanding.* Chapter 3. Falmer Press. London

Η μεταφορά μιας Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την πλεύση – βύθιση από την Ελλάδα στη Φινλανδία: όψεις της αξιολόγησης

Ζουπίδης Αναστάσιος[1], Lavonen Jari[2], Σπύρτου Άννα[1], Meisalo Veijo[2], Πνευματικός Δημήτριος[1] και Καριώτογλου Πέτρος[1]
[1]*Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας*
azoupidis@uowm.gr, aspirtou@uowm.gr, dpnevmat@uowm.gr, pkariotog@uowm.gr,
[2]*Department of Teacher Education University of Helsinki*
jari.lavonen@helsinki.fi, veijo.meisalo@helsinki.fi

Περίληψη

Στο πλαίσιο του προγράμματος Materials Science, εστιάσαμε στη μελέτη της μεταφοράς, από ελληνικά σχολεία σε ένα φινλανδικό, μιας Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς (ΔΜΣ), που εισάγει την πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα πλεύσης/βύθισης (Π/Β). Σε αυτήν την ανακοίνωση, μελετώνται οι μετατροπές που πραγματοποιήθηκαν στη δομή και το περιεχόμενο της ΔΜΣ κατά τη μεταφορά αυτή, καθώς και τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση των ερμηνειών στα φαινόμενα Π/Β. Δύο ερευνητικές Τοπικές Ομάδες Εργασίας (ΤΟΕ), τις οποίες αποτελούν ερευνητές της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και δάσκαλοι, συνεργάστηκαν για τη μεταφορά της ΔΜΣ. Η ελληνική ομάδα (ΤΟΕ1) σχεδίασε, ανάπτυξε, εφάρμοσε και αξιολόγησε τη ΔΜΣ στη Φλώρινα. Μέλη της φιλανδικής ομάδας (ΤΟΕ2) παρακολούθησαν μεγάλο μέρος της εφαρμογής, αποκτώντας εμπειρία που κατέστησε ευκολότερη την προσαρμογή της ΔΜΣ στο φιλανδικό σχολείο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μεταφορά και προσαρμογή της ΔΜΣ έγινε με επιτυχία, από τον Φιλανδό δάσκαλο της τάξης, στο Ελσίνκι.

Abstract

In *Materials Science* project we focused on the transfer, from Greek primary schools to a Finnish primary school, of a Teaching Learning Sequence (TLS), on the density as materials' property, applied into floating / sinking (F/S) phenomena. In this paper, we study the modifications in TLS's structure and content during this transfer, and the results concerning students' interpretations of F/S phenomena. Two Local Working Groups (LWG) comprising science education researchers and teachers were formed. The Greek participants (LWG1) designed, developed, implemented and evaluated the TLS in Florina. Members of the Finnish group (LWG2) followed the bigger part of the TLS's implementation, acquiring useful experience that helped the adaptation of the TLS in the Finnish school. The results show that the transfer and adaptation of the TLS in Helsinki, mainly realized by the Finnish teacher, was successful.

Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του προγράμματος Materials Science[17], εστιάσαμε στη μελέτη της μεταφοράς μιας καινοτομίας από ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε ένα άλλο, λαμβάνοντας υπόψη το ισχυρό ενδιαφέρον που υπάρχει στο δυτικό κόσμο σχετικά με συγκεκριμένο θέμα (Bhagat, Kedia, Harveston, Triandis 2002, EU 2007). Στόχος της έρευνας ήταν να μελετηθούν οι προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί μια τέτοια μεταφορά από το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα (παραδοσιακό, κεντρικά κατευθυνόμενο) στο φιλανδικό (σύγχρονο, διερευνητικό περιβάλλον μάθησης, αυτονομία του δασκάλου στην επιλογή υλικών και μεθόδων), καθώς και να μελετηθούν τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση αυτής διαδικασίας. Με τον όρο αξιολόγηση εννοούμε την αξιολόγηση τόσο της μαθησιακής διαδικασίας όσο και της

[17] Μέρος της εργασίας αυτής υποστηρίχθηκε από το πρόγραμμα: © MaterialsScience Project, SAS6-CT-2006-042942-Material Science (042942)

ευρύτερης προσπάθειας να μεταφερθεί η καινοτομία αυτή σε ένα άλλο, και μάλιστα εντελώς διαφορετικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Η καινοτομία αφορά καταρχάς στον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή μιας ΔΜΣ (Méheut & Psillos 2004), η οποία εστιάζει στην έννοια της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα Π/Β διαφόρων αντικειμένων από την καθημερινότητα, όπως π.χ. ενός πλοίου. Επιπλέον, από το ευρύ φάσμα προσεγγίσεων διερευνητικής μάθησης, στοχεύσαμε στη μάθηση στοιχείων της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) καθώς και της φύσης και του ρόλου των μοντέλων (NRC 2000, Treagust, Chittleborough, Mamiala 2002, Boudreaux et al. 2008). Η σύνδεση και η πλοκή της επιστημολογικής και διαδικαστικής γνώσης με την δηλωτική γνώση, και μάλιστα σε ένα διερευνητικό πλαίσιο μάθησης, αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία καινοτομίας της ΔΜΣ, για το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Σύμφωνα με τους ερευνητές που έχουν ασχοληθεί με το θέμα (Hardy, Jonen, Moeller & Stern 2006, Smith, Snir and Grosslight 1992), όταν οι μαθητές προσπαθούν να ερμηνεύσουν την πλεύση ενός αντικειμένου σε ένα υγρό εστιάζουν, διαισθητικά, σε ένα χαρακτηριστικό του αντικειμένου, όπως π.χ. το βάρος ή το μέγεθος. Αντίθετα, οι ερμηνείες για την Π/Β που είναι συμβατές με την επιστημονική άποψη που διδάσκεται στα σχολεία, εστιάζουν στη σχέση μεταξύ αντικειμένου και υγρού (Hardy et al. 2006, Perkins & Grotzer 2005).

Οι σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία και μάθηση της πυκνότητας και των φαινομένων της Π/Β στο δημοτικό και το γυμνάσιο είναι κυρίως εποικοδομητικού χαρακτήρα, επειδή κατά το σχεδιασμό τους λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε μακροσκοπικό επίπεδο. Παράλληλα, άρχισε να δίνεται βαρύτητα και προσοχή στην κατάκτηση μεταεννοιολογικής και επιστημολογικής γνώσης. Για παράδειγμα οι Wiser και Smith (2008) θεωρούν ότι η κατανόηση της φύσης και του ρόλου των μοντέλων είναι απαραίτητη για την κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας καθώς επίσης και των ερμηνειών του φαινομένου Π/Β τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό πλαίσιο και επισημαίνουν ότι ο τρόπος με τον οποίο θα οικοδομηθεί αυτή η κατανόηση είναι ακόμη ανοικτό ζήτημα προς διερεύνηση.

Η ανάπτυξη της ελληνικής ΔΜΣ

Η ΔΜΣ σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από την ΤΟΕ1 της παιδαγωγικής σχολής του πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, στην οποία συμμετείχαν τόσο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), που είχαν την κύρια ευθύνη του έργου, όσο και οι δασκάλες που εφάρμοσαν τις παρεμβάσεις, των οποίων η συμμετοχή ήταν σημαντική διότι αξιολόγησαν τις δραστηριότητες της προτεινόμενης παρέμβασης σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής της στους μαθητές της συγκεκριμένης ηλικίας.

Η ΔΜΣ αποτελείται από πέντε ενότητες, καθεμία από τις οποίες διαρκεί 80 λεπτά (βλ. Spyrtou, Zoupidis, & Kariotoglou 2008). Στην 1η ενότητα οι μαθητές εξοικειώνονται με τα φαινόμενα Π/Β μέσα από διάφορες δραστηριότητες όπως π.χ. πειράματα με πραγματικά υλικά με την προσέγγιση Προβλέπω-Παρατηρώ-Εξερευνώ (ΠΠΕ).

Στη 2η ενότητα, οι μαθητές δουλεύουν σε ομάδες σε προσομοιωμένο και πραγματικό περιβάλλον ελέγχοντας διάφορες μεταβλητές σύμφωνα με δομημένα φύλλα εργασίας που τους καθοδηγούν σε μια διερευνητική διαδικασία.

Στην 3η ενότητα, εισάγουμε ένα πρόδρομο οπτικό μοντέλο της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, το μοντέλο *«τελίτσες-στο-κυβάκι»* ενός υλικού (Εικόνα 1) (Smith et al. 1992). Χρησιμοποιώντας προσομοιωμένα περιβάλλοντα τα οποία συσχετίζονται με αντίστοιχα πραγματικά πειράματα, οι μαθητές αναμένεται να χρησιμοποιήσουν συσχετιστική αιτιακή λογική (Perkins and Grotzer 2005) στις ερμηνείες τους για την Π/Β συμπαγών αντικειμένων.

Εικόνα 1: Το οπτικό μοντέλο «τελίτσες-στο-κυβάκι», της πυκνότητας διαφόρων υλικών

Στην 4η ενότητα, οι μαθητές προτρέπονται να δουλέψουν σε ομάδες για να ερμηνεύσουν αντίστοιχες περιπτώσεις για περισσότερα υγρά, καθώς και για σύνθετα σώματα και με αυτόν τον τρόπο να προχωρήσουν σε γενίκευση του τρόπου ερμηνείας φαινομένων Π/Β.

Στην 5η ενότητα, οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να εργαστούν σε ομάδες σε προσομοιωμένο αλλά και σε πραγματικό περιβάλλον και να διερευνήσουν την Π/Β του κρουαζιερόπλοιου *Sea Diamond*, ώστε προτείνουν λύσεις για την ανέλκυσή του.

Ερευνητική μέθοδος

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε το δείγμα της έρευνας, το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι παρεμβάσεις (Ελλάδα και Φινλανδία). Επίσης, θα περιγράψουμε τη μέθοδο και τα έργα αξιολόγησης της μάθησης καθώς και τη μέθοδο κατηγοριοποίησης των απαντήσεων των μαθητών.

Στην Ελλάδα η ΔΜΣ εφαρμόστηκε στο 1ο Δημοτικό σχολείο Φλώρινας, τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2008, σε 41 μαθητές (δύο τμήματα) της Ε΄ τάξης (10-11 ετών). Η δασκάλα έχει μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία των ΦΕ και συνεργάστηκε με την ερευνητική ομάδα στο σχεδιασμό της ΔΜΣ. Στη Φιλανδία η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στο Δημοτικό σχολείο του Töyrynummi κοντά στο Ελσίνκι, τον Απρίλιο του 2009 σε 28 μαθητές Ε΄ τάξης (11-12 ετών). Ο δάσκαλος έχει μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία των ΦΕ και συνεργάζεται με την φιλανδική ερευνητική ομάδα σε θέματα ΔΦΕ και εφαρμογής τους στην τάξη.

Για την αξιολόγηση της ΔΜΣ και της μεταφοράς της, χρησιμοποιήθηκαν τα ημερολόγια των ερευνητών των ομάδων των δύο πανεπιστημίων, των εξωτερικών παρατηρητών του προγράμματος, του δασκάλου που εφάρμοσε τη ΔΜΣ στη Φιλανδία, καθώς και το διδακτικό υλικό που προέκυψε από αυτήν την προσπάθεια. Επιπλέον, για την αξιολόγηση της μάθησης, τόσο στην Ελλάδα όσο και στη Φιλανδία, χρησιμοποιήθηκαν διάφορα ερευνητικά εργαλεία (φύλλα εργασίας, γραπτό ερωτηματολόγιο, συνέντευξη). Στην ανακοίνωση αυτή θα περιοριστούμε σε τέσσερα κοινά ερωτήματα που περιλάμβανε το γραπτό ερωτηματολόγιο και τα οποία αφορούν τις ερμηνείες φαινομένων Π/Β.

Τα πρώτα τρία ερευνητικά έργα (Έργο1, Έργο2 και Έργο3) αναπτύχθηκαν με στόχο να καταγραφούν οι ερμηνείες των μαθητών σχετικά με φαινόμενα Π/Β της καθημερινότητας. Πιο συγκεκριμένα, στο Έργο1 (σωσίβιο) και στο Έργο2 (άγκυρα) ζητείται από τους μαθητές να προβλέψουν και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους σχετικά με την Π/Β ενός σωσιβίου και μιας άγκυρας αντίστοιχα. Στο Έργο3 (πλαστελίνη) ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν την αλλαγή που θα έκαναν στο σύστημα μιας μπάλας από πλαστελίνη, η οποία βρίσκεται βυθισμένη σε ένα δοχείο με νερό, ώστε η μπάλα τελικά να επιπλεύσει. Στο Έργο4 (μέγεθος αντικειμένου) ζητείται από τους μαθητές να αποφασίσουν, και να αιτιολογήσουν, ποια θα είναι η τελική θέση ενός μεγάλου κύβου σε ένα υγρό, εάν γνωρίζουν ότι ένα μικρό κυβάκι από το ίδιο υλικό επιπλέει στο υγρό αυτό. Σε όλες τις περιπτώσεις, το αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα είναι οι μαθητές να ερμηνεύσουν την Π/Β συγκρίνοντας την πυκνότητα των αντικειμένων με την πυκνότητα του υγρού. Η αναφορά στο υλικό του αντικειμένου θεωρείται ότι είναι προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης.

Λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική βιβλιογραφία και ακολουθώντας ταυτόχρονα μια bottom-up ανάλυση βασισμένη στην Θεμελιωμένη Θεωρία (Strauss & Corbin 1994) οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες. Η ανάλυση, σε κάθε περίπτωση (Ελλάδα, Φινλανδία), πραγματοποιήθηκε από δύο ανεξάρτητους κριτές, με αρχική συμφωνία 80-90% η οποία μετά από συζήτηση αυξήθηκε στο 100%. Επιπλέον, υπήρξε συζήτηση μεταξύ των ερευνητών των δύο ερευνητικών ομάδων. Οι λίγες διαφωνίες που υπήρξαν αρχικά επιλύθηκαν μετά τη συζήτηση, με αποτέλεσμα να καταλήξουμε στις τέσσερις κοινές κατηγορίες που περιγράφονται παρακάτω.

Οι απαντήσεις που περιλαμβάνουν ‘σύγκριση πυκνοτήτων’ για την ερμηνεία Π/Β κατηγοριοποιήθηκαν στην κατηγορία 3, η οποία θεωρείται ότι αντιστοιχεί στην επιστημονική άποψη, π.χ. «*Επιπλέει γιατί έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό*» (Έργο1). Οι απαντήσεις που αναφέρονται, κατά κύριο λόγο, στο ‘υλικό του αντικειμένου’ κατηγοριοποιήθηκαν στην

κατηγορία 2, π.χ. «*αφού το μικρό κομμάτι από κάποιο υλικό επιπλέει, θα επιπλέει και ένα μεγαλύτερο κομμάτι από το ίδιο υλικό*» (Έργο4). Οι απαντήσεις που αναφέρονται στο 'βάρος του αντικειμένου' κατηγοριοποιήθηκαν στην κατηγορία 1, π.χ. «*επιπλέει γιατί είναι ελαφρύ αντικείμενο*» (Έργο1). Τέλος, οι απαντήσεις που αναφέρονται στο 'σκοπό του αντικειμένου' ή αυτές που δεν μπορούν παρουσιάζουν σχέση με το ερώτημα κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0, π.χ. «*για να μην πνιγεί ο άνθρωπος στη θάλασσα*» (Έργο1).

Αποτελέσματα

Παρακάτω, περιγράφουμε τις επιλογές του Φιλανδού δασκάλου στη δομή και στο περιεχόμενο της σειράς, την εφαρμογή της σειράς στη Φιλανδία, και τέλος τα μαθησιακά αποτελέσματα των δύο εφαρμογών.

Αποτελέσματα από το διδακτικό υλικό και το ημερολόγιο του Φιλανδού δασκάλου

Η ΤΟΕ2 παρέλαβε, μεταφρασμένα στα αγγλικά, τα *διδακτικά σενάρια* της ΔΜΣ, τα αντίστοιχα *φύλλα εργασίας* καθώς και τα *έργα αξιολόγησης* της μάθησης που αναπτύχθηκαν από την ΤΟΕ1. Το υλικό αυτό παραδόθηκε στον δάσκαλο, ο οποίος θα εφάρμοζε την παρέμβαση, για να αποφασίσει ο ίδιος τις πιθανές μετατροπές στη δομή και το περιεχόμενο της ΔΜΣ. Επισημαίνουμε ότι ο δάσκαλος και ένας ερευνητής της ΤΟΕ2 παρακολούθησαν μέρος της εφαρμογής της ΔΜΣ σε Έλληνες μαθητές στη Φλώρινα.

Καταρχάς, η παρέμβαση όπως διαμορφώθηκε από τον Φιλανδό δάσκαλο αποτελείται από τρεις ενότητες διάρκειας μίας διδακτικής ώρας η πρώτη και δύο διδακτικών ωρών οι υπόλοιπες δύο. Σύμφωνα με τον ίδιο το δάσκαλο, «*η δραστική μείωση στη διάρκεια της παρέμβασης οφείλεται κυρίως σε χρονικούς περιορισμούς που θέτει το φιλανδικό αναλυτικό πρόγραμμα*». Αποτέλεσμα αυτής της μείωσης, ήταν να μην δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας αλλά κυρίως στη χρήση της για την ερμηνεία των φαινομένων Π/Β. Σε αυτήν την απόφαση συνέτεινε και το γεγονός ότι στο φιλανδικό αναλυτικό πρόγραμμα για το δημοτικό δεν συμπεριλαμβάνεται η έννοια της πυκνότητας. Επιπλέον, ο δάσκαλος αποφάσισε να μην πραγματοποιηθούν οι συζητήσεις σχετικά με τη φύση και το ρόλο των μοντέλων καθώς και σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ. Αυτό συνέβη από τη μία λόγω έλλειψης χρόνου και από την άλλη επειδή οι Φιλανδοί μαθητές έχουν σχετική εμπειρία, τουλάχιστον με τη μέθοδο. Αντίθετα, και παρά τον περιορισμένο χρόνο, θεωρήθηκε ότι οι δραστηριότητες εξοικείωσης με τα φαινόμενα Π/Β, στην 1η ενότητα, θα ήταν καλό να εμπλουτιστούν με δραστηριότητες που έχουν σχέση με θέματα ασφάλειας καθώς και συμπεριφοράς σε περίπτωση ατυχήματος στη θάλασσα.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου μέρους της 2ης ενότητας οι μαθητές συζητούν και ελέγχουν μεταβλητές που πιθανόν να επηρεάζουν το φαινόμενο Π/Β, έχοντας στη διάθεσή τους αντικείμενα διαφόρων υλικών καθώς και δοχεία με νερό. Με αυτήν την επιλογή δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση, από ό,τι στην ελληνική περίπτωση, στις hands-on δραστηριότητες. Οι παραπάνω δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια φύλλων εργασίας, τα οποία όμως είναι λιγότερο καθοδηγητικά από τα αντίστοιχα της ελληνικής παρέμβασης, ακολουθώντας το διερευνητικό παράδειγμα μάθησης του φιλανδικού εκπαιδευτικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου μέρους της 2ης ενότητας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό με στόχο να γίνει πιο συστηματικός έλεγχος ορισμένων μεταβλητών που πιθανόν να επηρεάζουν την Π/Β (βάρος και σχήμα του αντικειμένου, είδος υγρού).

Κατά τη διάρκεια του πρώτου μέρους της 3ης ενότητας το λογισμικό και το μοντέλο «τελίτσες-στο-κυβάκι» ενός υλικού χρησιμοποιήθηκαν για την ερμηνεία Π/Β συμπαγών αντικειμένων. Τέλος, κατά τη διάρκεια του δεύτερου μέρους της 3ης ενότητας οι μαθητές κλήθηκαν να συζητήσουν και να ερμηνεύσουν την Π/Β σύνθετων σωμάτων καθώς και να επιλύσουν προβλήματα ανέλκυσης βυθισμένων αντικειμένων. Γενικά, δόθηκε μεγαλύτερη αυτονομία στους μαθητές τόσο στις προσομοιωμένες όσο και στις hands-on δραστηριότητες.

Αποτελέσματα από τα ερωτηματολόγια των μαθητών

Από τους 28 Φιλανδούς μαθητές μόνο οι 21 συμπλήρωσαν τόσο το Πριν όσο και το Μετά γραπτό ερωτηματολόγιο. Αντίθετα, όλοι οι Έλληνες μαθητές (41) συμπλήρωσαν το αντίστοιχο γραπτό ερωτηματολόγιο. Παρακάτω παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών (Ελλήνων και Φιλανδών) στα τέσσερα έργα.

Πίνακας 1: Απόψεις των μαθητών στο Έργο1 (σωσίβιο)

	Φλώρινα				Ελσίνκι			
	Πριν		Μετά		Πριν		Μετά	
Κατηγορίες	N	%	N	%	N	%	N	%
3: Σύγκριση πυκνοτήτων	0	0	9	22	3	14	11	52
2: Αναφορά στο υλικό ή / και στο βάρος	34	83	29	71	13	62	8	38
1: Αναφορά στο βάρος	1	2,5	1	2,5	4	19	0	0
0: Τελεολογικές	6	14,5	2	5	1	5	2	10
Σύνολο	41	100	41	100	21	100	21	100

Πίνακας 2: Απόψεις των μαθητών στο Έργο2 (άγκυρα)

	Φλώρινα				Ελσίνκι			
	Πριν		Μετά		Πριν		Μετά	
Κατηγορίες	N	%	N	%	N	%	N	%
3: Σύγκριση πυκνοτήτων	0	0	11	27	3	14	15	71
2: Αναφορά στο υλικό ή / και στο βάρος	11	27	13	32	9	43	4	19
1: Αναφορά στο βάρος	23	56	14	34	9	43	1	5
0: Τελεολογικές	7	17	3	7	0	0	1	5
Σύνολο	41	100	41	100	21	100	21	100

Όλοι οι μαθητές προέβλεψαν σωστά ότι το σωσίβιο θα επιπλεύσει (Έργο1) και η άγκυρα θα βυθιστεί (Έργο2). Οι ερμηνείες τους παρόλα αυτά διέφεραν και παρουσιάζονται κατηγοριοποιημένες στους πίνακες 1 και 2 αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, η κατηγορία 3 (σύγκριση πυκνοτήτων) φαίνεται να κυριαρχεί στην περίπτωση των Φιλανδών μαθητών αμέσως μετά την παρέμβαση και στα δύο έργα.

Η κατηγορία απαντήσεων που συναντήθηκε με μεγαλύτερη συχνότητα στην ερμηνεία της επίπλευσης του σωσιβίου (Έργο1), σε μεγάλο βαθμό για τους Έλληνες μαθητές και σε μικρότερο για τους Φιλανδούς, είναι η κατηγορία 2 (αναφορά στο υλικό). Ορισμένες από τις απαντήσεις, οι οποίες αναφέρονται τόσο στο υλικό όσο και στο βάρος του αντικειμένου κατατάχθηκαν επίσης στην κατηγορία 2. Η βασική εναλλακτική ιδέα (κατηγορία 1) στην ερμηνεία φαινομένων Π/Β, δηλαδή ότι τα βαριά αντικείμενα βυθίζονται και τα ελαφριά επιπλέουν, παρουσιάζει μεγαλύτερη συχνότητα στην περίπτωση της άγκυρας (Έργο2), τόσο για τους Έλληνες όσο και για τους Φιλανδούς μαθητές. Τέλος, υπήρξαν ορισμένες απαντήσεις οι οποίες κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0 ως τελεολογικές. Η βελτίωση που παρατηρήθηκε είναι στατιστικά σημαντική[18] τόσο στην ελληνική (Έργο 1, z=2.665, p=.008 και Έργο2, z=3.446, p=.001) όσο και στην φιλανδική περίπτωση (Έργο 1, z=2.665, p=.008 και Έργο2, z=3.446, p=.001).

[18] Καθότι διαπιστώθηκε έλλειψη κανονικής κατανομής στις μεταβλητές που εξετάστηκαν, εφαρμόσαμε μη παραμετρικές μεθόδους (έλεγχος Wilcoxon) προκειμένου να ελέγξουμε εάν οι διαφορές μετά την παρέμβαση ήταν σημαντικές.

Πίνακας 3: Απόψεις των μαθητών στο Έργο3 (πλαστελίνη)

	Φλώρινα				Ελσίνκι			
	Πριν		Μετά		Πριν		Μετά	
Κατηγορίες	N	%	N	%	N	%	N	%
3: Σύγκριση πυκνοτήτων	0	0	6	14,5	0	0	0	0
2: Αναφορά α) στο υλικό ή / και στο βάρος, β) αρνητικές εκφράσεις, γ) σχήμα που μοιάζει σε βάρκα	21	51	21	51	17	81	18	86
1: Αναφορά στο βάρος	13	32	10	24,5	0	0	0	0
0: Καμία απάντηση	7	17	4	10	4	19	3	14
Σύνολο	41	100	41	100	21	100	21	100

Οι κατηγορίες των απαντήσεων στο έργο 'πλαστελίνη' (Έργο 3, Πίνακας 3) είναι οι ίδιες με αυτές στο έργο 'σωσίβιο' (Έργο1, Πίνακας 1), εκτός από την κατηγορία 2 στην οποία παρατηρήθηκαν κάποιες επιπλέον υποκατηγορίες που περιγράφονται παρακάτω.

Πίνακας 4: Επιλογές των μαθητών στο Έργο4

	Φλώρινα				Ελσίνκι			
	Πριν		Μετά		Πριν		Μετά	
Κατηγορίες	N	%	N	%	N	%	N	%
Πλεύση	12	30	31	76	13	62	19	90
Αιώρηση	2	4	1	2	4	19	0	0
Βύθιση	26	64	8	20	4	19	1	5
Δεν ξέρω	1	2	1	2	0	0	1	5
Σύνολο	41	100	41	100	21	100	21	100

Πίνακας 5: Απόψεις των μαθητών στο Έργο 4

	Φλώρινα				Ελσίνκι			
	Πριν		Μετά		Πριν		Μετά	
Κατηγορίες	N	%	N	%	N	%	N	%
3: Σύγκριση πυκνοτήτων	0	0	0	0	1	5	5	24
2: Αναφορά α) στο υλικό ή / και στο βάρος, β) αρνητικές εκφράσεις	4	10	26	64	9	43	9	43
1: Αναφορά στο βάρος	24	58	5	12	9	43	6	28
0: Καμία απάντηση	13	32	10	24	2	9	1	5
Σύνολο	41	100	41	100	21	100	21	100

Αμέσως μετά την παρέμβαση, μόνο οι Έλληνες μαθητές (6 άτομα) κατατάχθηκαν στην κατηγορία 3. Η πλειοψηφία των Ελλήνων μαθητών και ακόμη μεγαλύτερη των Φιλανδών μαθητών κατατάχθηκαν στην κατηγορία 2. Σε αυτήν την κατηγορία κατατάχθηκαν επίσης απαντήσεις (πολλές των Φιλανδών και μερικές των Ελλήνων μαθητών), οι οποίες αναφέρονται στο σχήμα μιας βάρκας, π.χ. «*θα το έκανα να μοιάζει με βάρκα*» ή «*θα το πίεζα πολύ δυνατά ώσπου να γίνει επίπεδο και τότε θα επέπλεε*». Κανένας Φιλανδός μαθητής δεν έδωσε απάντηση που θα μπορούσε να καταταχθεί στην κατηγορία 1. Αντίθετα, στην περίπτωση των Ελλήνων μαθητών δεκατρείς μαθητές πριν την παρέμβαση και δέκα μαθητές αμέσως μετά την παρέμβαση έχουν αυτήν την εναλλακτική ιδέα για το φαινόμενο της Π/Β. Η βελτίωση που παρατηρήθηκε είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην ελληνική περίπτωση (Έργο 3, z=2.142, p=.032).

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται οι επιλογές των μαθητών στο Έργο4. Πριν την παρέμβαση, η πλειοψηφία των Ελλήνων μαθητών επέλεξε ότι το μεγαλύτερο αντικείμενο θα βυθιστεί και η ερμηνεία που δόθηκε ήταν ότι το μεγαλύτερο αντικείμενο είναι και πιο βαρύ. Αντίθετα, μετά

την παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών επέλεξε ότι το μεγάλο αντικείμενο θα επιπλεύσει αιτιολογώντας την επιλογή τους με το γεγονός ότι τα δύο αντικείμενα (μικρό και μεγάλο) είναι από το ίδιο υλικό. Οι απαντήσεις των Φιλανδών μαθητών παρουσιάζουν διαφορετική εικόνα. Μια σημαντική διαφορά είναι ότι ορισμένοι Φιλανδοί, αμέσως μετά την παρέμβαση, αιτιολογούν την επίπλευση του μεγάλου αντικειμένου με τη σύγκριση πυκνοτήτων (κατηγορία 3). Η βελτίωση που παρατηρήθηκε είναι στατιστικά σημαντική μόνο στην ελληνική περίπτωση (Έργο 4, z=3.801, p=.000).

Συζήτηση

Σε αυτήν την ενότητα συζητάμε τα αποτελέσματα της έρευνας δηλαδή α) τις μετατροπές της ΔΜΣ για την προσαρμογή της στο φιλανδικό εκπαιδευτικό σύστημα, και β) τα μαθησιακά αποτελέσματα των δύο εφαρμογών σχετικά με την Π/Β.

Καταρχάς, φάνηκε ότι η μεταφορά της ΔΜΣ από ελληνικά σχολεία σε ένα φινλανδικό σχολείο έγινε με επιτυχία. Βέβαια, δεν μεταφέρθηκε το σύνολο της ΔΜΣ, αλλά λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του φινλανδικού εκπαιδευτικού συστήματος, επιλέχθηκαν συγκεκριμένα στοιχεία της. Στη συγκεκριμένη μάλιστα περίπτωση, παρατηρούμε ότι η εφαρμογή στην Ελλάδα έγινε από έναν παραδοσιακό δάσκαλο, ο οποίος συνεργάστηκε στενά με τους ερευνητές της ΤΟΕ1. Η συνεργασία αυτή είχε ως αποτέλεσμα την επιτυχή εφαρμογή μιας τόσο καινοτομικής ΔΜΣ για τα ελληνικά δεδομένα. Αντίθετα, στην περίπτωση της εφαρμογής στη Φινλανδία, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η προσαρμογή της ΔΜΣ έγινε από τον ίδιο το δάσκαλο της τάξης δίχως συστηματική υποστήριξη από τους ερευνητές της ΤΟΕ2. Θεωρούμε ότι η προσαρμογή αυτή έγινε μέσω της κριτικής θεώρησης του δασκάλου, ο οποίος λειτουργεί και επηρεάζεται από το εκπαιδευτικό πλαίσιο και την παράδοση στη Φινλανδία. Για παράδειγμα, στην περίπτωση αυτής της έρευνας μειώθηκαν τα καινοτομικά επιστημονικά στοιχεία (μοντέλα και πυκνότητα) κατά τη μεταφορά από την Ελλάδα στην Φινλανδία, ενώ ενισχύθηκαν η σύνδεση της επιστήμης με την καθημερινότητα (π.χ. κανόνες ασφάλειας στα πλοία). Επίσης υπήρξε χρονικός περιορισμός της ΔΜΣ (από πέντε δίωρες σε πέντε μονόωρες ενότητες), ο οποίος προέκυψε για τους εξής δύο λόγους: α) οι οδηγίες που υπάρχουν στο φιλανδικό αναλυτικό πρόγραμμα προτείνουν μικρής διάρκειας ενότητες, και β) η έννοια της πυκνότητας δεν συμπεριλαμβάνεται στο αναλυτικό πρόγραμμα του δημοτικού. Συμπερασματικά, τέτοιου είδους συνεργασίες μπορούν να διευρύνουν τις οπτικές μας για τα θετικά στοιχεία άλλων – διαφορετικών εκπαιδευτικών συστημάτων και να μελετηθούν οι όροι και οι προϋποθέσεις εισαγωγής τους.

Παρά την επιτυχία που έχουν και οι δύο εφαρμογές, φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή οι Φιλανδοί μαθητές βρίσκονται σε καλύτερη κατάσταση ως προς την κατανόηση της επιστημονικής γνώσης. Με άλλα λόγια, οι Έλληνες μαθητές παρουσιάζουν βελτίωση αλλά είναι σχεδόν πάντα «πίσω» από τους Φιλανδούς. Αυτό το γεγονός φαίνεται να είναι αντιφατικό σε σχέση με τις επιλογές του δάσκαλου που έγιναν μέσα στο συγκεκριμένο πλαίσιο και σύστημα (μείωση του χρόνου, παράλειψη της σαφούς διδασκαλίας της επιστημολογικής και διαδικαστικής γνώσης). Εν γένει, πιθανόν να εξηγείται από τη διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων όπως αυτή καταγράφεται στις μετρήσεις του προγράμματος PISA (PISA 2010, PISA 2006). Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους: α) στο γεγονός ότι οι Φιλανδοί μαθητές, σε αντίθεση με τους Έλληνες, είναι συνηθισμένοι σε ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης και β) στο γεγονός ότι οι Φιλανδοί μαθητές είναι κατά ένα έτος μεγαλύτεροι από τους Έλληνες. Επίσης, φαίνεται ότι οι μαθητές (Έλληνες και Φιλανδοί) βελτιώνουν σημαντικά τις διαισθητικές επιλογές τους αλλά δυσκολεύονται στις ερμηνείες τους. Προτείνεται λοιπόν να δοθεί χρόνος στις ερμηνείες των μαθητών για την π/β στην τάξη.

Βιβλιογραφία

Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., & McDermott, L. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system, *American Journal of Physics*, vol. 76, no.2, 163-170. doi:10.1119/1.2805235

Bhagat, R.S., Kedia, B.L., Harveston, P.D., Triandis, H.C. (2002). Cultural variations in the cross – border transfer of organizational knowledge: an integrative framework, *Academy of Management Review, 27*(2), 204-221

EU (2007). Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Retrieved 2011-03-30 from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Hardy, I., Jonen, A., Moeller, K., & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". *Journal of Educational Psychology, 98*(2), 307-326. doi:10.1037/0022-0663.98.2.307

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education,* 26(5), 515-535. doi:10.1080/09500690310001614762

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.

Perkins, D.N., & Grotzer, T.A. (2005). Dimensions of causal understanding: the role of complex causal models in students' understanding of science. *Studies in Science Education, 41*, 117-166. doi:10.1080/03057260508560216

PISA 2010, PISA 2006 Assessment Report for Greece, Centre for Educational Research, Athens.

Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1992). Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation, *Cognition and Instruction, 9(3)*, 221-283. doi:10.1207/s1532690xci0903_3

Spyrtou, A., Zoupidis, A., & Kariotoglou, P. (2008). The design and development of an ICT Enhanced Module concerning density as a property of materials applied in floating-sinking phenomena. In: C. P. Constantinou και N. Papadouris (Eds.), GIREP INTERNATIONAL CONFERENCE, *Physics Curriculum Design, Development and Validation*, Selected Papers, 391-407. ISBN 978-9963-689-20-0.
http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/THE%20DESIGN%20AND%20DEVELOPMENT%20OF%20AN%20ICT-ENHANCED.pdf

Strauss, A., & Corbin, J. (1994). Grounded theory methodology: An overview. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 273-285). Thousand Oaks, CA: Sage.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education,* 24, 357 – 368. doi:10.1080/09500690110066485

Wiser, M., & Smith, C. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, (pp. 205-239). New York: Routledge.

Η εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές ως κριτήριο για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων

Καράογλου Γιώργος
Εσπερινό ΕΠΑΛ Δράμας gkaraogl@cc.uoi.gr
Κώτσης Κωνσταντίνος
Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η εννοιολογική κατανόηση αποτελεί έναν από τους στόχους της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ερώτημα όμως παραμένει ο ρόλος που διαδραματίζει στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης και της ικανότητας επίλυσης ποσοτικών προβλημάτων. Στην εργασία που ακολουθεί αξιολογείται η εννοιολογική κατανόηση των μαθητών της Α΄ Λυκείου στην κινηματική και τη νευτώνεια δυναμική μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής διαδικασίας στο σχολείο χρησιμοποιώντας το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (IBCM). Στη συνέχεια διερευνάται η συσχέτιση της εννοιολογικής κατανόησης με την ικανότητα που παρουσιάζουν στην επίλυση τυπικών ποσοτικών προβλημάτων που τίθενται στις προαγωγικές εξετάσεις του Ιουνίου. Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της εννοιολογικής κατανόησης και της ικανότητας στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων.

Abstract

Conceptual understanding is one of the goals of educational process. In this research we assess the conceptual understanding of students' in the 1st Lyceum school class in kinematic and Newtonian dynamic, after the learning process at school, using the questionnaire formula Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (IBCM). By analyzing the results, we examine the relationship between the conceptual understanding and the ability in solving standard quantitative problems. We conclude that there is a strong correlation between conceptual understanding and the ability to solve quantitative problems.

Εισαγωγή

Αναζητώντας στην ιστορία της Μηχανικής οδηγούμαστε στο Μεσαίωνα και παρατηρούμε την αργή διαδικασία ανάπτυξης της, επιβεβαιώνοντας τη ρήση του Thomas Kuhn για την αργή διαδικασία ολοκλήρωσης ενός επιστημονικού προτύπου (Kuhn 1981). Ο βραδύς ρυθμός ανάπτυξης αποτυπώνει τις νοητικές δυσκολίες οι οποίες απέτρεπαν σε σημαντικούς ανθρώπους της νόησης την ανάπτυξη προτύπων που θα συγκρούονταν με τα καθιερωμένα.

Εδώ και πολλά χρόνια το ζητούμενο στην επιστημονική κοινότητα που ασχολείται με την έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών είναι η εύρεση του κατάλληλου διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης ώστε να είναι αντιληπτή και προσεγγίσιμη από τους μαθητές και μέσω μιας εύστοχης εκπαιδευτικής παρέμβασης να προκαλεί τροποποίηση και αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων που ήδη έχουν σχηματιστεί στο νου τους ως αποτέλεσμα της καθημερινής ενασχόλησης τους με τα φυσικά φαινόμενα.

Τα παιδιά δεν προσέχονται στο σχολείο σαν «λευκά φύλλα» έτοιμα να δεχθούν τις ιδέες, τις έννοιες, και τις διαδικασίες, που επιθυμεί ο δάσκαλος. Οι ιδέες και οι συλλογιστικές δομές που είναι αποθηκευμένες στη μνήμη τους και αναφέρονται ως «εναλλακτικές αντιλήψεις», «μοντέλα», «πρωταρχικές ιδέες», «σχήματα», κ.τ.λ, φαίνονται χωρίς συνοχή, αλλά είναι ιδιαίτερα σταθερές, διότι επαληθεύτηκαν αρκετές φορές στην καθημερινότητά τους (Driver 1989, McDermott 1998).

Οι προβλέψεις, οι παρατηρήσεις, και τα συμπεράσματα τους κατά τη διδασκαλία επιβεβαιώνουν τα λόγια του Πάμπλο Πικάσο: *Ενίοτε βλέπουμε «αυτό που βλέπουμε», αλλά συχνότερα «βλέπουμε αυτό που ξέρουμε»*, καθώς επηρεάζονται από τις προϋπάρχουσες ιδέες και τις προσδοκίες τους. (Κασσέτας 2004)

Η δυσκολία επίτευξης εννοιολογικής κατανόησης διαφαίνεται από τη διαπίστωση πολλών ερευνών που αναφέρουν ότι είναι τόσο δύσκολο να διαφοροποιηθούν οι αρχικές ιδέες των μαθητών με τη διδασκαλία που ακόμη και όταν αυτές έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα μιας επίδειξης ή μιας πειραματικής διαδικασίας δεν αναρωτιούνται αν οι δικές τους απόψεις ήταν σωστές αλλά προσπαθούν να επιχειρηματολογήσουν λέγοντας ότι η επίδειξη δεν ήταν σχετική με την ερώτηση που τους υποβλήθηκε (McDermott 1991, Halloun & Hestenes 1985b).

Χαρακτηριστικά που συνθέτουν την εννοιολογική κατανόηση είναι η υπέρβαση του σταδίου της απλής απομνημόνευσης των εννοιών και των νόμων και η ανάπτυξη κριτικής ικανότητας ώστε να επιχειρηματολογούν στηριζόμενοι σε αυτούς. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά προσδίδουν στους μαθητές τα απαραίτητα στοιχεία για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των φαινομένων, και διευκολύνουν τη μετάβαση από τα ποιοτικά στα ποσοτικά χαρακτηριστικά καθώς και τη μεταξύ τους σύνδεση. Η ελλειμματική εννοιολογική κατανόηση οδηγεί σε αδυναμία ποιοτικής προσέγγισης και ανάλυσης των χαρακτηριστικών ενός προβλήματος. Οι μαθητές καταλήγουν στη συγκέντρωση και αποτύπωση μαθηματικών τύπων οι οποίοι μπορεί να μη συνδέονται μεταξύ τους ούτε να στηρίζονται σε σταθερό εννοιολογικό υπόβαθρο στο νου τους. Έτσι κατά τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων καταφεύγουν σε εξισώσεις που οδήγησαν σε επιτυχή προσέγγιση παρόμοιων καταστάσεων οι οποίες όμως δε στηρίζονται σε αρχές και νόμους αλλά σε επιμέρους χαρακτηριστικά του προβλήματος.

Διεθνείς έρευνες όπως η μεγάλης κλίμακας έρευνα του Hake το 1998 και η έρευνα στο California Polytechnic State University το ίδιο έτος, έδειξαν τη θετική επίδραση του περιβάλλοντος ενεργού μάθησης όχι μόνο στην κατανόηση των εννοιών και των νόμων της φυσικής αλλά και στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων από τους φοιτητές. Η εννοιολογική κατανόηση όπως μετρήθηκε στις παραπάνω έρευνες από το τεστ Force Concept Inventory φαίνεται να είναι προαπαιτούμενη για την ανάπτυξη της ικανότητας στην επίλυση προβλημάτων (Hake 1998, Knight 2006).

Σε άλλες έρευνες αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ο χρόνος που δαπανάται για την ποιοτική κατανόηση δεν αναιρεί αλλά συχνά βελτιώνει την ικανότητα των φοιτητών να λύνουν ποσοτικά προβλήματα (McDermott το 2001, Heron et.al 2004), και αν δοθεί έμφαση στην κατανόηση των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών και στην ανάπτυξη των ποιοτικών εννοιών προωθείται η ικανότητα για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων από αυτούς (Kanim 2001).

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών της Α΄ Λυκείου στην κινηματική και τη νευτώνεια δυναμική με την ικανότητα τους στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων. Η αμιγής συμμετοχή μαθητών από την Α΄ Λυκείου δίνει ξεχωριστό ενδιαφέρον και διαφοροποιεί την έρευνα από τις προηγούμενες. Οι φοιτητές διαθέτουν συνεχή και μακρόχρονη εκπαίδευσή στη φυσική στη διάρκεια της οποίας αναπτύσσουν μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων μέσω της συνεχούς καθοδήγησης και ενασχόλησης με αυτά. Αντίθετα οι μαθητές στην Α΄ Λυκείου ασχολούνται για πρώτη φορά με προβλήματα φυσικής δεν έχουν αναπτύξει μεθόδους επίλυσης και ο λογισμός τους βρίσκεται σε ένα πρωτογενές στάδιο όσον αφορά την παραπάνω δράση.

Μεθοδολογία της έρευνας

Το εργαλείο

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα είναι το Inventory of Basic Conceptions in Mechanics που δημιουργήθηκε από τον καθηγητή I. Halloun το 2005. Αποτελείτε από 33 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, από αυτές δόθηκαν οι 32 στους μαθητές, μια εξαιρέθηκε λόγω προβλήματος που εντοπίστηκε στις πιθανές απαντήσεις. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτό μπορεί να αποτελέσουν κριτήριο για τη σύγκριση διαφορετικών ομάδων μαθητών, και την ταξινόμηση τους σε διαφορετικά τμήματα, στα οποία η διδασκαλία θα προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες τους αλλά και να βοηθήσουν στην αξιολόγηση της διδασκαλίας καθώς στοχεύουν στη διερεύνηση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών στους τομείς της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής. Σε αυτό το επίπεδο ανήκουν οι

ιδέες που απαιτούνται για την κατάρτιση των μοντέλων που αναφέρονται σε σώματα που είναι ακίνητα ή εκτελούν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση σε δεδομένο αδρανειακό σύστημα αναφοράς, καθώς και σε αντικείμενα που κινούνται σε ευθύγραμμη ή παραβολική τροχιά υπό την επίδραση σταθερής δύναμης.

Οι ερωτήσεις και τα στοιχεία που αφορούν το ερωτηματολόγιο αναλύθηκαν σε παλαιότερες εργασίες (Καράογλου et.al 2010).

Το δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 76 μαθητές της Α' τάξης Γενικού Λυκείου οι οποίοι είχαν διδαχθεί τα εδάφια της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής από το σχολικό βιβλίο (Φυσική Γενικής Παιδείας Α΄ Τάξης Γενικού Λυκείου Αλεξάκης Ν. κ.α.). Οι μαθητές ήταν ενήμεροι για την πραγματοποίηση του τεστ καθώς και για το είδος και τη μορφή των ερωτήσεων. Το τεστ δόθηκε στους μαθητές στα μέσα Φεβρουαρίου μετά την ολοκλήρωση της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής από το σχολικό βιβλίο και τη σχετική επανάληψη των εννοιών. Ο διαθέσιμος χρόνος για την επεξεργασία του ερωτηματολογίου ήταν περίπου μια ώρα.

Η διδακτική διαδικασία έγινε με ερωτήσεις που είχαν στόχο την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών μέσα από τα καθημερινά τους βιώματα, επέτρεπε την αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Περιελάμβανε εργαστηριακές δραστηριότητες όπου προωθούνταν η αυτενέργεια και οι μαθητές καθοδηγούνταν μέσα από φύλλα εργασίας. Στη διάρκεια της μεθοδολογίας για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων δίνονταν ιδιαίτερη έμφαση στη κατασκευή λεπτομερούς σχήματος και στην ποιοτική ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών του προβλήματος όπου γινόταν και η σύνδεσή του με τις αρχές και τους νόμους της φυσικής.

Ο στόχος

Να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της εννοιολογικής κατανόησης σε έννοιες της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής όπως καταγράφεται από τα αποτελέσματα του τεστ IBC Mechanics με την ικανότητα των μαθητών στην επίλυση κλασικών ποσοτικών προβλημάτων.

Αποτελέσματα

Με βάση τα αποτελέσματα από το τεστ προέκυψαν τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων για κάθε μαθητή έτσι ώστε να διαμορφώνεται μια εικόνα που θα αντικατοπτρίζει το βαθμό κατανόησης των εννοιών των νόμων και των αρχών που είχε θέσει ως μαθησιακό στόχο η εκπαιδευτική διαδικασία. Για την αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι επιδόσεις τους σε δύο κλασικά ποσοτικά προβλήματα με ερωτήματα διαβαθμισμένης δυσκολίας που περιλαμβάνονταν στις σχολικές γραπτές προαγωγικές εξετάσεις του Ιουνίου στο μάθημα της φυσικής.

Παρακάτω παραθέτουμε τρεις χαρακτηριστικές ερωτήσεις από το τεστ και το ποσοτικό πρόβλημα των εξετάσεων που σχετίζονταν με τη δυναμική.

Η πρώτη ερώτηση αναφέρεται στον τρίτο νόμο του Newton.

Ένα φορτηγό σπρώχνει και αρχίζει να μετακινεί μικρό ακινητοποιημένο Ι.Χ. αυτοκίνητο σε οριζόντιο δρόμο

Α) Τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο.

Β) Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό.

Γ) Τα δύο οχήματα ασκούν, το ένα στο άλλο, δυνάμεις με ίσα μέτρα.

Δ) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη.

Ε) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη.

Ένας στους τρεις μαθητές απάντησε σωστά σε αυτή την ερώτηση οι υπόλοιποι θεωρώντας τη δύναμη ως εσωτερική ιδιότητα των σωμάτων υποστήριξαν την εναλλακτική ιδέα ότι το μεγαλύτερο σώμα που προκαλεί την κίνηση ασκεί μεγαλύτερη δύναμη.

Η δεύτερη ερώτηση αναφέρεται στον πρώτο νόμο του Newton.

Σπρώχνετε ένα κιβώτιο με σταθερή οριζόντια δύναμη F, με αποτέλεσμα το κιβώτιο να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα v_0 πάνω σε οριζόντιο δάπεδο.

Θεωρείστε τις ακόλουθες δύο δυνάμεις:

F_1: Το βάρος του κιβωτίου

F_2: Η οριζόντια δύναμη που αντιστέκεται στη κίνηση του κιβωτίου

Το μέτρο της δύναμης F που ασκείται στο κιβώτιο είναι:

Α) Ίσο με ο μέτρο της F_1

Β) Μεγαλύτερο από το μέτρο της F_1

Γ) Ίσο με το μέτρο της F_2

Δ) Μεγαλύτερό από το μέτρο της F_2

Ε) Μεγαλύτερό από το μέτρο της καθεμιάς από τις F_1 ή F_2

Οι μαθητές σε ποσοστό 22% επιλέγουν τη σωστή απάντηση. Οι υπόλοιποι θεωρούν απαραίτητη την εφαρμογή μιας δύναμης στην ίδια κατεύθυνση με την κίνηση. Από αυτούς το 52%, απαντούν ότι το μέτρο της δύναμης F είναι μεγαλύτερο από το μέτρο της F_2 ενώ το 26% πιστεύουν επιπρόσθετα ότι η δύναμη F πρέπει να είναι μεγαλύτερη και από το βάρος του κιβωτίου.

Η τρίτη ερώτηση σχετίζεται με το δεύτερο νόμο του Newton.

Σπρώχνετε το κιβώτιο της προηγούμενης ερώτησης στο ίδιο πάτωμα με σταθερή οριζόντια δύναμη η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από τη δύναμη F που ασκούσατε στην παραπάνω ερώτηση. Το κιβώτιο κινείται:

Α) Με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης.

Β) Με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης αλλά όχι διπλάσια.

Γ) Για λίγο σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης, και μετά με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.

Δ) Με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.

Ε) Για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται, και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου.

Το 18% των μαθητών απαντούν σωστά σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Newton, το 66% ισχυρίζονται ότι το κιβώτιο θα κινείται με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από την αρχική ταχύτητα κίνησης v_0 . Αναλογία της ταχύτητας με την ασκούμενη δύναμη διαπιστώνεται σε έρευνες με σπουδαστές δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Viennot, 1979; Osborne, 1984; Sequeira & Leite, 1991).

Το ένα από τα ποσοτικά προβλήματα στις προαγωγικές εξετάσεις του Ιουνίου αναφέρονταν σε έννοιες της δυναμικής:

Σε ένα τούβλο με μάζα m=1kg που αρχικά ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο, ασκούμε δύναμη με μέτρο F=8N και διεύθυνση παράλληλη με το επίπεδο. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης του τούβλου με το οριζόντιο επίπεδο είναι μ=0,5. Δίνεται: $g=10m/s^2$

Α) Να σχεδιάσετε το τούβλο και τις δυνάμεις που δέχεται αυτό.

Β) Να βρείτε την τριβής ολίσθησης.

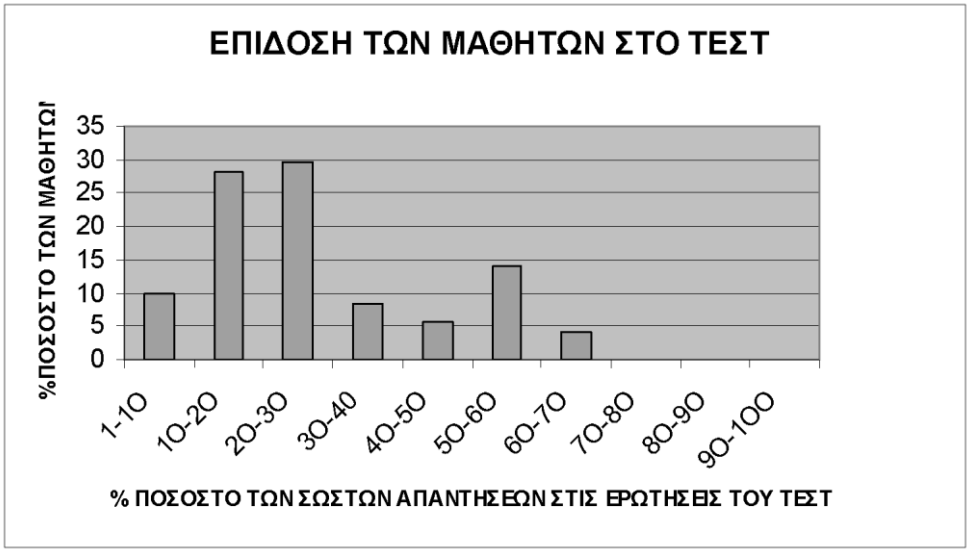
Γ) Να υπολογίστε την επιτάχυνση του τούβλου.

Δ) Τι είδους κίνηση εκτελεί το τούβλο; Αιτιολογήστε την απάντηση σας.

Ε) Να βρείτε τη δύναμη F' που πρέπει να εφαρμόσουμε στο τούβλο ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα

Οι 17 από τους μαθητές προσέγγισαν ικανοποιητικά το σύνολο των ερωτημάτων. Οι περισσότεροι τοποθέτησαν σωστά τις δυνάμεις και υπολόγισαν την τριβή ολίσθησης και την επιτάχυνση. Δυσκολίες αντιμετώπισαν στην προσέγγιση των δύο τελευταίων ερωτημάτων, όπου η απουσία στήριξης στους νόμους του Newton αποδυνάμωσε την επιχειρηματολογία τους.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζονται τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών στο σύνολο των ερωτήσεων του τεστ.



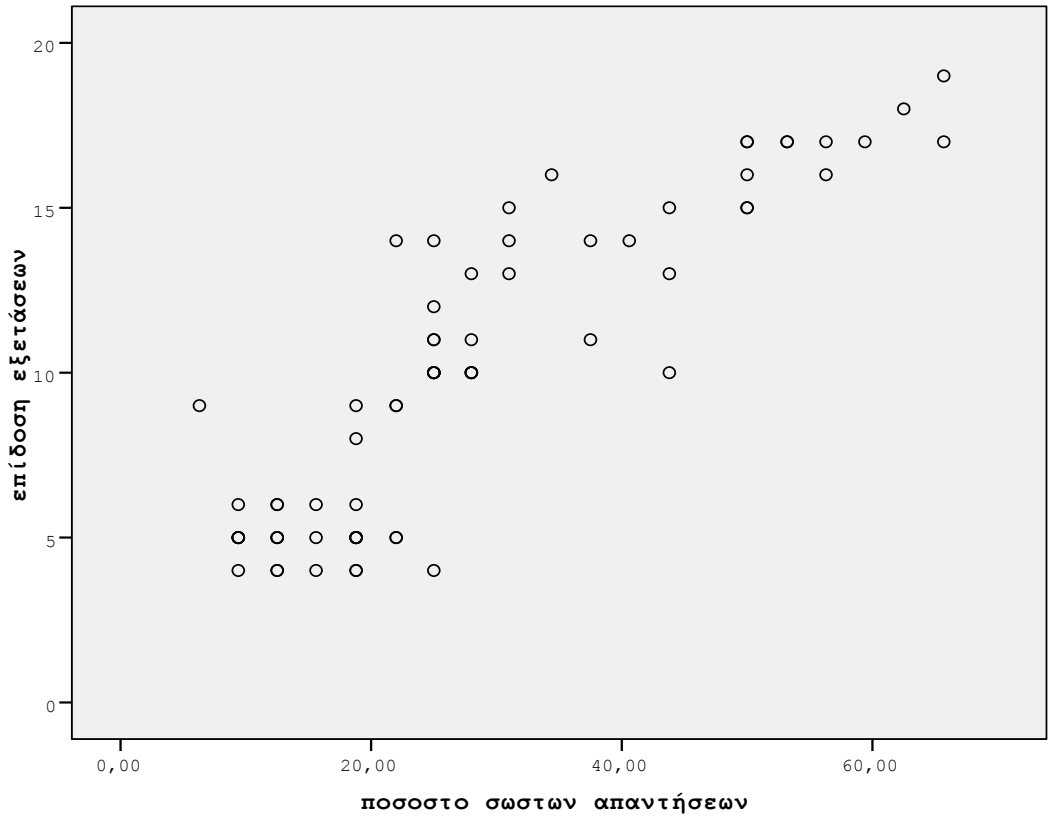
Σχήμα 1: *Επίδοση των μαθητών στο ερωτηματολόγιο.*

Ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών είναι 28,3% (αντιστοιχεί περίπου σε 9,1 σωστές απαντήσεις ανά μαθητή), με το σφάλμα να φτάνει στο ±1,8%.

Σε ποσοστό 76,3% οι μαθητές δεν καταφέρνουν να απαντήσουν σωστά σε περισσότερες από το 40% των ερωτήσεων. Μόνο το 18,4% των μαθητών κατάφεραν να απαντήσουν σωστά σε 16 ή περισσότερες ερωτήσεις έτσι ώστε να πλησιάσουν ή να ξεπεράσουν σε ποσοστό επιτυχίας το 50%. Αυτοί στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου στο μάθημα της Φυσικής βαθμολογήθηκαν πάνω από 15 (με άριστα το 20) στην επίλυση των προβλημάτων. Οι 3 μαθητές των οποίων το ποσοστό επιτυχίας ξεπέρασε το 60%, βαθμολογήθηκαν πάνω από 17. Οι υπόλοιποι 26 μαθητές που πέρασαν τη βάση του 10 στην επίλυση των ποσοτικών προβλημάτων στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου (βαθμολογία από 10 ως 15) είχαν ποσοστό επιτυχίας στο τεστ από 20% ως 50%.

Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται αρχικά φανερή η οικοδόμηση θετικής σχέσης μεταξύ της εννοιολογικής κατανόησης όπως καταγράφεται από το τεστ κλειστού τύπου και της δυνατότητας επίλυσης ποσοτικών προβλημάτων από τους μαθητές.

Για να διαπιστωθεί και να θεμελιωθεί στατιστικά η συσχέτιση μεταξύ των παραπάνω μεταβλητών δημιουργήθηκε το διάγραμμα σκεδασμού. Στο παρακάτω σχήμα 2, φαίνεται το διάγραμμα σκεδασμού όπως προκύπτει από το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS για τη σχέση μεταξύ του ποσοστού σωστών απαντήσεων του κάθε μαθητή στο τεστ IBCM και του βαθμού του στη Φυσική στις γραπτές εξετάσεις του Ιουνίου. Στο διάγραμμα φαίνεται μια αναλογική (γραμμική) σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών (η αύξηση του ποσοστού των σωστών απαντήσεων στις ερωτήσεις του τεστ συμβαδίζει γενικά με την αύξηση της βαθμολογίας στις γραπτές εξετάσεις).



Σχήμα 2: *Διάγραμμα σκεδασμού*

Εφόσον εξασφαλίστηκε η προϋπόθεση της γραμμικότητας από το διάγραμμα σκεδασμού υπολογίστηκε με τη βοήθεια του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας SPSS ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ο οποίος προέκυψε r=0,883 > 0,81 και αποτύπωσε ισχυρή θετική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών η οποία είναι στατιστικά σημαντική αφού προκύπτει πιθανότητα μικρότερη του 1°/₀₀. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 1.

Επειδή όμως η κατανομή του ποσοστού επιτυχίας στις ερωτήσεις του τεστ παρουσιάζει μια κύρτωση λόγω της συσσώρευσης πολλών μαθητών σε μικρά ποσοστά και επομένως μια εκτροπή από την κανονικότητα, υπολογίστηκε και ο μη-παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης Spearman. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 2.

Πίνακας 1: Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης Pearson, για τις δύο μεταβλητές (ποσοστό σωστών απαντήσεων στο τεστ – βαθμός γραπτού των εξετάσεων).

Συσχέτιση

		ποσοστό σωστών απαντήσεων	επίδοση εξετάσεων
Ποσοστό σωστών απαντήσεων	Συσχέτιση Pearson	1	,883
	πιθανότητα		,000
	Μέγεθος δείγματος (N)	71	71
Επίδοση εξετάσεων	Pearson Correlation	,883	1
	πιθανότητα	,000	
	Μέγεθος δείγματος (N)	71	71

Πίνακας2: Υπολογισμός συντελεστή συσχέτισης Spearman, για τις δύο μεταβλητές (ποσοστό σωστών απαντήσεων στο τεστ – βαθμός γραπτού των εξετάσεων).

Συσχέτιση

			ποσοστό σωστών απαντήσεων	επίδοση εξετάσεων
Συντελεστής Spearman	ποσοστό σωστών απαντήσεων	Συντελεστής συσχέτισης	1,000	,878
		πιθανότητα	.	,000
		Μέγεθος δείγματος (N)	71	71
	επίδοση εξετάσεων	Συντελεστής συσχέτισης	,878	1,000
		πιθανότητα	,000	.
		Μέγεθος δείγματος (N)	71	71

Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman r = 0,878 > 0,81 έδειξε επίσης ότι η συνάφεια μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι πολύ ισχυρή και στατιστικά σημαντική αφού προκύπτει πιθανότητα μικρότερη του 1‰ (p < .001).

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται ότι οι μαθητές της Α Λυκείου με καλύτερη εννοιολογική κατανόηση παρουσίασαν μεγαλύτερη ικανότητα στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων. Στο δείγμα της έρευνας προέκυψε ισχυρή συνάφεια μεταξύ του ποσοστού επιτυχίας κάθε μαθητή στο τεστ, που αντικατοπτρίζει την εννοιολογική κατανόηση που επιτεύχθηκε από αυτόν, και της ικανότητας του συγκεκριμένου μαθητή στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων στο μάθημα της φυσικής στις τελικές προαγωγικές εξετάσεις του Ιουνίου αναλογική σχέση μεταξύ των δύο παραπάνω μεταβλητών φαίνεται από το διάγραμμα σκεδασμού όπως αυτό προέκυψε από το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS, καθώς και από τις τιμές του συντελεστή συσχέτισης Pearson (r=0,883) και του μη-παραμετρικού συντελεστή συσχέτισης Spearman (r=0,878) που δείχνουν ότι η συνάφεια μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι πολύ ισχυρή και στατιστικά σημαντική αφού προκύπτει πιθανότητα μικρότερη από 1‰ (p < .001).

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με συμπεράσματα από την έρευνα του Hake το 1998 με φοιτητές κολεγίων των Η.Π.Α. όπου διαπιστώθηκε πολύ ισχυρή συσχέτιση (r=0,91) μεταξύ της εννοιολογικής κατανόησης όπως αυτή αποτυπώνονταν στα τεστ Force Concept Inventory και Mechanics Diagnostic Test που διεξάγονταν μετά το τέλος των μαθημάτων και της δυνατότητας επίλυσης ποσοτικών προβλημάτων που καταγράφονταν στο Mechanics Baseline Test, καθώς και με συμπεράσματα από την έρευνα που διεξαχθεί την ίδια χρονιά στο California Polytechnic State University όπου διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση (r=0,59) της εννοιολογικής κατανόησης όπως μετρήθηκε από το τεστ FCI με την επίδοση των φοιτητών στα συνήθη προβλήματα που τίθενται στις τελικές εξετάσεις (Knight 2006).

Βιβλιογραφία

Arons A. (1992), Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής, εκδόσεις Τροχαλία

Driver R. , Guesne E. , Tiberghien A. (1989), Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, εκδόσεις Τροχαλία,

Driver R. , Squires A., Rushworth P. , Wood-Robinson V. , (2000), Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών - Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών Εκδόσεις Τυπωθήτω

Καράογλου Γ. , Κώτσης Κ. , Ρίζος Ι. (2010) "Η χρήση του I.B.C.M για την ανάδειξη του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Newton στις συλλογιστικές δομές των μαθητών της Α΄ Λυκείου" Θέματα επιστημών και τεχνολογίας στην εκπαίδευση, Τόμος 3, Αρ. 1

Καράογλου Γ. , Κώτσης Κ. , Ρίζος Ι. (2010) "Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της κίνησης, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, με τη χρήση του I.B.C.M." Θέματα επιστημών και τεχνολογίας στην εκπαίδευση, Τόμος 3, Αρ. 2

Κασσέτας Α. (2004), Το μήλο και το Κουάρκ, Εκδόσεις Σαββάλας

Knight R. (2006), Πέντε εύκολα μαθήματα – Στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της Φυσικής, Εκδόσεις Δίαυλος

Kuhn T. , Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων, Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα 1981

Hake R. (1998) Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses, American Journal of Physics 66, 64-74

Halloun I. (2006), Inventories of Basic Conceptions, www.Halloun.net

Halloun I. & Hestenes D. (1985α), The initial knowledge state of college physics students, American Journal of Physics 53, 1043-1055

Halloun I. & Hestenes D. (1985β), Common sense concepts about motion, American Journal of Physics 53, 1056-1065

Heron P., Shaffer P., McDermott L., Research as a guide to improving student learning: an example from introductory physics, University of Washington 2004

Hestenes D. & Wells M. (1995), A modeling method for high school physics instruction, American Journal Physics 63

Kanim S. (2001) "Connecting concepts to problem-solving," Physics Education Research Conference

McDermott L., "Oersted Medal lecture 2001: 'Physics education research—the key to student learning,'" American Journal Physics 69,1127-1137

McDermott L. (1991), "What we teach and what is learned-closing the gap", American Journal Physics 59, 301-315

McDermott L., Shaffer P., and the Physics Education Group, Tutorials in Introductory Physics, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ 1998

Osborne, R. (1984), Children's dynamics, The Physics Teacher, 22(8), 504-508

Sequeira, M. and Leite, L. (1991), Alternative conceptions and history of science in physics teacher education, Science Education, 75

Viennot L. (1979), Spontaneous seasoning in elementary dynamics, European Journal Science Education, 1

Η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού στις γραφικές παραστάσεις κινηματικών φαινομένων

Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος, Ιωάννα Μπέλλου, Τάσος Α. Μικρόπουλος
kgeorgop@gmail.com, ibellou@sch.gr, amikrop@uoi.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών στο πλαίσιο της Φυσικής προϋποθέτει γνώση της αντίστοιχης θεματικής περιοχής των Μαθηματικών αλλά και την κατανόηση του πλαισίου εφαρμογής τους. Με την εφαρμογή των Μαθηματικών στο πλαίσιο της Φυσικής αναδεικνύεται το πρόβλημα ότι μαθητές και φοιτητές ενώ μπορούν να πραγματοποιήσουν σωστά ολόκληρη τη μαθηματική διαδικασία στο πλαίσιο ενός μαθηματικού προβλήματος, αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν τις ίδιες διαδικασίες στην επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων στο πλαίσιο της Φυσικής. Στην εργασία λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την δυσκολία, μελετάται η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού στις αναπαραστάσεις φυσικών μεγεθών. Σε εμπειρική μελέτη 92 φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο επίπεδα ανάλογα με την γνώση τους στην αντίστοιχη θεματική περιοχή των Μαθηματικών και μελετήθηκαν οι αναπαραστάσεις τους όπως προέκυψαν από την καταγραφή πειραματικών δεδομένων κινηματικών φαινομένων με MBL. Τα ευρήματα δείχνουν βελτίωση της δεξιότητας εφαρμογής των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού σε κάθε περίπτωση, με διαφορετική προσέγγιση ανά επίπεδο φοιτητών και μαθηματική έννοια.

Abstract

The application of mathematics concepts in the context of physics, prerequisites knowledge from both disciplines. Although pupils and students apply successfully mathematical concepts in a mathematical problem, they fail to apply the same concepts to solve physics problems. In this paper, taking into account the above difficulty, we study the application of mathematical concepts of slope and area in the representations of physical magnitudes. Ninety two students divided into two groups according to their mathematical knowledge level and took part into kinematics experiments by using an MBL system. The results show that students have improved their skills to apply the mathematical concepts of slope and area in every experimental situation. The improvement depends both on the mathematical knowledge level of the students and the mathematical concept under study.

Εισαγωγή

Μαθητές και φοιτητές δυσκολεύονται να μεταφέρουν και να εφαρμόσουν τη γνώση που έχουν αποκτήσει στα Μαθηματικά στο πλαίσιο της Φυσικής, γιατί η εφαρμογή της δεν συνδέεται μόνο με τη διατύπωση απλών αφαιρετικών σχέσεων αλλά και με τον διαφορετικό συμβολισμό και τη συσχέτισή της με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη (Redish 2005, Tuminaro & Redish 2004).

Ένας παράγοντας που ενισχύει τον διαφορετικό τρόπο εφαρμογής των Μαθηματικών στο πλαίσιο της Φυσικής είναι η παραδοσιακή διδασκαλία, στα πλαίσια της οποίας απουσιάζει η ερμηνεία των πληροφοριών που συνδέεται με τα υπό μελέτη φυσικά συστήματα. Η ανωτέρω διαπίστωση δεν συνδέεται μόνο με τη χρήση των συμβόλων και τη γενική μορφή των εξισώσεων, αλλά περιλαμβάνει επιπλέον τις μεταβλητές, τις συναρτήσεις και τις γραφικές παραστάσεις (Heck & Ellermeijer 2010, Γεωργόπουλος & Κολέζα 2008).

Ειδικότερα οι γραφικές παραστάσεις απαιτούν την ερμηνεία της πληροφορίας που συνδέεται με τα φυσικά μεγέθη που αναπαρίστανται στους άξονες, καθώς και με τα φυσικά μεγέθη που σε κάθε περίπτωση προκύπτουν από την εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών. Σαν παράδειγμα στα κινηματικά φαινόμενα στη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου η κλίση

αναπαριστά την ταχύτητα και στη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου το εμβαδόν δίνει την απόσταση που διανύεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Για την εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών της κλίσης και του εμβαδού στο πλαίσιο των αναπαραστάσεων της κινηματικής κατά τη μελέτη της βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε ότι μαθητές και φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες να εφαρμόσουν αυτές τις μαθηματικές έννοιες και να συνδέσουν τις αναπαραστάσεις με τις αντίστοιχες έννοιες της Φυσικής. Στις δυσκολίες συγκαταλέγονται:

- Δυσκολία διάκρισης μεταξύ της κλίσης και του ύψους σε μια γραφική παράσταση (Widjaja & Heck 2003)
- Δυσκολία ερμηνείας των μεταβολών στο ύψος και στην κλίση (συσχέτιση με το χρόνο) (Murphy 1999)
- Δυσκολία αντίληψης της φυσικής σημασίας του εμβαδού που σχηματίζεται στις γραφικές παραστάσεις διαφόρων φυσικών μεγεθών (Beichner 1994, 1996)
- Σύγχυση της κλίσης, του ύψους και του εμβαδού (Beichner 1994)
- Δυσκολία υπολογισμού των κλίσεων γραμμικών συναρτήσεων διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης στις γραφικές παραστάσεις φυσικών μεγεθών. Συγκεκριμένα δυσκολεύονται να υπολογίσουν τις κλίσεις γραμμικών συναρτήσεων που δεν διέρχονται από την αρχή των αξόνων (Beichner 1996, Hadjidemetriou & Williams 2000)
- Εμφάνιση μεγαλύτερης δυσκολίας κατά την εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας του εμβαδού στο πλαίσιο των γραφικών παραστάσεων a(t) (μεταβολή στην ταχύτητα) από ότι στις γραφικές παραστάσεις v(t) (μετατόπιση) λόγω του διαφορετικού πλαισίου και του υψηλότερου βαθμού αφαίρεσης (Beichner 1994)
- Δυσκολία επίλυσης ρεαλιστικών προβλημάτων χρησιμοποιώντας γραφικές παραστάσεις, σε αντιδιαστολή με τη χρήση μαθηματικών εκφράσεων (Beichner 1994)
- Δυσκολία διάκρισης του διαστήματος από το σημείο (Widjaja & Heck 2003).

Για να αποφευχθούν τα παραπάνω προβλήματα που δημιουργούνται από τον διαφορετικό τρόπο εφαρμογής των μαθηματικών εννοιών στο πλαίσιο της Φυσικής, η παρούσα εργασία αξιοποιεί το διεπιστημονικό πλαίσιο της χρήσης των αναπαραστάσεων για την εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών (Michelsen 2005). Χρησιμοποιεί δε ως εργαλείο για την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών τις αναπαραστάσεις πειραματικών δεδομένων που λαμβάνονται κατά τη μελέτη των φυσικών φαινομένων. Η υλοποίηση αυτού του μαθησιακού περιβάλλοντος πραγματοποιείται με πειραματικές διατάξεις που καταγράφουν πειραματικά δεδομένα (Microcomputer Based Laboratories, MBL) και εμφανίζουν τις αναπαραστάσεις (γραφικές παραστάσεις και αλγεβρικές εξισώσεις) των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών σε πραγματικό χρόνο. Οι γραφικές παραστάσεις που σχηματίζονται ταυτόχρονα με την εξέλιξη του πειράματος δημιουργούν μια από τις αποτελεσματικότερες προσεγγίσεις για την άμεση σύνδεση φαινομένου-αναπαράστασης-μαθηματικού συμβολισμού (Cicero & Spagnolo 2009, Widjaja & Heck 2003).

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται τα συστήματα MBL για τη δημιουργία των αναπαραστάσεων φυσικών μεγεθών που αναφέρονται σε κινηματικά φαινόμενα. Μέσω στοχοθετημένων δραστηριοτήτων γίνεται η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών της κλίσης και του εμβαδού, αναδεικνύοντας την εφαρμογή των Μαθηματικών στο πλαίσιο της Φυσικής. Ειδικότερα μελετώνται η εφαρμογή των εννοιών της κλίσης και του εμβαδού κατά την επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων, καθώς και η έννοια της κλίσης γραμμικών συναρτήσεων διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η εργασία μελετά την επίδραση τόσο του διαφορετικού μαθηματικού επιπέδου, όσο και των διαφορετικών δραστηριοτήτων στην κατανόηση της δεξιότητας εφαρμογής των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού στο πλαίσιο των αναπαραστάσεων φυσικών μεγεθών που ερμηνεύουν κινηματικά φαινόμενα.

Το δείγμα ήταν 92 πρωτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού μαθήματος «βασικές έννοιες μαθηματικών». Η ανάγκη για τη διερεύνηση της δεξιότητας εφαρμογής των μαθηματικών εννοιών και ως προς το επίπεδο της μαθηματικής γνώσης φοιτητών που δεν φοιτούν σε Τμήματα Φυσικής, οδήγησε στην κατηγοριοποίηση του επιπέδου της μαθηματικής γνώσης με βάση τα μαθήματα των μαθηματικών που είχαν διδαχθεί ως μαθητές στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος σπουδών του Γενικού Λυκείου. Οι φοιτητές δεν δέχθηκαν καμία παρέμβαση στην αντίστοιχη γνωστική περιοχή. Χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες με βάση την κατεύθυνση που είχαν επιλέξει στο Γενικό Λύκειο. Η πρώτη αποτελούνταν από 56 φοιτητές θεωρητικής κατεύθυνσης με ικανοποιητικό βαθμό επίδοσης στα Μαθηματικά γενικής παιδείας της Γ' Λυκείου, ενώ η δεύτερη από 36 φοιτητές θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Κάθε κατηγορία χωρίσθηκε σε δύο ισάριθμες και ισοδύναμες ομάδες ως προς την επίδοσή τους στα Μαθηματικά γενικής παιδείας της Γ' Λυκείου. Η μία ομάδα της κάθε κατηγορίας εφάρμοσε την αλλαγή της κλίσης και η άλλη την αλλαγή του συστήματος αναφοράς.

Η πειραματική διαδικασία αποτελούνταν από κινητό που κινείται κατά μήκος κεκλιμένου επιπέδου με ελάχιστες τριβές και προς τις δύο κατευθύνσεις. Αρχικά το κινητό αφήνεται από την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου, κινείται ομαλά επιταχυνόμενο και στη βάση του επιπέδου προσκρούει σε ελατήριο με αποτέλεσμα να αντιστρέφεται η φορά της κίνησης. Τα πειραματικά δεδομένα της κίνησης καταγράφονται με αισθητήρα κίνησης που βρίσκεται προσαρμοσμένος στην κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου και εμφανίζονται υπό μορφή γραφικών παραστάσεων και αλγεβρικών εξισώσεων στην οθόνη του υπολογιστή. Στη συνέχεια η πρώτη ομάδα αλλάζει τη γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου και κατά συνέπεια την επιτάχυνση, ενώ η δεύτερη τη θέση του αισθητήρα κίνησης που τον τοποθετεί στην βάση του επιπέδου, αλλάζοντας το σύστημα αναφοράς (Γεωργόπουλος κ.α. 2010).

Οι φοιτητές μέσα από καθοδηγούμενες διαδικασίες συμμετείχαν σε δύο ωριαίες δραστηριότητες με το σύστημα MBL. Η πρώτη συνδέεται με τη μελέτη της επιταχυνόμενης κίνησης και είναι κοινή για όλους, ενώ η δεύτερη διαφέρει ανά ομάδα. Η δομή των δραστηριοτήτων περιελάμβανε δύο στάδια. Το πρώτο αφορούσε την υλοποίηση των κινήσεων και την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων. Το δεύτερο αφορούσε την εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών και τη συσχέτιση με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη (Heck & Ellermeijer 2010, Γεωργόπουλος 2010).

Η καταγραφή των απαντήσεων των φοιτητών έγινε μέσω ερωτηματολογίου, το οποίο περιελάμβανε 10 ερωτήσεις με τις συνοδευτικές τους γραφικές παραστάσεις (Πίνακας 1). Οι τρεις πρώτες αφορούσαν τη συσχέτιση των μεγεθών ταχύτητας και επιτάχυνσης με την εφαρμογή της έννοιας της κλίσης στις γραφικές παραστάσεις αντίστοιχων φυσικών μεγεθών, οι τρείς επόμενες τη συσχέτιση της μετατόπισης και μεταβολής της ταχύτητας με την εφαρμογή της έννοιας του εμβαδού στις γραφικές παραστάσεις αντίστοιχων φυσικών μεγεθών και οι τέσσερις τελευταίες την εφαρμογή της έννοιας της κλίσης σε γραμμικές συναρτήσεις διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης.

Για τη διερεύνηση της γνώσης των φοιτητών επιλέχθηκε η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων τους και συγκεκριμένα η ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes, Biggs & Collins 1982). Η ταξινομία κατηγοριοποιεί τις απαντήσεις σε πέντε ιεραρχικά επίπεδα, τα οποία εκφράζουν την εξελικτική πορεία της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης, παρέχοντας ένα συστηματικό τρόπο περιγραφής της γνωστικής ιεραρχίας που εμφανίζουν οι φοιτητές κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας (Μπέλλου 2003).

Πίνακας 1: Περιγραφή των ερωτήσεων του ερευνητικού εργαλείου

Ερώτηση	Αιτούμενη απάντηση
(1) Δίνεται η γραφική παράσταση x(t) και ζητείται ο υπολογισμός της ταχύτητας	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια της κλίσης και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος της ταχύτητας
(2) Δίνεται η γραφική παράσταση v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της επιτάχυνσης	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια της κλίσης και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος της επιτάχυνσης
(3) Δίνεται ένα ρεαλιστικό πρόβλημα που απαιτεί τον προσδιορισμό της μεγαλύτερης επιτάχυνσης σε διαδοχικές κινήσεις	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια της κλίσης σε επιμέρους τμήματα της γραφικής παράστασης v(t) και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος της επιτάχυνσης
(4) Δίνεται η γραφική παράσταση v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της μετατόπισης	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια του εμβαδού και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος της μετατόπισης
(5) Δίνεται η γραφική παράσταση a(t) και ζητείται η μεταβολή της ταχύτητας	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια του εμβαδού και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος μεταβολής της ταχύτητας
(6) Δίνεται ένα ρεαλιστικό πρόβλημα που απαιτεί τον προσδιορισμό της επιπρόσθετης διαδρομής που πραγματοποιήθηκε σε διαδοχικές κινήσεις	Πρέπει να εφαρμοσθεί η μαθηματική έννοια του εμβαδού σε επιμέρους τμήματα της γραφικής παράστασης v(t) και να συσχετισθεί με το φυσικό μέγεθος της μετατόπισης
(7) Δίνεται τμήμα της γραφικής παράστασης v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της κλίσης	Πρέπει να υπολογισθεί η κλίση γραμμικής συνάρτησης με θετικό συντελεστή διεύθυνσης που διέρχεται από την αρχή των αξόνων
(8) Δίνεται τμήμα της γραφικής παράστασης v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της κλίσης	Πρέπει να υπολογισθεί η κλίση γραμμικής συνάρτησης με θετικό συντελεστή διεύθυνσης που δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων
(9) Δίνεται τμήμα της γραφικής παράστασης v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της κλίσης	Πρέπει να υπολογισθεί η κλίση γραμμικής συνάρτησης μηδενικού συντελεστή διεύθυνσης που **δεν** διέρχεται από την αρχή των αξόνων
(10) Δίνεται τμήμα της γραφικής παράστασης v(t) και ζητείται ο υπολογισμός της κλίσης	Πρέπει να υπολογισθεί η κλίση γραμμικής συνάρτησης με αρνητικό συντελεστή διεύθυνσης που **δεν** διέρχεται από την αρχή των αξόνων

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε πριν και μετά τη διεξαγωγή του πειράματος. Οι φοιτητές επέλεξαν με τη διαδικασία της πολλαπλής επιλογής και αιτιολόγησαν την επιλογή τους με απαντήσεις ανοιχτού τύπου που περιελάμβαναν τις ακόλουθες τρεις συνιστώσες (Γεωργόπουλος 2010):

- τον εντοπισμό και την αναφορά των στοιχείων ή παραγόντων που διαδραματίζουν ενεργό ρόλο στο υπό μελέτη φαινόμενο (είδος κίνησης - αναπαραστάσεις)
- τους συσχετισμούς των δεδομένων (στοιχείων ή παραγόντων)
- την εξαγωγή τεκμηριωμένου συμπεράσματος, σύμφωνα με τα προηγούμενα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα που απεικονίζουν τις μεταβάσεις των φοιτητών μεταξύ των γνωστικών ιεραρχικών επιπέδων της ταξινομίας SOLO εμφανίζονται στον Πίνακα 2. Οι τιμές αντιστοιχούν στους μέσους όρους καταγραφής του αντίστοιχου επιπέδου SOLO για τους φοιτητές ανά κατηγορία φοιτητών (μαθηματικό επίπεδο) και ανά ομάδα εργασίας (Α: αλλαγή κλίσης, Β: αλλαγή συστήματος αναφοράς). Οι ακέραιοι αριθμοί αντιστοιχούν στα επίπεδα SOLO ως εξής: 1: προδομικό, 2: μονοδομικό, 3: πολυδομικό, 4: συσχετιστικό, 5: επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης, ενώ οι δεκαδικοί αντιστοιχούν σε μεταβατικά επίπεδα SOLO. Οι τρείς πρώτες ερωτήσεις (1, 2, 3) αναφέρονται στην εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας της κλίσης στις αναπαραστάσεις x(t), v(t) και στην διαδικασία επίλυσης προβλήματος αντίστοιχα, οι τρείς επόμενες (4, 5, 6) στην εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας του εμβαδού στις αναπαραστάσεις v(t), a(t) και στην διαδικασία επίλυσης προβλήματος και τέσσερις τελευταίες (7, 8, 9, 10) στην εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας της κλίσης σε γραμμικές συναρτήσεις διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, προκύπτουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις όσον αφορά στην εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών.

Η εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας της κλίσης

Οι φοιτητές που προέρχονται από την θεωρητική κατεύθυνση βελτιώνονται σε σημαντικό βαθμό σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής της κλίσης και της συσχέτισης με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη σε σχέση με τους φοιτητές από την θετική-τεχνολογική. Στη γραφική παράσταση x(t) και στη συσχέτιση με την ταχύτητα κατά 41,23% (θετική/τεχνολογική 2,88%), στη γραφική παράσταση v(t) και στη συσχέτιση με την επιτάχυνση κατά 48,18% (θετική/τεχνολογική 2,88%) και στην εφαρμογή της έννοιας στο πλαίσιο της επίλυσης προβλήματος με τη χρήση της γραφικής παράστασης v(t) κατά 38,68% (θετική/τεχνολογική 9,37%).

Η εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας του εμβαδού

Οι φοιτητές που προέρχονται από την θεωρητική κατεύθυνση βελτιώνονται σε σημαντικό βαθμό σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής του εμβαδού και της συσχέτισης με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη. Το ίδιο ισχύει για τους φοιτητές της θετικής/τεχνολογικής, σε μικρότερο όμως βαθμό: Στη γραφική παράσταση v(t) και στη συσχέτιση με την μετατόπιση κατά 95,40% (θετική/τεχνολογική 16,26%), στη γραφική παράσταση a(t) και στη συσχέτιση με την μεταβολή της ταχύτητας κατά 122,39% (θετική/τεχνολογική 79,71%) και στην εφαρμογή της έννοιας στο πλαίσιο της επίλυσης προβλήματος με τη χρήση της γραφικής παράστασης v(t) κατά 66,67% (θετική/τεχνολογική 20,00%).

Η εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας της κλίσης σε γραμμικές συναρτήσεις διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης

Οι φοιτητές που προέρχονται από την θεωρητική κατεύθυνση βελτιώνονται σε σημαντικό βαθμό σε όλες τις περιπτώσεις εφαρμογής της κλίσης γραμμικών συναρτήσεων με διαφορετικό συντελεστή διεύθυνσης, ομοίως και οι φοιτητές από την θετική/τεχνολογική, σε μικρότερο όμως βαθμό. Στον υπολογισμό της κλίσης γραμμικής συνάρτησης θετικού συντελεστή διεύθυνσης που διέρχεται από την αρχή των αξόνων κατά 114,86% (θετική/τεχνολογική 13,71%), στον υπολογισμό της κλίσης γραμμικής συνάρτησης θετικού συντελεστή διεύθυνσης που δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων κατά 137,50% (θετική/τεχνολογική 17,80%), στον υπολογισμό της κλίσης γραμμικής συνάρτησης μηδενικού συντελεστή διεύθυνσης που δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων κατά 104,23% (θετική/τεχνολογική 12,70%) και στον υπολογισμό της κλίσης γραμμικής συνάρτησης αρνητικού συντελεστή διεύθυνσης που δεν διέρχεται από την αρχή των αξόνων κατά 128,13% (θετική/τεχνολογική 20,00%).

Παρά τις διαφορές επιπέδων μεταξύ των ομάδων, αυτές δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 2: Μέσοι όροι καταγραφής του επιπέδου SOLO των φοιτητών

Ερώτηση	Κατεύθυνση					
	Θεωρητική (N=56)			Θετική-Τεχνολογική (N=36)		
	Ομάδα Α (N=28)	Ομάδα Β (N=28)	Σύνολο (N=56)	Ομάδα Α (N=18)	Ομάδα Β (N=18)	Σύνολο (N=36)
01 πριν	2,25	1,82	2,04	3,72	4,00	3,86
01 μετά	3,07	2,68	2,88	3,94	4,00	3,97
02 πριν	2,07	1,86	1,96	3,83	3,89	3,86
02 μετά	2,82	3,00	2,91	3,94	4,00	3,97
03 πριν	1,89	1,89	1,89	3,78	3,33	3,56
03 μετά	2,71	2,54	2,63	3,94	3,83	3,89
04 πριν	1,50	1,61	1,55	3,39	3,44	3,42
04 μετά	3,00	3,07	3,04	4,06	3,89	3,97
05 πριν	1,25	1,14	1,20	1,67	2,17	1,92
05 μετά	2,75	2,57	2,66	3,67	3,22	3,44
06 πριν	1,64	1,46	1,55	3,17	2,94	3,06
06 μετά	2,79	2,39	2,59	3,67	3,67	3,67
07 πριν	1,50	1,14	1,32	3,67	3,22	3,44
07 μετά	3,14	2,54	2,84	3,94	3,89	3,92
08 πριν	1,25	1,04	1,14	3,39	3,17	3,28
08 μετά	3,07	2,36	2,71	3,89	3,83	3,86
09 πριν	1,32	1,21	1,27	3,72	3,28	3,50
09 μετά	2,71	2,46	2,59	4,00	3,89	3,94
10 πριν	1,25	1,04	1,14	3,44	2,94	3,19
10 μετά	2,96	2,25	2,61	3,89	3,78	3,83

Η εφαρμογή της μαθηματικής έννοιας της κλίσης σε γραμμικές συναρτήσεις διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης

Συμπεράσματα

Μελετώντας συνολικά τη βελτίωση των φοιτητών στην εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών κλίσης και εμβαδού διαπιστώθηκε ότι οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η αρχική γνώση (επίπεδο φοιτητών) και η γνωστική περιοχή (μαθηματική έννοια). Κατά συνέπεια η αξιοποίηση των δραστηριοτήτων επηρεάζεται από τους ανωτέρω παράγοντες με αποτέλεσμα απλές δραστηριότητες όπως ο υπολογισμός της κλίσης γραμμικών συναρτήσεων να βελτιώνεται σημαντικά στους φοιτητές της θεωρητικής που εμφανίζουν χαμηλότερο επίπεδο αρχικής γνώσης, ενώ σε πολυπλοκότερες δραστηριότητες όπως η επίλυση προβλήματος με τη

βοήθεια των μαθηματικών εννοιών βελτιώνεται στους φοιτητές της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης που εμφανίζουν υψηλότερο επίπεδο γνώσεων.

Οι φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης πραγματοποιούν σημαντική βελτίωση, αλλά μεταξύ χαμηλών ιεραρχικά γνωστικών επιπέδων, σε αντίθεση οι φοιτητές της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης που ξεκινούν από ανώτερα επίπεδα SOLO, αλλά παραμένουν σε αυτά με μικρή μόνο βελτίωση. Η διαπίστωση αυτή οφείλεται στο ότι οι φοιτητές της θεωρητικής είχαν περιθώριο βελτίωσης ξεκινώντας από το χαμηλότερο γνωστικό επίπεδο να μετακινηθούν στο επόμενο ιεραρχικό επίπεδο επισημαίνοντας μόνο τους παράγοντες της κλίσης και του εμβαδού. Σε αντιδιαστολή, οι φοιτητές της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης ενώ είχαν κάνει τις αντίστοιχες επισημάνσεις, για να σημειώσουν βελτίωση έπρεπε να προχωρήσουν στους κατάλληλους υπολογισμούς, στις συσχετίσεις με τα αντίστοιχα φυσικά μεγέθη και να εφαρμόσουν τις ανωτέρω μαθηματικές έννοιες στο πλαίσιο προβλημάτων Φυσικής, καταλήγοντας σε συμπέρασμα.

Η χρήση του συστήματος MBL λειτούργησε θετικά και για τις δύο κατευθύνσεις συμβάλλοντας στην εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών, τη συσχέτισή τους με τα αντίστοιχα μεγέθη της Φυσικής και την εφαρμογή τους στην επίλυση προβλημάτων. Για τη θεωρητική κατεύθυνση λειτούργησε θετικότερα για τον υπολογισμό της κλίσης γραμμικών συναρτήσεων διαφορετικού συντελεστή διεύθυνσης και τις απλές εφαρμογές της κλίσης και του εμβαδού, ενώ για την θετική/τεχνολογική λειτούργησε θετικότερα στην εφαρμογή της κλίσης στο πλαίσιο της επίλυσης προβλήματος και για την εφαρμογή του εμβαδού στην γραφική παράσταση a(t).

Από την παρατήρηση της συμπεριφοράς των φοιτητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων διαπιστώθηκε μεγαλύτερη δυσκολία εφαρμογής της έννοιας του εμβαδού σε σχέση με την κλίση. Η διαπίστωση αυτή πιθανόν να συνδέεται με τη μεγαλύτερη ευχρηστία του λογισμικού στην περίπτωση της κλίσης όπου εμφανίζονται οι συντελεστές των μοντέλων που ακολουθούν τα πειραματικά δεδομένα ενώ στην εφαρμογή του εμβαδού απαιτείται επιπλέον διαδικασία για τους απαιτούμενους υπολογισμούς και την εμφάνιση κατανοητών αποτελεσμάτων. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες που εμφανίζονται και ερμηνεύονται άμεσα κατανοούνται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις πληροφορίες που αποκτούνται με επιπρόσθετη και όχι απαραίτητα κατανοητή διαδικασία για φοιτητές με χαμηλότερο επίπεδο γνώσεων και εφαρμογής γνώσεων. Η διαπίστωση μπορεί να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις η πολυπλοκότητα των δραστηριοτήτων αποπροσανατολίζει από τον στόχο που στην προκειμένη περίπτωση είναι η κατανόηση της μαθηματικής έννοιας και περιλαμβάνει τη διαδικασία υπολογισμού της, τη συσχέτιση με το αντίστοιχο φυσικό μέγεθος και την εφαρμογή της στο πλαίσιο επίλυσης προβλήματος.

Σε καμία από τις δύο κατευθύνσεις (θεωρητική και θετική/τεχνολογική) δεν εμφανίσθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών μεταξύ των δύο ομάδων (αλλαγή επιτάχυνσης και αλλαγή συστήματος αναφοράς). Η διαπίστωση αυτή κατά την γνώμη μας οφείλεται στο ότι η συσχέτιση της αλλαγής φαινομένου και των αναπαραστάσεων του αποτελεί το σημαντικότερο χαρακτηριστικό στην πειραματική παρέμβαση που υλοποιείται και όχι ο τρόπος αλλαγής των αναπαραστάσεων.

Συνοψίζοντας, επισημαίνονται τα ακόλουθα:

- Η δυνατότητα της τεχνολογίας να μεταφέρει καθημερινές δραστηριότητες στη διδακτική πράξη δημιουργεί ένα μαθησιακό πλαίσιο που καλύπτει ταυτόχρονα τις απαιτήσεις των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών σε ένα ενιαίο περιβάλλον (Heck 2009, Heck & Ellermeijer 2010).
- Για την αποτελεσματική κατανόηση των μαθηματικών εννοιών δεν είναι μοναδική προϋπόθεση η χρήση καινοτόμων υλικών και μεθόδων. Χωρίς τη γνώση για τον τρόπο που οι φοιτητές θα αφομοιώσουν όλα αυτά, υπάρχει ο κίνδυνος να χειριστούν με

λανθασμένο τρόπο πολύτιμα μέσα και εργαλεία και να ενισχυθούν εναλλακτικές ιδέες (Araujo, Veit & Moreira 2008).

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Κ., Μπέλλου, Ι., Κώτσης, Κ., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2010). Αναπαραστάσεις φυσικών μεγεθών και αντίστοιχα κινηματικά φαινόμενα. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3(2), 69-84.

Γεωργόπουλος, Κ. (2010). Ο ρόλος των αναπαραστάσεων στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών που εμφανίζονται σε φαινόμενα του φυσικού κόσμου, μέσα από περιβάλλοντα ΤΠΕ. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Γεωργόπουλος, Κ., Κολέζα, Ε. (2008). Διδακτικά προβλήματα από την μη συνύπαρξη Μαθηματικών και Φυσικής στο πρόγραμμα σπουδών. Στο Κ. Σκορδούλης, Θ. Νικολαΐδης, Ε. Κολέζα, Δ. Χασάπης (επιμ.), Πρακτικά 4ης Συνάντησης Αθηνών - Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική, (σ. 245-256) Αθήνα: Νήσος.

Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου & Ν. Τζιμόπουλος (επιμ.), Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνέδριου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ 'Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη', (σ. 85-95). Ανακτήθηκε στις 11 Νοεμβρίου 2011 από www.etpe.eu/files/proceedings/uploads1/b85.pdf

Araujo, I., Veit, E., & Moreira, M. (2008). Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation. Computers & Education, 50(4), 1128-1140.

Beichner, R. (1996). Impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. American Journal of Physics, 64(10), 1272-1277.

Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics, 62(8), 750-762.

Biggs, J. B. & Collins, K. F. (1982). Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy. New York: Academic Press.

Cicero, M. L. & Spagnolo, F. (2009). The use of motion sensor can lead the students to understanding the Cartesian graph. In Proceedings of CERME 6. Retrieved 10 October 2011 from http://www.inrp.fr/editions/cerme6

Hadjidemetriou, C. & Williams, J. S. (2000). Assessing Graphical Literacy In Year 10 Mathematics pupils. British Educational Research Association Student Symposium. Retrieved 10 October 2012 from http://www.man.ac.uk/cme/ch

Heck, A. (2009). Bringing reality into the classroom. Teaching Mathematics and Its Applications, 28, 164-179.

Heck, A. & Ellermeijer, T. (2010). Mathematics assistants: meeting the needs of secondary school physics education. Acta Didactica Napocensia, 3(2), 17-34.

Michelsen, C. (2005). Expanding the domain: Variables and functions in an interdisciplinary context between mathematics and physics. In A. Beckmann, C. Michelsen, & B. Sriraman (Eds.), Proceedings of the first international symposium of mathematics and its connection to the arts and sciences (pp. 201–214). Berlin, Germany: Verlag Franzbecker

Redish, E. (2005). Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses. In Proceedings of the World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change Conference (pp. 1-10) Delhi. Retrieved 23 October 2012 from http://arxiv.org/pdf/physics/0608268.pdf

Tuminaro, J. & Redish, E. F. (2004). Understanding Students' Poor Performance on Mathematical Problem Solving in Physics. In J. Marx, S. Franklin, K. Cummings (Eds.) Physics Education Research Conference, AIP Conference Proceedings, 720 (pp. 113-116) AIP.

Widjaja, Y. B., & Heck, A. (2003). How a Realistic Mathematics Education Approach and Microcomputer-Based Laboratory Worked in Lessons on Graphing at an Indonesian Junior High School. Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia, 26(2), 1-51.

Συνεδρία 10: Φυσικές Επιστήμες και Προσχολική Εκπαίδευση

Συναισθηματικός εγγραμματισμός και έννοιες φυσικών επιστημών: μια διδακτική παρέμβαση με χρήση των ΤΠΕ στην προσχολική ηλικία

Κατερίνα Αντύπα[1], Βασιλική Πούλλου[2], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[3], Χαρίκλεια Ρεκούμη[4]
[1]Νηπιαγωγός, Msc Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, kosdimop@gmail.com
[2]Νηπιαγωγός, bpoullou@gmail.com
[3]Λέκτορας, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης, mkalogian@edc.uoc.gr
[4]Γεωλόγος, Msc Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, xararekou@sch.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνουμε μια διδακτική παρέμβαση με θέμα τις φυσικές επιστήμες μέσα από τα συναισθήματα και την τέχνη χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ, η οποία απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η παρέμβαση υλοποιήθηκε κατά το σχολικό έτος 2011-12 σε ολοήμερο νηπιαγωγείο του νομού Κορινθίας. Μέσα από οργανωμένες δραστηριότητες συναισθηματικού εγγραμματισμού γίνεται συστηματική προσπάθεια να ενθαρρυνθούν τα νήπια να μελετήσουν διάφορες έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών κατανοώντας ταυτόχρονα τον κόσμο των συναισθημάτων. Για την υλοποίηση της παρέμβασης επιλέχτηκε η δημιουργική χρήση και αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) και η χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών καθώς και κατάλληλα σχεδιασμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Οι ΤΠΕ αποτέλεσαν ένα από τα μέσα για τη σύνδεση φυσικών επιστημών με τα συναισθήματα συνδυάζοντας την εικαστική έκφραση, τη δημιουργική ανακάλυψη και ανάπτυξη της φαντασίας των παιδιών παράλληλα με τη γλωσσική τους καλλιέργεια, την επικοινωνία, την εργασία σε ομάδες καθώς και την κατανόηση του ρόλου των ΤΠΕ.

Abstract

In the framework of the present research we study a teaching intervention on the natural sciences through the emotions and art with the use of Information and Communication Technologies (ICT), which appeals to kindergarten children and was implemented during the school year 2011-12 in an all-day preschool class in Korinthos. Through organized activities of emotional literacy there is a systematic effort to encourage children to understand different concepts from the field of the natural sciences while comprehending at the same time the world of emotions. For the implementing of this intervention, the creative practice and utilization of ICT was chosen by using educational software and appropriately designed educational activities. ICT have been one of the tools for linking natural sciences with emotions by combining the conjectural expression, the creative inquiry and the growth of kindergartens children's imagination alongside with their linguistic culture, the communication, the group work as well as understanding the role of ICT.

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της ποιοτικής μάθησης προϋποθέτει ένα μαθησιακό περιβάλλον ζεστό, υποστηρικτικό και φιλικό όπου τα παιδιά βιώνουν ευχαρίστηση, θαλπωρή και ασφάλεια. Σύμφωνα με τους Greenhalgh (1994) και Laevers (1996) είναι σημαντική η σημασία της συναισθηματικής σταθερότητας για τη μάθηση και την ανάπτυξη όλων των μαθητών/τριών. Τα παιδιά τείνουν να αναπτύσσουν συναισθηματικούς δεσμούς με ό,τι είναι οικείο σ' αυτά. Όμως, για να αναπτύξουν το ιδιαίτερα σημαντικό αίσθημα της συνεκτικότητας με το φυσικό κόσμο και για να διδαχθούν βασικές έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών χρειάζονται συχνές θετικές εμπειρίες με κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις. Τα συναισθήματα αποτελούν μια κατάσταση που αφορά τους ανθρώπους ως έμβια όντα που διαφοροποιούνται από τους υπόλοιπους οργανισμούς λόγω της συναισθηματικής τους νοημοσύνης (Ortony, Glore & Collins 1989, Shuster 2000).

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης παρουσιάζουμε μια διδακτική παρέμβαση με την οποία συνδέεται η διδασκαλία των φυσικών επιστημών μέσω των συναισθημάτων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η παρέμβαση στην πλήρη μορφή της είναι ετήσιας διάρκειας και μπορεί να καλύψει το ωρολόγιο πρόγραμμα ενός ολοήμερου νηπιαγωγείου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι επιδέχεται μεταβολές και μπορεί να αναπτυχθεί ανάλογα με το ενδιαφέρον των παιδιών, τις ανάγκες τους καθώς και το γενικότερο σχεδιασμό του προγράμματος του/της νηπιαγωγού. Για την υλοποίησή της πρέπει τα παιδιά να είναι εξοικειωμένα με την παραγωγή έργου σε μικρές ομάδες. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας θα παρουσιάσουμε επιλεγμένες δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης δίνοντας έμφαση στη χρήση των ΤΠΕ για τη σύνδεση συναισθημάτων και εννοιών από το χώρο των φυσικών επιστημών.

Θεωρητικό πλαίσιο – Σύνδεση φυσικών επιστημών με τα συναισθήματα

Η διαδικασία της μάθησης είναι στενά συνδεδεμένη με το ενδιαφέρον που προκαλείται στα παιδιά με την παροχή κινήτρων και με τη συναισθηματική κατάστασή τους (Shuster 2000, Dierking et al. 2003). Κατά συνέπεια, η έλλειψη ενδιαφέροντος μαζί με την ισχυρή αντίσταση στις αλλαγές που παρουσιάζουν οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών προσχολικής ηλικίας, αποτελούν τροχοπέδη στην προσπάθεια διδασκαλίας διαφόρων θεμάτων από το χώρο των φυσικών επιστημών. Επιπρόσθετα, τα παιδιά που χρησιμοποιούν τη δημιουργική δραστηριότητα ως συναισθηματική διέξοδο κερδίζουν ελευθερία και ευελιξία (Greenhalgh 1994, Elias et al. 1997). Το συναίσθημα και η σκέψη βαδίζουν παράλληλα, ενώ όταν δίνεται έμφαση μόνο στη γνωστική κατεύθυνση της μάθησης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραμέληση των συναισθημάτων, παρά το ενδιαφέρον που παρουσιάζεται γι' αυτά (Ortony, Glore & Collins 1989, Goleman 1997).

Η ανάδειξη της ανθρώπινης παραμέτρου μέσω της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης είναι από τη μία πλευρά αναγκαία από το γεγονός και μόνο ότι οι φυσικές επιστήμες δημιουργήθηκαν για να καλύψουν, εκτός των διανοητικών αναζητήσεων και υπαρκτές ανθρώπινες ανάγκες, περιγράφοντας ταυτόχρονα την ανθρώπινη πραγματικότητα (Μωραΐτη & Βαβουγυιός 2012). Από την άλλη, σύμφωνα με τους Elias et al. (1997), η συναισθηματική ικανότητα είναι πολύ σημαντική, γιατί βοηθά το παιδί να κατανοεί, να διαχειρίζεται και να εκφράζει τις συναισθηματικές πλευρές της ζωής του για να επιτύχει πιο αποτελεσματική διαχείριση των «έργων ζωής». Για τη Fleer (2009) η μάθηση των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση θα πρέπει να υποστηρίζεται με ξεκάθαρες οδηγίες για τους/τις νηπιαγωγούς αλλά και με την ανάπτυξη της συναισθηματικής νοημοσύνης των παιδιών. Το παιδί που έχει αναπτύξει ελευθερία και ευελιξία στην έκφρασή του θα μπορεί ν' αντιμετωπίζει τις νέες καταστάσεις χωρίς δυσκολίες, θα επεξεργάζεται αποτελεσματικά και θα προσαρμόζεται ευκολότερα (Greenhalgh 1994, Dierking et al. 2003). Τα παιδιά είναι απαραίτητο να εμπλακούν με υλικά, συμβάντα και ιδέες από τις φυσικές επιστήμες και να εξασκηθούν για να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες από αυτό το χώρο (Ross, 2000).

Ο Smeets (1973) σε παλιότερή έρευνά του ζήτησε από τα παιδιά να αποδώσουν ορισμένα χαρακτηριστικά ζωντανών οργανισμών όπως θάνατος, ανάπτυξη, συναισθήματα, ακοή, γνώση και ομιλία σε ζωντανά και μη ζωντανά αντικείμενα και υποστήριξε ότι τα χαρακτηριστικά αυτά συχνά αποδίδονται λανθασμένα. Τα παιδιά δε μουντζουρώνουν, αλλά με τα δικά τους σχέδια και διαγράμματα αναπαριστούν σχήματα, αντικείμενα, καταστάσεις, κίνηση και συναισθήματα, κατασκευάζουν σύμβολα και αποδίδουν νόημα σ' αυτά ή μετασχηματίζουν συχνά το νόημα αυτών των σχεδίων (Van Oers 1997).

Επιπρόσθετα, προσπαθώντας να πραγματοποιήσουμε μια σύνδεση της διδασκαλίας θεμάτων από το χώρο των φυσικών επιστημών, των συναισθημάτων και της τέχνης θα πρέπει να επισημάνουμε ότι αφενός η τέχνη απευθύνεται στο συναίσθημα και αφετέρου αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα διδακτική πρακτική για την προσχολική εκπαίδευση (Kalogiannakis, Rekoumi & Chatzipapas 2012). Το συναίσθημα που προκύπτει μέσα από την τέχνη είναι σημαντικό να αναδειχθεί για να έχουμε ελεύθερους και δημιουργικούς ανθρώπους. Η τέχνη βοηθάει τα παιδιά να αναπτύξουν την πρωτοτυπία και την ελεύθερη σκέψη.

Γενικότερα, η σύνδεση της τέχνης με τις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά μπορεί να λάβει πολλές διαφορετικές μορφές από τη μελέτη της αισθητικής ως την ανακάλυψη των σχημάτων και της συμμετρίας που παρατηρούνται στη φύση. Η σύνδεση αυτή πρέπει να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση ανάμεσα στην αντικειμενικότητα που επιδιώκεται από την επιστήμη και την υποκειμενικότητα που διατρέχει την τέχνη ακόμα και στην περίπτωση που η αντικειμενικότητα και το προσωπικό στοιχείο μπορούν να συνυπάρχουν (Artigue et al. 2010).

Η χρήση των ΤΠΕ στην προσχολική εκπαίδευση παρέχει συχνά στα νήπια νέες μαθησιακές εμπειρίες σε παιγνιώδη μορφή που έχουν σχέση με τα ενδιαφέροντα και την καθημερινή τους ζωή. Επίσης, προσφέρει το απαραίτητο υποστηρικτικό πλαίσιο για να προχωρήσουν σε ανώτερες νοητικές λειτουργίες με τη διαμεσολάβηση των ΤΠΕ (Tsitouridou & Vryzas 2004). Η δημιουργική χρήση των ΤΠΕ και η αξιοποίησή τους για την υλοποίηση της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης επιλέχτηκε με βασικό στόχο τον εμπλουτισμό των μαθησιακών εμπειριών των νηπίων, την ενίσχυση των δεξιοτήτων τους και της έκφρασής τους με διαφορετικούς τρόπους. Οι ΤΠΕ επιτρέπουν στα παιδιά να δημιουργήσουν νέα καινοτόμα έργα τόσο φυσικά όσο και εικονικά αφού έρχονται πλέον καθημερινά σε επαφή μ' αυτές στο οικογενειακό και κοινωνικό περιβάλλον τους (Νέα Προγράμματα Σπουδών 2011). Παράλληλα, με την προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση, επιδιώκεται η ανάπτυξη της αυτονομίας των παιδιών, η ενίσχυση της αυτοπεποίθησή τους, διευρύνεται ο έλεγχος των δράσεών τους σε ομαδικό επίπεδο και εξυπηρετείται η προσωπική και κοινωνική τους ανάπτυξη.

Η «Ψυχική Υγεία - Διαπροσωπικές σχέσεις» εντάσσεται μέσα στο πρόγραμμα που ανέπτυξε το συγκεκριμένο νηπιαγωγείο της έρευνας κατά το χρόνο της διδακτικής παρέμβασης (Θάνου 2009). Το πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε στη βάση της προαγωγής της συναισθηματικής νοημοσύνης των παιδιών (Goleman 1997). Η αναγνώριση των συναισθημάτων, ο τρόπος διαχείρισής τους, η ικανότητα έκφρασής τους, η ενσυναίσθηση, η αυτοεκτίμηση, η υπευθυνότητα, η επίλυση συγκρούσεων και προβλημάτων αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για την προσωπική και κοινωνική τους ανάπτυξη και την ένταξή τους στο σχολικό περιβάλλον (Gottman 2000).

Σύμφωνα με την French (2004) τα μικρά παιδιά είναι από βιολογική άποψη έτοιμα και κινητοποιημένα και μπορούν να μάθουν τις φυσικές επιστήμες χωρίς άμεσες οδηγίες, όπως ακριβώς μαθαίνουν να περπατούν και να μιλούν. Επιπλέον, τα παιδιά διαθέτουν όλα τα απαραίτητα εφόδια για τη μάθηση των φυσικών επιστημών, όπως περιέργεια, ενθουσιασμό, αμφισβήτηση και επιμονή. Τα εφόδια αυτά βρίσκονται σε στενή σχέση με τα συναισθήματα και στο πλαίσιο αυτό ισχυριζόμαστε ότι υπάρχει σύνδεση των φυσικών επιστημών και των συναισθημάτων την οποία θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε στα πλαίσια της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης.

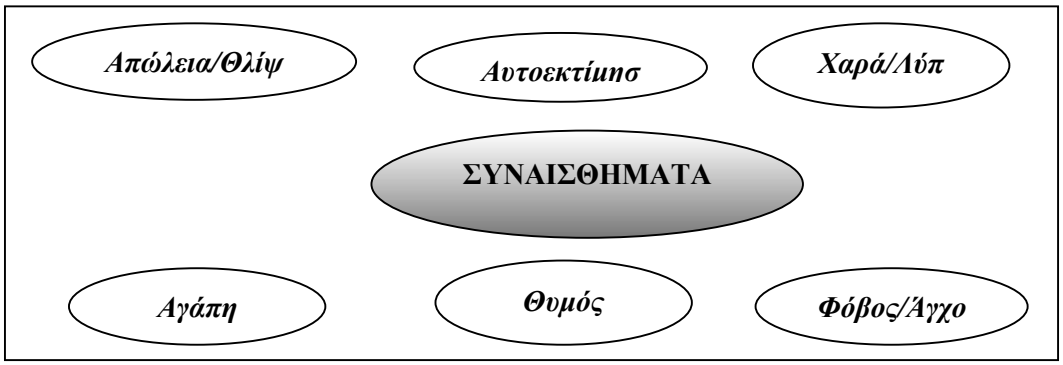
Οι διδακτικές αρχές και μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τις φυσικές επιστήμες στοχεύουν στη διαμόρφωση ενεργητικών μαθητών/τριών αλλά και τη σύνδεση του σχολείου με την πραγματική ζωή και την ανάπτυξη της συνεργασίας. Σε έρευνα με μαθητές/τριες της Ε΄και Στ΄ τάξης του δημοτικού διερευνήθηκε η συναισθηματική εμπλοκή τους με το περιβάλλον μέσα από την εφαρμογή προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης καθώς και το πώς αυτή επηρεάζεται και αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια συνηθισμένων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων με ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Σκάρκος κ.ά. 2011). Για την προσχολική εκπαίδευση, σύμφωνα με τα νέο πιλοτικό πρόγραμμα σπουδών (Νέα Προγράμματα Σπουδών 2011) το ενδιαφέρον και η αποτελεσματικότητα στις φυσικές επιστήμες συνδέεται μεταξύ άλλων με την έκφραση περιέργειας, την ικανότητα αυτοσυγκέντρωσης και τη δυνατότητα ατομικής και ομαδικής εργασίας στοιχεία που περιλαμβάνονται στη διδακτική πρότασή μας.

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση

Στα πλαίσια της διδακτικής παρέμβασης οι νηπιαγωγοί μέσα από την ομαδοσυνεργατική καθοδηγούμενη ανακάλυψη επιχειρούν έναν αρχικό προσδιορισμό των μαθησιακών

επιδιώξεων. Στη συνέχεια, αξιοποιούν κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις ώστε τα παιδιά να καταφέρουν να περάσουν από τη συλλογή των πληροφοριών σε εννοιολογικές εμβαθύνσεις των συναισθημάτων και ταυτόχρονα να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με σημαντικές έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών μέσα από απλές καθημερινές εκφράσεις. Για την υλοποίηση της παρέμβασης στο αρχικό στάδιο χρησιμοποιήθηκε η εννοιολογική χαρτογράφηση για την ανίχνευση πρωτογενών ιδεών των νηπίων. Γενικότερο σκοπό της παρέμβασης αποτέλεσε η ανάδειξη ομαδικών δραστηριοτήτων που αναπτύσσουν την αλληλεπίδραση, την επικοινωνία, τη συναισθηματική νοημοσύνη με την υιοθέτηση αξιών, στάσεων και συμπεριφορών όπως αυτοεκτίμηση, διαχείριση συγκρούσεων, αποδοχή και φιλία. Επίσης, αναδείχθηκε η καλλιέργεια διαφόρων δεξιοτήτων παράλληλα με την εξοικείωση και χρήση των ΤΠΕ.

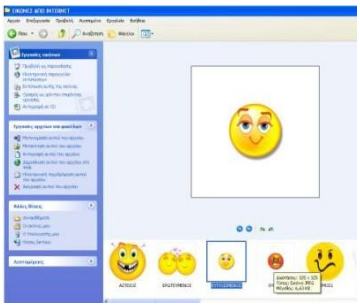
Οι δραστηριότητες που αναφέρονται στην παλέτα των συναισθημάτων για τη διδασκαλία εννοιών από το χώρο των φυσικών επιστημών, τη σύνδεσή τους με τα συναισθήματα χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ, οργανώθηκαν σ' ένα ιστόγραμμα που περιελάμβανε τα παρακάτω (σχήμα 1):



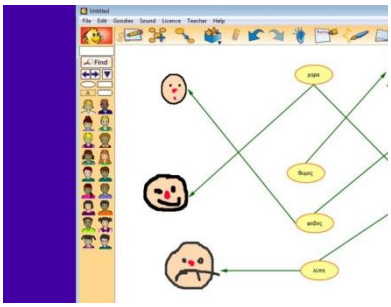
Σχήμα 1: Τα συναισθήματα που πραγματεύεται η διδακτική παρέμβαση

Δραστηριότητες προαγωγής προφορικού λόγου

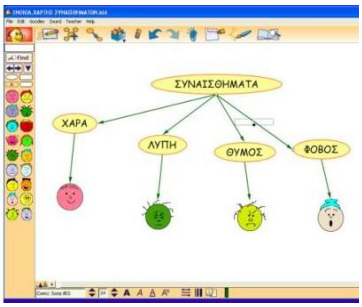
Σε πρώτη φάση, οι νηπιαγωγοί δημιούργησαν ένα ιστόγραμμα όπου αποτυπώθηκαν οι αρχικές παραστάσεις των παιδιών σε σχέση με τις έννοιες των συναισθημάτων. Στη συνέχεια, δουλεύοντας σε μικρές ομάδες παιδιών και χρησιμοποιώντας τις μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου συγκέντρωναν εικόνες που σχετίζονταν με το λήμμα αναζήτησης συναισθήματα και μάλιστα τα κυρίαρχα συναισθήματα (χαρά, φόβος, λύπη και θυμός). Τα παιδιά παρατήρησαν και σχολίασαν τις εικόνες και επέλεξαν εκείνες που είχαν εκφράσεις συναισθημάτων. Οι εικόνες αποθηκεύτηκαν σε σχετικό φάκελο για να χρησιμοποιηθούν σε επόμενες δραστηριότητες (εικόνα 1). Έπειτα, παίρνοντας αφορμή από την έκφραση «*πάγωσα από το φόβο μου*» ταξίδεψαν σε φανταστικά μέρη (Το ταξίδι των πάγων «*Ο Λούλι το Παγόβουνο*») και με τις διηγήσεις των ομάδων «συναντούσαν» τους φόβος τους και συζήτησαν για τις έννοιες τήξη και πήξη.



Εικόνα 1



Εικόνα 2



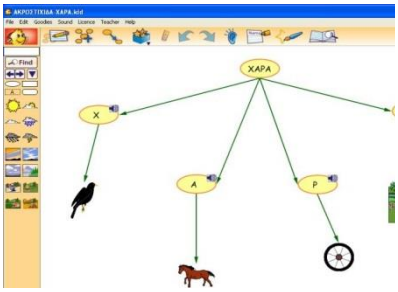
Εικόνα 3

Με τη χρήση του λογισμικού εννοιολογικής χαρτογράφησης kidspiration τα νήπια μαζί με τους/τις νηπιαγωγούς δόμησαν τον εννοιολογικό χάρτη για τις έννοιες των συναισθημάτων και

έφτιαχναν τις συνδέσεις πατώντας το αντίστοιχο κουμπί. Στη συνέχεια, έγραψαν στις λεζάντες τις λέξεις χαρά, λύπη, φόβος και θυμός και συνέδεσαν κάθε συναίσθημα με το αντίστοιχο εικονίδιο το οποίο ανέσυραν από τον αποθηκευμένο φάκελο. Σ' ένα ημιδομημένο χάρτη με τα τέσσερα βασικά συναισθήματα με τη χρήση του εργαλείου ζωγραφικής του kidspiration σχεδίασαν πρόσωπα με το αντίστοιχο συναίσθημα, το συνέδεσαν με την αντίστοιχη λέξη καθώς και με το εικονίδιο που αρχικά είχαν επιλέξει (εικόνες 2 & 3). Ουσιαστικά, η παραπάνω δραστηριότητα αποτέλεσε μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα αφόρμηση για τη διδασκαλία των φαινομένων της τήξης και της πήξης με νέο κατάλληλο διδακτικό σχεδιασμό εστιασμένο σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και με κατάλληλα δομημένες δραστηριότητες για αυτά τα φαινόμενα.

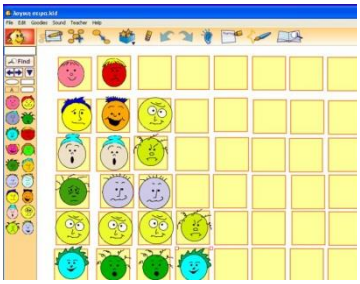
Δραστηριότητες ανάπτυξης προφορικού λόγου

Με τη χρήση του λογισμικού εννοιολογικής χαρτογράφησης kidspiration τα νήπια δημιούργησαν έναν ημιδομημένο χάρτη με τη λέξη ΧΑΡΑ. Σε κάθε γράμμα αντιστοιχήθηκε εικονίδιο που αρχίζει με το ίδιο γράμμα - ακροστιχίδα με τη διαδικασία «σύρε και άφησε» (drag and drop) και από τη βιβλιοθήκη του kidspiration επέλεξαν για το Χ τη λέξη ΧΕΛΙΔΟΝΙ, για το Α τη λέξη ΑΛΟΓΟ, για το Ρ τη λέξη ΡΟΔΑ και για το Α τη λέξη ΑΝΟΙΞΗ και ηχογραφήθηκε ο ήχος των τεσσάρων γραμμάτων καθώς και οι αντίστοιχες λέξεις (εικόνα 4). Σ' ένα ημιδομημένο χάρτη του kidspiration με τις τέσσερις λέξεις ΧΑΡΑ, ΛΥΠΗ, ΦΟΒΟΣ, ΘΥΜΟΣ και τις ακροστιχίδες που προέκυψαν από αυτές, με τη βοήθεια της βιβλιοθήκης και του cartoon creator (εικόνα 5), δημιούργησαν μία διαφορετική ιστορία για κάθε συναίσθημα και την εμπλούτισαν με αφήγηση και δραματοποίηση (διανομή ρόλων, κατασκευή κουστουμιών καθώς και επιλογή μουσικών κομματιών). Συνδύασαν το θυμό με την έκρηξη ενός ηφαιστείου και με τη φωτιά και αναπτύχθηκε νέα ολοκληρωμένη διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία των ηφαιστείων (Kalogiannakis, Rekoumi & Chatzipapas 2012). Η θεματική των ηφαιστείων συμβάλλει στη διαμόρφωση ευαισθητοποιημένων για το περιβάλλον ανθρώπων, αποφορτίζει τα παιδιά από τους φόβους τους τροποποιώντας τις εναλλακτικές ιδέες τους (Kalogiannakis & Violintzi 2012).



Εικόνα 4

Εικόνα 5



Εικόνα 6

Η διδασκαλία των ηφαιστείων αποτελεί ένα θέμα που μπορεί να προσεγγιστεί από τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσω κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων (Καλογιαννάκης κ.ά. 2011). Όπως έχει διαπιστωθεί, η χρήση των μύθων στα πλαίσια και της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των νηπίων έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να στρέψει τις αντιλήψεις των παιδιών προς τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για το φαινόμενο των ηφαιστείων (Καλογιαννάκης κ.ά. 2011, Kalogiannakis & Violintzi 2012).

Δραστηριότητα λογικής σειράς

Από τη βιβλιοθήκη της λογικής σειράς του kidspiration επιλέχθηκαν εικονίδια που εκφράζουν συναισθήματα και δημιουργήθηκαν από τους/τις νηπιαγωγούς έξι λογικές σειρές με κλιμακούμενο βαθμό δυσκολίας, τις οποίες κλήθηκαν να ολοκληρώσουν τα νήπια χρησιμοποιώντας τη λειτουργία «σύρε και άφησε» (εικόνα 6). Με βάση τις γνωστές εκφράσεις: «*πετάω από τη χαρά μου*» και «*είναι βαριά η καρδιά μου από τη λύπη μου*» προτάθηκε στις ομάδες

των παιδιών να ζυγίσουν τη χαρά και τη λύπη τους και να κουβεντιάσουν για τα βαριά και τα ελαφριά αντικείμενα ενώ έγινε συζήτηση για τη μεταφορική έννοια των παραπάνω εκφράσεων.

Δραστηριότητα με όμοια - διαφορετικά

Από τη βιβλιοθήκη alike and different του kidspiration αντλήθηκαν εικονίδια-πρόσωπα με μία μικρή παρέμβαση που επιχείρησαν οι νηπιαγωγοί. Στη θέση του διαφορετικού, το οποίο ήταν έτοιμο, τοποθετήθηκε το νέο εικονίδιο-συναίσθημα και δημιουργήθηκε ένα νέο περιβάλλον στο οποίο τα παιδιά επέλεξαν αυτό που διέφερε και το τοποθέτησαν στο παράπλευρα ευρισκόμενο super grouper κουτί. Με το kidspiration τα νήπια ανέσυραν από τη βιβλιοθήκη εικονίδια ομοίου συναισθήματος και με τη λειτουργία «σύρε και άφησε» ομαδοποίησαν στο super grouper τα συναφή συναισθήματα. Δίνοντας έμφαση σ' ένα κοινό μεγάλο φόβο των παιδιών, το σκοτάδι. Μέσα από την ανάγνωση ιστοριών έγινε προσπάθεια απομυθοποίησής του δίνοντας έμφαση στα θετικά στοιχεία του. Στη συνέχεια, συνδέθηκε ο φόβος με δύο σημαντικές έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών, την εναλλαγή μέρας-νύχτας και τη σκιά. Για τις έννοιες αυτές ακολούθησε νέα συστηματική διδακτική παρέμβαση βάσει του τριμηνιαίου διδακτικού προγραμματισμού του νηπιαγωγείου έχοντας ως αφόρμηση την παρούσα διδακτική πρόταση για τα συναισθήματα.

Δραστηριότητες δημιουργικής έκφρασης

Με βάση τον πίνακα ζωγραφικής του Delone «*Η χαρά της ζωής*», που απεικονίζει ομόκεντρους κύκλους χαράς ο οποίος τοποθετήθηκε στον πίνακα αναφοράς του νηπιαγωγείου, τα παιδιά προσπάθησαν να αναλύσουν το περιεχόμενό του. Με χρήση των εργαλείων της βιβλιοθήκης του λογισμικού revelation natural art δημιούργησαν τους δικούς τους κύκλους συναισθημάτων και εκτύπωσαν τα έργα τους. Παράλληλα, τα νήπια παρατήρησαν διάφορους πίνακες διάσημων ζωγράφων που εκφράζουν τα συναισθήματά τους μέσα από τα έργα τους. Ενδεικτικά αναφέρουμε έργα των Κλεέ «*Γάτος και πουλί*», «*Ηθοποιός*», «*Μάσκα του φόβου*», Μούνκ «*Κραυγή*», Μιρό «*Παιδική ηλικία του Ιμπί*» και Ρενουάρ «*Η κυρία με τη βεντάλια*».

Τα παιδιά έγιναν «μικροί ζωγράφοι» όπου με συμβατικά υλικά στο καβαλέτο συνέθεσαν τους δικούς τους πίνακες και συνέδεσαν διαφορετικό κάθε φορά συναίσθημα με συγκεκριμένο χρώμα και παροτρύνθηκαν να μιλήσουν για τα συναισθήματα του καλλιτέχνη και τα δικά τους αλλά και να πειραματιστούν με τη μείξη χρωμάτων και τα διάφορα χρώματα στη φύση. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα λειτούργησε ως αφόρμηση για τη διδασκαλία των χρωμάτων μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένη νέα διδακτική παρέμβαση.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Η διδακτική παρέμβαση για τα συναισθήματα ολοκληρώθηκε στο τέλος του σχολικού έτους με εργαστήριο στο χώρο του νηπιαγωγείου, μέσα από το κινητό έκθεμα του μουσείου συναισθημάτων παιδικής ηλικίας «*ο θησαυρός των συναισθημάτων*». Κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου οι εμψυχωτές/τριες, ενθάρρυναν τα παιδιά να κατανοήσουν τον εαυτό τους και τα συναισθήματά τους και να έρθουν σε επαφή με έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών με τη συμμετοχή και των γονέων. Με την ολοκλήρωση των επί μέρους δραστηριοτήτων για τα συναισθήματα υλοποιήθηκε μια ποιοτική αξιολόγηση της παρέμβασης με την καταγραφή γεγονότων στο ημερολόγιο των νηπιαγωγών που διεξήγαγαν το πρόγραμμα. Από τις καταγραφές αυτές διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά έδειξαν ιδιαίτερη ικανοποίηση από το σύνολο των προτεινόμενων δραστηριοτήτων. Γενικότερα, υπήρξε αυξημένο ενδιαφέρον, δημιουργήθηκαν ευχάριστες εμπειρίες, αναπτύχθηκαν δεξιότητες ταχύτερης εκτέλεσης των εργασιών και διεπαφής τους με τον υπολογιστή.

Για τους/τις εκπαιδευτικούς, η χρήση των ΤΠΕ υποστήριξε τους στόχους της διδακτικής παρέμβασης και επέτρεψε τη διαφοροποίηση σε σημαντικό βαθμό της παιδαγωγικής τους προσέγγισης στην κατεύθυνση της ανάπτυξης και εφαρμογής διαφοροποιημένων παιδαγωγικών πρακτικών. Η διδακτική παρέμβαση επέτρεψε στους/στις εκπαιδευτικούς έναν ευρύτερο ανασχεδιασμό της συνήθους διδακτικής προσέγγισης, μέσα από τη χρήση των ΤΠΕ για ένα θεματικό πεδίο κατεξοχήν βιωματικό, όπως είναι τα συναισθήματα και τη σύνδεσή τους με

τις φυσικές επιστήμες. Το στοιχείο αυτό αναδεικνύει και τον καινοτόμο χαρακτήρα αυτής της πρότασης.

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός ευνοϊκού μαθησιακού κλίματος. Τα παιδιά ασχολήθηκαν με ευχαρίστηση τόσο με τις ΤΠΕ όσο και με τις έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών που εισήχθησαν βάσει των αφορμήσεων που δόθηκαν με τη σύνδεση συναισθημάτων και φυσικών επιστημών. Οι εκπαιδευτικοί, σύμφωνα με τις αρχές της διαφοροποιημένης παιδαγωγικής, από φορείς της γνώσης έπαιξαν ρόλο διαμεσολαβητή και συντονιστή ανάμεσα στη γνώση και στα νήπια δημιουργώντας συνθήκες που επέτρεψαν στα παιδιά να εργάζονται συνεργατικά στην τάξη. Τα παιδιά χρησιμοποίησαν τις ΤΠΕ ως ένα χρήσιμο εργαλείο για αναζήτηση πληροφοριών, εικαστικής έκφρασης, για διάφορες δραστηριότητες και αναπτύχθηκαν οι κοινωνικές δεξιότητες που αφορούσαν στην κατανόηση των συναισθημάτων των άλλων που επιτρέπει τη διαχείριση των σχέσεων με τους άλλους, τη συνεργασία, την επίλυση συγκρούσεων καθώς και τη λήψη αποφάσεων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνόγλωσση

Goleman, D. (1997). *Η συναισθηματική νοημοσύνη*. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Gottman, J. (2000). *Η συναισθηματική νοημοσύνη των παιδιών. Πώς να μεγαλώσουμε τα παιδιά με συναισθηματική νοημοσύνη*. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Θάνου, Α. (2009). *Το ψάρι που προσπαθεί: Ένα πρόγραμμα συναισθηματικής Αγωγής για παιδιά προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας*. Πατάκης, Αθήνα.

Καλογιαννάκης, Μ., Ρεκούμη, Χ., Αντύπα, Αικ., & Πούλλου, Β. (2011). Φυσικές Επιστήμες και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: μια διδακτική πρόταση για την προσχολική εκπαίδευση βασισμένη στη χρήση γεωλογικών εννοιών και μύθων. Στο Ε. Συνώδη & Μ. Αμπαρτζάκη (επιμ.) *Προγράμματα Προσχολικής Εκπαίδευσης. Θεωρία και Πράξη,* Πεδίο, Αθήνα, 235-254.

Μωραΐτη, Τ. & Βαβουγυιός, Δ. (2012). Η ιστορία μιας λάμπας που άναψε: Η αφήγηση στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Στο Κ. Πλακίτση (επιμ.) *Κοινωνιογνωστικές και κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις στη διδακτική των φυσικών επιστημών στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*, Πατάκης, Αθήνα, 176-187.

Νέα Προγράμματα Σπουδών - «Νέο Σχολείο» (2011).
http://digitalschool.minedu.gov.gr/info/newps.php (Τελευταία πρόσβαση 30/10/2012).

Σκάρκος, Χρ., Γκερτσάκης, Ν., Τέγος, Α. & Μαλανδράκης, Γ. (2011). Η ανάπτυξη της συναισθηματικής εμπλοκής μαθητών/τριών δημοτικού μέσα από προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Στο Γ. Παπαγεωργίου & Γ. Κουντουριώτης (επιμ.) *Πρακτικά 7ου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, Αλεξανδρούπολη, 15-18 Απριλίου 2011, 621-629.

Ξενόγλωσση

Artigue, M., Baptist, P., Dillon, D., Harlen, W. & Léna, P. (2010). *Fibonacci Starting Package: Scientific background*. La main à la pâte (French Academy of Sciences), France. Available on line: http://www.fibonacci-project.eu/ (Last access 30/01/2013).

Elias, M.-J., Zins, J.-E., Weissberg, R.-P., Frey, K.-S., Greenberg, M.-T., Haynes, N.-M., Kessler, R., Schwab-Stone, M.-E. & Shriver, T.-P. (1997). *Promoting Social and Emotional Learning: Guidelines for Educators, The Association for Supervision and Curriculum Development*. Alexandria, USA.

Dierking, L.-D., Falk, J.-H., Rennie, L., Anderson, D. & Ellenbogen, K. (2003). Policy Statement of the "Informal Science Education" Ad Hoc Committee. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 108-111.

Fibonacci Project (2010). http://www.fibonacci-project.eu/ (Last access 30/10/2012).

Fleer, M. (2009). Supporting scientific conceptual consciousness of learning in a 'roundabout way' in play-based contexts. *International Journal of Science Education,* 31(8), 1069-1089.

French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 138–149.

Greenhalgh, P. (1994). *Emotional growth and learning*. Routledge, London.

Kalogiannakis, M. & Violintzi, A. (2012). Intervention strategies for changing pre-school children's understandings about volcanoes. *Journal of Emergent Science*, 4(2012), 12-19.

Kalogiannakis, M., Rekoumi Ch. & Antipa, E. (2012). Planning educational activities for natural sciences using ICT tools: teaching volcanoes in early childhood. In R. Pintó, V. López & Cr. Simarro (Eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Based Learning in Science CBLIS'2012, Learning Science in the Society of Computers*, Barcelona, Centre for Research in Science and Mathematics Education (CRECIM), 26-29 June 2012, 272-278.

Kalogiannakis, M., Rekoumi Ch. & Chatzipapas, C. (2012). Playing on the journey of sound. A teaching proposal for children in early childhood. In R. Pintó, V. López & Cr. Simarro (Eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Based Learning in Science CBLIS'2012, Learning Science in the Society of Computers*, Barcelona, Centre for Research in Science and Mathematics Education (CRECIM), 26-29 June 2012, 279-285.

Laevers, F. (1996). Deep level learning: An exemplary application on the area of physical knowledge. *European Early Childhood Education Research Journal*, 1(1), 53-68.

Ortony, A., Glore, G. & Collins, A. (1989). *The cognitive structure of emotions*. University Press, New York.

Ross, M.-E. (2000). Science their way. *Young Children, 55*(2), 6–13.

Shuster, C. (2000). Emotions Count: Scaffolding Children's Representations of Themselves and their Feelings to Develop Emotional Intelligence. In *Issues in Early Childhood Education: Curriculum, Teacher Education & Dissemination of Information, Proceedings of the Lilian Katz Symposium,* Champaign, IL, 5-7 November 2000.

Smeets, P.-M. (1973). The animism controversy revisited: A probability analysis. *Journal of Genetic Psychology*, 123, 219-225.

Tsitouridou, M. & Vryzas, K. (2004). The prospect of integrating ICT into the education of young children: The views of Greek early childhood teachers. *European Journal of Teacher Education*, 27(1), 29-45.

Van Oers, B. (1997). The narrative nature of young children's iconic representations: Some evidence and implications. *International Journal of Early Years Education*, 5(3), 237-245.

Διδασκαλία του μαγνητισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με και χωρίς τη χρήση των ΤΠΕ: μια μελέτη περίπτωσης

Καλογιαννάκης Μιχαήλ[1], Πλατινάκη Νικολέτα[2]
[1]*Λέκτορας, ΠΤΠΕ, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κρήτης, mkalogian@edc.uoc.gr*
[2]*Νηπιαγωγός, nikoletaplatinaki12@yahoo.com*

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, η οποία αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης, υλοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, με χρήση των ΤΠΕ (Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας) και χωρίς τη βοήθεια των ΤΠΕ για τη διδασκαλία του μαγνητισμού. Οι διδακτικοί στόχοι εστιάστηκαν στην ανακάλυψη από τα παιδιά της ελκτικής μαγνητικής ιδιότητας και το διαχωρισμό των μαγνητιζόμενων και μη υλικών. Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, επιβεβαιώνει τα ευρήματα συναφών ερευνών για τη δυνατότητα διδασκαλίας του μαγνητισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Επιπρόσθετα, ισχυριζόμαστε ότι η διδακτική παρέμβαση με τη βοήθεια των ΤΠΕ δεν επέφερε σημαντικές αλλαγές στις επιδόσεις των παιδιών για την κατανόηση του φαινομένου του μαγνητισμού.

Abstract

In the framework of the present research - which is a case study - was carried out a teaching intervention at preschool level, using ICT (Information and Communication Technologies) and without the help of ICT in order to introduce the concept of magnetism. The children had never been taught about magnetism in the kindergarten prior to the study. The instructive objectives were focused in the discovery by the children of magnetic attraction attribute and the separation of magnetisable and non-magnetisable material. The analysis of survey data confirms the findings of relevant researches on the possibility of teaching of magnetism in preschoolers. We also argue that teaching intervention using ICT did not involve important changes in children's understanding of basic ideas related to magnets.

Εισαγωγικά στοιχεία

Η διδασκαλία εννοιών από το χώρο των φυσικών επιστημών σε παιδιά προσχολικής ηλικίας βοηθάει να διαμορφώσουν άποψη για τον κόσμο που τα περιβάλλει, καθώς μαθαίνουν να ερευνούν, να αναπτύσσουν επιστημονικές δεξιότητες και κριτική σκέψη. Όμως, ο σχεδιασμός κατάλληλων δραστηριοτήτων για την προσχολική ηλικία, αποτελεί ένα λεπτό εγχείρημα με ποικίλες διαστάσεις και παραμέτρους (Ραβάνης 1999). Η αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στα πλαίσια της διδακτικής των φυσικών επιστημών αποτελεί ζητούμενο, ιδιαίτερα για το χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης. Παρά το έντονο ενδιαφέρον για τη διδασκαλία των φυσικών φαινομένων στην προσχολική εκπαίδευση, δεν υπάρχουν πολλές ερευνητικές προσπάθειες για τη διδασκαλία του φαινομένου του μαγνητισμού με τη βοήθεια των ΤΠΕ. Ο μαγνητισμός αποτελεί ένα ιδιαίτερα ελκυστικό αντικείμενο για τα παιδιά προσχολικής ηλικίας. Συχνά, τα παιδιά ανακαλύπτουν τυχαία την ελκτική μαγνητική ιδιότητα και αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο διαχωρισμό των αντικειμένων που έλκονται από τους μαγνήτες (Ravanis 1994, Christidou et al. 2009).

Φυσικές Επιστήμες και ΤΠΕ στην προσχολική εκπαίδευση

Στις μέρες μας, υλοποιούνται σημαντικές προσπάθειες για να ενσωματωθούν οι ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία όχι ως ένα απλό μέσο που έχει τη δυνατότητα να το χειρίζεται μόνο ο/η παιδαγωγός, αλλά και ως παιδαγωγικό υλικό, με το οποίο αλληλεπιδρά δημιουργικά το παιδί (Οικονομίδης & Ζαράνης 2010) δημιουργώντας ένα κατάλληλο υποστηρικτικό πλαίσιο (Tsitouridou & Vryzas 2004). Στην προσχολική εκπαίδευση θεωρείται απαραίτητη η λογική χρήση των ΤΠΕ αφού τα παιδιά, λόγω της μικρής ηλικίας τους, δεν είναι πάντα σε θέση να τις χρησιμοποιήσουν με κάποιο όριο και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να τα υποβοηθήσουν και να

θέσουν τα όρια και τους στόχους για να αναπτύξουν νέες ικανότητες με τη βοήθεια των ΤΠΕ (Knezek & Christensen 2008).

Σε έρευνα των Ayvaci & Devecioğlu (2010) επισημαίνεται ότι η βοήθεια των ΤΠΕ είναι σημαντική, όμως δεν είναι εφικτό όλες οι δραστηριότητες στο νηπιαγωγείο να βασίζονται μόνο στις ΤΠΕ. Θεωρούν ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας θα πρέπει να αναπτύξουν και τις ψυχοκινητικές τους ικανότητες με την αλληλεπίδραση και με άλλα υλικά εκτός από τους υπολογιστές (Ayvaci & Devecioğlu 2010). Η ιδιότητα της αλληλεπιδραστικότητας, πάνω στην οποία βασίζονται οι ΤΠΕ, παρέχει στα παιδιά προσχολικής ηλικίας τη δυνατότητα συμμετοχής, μαζί με τον/την εκπαιδευτικό, στο σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων και ελεύθερης έκφρασης των απόψεων (Wellington 2005).

Έρευνα των Γιαλαμά, Νικολοπούλου & Μάνεση (2008) υποστηρίζει ότι οι νηπιαγωγοί στην Ελλάδα έχουν θετικές απόψεις και προθέσεις σχετικά με την ενσωμάτωση και χρήση των ΤΠΕ στην προσχολική εκπαίδευση. Η θέση αυτή επιβεβαιώνεται και από άλλες παλιότερες έρευνες (Tsitouridou & Vryzas 2004) όμως, ουσιαστικά, οι νηπιαγωγοί δεν αντιλαμβάνονται τους υπολογιστές ως μέρος των δυνατοτήτων των ΤΠΕ στο σχολείο, αλλά ως μεμονωμένη ηλεκτρονική συσκευή. Το στοιχείο αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι στάσεις τους τελικά, δεν αφορούν τις ΤΠΕ, αλλά μόνο τον υπολογιστή (Οικονομίδης & Ζαράνης 2010). Είναι σημαντικό οι νηπιαγωγοί να αντιλαμβάνονται αν κάποιο λογισμικό ανταπεξέρχεται στις ανάγκες της διδασκαλίας τους αλλά κυρίως στις ανάγκες των παιδιών προσχολικής ηλικίας (Gialamas & Nikolopoulou 2010).

Οι φυσικές επιστήμες προσφέρονται σε μεγάλο βαθμό για την εφαρμογή των ΤΠΕ όπου παρέχεται στα νήπια η δυνατότητα πρόσβασης σε διάφορες ερευνητικές πηγές, με σκοπό την αναζήτηση πληροφοριών, την καταγραφή, την παρουσίαση και το σχολιασμό τους (McFarlane & Sakellariou 2002). Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη της χρήσης των ΤΠΕ για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση είναι σημαντικό να αναρωτηθούμε αν οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εισαχθούν παλιά στοιχεία με πανομοιότυπο τρόπο ή κυρίαρχος στόχος πρέπει να είναι η βελτίωση των επιτευγμάτων των παιδιών, μέσα από τις δυνατότητες που προσφέρουν τα σύγχρονα αυτά εργαλεία (Vernadakis et al. 2005).

Διδασκαλία του μαγνητισμού στην προσχολική εκπαίδευση

Από μικρή ηλικία τα παιδιά παίζουν με μαγνήτες χωρίς όμως να πραγματοποιούν συστηματικές παρατηρήσεις, καθώς τις περισσότερες φορές εκτελούν τυχαίους χειρισμούς, τους οποίους ουδέποτε κατατάσσουν ή οργανώνουν από εννοιολογική άποψη (Ραβάνης 1999). Ο Finley (1986), μελέτησε την επίδραση ενός τηλεοπτικού προγράμματος με θέμα το μαγνητισμό, στις ιδέες των μαθητών/τριών και συμπέρανε ότι πριν την παρακολούθηση του προγράμματος, τα παιδιά υποστήριζαν ότι οι μαγνήτες «κολλάνε» στα αντικείμενα, ενώ μετά τη διδασκαλία θεώρησαν ότι οι μαγνήτες «σηκώνουν» ορισμένα αντικείμενα. Γενικότερα, διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά αποδέχθηκαν ορισμένες ιδέες σχετικές με το μαγνητισμό, χωρίς όμως την υιοθέτηση της ανάλογης επιστημονικής ορολογίας, των λέξεων «έλξη», «άπωση» ή «μαγνητισμός» (Finley 1986).

Ο Barrow (1990), σε αντίστοιχη μελέτη διαπίστωσε ότι, όλοι σχεδόν οι μαθητές/τριες του δείγματος της έρευνάς του γνώριζαν από την καθημερινή τους εμπειρία τη χρήση των μαγνητών. Όμως, παρά τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους, αποδείχθηκε ότι είχαν λιγότερες εμπειρίες για την απωστική δύναμη. Επιπρόσθετα, υποστήριξε ότι το επίπεδο κατανόησης των παιδιών για τους μαγνήτες, δεν βελτιώθηκε μετά τη διδακτική παρέμβαση και εξακολουθούσαν να υιοθετούν εναλλακτικές αντιλήψεις επικαλούμενα ένα είδος «βαρύτητας», «ηλεκτρισμού» ή «πίεσης του αέρα» (Barrow 1990).

Ο Ravanis (1994), διερεύνησε την ανακάλυψη στοιχειωδών μαγνητικών ιδιοτήτων στην προσχολική εκπαίδευση, διαπιστώνοντας ότι μικρό ποσοστό των νηπίων δεν τις ανακάλυψε, ενώ μετά την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, ένα μεγάλο ποσοστό των νηπίων, κατανόησε τη διάκριση μεταξύ μαγνητιζόμενων και μη υλικών. Όμοια, σε μια συναφή έρευνα

των Κακανά & Καζέλα (2003) τα παιδιά ήταν σε θέση να κατανοήσουν τις ελκτικές ιδιότητες των μαγνητών και να αναγνωρίσουν το υλικό ως κριτήριο για την έλξη ενός αντικειμένου από το μαγνήτη.

Σε μια άλλη έρευνα, οι Βαλακώστα & Χρηστίδου (2009), διερεύνησαν το φαινόμενο του μαγνητισμού, μέσα από το δραματικό παιχνίδι και τη διήγηση ιστοριών, σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Όπως διαπίστωσαν μπορούν να σημειωθούν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, όταν αξιοποιούνται τόσο οι βιωματικές αντιλήψεις, όσο και οι κατάλληλες διδακτικές τεχνικές, όπως ο πειραματισμός, το δραματικό παιχνίδι και η διήγηση ιστοριών (Βαλακώστα & Χρηστίδου 2009). Επίσης, οι Κουλούρη & Χαρίση (2009) μελέτησαν το σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία του μαγνητικού πεδίου σε μικρά παιδιά με βασικό στόχο τη διαμόρφωση κριτηρίων ανάπτυξης σχετικών δραστηριοτήτων. Σύμφωνα με τις Christidou et al. (2009) η κατασκευή καθώς και η ανακατασκευή ενός εννοιολογικού χάρτη πριν και μετά τις διδακτικές δραστηριότητες βοηθάει τα παιδιά αρχικά να εκφράσουν και στη συνέχεια να αναπτύξουν τις αντιλήψεις τους και να κινητοποιηθούν για τη μελέτη του μαγνητισμού.

Με βάση την έρευνα των Poimenidou & Christidou (2010) για τη δημιουργία ενός πλαισίου ανάλυσης για να συγκριθούν οι πρακτικές επικοινωνίας και ο ρόλος τους στην κατασκευή του νοήματος σε δραστηριότητες του νηπιαγωγείου για τους μαγνήτες και τη μαγνητική έλξη για παιδιά προσχολικής ηλικίας, τονίζεται η αναγκαιότητα ενός συστηματικού σχεδιασμού αυτών των δραστηριοτήτων. Είναι σημαντικό οι νηπιαγωγοί να λαμβάνουν υπόψη τους την κοινωνική διάσταση της μάθησης και να επιλέγουν ανάλογα την κατάλληλη επικοινωνιακή πρακτική για κάθε θέμα, στάδιο και διδακτικό στόχο ενώ με αφετηρία τη διδασκαλία του μαγνητισμού καταδεικνύονται τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαλογικών αλληλεπιδράσεων στο νηπιαγωγείο για την ουσιαστική ένταξη μικρών παιδιών στην επιστήμη (Poimenidou & Christidou 2010).

Μεθοδολογικό πλαίσιο - Σκοπός της έρευνας

Βασικό σκοπό της παρούσας έρευνας, η οποία αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης, είναι η ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής παρέμβασης για τη διδασκαλία του μαγνητισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με χρήση των ΤΠΕ και χωρίς τη βοήθεια των ΤΠΕ. Κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-11 πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα σε 4 τμήματα νηπιαγωγείων στο Ρέθυμνο. Σε 2 τμήματα, υλοποιήθηκε η διδασκαλία του μαγνητισμού με χρήση των ΤΠΕ (Πειραματική Ομάδα, ΠΟ) και σ' άλλα 2 τμήματα πραγματοποιήθηκε διδασκαλία χωρίς τη βοήθεια των ΤΠΕ (Ομάδα Ελέγχου, ΟΕ). Συνολικά, στην έρευνα, πήραν μέρος 60 νήπια, 37 αγόρια και 23 κορίτσια τα οποία δεν είχαν συμμετάσχει προηγουμένως σ' άλλες δραστηριότητες με θέμα το μαγνητισμό. Ο βασικός διδακτικός στόχος επικεντρώθηκε στο διαχωρισμό των μαγνητιζόμενων και μη υλικών και οι ερευνητικές υποθέσεις οι οποίες διατυπώθηκαν ήταν οι ακόλουθες:

1η υπόθεση: τα παιδιά της ΠΟ και της ΟΕ έχουν τις ίδιες επιδόσεις για τα υλικά που έλκονται από το μαγνήτη πριν την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης.

2η υπόθεση: οι επιδόσεις των παιδιών της ΠΟ παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά από τις επιδόσεις των παιδιών της ΟΕ μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Ο γενικότερος σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης, περιελάμβανε μια σειρά δραστηριοτήτων όπως διήγηση και παρακολούθηση ιστορίας, απλά πειράματα με μαγνήτες, συζήτηση στην τάξη και μουσικο-κινητικές δραστηριότητες. Αναλυτικότερα, για την υλοποίηση της παρέμβασης με την παραδοσιακή μέθοδο δημιουργήθηκε μια ιστορία, ενώ για τη διδασκαλία με χρήση των ΤΠΕ, χρησιμοποιήθηκε η ίδια ιστορία, καταγεγραμμένη με το λογισμικό PowerPoint, με κατάλληλες εικόνες και σχετική ηχητική επένδυση. Ο ήρωας της ιστορίας ήταν ένας μικρός δράκος, ο Σιδερομάσας, στον οποίο άρεσε να τρώει μόνο σιδερένια αντικείμενα.·Μια μέρα, πήρε μαζί του ένα μεγάλο σίδερο, για να το φάει το μεσημέρι, το οποίο αργότερα αποδείχθηκε ότι ήταν ένας μαγνήτης. Περνώντας έξω από ένα πάρκο, κόλλησε πάνω σε μια τσουλήθρα. Μη ξέροντας τι είχε γίνει, ζητούσε βοήθεια. Τότε, μια παρέα παιδιών, πήγε να τον βοηθήσει, ανακαλύπτοντας ότι το σίδερο που είχε πάρει μαζί του ήταν ένας μαγνήτης. Αφού

τα παιδιά εξήγησαν στο δράκο τις βασικές ιδιότητες των μαγνητών, συνέχισαν την αναζήτηση περιπετειών με το νέο φίλο τους.

Η νηπιαγωγός έδειχνε στα παιδιά και των δύο ομάδων έναν κυλινδρικό μαγνήτη και τα ρωτούσε αν γνώριζαν τι ήταν αυτό το υλικό. Ακολουθούσε καταιγισμός ιδεών και τα παιδιά διατύπωναν τις απόψεις τους. Στη συνέχεια, η ερευνήτρια διάβαζε (στην ΟΕ) ή έδειχνε στον υπολογιστή την ιστορία (στην ΠΟ), ώστε να γνωρίσουν όλα τα παιδιά τις ιδιότητες ενός μαγνήτη.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε προ-έλεγχος και στις δύο ομάδες παιδιών για την καταγραφή των αρχικών αντιλήψεών τους για τους μαγνήτες. Ο προ-έλεγχος όσο και ο μετα-έλεγχος υλοποιήθηκε μέσω ατομικής συνέντευξης συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο ξεχωριστά για κάθε παιδί ενώ παράλληλα, η κάθε συνέντευξη μαγνητοφωνήθηκε. Το ερωτηματολόγιο ήταν χωρισμένο σε 10 τμήματα με εικόνες διαφόρων αντικειμένων με βασικό σκοπό να διακρίνουν τα παιδιά τα υλικά που έλκονταν, από αυτά που δεν έλκονταν από τους μαγνήτες. Η καταγραφή των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σε κλίμακα 3 διαβαθμίσεων: (α) ανεπαρκείς θεωρήθηκαν οι λανθασμένες απαντήσεις των νηπίων, (β) ενδιάμεσες θεωρήθηκαν οι απαντήσεις, οι οποίες δεν είχαν ορθή αιτιολόγηση, (γ) επαρκείς θεωρήθηκαν οι απαντήσεις οι οποίες ήταν σωστές με ορθή τεκμηρίωση.

Με τη διδακτική παρέμβαση, ακολούθησαν συνεντεύξεις βασισμένες στο ίδιο ερωτηματολόγιο τόσο για την ΟΕ όσο και για την ΠΟ για να διαπιστωθεί η τροποποίηση των ιδεών των παιδιών. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε βάσει της αποκωδικοποίησης των απομαγνητοφωνημένων πρωτοκόλλων και των ερωτηματολογίων. Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS.19 (Creswell 1998).

Αποτελέσματα της έρευνας

Στα πλαίσια του παρόντος κειμένου θα αναφερθούμε σε μερικές μόνο από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου της έρευνας. Συγκεκριμένα, για την 1η ερώτηση, για το αν ο μαγνήτης έλκει ένα μολύβι παρουσιάζουμε τα στοιχεία του προ-ελέγχου στον πίνακα 1:

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	**Απαντήσεις**	**Συχνότητα**	**Ποσοστό (%)**
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	Ανεπαρκής	11	37,9
	Ενδιάμεση	2	6,9
	Επαρκής	16	55,2
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	Ανεπαρκής	6	19,3
	Ενδιάμεση	3	9,7
	Επαρκής	22	71

Πίνακας 1: Ανάλυση των στοιχείων για την 1η ερώτηση του προ-ελέγχου

Στη συνέχεια, παραθέτουμε για την 1η ερώτηση τα στοιχεία του μετα-ελέγχου για τα παιδιά του δείγματος στον πίνακα 2 που ακολουθεί.

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	**Απαντήσεις**	**Συχνότητα**	**Ποσοστό (%)**
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	Ανεπαρκής	1	3,4
	Ενδιάμεση	4	13,8
	Επαρκής	24	82,8
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	Ανεπαρκής	-	-
	Ενδιάμεση	-	-
	Επαρκής	31	100

Πίνακας 2: Ανάλυση των στοιχείων για την 1η ερώτηση του μετα-ελέγχου

Από τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων 1 και 2 προκύπτει ότι η διδακτική παρέμβαση είχε θετικά αποτελέσματα και για τις δύο ερευνητικές ομάδες, αλλά περισσότερο για την ΠΟ. Τα

αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με συναφείς έρευνες (Finley 1986, Ravanis 1994, Βαλακώστα & Χρηστίδου 2008), που υποστηρίζουν ότι μετά την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, τα νήπια σχηματίζουν βασικές γνωστικές παραστάσεις για το φαινόμενο του μαγνητισμού.

Για τη 2η ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφορικά με το αν ο μαγνήτης έλκει μια παραμάνα παρουσιάζουμε τα στοιχεία του προ-ελέγχου για τα παιδιά του δείγματος στον πίνακα 3:

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	Ανεπαρκής	5	17,2
	Ενδιάμεση	4	13,8
	Επαρκής	20	69
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	Ανεπαρκής	9	29
	Ενδιάμεση	2	6,5
	Επαρκής	20	64,5

Πίνακας 3: Ανάλυση των στοιχείων για την 2η ερώτηση του προ-ελέγχου

Στη συνέχεια, παραθέτουμε τα στοιχεία του μετα-ελέγχου για την 2η ερώτηση στον πίνακα 4 που ακολουθεί:

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	Απαντήσεις	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	Ανεπαρκής	3	10,3
	Ενδιάμεση	2	6,9
	Επαρκής	24	82,8
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	Ανεπαρκής	-	-
	Ενδιάμεση	2	6,5
	Επαρκής	29	93,5

Πίνακας 4: Ανάλυση των στοιχείων για την 2η ερώτηση του μετα-ελέγχου

Με βάση τα στοιχεία των πινάκων 3 και 4 θεωρούμε ότι τα αποτελέσματα για τη 2η ερώτηση βρίσκονται σε συνάφεια με την 1η και προκύπτει ότι η διδακτική παρέμβαση είχε θετικά αποτελέσματα και για τις δύο ερευνητικές ομάδες, αλλά περισσότερο για την ΠΟ. Συναφή αποτελέσματα βρέθηκαν μετά την ανάλυση των απαντήσεων και για τις υπόλοιπες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, στις οποίες άλλες υπερτερούσε η ΠΕ και σ' άλλες η ΟΕ.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος καθώς και η τυπική απόκλιση των επιδόσεων των παιδιών του δείγματος στο σύνολο των 10 ερωτήσεων του ερωτηματολογίου πριν τη διδακτική παρέμβαση (προ-τεστ) και μετά τη διδακτική παρέμβαση (μετα-τεστ), οι οποίες αφορούσαν την ιδιότητα του μαγνήτη να έλκει ή όχι διάφορα αντικείμενα ανάλογα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την ύπαρξη στατιστικής σημαντικότητας μεταξύ των επιδόσεων των παιδιών της ΠΟ και της ΟΕ, με το στατιστικό κριτήριο t, καθώς το δείγμα που επιλέχθηκε για τη συγκεκριμένη έρευνα ήταν τυχαίο και οι μεταβλητές ήταν ισοδιαστημικές. Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 5 που ακολουθεί συμπεραίνουμε ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση, η βαθμολογία των παιδιών της ΠΟ ($M=14,7$, $SD=3,8$) δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά ($t=-1,18$, $df=58$, $p=0,24>0,05$) σε σχέση με τη βαθμολογία των παιδιών της ΟΕ ($M=13,3$, $SD=5,1$). Επομένως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι δύο ομάδες είναι ισοδύναμες πριν την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης.

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	Πλήθος του δείγματος (Ν)	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	29	13,3	5,1	0,95
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	31	14,7	3,8	0,67

Πίνακας 5: Οι επιδόσεις των 2 ομάδων του δείγματος πριν τη διδακτική παρέμβαση

Βάσει των παραπάνω στοιχείων επαληθεύεται η πρώτη ερευνητική υπόθεση, η οποία υποστήριζε ότι τόσο η ΠΟ όσο και η ΟΕ, έχουν τα ίδια ποσοστά επιτυχίας πριν την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να ερμηνευτεί με βάση το κοινό γνωστικό υπόβαθρο των νηπίων, για το φαινόμενο του μαγνητισμού, το οποίο προερχόταν κυρίως από βιωματικές - εμπειρικές διαδικασίες, χωρίς να έχουν παρακολουθήσει προγραμματισμένες δραστηριότητες, με συγκεκριμένη στοχοθεσία με την υποστήριξη ενός ενήλικα, ο οποίος θα κατευθύνει με έμμεσο τρόπο τη σκέψη των παιδιών.

Αντίστοιχα στοιχεία για το σύνολο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου για τις επιδόσεις των ομάδων μετά τη διδακτική παρέμβαση παρατίθενται στον πίνακα 6 που ακολουθεί:

Οι ομάδες του δείγματος της έρευνας	Πλήθος του δείγματος (N)	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)	29	17,9	1,9	0,35
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)	31	18,5	1,5	0,26

Πίνακας 6: Οι επιδόσεις των 2 ομάδων του δείγματος μετά τη διδακτική παρέμβαση

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα 6 συμπεραίνουμε ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι επιδόσεις των παιδιών της ΠΟ (M=18,5, SD=1,5) δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά (t=-1,27, df=58, p=0,21>0,05) σε σχέση με τις επιδόσεις των παιδιών της ΟΕ (M=17,9, SD=1,9). Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ΟΕ και η ΠΟ είναι ισοδύναμες και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Το αποτέλεσμα αυτό απορρίπτει τη δεύτερη ερευνητική υπόθεση, η οποία υποστήριζε ότι οι επιδόσεις των παιδιών της ΠΟ θα παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική διαφορά από τις επιδόσεις των παιδιών της ΟΕ, μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ουσιαστικά, παρά το γεγονός ότι η βαθμολογία της ΠΟ σε αρκετές ερωτήσεις ήταν υψηλότερη από τη βαθμολογία της ΟΕ, η υπεροχή αυτή δεν ήταν αρκετή προκειμένου να υπάρξει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο ομάδων. Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδασκαλία του μαγνητισμού, δεν επέφερε θεαματικά αποτελέσματα στις επιδόσεις των παιδιών του δείγματος της έρευνας.

Συμπεράσματα-Προοπτικές

Η οργάνωση διδακτικών παρεμβάσεων από το χώρο των φυσικών επιστημών είναι αναγκαία αφού τα μικρά παιδιά διαμορφώνουν πολύ νωρίς τις πρώτες ιδέες, ερμηνείες, θεωρίες για έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου (Ραβάνης 1999). Ειδικότερα, το φαινόμενο του μαγνητισμού αποτελεί ένα διασκεδαστικό αντικείμενο, το οποίο μπορεί να προσεγγιστεί από παιδιά προσχολικής ηλικίας. Τα νήπια έχουν ήδη κάποιες προϋπάρχουσες γνώσεις για το μαγνητισμό, οι οποίες μερικές φορές είναι λανθασμένες ή/και ανεπαρκείς. Όπως αποδείχθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, τόσο τα νήπια της ΟΕ, όσο και τα νήπια της ΠΟ, επαναλάμβαναν συνεχώς τη φράση «*τα αντικείμενα κολλάνε στο μαγνήτη*». Το στοιχείο αυτό αναδεικνύει μια γενικότερη ελλιπή κατανόηση της ελκτικής ιδιότητας του μαγνήτη είτε αυτή διδάσκεται με παραδοσιακές δραστηριότητες είτε χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ.

Γενικότερα, με βάση τα ευρήματα της παρούσας έρευνας γίνεται αντιληπτό ότι με την αξιοποίηση κατάλληλων διδακτικών τεχνικών καθώς και των ΤΠΕ δημιουργείται ένα σταθερό πλαίσιο, όπου είναι δυνατόν να σημειωθούν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα για τη διδασκαλία του μαγνητισμού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Ουσιαστικά, η διδακτική παρέμβαση με τον παραδοσιακό τρόπο, όσο και με τη χρήση των ΤΠΕ, σημείωσε σημαντική επιτυχία στη επίτευξη των στόχων που είχαν τεθεί κατά τον αρχικό σχεδιασμό της και είναι συμβατή με το πιλοτικό νέο πρόγραμμα σπουδών για το νηπιαγωγείο το οποίο προτείνει σημαντική χρήση των ΤΠΕ (Νέα Προγράμματα Σπουδών 2011).

Κάποιοι γενικότεροι προβληματισμοί που αναδύθηκαν από την παρούσα έρευνα για τη διδασκαλία του μαγνητισμού στο νηπιαγωγείο συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- Κατά τη χρήση των ΤΠΕ σε μια διδακτική παρέμβαση στην προσχολική εκπαίδευση, ποια είναι η χρυσή τομή χρήσης των τεχνολογικών μέσων και παρέμβασης του εκπαιδευτικού, έτσι ώστε και το τεχνολογικό εργαλείο να συνεισφέρει το μέγιστο;
- Ποιος ειδικός τύπος εκπαιδευτικού λογισμικού θα ήταν ωφέλιμος να χρησιμοποιηθεί σε μια διδακτική παρέμβαση με θέμα το μαγνητισμό στην προσχολική εκπαίδευση;

Όμως, για άλλη μια φορά τίθεται ο προβληματισμός για τη συμβατότητα ανάμεσα στο ερευνητικό πλαίσιο που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας και στο διδακτικό πλαίσιο (έρευνα εφαρμογής) που υλοποιήθηκε καθώς και η ανάγκη για μία σε βάθος κατανόηση των αντιλήψεων των παιδιών για το μαγνητισμό αλλά και γενικότερα για φαινόμενα και έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας, ήταν ενθαρρυντικά για τη διδασκαλία του μαγνητισμού στην προσχολική εκπαίδευση. Σε μελλοντικές έρευνες, θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρον να ενσωματωθούν περαιτέρω δραστηριότητες βασισμένες σε μοντέρνα εργαλεία των ΤΠΕ για τη διδασκαλία του μαγνητισμού και να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο βάθος η συμβολή των ΤΠΕ και σ' άλλες πτυχές του φαινομένου του μαγνητισμού. Θεωρούμε ότι θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας από νέες, διευρυμένες μελέτες σε μεγαλύτερο δείγμα παιδιών προσχολικής ηλικίας, τόσο για τη διδασκαλία του φαινομένου του μαγνητισμού, όσο για άλλα φαινόμενα και έννοιες από το χώρο των φυσικών επιστημών.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνόγλωσση

Βαλακώστα, Μ. & Χρηστίδου, Β. (2009). Η προσέγγιση της μαγνητικής έλξης με τη χρήση του δραματικού παιχνιδιού και της διήγησης ιστοριών στο νηπιαγωγείο. Στο Κ. Πλακίτση (επιμ.) *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Επιστήμη και Κοινωνία: Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση,* Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 7-9 Νοεμβρίου 2009, 24-32.

Γιαλαμάς, Β., Νικολοπούλου, Κ. & Μάνεσης, Δ. (2008). Απόψεις και προθέσεις νηπιαγωγών σχετικά με την ενσωμάτωση και χρήση των ΤΠΕ στην προσχολική εκπαίδευση. Στο Χ. Αγγέλη & Ν. Βαλανίδης (επιμ.) *Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή της ΕΤΠΕ: Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση,* Λεμεσός, 25-28 Σεπτεμβρίου 2008, 371-378.

Κακανά, Δ.-Μ. & Καζέλα, Κ. (2003). Πειραματικές δραστηριότητες των φυσικών επιστημών μέσω της εργασίας σε ομάδες: η περίπτωση του μαγνητισμού. *Ερευνώντας τον κόσμο του παιδιού*, 5, 27-39.

Κουλούρη, Π. & Χαρίση, Μ. (2009). Οι μαγνήτες: δραστηριότητες εκπαιδευτικού λογισμικού για το νηπιαγωγείο. Στο Κ. Πλακίτση (επιμ.) *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Επιστήμη και Κοινωνία: Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση,* Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 7-9 Νοεμβρίου 2009, 325-334.

Νέα Προγράμματα Σπουδών - «Νέο σχολείο» (2011).
http://digitalschool.minedu.gov.gr/info/newps.php (Τελευταία πρόσβαση 30/01/2013).

Οικονομίδης, Β. & Ζαράνης, Ν. (2010). Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή στην προσχολική εκπαίδευση: συνεντεύξεις με νηπιαγωγούς. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (Τόμος ΙΙ),* Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, 23-26 Σεπτεμβρίου 2010, 545-552.

Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση.* Τυπωθήτω-Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

Ξενόγλωσση

Ayvaci, H.-S. & Devecioğlu, Y. (2010). Computer-assisted instruction to teach concepts in pre-school education. *WCES-2010, Procedia Social and Behaviour,* 2(2), 2083-2087.

Barrow, H. (1990). Elementary Science Textbooks and Potential Magnet Misconceptions. *School Science and Mathematics,* 90(8), 716-720.

Christidou, V., Kazela, K., Kakana, D. & Valakosta, M. (2009). Teaching Magnetic Attraction to Preschool Children: A Comparison of Different Approaches. *The International Journal of Learning*, 16(2), 115-128.

Creswell, J.-W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Sage Publication, London.

Finley, F.-N. (1986). Evaluating Instruction: The complementary use of clinical interviews. *Journal of Early Years Education,* 23, 635-650.

Gialamas, V., & Nikolopoulou, K. (2010). In-service and pre-service early childhood teachers' viewsand intentions about ICT use in early childhood settings: a comparative study. *Computers & Education*, 55(2010), 333-341.

Knezek, G. & Christensen, R. (2008). The Importance of Information Technology Attitudes and Competencies in Primary and Secondary Education. *International Handbook of information technology in primary and secondary education,* 20(4), 321-331.

McFarlane, A. & Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in Science Education. *Cambridge Journal of Education,* 32(2), 219-232.

Poimenidou, M. & Christidou, V. (2010). Communication Practices and the Construction of Meaning: Science Activities in the Kindergarten. *Creative Education,* 1(2), 81-92.

Ravanis, K. (1994). The discovery of elementary magnetic properties in Preschool age. Qualitative and Quantitative Research within a Piagetian Framework. *European Early Childhood Education Research Journal,* 2(2), 79-91.

Tsitouridou, M. & Vryzas, K. (2004). The prospect of integrating ICT into the education of young children: The views of Greek early childhood teachers. *European Journal of Teacher Education,* 27(1), 29-45.

Vernadakis, N., Avgerinos, A., Tsitskari, E. & Zachopoulou, E. (2005). The Use of Computer Assisted Instruction in Preschool Education: Making Teaching Meaningful. *Early Childhood Education Journal,* 33(2), 99-104.

Wellington, J. (2005). Has ICT come of age? Recurring debates on the role of ICT in education. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 25-39.

Οι Φυσικές Επιστήμες και τα Εικαστικά συνεργάζονται για την ανίχνευση και αξιοποίηση ιδεών και γνώσεων των νηπίων σχετικά με τους ζωντανούς οργανισμούς.

Μαγουλιώτης Απόστολος[1]
Τσουκαλά Κικιλία[2]

[1] *Αναπληρωτής Καθηγητής, ΠΤΠΕ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, amagouliotis@uth.gr*
[2] *Εκπαιδευτικός ΠΕ60, Μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΠΤΠΕ, ΠΘ ktsoukala@sch.gr*

Περίληψη

Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών κεντρικό ρόλο έχουν οι πρότερες γνώσεις και αντιλήψεις των παιδιών. Υποστηρίζεται ότι οι Εικαστικές τέχνες μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης και αξιοποίησης των ιδεών, αντιλήψεων και γνώσεων των νηπίων. Στην παρούσα εργασία επιλέγεται να εξεταστεί και παρουσιαστεί η στενή αλληλεπίδραση μεταξύ Φυσικών Επιστημών και Εικαστικών Τεχνών, και η επίδραση που ασκούν οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις στην αξιοποίηση των γνώσεων που αποκτούν τα παιδιά. Η παρούσα έρευνα ακολούθησε πειραματική ερευνητική προσέγγιση, σε τέσσερις φάσεις. Βασικό ερευνητικό εργαλείο της ήταν τα εικαστικά έργα 16 παιδιών. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι υπάρχει συμβολή των εικαστικών στην ανίχνευση, αξιοποίηση κι εφαρμογή νέων γνώσεων, αν και επηρεάζεται από τις εφαρμοζόμενες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις. Συνεπώς, γίνεται φανερή η σημασία της λειτουργικής ενσωμάτωσης των εικαστικών στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό του προγράμματος του νηπιαγωγείου, στα πλαίσια μιας διαφοροποιημένης παιδαγωγικής.

Abstract

Children's prior knowledge and perceptions of the world, can form a crucial part in Science education. Research suggests that creative arts may act as effective means of ascertaining, utilising and substantiating the acquired knowledge and views of preschool aged children. This assignment will focus on the link formed between science and creative arts and the effect that various educational approaches may have on the implementation of children's knowledge. This is an experimental research project completed over four phases, which has been based on the creative work produced by 16 children. The analysis of the data collected indicated creative arts make a significant contribution to the development, establishment and utilisation of new concepts and knowledge although these can be influenced by embedded educational approaches. Further, the results of this research support the inclusion of creative arts within the foundation stage framework and demonstrate its importance in the introduction of a differentiated preschool/early years curriculum

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η επιστημονική κοινότητα ανέπτυξε έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για το πώς η σκέψη των μικρών παιδιών προσεγγίζει το φυσικό κόσμο. Θεωρητικές κατευθύνσεις, όπως του εποικοδομητισμού ανέδειξαν την αξία που έχουν οι ιδέες και οι αντιλήψεις των παιδιών στο διδακτικό σχεδιασμό. Στις έρευνες που έχουν γίνει χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποιήθηκαν μεθοδολογικά εργαλεία ανίχνευσης ιδεών των παιδιών κυρίως με σκοπό να τις εντοπίσουν και να τις προσδιορίσουν ώστε να τις αναλύσουν ή να τις μοντελοποιήσουν (Παπανδρέου 2012). Ο προσδιορισμός των αντιλήψεων και ιδεών με βάση τις οποίες τα παιδιά κατανοούν και ερμηνεύουν ζητήματα των Φυσικών Επιστημών αποτελεί το απαραίτητο βήμα για την εγκατάσταση αμφίδρομης επικοινωνίας ανάμεσα στο γνωστικό πλαίσιο της βιωματικής γνώσης και σε αυτό της σχολικής γνώσης και της Επιστήμης (Χρηστίδου 2011).

Οι συνήθεις ερευνητικές τεχνικές αξιολόγησης των Φυσικών Επιστημών και των Εικαστικών τεχνών (λ.χ. το ιχνογράφημα των παιδιών), αποτελούν σημαντικό εργαλείο ανίχνευσης και αξιοποίησης των ιδεών, αντιλήψεων και γνώσεων.

Ο χειρισμός της πρότερης γνώσης των παιδιών αποτελεί σαφές κριτήριο επιστημολογικής τοποθέτησης στις διαδικασίες μάθησης (Κουζέλης 1991). Οι πρότερες αντιλήψεις, ιδέες και γνώσεις που έχουν και διαθέτουν τα παιδιά από το βιωματικό τους κόσμο, θεωρούνται πια απαραίτητο πεδίο αναφοράς στην μετέπειτα συγκρότηση και εξέλιξη της γνώσης τους.

Συνεπώς, φαίνεται σκόπιμη η διερεύνηση της συνεργασίας Φυσικών Επιστημών και Εικαστικών στην ανίχνευση, αξιοποίηση και αξιολόγηση ιδεών και γνώσεων των παιδιών, ώστε να ενσωματώνονται λειτουργικά στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό του προγράμματος του νηπιαγωγείου, στα πλαίσια μιας διαφοροποιημένης παιδαγωγικής προσέγγισης.

Θεωρητικό πλαίσιο

Όλα τα προβλήματα, τα οποία απασχολούν τους ανθρώπους είναι αδύνατο να περιγραφούν με ένα τρόπο έκφρασης. Λόγου χάριν, στα τεστ Ψυχολογίας, Φυσικών Επιστημών και άλλων επιστημών, μεταχειρίζονται λέξεις ή χωρικές παραστάσεις για να προσεγγίσουν το πρόβλημα και για να το κωδικοποιήσουν ή χρησιμοποιούν και τους δύο τρόπους απάντησης (λεκτικό και χωρικό δείξιμο, για παράδειγμα, σ' ένα φύλλο χαρτί) (Gardner 2010). Γι' αυτό, είναι αποτελεσματικό, τελειώνοντας τις ζωγραφιές να ενθαρρύνονται τα παιδιά πέρα από το εμφανές περιεχόμενο των έργων τους να διηγούνται τη δημιουργία τους, για να εξασφαλίσουν την κατανόησή τους ή τις απόψεις για τον κόσμο τους (Malchiodi 2009).

Η δημιουργία οπτικών-χωρικών παραστάσεων θεωρείται από πολλούς ως πρωταρχική πηγή σκέψης και ότι συμβάλλει στις Επιστήμες του χώρου και στην Εικαστική σκέψη (Gardner 2010). Γιατί η αποτύπωση των μορφών είναι αντίληψη μιας πνευματικής τάσης του ανθρώπου (Wölfflin1992), που αρχικά διαμορφώνεται ως μια πνευματική εικόνα ή ως μια φανταστική γεωμετρία, μια τοπολογία συνδυασμού χρωμάτων και γραμμών (Focillon 1982). Στη συνέχεια η αντίληψη των πνευματικών μορφών εξωτερικεύεται σε ύλη από ένα σύνολο γραμμών οριοθετώντας τη μορφή με το περίγραμμα ή με τη σύνθεση σχημάτων για την κατασκευή της μορφής και μ' αυτό δηλώνει τη γραμμική αντίληψη του κόσμου (Arnheim 1999, Gombrich 1972). Η γραμμική εικόνα παρουσιάζει τις δομικές σταθερές του αντικειμένου, που απεικονίζεται και παρέχει στο θεατή πληροφορίες του, τις οποίες αποσπά με φυσικό τρόπο, κοιτάζοντας τον πραγματικό κόσμο (Gibson, 1979). Με την χρωματική αντίληψη εκφράζεται η επιλογή χρωμάτων ως ένα χαρακτηριστικό στοιχείο διάκρισης βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των μορφών (Sargent 1987, Arnheim 1999). Γενικά η εξακρίβωση της ταυτότητας μιας μορφής αντικειμένου, σημαίνει να αναγνωρίζει κάποια από τα προεξέχοντα δομικά χαρακτηριστικά του (Arnheim 2007).

Ο John Constable Άγγλος ζωγράφος είχε πει ότι «Η ζωγραφική είναι επιστήμη, και πρέπει να ασκείται ως διερεύνηση των νόμων της φύσης» (Gardner 2010:272). Επίσης η ζωγραφική ως έκφραση αντιλήψεων του οπτικού κόσμου, μετασχηματίζει και τροποποιεί τις αρχικές αντιλήψεις ή αναπαράγει όψεις της οπτικής εμπειρίας. Και αυτός που επιθυμεί να επιδοθεί σε τέτοιες δραστηριότητες, πρέπει να μάθει τη «γλώσσα του χώρου» και να «σκέφτεται με το χωρικό τρόπο» (Gardner 2010:265). Γιατί, όπως ισχυρίζεται ο Arnheim (2007) η φυσική αντίληψη και η αντίληψη των εικόνων σχετίζονται με την ολική δομή και μορφή της πραγματικότητας, αλλά και με τις σημαντικές απόψεις της μορφής.

Η σπουδαιότητα της εκπαίδευσης των παιδιών προσχολικής ηλικίας στις Φυσικές Επιστήμες και η σημασία της για την ολόπλευρη ανάπτυξή τους έχει επανειλημμένα τονιστεί και ερευνηθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες σε μελέτες (Copple, Siegel, Saunders 1979/1984, Kamii & De Vries 1978), οι οποίες παρατίθενται στο Κουτσουβάνου (1994/1996, Driver 1989, Harlen 1996, Keogh & Naylor 1996, Salomon 1996). Τα παιδιά ενδιαφέρονται για το φυσικό κόσμο που τα περιβάλλει, θέλουν να τον γνωρίσουν και να τον εξερευνήσουν. Η μελέτη των ζωντανών οργανισμών αποτελεί ένα θέμα συγκεκριμένο και οικείο για τα παιδιά μικρών ηλικιών και εμπεριέχεται ως διδακτική ενότητα στη μαθησιακή περιοχή των Φυσικών Επιστημών, αποτελώντας σημείο εκκίνησης του διδακτικού περιεχομένου τους στο νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (ΥΠΔΒΜ 2011).

Η μελέτη του θέματος των ζωντανών οργανισμών αντιμετωπίζεται από τις Εικαστικές τέχνες ως πηγή έμπνευσης και δημιουργίας. Ειδικά στα νήπια, η ενασχόλησή τους με τις εικαστικές τέχνες έχει να προσφέρει πολλά στην καλλιτεχνική, πνευματική και σωματική αγωγή τους, διεγείροντας την παρατηρητικότητα, τη σκέψη, τη φαντασία, και τη δημιουργικότητα (Μαγουλιώτης 2002/ 2007). Ο Gardner (2010) υποστηρίζει ότι ειδικά η παραγωγή εικαστικού έργου συνδέεται με νοητικές επεξεργασίες και λειτουργεί ως εναλλακτικός τρόπος κατανόησης και απόκτησης γνώσης, έκφρασης ιδεών και συναισθημάτων (Τσιλιμένη & Μαγουλιώτης 2011).

Τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα μας δίνουν την ευκαιρία να σκεφτούμε σχετικά με τη λειτουργική ενσωμάτωση τεχνικών ανίχνευσης, αξιοποίησης και αξιολόγησης από τον χώρο των Εικαστικών στη διδασκαλία θεμάτων από τις Φυσικές Επιστήμες στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό μας. Γιατί ο εκπαιδευτικός πρέπει να συστηματοποιήσει τις δραστηριότητές του, ώστε να σχεδιάζει και να οργανώνει κατάλληλα περιβάλλοντα μάθησης για απόκτηση γνώσεων και ανάπτυξη ικανοτήτων σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες και τις Εικαστικές Τέχνες.

Συγκεκριμένα, διερευνούμε τρόπους προσέγγισης της μάθησης, με τους οποίους τα νήπια μαθαίνουν να διακρίνουν τα παρατηρήσιμα βασικά εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών (πουλιά) και τους τρόπους με τους οποίους τα εκφράζουν.

Σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό στην παρούσα εργασία επιλέγεται να εξεταστούν και παρουσιαστούν οι εξής υποθέσεις: α) υπάρχει στενή αλληλεπίδραση μεταξύ Φυσικών Επιστημών και Εικαστικών Τεχνών, οι οποίες συμβάλλουν στην ανίχνευση, αξιοποίηση κι εφαρμογή γνώσεων των νηπίων και β) οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις επηρεάζουν την αξιοποίηση γνώσεων που αποκτούν τα παιδιά.

Για τη διερεύνηση των δεδομένων, σχεδιάστηκαν τα παρακάτω ερωτήματα:

- *Ποιοι τρόποι προσέγγισης βοηθούν τα παιδιά στο να αναπτύσσουν τις σχεδιαστικές ικανότητες και για να εκφράζουν τα εξωτερικά βασικά χαρακτηριστικά μέρη του σώματος των πουλιών;*
- *Ποιοι τρόποι προσέγγισης βοηθούν τα παιδιά στο να χρησιμοποιούν τα χρώματα ως βασικά φυσικά χαρακτηριστικά των πουλιών;*
- *Ποιοι τρόποι προσέγγισης βοηθούν τα παιδιά στο να συνθέσουν γενικά εικαστικά έργα με σκηνές βιότοπων χώρων των πουλιών;*

Τα ερωτήματα αυτά λειτούργησαν και ως *κριτήρια αξιολόγησης*. Έτσι σε κάθε εικαστικό έργο βαθμολογείται η απόδοση έκφρασης (1 στην ελάχιστη και 5 στη μέγιστη).

Μεθοδολογία έρευνας

Η παρούσα έρευνα ακολούθησε την πειραματική ερευνητική προσέγγιση στο φυσικό χώρο της τάξης (Christensen 2007), όπου οι απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών συγκρίνονται με τις απαντήσεις τους πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την πειραματική συνθήκη.

Ταυτότητα και εργαλεία έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα Μαρτίου-Μαΐου 2011, σε δημόσιο νηπιαγωγείο της 12ης Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Λάρισας. Έλαβαν μέρος 16 παιδιά, (9 κορίτσια και 7 αγόρια) ηλικίας 5 έως 6 ετών μιας τάξης νηπιαγωγείου. Βασικό ερευνητικό εργαλείο της παρούσας έρευνας ήταν τα εικαστικά έργα και οι ανάλογες αφηγήσεις των μικρών δημιουργών οι οποίες καταγράφονταν από τους ερευνητές. Η ερευνητική διαδικασία χωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις, ακολουθώντας τον πειραματικό σχεδιασμό σε χρονική ακολουθία. Για την υλοποίηση της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε σχετικό έντυπο υλικό (ποιήματα, φωτογραφικό λεύκωμα, παιδαγωγικό παιχνίδι λογικής ακολουθίας, ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού), καθώς και μέσα εικαστικής έκφρασης (χαρτιά, μαρκαδόροι κ.ά.).

Διαδικασία έρευνας

Η Α΄ φάση πραγματοποιήθηκε στις 20 Μαρτίου 2011, είχε διάρκεια 20 λεπτών και αφορούσε στην ανίχνευση και αποτύπωση του βασικού επιπέδου γνώσεων των παιδιών σχετικά με το θέμα, όπου κλήθηκαν να ζωγραφίσουν πελαργούς και χελιδόνια, όπως μπορούσαν (pre-test).

Η Β΄ φάση πραγματοποιήθηκε στις 3 Απριλίου 2011 και είχε διάρκεια 30 λεπτών. Η εκπαιδευτικός διάβασε δύο ποιήματα στα παιδιά, δίνοντας μέσα από αυτά νέες πληροφορίες σχετικά με πελαργούς και χελιδόνια και στη συνέχεια κάλεσε τα παιδιά να ζωγραφίσουν ότι τους έκανε εντύπωση σχετικά με τα πουλιά και άλλα.

Η Γ΄ φάση πραγματοποιήθηκε στις 24 Απριλίου 2011 και διήρκησε 1 ώρα και 15 λεπτά. Σε αυτή τη φάση τα παιδιά είδαν, παρατήρησαν και επεξεργάστηκαν σχετικό εποπτικό (φωτογραφικό λεύκωμα) και έπαιξαν με παιδαγωγικό υλικό (παιχνίδι λογικής ακολουθίας), δραματοποίησαν ρόλους και συμπεριφορές πελαργών και χελιδονιών. Ύστερα από αυτό ζητήθηκε από τα παιδιά να αποτυπώσουν τις γνώσεις που αποκόμισαν σχετικά με τα πουλιά.

Η Δ΄ φάση και τελική, πραγματοποιήθηκε στις 8 Μαΐου 2011 και είχε διάρκεια 1 ώρα και 45 λεπτά, τα παιδιά είδαν στην αυλή του σχολείου χελιδόνια, πελαργούς και τις φωλιές τους, παρατήρησαν κι επεξεργάστηκαν ξύλινα ομοιώματα πελαργού και χελιδονιού. Κατόπιν δημιούργησαν έργα ζωγραφικής με κολλάζ, εφαρμόζοντας τις γνώσεις που είχαν αποκομίσει σε νέα πλαίσια (post-test).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Με την καταχώρηση των στοιχείων των τεσσάρων φάσεων προσέγγισης, έγινε επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Από την ανάλυση των στοιχείων, όπως φαίνεται και στους πίνακες στη Β΄ και την Γ΄ φάση, δύο παιδιά δεν ζωγράφισαν μορφές πουλιών. Πιο αναλυτικά, στα ερωτήματα της έρευνας έχουμε τις παρακάτω απαντήσεις, οι οποίες εμφανίζονται ποσοτικά και στους παραπάνω πίνακες.

Α΄ Φάση. Ο Πίνακας 1(στήλη 2η) δείχνει ότι τα εικαστικά έργα, που ζωγράφισαν τα παιδιά από μνήμης, εμφανίζουν εικαστικές ικανότητες και γνώσεις σχετικά με τα βασικά εξωτερικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών σε κλίμακα βαθμών: από 0,9 μέχρι 3 και με μέσο όρο 2,19. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 2 φαίνεται ότι τα 11/16 των παιδιών αναπτύσσουν τις μορφές των πουλιών με την τεχνική του περιγράμματος, ενώ το 5/16 των παιδιών συνθέτουν τις μορφές των πουλιών χρησιμοποιώντας την τεχνική κατασκευής με σχήματα. Αλλά τόσο με τον ένα όσο και με τον άλλο τρόπο δεν αποδίδουν όλα τα εξωτερικά βασικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών και όλες οι μορφές τους είναι εξπρεσιονιστικές. Επίσης η απόδοση των φυσικών χρωμάτων ως βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των πουλιών διακρίνεται μόνο στο 1/16 των εικαστικών έργων των παιδιών. Τέλος στη γενική σύνθεση των έργων τα 16/16 των παιδιών σχεδιάζουν μόνο τις μορφές των πουλιών.

Εικόνα 1: Αντιπροσωπευτικό δείγμα έργων παιδιών των Α΄Β΄Γ΄Δ΄ φάσεων απόδοσης.

Πίνακας 1: Μέσοι όροι ατομικής και συνολικής βαθμολογίας απόδοσης ανάπτυξης εικαστικών έργων παιδιών (ανά φάσεις) ως μέσων έκφρασης των βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών πουλιών.

α/α Συμμετοχή παιδιών	Α΄ Φάση Βαθμολογία απόδοσης	Β΄ Φάση Βαθμολογία απόδοσης	Γ΄ Φάση Βαθμολογία απόδοσης	Δ΄ Φάση Βαθμολογία απόδοσης
1	2	2,5	2,7	5
2	3	3,2	3	4,2
3	3	3,2	3,2	5
4	2,7	3	3	5
5	2,2	2,5	2,5	5
6	2,5	2,7	3,2	4,2
7	2,5	0	3	5
8	2,7	3,2	3	4,8
9	2,5	2,7	2,5	4,9
10	0,9	2,4	3,2	4,8
11	1,8	2,5	2,5	4,7
12	2,7	3,2	3,2	5
13	2	2,5	3	4,8
14	1,5	1,5	0	4
15	1,8	2	2,2	4,5
16	1,3	1,8	2,5	4,5
Συνολικός μέσος όρος	2,19375	2,43125	2,66875	4,7125

Πίνακας 2: Ποσοτικά αποτελέσματα αξιολόγησης των εικαστικών έργων παιδιών κατά τις τέσσερις φάσεις παρέμβασης.

Κριτήρια αξιολόγησης παιδικών έργων	Εικαστικά εκφραστικά μέσα	Α΄ Φάση δημιουργίας έργων	Β΄ Φάση δημιουργίας έργων	Γ΄ Φάση δημιουργίας έργων	Δ΄ Φάση δημιουργίας έργων
Σχεδιαστικοί τρόποι ανάπτυξης μορφών ως μέσων έκφρασης βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών πουλιών	Περιγράμματα	11	5	5	1
	Σχήματα	5	10	10	15
	Εξπρεσιονιστικά	16	15	15	5
	Ρεαλιστικά/ οπτικά	–	–	–	11
Επιλογή χρωμάτων ως βασικών μορφικών χαρακτηριστικών στοιχείων πουλιών	Εξπρεσιονιστικά	15	13	12	1
	Ρεαλιστικά / οπτικά	1	2	3	15
Γενική σύνθεση έργων ως σκηνικών βιότοπων χώρων πουλιών	Μονό-μορφη	16	–	1	–
	Πολύμορφη	-	15	14	16

Β΄ Φάση. Ο Πίνακας 1 (στήλη 3η) δείχνει ότι τα εικαστικά έργα, που ζωγράφισαν τα παιδιά μετά την ανάγνωση δύο ποιημάτων εμφανίζουν εικαστικές ικανότητες και γνώσεις σχετικά με τα βασικά εξωτερικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών, σε κλίμακα βαθμών: από 1,5 μέχρι 3,2 και μέσο όρο 2,43. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 2 φαίνεται ότι τα 5/16 των παιδιών σχεδιάζουν τις μορφές των πουλιών με την τεχνική του περιγράμματος, τα 10/16 των παιδιών συνθέτουν τις μορφές των πουλιών χρησιμοποιώντας την τεχνική κατασκευής με σχήματα, ενώ το 1/16 ζωγραφίζει μορφές άσχετες με το θέμα. Αλλά τόσο με τον ένα όσο και με τον άλλο τρόπο δεν αποδίδουν όλα τα εξωτερικά βασικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών και όλες οι μορφές είναι εξπρεσιονιστικές. Επίσης η απόδοση των φυσικών χρωμάτων ως βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των πουλιών διακρίνεται στα 2/15 των εικαστικών έργων των παιδιών. Τέλος στη γενική σύνθεση των έργων τα 15/15 των παιδιών εκτός από τις μορφές των πουλιών αποτυπώνουν και άλλες μορφές σχετικά με τον βιότοπό τους.

Γ΄ Φάση. Ο Πίνακας 1 (στήλη 4η) δείχνει ότι τα εικαστικά έργα, που ζωγράφισαν τα παιδιά μετά από την παρατήρηση φωτογραφιών, παιχνίδι και δραματοποίηση, εμφανίζουν εικαστικές ικανότητες και γνώσεις σχετικά με τα βασικά εξωτερικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών, σε κλίμακα βαθμών: από 2,2 μέχρι 3,2 και μέσο όρο 2,66. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 2 φαίνεται ότι τα 5/16 των παιδιών αναπτύσσουν τις μορφές των πουλιών με την τεχνική του περιγράμματος, το 10/16 των παιδιών συνθέτουν τις μορφές των πουλιών χρησιμοποιώντας την τεχνική κατασκευής με σχήματα, ενώ το 1/16 ζωγραφίζει μορφές άσχετες με το θέμα. Αλλά τόσο με τον ένα όσο και με τον άλλο τρόπο δεν αποδίδουν όλα τα εξωτερικά βασικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών και όλες οι μορφές είναι εξπρεσιονιστικές. Επίσης η απόδοση των φυσικών χρωμάτων ως βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των πουλιών διακρίνεται μόνο στα 3/15 των εικαστικών έργων των παιδιών. Τέλος στη γενική σύνθεση των έργων το 1/15 των παιδιών

σχεδιάζει μόνο τις μορφές των πουλιών ενώ τα 14/15 των παιδιών αποτυπώνουν και άλλες μορφές σχετικά με τον βιότοπο των πουλιών.

Δ΄ Φάση. Ο Πίνακας 1 (στήλη 5η) δείχνει ότι τα εικαστικά έργα, που δημιούργησαν τα παιδιά, μετά από την παρατήρηση των πουλιών στο φυσικό περιβάλλον τους, εμφανίζουν εικαστικές ικανότητες και γνώσεις σχετικά με τα βασικά εξωτερικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών, σε κλίμακα βαθμών: από 4 μέχρι 5 και μέσο όρο 4,71. Αναλυτικότερα, στον Πίνακα 2 φαίνεται ότι το 1/16 των παιδιών αναπτύσσει τις μορφές των πουλιών με την τεχνική του περιγράμματος, ενώ τα 15/16 των παιδιών συνθέτουν τις μορφές των πουλιών χρησιμοποιώντας την τεχνική κατασκευής με σχήματα. Στη φάση αυτή και με τους δύο τρόπους αποδίδουν σχεδόν όλα τα εξωτερικά βασικά χαρακτηριστικά μέρη των πουλιών και ότι τα 11/16 των παιδιών κάνουν μορφές πουλιών σχεδόν ρεαλιστικές. Επίσης η απόδοση των φυσικών χρωμάτων ως βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των πουλιών διακρίνεται στα 15/16 των εικαστικών έργων των παιδιών. Τέλος στη γενική σύνθεση των έργων όλα τα παιδιά δημιουργούν τις μορφές των πουλιών και τις πλαισιώνουν με άλλες μορφές σχετικές με τον βιότοπό τους.

Συμπεράσματα

Παρατηρώντας τα δεδομένα και των τεσσάρων φάσεων προσέγγισης διαπιστώνεται ότι υπάρχει στενή αλληλεπίδραση μεταξύ των Φυσικών Επιστημών και των Εικαστικών Τεχνών, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην ανίχνευση, αξιοποίηση κι εφαρμογή γνώσεων των μικρών παιδιών και με αυτό επαληθεύεται η πρώτη υπόθεση. Επίσης από την αξιολόγηση όλων των δεδομένων της παρούσας έρευνας αποδεικνύεται ότι οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις επηρεάζουν την αξιοποίηση γνώσεων και ικανοτήτων που αποκτούν τα παιδιά και με αυτό επαληθεύεται και η δεύτερη υπόθεση. Ειδικότερα στη συζήτηση των ερωτημάτων:

- Ελλειμματικές και εξπρεσιονιστικές μορφές πουλιών στα εικαστικά έργα προκύπτουν από τα παιδιά, τα οποία εκφράζουν γνώσεις από τη μνήμη τους (όπως δείχνουν τα αποτελέσματα της Α΄ φάσης). Η ελλειμματικότητα και η εκφραστικότητα στις μορφές των πουλιών ελαττώνονται στα εικαστικά έργα παιδιών, όταν πριν τη δημιουργία διαβάζονται ποιήματα ή επεξεργάζονται φωτογραφικό υλικό ή ασχολούνται με παιχνίδια, που αναπαριστούν ανάλογες μορφές (όπως δείχνουν τα αποτελέσματα της Β΄ και της Γ΄ φάσης). Ωστόσο, όταν τα παιδιά προσεγγίζουν βιωματικά το φυσικό κόσμο αποκτούν σημαντικές γνώσεις σχετικά με τα πουλιά, αλλά ταυτόχρονα αναπτύσσουν και εικαστικές ικανότητες δημιουργώντας έργα και αποτυπώνοντας μορφές πουλιών με τα βασικά χαρακτηριστικά μέρη τους (όπως δείχνουν τα αποτελέσματα της Δ΄ φάσης). Γιατί η μορφή ενός πουλιού είναι ένα στοιχειώδες επίτευγμα του νου, το οποίο διατυπώνεται με την έκφραση του σχεδίου χρησιμοποιώντας την τεχνική του περιγράμματος και κυρίως με την τεχνική της σύνθεσης σχημάτων, η οποία διαμορφώνεται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των πουλιών (Arnheim 1999). Τέλος, όπως διαφαίνεται στην έρευνα, τα παιδιά που αποκομίζουν οπτικές πληροφορίες με την εκ του φυσικού παρατήρηση των χαρακτηριστικών του αντικειμένου, αποτυπώνουν σχεδόν ρεαλιστικές μορφές (όπως Δ΄ φάση και άποψη του Arnheim 2007).
- Η εκμάθηση των οπτικών φυσικών χρωμάτων, ως βασικών χαρακτηριστικών των πουλιών, από τα παιδιά διαπιστώνεται από την χρήση τους στα εικαστικά έργα. Αυτό επιτεύχθηκε (στα αποτελέσματα της Δ΄ φάσης), όταν τα παιδιά προσέγγισαν τις μορφές των πουλιών στο φυσικό χώρο και στη συνέχεια εκφράστηκαν εικαστικά δημιουργώντας έργα με χρώματα, όπως παρουσιάζονται στη φύση (όπως ισχυρίζεται ο Sargent, 1987).
- Η έρευνα έδειξε ότι σχεδόν όλα τα παιδιά, όταν ζωγραφίζουν μια μορφή, την πλαισιώνουν και με άλλες μορφές, οι οποίες σχετίζονται με τη ζωή ή με κάποιες μορφές αγαπητές σε αυτά ή με κάποιες συνήθειες ή για να την εμπλουτίσουν. Πολλές φορές οι γενικές συνθέσεις των παιδικών εικαστικών έργων επηρεάζονται από τα περιβάλλοντα μάθησης (όπως σε όλες τις φάσεις της έρευνας και όπως το θέτει το ΥΠΔΒΜ, 2011).

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι οι Εικαστικές τέχνες παρακολουθούν το πώς τα παιδιά αντιλαμβάνονται τους ζωντανούς οργανισμούς (χελιδόνια, πελαργούς) στο φυσικό περιβάλλον, διακρίνοντας τα παρατηρήσιμα βασικά εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά τους και

εκφράζονται σχετικά με αυτούς. Υπογραμμίζεται επίσης, ότι η εκπαιδευτική προσέγγιση επηρεάζει την αξιοποίηση των νέων γνώσεων. Επομένως πρέπει να τη λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό μας.

Αν και στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μέρος της ερευνητικής μας προσπάθειας να διερευνήσουμε τη λειτουργική ενσωμάτωση τεχνικών ανίχνευσης, αξιοποίησης και αξιολόγησης από τους χώρους των Εικαστικών στη διδασκαλία θεμάτων από τις Φυσικές Επιστήμες, εντούτοις γίνεται φανερή η σημασία τους στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό του προγράμματος του νηπιαγωγείου, στα πλαίσια μιας διαφοροποιημένης παιδαγωγικής προσέγγισης.

Βιβλιογραφία

Κουζέλης, Γ. (1991). Από τον βιωματικό στον επιστημονικό κόσμο. Αθήνα: Κριτική.

Κουτσουβάνου, Ε. (1994/1996). Προγράμματα προσχολικής εκπαίδευσης των Camii & Devries, και των Copple, Sigel & Saunders. Στο Κουτσουβάνου, Ε. Η θεωρία του Piaget και παιδαγωγικές εφαρμογές στην προσχολική εκπαίδευση. Αθήνα.: Οδυσσέας.

Μαγουλιώτης, Α. (2002). Εικαστικές Δημιουργίες Ι μέσω της παρατήρησης. Αθήνα: Καστανιώτης.

Μαγουλιώτης, Α. (2007). Υλικά και τεχνικές μικροκατασκευών. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

Παπανδρέου, Μ. (2012). Η ανίχνευση των ιδεών των παιδιών στο νηπιαγωγείο για αντικείμενα που σχετίζονται με τον φυσικό κόσμο: τεχνικές και σημαντικές διαδικασίες. Ανακοίνωση στο 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Οι φυσικές Επιστήμες στο νηπιαγωγείο», 19-21 Οκτωβρίου 2012, Φλώρινα.

Τσιλιμένη, Τ. & Μαγουλιώτης, Α. (2011). Η εικαστική δημιουργία των νηπίων, ως μέσο ανάπτυξης της αφηγηματικής τους ικανότητας. Στα πρακτικά από το 4ο Διεθνές Συνέδριο «Τέχνες και Εκπαίδευση, Δημιουργικοί τρόποι εκμάθησης των γλωσσών». 4-8 Μαΐου 2011, Αθήνα.

Χρηστίδου, Β. (2011). Οι αντιλήψεις των παιδιών: Θεμελιώνοντας τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση. Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Υ.Π.ΔΒ.Μ, (2011), Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο, Απόφαση Αριθμ. 113713/Γ1, Έγκριση Προγράμματος Σπουδών του επιστημονικού πεδίου Προσχολική – Πρώτη Σχολική Ηλικία., ΦΕΚ 2483/4-11-2011, Τεύχος Β'.

Arnheim, R. (1999) Τέχνη και οπτική αντίληψη, η ψυχολογία της δημιουργικής όρασης. μτφ.Ιάκ. Ποταμιάνος. Αθήνα: Θεμέλιο.

Arnheim, R. (2007). Οπτική σκέψη, μτφρ. Ιάκ. Ποταμιάνος. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Christensen, L. (1975/2007). Η πειραματική μέθοδος στην επιστημονική έρευνα. Αθήνα: Παπαζήση.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. International Journal of. Science Education, 11 (5), 481 - 490.

Focillon, H. (1982). Η ζωή των μορφών, μτφρ. Α. Κούρια. Αθήνα: Νεφέλη.

Gardner, H. (2010). Frames of Mind. Η θεωρία των Πολλαπλών Τύπων Νοημοσύνης. μτφρ. Π. Γεωργίου, Αθήνα: Μαραθιά.

Gibson, J. J. (1979). The Ecological Approach to Visual Perception. Boston: Houghton Mifflin.

Gombrich, E. H. (1972). *Art and Illusion: A Study in the Psychology of Pictorial Representation* (4th edn), London: Phaidon Press.

Harlen, W. (1996). The teaching of science in primary schools. London: David Fulton Publishers.

Keogh, B. & Naylor, S (1996). Scientist and Primary Schools. Sandbach: Millgate House Publishers.

Malchiodi, A. C. (2009). Κατανοώντας τη ζωγραφική των παιδιών, μτφρ. Χρ. Ξενάκη, Λ. Παπαδοπούλου. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Salomon, G. (1996), Studying novel learning environments as patterns of change, In S. Vosniadou, E. De Corte, F. Glaser & H. Mandl (Eds.), International perspectives.

Sargent, W. (1987). Το χρώμα στη φύση και στην τέχνη, μτφ. Ε. Καλκάνη. Αθήνα: Κάλβος.

Wölfflin, H. (1992). Βασικές έννοιες της Ιστορίας της τέχνης. μτφρ. Φ. Κοκαβέσης. Αθήνα: Παρατηρητής.

Οι Φυσικές Επιστήμες και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνίας συνομιλούν για τον κύκλο ζωής της πεταλούδας.

Τσουκαλά Κικιλία
Εκπαιδευτικός ΠΕ60, Μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΠΤΠΕ, ΠΘ ktsoukala@sch.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία, αποτελεί διδακτική πρόταση που σκοπεύει στο συνδυασμό θεωρητικών αρχών από τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) και τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας κι Επικοινωνίας (ΤΠΕ), στο σχολικό πλαίσιο του νηπιαγωγείου και δύναται να εξεταστεί ερευνητικά ως μελέτη περίπτωσης. Υποστηρίζεται ότι η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία θεμάτων των ΦΕ, μπορεί να δημιουργήσει κοινό χώρο συνομιλίας, ειδικά στα πλαίσια της διαθεματικότητας που ευνοεί η προσχολική εκπαίδευση, αξιοποιώντας κατάλληλα ψηφιακά μέσα όπως εκπαιδευτικά λογισμικά ανοιχτού τύπου, λογισμικά εφαρμογών και το ψηφιακό παιχνίδι. Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση πραγματεύεται μέρος της διαθεματικής προσέγγισης του θέματος των ΦΕ «Ο κύκλος ζωής της πεταλούδας». Στο πλαίσιο της εφαρμοσμένης έρευνας σε επίπεδο μελέτης περίπτωσης, αποφασίστηκε ο σχεδιασμός και η παρουσίαση της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης, με τη μορφή εκπαιδευτικού σεναρίου. Η ουσιαστική αξιοποίηση εργαλείων των ΤΠΕ στην εκπαίδευση των ΦΕ είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία, η οποία απαιτεί χρόνο και συνεχή προσπάθεια.

Abstract

The current paper is a didactic approach aims at combining theoretical principles of Science Education (SE) and Information Technology and Communication (ICT) in kindergarten schools and may be considered as a case study research. It is argued that the use of ICT in SE, can create a conversational space, using appropriate digital tools such as open-ended educational software, software applications, and digital game, especially in disciplinary preschool education. This teaching proposal addresses part of the interdisciplinary approach in SE issue "The life cycle of a butterfly". An educational scenario was decided to plan and present in the context of a design research. The effective use of ICT tools in educating SE is a difficult and complicated process that will take time and sustained effort.

Εισαγωγή

Η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει ασχοληθεί με τον συνδυασμό Επιστήμης και Τεχνολογίας αρκετά χρόνια πριν και τον έχει ενσωματώσει σε αναλυτικά ή ερευνητικά προγράμματα διαφόρων χωρών, στις ΗΠΑ, τον Καναδά, την Αυστραλία και την Αγγλία. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, όπως πληροφορούμαστε από το EAITY (2011), και η Ευρωπαϊκή ένωση αναγνώρισε την ανάγκη ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και έθεσε σε εφαρμογή σχετικά διακρατικά προγράμματα, που ακόμη ισχύουν και υλοποιούνται σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες.

Στην Ελλάδα, στο νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (ΥΠΔΒΜΘ 2011), όπου περιέχονται σύγχρονα ερευνητικά και θεωρητικά δεδομένα για την ανάπτυξη και την εκπαίδευση των παιδιών της προσχολικής ηλικίας και συνδυάζονται με την ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα, αναφέρεται ρητά «η διεπιστημονική σχέση ΦΕ και ΤΠΕ» (ΥΠΔΒΜΘ 2011: 85).

Η παρούσα εργασία, αποτελεί διδακτική πρόταση που σκοπεύει στο συνδυασμό θεωρητικών αρχών από τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) και τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας κι Επικοινωνίας (ΤΠΕ), στο σχολικό πλαίσιο τάξης νηπιαγωγείου.

Η επιλογή και ο συνδυασμός αυτών των δύο γνωστικών αντικειμένων μοιάζει με πρόκληση στις επιστημολογικές καταβολές του. Οι ΦΕ αφορούν την γνωριμία του κόσμου μέσω των αισθήσεων. Οι ΤΠΕ αφορούν έναν κόσμο περισσότερο τεχνοκρατικό, πιο εικονικό χωρίς την εμπλοκή των αισθήσεων (εκτός των βασικών, όραση και ακοή). Τα παιδιά νηπιακής ηλικίας

στον βιωματικό τους κόσμο αυθόρμητα εξερευνούν τον κόσμο με τις αισθήσεις τους και ταυτόχρονα κατακλύζονται από τη δύναμη της εικόνας.

Αυτή η συνύπαρξη αισθήσεων και τεχνολογίας μπορεί να μεταφερθεί στο σχολικό πλαίσιο; Η προσχολική εκπαίδευση είναι ένα σχολικό πλαίσιο, μέσα στο οποίο μπορεί να είναι εφικτός και αποτελεσματικός ο συνδυασμός ΦΕ και ΤΠΕ; Ποια ψηφιακά μέσα είναι κατάλληλα ή αξιοποιούνται καλύτερα στη διδασκαλία θεμάτων των ΦΕ στις μικρές ηλικίες;

Στην παρούσα διδακτική πρόταση υποστηρίζεται ότι η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία θεμάτων των ΦΕ, μπορεί να δημιουργήσει κοινό χώρο συνύπαρξης αισθήσεων και τεχνολογίας, ειδικά στα πλαίσια της διαθεματικότητας που ευνοεί η προσχολική εκπαίδευση, αξιοποιώντας κατάλληλα ψηφιακά μέσα όπως εκπαιδευτικά λογισμικά ανοιχτού τύπου, λογισμικά εφαρμογών και το ψηφιακό παιχνίδι.

Θεωρητικό πλαίσιο

Οι σύγχρονες θεωρητικές βάσεις που υποστηρίζουν τη διεπιστημονική φύση ΦΕ και ΤΠΕ βρίσκονται σε επιστημολογικές παραδοχές σχετικά με τη φύση της επιστημονικής γνώσης που «δεν υπάρχει κάπου εκεί έξω», ως ένα σύνολο πληροφοριών ή γνώσεων για έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου, αλλά δίνουν έμφαση στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης και στη συγκρότηση της επιστημονικής σκέψης (Driver 1989). Η κυρίαρχη, τα τελευταία χρόνια, φιλοσοφία αντιμετωπίζει τις ΤΠΕ όχι ως μέσο υποστήριξης της μάθησης, μέσω της 'διδασκαλίας' των μαθητών, αλλά ως εργαλείο οικοδόμησης της γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές μαθαίνουν με τους υπολογιστές και όχι από τους υπολογιστές (Jonassen 2006). Έρευνες των Murphy, Beggs και Carlisle (2003) αναφέρουν ότι ο διερευνητικός τρόπος δουλειάς όταν τα παιδιά χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ στις ΦΕ, έχει αξιοσημείωτη θετική επίδραση στην επίδοσή τους. Επίσης ο Greenfield (2000), υποστήριξε ότι η εφαρμογή των ΤΠΕ στην ενασχόληση των παιδιών με τις φυσικές έννοιες, τους δημιουργεί ένα «δίκτυο» μοντέλων και στρατηγικών μάθησης. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται και η αξιοποίηση των ΤΠΕ ως γνωστικών εργαλείων, τα οποία παρέχουν στην εκπαίδευση των ΦΕ νέους τρόπους αναπαράστασης της επιστημονικής γνώσης, νέες μεθοδολογίες επίλυσης προβλημάτων και ευκαιρίες για ενεργητική, συνεργατική και εποικοδομιστική μάθηση (Jimoyiannis & Komis 2001, Webb 2005).

Στη διδακτική ΦΕ, οι ΤΠΕ μπορούν να αξιοποιηθούν στο χειρισμό αφηρημένων ιδεών και την εννοιολογική χαρτογράφησή τους, την οπτικοποίηση σύνθετων αλληλεπιδράσεων, την προσομοίωση φαινομένων, καθώς και στην άντληση πληροφοριών από το Διαδίκτυο (Amante 2007, Haugland & Wright 1997, Marsh et al. 2005), χρησιμοποιώντας αντίστοιχα λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης, οπτικοποίησης, προσομοίωσης και εφαρμογές. Η εννοιολογική χαρτογράφηση αποτελεί μια ειδική διαδικασία γραφικής αναπαράστασης, οργάνωσης, οικοδόμησης και επικοινωνίας εννοιών και των συσχετίσεων μεταξύ τους, η οποία συνιστά ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης για την περιοχή των ΦΕ (Novak 1990). Παράλληλα, τα λογισμικά προσομοίωσης και μοντελοποίησης βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης καταστάσεων ή συστημάτων του φυσικού, τεχνολογικού ή φανταστικού κόσμου. Είναι περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν, να μελετήσουν νόμους, να διαπιστώσουν συσχετίσεις με τον πραγματικό κόσμο, να κάνουν υποθέσεις και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα (Jimoyiannis & Komis 2001). Τέλος, το Διαδίκτυο έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν ένα ισχυρό μέσο υποστήριξης και ενίσχυσης της μάθησης στις ΦΕ: α) αποτελεί μία τεράστια πηγή πληροφοριών εύκολα προσβάσιμων, β) επιτρέπει την επικοινωνία και συνεργασία χωρίς χρονικούς ή γεωγραφικούς περιορισμούς, Αν και υπάρχουν σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα (για επισκόπηση ερευνών βλ. Νικολοπούλου 2009) για διάφορους τύπους εκπαιδευτικών λογισμικών που χρησιμοποιούνται στα νηπιαγωγεία, εντούτοις μόνο λίγα από αυτά αφορούν τις ΦΕ. Στα ελληνικά νηπιαγωγεία πρόσφατα άρχισαν να υλοποιούνται και ερευνητικά διδακτικές προτάσεις που συσχετίζουν ΦΕ και ΤΠΕ (Γώτη & Τζήμα, 2012, Νικολοπούλου, 2012).

Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση πραγματεύεται μέρος της διαθεματικής προσέγγισης του θέματος των ΦΕ «Ο κύκλος ζωής της πεταλούδας». Η διαθεματικότητα θεωρείται πια δεδομένη διότι «τα πραγματικά προβλήματα είναι διαθεματικά. Δεν υπάρχουν αμιγώς γλωσσικά, ιστορικά, πολιτικά, φυσικο-επιστημονικά ζητήματα στην πραγματική ζωή» (Χρηστίδου, 2011: 19). Τα παιδιά ενδιαφέρονται για τον φυσικό κόσμο που τα περιβάλλει, θέλουν να τον γνωρίσουν και να τον εξερευνήσουν. Τα έντομα είναι ένα προσφιλές θέμα που συνδέεται με τις καθημερινές εμπειρίες και γνώσεις τους. Ο κύκλος ζωής της πεταλούδας εμπεριέχει μια εντυπωσιακή και ασυνήθιστη μεταμόρφωση, που αποτελεί ένα σημαντικό θέμα στην εις βάθος διερεύνηση εννοιών του φυσικού κόσμου.

Σε σχετική έρευνα ο Shepardson (2002) σημειώνει ότι οι ιδέες των παιδιών σχετικά με τους κύκλους ζωής των εντόμων, στηρίζονται σε καθημερινές εμπειρίες τους με τις πεταλούδες και άλλα έντομα. Στην έρευνά του παρατηρήθηκε ότι παιδιά μικρών ηλικιών είχαν ημιτελή ή διαστρεβλωμένη κατανόηση (παρανόηση) για τον κύκλο ζωής της πεταλούδας, καθώς θεωρούσαν ότι αποτελείται από τρία στάδια: κάμπια, χρυσαλλίδα και ενήλικη πεταλούδα, παραλείποντας το αρχικό στάδιο (αυγό). Έρευνα των Samarapungavan, Mantzicopoulos και Patrick (2008) αναφέρει ότι η δυνατότητα που έχουν τα παιδιά κατά τη διάρκεια της μεταμόρφωσης να παρατηρήσουν τις εξωτερικές μορφολογικές και τις αλλαγές συμπεριφοράς που συμβαίνουν, τους δίνει ευκαιρίες να εξηγούν, να περιγράφουν, να αξιολογούν και να αναστοχάζονται καθώς εμπλουτίζουν τις ιδέες τους με παρατήρηση ενός αληθινού κύκλου ζωής. Στην έρευνά τους αξιοποιούν σε μεγάλο βαθμό την τεχνολογία, ώστε τα παιδιά να συγκεντρώσουν και να συνθέσουν τις απαραίτητες πληροφορίες και γνώσεις. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας γίνεται ακόμη ορατή σε πολύ πρόσφατη έρευνα των Tarng και Ou (2012), όπου η μελέτη του κύκλου ζωής της πεταλούδας γίνεται μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας.

Συνεπώς, παρατηρούμε ότι υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που μας δίνουν τη δυνατότητα να σκεφτούμε και να παρουσιάσουμε τη συνομιλία ΦΕ και ΤΠΕ γύρω από τον κύκλο ζωής της πεταλούδας, στο σχολικό πλαίσιο τάξης νηπιαγωγείου.

Μεθοδολογία ερευνητικής - διδακτικής πρότασης

Στο πλαίσιο της εφαρμοσμένης έρευνας σε επίπεδο μελέτης περίπτωσης στη σχολική πραγματικότητα, αποφασίστηκε ο σχεδιασμός και η παρουσίαση της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης, με τη μορφή εκπαιδευτικού σεναρίου. Ο διπλός ρόλος, που σύμφωνα με τους Cobb et al (2003) και Kelly (2003), έχει το εκπαιδευτικό σενάριο υποστηρίζει τόσο το διδακτικό όσο και το ερευνητικό σκέλος της πρότασής μας. Αφενός γιατί λειτουργεί ως σχέδιο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων αξιοποίησης της τεχνολογίας και αφετέρου, γιατί χρησιμοποιείται ως ερευνητικό εργαλείο, ώστε ο ερευνητής να μπορεί να συλλέξει όσο το δυνατόν περισσότερα και σαφέστερα ερευνητικά στοιχεία (Κυνηγός, 2006).

Ταυτότητα εκπαιδευτικού σεναρίου

Η παρούσα διδακτική πρόταση, εκπονείται στα μέσα της σχολικής χρονιάς και απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, για τα οποία «ο φυσικός και βιολογικός κόσμος αποτελεί πρωταρχική πηγή εμπειριών» (ΥΠΔΒΜΘ, ΑΠΣ 2011:81).

Η εκτιμώμενη διάρκεια του σεναρίου είναι έξι (6) διδακτικές ώρες. Κάθε δραστηριότητα που περιέχεται, όσον αφορά την εφαρμογή της στη γωνιά του υπολογιστή έχει διάρκεια περίπου είκοσι λεπτά κάθε φορά. Οι δραστηριότητες διεξάγονται μέσα στην τάξη, στην οποία έχει γίνει η κατάλληλη διαρρύθμιση του χώρου ώστε ο υπολογιστής να αποτελεί κομμάτι της καθημερινής ζωής των παιδιών (Haugland 2002, Papert 2001).

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά έχουν εγκατασταθεί στον Η/Υ της τάξης και έχει γίνει εξοικείωση των παιδιών με αυτά. Επίσης υπάρχει εγκατεστημένος ένας εκτυπωτής, ένα ζευγάρι ηχείων, διαθέσιμη σύνδεση με το Διαδίκτυο και ψηφιακή φωτογραφική μηχανή στη διάθεση της τάξης. Τα λογισμικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι τα ακόλουθα:

- Γενικής χρήσης – παρουσίασης: Power Point, ένα πολυμεσικό εργαλείο, που ενισχύει και αναπτύσσει τις γνωστικές δομές των παιδιών.
- Εννοιολογικής χαρτογράφησης: Kidspiration, που είναι κατάλληλο για την προσχολική ηλικία λόγω του εύκολου προαπαιτούμενου χειρισμού και του πολυτροπικού περιβάλλοντος δράσης.
- Μηχανές Αναζήτησης: για την ανεύρεση εικόνων, ψηφιακών βίντεο και άλλων πληροφοριών από ψηφιακές εγκυκλοπαίδειες κ.ά.

Η εκπαιδευτικός κατέχει τη χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών που θα χρησιμοποιήσει, κι έχει προετοιμάσει κατάλληλα το ηλεκτρονικό υλικό της. Επίσης, έχοντας επισημάνει τις ικανότητες και τις αδυναμίες των παιδιών στην επαφή τους με τον Η/Υ, έχει σχεδιάσει τη διαθεματική προσέγγιση ώστε να συμβάλλει στη διεύρυνση των εκπαιδευτικών ευκαιριών όλων των παιδιών. Ανιχνεύει τις πρότερες αντιλήψεις τους, διαπιστώνει παρανοήσεις ή ελλείψεις στις γνώσεις τους, αναδιαμορφώνει τις δραστηριότητες ανάλογα με τις ανάγκες των παιδιών Από μεταδότης γνώσεων γίνεται συντονιστής, οργανωτής, διευκολυντής και υποστηρικτής της μάθησης (Ράπτης και Ράπτη, 2006). Ενισχύει τη συνεργασία των μελών των ομάδων, την κριτική και μεταγνωστική σκέψη τους.

Τα παιδιά χωρίζονται σε ανομοιογενείς (ως προς το φύλο, την ηλικία, το μαθησιακό προφίλ, τον «τεχνολογικό γραμματισμό») ομάδες των 4 ατόμων. Κάθε ομάδα αναλαμβάνει ένα έργο το οποίο θα πρέπει να υλοποιήσει και να παρουσιάσει στην ολομέλεια της τάξης και στο άλλο τμήμα του νηπιαγωγείου. Οι ομάδες εναλλάσσονται ανά δύο στη χρήση του υπολογιστή. Παράλληλα, οι ομάδες που δε χρησιμοποιούν τον Η/Υ ασχολούνται με την επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν την υλοποίηση και παρουσίαση του ομαδικού έργου τους. Όταν κρίνεται σκόπιμο όλες οι ομάδες με την εκπαιδευτικό συνέρχονται ως ολομέλεια της τάξης.

Το διδακτικό σενάριο είναι συμβατό με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΥΠΔΒΜΘ, ΑΠΣ 2011), καθώς οι δραστηριότητες και το λογισμικό που χρησιμοποιείται παρέχουν ευκαιρίες στα παιδιά να διαχειριστούν και να αναπαραστήσουν πληροφορίες μέσω πολυτροπικών κειμένων, να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν, να αξιοποιήσουν και να εμπλουτίσουν προηγούμενες εμπειρίες τους, να αναπτύξουν δεξιότητες κριτικής, δημιουργικής σκέψης και μεταγνώσης, να αντιληφθούν τη σημασία της ψηφιακής τεχνολογίας.

<u>Διδακτικοί στόχοι εκπαιδευτικού σεναρίου</u>

Σκοπός του εκπαιδευτικού σεναρίου είναι η συλλογή, επεξεργασία, σύνθεση και αξιολόγηση από μέρους των παιδιών, πληροφοριών σχετικά με τον κύκλο ζωής της πεταλούδας, καθώς και η παρουσίαση της έρευνάς τους στην ολομέλεια της τάξης και στο άλλο τμήμα του νηπιαγωγείου. Η στοχοθεσία επιμερίζεται ως εξής: α) *Γνωστικοί* Στόχοι: στη Μελέτη Περιβάλλοντος – Φυσικές Επιστήμες: να περιγράφουν βασικές βιολογικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών (πεταλούδα), να αντιλαμβάνονται τις ανάγκες τους για επιβίωση, να διακρίνουν διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και να αντιληφθούν ότι ο κύκλος της ζωής περιλαμβάνει αλλαγές σε διάφορα χαρακτηριστικά, στη Γλώσσα, να συμμετέχουν σε συζητήσεις και να χρησιμοποιούν επιχειρηματολογία (Δρ.1-6), να εμπλουτίζουν και να βελτιώνουν τον προφορικό λόγο τους (Δρ.1-6), στην Πληροφορική, να εντοπίζουν γράμματα στο πληκτρολόγιο, κεφαλαία και πεζά (Δρ 3), να επιλέγουν με το «ποντίκι», να μεταφέρουν εικόνες, να αξιοποιήσουν το Διαδίκτυο (Δρ 2), τις ψηφιακές συσκευές (Δρ. 1-5), τις διαδικτυακές εφαρμογές (Δρ. 2,3,4) και τα εκπαιδευτικά λογισμικά (Δρ.1,3), *β)* Στόχοι *ως προς τη Μαθησιακή διαδικασία,* να κατανοήσουν την αξία της ομαδικής εργασίας και την ανακάλυψη μέσα από τη συνεργατική μάθηση, να αναπτύξουν μεταγνωστικές δεξιότητες και να αυτενεργήσουν (Δρ. 1-5), *γ)* Στόχοι *ως προς τη χρήση των ΤΠΕ*, να αποκτήσουν θετική στάση και άποψη για τον Η/Υ και τις ψηφιακές συσκευές και να αναπτύξουν δεξιότητες αξιοποίησης των ΤΠΕ ως εργαλείων για διερευνήσεις, αναζητήσεις, παραγωγές (Δρ. 1-5).

Μεθοδολογία υλοποίησης εκπαιδευτικού σεναρίου

Η ολομέλεια της τάξης στα πλαίσια ενασχόλησης με τη διαθεματική προσέγγιση «Ο κύκλος ζωής της πεταλούδας» συνέρχεται ώστε να συζητήσει το εξής πρόβλημα: «Η πεταλούδα κάνει αυγά? Μπορούμε να τα δούμε? Πώς?» Τα παιδιά δίνουν απαντήσεις, κάνουν υποθέσεις, μοιράζονται απόψεις και απορίες. Η εκπαιδευτικός προτείνει στα παιδιά να συγκροτήσουν ερευνητικές ομάδες που θα ασχοληθούν παράλληλα με το θέμα. Η εκπαιδευτικός παρουσιάζει στα παιδιά χρωματιστά χαρτόνια και κάθε παιδί γράφει το όνομά του στο χαρτόνι, δημιουργώντας ισομερείς ομάδες.

Δραστηριότητα 1: ανίχνευση πρότερων γνώσεων και αναπαραστάσεων

Στο λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης Kidspiration/New/Picture, κάθε ομάδα παιδιών δημιουργεί ιστόγραμμα όπου με εικόνες από τη βιβλιοθήκη εικόνων απεικονίζει τις αρχικές γνώσεις της σχετικά με το θέμα. Κάθε ομάδα δημιουργεί ηλεκτρονικό φάκελο με το όνομά της και αποθηκεύει τον εννοιολογικό χάρτη της. Τα παιδιά εκτυπώνουν τους χάρτες, τους παρουσιάζουν στην ολομέλεια και τους συγκρίνουν εντοπίζοντας ομοιότητες και διαφορές.

Δραστηριότητα 2: συλλογή δεδομένων

Κάθε ομάδα παιδιών επανέρχεται στο χάρτη της και πιθανολογεί από πού θα μπορούσε να βρει περισσότερες πληροφορίες για το θέμα. Η εκπαιδευτικός παροτρύνει τα παιδιά να αποφασίσουν πού (μηχανή αναζήτησης, ψηφιακή εγκυκλοπαίδεια, ψηφιακή βιβλιοθήκη) και τι (εικόνες, βίντεο) θα ψάξουν. Κάθε ομάδα καθώς συγκεντρώνει τα δεδομένα της τα αποθηκεύει στο φάκελό της.

Δραστηριότητα 3: διατύπωση υποθέσεων – επινόηση πιθανών λύσεων

Η εκπαιδευτικός παρουσιάζει στην ολομέλεια λογισμικό προσομοίωσης με κινούμενα σχέδια που περιγράφει τον κύκλο ζωής της πεταλούδας , και βρίσκεται στον ιστότοπο:

http://www.youtube.com/watch?v=zxB-G2ItHGo&feature=related

Κατά τη διάρκεια, η εκπαιδευτικός σταματά και τα παιδιά πιθανολογούν τη συνέχεια, αναφέροντας γνώσεις που έχουν αποκομίσει. Στη συνέχεια όλα τα παιδιά ζωγραφίζουν συμβατικά σε εικόνες με χρονική ακολουθία ότι είδαν και δημιουργούν το ατομικό Βιβλίο του Ερευνητή Πεταλούδας.

Δραστηριότητα 4: έλεγχος λύσεων – εξαγωγή συμπερασμάτων

Στο λογισμικό Kidspiration, η εκπαιδευτικός δημιουργεί κατάλληλο περιβάλλον ακολουθώντας τη διαδρομή Activities/Science/Simple Cycle, για τον κύκλο ζωής της πεταλούδας. Εκεί κάθε παιδί ατομικά συμπληρώνει τον κύκλο με τις κατάλληλες εικόνες από τη βιβλιοθήκη και προσθέτει και τις αντίστοιχες του σταδίου λέξεις. Μπορεί να ανατρέχει στο ατομικό Βιβλίο του Ερευνητή Πεταλούδας.

Δραστηριότητα 5: Κι ένα παιχνίδι για το τέλος! - Αξιολόγηση

Η εκπαιδευτικός παρουσιάζει στα παιδιά ψηφιακό παιχνίδι, το οποίο βρίσκεται στον ιστότοπο: *http://www.sheppardsoftware.com/scienceforkids/life_cycle/butterfly_lifecycle.htm*

Κάθε παιδί παίζει ατομικά και μαζεύει βαθμούς ανάλογα με τις σωστές επιλογές. Νικήτρια η ομάδα με τους περισσότερους βαθμούς ή νικητές όλοι!!!!!!!!!!

Δραστηριότητα 6: κι αφού όλα τα βρήκα, θα τα παρουσιάσω, κοίτα!

Κάθε ομάδα παιδιών ανατρέχει στον ηλεκτρονικό φάκελό της για να επεξεργαστεί και να αξιολογήσει τις πληροφορίες και το υλικό που έχει συλλέξει. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού οι ομάδες εμπλουτίζουν την παρουσίαση, προσθέτουν μουσική από σχετικά τραγούδια, δημιουργώντας έτσι τελική παρουσίαση Power Point.

Οι μικροί Ερευνητές της Πεταλούδας παρουσιάζουν στην ολομέλεια και το άλλο τμήμα του νηπιαγωγείου την έρευνά τους!!!

Επεκτάσεις:

Στο λογισμικό RNA φτιάχνουν πεταλούδες, αξιοποιώντας τον κάθετο άξονα συμμετρίας.
Δραματοποιούν τον κύκλο ζωής της πεταλούδας, βιντεοσκοπούν τη δραματοποίηση.
Κατασκευάζουν επιτραπέζιο παιχνίδι, συνθέτοντας τις εικόνες που έχουν βρει.

Μοντελοποιούν με πλαστελίνη τον κύκλο ζωής της πεταλούδας

Αξιολόγηση εκπαιδευτικού σεναρίου

Η ολομέλεια της τάξης, μέσα από αναστοχαστικές διαδικασίες, αξιολογεί όλη την πορεία του εκπαιδευτικού σεναρίου. Επιπρόσθετα η εκπαιδευτικός τη συσχετίζει με τους στόχους, την καταλληλότητα των διδακτικών στρατηγικών, την προστιθέμενη αξία των Τ.Π.Ε. σχετικά με την ανάπτυξη αντίστοιχων ικανοτήτων στα παιδιά, το ενδιαφέρον και το είδος συμμετοχής των παιδιών καθώς και την προβλεπόμενη διάρκεια (ΕΑΙΤΥ 2011).

Η αξιολόγηση ως προς τις φυσικές επιστήμες από την πλευρά των εκπαιδευτικών δεν αφορά μόνο τις γνωστικές κατακτήσεις των παιδιών αλλά και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν για την προσέγγιση εννοιών και φαινομένων. Η ενεργητική συμμετοχή των παιδιών στις δραστηριότητες και στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου που απαιτούνται, αποτελεί ένδειξη θετικής επίδρασης του εκπαιδευτικού σεναρίου. Μια ακόμη διάσταση της αξιολόγησης αφορά την εφαρμογή από τα παιδιά των νέων γνώσεων που αποκτούν σε διαφορετικά πλαίσια καθώς και τη διεύρυνση της σκέψης και δράσης τους (ΥΠΔΒΜΘ, 2011).Επίσης, ως προς τις ΤΠΕ η αξιολόγηση θα πρέπει να δίνει έμφαση στην αξιολόγηση του μαθησιακού αποτελέσματος, που μπορεί να πετύχει η εκπαιδευτικός με τη χρήση του λογισμικού ως εργαλείου, παράλληλα με άλλα υλικά, εργαλεία και μέσα, στο συνολικό μαθησιακό περιβάλλον της τάξης. Τέλος, η αυτοαξιολόγηση εκπαιδευτικού, παιδιών καθώς και η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού σεναρίου, θα λειτουργήσει ανατροφοδοτικά προς όλους τους εμπλεκόμενους και την εκπαιδευτική διαδικασία.

Συζήτηση, συμπεράσματα και προτάσεις

Η αφετηρία στη μεθοδολογία υλοποίησης του εκπαιδευτικού σεναρίου έλαβε υπόψη της τα ερευνητικά δεδομένα του Shepardon (2002) σχετικά με τις παρανοήσεις των παιδιών για τον κύκλο ζωής της πεταλούδας. Εντούτοις, στην αξιοποίηση της τεχνολογίας, όπως προτείνουν οι Samarapungavan et al (2008) στη συγκέντρωση και σύνθεση πληροφοριών και νέων γνώσεων ίσως θα ήταν σκόπιμο να χρησιμοποιήσουμε υλικό από τον κύκλο ζωής της πεταλούδας σε πραγματικό φυσικό περιβάλλον και όχι σε κινούμενα σχέδια.

Παράλληλα, η προσπάθεια για οικοδόμηση επιστημονικής σκέψης από τα παιδιά ήταν παρούσα σε όλη την πορεία εξέλιξης του εκπαιδευτικού σεναρίου, αφορώντας στην ανίχνευση πρότερων γνώσεων, τη συλλογή δεδομένων, τη διατύπωση υποθέσεων και την επινόηση πιθανών λύσεων, τον έλεγχο λύσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με το θέμα (Χρηστίδου 2011).

Στη διδακτική προσέγγιση που προτάθηκε οι ΤΠΕ παρείχαν νέους τρόπους αναπαράστασης της επιστημονικής γνώσης (Webb 2005) μέσα από το ψηφιακό παιχνίδι, το λογισμικό προσομοίωσης με τα κινούμενα σχέδια, τις εννοιολογικές χαρτογραφήσεις (Amante 2007, Haugland & Wright 1997, Novak 1990). Έτσι, τα παιδιά θα οικοδομούσαν γνώση με τους υπολογιστές (Jonassen 2006), αφού δημιουργούν εννοιολογικές συνδέσεις, συλλέγουν δεδομένα και εξάγουν συμπεράσματα. Θα ανέπτυσσαν στρατηγικές μάθησης (Greenfield 2000) που σχετίζονται με τη διαδικαστική γνώση του μαθαίνω πώς να μαθαίνω, στοιχείο χρήσιμο για να βελτιώσουν την επίδοσή τους (Murphy et al. 2003) και να αυτορυθμίσουν τη μάθησή τους αργότερα.

Το εκπαιδευτικό σενάριο που αναπτύχθηκε ήταν εργαλείο συλλογής στοιχείων σχετικά με τη συσχέτιση ΦΕ και ΤΠΕ, και διδακτικού αναστοχασμού σχετικά με τις δραστηριότητες που υλοποιήθηκαν. Οι Jimoyiannis και Komis (2001), υποστηρίζουν ότι το κλειδί για την προσπάθεια είναι η αλλαγή των παιδαγωγικών αντιλήψεων και η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών της πράξης, ώστε να χρησιμοποιούν στρατηγικές που ευνοούν την ενεργητική συμμετοχή, τη διερευνητική και συνεργατική εργασία, την κριτική σκέψη και τον αναστοχασμό, μέσα από μαθησιακές δραστηριότητες βασισμένες στις ΤΠΕ. Τα εκπαιδευτικά σενάρια, όπως το παραπάνω, παρέχουν στους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να πειραματιστούν και να ενσωματώσουν νέες εκπαιδευτικές στρατηγικές στο διδακτικό σχεδιασμό τους. Η ουσιαστική

αξιοποίηση εργαλείων των ΤΠΕ στην εκπαίδευση των ΦΕ είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία, η οποία απαιτεί χρόνο και συνεχή προσπάθεια.

Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι το προτεινόμενο εκπαιδευτικό σενάριο δεν έχει ακόμη αξιολογηθεί στην πράξη, συνεπώς δεν μπορεί παρά να αποτελεί και να θεωρηθεί μια μελέτη περίπτωσης, που συνιστά πρόταση προς ερευνητική εφαρμογή.

Ο συνδυασμός θεωρητικών αρχών από τις ΦΕ και τις ΤΠΕ, προκειμένου να παρουσιαστεί μια διδακτική πρόταση για το νηπιαγωγείο, ήταν ο πρωταρχικός σκοπός της παρούσας εργασίας.

Η ανάδειξη της αξιοποίησης των δυνατοτήτων εφαρμογής των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ, ήταν το τελικό ζητούμενο. Η συνομιλία ΦΕ και ΤΠΕ είναι σχεδόν σίγουρο πως θα συνεχιστεί στο μέλλον, η πεταλούδα μας απλώς θα μπορούσε να είναι ένα θέμα στη συζήτησή τους.

Βιβλιογραφία

Γώτη, Ε. & Τζήμα Α. (2012). Η εκπαίδευση των νηπίων στις φυσικές επιστήμες με την αξιοποίηση των ΤΠΕ: Παίζοντας με τις σκιές. Ανακοίνωση στο 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Οι φυσικές Επιστήμες στο νηπιαγωγείο», 19-21 Οκτωβρίου 2012, Φλώρινα.

ΕΑΙΤΥ (2011). Επιμορφωτικό Υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κ.Σ.Ε. – Τεύχος 1: Γενικό Μέρος και τεύχος 2β: Ειδικό Μέρος – Κλάδοι ΠΕ 60, Πάτρα.

Κυνηγός, Χ. (2006). Σενάρια: σχέδια μαθησιακών δραστηριοτήτων με ψηφιακές τεχνολογίες. Στο Κυνηγός, Χ. Το μάθημα της Διερεύνησης. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Νικολοπούλου, Κ. (2009). Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Προσχολική Εκπαίδευση: Ένταξη, χρήση και αξιοποίηση. Αθήνα: Πατάκης.

Νικολοπούλου, Κ. (2012). Χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών σε τάξεις νηπιαγωγείων: αποτελέσματα από μελέτες περίπτωσης. Στο Χ. Καραγιαννίδης, Π. Πολίτης & Η. Καρασαββίδης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Τεχνολογίες της Πληροφορίας & Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2012

Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (2006). Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας, ολική προσέγγιση, τ.: Α΄, Αθήνα: Εκδόσεις Αρ. Ράπτης.

Χρηστίδου, Β. (2011). Οι αντιλήψεις των παιδιών: Θεμελιώνοντας τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση. Βόλος: Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Amante, L. (2007). The ICT at elementary school and kindergarten.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. International Journal of. Science Education, 11 (5), 481 - 490.

Harlen, W., (1996). The teaching of science in primary schools. London: David Fulton Publishers

Haugland, S.W., Wright, J. L. (1997). Young children and technology-Aworld of discovery. Boston: Allyn and Bacon.

Jimoyiannis A. & Komis V. (2001). Computer simulations in teaching and learning physics: a case study concerning students' understanding of trajectory motion, Computers & Education, 36, 183-204.

Jonassen D. H. (2006). Modeling with Technology. Mindtools for Conceptual Change, NJ: Pearson Prentice Hall.

Keogh, B., Naylor, S (1996). Scientist and primary schools. Sandbach: Millgate House Publishers.

Murphy. C, Beggs, J., Carlisle, K (2003). Students as 'catalysts' in the classroom: the impact of co-teaching between science student teachers and primary classroom teachers on children's enjoyment and learning of science. International Journal of Science Education.

Novak J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools for science and mathematics education, Instructional Science, 19, 29-52.

Samarapungavan, A., Mantzicopoulos, P., Patrick H. (2008). Learning science through inquiry in kindergarten. Science Education, 92, 868-908.

Shepardson, D. (2002). Bugs, butterflies, and spiders: Children's understandings about insects, International Journal of Science Education, 24:6, 627-643

Tarng, W., Ou, K. L. (2012). A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning. In Proceedings 2012 17th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, WMUTE 2012, 62-66.

Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning implications for an integrated pedagogy, International Journal of Science Education, 27(6), 705-735.

Συνεδρία 11: Αντιλήψεις , Στάσεις και Πρακτικές Εκπαιδευτικών

Στάσεις εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο

Στύλος Γεώργιος -1, Κώτσης Κων/νος-2
1- ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, gstylos@cc.uoi.gr
2- ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.g

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης του Νομού Ιωαννίνων σχετικά με τις στάσεις τους για το γνωστικό αντικείμενο και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι οι πλειοψηφία των εκπαιδευτικών έχει θετικές στάσεις για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής και σε διάφορες παραμέτρους όπως η αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών και το πείραμα, τονίζοντας παράλληλα την ανάγκη για επιμόρφωση και καλύτερη προετοιμασία του μαθήματος εκ μέρους τους.

Εισαγωγή

Σ' ότι αφορά τις στάσεις προς τις επιστήμες ο Gardner (1975a) όρισε τη στάση σαν μια επίκτητη προδιάθεση που αξιολογεί με ορισμένους τρόπους αντικείμενα, ανθρώπους, δράσεις, καταστάσεις ή προτάσεις που εμπλέκονται στη μάθηση των επιστημών. Η στάση προς τις επιστήμες περιλαμβάνει ένα αντικείμενο στάσης όπως η επιστήμη, τα μαθήματα των επιστημών, την εργασία στο εργαστήριο κ.α. (Schibeci 1983). Οι Koballa και Crawley (1985) και Koballa και Glynn (2007) πρότειναν πως οι στάσεις προς τις επιστήμες μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα επίκτητο και διαρκές θετικό ή αρνητικό συναίσθημα για τις επιστήμες το οποίο χρησιμεύει σαν μια κατάλληλη περίληψη μιας ευρείας ποικιλίας πεποιθήσεων για τις επιστήμες και δήλωσαν πως είναι σημαντικές διότι επιτρέπουν την πρόβλεψη των συμπεριφορών που έχουν σχέση με τις επιστήμες. Δηλώσεις όπως «μου αρέσουν οι επιστήμες» ή «μισώ τις επιστήμες» θεωρούνται ως εκφράσεις των στάσεων προς τις επιστήμες διότι υποδηλώνουν ένα γενικό ή αρνητικό συναίσθημα προς τη μελέτη των επιστημών ή τις επιστήμες (Koballa και Crawley 1985). Σύμφωνα με τον Koballa (1988) και άλλους ερευνητές τα χαρακτηριστικά των στάσεων είναι τρία: οι στάσεις μαθαίνονται (Koballa, 1988), οι στάσεις είναι επίμονες με την πάροδο του χρόνου (Hill et al. 1995, Koballa 1988, Reid 2006) και οι στάσεις και η συμπεριφορά συσχετίζονται (Koballa 1988, Shrigley 1990). Ένα τέταρτο χαρακτηριστικό είναι πως η στάση αποτελεί μια λειτουργία των προσωπικών πεποιθήσεων (Ajzen 1988, Zint 2002). Με βάση το τρισδιάστατο μοντέλο των Rosenberg & Hovland (1960), οι Eagly και Chaiken (1993) βλέπουν το συναισθηματικό, το γνωστικό και το συμπεριφορικό στοιχείο ως παράγοντες που καθορίζουν τις στάσεις (Δηλαδή ως διεργασίες μέσω των οποίων διαμορφώνονται οι στάσεις) ή συνέπειες των στάσεων (Δηλαδή, ως αντιδράσεις που προκαλούν οι στάσεις) (Κοκκινάκη 2005). Η Χαλκιά (1995) από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρατήρησε πως οι στάσεις ενός ατόμου επηρεάζονται από τα πιστεύω του (πεποιθήσεις) και συνδέονται με τα συναισθήματα του. Αυτά τα συναισθήματα αυτά είναι επίκτητα (έχουν διαμορφωθεί υπό την επίδραση πεποιθήσεων που έχει αποκτήσει το άτομο ως προς ορισμένες καταστάσεις, γεγονότα, ιδέες, πρόσωπα και στοιχεία του περιβάλλοντος του), είναι σταθερά και διαρκούν μεγάλα χρονικά διαστήματα και δημιουργούν μια προδιάθεση στο άτομο, ώστε να δρα με έναν ορισμένο τρόπο σε ιδέες, γεγονότα, καταστάσεις και στοιχεία του περιβάλλοντος του. Επομένως, οι στάσεις επιδρούν στις συμπεριφορές του και έχουν, συνεπώς, άμεσο αντίκτυπο στην εκπαιδευτική πρακτική, εφόσον το σχολείο και τα αντικείμενα που διαπραγματεύεται, αποτελούν ζωντανά και ερεθιστικά στοιχεία του περιβάλλοντος του παιδιού. Πολλοί από τους εκπαιδευτικούς έχουν

αρνητικές εμπειρίες της επιστήμης από όταν ήταν οι ίδιοι μαθητές, και κατά συνέπεια έχουν αναπτύξει αρνητική στάση προς αυτήν (Mulholland & Wallace 1996, Tosun 2000). Τυπικά έχουν φτωχή επιστημονική γνώση (Stevens & Wenner 1996, Lloyd et al. 1998, Trundle et al. 2002) και έλλειψη εμπιστοσύνης στην ικανότητα να διδάξουν το μάθημα των επιστημών (Tosun 2000, Palmer 2001, Van Zee et al. 2003, Appleton 2003, 2006, Nilsson 2008, 2009,). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επίδραση της χαμηλής εμπιστοσύνης μπορεί να είναι τόσο ακραία που οι εκπαιδευτικοί Π.Ε. αξιοποιούν παραδοσιακές προσεγγίσεις περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τους μαθητές να αποκτήσουν σημαντικό επιστημονικό εγγραμματισμό, αναβάλλουν συνεχώς ή ακόμη και να αποφεύγουν εντελώς τη διδασκαλία των επιστημών και δεν αξιοποιούν τις διδακτικές προσεγγίσεις που προβλέπονται από τα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα (Appleton 2002, Appleton & Kindt 1999, 2002, Weiss et al. 2003, Bencze & Upton 2006). Στόχοι της παρούσης έρευνας είναι να διερευνηθούν οι στάσεις των εκπαιδευτικών για το μάθημα, το γνωστικό αντικείμενο και τη διδασκαλία της Φυσικής, για παραμέτρους όπως το πείραμα, την επιμόρφωση και τη χρήση των νέων τεχνολογιών καθώς και τη σπουδαιότητα που έχει η Φυσική για τους μαθητές.

Η έρευνα

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν διδάξει το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» τα τελευταία πέντε χρόνια. Οι λόγοι για τους οποίους επιλέξαμε τα τελευταία πέντε χρόνια ήταν αφενός να έχουν διδάξει το μάθημα με τα καινούρια βιβλία και αφετέρου να έχουν πρόσφατες τις εμπειρίες τους από τη διδασκαλία τους. Το δείγμα της έρευνας μας αποτελείται από 256 εκπαιδευτικούς του νομού Ιωαννίνων (το σύνολο των εκπαιδευτικών που υπηρέτησαν στα σχολεία το σχολικό έτος 2010-2011 ήταν περίπου 920 εκπαιδευτικοί). Το 54% του δείγματος είναι άντρες και το 46% γυναίκες, ο μέσος όρος των χρόνων υπηρεσίας και διδασκαλίας του μαθήματος των Φ.Ε. είναι τα 16 και 7 χρόνια, αντίστοιχα. Το ερωτηματολόγιο που αποτέλεσε το μέσο συλλογής των δεδομένων διερευνά τις στάσεις των εκπαιδευτικών για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής και αποτελείται από 26 Δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1=Διαφωνώ πολύ, 2=Διαφωνώ, 3=Ουδέτερος, 4=Συμφωνώ, 5=Συμφωνώ πολύ). Οι στάσεις δεν αποτελούνται από μία μοναδική ενιαία δομή, αλλά από ένα μεγάλο αριθμό υποκατασκευών, οι οποίες όλες μαζί συμβάλλουν σε διάφορα ποσοστά στις στάσεις ενός ατόμου προς τις Επιστήμες (Menis 1989, Ajzen 2001, Osborne et al. 2003, Schwarz 2008, Desy et al. 2009) όπως στάσεις για το μάθημα και το πείραμα, αισθήματα ανασφάλειας και φόβου, αξία και χρησιμότητα της Φυσικής, παρώθηση κ.λπ. Οι Δηλώσεις 2,3,5,6 και 26 αξιοποιήθηκαν από το αντίστοιχο εργαλείο μέτρησης στάσεων της Χαλκιά (1995) με πολύ μικρές τροποποιήσεις και οι υπόλοιπες από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και την προσωπική εμπειρία. Ο συντελεστής αξιοπιστίας Cronbach κυμαίνεται στο 0,90. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2010-2011. Η μέθοδος συλλογής των δεδομένων ήταν η απλή τυχαία δειγματοληψία και συγκεντρώθηκαν ερωτηματολόγια από το σύνολο, σχεδόν, των σχολείων του νομού. Η περιγραφική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS 18.0.

Αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας

Για καλύτερη παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων οι Δηλώσεις ομαδοποιήθηκαν σε 5 κατηγορίες ανάλογα με το αντικείμενο στο οποίο αναφέρονται (π.χ. Δηλώσεις που σχετίζονται με το πείραμα, την αξία και τη χρησιμότητα της Φυσικής που έχει για τους μαθητές κ.λπ.) και παρουσιάζονται παρακάτω:

Στάσεις των εκπαιδευτικών για το πείραμα (Πίνακας 1)

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών (Πίνακας 1), οι μισοί περίπου (49%) δεν φοβούνται την αποτυχία του πειράματος όταν το πραγματοποιούν (Δήλωση 7). Αντίθετη εικόνα παρουσιάζει ένας στους τέσσερις (24,7%). Το ποσοστό των ουδέτερων κυμαίνεται και αυτό σε υψηλά ποσοστά (26,3%).

Στη συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (82,9%) αρέσει η πραγματοποίηση των πειραμάτων, με μόλις 14,3% και 2,8% να Δηλώνουν ουδέτεροι και να μην τους αρέσει να κάνουν πειράματα αντίστοιχα Δήλωση 9).

Η κατανομή των απαντήσεων στην Δήλωση 17 μας δείχνει πως ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς (32,8%) χρειάζεται να πραγματοποιήσει αρκετές φορές τα πειράματα μόνος του πριν τα εφαρμόσει στην τάξη. Αντίθετα το 44,7% δεν τα πραγματοποιεί αρκετές φορές ή και καθόλου. Το 22,5% Δηλώνει ουδέτερο.

Η θετική στάση των εκπαιδευτικών στην εκτέλεση των πειραμάτων αναδεικνύεται στην Δήλωση 18. Το 72,9% των εκπαιδευτικών Δηλώνει πως θα πραγματοποιούσε και άλλα πειράματα Φυσικής εάν διέθετε περισσότερο διδακτικό χρόνο. Οι υπόλοιποι (27,1%) Δηλώνουν ουδέτεροι ή διαφωνούν με την πραγματοποίηση και άλλων πειραμάτων.

Πίνακας 1: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για το πείραμα

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1**	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα **5**
Δήλ. 7: Κάθε φορά που πραγματοποιώ ένα πείραμα, φοβάμαι αν δεν πετύχει	14,5	34,5	26,3	23,1	1,6
Δήλ. 9: Μου αρέσει να κάνω πειράματα	0	2,8	14,3	50	32,9
Δήλ. 17: Χρειάζομαι να πραγματοποιήσω αρκετές φορές τα πειράματα μόνος μου για να τα εφαρμόσω στη διδακτική πράξη	7,9	36,8	22,5	29,6	3,2
Δήλ. 18: Αν είχα περισσότερο διδακτικό χρόνο, θα πραγματοποιούσα και άλλα πειράματα Φυσικής	1,2	7,5	18,4	54,5	18,4

Στάσεις για το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής (Πίνακας 2)

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, 8 στους 10 περίπου, έχει θετικές στάσεις για τη διδασκαλία της Φυσικής (Δήλωση 1). Επίσης, από τις κατανομές των απαντήσεων στις Δηλώσεις 2, 10 και 23 ενισχύεται η παραπάνω στάση για τη Φυσική, αφού η διδασκαλία της δεν τους «κουράζει» περισσότερο σε σχέση με τα άλλα μαθήματα σε ποσοστό 76%, αποτελεί ένα μάθημα που δεν το ξεχωρίζουν σε σχέση με τα υπόλοιπα μαθήματα σε ποσοστό 86,4% και σε ποσοστό 79,4% δεν θα το απέφευγαν εάν είχαν τη δυνατότητα επιλογής.

Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί το κατατάσσουν στα αγαπημένα τους μαθήματα σε ποσοστό 60%. Οι υπόλοιποι, το 27,3% και 12,7%, παρουσιάζονται ουδέτεροι και διαφωνούν αντίστοιχα (Δήλωση 13).

Πίνακας 2: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για τις στάσεις τους για το μάθημα της Φυσικής

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1**	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα **5** (%)
Δήλ. 1: Μου αρέσει να διδάσκω Φυσική	0,4	2,4	18,4	52,5	26,3
Δήλ. 2: Από τα μαθήματα που έχω την δυνατότητα να διδάξω με «κουράζει» περισσότερο η Φυσική	28,2	47,8	14,9	6,7	2,4
Δήλ. 10: Μου αρέσει να διδάσκω όλα τα μαθήματα εκτός της Φυσικής	42,6	43,8	7,6	4,4	1,6

Δήλ. 23: Εάν είχα τη δυνατότητα επιλογής, δεν θα δίδασκα Φυσική	39,1	40,3	13,4	5,5	1,6
Δήλ. 13: Η Φυσική είναι ένα από τα αγαπημένα μου μαθήματα	2,8	9,9	27,3	45,1	15

Αξία και χρησιμότητα της Φυσικής (Πίνακας 3)

Οι κατανομές των απαντήσεων των εκπαιδευτικών για τις Δηλώσεις 20, 21 και 22 αποτυπώνουν υψηλά ποσοστά συμφωνίας 91%. 82,8% και 86,6% αντίστοιχα για δεξιότητες που μπορούν να αναπτύξουν οι μαθητές μέσα από τη διδασκαλία της Φυσικής. Δεξιότητες που αφορούν την ανάπτυξη της συνεργατικότητας, της ομαδικότητας καθώς και του επιστημονικού και κριτικού τρόπου σκέψης των μαθητών.

Πίνακας 3: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για την αξία και χρησιμότητα της Φυσικής

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1** (%)	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα **5** (%)
Δήλ. 20: Με τη διδασκαλία τη Φυσικής μπορεί να αναπτυχθεί η συνεργατικότητα και η ομαδικότητα των μαθητών	0,4	1,2	7,5	55,3	35,7
Δήλ.21: Η Φυσική, περισσότερο από τα άλλα μαθήματα, μπορεί να μάθει στα παιδιά τον επιστημονικό τρόπο σκέψης	0,4	5,9	11	55,3	27,5
Δήλ.22: Η διδασκαλία της Φυσικής διευρύνει τους ορίζοντες των μαθητών και τους καλλιεργεί την κριτική σκέψη	0,8	1,6	11	59,8	26,8

Γνώσεις των εκπαιδευτικών ως προς το περιεχόμενο (Πίνακας 4)

Η κατανομή των απαντήσεων της Δήλωσης 3 σε σχέση με την ανασφάλεια που νιώθουν οι εκπαιδευτικοί για έννοιες που δεν κατανοούν πλήρως ή αγνοούν, το 73% δεν νιώθει ανασφάλεια, ενώ οι υπόλοιποι είτε είναι ουδέτεροι σε ποσοστό 14,9% είτε νιώθουν ανασφάλεια σε ποσοστό 12,2%.

Στην Δήλωση 26, το 80%, περίπου, των εκπαιδευτικών κατανοεί τη Φυσική έτσι ώστε να μπορεί να διδάσκει τις έννοιες και τα φαινόμενα της Φυσικής με απλό τρόπο. Οι υπόλοιποι εμφανίζονται ή ουδέτεροι (14,1%) ή σε πολύ μικρότερο ποσοστό (6%) να μην διδάσκουν τη Φυσική με απλό και κατανοητό τρόπο.

Σε πολύ μικρό ποσοστό (5,5%), οι εκπαιδευτικοί παρακάμπτουν ή προσπερνούν γρήγορα ενότητες πάνω στις οποίες οι γνώσεις τους είναι ανεπαρκείς. Η μεγάλη πλειοψηφία, το 85,5%, δεν παρακάμπτει ή προσπερνά τις ενότητες της Φυσικής εφόσον και αν αισθάνεται ότι οι γνώσεις τους είναι ανεπαρκείς (Δήλωση 6). Το υπόλοιπο 9% Δηλώνει ουδέτερο και το 5,5% συμφωνεί.

Σε ότι αφορά τη συσχέτιση των εννοιών της Φυσικής με τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής του μαθητή, η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (87,8%) δεν δυσκολεύεται στην παραπάνω συσχέτιση (Δήλωση 16). Ελάχιστοι (μόλις το 4%) δεν μπορούν να συσχετίσουν και το 8,3% εμφανίζεται ουδέτερο.

Στο ίδιο μήκος κύματος κυμαίνονται και οι απαντήσεις της κατανομής της Δήλωσης 11. Το 76,8% των εκπαιδευτικών δεν αισθάνεται ανασφαλές ως προς τον τρόπο που θα διδάξει τις έννοιες της Φυσικής. Οι ουδέτεροι αποτελούν το 15,7% και το 7,5% εκείνοι που αισθάνονται ανασφαλείς.

Η κατανομή των απαντήσεων στην Δήλωση 12 εμφανίζει το 73,9% των εκπαιδευτικών να είναι ευχαριστημένο από τη διδασκαλία του και τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζει τις έννοιες της Φυσικής. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξεως του 20,9% παρουσιάζεται ουδέτερο και μόλις το 5,1% είναι δυσαρεστημένο από τη διδασκαλία του.

Πίνακας 4: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για τις γνώσεις ως προς το περιεχόμενο του μαθήματος της Φυσικής

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1** (%)	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα **5** (%)
Δήλ. 3: Όταν διδάσκω Φυσική αισθάνομαι ανασφαλής, επειδή υπάρχουν έννοιες που δεν τις έχω κατανοήσει πλήρως ή τις αγνοώ	20,8	52,2	14,9	12,2	0
Δήλ. 26: Δεν έχω κατανοήσει τη Φυσική σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μπορώ να διδάσκω με απλό τρόπο τις έννοιες και τα φαινόμενα	22,1	57	14,1	6	0,8
Δήλ. 6: Όποτε αισθάνομαι ότι οι γνώσεις μου για να διδάξω ορισμένα θέματα Φυσικής δεν είναι επαρκείς, προτιμώ να τα παρακάμπτω ή να τα προσπερνώ γρήγορα	29,8	55,7	9	5,5	0
Δήλ. 16: Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής δυσκολεύομαι να συσχετίσω τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής με έννοιες της Φυσικής	26,9	60,9	8,5	4	0
Δήλ. 11: Όταν κάνω Φυσική αισθάνομαι ανασφαλής, επειδή δε γνωρίζω τον τρόπο να διδάξω αποτελεσματικά τις έννοιες της Φυσικής	23,1	53,7	15,7	6,7	0,8
Δήλ. 12: Είμαι ευχαριστημένος από τη διδασκαλία στη τάξη μου και τον τρόπο που προσεγγίζω τις έννοιες της Φυσικής	0,4	4,7	20,9	64	9,9

Στάσεις για τη μέθοδο διδασκαλίας (Πίνακας 5)

Σε ότι αφορά τη μέθοδο διδασκαλίας αλλά και του τρόπου με τον οποίο προσεγγίζονται οι έννοιες της Φυσικής από τα σχολικά εγχειρίδια και με βάση τις κατανομές στις Δηλώσεις 4 και 25, το 40% περίπου των εκπαιδευτικών εμφανίζεται ουδέτερο, το 20% έχει αρνητικές στάσεις και το υπόλοιπο 40% θετικές.

Πίνακας 5: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για τη μέθοδο διδασκαλίας

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1** (%)	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα **5** (%)
Δήλ. 4: Δεν μου αρέσει η μέθοδος διδασκαλίας που προτείνουν τα σχολικά βιβλία για τις ενότητες της Φυσικής	4,3	34,4	40,7	17	3,6

Δήλ. 25: Δεν μου αρέσει ο τρόπος με τον οποίο το βιβλίο και το τετράδιο εργασιών των Φυσικών Επιστημών προσεγγίζουν τις έννοιες της Φυσικής	5,2	39,3	38,5	15,5	1,6

Διάφορες Δηλώσεις (Πίνακας 6)

Η επιμόρφωση για αποτελεσματικότερη διδασκαλία της Φυσικής κρίνεται απαραίτητη από τους μισούς και πλέον εκπαιδευτικούς (58,7%). Το 22,6% Δηλώνει ουδέτερο και το υπόλοιπο 20% περίπου ότι δεν χρειάζεται επιμόρφωση (Δήλωση 19).

Με βάση την κατανομή των απαντήσεων της Δήλωση 15 η ελλιπής προετοιμασία ευθύνεται στη μη «σωστή» διδασκαλία του μαθήματος για το 52% των εκπαιδευτικών. Το ποσοστό των ουδέτερων κυμαίνεται στο 14,2%, ενώ εκείνοι που δεν αποδίδουν τη μη «σωστή» διδασκαλία της Φυσικής στην ελλιπή προετοιμασία αποτελούν το 33,9%.

Πίνακας 6: Οι Δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για διάφορες πτυχές της διδασκαλίας της Φυσικής

Παρακαλώ κυκλώστε τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό που συμφωνείτε, διαφωνείτε ή είστε ουδέτερος σε κάθε μία από τις παρακάτω δηλώσεις:	Διαφωνώ Απόλυτα **1** (%)	Διαφωνώ **2** (%)	Ουδέτερος **3** (%)	Συμφωνώ **4** (%)	Συμφωνώ Απόλυτα
Δήλ. 19: Χρειάζομαι να επιμορφωθώ για να διδάξω με αποτελεσματικότητα τις έννοιες της Φυσικής	3,2	15,5	22,6	45,6	13,1
Δήλ. 15: Η ελλιπής προετοιμασία για το μάθημα της Φυσικής έχει σαν αποτέλεσμα να μην διδάσκω «σωστά» το μάθημα	7,9	26	14,2	43,7	8,3
Δήλ. 14: Μου είναι δύσκολο να εφαρμόσω νέες μεθόδους διδασκαλίας στη Φυσική	12,6	45,5	28,1	12,6	1,2
Δήλ. 5: Για να εφαρμόσω νέες μεθόδους διδασκαλίας της Φυσικής θα διέθετα ευχαρίστως κάποιες ώρες από τον ελεύθερο χρόνο μου για να προετοιμάζομαι	1,6	5,1	19,6	56,9	16,9
Δήλ. 8: Μου αρέσει να χρησιμοποιώ τις Νέες Τεχνολογίες στη διδασκαλία της Φυσικής	1,6	3,2	24,8	52	18,4
Δήλ. 24: Δυσκολεύομαι να διδάξω τη Φυσική με αποτελεσματικότητα	22,4	55,9	18,1	2,8	0,4

Σε ότι αφορά την εφαρμογή νέων μεθόδων διδασκαλίας (Δήλωση 14), έξι στους δέκα εκπαιδευτικούς δεν δυσκολεύονται στην εφαρμογή τους, ένας στους τρεις εμφανίζεται ουδέτερος και ένας στους εννιά δυσκολεύεται να τις εφαρμόσει. Στην ίδια κατεύθυνση (Δήλωση 15), το 73,8% των εκπαιδευτικών θα διέθετε κάποιες ώρες από το χρόνο του για να προετοιμαστεί σε νέες μεθόδους διδασκαλίας. Οι υπόλοιποι εμφανίζονται είτε ουδέτεροι σε ποσοστό 19,6% ή απρόθυμοι να διαθέσουν χρόνο σε ποσοστό 6,7%.

Με βάση την κατανομή των απαντήσεων της Δήλωσης 8, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί (70,4%) έχουν θετικές στάσεις για τη χρήση των Ν.Τ., ενώ ένας στους τέσσερις ουδέτερες. Πολύ λίγοι (4,8%) έχουν αρνητική στάση.

Επίσης, το 78,3% δεν δυσκολεύεται να διδάξει τη Φυσική με αποτελεσματικότητα. Ενώ, το 18,1% και 3,2% παρουσιάζεται ουδέτερο και συμφωνεί αντίστοιχα (Δήλωση 24).

Συμπεράσματα:

Η μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών έχει θετικές στάσεις για τη διδασκαλία της Φυσικής, δεν θα την απέφευγαν εάν είχαν τη δυνατότητα επιλογής και δεν τους «κουράζει» η

διδασκαλία της. Περισσότεροι από τους μισούς το θεωρούν ως ένα από τα αγαπημένα τους μαθήματα.

Γενικά, οι εκπαιδευτικοί έχουν θετική στάση στην πραγματοποίηση των πειραμάτων κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής (Παρασκευάς και Τσίρος 2011) και αν είχαν περισσότερο διδακτικό χρόνο θα πραγματοποιούσαν και άλλα πειράματα αναγνωρίζοντας πιθανότατα τη σπουδαιότητα που έχουν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Κώτσης και Μπασιάκος 2009, Χαλκιά 1999). Ένας στους τέσσερις αισθάνονται ανασφάλεια κάθε φορά που πραγματοποιούν πειράματα μπροστά στον κίνδυνο αποτυχίας τους (Κουμαράς 2002) και ένας στους τρεις τα πραγματοποιούν αρκετές φορές μόνοι τους πριν τα εφαρμόσουν στη τάξη.

Η αξία και η χρησιμότητα που έχει η διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής για τους μαθητές αναγνωρίζεται από το σύνολο σχεδόν των εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα, η διδασκαλία της Φυσικής αναπτύσσει δεξιότητες σχετικές με τον επιστημονικό και κριτικό τρόπο σκέψης των μαθητών καθώς και δεξιότητες που αφορούν την ομαδικότητα και συνεργατικότητα.

Σε ότι αφορά τη διδακτική μεθοδολογία που προτείνεται από τα σχολικά εγχειρίδια, λιγότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς εμφανίζονται να έχουν θετικές στάσεις (ΙΠΕΜ- ΔΟΕ 2009), ενώ αρκετά υψηλό είναι και το ποσοστό εκείνων που εκφράζουν μια ουδετερότητα.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εμφανίζονται να έχουν κατανοήσει τις βασικές έννοιες της Φυσικής έτσι ώστε να μπορούν να διδάσκουν με απλό τρόπο, να μην αισθάνονται ανασφαλείς και να μπορούν να τις συσχετίζουν με καθημερινά φαινόμενα.

Σε μεγάλο ποσοστό (περίπου 75%) είναι ικανοποιημένοι από τον τρόπο διδασκαλία τους, δεν αισθάνονται ανασφαλείς και γενικά δεν δυσκολεύονται να διδάξουν με αποτελεσματικότητα. Παρόλα αυτά οι περισσότεροι από τους μισούς θεωρούν πως πρέπει να επιμορφωθούν και να προετοιμάζονται καλύτερα έτσι ώστε να μπορέσουν να διδάξουν το μάθημα αποτελεσματικότερα και «σωστά».

Οι μισοί και πλέον εκπαιδευτικοί δεν δυσκολεύονται στην εφαρμογή νέων μεθόδων διδασκαλίας και οι περισσότεροι θα διέθεταν προσωπικό χρόνο για την προετοιμασία νέων μεθόδων. Θετικές τέλος είναι οι στάσεις τους στη χρήση των Νέων Τεχνολογιών (Μικρόπουλος 2000).

Παρόλο που οι περισσότεροι δεν αισθάνονται ανασφαλείς και είναι ικανοποιημένοι από τις γνώσεις τους ως προς το περιεχόμενο και τη διδακτική μεθοδολογία σε βαθμό που να Δηλώνουν αποτελεσματικοί στη διδασκαλία τους, κρίνουν απαραίτητα τόσο την επιμόρφωση όσο και την καλύτερη προετοιμασία για να διδάξουν «σωστά» το μάθημα της Φυσικής.

Επίσης, δεν μπορεί να παραβλεφθεί πως ένα αρκετά σημαντικό μέρος των εκπαιδευτικών παρουσιάζεται ανασφαλές στην πραγματοποίηση των πειραμάτων και εκφράζει μια ουδετερότητα ως προς το πόσο ασφαλείς νιώθουν για τις δυνατότητες τους στα πλαίσια της διδακτικής μεθοδολογίας αλλά και του τρόπου με τον οποίο προσεγγίζονται οι έννοιες της Φυσικής από τα σχολικά εγχειρίδια.

Οι θετικές στάσεις της πλειοψηφίας των εκπαιδευτικών για το γνωστικό αντικείμενο, το μάθημα και τη διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική βάση πάνω στην οποία μπορεί να στηριχτεί η μελλοντική επαγγελματική τους εξέλιξη, αφού θα είναι θετικοί να εμπλακούν σε οποιαδήποτε ενέργεια (επιμορφώσεις, σεμινάρια, αφιέρωση προσωπικού χρόνου) που μπορεί να τους βελτιώσει στη διδασκαλία της Φυσικής.

Αφορμή για προβληματισμό, τέλος, μπορεί να αποτελέσει το γεγονός για το ποιες μπορεί να ήταν οι στάσεις εκπαιδευτικών που έχουν διδάξει ελάχιστα ή και καθόλου το μάθημα των Φυσικών Επιστημών σε σχέση με τις στάσεις των εκπαιδευτικών της παρούσης έρευνας.

Βιβλιογραφία:

ΙΠΕΜ-ΔΟΕ (2009). Νέα Σχολικά Βιβλία: Εμπειρίες Εκπαιδευτικών, Συνοπτικό τεύχος με τα ευρήματα της έρευνας του ΙΠΕΜ για τα νέα σχολικά βιβλία, Επιμέλεια: Εμβαλωτής Αν. http://www.doe.gr/1nea/books19102009.pdf, 07/02/2013.

Κοκκινάκη, Φ. (2005). Κοινωνική Ψυχολογία: Εισαγωγή στη Μελέτη της Κοινωνικής Συμπεριφοράς. Gutenberg, Τυπωθήτω, Αθήνα.

Κουμαράς, Π. (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο. σελ. 480-485.

Κώτσης, Κ., & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών». Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, Φλώρινα.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2002), Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες, στο Α. Μαργετουσάκη, Π. Μιχαηλίδης (επ.) Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 371-376, Αθήνα: ΙΩΝ

Παρασκευάς, Π., & Τσίρος Χ., (2011). Αντιλήψεις, στάσεις και απόψεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το πείραμα στη διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Μελέτη περίπτωσης, *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σελ. 571 - 579.*

Χαλκιά, Κρ. (1995). Οι Έλληνες εκπαιδευτικοί της Α'/θμιας και της Β'/θμιας εκπαίδευσης απέναντι στο μάθημα της φυσικής. Διερεύνηση των απόψεων και των στάσεων των Ελλήνων εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσική, μελέτη των συνεπειών τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και διατύπωση σχετικών προτάσεων. Διδακτορική διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χαλκιά, Κρ. (1999). Στάσεις Ελλήνων Εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσηςως προς το μάθημα της Φυσικής. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 106, 47-56.

Ajzen, I. (1988). Attitudes, personality, and behavior. Chicago: Dorsey.

Ajzen, I. (2001). Nature and operation of attitudes. Annual Review of Psychology, 52, 27 – 58.

Anderson, A. M., Dragsted, S., Evans, R. H., και Sørensen, H. (2000). The relationship between changes in teachers' self-efficacy beliefs and the science teaching environment of Danish firstyear elementary teachers. Journal of Science Teacher Education, 15, 25–38.

Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary teachers. Research in Science Education, 32, 393–410.

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. Journal of Science Teacher Education, 13, 43–61.

Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. Research in Science Education, 33, 1–25.

Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. In K. Appleton (Ed.), Elementary science teacher education (pp. 31–54). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Bencze, L., & Upton, L. (2006). Being your own role model for improving self-efficacy: An elementary teacher self-actualizes through drama-based science teaching, Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 6:3, 207-226.

Desy, E., Peterson, S., and Brockman, V. (2009). Attitudes and Interests Among University Students in Introductory Nonmajor Science Courses: Does Gender Matter? College Science Teaching, 39, no2.

Hill G., Atwater, M., και Wiggins, J. (1995). Attitudes toward science of urban seventh grade life science students over time, and the relationship to future plans, family, teacher, curriculum, and school. Urban Education, 30, 71–92.

Gardner, P. L. (1975a). Attitudes to science: A review. Studies in Science Education, 2, 1–41.

Koballa, T. R., & Crawley, F. E. (1985). The influence of attitude on science teaching and learning. School Science and Mathematics, 85, 222–232.

Koballa, T.R. Jr. (1988). Attitudes and related concepts in science education. Science Education, 72, 115–126.

Koballa, T. R., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 75–102). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lloyd, J. K., Smith, R. G., Fay, C. L., Khang, G. N., Wah, L. L. K., & Sai, C. L. (1998). Subject knowledge for science teaching at primary level: A comparison of preservice teachers in England and Singapore. International Journal of Science Education, 20, 521–532.

Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. Research in Science & Technological Education, Vol. 24, No. 1, May 2006, pp. 3–27.

Menis, J. (1989). Attitudes towards school, chemistry and science among upper secondary chemistry students in the United States. Research in Science and Technological Education, 7, 183–190.

Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding — The complex nature of PCK in pre-service teacher education. International Journal of Science Education, 30, 1281–1299.

Nilsson, P. (2009). From lesson plan to new comprehension: Exploring student teachers' pedagogical reasoning in learning about teaching. European Journal of Teacher Education, 32, 239–258.

Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitude towards science: A review of the literature and its implications. International Journal of Science Education 25, no. 9: 1049–79.

Palmer, D. H. (2001). Factors contributing to attitude exchange amongst preservice elementary teachers. Science Education, 86, 122–138.

Schibeci, R. A. (1983). Selecting appropriate attitudinal objectives for school science. Science Education, 67, 595–603.

Schwarz, N. (2008). Attitude measurement. In W. Crano & R. Prislin (Eds.), Attitudes and attitude change (pp. 41 – 60). Philadelphia: Psychology Press.

Shrigley, R. (1990). Attitudes and behavior are correlates. Journal of Research in Science Teaching, 27, 97–113.

Stevens, C., & Wenner, G. (1996). Elementary preservice teachers' knowledge and beliefs regarding science and mathematics. School Science and Mathematics, 96, 2–9.

Schwarz, N. (2008). Attitude measurement. In W. Crano & R. Prislin (Eds.), Attitudes and attitude change (pp. 41 – 60). Philadelphia: Psychology Press.

Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers towards science and science teaching. School Science and Mathematics, 100, 374–379.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. Journal of Research in Science Teaching, 39, 633–658.

Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R., & Heck, D. J. (2003). Inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States. Chapel Hill, NC: Horizon Research.

Van Zee, E., Lay, D., & Roberts, D. (2003). Fostering collaborative inquiries by prospective and practicing elementary and middle school teachers. Science Education, 87, 588–612.

Zint, M. (2002). Comparing three attitude-behavior theories for predicting science teachers' intention. Journal of Research in Science Volume 39, Issue 9, pages 819–844, DOI: 10.1002/tea.10047.

Αξιολόγηση του σχολικού εγχειριδίου της Γεωγραφίας Ε΄ δημοτικού: Η άποψη των μαθητών

Παρασκευάς Θ. Παρασκευάς
Σχολικός Σύμβουλος 6ης Εκπαιδευτικής Περιφέρειας Π.Ε. Ν. Σερρών, pparaskeya@sch.gr

Περίληψη

Η έρευνα αυτή επιχειρεί να διαπιστώσει εάν το διδακτικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας Ε΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου συμβάλλει στη βελτίωση του διδακτικού έργου, μέσα από την καταγραφή της άποψης των μαθητών για το συγκεκριμένο εγχειρίδιο, που χρησιμοποιείται από τους ίδιους και τους εκπαιδευτικούς. Για το σκοπό αυτό ρωτήθηκαν 558 μαθητές Ε΄ τάξης Δημοτικού (285 κορίτσια και 273 αγόρια). Ως εργαλείο συλλογής των στοιχείων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε επιτόπου. Από την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων συμπεραίνεται ότι έχουν θετική άποψη για το συγκεκριμένο εγχειρίδιο, τουλάχιστον για όσα στοιχεία τους ζητήθηκε, εκτός από την ποσότητα της ύλης που περιλαμβάνει κάτι το οποίο απαιτεί αρκετό χρόνο από την πλευρά τους για την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των θεμάτων του.

Abstract

The aim of this research is to find out whether Geography Textbook for the 5th class of elementary school contributes to the improvement of instruction, by registrating the opinion of the pupils about this particular

Textbook, which is used by themselves and their teachers. For this purpose 558 pupils of the 5th class of elementary school (285 girls and 273 boys). A questionnaire which had to be filled in on the spot was used as tool to collect the research's data. From the analysis and interpretation of the data can be concluded that the pupils have a positive opinion about the particular Textbook, at least concerning the data on which they were questioned, except for the quantity of the material which it includes, something that requires enough time on their behalf in order to compete the elaboration of it's topics.

Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσης εμπειρικής έρευνας αποτελεί η καταγραφή και μελέτη της άποψης των μαθητών Ε΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου για το διδακτικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας με τη μέθοδο της επισκόπησης. Το εγχειρίδιο με το τίτλο «Μαθαίνω την Ελλάδα» χρησιμοποιείται τόσο από τους μαθητές όσο και από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδακτική διαδικασία.

Μέσα από την εξακρίβωση της άποψης των μαθητών, επιχειρείται και η αξιολόγησή του από τους ίδιους τους μαθητές, τα ίδια τα υποκείμενα δηλαδή της μαθησιακής διαδικασίας. Μια αξιολόγηση, η οποία ενδιαφέρεται για την ανάδειξη των στοιχείων εκείνων του διδακτικού εγχειριδίου (μορφή, περιεχόμενο, δομή κλπ.), τα οποία βοηθούν τους μαθητές στην καθημερινή τους εργασία.

Ερευνητικά δεδομένα και διαπιστώσεις (Καψάλης & Θεοδώρου 2002) δείχνουν ότι το σχολικό εγχειρίδιο παίζει σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση της επικοινωνίας ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και στους μαθητές καθώς και στην ανάπτυξη των διαπροσωπικών σχέσεων μέσα στην τάξη. Κυρίως όμως αποτελεί το κατ' εξοχήν μέσο διδασκαλίας και καθορίζει πολλές φορές αποφασιστικά το περιεχόμενο της σχολικής γνώσης, τις διδακτικές δραστηριότητες που αναπτύσσει ο εκπαιδευτικός καθώς και τις μαθησιακές δραστηριότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές (Ματσαγγούρας, 2006).

Έρευνα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τα σχολικά 2010-11 και 2011-12 σε 16 δημοτικά σχολεία αστικών περιοχών (Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη, Κοζάνη, Αγρίνιο, Βόλο, Σάμο) και συνολικά έλαβαν μέρος και συνολικά έλαβαν μέρος 558 μαθητές της Ε΄ τάξης (285 κορίτσια και 273 αγόρια).

Για τη συλλογή των πληροφοριών χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο, το οποίο περιελάμβανε 37 ερωτήσεις κλειστού τύπου, επιλέγοντας οι μαθητές/τριες κάθε φορά την απάντηση που εξέφραζε καλύτερα τη γνώμη των παιδιών από τον κατάλογο των εναλλακτικών απαντήσεων, καθώς και 2 ερωτήσεις ανοικτού τύπου για να γράψουν τι τους άρεσε και τι όχι περισσότερο από το βιβλίο.

Τα ιδιαίτερα ερωτήματα στα οποία επιχειρήθηκε να δοθεί απάντηση αφορούν τη γνώμη των μαθητών/τριών για: α) το μάθημα της Γεωγραφίας, β) τη γενική μορφή (εμφάνιση, ανθεκτικότητα, πρακτικότητα χρήσης) του σχολικού εγχειριδίου, γ) το περιεχόμενο, δ) την τυπογραφική αναγνωσιμότητα και γλωσσική διατύπωση, ε) τις ερωτήσεις-δραστηριότητες, ε) τις σχέσεις ανάμεσα στη Γεωγραφία και στα άλλα γνωστικά αντικείμενα του σχολικού προγράμματος, στ) την εικονογράφηση και τα συνοδευτικά κείμενα, ζ) τη δομή του βιβλίου και τέλος, η) τι αρέσει και τι δεν αρέσει περισσότερο στο βιβλίο.

Αποτελέσματα

Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών χρησιμοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική. Συνάρτηση του φύλου ήταν μόνον οι απαντήσεις της ερώτησης 3.

Α. «Φύλο και Γεωγραφία ως γνωστικό αντικείμενο του προγράμματος» (ερ. 1, 2, 3)

Από το σύνολο του δείγματος των 558 μαθητών και μαθητριών το 49% (273 παιδιά) ήταν αγόρια και το 51% (285 παιδιά) ήταν κορίτσια.

Στο ερώτημα κατά πόσο αρέσει το μάθημα της Γεωγραφίας η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντούν θετικά: 75% θετικές απαντήσεις (32% «πολύ» + 43% «αρκετά») και 25% αρνητικές απαντήσεις (19% «λίγο» + 6% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο θεωρούν εύκολο το μάθημα της Γεωγραφίας η πλειονότητα των παιδιών απάντησε θετικά: 78% θετικές απαντήσεις (31% «πολύ» + 47% «αρκετά») και 22% αρνητικές απαντήσεις (21% «λίγο» + 1% «καθόλου»).

Οι απαντήσεις είναι συνάρτηση του φύλου των παιδιών αφού «εύκολο» και «αρκετά εύκολο» θεωρεί το μάθημα της Γεωγραφίας το 82% των κοριτσιών έναντι 72% των αγοριών.

Β. «Γενική μορφή του βιβλίου» (ερ. 4, 5, 6)

Αναφορικά με την εμφάνιση του βιβλίου το 81% εκφράζει θετική γνώμη (37% «πολύ καλή» + 44% «καλή»), το 14% τη θεωρεί μέτρια, το 3% τη θεωρεί άσχημη ενώ για ένα 2% είναι αδιάφορη.

Για το μέγεθος του βιβλίου εκφράζεται θετικά το 83% (41% «πολύ» + 42% «αρκετά»), το 15% απαντά ότι είναι «λίγο» ικανοποιητικό ενώ το 2% απαντά «καθόλου».

Για την ανθεκτικότητα του βιβλίου οι θετικές γνώμες της πλειονότητας των μαθητών/τριών υπερβαίνουν τις αρνητικές, συγκεντρώνοντας το 61% (25% «πολύ» + 36% «αρκετά») και 39% (27% «λίγο» + 12% «καθόλου).

Γ. «Περιεχόμενα του βιβλίου» (ερ. 7, 8, 9)

Η πλειονότητα των μαθητών/τριών θεωρεί ότι τα θέματα που περιέχει το βιβλίο είναι αρκετά έως πολλά σε ποσοστό 87% (38% «πολλά» + 49% «αρκετά») ενώ το 13 % θεωρεί ότι είναι λίγα έως ελάχιστα (8% «λίγα» + 5% «ελάχιστα»).

Η γνώμη της πλειονότητας των μαθητών/τριών για την παράμετρο που αφορά στο αν τα θέματα του βιβλίου ανταποκρίνονται στα ενδιαφέροντά τους, είναι θετική: 80% θετικές γνώμες (41% «πολύ» + 39% «αρκετά») και 20% αρνητικές (15% «λίγο» + 5% «καθόλου»).

Οι μαθητές/τριες θεωρούν ότι οι γνώσεις που προσφέρει το βιβλίο θα τους είναι χρήσιμες στη ζωή τους: 95% θετικές γνώμες (66% «πολύ» + 29% «αρκετά») και 5% αρνητικές γνώμες (4% «λίγο» + 1% «καθόλου»).

Δ. «Χρήση και άλλων βιβλίων εκτός του σχολικού» (ερ. 10)

Από τις απαντήσεις των μαθητών/τριών, φαίνεται ότι χρησιμοποιούν και άλλα βιβλία με

γεωγραφικό περιεχόμενο, εκτός από το σχολικό εγχειρίδιο, για περισσότερες πληροφορίες σε ποσοστό 19% (6% «πάντα» + 13% «πολλές φορές»), «μερικές φορές» χρησιμοποιεί το 47% ενώ το 34% δεν χρησιμοποιεί «ποτέ».

Ε. «Οι ενότητες του βιβλίου» (ερ. 11, 12, 13)

Αναφορικά με τις ενότητες που περιλαμβάνει το βιβλίο οι μαθητές/τριες θεωρούν ως δυσκολότερη την ενότητα *Δ. Ελληνισμός εκτός συνόρων* σε ποσοστό 39%, την *Γ. Το ανθρωπογενές περιβάλλον της Ελλάδας* σε ποσοστό 20%, την *Α. Οι χάρτες. Ένα εργαλείο για τη μελέτη του* κόσμου σε ποσοστό 19%, την *Β. Το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδας* σε ποσοστό 15% ενώ ένα ποσοστό 7% τις θεωρεί όλες δύσκολες.

Απαραίτητες τις θεωρούν οι μαθητές/τριες όλες τις ενότητες σε ποσοστό 69%, την *Δ. Ελληνισμός εκτός συνόρων* με ποσοστό 10%, την *Α. Οι χάρτες. Ένα εργαλείο για τη μελέτη του κόσμου* με ποσοστό 9%, την *Β. Το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδας* με ποσοστό 5%, την *Γ. Το ανθρωπογενές περιβάλλον της Ελλάδας* με ποσοστό 4% ενώ ένα ποσοστό 4% δεν θεωρεί καμία απαραίτητη.

Αναφορικά με την παράμετρο για το ποια ενότητα θεωρούν περισσότερο ενδιαφέρουσα το 38% των μαθητών/τριών τις θεωρεί όλες, το 28% την *Β. Το φυσικό περιβάλλον της Ελλάδας*, το 18% την *Α. Οι χάρτες. Ένα εργαλείο για τη μελέτη του κόσμου*, το 10% την *Γ. Το ανθρωπογενές περιβάλλον της Ελλάδας* και το 4% την *Δ. Ελληνισμός εκτός συνόρων*. Ένα ποσοστό 2% δεν θεωρεί καμία ενότητα ενδιαφέρουσα.

ΣΤ. «Γλωσσική και τυπογραφική αναγνωσιμότητα» (ερ. 14, 15, 16, 17)

Στο ερώτημα αν τα κείμενα του βιβλίου είναι κατανοητά οι μαθητές/τριες απαντούν θετικά σε ποσοστό 85% (36% «πολύ» + 49% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 15% (13% «λίγο» + 2% «καθόλου»).

Στο ερώτημα αν διαβάζουν άνετα τα γράμματα και τους αριθμούς του βιβλίου η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά σε ποσοστό 93% (70% «πολύ» + 23% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 7% (6% «λίγο» + 1% «καθόλου»).

Στο ερώτημα αν θεωρούν τα κείμενα του βιβλίου πυκνογραμμένα η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά αρνητικά σε ποσοστό 79% (33% «λίγο» + 46% «καθόλου») και θετικά σε ποσοστό 21% (5% «πολύ» + 16% «αρκετά»).

Στο ερώτημα αν θεωρούν ότι οι έγχρωμες και έντονα γραμμένες λέξεις τους/τις βοηθούν να ξεχωρίζουν τα σημαντικότερα σημεία του μαθήματος η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντούν θετικά σε ποσοστό 86% (60% «πολύ» + 26% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 14% (9% «λίγο» + 5% «καθόλου»).

Ζ. «Ερωτήσεις – Δραστηριότητες – Εργασίες» (ερ. 18 – 23)

Στο ερώτημα κατά πόσο εύκολες θεωρούν τις ερωτήσεις, τις δραστηριότητες και τις εργασίες του βιβλίου η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά σε ποσοστό 85% (22% «πολύ εύκολες» + 63% «εύκολες») και αρνητικά σε ποσοστό 15% (14% «δύσκολες» + 1% «πολύ δύσκολες»).

Στο ερώτημα κατά πόσο τους βοηθούν να κατανοήσουν καλύτερα το μάθημα η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά σε ποσοστό 73% (31% «πολύ» + 42% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 27% (20% «λίγο» + 7% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο εύκολα μπορούν να απαντήσουν με βάση τις γνώσεις και τις πληροφορίες που δίνει το βιβλίο η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά σε ποσοστό 81% (35% «πολύ» + 46% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 19% (17% «λίγο» + 2% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο συνεργάζονται με τους/τις συμμαθητές/τριες για να απαντήσουν το 42% απαντά θετικά (13% «πάντα» + 29% «αρκετές φορές») και αρνητικά απαντά το 58% (44% «λίγες φορές» + 14% «ποτέ»).

Στο ερώτημα κατά πόσο στο Τ.Ε. υπάρχει χώρος για να απαντήσουν το 60% απαντά θετικά (21% «πολύς» + 39% «αρκετός») και το 40% απαντά αρνητικά (30% «λίγος» + 10% «καθόλου»).

Στο ερώτημα τέλος κατά πόσο αρέσουν οι δραστηριότητες που προτείνουν εύρεση

πληροφοριών και από άλλες πηγές (διαδίκτυο, εγκυκλοπαίδεια, άλλα βιβλία ή περιοδικά) η πλειονότητα απαντά θετικά σε ποσοστό 77% (47% «πολύ» + 30% «αρκετά») και αρνητικά σε ποσοστό 23% (13% «λίγο» + 10% «καθόλου»).

Η. «Σχέση της Γεωγραφίας με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα – Διαθεματικότητα» (ερ. 24, 25)

Στο ερώτημα ατά πόσο τα θέματα του βιβλίου σχετίζονται με τα υπόλοιπα μαθήματα του προγράμματος η πλειονότητα των μαθητών απαντά θετικά με 78% (ΝΑΙ), αρνητικά με ποσοστό 8% (ΟΧΙ) και «ΔΕΝ ΞΕΡΩ» με ποσοστό 14%.

Όλα τα μαθήματα κατά τη γνώμη των μαθητών/τριών συνδέονται με τη Γεωγραφία, με την Ιστορία να καταλαμβάνει την πρώτη θέση με 291 επιλογές και ακολουθούν η Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή (203), τα Μαθηματικά (184), η Φυσική (157) κλπ.

Θ. «Χάρτης – Εικόνες – Σκίτσα – Φωτογραφίες – Διαγράμματα» (ερ. 26 - 29)

Στο ερώτημα κατά πόσο οι πληροφορίες που δίνουν οι χάρτες βοηθούν στο να γίνεται κατανοητό το μάθημα, η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 79% (41% «πολύ» + 38% «αρκετά»). Αρνητικά εκφράζεται το 21% (17% «λίγο» + 4% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο βρίσκουν τις εικόνες του βιβλίου ενδιαφέροντες, η πλειονότητα των μαθητών/τριών εκφράζεται θετικά: 79% (41% «πολύ» + 38% «αρκετά»). Αρνητικά εκφράζεται το 21% (17% «λίγο» + 4% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο οι εικόνες του βιβλίου συνδέονται κατάλληλα (ταιριάζουν) με το μάθημα η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 88% (50% «πολύ» + 38% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 12% (11% «λίγο» + 1% «καθόλου).

Στο ερώτημα κατά πόσο οι εικόνες, τα σκίτσα και οι χάρτες του βιβλίου βοηθούν στο να γίνεται κατανοητό το μάθημα, η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 82% (35% «πολύ» + 47% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 18% (15% «λίγο» + 3% «καθόλου»).

Ι. «Συνοδευτικά κείμενα ενοτήτων» (ερ. 30 – 35)

Στο ερώτημα κατά πόσο θεωρούν σημαντικό να υπάρχει σε κάθε μάθημα το «Γεωγραφικό Γλωσσάρι», η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 86% (64% «πολύ» + 22% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 14% (10% «λίγο» + 4% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο βοηθάει το «Γεωγραφικό Γλωσσάρι» στο να γίνεται εύκολα κατανοητό το μάθημα, η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 81% (45% «πολύ» + 36% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 19% (12% «λίγο» + 7% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο θεωρούν ενδιαφέροντα τα κείμενα που υπάρχουν στο ένθετο «Αν θέλεις διάβασε και αυτό», η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 71% (28% «πολύ» + 43% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 29% (21% «λίγο» + 8% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο θεωρούν χρήσιμες τις πληροφορίες που δίνουν τα κείμενα αυτά, η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά θετικά: 85% (38% «πολύ» + 47% «αρκετά»). Αρνητικά απαντά το 15% (13% «λίγο» + 2% «αρκετά»).

Στο ερώτημα κατά πόσο τα κείμενα αυτά βοηθούν στο να γίνεται εύκολα κατανοητό το μάθημα, η γνώμη της πλειονότητας των μαθητών/τριών είναι θετική: 65% θετικές κρίσεις (29% «πολύ» + 36% «αρκετά») και 35% αρνητικές (27% «λίγο» + 8% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο ασχολούνται στο σπίτι περισσότερο με τα κείμενα αυτά, η πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά αρκετά: 25% θετικές απαντήσεις (8% «πάντα» + 19% «πολλές φορές») και 75% αρνητικές απαντήσεις (51% «μερικές φορές» + 24% «ποτέ»).

ΙΑ. «Πίνακας περιεχομένων» (ερ. 36, 37)

Στο ερώτημα κατά πόσο θεωρούν χρήσιμο τον «Πίνακα με τα περιεχόμενα» που υπάρχει στην αρχή του βιβλίου, η γνώμη της πλειονότητας των μαθητών/τριών είναι θετική: 71% θετικές απαντήσεις (35% «πολύ» + 36% «αρκετά») και 29% αρνητικές απαντήσεις (21% «λίγο» + 8% «καθόλου»).

Στο ερώτημα κατά πόσο συχνά χρησιμοποιούν τον «Πίνακα με τα περιεχόμενα», η

πλειονότητα των μαθητών/τριών απαντά αρνητικά: 39% θετικές απαντήσεις (13% «πάντα» + 26% «πολλές φορές») και 61% αρνητικές απαντήσεις (39% «μερικές φορές» + 22% «ποτέ»).

ΙΒ. «Τι άρεσε περισσότερο» (ερ. 38)

Στο ερώτημα «*τι σου αρέσει περισσότερο*» στο βιβλίο οι μαθητές/τριες ανέδειξαν τα εξής θετικά σημεία:

1. Όλο το βιβλίο, τόσο ως προς την εμφάνιση όσο και ως προς το περιεχόμενο (125 αναφορές ή 23%).
2. Οι εικόνες, τα σκίτσα και ζωγραφιές καθώς και τα κείμενα που δίνουν χρήσιμες πληροφορίες και γνώσεις (96 αναφορές ή 17%).
3. Τα θέματα τα οποία αναφέρονται στο περιβάλλον και τη φύση της Ελλάδας (65 αναφορές ή 12%).
4. Η ύπαρξη του ένθετου «Γεωγραφικό Γλωσσάρι» (60 αναφορές ή 11%).
5. Οι χάρτες που υπάρχουν στο βιβλίο (57 αναφορές ή 10%).

ΙΓ. «Τι δεν άρεσε περισσότερο» (ερ. 39)

Στο ερώτημα «*τι δεν άρεσε περισσότερο*» στο βιβλίο, οι απαντήσεις των μαθητών/τριών ανέδειξαν τα εξής αρνητικά σημεία:

1. Η ύπαρξη του ένθετου «Αν θέλεις διάβασε και αυτό» (37 αναφορές ή 7%).
2. Η πολλή ύλη του βιβλίου (33 αναφορές ή 6%).
3. Οι εργασίες – δραστηριότητες όταν είναι δύσκολες και χρειάζονται αρκετό χρόνο για την ολοκλήρωσή τους (31 αναφορές ή 5%).
4. Η ύπαρξη θεμάτων και κειμένων που θεωρούνται βαρετά (31 αναφορές ή 5%).
5. Το Τ.Ε. δεν έχει τον απαραίτητο απαιτούμενο χώρο για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων (22 αναφορές ή 4%).

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Από τα στοιχεία της έρευνας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

Η Γεωγραφία ως γνωστικό αντικείμενο του προγράμματος αρέσει στην πλειονότητα των μαθητών/τριών και το θεωρεί ως ένα εύκολο μάθημα, κάτι που συμπίπτει με ευρήματα και προηγούμενων ερευνών (Λαμπρινός, Χατζηπαντελής & Γρατσωνίδης 2002, Παρασκευάς 2005). Σε σχέση με το φύλο τα κορίτσια το θεωρούν εύκολο σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα αγόρια.

Η ιδιαίτερα θετική άποψη των παιδιών για την αισθητική εμφάνιση του βιβλίου σημαίνει και την ενεργοποίηση του ενδιαφέροντός τους ώστε να ασχολούνται μαζί του κατά τη διδακτική διαδικασία (Σιγάλας 2002). Εκείνο όμως που πρέπει να ξαναδούν οι υπεύθυνοι της έκδοσης είναι η ανθεκτικότητά του, διότι το 40% των αρνητικών απαντήσεων δείχνει ότι αρκετοί μαθητές/τριες συναντούν πρόβλημα.

Το βιβλίο έχει τα στοιχεία εκείνα τα οποία μπορούν να δραστηριοποιήσουν τα κίνητρα μάθησης κατά τη διδακτική διαδικασία με τη χρήση του, αφού τα παιδιά θεωρούν ότι οι γνώσεις που περιλαμβάνει έχουν σημασία και ιδιαίτερη αξία για τη ζωή. Ανταποκρίνεται επίσης και στα ενδιαφέροντά τους θεωρώντας τις ενότητές του απαραίτητες και συγχρόνως ενδιαφέρουσες. Η δυσκολία που συναντούν εντοπίζεται κυρίως στην ενότητα «*Δ. Έλληνες εκτός συνόρων*», την οποία θεωρούν ως τη δυσκολότερη. Αρνητικά κρίνουν την ποσότητα της ύλης που περιέχει το βιβλίο.

Τα παιδιά δεν συναντούν πρόβλημα με τη γλωσσική διατύπωση του κειμένου, αφού υποστηρίζουν ότι είναι γραμμένο με απλά και κατανοητά λόγια, γεγονός το οποίο βοηθά στην εύκολη αφομοίωση από τους ίδιους (Καψάλης & Χαραλάμπους 1995). Αλλά και από την πλευρά της τυπογραφικής του αναγνωσιμότητας δεν υπάρχουν αρνητικές απόψεις των παιδιών. Δεν δυσκολεύονται στο διάβασμά του, διευκολύνονται ιδιαίτερα στην προσέγγιση του κειμένου και ξεχωρίζουν με μια ματιά τα κύρια σημεία του. Η ύπαρξη αυτών των στοιχείων είναι πολύ σημαντική διότι με τέτοια μέσα τυπογραφικής εμφάνισης του κειμένου αναδεικνύεται η δομή του κειμένου και βοηθιέται ο αναγνώστης να εντοπίζει τα κύρια και δευτερεύοντα σημεία του

(Π.Ι. 1999).

Οι ερωτήσεις – δραστηριότητες αρέσουν στα παιδιά, θεωρούνται εύκολες, μπορούν να τις απαντήσουν με βάση τις γνώσεις και τις πληροφορίες που δίνει το βιβλίο τους και έτσι βοηθούν στην κατανόηση του κάθε μαθήματος. Τα στοιχεία αυτά έχουν ιδιαίτερη σημασία αφού δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να συνοψίσουν και να οργανώσουν στοιχεία του μαθήματος, κατευθύνοντας έτσι τη διδασκαλία και τη μάθηση σε συγκεκριμένους στόχους και εξασφαλίζουν δυνατότητες να καθοδηγείται συνειδητά και προγραμματισμένα η αυτενεργός δραστηριότητα του μαθητή (Καψάλης & Χαραλάμπους 1995). Η συνεργασία η οποία γίνεται μεταξύ των μαθητών/τριών για την απάντηση των ερωτήσεων, αν και σπανίως τις περισσότερες φορές, είναι και θέμα του εκάστοτε εκπαιδευτικού. Εκείνο όμως που πρέπει να ξαναδούν οι υπεύθυνοι της έκδοσης είναι ο χώρος που διατίθεται στο Τ.Ε. για να γράφουν τις απαντήσεις τους οι μαθητές/τριες. Αρκετοί είναι αυτοί/τές που θεωρούν ότι δεν είναι αρκετός.

Το σχολικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας περιλαμβάνει θέματα τα οποία αναδεικνύουν τη σχέση του μαθήματος της Γεωγραφίας με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα του σχολικού προγράμματος. Αυτό αναφέρεται και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του μαθήματος της Γεωγραφίας (Π.Ι. 2002), ώστε να επιτυγχάνεται η ολιστική προσέγγιση των θεμάτων διδασκαλίας και μάλιστα στα προτεινόμενα διαθεματικά σχέδια εργασίας οι προεκτάσεις σε άλλα γνωστικά αντικείμενα είναι αυτά που αναφέρουν και τα παιδιά.

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας οι χάρτες με τις πληροφορίες που δίνουν βοηθούν τους μαθητές στην κατανόηση του κάθε μαθήματος. Η Γεωγραφία βασίζεται στη χρήση χαρτών, οι οποίοι κατασκευάζονται για ένα συγκεκριμένο λόγο και ο σκοπός τους είναι να μεταφέρουν το περιεχόμενό τους στο χρήστη (Λαμπρινός 2002). Οι μαθητές βρίσκουν την εικονογράφηση του εγχειριδίου ενδιαφέρουσα και συγχρόνως πλαισιώνει κατάλληλα το κάθε μάθημα, κάτι το οποίο τους/τις βοηθά στην καλύτερη κατανόηση. Οι εικόνες φυσικά αυτές υπάρχουν και συνοδεύονται από ή συνοδεύουν ένα κείμενο. Η χρήση τους επομένως έχει μεγάλη σημασία επειδή ταυτίζεται σχεδόν με την αρχή της εποπτικότητας της διδασκαλίας, η αποτελεσματικότητα της οποίας όμως εξαρτάται σημαντικά από τον τρόπο διδασκαλίας (Καψάλης & Χαραλάμπους 1995).

Τα συνοδευτικά κείμενα κάθε ενότητας, τα οποία βρίσκονται στο ένθετο «Αν θέλεις διάβασε και αυτό», παρουσιάζουν ενδιαφέρον στους μαθητές και τους βοηθούν στην κατανόηση των ενοτήτων, αφού οι πληροφορίες τους θεωρούνται σημαντικές. Μάλιστα για τους περισσότερους αποτελεί έναυσμα για περισσότερη ενασχόλησή τους με αυτά στο σπίτι, καθώς τα κείμενα αυτά είναι διαφορετικά κάθε φορά ενώ οι πηγές τους βρίσκονται σε ποικιλία μέσων. Το «Γεωγραφικό Γλωσσάρι», που συνοδεύει κάθε κεφάλαιο, θεωρείται από τα παιδιά ότι είναι σημαντικό να υπάρχει αφού τα βοηθά στην καλύτερη κατανόηση του μαθήματος, καθώς περιλαμβάνει έννοιες και συμβάλλει στον επιδιωκόμενο γεωγραφικό αλφαβητισμό. Πρέπει να τονιστεί εδώ και η συμβολή του δασκάλου στον τρόπο αξιοποίησής τους. Το γεγονός όμως το ότι υπάρχουν στο σχολικό εγχειρίδιο και θεωρούνται σημαντικά από τους μαθητές, φανερώνει ότι πετυχαίνουν το σκοπό για τον οποίο επιλέχτηκαν, βελτιώνοντας έτσι τις συνθήκες της διδακτικής διαδικασίας, αφού στηρίζουν αποτελεσματικά το κείμενο.

Το σχολικό εγχειρίδιο πρέπει να είναι καλά δομημένο, να υπάρχουν δηλαδή στοιχεία στη δομή του τα οποία βοηθούν το μαθητή να βρίσκει μέσα σ' αυτό εύκολα και γρήγορα τις πληροφορίες που θέλει και να αποκτήσει ικανότητα για αυτόνομη μάθηση (Π.Ι. 1999). Τη μεγαλύτερη σημασία από τα στοιχεία δομής του έχει ο πίνακας περιεχομένων, διότι μια ματιά σ' αυτό και σε συνδυασμό με το ξεφύλλισμά του, που μπορεί να γίνει στην αρχή της σχολικής χρονιάς, κάτω μάλιστα από την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, μπορεί να δώσει και μια πρώτη ενημέρωση στον μαθητή για το αντικείμενο με το οποίο θα ασχοληθεί όλη τη χρονιά. Την ύπαρξή του τη θεωρούν χρήσιμη και οι ίδιοι οι μαθητές αν και τον χρησιμοποιούν σπάνια. Η συμβολή του εκπαιδευτικού στον τρόπο αξιοποίησής του είναι ιδιαίτερα σημαντική.

Τέλος από τις απαντήσεις των παιδιών στις δύο τελευταίες ανοιχτές ερωτήσεις, οι οποίες ζητούσαν να γράψουν τι αρέσει και τι δεν αρέσει περισσότερο στο βιβλίο, διαπιστώνεται ότι τα παιδιά αξιολογούν θετικά το σχολικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας (γενική μορφή, περιεχόμενα,

κείμενα, εικονογράφηση, δομή). Τα αρνητικά που εντοπίζουν με μικρό αριθμό αναφορών σχετίζονται με την ποσότητα της ύλης και στο χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, όταν αυτές είναι δύσκολες και απαιτούν χρόνο για την ολοκλήρωσή τους.

Προτάσεις

Η συγκεκριμένη έρευνα προσπάθησε να συμβάλει στην αξιολόγηση του σχολικού εγχειριδίου της Γεωγραφίας Ε΄ Δημοτικού μέσα από την καταγραφή της άποψης των μαθητών. Φυσικά δεν μπορεί να αμφισβητήσει κανείς το γεγονός ότι οι μαθητές/τριες δεν έχουν πολλές φορές την ωριμότητα εκείνη που θα τους/τις επιτρέψει να κρίνουν ένα σχολικό εγχειρίδιο, όμως σίγουρα η καταγραφή της άποψής τους μπορεί να δώσει πολλά και σημαντικά στοιχεία που σε συνδυασμό και με την καταγραφή της άποψης των εκπαιδευτικών αλλά και των γονέων θα βοηθήσει σημαντικά στην εξαγωγή πιο ολοκληρωμένου και πιο σωστού συμπεράσματος.

Για τη διαμόρφωση ολοκληρωμένης άποψης όμως είναι απαραίτητο η έρευνα να γίνει σε μεγαλύτερο και αντικειμενικότερο δείγμα. Επίσης κρίνεται αναγκαία και η διερεύνηση της χρήσης του βιβλίου από τους εκπαιδευτικούς και των αποτελεσμάτων της στη μάθηση.

Βιβλιογραφία

Καψάλης, Α., Χαραλάμπους, Δ. (1995). Σχολικά Εγχειρίδια - Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική. Έκφραση, Αθήνα.

Καψάλης, Α., Θεοδώρου, Δ. (2002). Τυπολογία και μεθοδολογία της έρευνας σχολικών εγχειριδίων. Μακεδνόν, Φλώρινα, Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας του ΑΠΘ, 10,195-205.

Λαμπρινός, Ν. (2002). Η αφαιρετική διαδικασία στην ανάγνωση χαρτών ως παράγοντας δημιουργίας λανθασμένων εντυπώσεων: Μια εφαρμογή της θεωρίας του KOLB. Θέματα στην Εκπαίδευση, 3:2-3, 187-200.

Λαμπρινός, Ν., Χατζηπαντελής, Θ., Γρατσωνίδης, Α. (2002). Η άποψη των μαθητών της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου για το μάθημα της Γεωγραφίας. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 122, 102-108

Ματσαγγούρας, Η. (2006). Διδακτικά εγχειρίδια: Κριτική αξιολόγηση της Γνωσιακής, Διδακτικής και Μαθησιακής Λειτουργίας τους. Συγκριτική και Διεθνής Εκπαιδευτική Επιθεώρηση, 7, 60-92.

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ, (1999). Πλαίσιο αξιολόγησης διδακτικών εγχειριδίων. ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.

Παρασκευάς, Π. (2005). Η άποψη των μαθητών της Ε΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου για το διδακτικό εγχειρίδιο της Γεωγραφίας. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 140, 45-78.

Σιγάλας, Γ. (2002). Η αισθητική διάσταση του σχολικού βιβλίου: Προϋποθέσεις και προδιαγραφές για την αισθητική ποιότητα των σχολικών βιβλίων. Μέντορας, 6, 88-104.

ΦΕΚ 303/τ.Β΄/13-03-2003. Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης.

Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο

Στύλος Γεώργιος -1, Κώτσης Κων/νος-2
1- ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, gstylos@cc.uoi.gr
2- ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης του Νομού Ιωαννίνων σχετικά με τις πρακτικές τους που αξιοποιούν στη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι οι πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, παρόλο που αξιοποιεί αρκετές πρακτικές που είναι σύμφωνες με το προτεινόμενο διδακτικό μοντέλο στις διάφορες φάσεις της διδασκαλίας, στη φάση της πειραματικής αντιμετώπισης η προσέγγιση παρουσιάζει πρακτικές οι οποίες κυριαρχούνται από παραδοσιακές αντιλήψεις και προσεγγίσεις.

Εισαγωγή

Η μέθοδος διδασκαλίας που προτείνεται μέσα από τα σχολικά εγχειρίδια για το μάθημα των Φ.Ε. στηρίζεται τόσο στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο (ανακαλυπτικού τύπου) με τη θέση του πειράματος να είναι ιδιαίτερη σημαντική (ομαδοσυνεργατικά) όσο και σε εποικοδομητικά στοιχεία που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν την αντίληψη τους για τον κόσμο με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα μέσα που διαθέτουν έτσι ώστε να κατακτήσουν αυτόνομα τα νέα στοιχεία. Βασικά χαρακτηριστικά του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου είναι η επιδίωξη της αναβάθμισης του ενδιαφέροντος για το μάθημα, η ευρύτητα της αυτόνομης συμμετοχής του μαθητή, η προσπάθεια προσφοράς της αίσθησης επιτυχίας, η ισομερής επιδίωξη γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών στόχων, η αναγωγή των φαινομένων σε προβλήματα προς επίλυση, η μεθόδευση της ανακάλυψης μέσα από δομημένο μάθημα, η μετάδοση της επιστημονικής μεθοδολογίας, ο ρόλος του δασκάλου στο συντονισμό του μαθήματος, η σύνδεση των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινότητα, η δυνατότητα *επανάληψης των πειραμάτων και αυτόνομης διερεύνησης στον εξωσχολικό χώρο* (*Αποστολάκης* 2006). Σε ότι αφορά για παράδειγμα το πείραμα, οι κύριοι λόγοι για τους οποίους αυτά δεν γίνονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι η έλλειψη από τα σχολεία των ειδικών υλικών, οργάνων και συσκευών που απαιτούνται, η έλλειψη των ειδικών χώρων που απαιτούνται, ο φόβος της αποτυχίας στην εκτέλεση του πειράματος, ο φόβος να συμβεί κάποιο ατύχημα κατά την εκτέλεση του πειράματος και η έλλειψη χρόνου για οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων (Καρανίκας 2000, Κουμαράς 2002, Κώτσης 2005, Κώτσης & Μπασιάκος 2009, Χαλκιά 1999). Επίσης, μια βασική αιτία της δυσκολίας των εκπαιδευτικών να αποδεχτούν τις εποικοδομητικές θέσεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση φαίνεται να είναι η περιορισμένη γνώση που έχουν -κυρίως οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης- ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο (Σπύρτου, 2002). Ενώ, λοιπόν, είναι «παίκτες κλειδιά» στη μάθηση της επιστήμης, εν τούτοις έχουν έλλειψη γνώσης περιεχομένου σε πολλές σημαντικές έννοιες (Pfundt & Duit 2000, Trundle et al. 2002) και η οποία οφείλεται και στην έλλειψη προετοιμασίας εκ μέρους των εκπαιδευτικών (Anderson & Helms 2001, Berns & Swanson 2000, Johnson 2009, Zembal-Saul et al. 2000). Επιπλέον, αυτή η έλλειψη της γνώσης του επιστημονικού περιεχομένου έχει επίδραση στην εμπιστοσύνη και στην ικανότητα του εκπαιδευτικού να διδάξει τις επιστήμες γνωστικά και αποτελεσματικά για τους μαθητές (Appleton 2008, Crawford 2000, Keys & Bryan 2000, Watters and Ginns 2000). Η χαμηλή γνώση περιεχομένου όπως και η έλλειψη επαγγελματικής ανάπτυξης και έμφασης των αρχών να δώσουν προτεραιότητα στη διδασκαλία των επιστημών σε ένα υπερσυνωστισμένο αναλυτικό πρόγραμμα οδηγεί ακόμα και

έμπειρους εκπαιδευτικούς να μην νιώθουν άνετα με τη διδασκαλία των επιστημών (Education Review Office 2004, Schagen & Hipkins 2008). Παράλληλα, πολλοί από τους εκπαιδευτικούς έχουν αρνητικές εμπειρίες της επιστήμης από όταν ήταν οι ίδιοι μαθητές, και κατά συνέπεια έχουν αναπτύξει αρνητική στάση προς αυτήν (Mulholland & Wallace 1996, Tosun 2000). Τυπικά έχουν φτωχή επιστημονική γνώση (Lloyd et al. 1998, Stevens & Wenner 1996, Trundle et al. 2002) και έλλειψη εμπιστοσύνης στην ικανότητα να διδάξουν το μάθημα των επιστημών (Appleton 2003, 2006, Nilsson 2008, 2009, Palmer 2001, Tosun 2000, Van Zee et al. 2003). Τα χαμηλά επίπεδα εμπιστοσύνης και η αντιπάθεια των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των επιστημών έχουν μελετηθεί και σε άλλες έρευνες σε πολλές χώρες (Appleton 2002, ASTEC 1997, Palmer 2001, Schoon & Boone 1998). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η επίδραση της χαμηλής εμπιστοσύνης μπορεί να είναι τόσο ακραία που οι εκπαιδευτικοί Π.Ε. αξιοποιούν παραδοσιακές προσεγγίσεις περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τους μαθητές να αποκτήσουν σημαντικό επιστημονικό εγγραμματισμό, αναβάλλουν συνεχώς ή ακόμη και να αποφεύγουν εντελώς τη διδασκαλία των επιστημών (Appleton 2002, Appleton & Kindt 2002, Bencze & Upton 2006, Weiss et al. 2003). Συχνότερα, η χαμηλή αυτοπεποίθηση και η αντιπάθεια για τις επιστήμες επιδρούν αρνητικά στο τρόπο διδασκαλίας με αποτέλεσμα οι διδακτικές στρατηγικές που προβλέπονται από τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών των επιστημών να μη χρησιμοποιούνται συχνά (Appleton 2002).

Η έρευνα

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν διδάξει το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» τα τελευταία πέντε χρόνια. Οι λόγοι για τους οποίους επιλέξαμε τα τελευταία πέντε χρόνια ήταν αφενός να έχουν διδάξει το μάθημα με τα καινούρια βιβλία και αφετέρου να έχουν πρόσφατες τις εμπειρίες τους από τη διδασκαλία τους. Το δείγμα της έρευνας μας αποτελείται από 256 εκπαιδευτικούς του νομού Ιωαννίνων (το σύνολο των εκπαιδευτικών που υπηρέτησαν στα σχολεία το σχολικό έτος 2010-2011 ήταν περίπου 920 εκπαιδευτικοί). Το 54% του δείγματος είναι άντρες και το 46% γυναίκες, ο μέσος όρος των χρόνων υπηρεσίας και των ετών διδασκαλίας του μαθήματος των Φ.Ε. είναι τα 16 και 7 χρόνια, αντίστοιχα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το πρώτο εξάμηνο του σχολικού έτους 2010-2011. Η μέθοδος συλλογής των δεδομένων ήταν η απλή τυχαία δειγματοληψία και συγκεντρώθηκαν ερωτηματολόγια από το σύνολο, σχεδόν, των σχολείων του νομού. Το ερωτηματολόγιο διερευνά τις πρακτικές των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία της Φυσικής και αποτελείται από 31 δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1=Διαφωνώ πολύ, 2=Διαφωνώ, 3=Ουδέτερος, 4=Συμφωνώ, 5=Συμφωνώ πολύ) με το συντελεστή αξιοπιστίας a Cronbach να κυμαίνεται στο 0,84. Οι δηλώσεις προέρχονται μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Ballone-Duran et al. 2005, Talanquer et al. 2010, Jutti et al. 2009, Yılmaz-Tüzün 2008), από τις στρατηγικές που προβλέπονται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα (ΔΕΠΠΣ) και το σχολικό εγχειρίδιο του βιβλίου του δασκάλου (Αποστολάκης & αλ. 2006) καθώς και από την προσωπική εμπειρία. Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας σε στάσεις και πρακτικές εκπαιδευτικών που εκτός από ποσοτικά στοιχεία (ένας μέρος τους παρουσιάζονται σε αυτήν την εργασία) περιλαμβάνει και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Στόχος της είναι η διερεύνηση των πρακτικών που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί σε όλες τις φάσεις της διδασκαλία τους. Τέλος, πριν τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς διευκρινήσεις στις παρανοήσεις των μαθητών γνωστές και ως προϋπάρχουσες γνώσεις ή εναλλακτικές αντιλήψεις, στην εργασία των μαθητών σε ομάδες και στην στρατηγική της γνωστικής σύγκρουσης

Αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας

Για καλύτερη παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, οι δηλώσεις ομαδοποιήθηκαν σε 8 κατηγορίες. Η κάθε κατηγορία με τις αντίστοιχες δηλώσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Εισαγωγή στη νέα ενότητα (Πίνακας 1)

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (90%) εισάγει και κεντρίζει συχνά και πάντα το ενδιαφέρον των μαθητών σε μια νέα ενότητα με παραδείγματα από την καθημερινότητάς τους (Δήλωση 6). Μερικές φορές απάντησαν το 9,2% και σπάνια μόλις 0,8%.

Επίσης, η ανάδειξη του «προβλήματος» με συζήτηση λαμβάνει χώρα συχνά και πάντα από το 80,4% (Δήλωση 7). Σε ποσοστό 17,2% χρησιμοποιούν αυτή την πρακτική μερικές φορές και σπάνια 2,4%. Τη σύνδεση της νέας ενότητας με τις προηγούμενες αξιοποιεί το 82,7% των εκπαιδευτικών συχνά και πάντα (Δήλωση 8). Μερικές φορές και σπάνια απαντούν το 15,3% και 2% αντίστοιχα.

Πίνακας 1: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την εισαγωγή στη νέα ενότητα

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.6: Εισαγωγή και κέντρισμα του ενδιαφέροντος των μαθητών στη νέα ενότητα με παραδείγματα από την καθημερινότητά τους	0	0,8	9,2	55,6	34,4
Δήλ.7: Ανάδειξη του «προβλήματος» με συζήτηση δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ μαθητών	0	2,4	17,2	57,6	22,8
Δήλ.8: Σύνδεση της νέας ενότητας με τις προηγούμενες	0	2	15,3	51,8	30,9

Προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών (Πίνακας 2)

Με βάση τη κατανομή των απαντήσεων της Δήλωσης 4, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (78%) σχεδιάζει συχνά και πάντα το μάθημα με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Το υπόλοιπο 18%, 3,3% και 0,8% μερικές φορές, σπάνια και ποτέ αντίστοιχα.

Η πρακτική της διατύπωσης υποθέσεων από τους μαθητές για το φαινόμενο που θα μελετηθεί αξιοποιείται συχνά και πάντα από το 73,4% των εκπαιδευτικών (Δήλωση 9). Σε ποσοστό 22,6% αξιοποιείται μερικές φορές και τέλος σε ποσοστό 4% σπάνια.

Τέσσερις στους δέκα εκπαιδευτικούς (39,2%) καταγράφουν συχνά και πάντα τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών στον πίνακα κατά τη φάση της διατύπωσης των υποθέσεων, ενώ το 36,4% μερικές φορές. Ένας στους τέσσερις (24,4%) καταγράφει σπάνια και ποτέ τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών (Δήλωση 10).

Η στρατηγική της γνωστικής σύγκρουσης, όπως αυτή αποτυπώνεται στις απαντήσεις της Δήλωσης 25, χρησιμοποιείται συχνά και πάντα από τους μισούς, περίπου, εκπαιδευτικούς (47,8%). Αρκετά υψηλό ποσοστό 40,5% την αξιοποιεί μερικές φορές. Τέλος, σπάνια και ποτέ απάντησαν 1,6% και 10,1% αντίστοιχα.

Πίνακας 2: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.4: Σχεδιασμός του μαθήματος με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών»	0,8	3,3	18	55,1	22,9
Δήλ.9: Διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές για το φαινόμενο που θα μελετηθεί	0	4	22,6	49,6	23,8
Δήλ.10: Καταγραφή των προϋπαρχουσών γνώσεων των μαθητών στον πίνακα, κατά τη φάση της διατύπωσης των υποθέσεων»	8	16,4	36,4	30,8	8,4

Δήλ.25: Γνωστική σύγκρουση ανάμεσα στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών πριν τη διδασκαλία και στις γνώσεις που απέκτησαν μετά τη διδασκαλία»	1,6	10,1	40,5	39,3	8,5

Πειραματική αντιμετώπιση (Πίνακας 3)

Η κατανομή των απαντήσεων της Δήλωσης 1 δείχνει πως το 36,9% των εκπαιδευτικών παρουσιάζει συχνά και λιγότερο πάντα τις έννοιες και τα φαινόμενα σε μορφή διάλεξης. Το 38,1% αξιοποιεί μερικές φορές την παραπάνω πρακτική, ενώ το 25,1% σπάνια και ποτέ.

Σ' ότι αφορά την πειραματική επίδειξη (Δήλωση 2), το 61% αξιοποιεί από συχνά και πάντα την παραπάνω πρακτική με τους μαθητές με ρόλο παρατηρητή. Ένας στους τρεις, περίπου, (32,5%) την χρησιμοποιεί μερικές φορές και το υπόλοιπο 6,4% σπάνια και ποτέ.

Πίνακας 3: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την πειραματική αντιμετώπιση

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.1: Διάλεξη (παρουσίαση των εννοιών και των φαινομένων από το δάσκαλο	5,3	19,8	38,1	30,4	6,5
Δήλ.2: Επίδειξη των πειραμάτων από το δάσκαλο με παρατήρηση των μαθητών	1,2	5,2	32,5	51,4	9,6
Δήλ.13: Επίδειξη των πειραμάτων από το δάσκαλο με ενεργή συμμετοχή των μαθητών (ως βοηθοί ή τους καλεί σε κάποια φάση του πειράματος)	0	5,2	29	50,8	14,9
Δήλ.11: Εργασία των μαθητών σε ομάδες συνεργατικής μάθησης με το δάσκαλο σε ρόλο παρατηρητή και συντονιστή (κυρίως κατά τη φάση του πειράματος)	2,8	14,4	33,2	39,6	10
Δήλ.29: Ατομική εργασία των μαθητών σε απλά πειράματα	1,6	23,6	48,4	24,4	2

Η ενεργή συμμετοχή των μαθητών στην επίδειξη των πειραμάτων (Δήλωση 13) γίνεται πράξη από το 65,7% των εκπαιδευτικών συχνά και πάντα. Μερικές φορές αξιοποιείται από το 29%, ενώ από το 5,2% σπάνια.

Οι μισοί εκπαιδευτικοί (49,6%) εφαρμόζουν συχνά και πάντα την ομαδοσυνεργατική μάθηση. Το υπόλοιπο 33,2% μερικές φορές, το 14,4% σπάνια και το 2,8% ποτέ (Δήλωση 11).

Μόλις ένας στους τέσσερις εκπαιδευτικούς (26,6%) βάζει τους μαθητές στη διαδικασία της ατομικής εργασίας τους σε απλά πειράματα. Οι μισοί (48,4%) μερικές φορές, ένας στους τέσσερις σπάνια (23,6%) και ελάχιστοι (1,6%) ποτέ (Δήλωση 29)

Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων (Πίνακας 4)

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων (Δήλωση 3) πραγματοποιείται από τους εκπαιδευτικούς συχνά και πάντα σε ποσοστό 37,3%. Αντίθετα σε ποσοστό 32,4% αξιοποιείται σπάνια και ποτέ και το 30,4% μερικές φορές.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων (Δήλωση 12) γίνεται συχνά και πάντα από ομάδες μαθητών σε ποσοστό 58,4%. Μερικές φορές απαντά το 28,2% των εκπαιδευτικών και σπάνια και ποτέ το 10,1% και 3,2%.

Ο διάλογος ανάμεσα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς για την εξαγωγή και γενίκευση των συμπερασμάτων πραγματοποιείται συχνά και πάντα σε ποσοστό 87,1%. Μερικές φορές απάντησε το 12,5% (Δήλωση 30).

Πίνακας 4: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.3: Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων από το δάσκαλο	4,9	27,5	30,4	29,6	7,7
Δήλ.12: Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων από τις ομάδες	3,2	10,1	28,2	43,1	15,3
Δήλ.30: Διάλογος δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ των μαθητών με σκοπό την εξαγωγή των συμπερασμάτων και τη γενίκευσή τους	0	0,4	12,5	66,9	20,2

Επίλυση των εργασιών (Πίνακας 5)

Σε ότι αφορά τον τρόπο επίλυσης των εργασιών του τετραδίου εργασιών (Δήλωση 18), το 67,3% των εκπαιδευτικών απαντά πως πραγματοποιείται από ομάδες μαθητών οι οποίες και αναλαμβάνουν να τις παρουσιάσουν συχνά και πάντα. Το 22,6% απαντά μερικές φορές, ενώ το 9,3% και 0,8% σπάνια και ποτέ αντίστοιχα.

Το 41,7% δηλώνει πως οι μαθητές επιλύουν και παρουσιάζουν ατομικά τις εργασίες συχνά και πάντα (Δήλωση 19). Το 39,7% δηλώνει πως αξιοποιεί αυτόν τον τρόπο εργασίας μερικές φορές, ενώ σπάνια και ποτέ το 15,4% και 3,2% αντίστοιχα.

Ο διάλογος δασκάλου-μαθητών και μεταξύ των μαθητών με σκοπό την επίλυση των εργασιών (Δήλωση 31) φαίνεται να προτιμάται συχνά ή πάντα από το 82,4% των εκπαιδευτικών. Σε ποσοστό 16,9% προτιμάται μερικές φορές και 0,8 σπάνια.

Πίνακας 5: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.18: Επίλυση των εργασιών του τετραδίου εργασιών από τις ομάδες των μαθητών και παρουσίαση των απαντήσεων τους	0,8	9,3	22,6	52,8	14,5
Δήλ.19: Επίλυση των εργασιών του τετραδίου εργασιών ατομικά από τους μαθητές και παρουσίαση των απαντήσεων τους	3,2	15,4	39,7	34,4	7,3
Δήλ.31: Διάλογος δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ των μαθητών με σκοπό την επίλυση των εργασιών στο τέλος του μαθήματος	0	0,8	16,9	62,7	19,7

Εφαρμογή της νέας γνώσης (Πίνακας 6)

Η πρακτική της εφαρμογής και σύνδεσης της νέας γνώσης με παραδείγματα και εργασίες από την καθημερινότητα και τα ενδιαφέροντα του μαθητή (Δήλωση 14) αξιοποιείται συχνά και πάντα από την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών σε ποσοστό 80,4%. Οι υπόλοιποι μερικές φορές και σπάνια σε ποσοστά 18,4% και 1,2% αντίστοιχα.

Από την κατανομή των απαντήσεων στη Δήλωση 17 το 45,1% των εκπαιδευτικών ζητούν από τους μαθητές να απομνημονεύσουν βασικούς όρους και έννοιες συχνά και πάντα. Το 34,6% δηλώνει μερικές φορές, ενώ το 17,5% και 2,8% σπάνια και ποτέ αντίστοιχα.

Πίνακας 6: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την εφαρμογή της νέας γνώσης

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.14: Εφαρμογή και σύνδεση της νέας γνώσης με παραδείγματα και εργασίες από την καθημερινότητα και τα ενδιαφέροντα του μαθητή	0	1,2	18,4	57,6	22,8
Δήλ.17: Απομνημόνευση βασικών όρων και εννοιών από τους μαθητές	2,8	17,5	34,6	39,4	5,7

Αξιολόγηση (Πίνακας 7)

Σ' ότι αφορά την αξιολόγηση, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (76,9%) αξιολογούν συχνά και πάντα τους μαθητές μέσα από το διάλογο που αναπτύσσεται ανάμεσα σε εκπαιδευτικό και μαθητές (Δήλωση 20). Σε ποσοστό 21,8% απαντούν μερικές φορές και ελάχιστοι (1,6%) σπάνια και ποτέ.

Στο ίδιο μήκος κύματος κυμαίνονται και οι απαντήσεις στη Δήλωση 21. Οι περισσότεροι (83,4%) αξιολογούν τους μαθητές με δηλώσεις κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Μερικές φορές και σπάνια αξιολογούν με αυτή τη μέθοδο το 13,8% και 2,8% αντίστοιχα.

Οι μισοί και πλέον εκπαιδευτικοί (53,4%) αξιολογούν συχνά και πάντα τους μαθητές μέσω γραπτών διαγωνισμάτων (Δήλωση 22). Σε ποσοστά 32,1% μερικές φορές, 14,1% σπάνια και 0,4% ποτέ.Η αξιολόγηση των μαθητών με βάση τη συμμετοχή τους στο μάθημα (Δήλωση 23) χρησιμοποιείται από το 62,9% των εκπαιδευτικών συχνά και πάντα. Μερικές φορές, σπάνια και ποτέ αξιοποιείται από το 28,2%, 8,1% και 0,8% αντίστοιχα.

Πίνακας 7: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ότι αφορά την αξιολόγηση των μαθητών

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.20: Διάλογος δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ των μαθητών με σκοπό την αξιολόγηση στο κατά πόσο κατανοούν τις επιστημονικές έννοιες	0,8	0,8	21,8	59,7	16,9
Δήλ.21: Αξιολόγηση των μαθητών με δηλώσεις κατά τη διάρκεια του μαθήματος	0	2,8	13,8	64,8	18,6
Δήλ.22: Αξιολόγηση των μαθητών με διαγωνίσματα (επαναληπτικά, στο μάθημα της ημέρας)	0,4	14,1	32,1	41,8	11,6
Δήλ.23: Αξιολόγηση των μαθητών ανάλογα με τη συμμετοχή τους στο μάθημα	0,8	8,1	28,2	48,4	14,5

Διάφορες δηλώσεις (Πίνακας 8)

Η κατανομή των απαντήσεων της Δήλωσης 5 δείχνει πως το 29,7% των εκπαιδευτικών αξιοποιεί σπάνια και ποτέ το βιβλίο του μαθητή. Αντίθετα το 41,1% το χρησιμοποιεί συχνά και πάντα, ενώ το 29,3% μερικές φορές.

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (90,4%) στη Δήλωση 15 ενθαρρύνει συχνά και πάντα τη συμμετοχή αδύναμων μαθητών στο μάθημα και το 9,6% μερικές φορές.

Μόλις ένας στους τέσσερις (24%), περίπου, κάνει χρήση συχνά και πάντα των Νέων Τεχνολογιών. Σε ποσοστό 28,9% μερικές φορές, ενώ οι μισοί σχεδόν (47,2%) αξιοποιούν σπάνια και καθόλου τις Ν.Τ (Δήλωση 16).

Πίνακας 8: Οι δηλώσεις και οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε διάφορες δηλώσεις

Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε ή χρησιμοποιήσατε τις παρακάτω πρακτικές στη διδασκαλία της Φυσικής;	Ποτέ (%)	Σπάνια (%)	Μερικές φορές (%)	Συχνά (%)	Πάντα (%)
Δήλ.5: Προσεκτική ανάγνωση του δασκάλου ή των μαθητών από το βιβλίο του μαθητή	10,6	19,1	29,3	31,3	9,8
Δήλ.15: Ενθάρρυνση στη συμμετοχή των αδύναμων μαθητών στο μάθημα»	0	0	9,6	52,2	38,2
Δήλ.16: Χρήση των Νέων Τεχνολογιών (PowerPoint, λογισμικά, …)	17,1	30,1	28,9	19,9	4,1
Δήλ.24: Σύνδεση της Φυσικής με άλλες επιστήμες (Χημεία, Βιολογία,…)	0,4	5,7	36,9	45,5	11,5
Δήλ.26: Χρήση απλών και καθημερινών υλικών στη διεξαγωγή των πειραμάτων	0	1,2	10,4	56,2	32,1
Δήλ.27: Επισκέψεις σε μέρη που σχετίζονται με τη Φυσική (εργοστάσια π.χ. παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πανεπιστήμιο)	12	34,5	32,5	17,7	3,2
Δήλ.28: Άντληση πληροφοριών των μαθητών αλλά και των εκπαιδευτικών από εγκυκλοπαίδειες, επιστημονικά περιοδικά, εφημερίδες, άρθρα κ.λπ.»	2	12	40,2	40,2	5,6

Από τη Δήλωση 24 και σε ποσοστό 57% οι εκπαιδευτικοί συνδέουν συχνά και πάντα τη Φυσική με άλλες επιστήμες, ενώ το 36,9% μερικές φορές. Σπάνια και ποτέ τη συνδέουν το 5,7% και 0,4% αντίστοιχα.

Απλά και καθημερινά υλικά στη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιεί το 88,3% των εκπαιδευτικών. Σε ποσοστό 10,4% απαντούν μερικές φορές και ελάχιστοι (1,2%) σπάνια (Δήλωση 26).

Οι κατανομές των απαντήσεων στην Δήλωση 27 αποτυπώνει πως ένας στους πέντε εκπαιδευτικούς (20,9%) επισκέπτεται με τους μαθητές μέρη που σχετίζονται με τη Φυσική συχνά και πάντα. Αντίθετα, το ποτέ και σπάνια το 12% και 34,5% αντίστοιχα και το 32,5% μερικές φορές.

Άντληση πληροφοριών από άλλες πηγές αξιοποιεί συχνά ή πάντα το 45,8% των εκπαιδευτικών. Μερικές φορές απαντούν το 40,2% ενώ 14% σπάνια και ποτέ (Δήλωση 28).

Συμπεράσματα:

Η εισαγωγή και του κέντρισμα του ενδιαφέροντος των μαθητών κινείται πάνω σε τρεις άξονες: τη σύνδεση των νέων εννοιών με την καθημερινότητα του μαθητή, το διάλογο και τέλος τη σύνδεση της νέας ενότητας με τις προηγούμενες.

Ο σχεδιασμός του μαθήματος με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και η δυνατότητα διατύπωσης υποθέσεων από τους μαθητές για το φαινόμενο που θα μελετηθεί πραγματοποιείται από τους περισσότερους εκπαιδευτικούς. Αντίθετα, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δεν καταγράφει τις υποθέσεις των μαθητών στον πίνακα μέσα από τις οποίες πηγάζουν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Επίσης η στρατηγική της γνωστικής

σύγκρουσης μέσω της οποίας μπορεί να ενισχυθεί η εννοιολογική αλλαγή, αξιοποιείται μόνο από τους μισούς εκπαιδευτικούς.

Η παρουσίαση των εννοιών και των φαινομένων σε μορφή διάλεξης από τον εκπαιδευτικό φαίνεται να αποτελεί μια κεντρική πρακτική από ένα σημαντικό μέρος των εκπαιδευτικών (περίπου το ένα τρίτο). Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί ενσωματώνουν το πείραμα στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω της επίδειξης, με τους μαθητές κατά κύριο λόγο να συμμετέχουν ενεργά κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης και κατά δεύτερο να παρατηρούν. Μόλις ένας στους δέκα εκπαιδευτικούς εφαρμόζει την εργασία των μαθητών σε ομάδες ως κύρια διδακτική μέθοδο, ενώ αρκετοί είναι εκείνοι που την εφαρμόζουν σχετικά συχνά. Η ατομική εργασία των μαθητών στα πειράματα φαίνεται να αξιοποιείται συχνά από λίγους εκπαιδευτικούς.

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν την πρακτική του διαλόγου ανάμεσα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς σε ότι αφορά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων του τετραδίου εργασιών. Ένα μέρος των εκπαιδευτικών, περισσότεροι από τους μισούς, δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εργαστούν σε ομάδες με σκοπό την παρουσίαση των παρατηρήσεων και των συμπερασμάτων και περισσότεροι από ένας στους τρεις αναλαμβάνουν να φέρουν εις πέρας αυτή τη διαδικασία.

Ο διάλογος και η εργασία των μαθητών σε ομάδες αποτελούν τις βασικές πρακτικές των εκπαιδευτικών με σκοπό την επίλυση των εργασιών. Η ατομική εργασία των μαθητών αξιοποιείται από τους μισούς περίπου εκπαιδευτικούς.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών συνδέει τη νέα γνώση με την καθημερινότητα του μαθητή, ενώ αρκετοί ζητούν από τους μαθητές να απομνημονεύσουν βασικές έννοιες και όρους της Φυσικής.

Η αξιολόγηση των μαθητών πραγματοποιείται κυρίως μέσα από το διάλογο που αναπτύσσεται ανάμεσα στους μαθητές και το δάσκαλο καθώς και από τις δηλώσεις που πραγματοποιεί ο εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Επίσης περισσότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς αξιολογούν μέσω των γραπτών διαγωνισμάτων και από τη συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα.

Η ενθάρρυνση των αδύναμων μαθητών για συμμετοχή στο μάθημα και η χρήση απλών και καθημερινών υλικών στην εκτέλεση των πειραμάτων πραγματοποιείται από τη μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευτικών. Αντίθετα, λίγοι εκπαιδευτικοί κάνουν χρήση των Νέων Τεχνολογιών και επισκέψεις με τους μαθητές σε μέρη που σχετίζονται με τις έννοιες και τα φαινόμενα της Φυσικής.

Τέσσερις στους δέκα εκπαιδευτικούς, περίπου, αξιοποιούν το βιβλίο του μαθητή μέσω της ανάγνωσης των μαθητών ή του εκπαιδευτικού και ανατρέχουν σε άλλες πηγές πληροφοριών, ενώ περισσότεροι από τους μισούς συνδέουν τη Φυσική με άλλες επιστήμες.

Η ανάλυση των απαντήσεων των εκπαιδευτικών δείχνει πως αν και αξιοποιούν μεθόδους που προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό την πρόκληση του ενδιαφέροντος, την ανάπτυξη του διαλόγου και τη σύνδεση της νέας γνώσης με την καθημερινότητα του μαθητή σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο, η πειραματική αντιμετώπιση αποτελεί μια διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα κυρίως με μορφή επίδειξης και όχι ομαδοσυνεργατικά από τους μαθητές με τον εκπαιδευτικό σε ρόλο συντονιστή. Τέλος, η παρατήρηση στην τάξη της εκπαιδευτικής πρακτικής των εκπαιδευτικών σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αποτελέσουν μια διαδικασία κατά την οποία θα δοθεί η δυνατότητα διασταύρωσης των απαντήσεων των εκπαιδευτικών καθώς και ανάδειξης και άλλων διαστάσεων των πρακτικών τους.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας,Σ. Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ. , Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. Καλκάνης, Γ.Κ. (2006), Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο για το Δάσκαλο, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Καρανίκας Γ., 2000. Οι πειραματικές δραστηριότητες στο Ελληνικό Σχολείο: τοπίο στην ομίχλη. Στο: Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές. Επιμέλεια Π. Κόκκοτας, Ι, Βλάχος. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Κουμαράς Π., 2002β. Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.

Κώτσης, Κ. (2005). Διδασκαλία της Φυσικής και Πέραμα. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Κώτσης Κ., & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας Φλώρινα.

Σπύρτου, Ά. (2002). Μελέτη εποικοδομητικής στρατηγικής για την εκπαίδευση των δασκάλων στις Φυσικές Επιστήμες. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.

Χαλκιά, Κ. (1999), Το πείραμα στην καθημερινή σχολική πρακτική: Διερεύνηση των αντιλήψεων των στάσεων και των απόψεων των ελλήνων εκπαιδευτικών για τη διδακτική αξιοποίηση των πειραμάτων στο μάθημα της φυσικής. Σύγχρονη εκπαίδευση, τεύχος 107, σελίδες 81 – 90.

Anderson, R. & Helms, J. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: needed research. Journal of Research in Science Teaching, 38, 3-16.

Appleton, K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary teachers. Research in Science Education, 32, 393–410.

Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. Journal of Science Teacher Education, 13, 43–61.

Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. Research in Science Education, 33, 1–25.

Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. In K. Appleton (Ed.), Elementary science teacher education (pp. 31–54). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. Journal of Science Teacher Education, 19(6), 523-545.

Australian Science Technology and Engineering Council (ASTEC) (1997). Foundations for Australia's future: Science and technology in primary schools. Canberra: Australian Government Publishing Service.

Bencze, L., & Upton, L. (2006). Being your own role model for improving self-efficacy: An elementary teacher self-actualizes through drama-based science teaching, Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 6:3, 207-226.

Berns, B. B., & Swanson, J. (2000). Middle school science: Working in a confused context. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED444944)

Crawford, B. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. Journal of Research in Science Teaching, 37, 916–937.

Education Review Office. (2004). The quality of teaching in years 4 and 8 in science. Wellington, NZ: Education Review Office, Education Evaluation Reports.

Johnson, C. C. (2009). An examination of effective practice: Elimination of achievement gaps in science. Journal of Science Teacher Education, 20(3) 287–306.

Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2000). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. Journal of Research in Science Teaching, 38, 631–645.

Lloyd, J. K., Smith, R. G., Fay, C. L., Khang, G. N., Wah, L. L. K., & Sai, C. L. (1998). Subject knowledge for science teaching at primary level: A comparison of preservice teachers in England and Singapore. International Journal of Science Education, 20, 521–532.

Mulholland, J., & Wallace, J. (1996). Breaking the cycle: Preparing elementary teachers to teach science. Journal of Elementary Science Education, 8, 17–38.

Nilsson, P. (2008). Teaching for understanding — The complex nature of PCK in pre-service teacher education. International Journal of Science Education, 30, 1281–1299.

Nilsson, P. (2009). From lesson plan to new comprehension: Exploring student teachers' pedagogical reasoning in learning about teaching. European Journal of Teacher Education, 32, 239–258.

Palmer, D. H. (2001). Factors contributing to attitude exchange amongst preservice elementary teachers. Science Education, 86, 122–138.

Pfundt, H. & Duit, R. (2000). Bibliography: Student's alternative frameworks and science education, 5th edn Kiel, Germany: University of Kiel.

Schagen, S., & Hipkins, R. (2008). Curriculum changes, priorities, and issues. Findings from the NZCER secondary 2006 and primary 2007 national surveys. Wellington, NZ: New Zealand Council for Educational Research.

Stevens, C., & Wenner, G. (1996). Elementary preservice teachers' knowledge and beliefs Schoon, K.J. & Boone, W.J. (1998). Self-efficacy and alternate conceptions of science of pre-service elementary teachers. Science Education, 82(5), 553–568.

regarding science and mathematics. School Science and Mathematics, 96, 2–9.

Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers towards science and science teaching. School Science and Mathematics, 100, 374–379.

Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. Journal of Research in Science Teaching, 39, 633–658.

Van Zee, E., Lay, D., & Roberts, D. (2003). Fostering collaborative inquiries by prospective and practicing elementary and middle school teachers. Science Education, 87, 588–612.

Watters, J. J., & Ginns, I. S. (2000). Developing motivation to teach elementary science: Effect of collaborative and authentic learning practices in preservice education. Journal of Science Teacher Education, 11, 301–321.

Weiss, I. R., Pasley, J. D., Smith, P. S., Banilower, E. R., & Heck, D. J. (2003). Inside the classroom: A study of K-12 mathematics and science education in the United States. Chapel Hill, NC: Horizon Research.

Zembal-Saul, D., Blumenfeld P., & Krajcik, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. Journal of Research in Science Teaching, 37, 123–145.

Συνεδρία 12: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση – Μελέτη Περιβάλλοντος ΙΙ

Ανάπτυξη δεξιοτήτων διαλογικής επιχειρηματολογίας μαθητών Λυκείου με την εφαρμογή διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος με θέμα τις κλιματικές αλλαγές

Έλενα Σιακίδου, Νίκος Παπαδούρης & Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου
Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου,
{siakidou.elena, npapa, c.p.constantinou}@ucy.ac.cy

Περίληψη

Η παρούσα εργασία στοχεύει στο σχεδιασμό διδακτικού υλικού, το οποίο προωθεί δεξιότητες επιχειρηματολογίας δημιουργώντας συνθήκες διαλόγου μεταξύ των μαθητών. Επιδιώκεται η αξιολόγηση της ικανότητας μαθητών Λυκείου να συμμετέχουν αποτελεσματικά σε διαδικασίες διαλογικής επιχειρηματολογίας οικοδομώντας τεκμηριωμένα επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα και ανταπαντήσεις. Παράλληλα, επιχειρείται η διερεύνηση της ικανότητας των μαθητών να αξιολογούν την ποιότητα δοσμένων επιχειρημάτων, μετά την εμπλοκή τους σε ένα ειδικά σχεδιασμένο μαθησιακό περιβάλλον. Το μαθησιακό περιβάλλον αναπτύχθηκε στη διαδικτυακή πλατφόρμα ΣΤΟΧΑΣΜΟΣ και αναφέρεται στα αίτια των κλιματικών αλλαγών (ανθρωπογενή ή φυσικά). Το μαθησιακό περιβάλλον υλοποιήθηκε σε μια ομάδα 23 μαθητών Λυκείου (15-17 χρόνων) και διήρκησε 12 διδακτικές περιόδους (110-λεπτά η καθεμία). Στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης έχουν συλλεγεί εμπειρικά δεδομένα, μέσω έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου, ώστε να αξιολογηθεί ο βαθμός προώθησης των μαθησιακών επιδιώξεων του διδακτικού υλικού. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων κατέδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση. Ωστόσο, προτείνονται κάποιες βελτιωτικές ρυθμίσεις για αναθεώρηση του μαθησιακού περιβάλλοντος.

Abstract

In this study, we focus on the design of a learning environment (LE) for promoting students' argumentation skills. The study reports on an attempt to investigate the extent to which high-school students are able to effectively engage in dialogic argumentation (construct evidence-based arguments, counterarguments and rebuttals) and to explore the impact of the specially designed web-based LE on students' argumentation skills. The LE is situated in a topical socio-scientific issue, namely climate change, and revolves around the debate on whether this phenomenon is manmade or natural. The LE has been enacted with a group of 23 high-school students, aged 15-17. The implementation lasted 12 110-minute sessions. Participants' argumentation skills were assessed, prior to and after the enactment, through written open-ended tasks. The results show that after the enactment students were better positioned to engage in argumentation. In addition to these encouraging indications, data analysis also suggests potential amendments to the LE.

Εισαγωγή

Η επιχειρηματολογία αποτελεί βασική δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού και θεωρείται σημαντική επιδίωξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Παρά την ευρεία αναγνώριση της σημασίας ανάπτυξης αυτής της δεξιότητας, η προσοχή που φαίνεται να λαμβάνει στο πλαίσιο της τυπικής διδακτικής πρακτικής είναι περιορισμένη. Συνεπώς, απορρέει η ανάγκη για ενίσχυση των ερευνητικών προσπαθειών για ανάπτυξη ειδικά σχεδιασμένων μαθησιακών περιβαλλόντων που προωθούν αυτή τη δεξιότητα. Η ερευνητική εργασία επιδιώκει την επικύρωση της αποτελεσματικότητας του αναθεωρημένου διδακτικού υλικού και την ισχυροποίηση του διδακτικού πλαισίου για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την εμπλοκή τους σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας και το βαθμό ανάπτυξης της δεξιότητας μέσα από ένα δομημένο μαθησιακό περιβάλλον.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Στη βιβλιογραφία, το επιχείρημα αναφέρεται ως η σύνδεση του ισχυρισμού και των αιτιολογήσεων με τη χρήση υποστηρικτικών στοιχείων (Zohar & Nemet 2002, Toulmin 2003, Jimenez-Aleixandre & Erduran 2008), ως αποτέλεσμα ατομικής ή ομαδικής προσπάθειας (Kuhn & Udell 2003, Osborne, Erduran & Simon 2004). Ταυτόχρονα, λειτουργεί ως εργαλείο για προώθηση της επιχειρηματολογίας, η οποία συνθέτει τη διαδικασία παρουσίασης τεκμηριωμένων ισχυρισμών (Kuhn & Udell 2003) με στόχο την πρόταση, την υποστήριξη, την κριτική και την αξιολόγηση αντίθετων απόψεων (Naylor, Keogh & Downing 2007). Επομένως, η διαλογική επιχειρηματολογία αποτελεί σύνθετη, κοινωνική δραστηριότητα (Driver et al. 2000, Osborne et al. 2004) η οποία εστιάζεται στις αλληλεπιδράσεις ομάδων ατόμων (Zohar & Nemet 2002), με στόχο την άσκηση κριτικής σε αυτό που λέχθηκε από το συνομιλητή (Kuhn et al. 2008). Ως εκ τούτου κρίνεται αναγκαία η διαμόρφωση συνθηκών εμπλοκής των μαθητών, από μικρή ηλικία, σε δραστηριότητες που επιτρέπουν την ανάπτυξη της (Driver et al. 2000, Zohar & Nemet 2002, Osborne et al. 2004), πράγμα που παραγκωνίζεται στις παραδοσιακές σχολικές τάξεις. Η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες επιχειρηματολογίας αναμένεται να οδηγήσει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η αιτιολόγηση του ισχυρισμού τους με υποστηρικτικά στοιχεία και η αξιολόγηση της ποιότητας και της εγκυρότητας των επιχειρημάτων τους (Driver et al. 2000).

Ωστόσο, όταν οι μαθητές κληθούν να εμπλακούν σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας, με σκοπό την οικοδόμηση επιχειρημάτων και την αξιολόγηση της ποιότητας τους, παρουσιάζουν αρκετές δυσκολίες (Sampson, Grooms & Walker 2010). Αυτές οι δυσκολίες ενδεχομένως μπορεί να αποδοθούν στην απουσία ευκαιριών προς τους μαθητές για συμμετοχή σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας (Kuhn et al. 2008). Αναφορικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με λιγότερο ανεπτυγμένες δεξιότητες επιχειρηματολογίας, οι ερευνητές φαίνεται να επικεντρώνονται στην αδυναμία παροχής αιτιολογήσεων για υποστήριξη των ισχυρισμών τους, αγνοώντας τη σημασία χρήσης υποστηρικτικών στοιχείων, σε αντίθεση με τους μαθητές με περισσότερο ανεπτυγμένες δεξιότητες επιχειρηματολογίας. Ευρήματα προηγούμενων ερευνών έδειξαν ότι οι μαθητές δεν αναζητούν υποστηρικτικά στοιχεία και περιορίζονται στη χρήση άσχετων και ασύνδετων δεδομένων (Sandoval & Millwood 2005). Από τα παραπάνω διαφαίνεται η ανάγκη για τη δημιουργία μαθησιακών περιβαλλόντων, για υποστήριξη και ενίσχυση της προσπάθειας προώθησης δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας.

Μεθοδολογία

Η παρούσα ερευνητική εργασία αποσκοπεί στην ανάπτυξη διδακτικού υλικού, τη διερεύνηση της δυνατότητάς του να προωθεί την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και την ενημέρωση του θεωρητικού πλαισίου για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την εμπλοκή τους σε διαδικασίες διαλογικής επιχειρηματολογίας. Ειδικότερα, απευθύνεται στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό οι μαθητές Λυκείου ανέπτυξαν τη δεξιότητα να οικοδομούν τεκμηριωμένα[19] επιχειρήματα, μετά τη διδακτική παρέμβαση;
2. Σε ποιο βαθμό μπορούν να αξιολογήσουν την ποιότητα δοσμένων επιχειρημάτων, μετά τη διδακτική παρέμβαση;

Η ερευνητική εργασία δομήθηκε σε τρεις φάσεις. Η πρώτη περιλάμβανε την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού, με κεντρικό άξονα τις μαθησιακές επιδιώξεις και τις σχετικές σχεδιαστικές αρχές, επιλέγοντας τα κατάλληλα μέσα, διδακτικές στρατηγικές, δραστηριότητες και τεχνολογικά εργαλεία. Στη δεύτερη φάση υλοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση με την εφαρμογή του μαθησιακού περιβάλλοντος σε μαθητές και έγινε παράλληλη συλλογή δεδομένων για την αξιολόγηση της δεξιότητας της επιχειρηματολογίας. Στην τρίτη φάση της έρευνας, έγινε προσπάθεια αναθεώρησης του διδακτικού υλικού η οποία καθοδηγήθηκε και

[19] Παροχή τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων βασισμένων σε υποστηρικτικά στοιχεία

ενημερώθηκε από τα εμπειρικά δεδομένα που πάρθηκαν και την πληροφόρηση που προέκυψε από τα αναστοχαστικά ημερολόγια των εμπλεκόμενων εκπαιδευτικών.

Διδακτικό υλικό

Το μαθησιακό περιβάλλον «*Κλιματικές Αλλαγές: Ανθρωπογενή ή Φυσικά Αίτια;*» εμπλέκει τους μαθητές σε ένα σύγχρονο κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα για το οποίο επικρατεί διάσταση απόψεων. Το διδακτικό υλικό είναι δομημένο ώστε να προωθεί συνδυασμένα την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού (δεξιότητα επιχειρηματολογίας). Η δεξιότητα της επιχειρηματολογίας περιλαμβάνει όχι μόνο την ικανότητα επαρκούς παρουσίασης μιας θέσης ως προς κάποιο ζήτημα (επιχείρημα) αλλά και την παρουσίαση της αντίθετης θέσης (αντεπιχείρημα) και την αντίκρουση της αντίθετης θέσης (ανταπάντηση). Επιπρόσθετα, το διδακτικό υλικό ενθαρρύνει τη χρήση τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων με υποστηρικτικά στοιχεία. Ως επέκταση αυτού, επιδιώκεται η καλλιέργεια της δεξιότητας αξιολόγησης και βελτίωσης της ποιότητας δοσμένων επιχειρημάτων. Το περιβάλλον διερεύνησης αποτελείται από τέσσερις ενότητες. Αρχικά, οι μαθητές ενημερώνονται για το κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα και τους γενικούς στόχους από την αποστολή (*«Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων πρέπει να πάρετε θέση και να οικοδομήσετε επιχειρήματα για να υποστηρίξετε τον ισχυρισμό σας σχετικά με το ερώτημα: οι κλιματικές αλλαγές είναι ανθρωπογενές ή φυσικό φαινόμενο;»*). Στην πρώτη ενότητα «*Ανησυχητικά Φαινόμενα*», οι μαθητές μελετούν δεδομένα και βρίσκουν ακραία φαινόμενα τα οποία σχετίζονται με τις κλιματικές αλλαγές. Στην επόμενη ενότητα, «*Μέρη του Συστήματος*», οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν σημαντικές πληροφορίες για τα διάφορα μέρη του συστήματος (ήλιος, γη, ατμόσφαιρα γης) και να συλλέξουν στοιχεία που θεωρούν σημαντικά, όπως για παράδειγμα τα φάσματα εκπομπής του ήλιου και της γης. Ακολούθως, οι μαθητές μελετούν την ενότητα «*Ρύθμιση θερμοκρασίας της Γης*» και επικεντρώνονται στην αύξηση της θερμοκρασίας, διαβάζουν τις πληροφορίες που σχετίζονται με τους παράγοντες που διαμορφώνουν την παγκόσμια θερμοκρασία και μελετούν το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τέλος, οι μαθητές μελετούν δεδομένα από την τελευταία ενότητα «*Γη και Κλίμα*» και καλούνται να πάρουν θέση για το κατά πόσο τα αίτια των κλιματικών αλλαγών είναι φυσικά ή ανθρωπογενή, οικοδομώντας τα επιχειρήματα τους.

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 23 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Α'-Γ' Λυκείου), ηλικίας 15-17 χρόνων. Η έρευνα έχει υλοποιηθεί στα πλαίσια του καλοκαιρινού Ομίλου Φυσικής που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, το καλοκαίρι του 2011.

Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων έγινε από συνδυασμό διαφόρων γραπτών έργων αξιολόγησης. Τα γραπτά έργα αξιολόγησης δόθηκαν πριν αλλά και με το τέλος της διδακτικής παρέμβασης. Η αξιολόγηση της δεξιότητας των μαθητών να επιχειρηματολογούν εξετάστηκε με τη χορήγηση δύο ισόμορφων γραπτών έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου. Οι μαθητές κλήθηκαν να πάρουν θέση σε δύο ζητήματα κοινωνικο-επιστημονικού περιεχομένου, το θέμα παρέμβασης (Κλιματικές Αλλαγές – έργο αξιολόγησης 1) και το θέμα μεταφοράς (Ινοκυστική Νόσος – έργο αξιολόγησης 2), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τριγωνοποίηση των αποτελεσμάτων. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν ισχυρισμό για το ερώτημα που τέθηκε σε κάθε περίπτωση και να οικοδομήσουν ένα επιχείρημα για υποστήριξη του ισχυρισμού τους, ένα αντεπιχείρημα και μια ανταπάντηση. Το τρίτο γραπτό έργο αξιολόγησης αφορούσε ένα άλλο θεματικό αντικείμενο, τα Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα (ΓΤΤ). Σε αυτό το έργο αξιολόγησης οι μαθητές μελετούν συγκεκριμένες πληροφορίες που τους δίνονται και επεξεργάζονται δύο δοσμένα, σχετικά επιχειρήματα τα οποία τους ζητείται να βελτιώσουν.

Ανάλυση δεδομένων

Οι κωδικοποιήσεις των γραπτών έργων αξιολόγησης, όπου ήταν εφικτό και συμβατό με τις επιδιώξεις και τα δεδομένα της έρευνας, στηρίχθηκαν σε υφιστάμενα σχήματα κωδικοποίησης, τα οποία έχουν εμφανιστεί στη διαθέσιμη ερευνητική βιβλιογραφία (Zohar & Nemet 2002). Στόχος της κωδικοποίησης των γραπτών έργων αξιολόγησης 1 και 2 ήταν η αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να οικοδομούν επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα και ανταπαντήσεις παρέχοντας τεκμηριωμένες αιτιολογήσεις βασισμένες σε υποστηρικτικά στοιχεία, στο θέμα παρέμβασης και μεταφοράς. Το κριτήριο αξιολόγησης ήταν ο αριθμός των αιτιολογήσεων που παρείχαν οι μαθητές για επίτευξη του πιο πάνω στόχου. Η κατηγοριοποίηση κυμάνθηκε από το 0-5 (0=καμία απάντηση, 1=μόνο ισχυρισμός, 2=αιτιολογήσεις βασισμένες σε προσωπικές απόψεις, 3=μία αιτιολόγηση βασισμένη σε υποστηρικτικά στοιχεία, 4=δύο αιτιολογήσεις βασισμένες σε υποστηρικτικά στοιχεία, 5=τρεις ή περισσότερες αιτιολογήσεις βασισμένες σε υποστηρικτικά στοιχεία). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης της τελευταίας κατηγορίας είναι το εξής: «*Οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν τεράστιες ποσότητες CO_2 και άλλων θερμοκηπιακών αερίων και συμβάλλουν στον 'εγκλωβισμό' της ακτινοβολίας. Τέτοιες δραστηριότητες όπως η καύση του άνθρακα και η εκτεταμένη χρήση σπρέι επιτρέπουν την είσοδο επιπρόσθετης ακτινοβολίας*».

Στην περίπτωση του τρίτου γραπτού έργου αξιολόγησης, το πρώτο κριτήριο σχετιζόταν με την ικανότητα των μαθητών να αξιολογούν την ποιότητα δοσμένου επιχειρήματος και η κωδικοποίηση κυμάνθηκε από 1 ως 4 (1=Απλή τοποθέτηση, 2=Σχολιασμός περιεχομένου του ισχυρισμού, 3=Διατύπωση αξιολογικής κρίσης χωρίς αιτιολόγηση, 4=Αξιολόγηση ποιότητας του επιχειρήματος με αιτιολόγηση). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης της τελευταίας κατηγορίας είναι το εξής: «*Το επιχείρημα είναι αρκετά πειστικό γιατί έχει αρκετά δεδομένα στο περιεχόμενο του που πείθουν τον αναγνώστη*». Το δεύτερο κριτήριο το οποίο σχετιζόταν με τη βελτίωση της ποιότητας του δοσμένου επιχειρήματος είχε εύρος 0-3 (0=Καμία βελτίωση, 1=μια αιτιολόγηση για βελτίωση, 2=δύο αιτιολογήσεις για βελτίωση, 3=τρεις αιτιολογήσεις για βελτίωση). Για παράδειγμα ένας μαθητής που εντάχθηκε στην τελευταία κατηγορία είπε: «*Θα επισήμαινα ότι είναι ασφαλή για τον οργανισμό και είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον αφού δεν χρειάζονται πολλά φυτοφάρμακα και δεν προκαλούν αλλεργίες*». Η διαδικασία κωδικοποίησης και ανάλυσης των δεδομένων παρείχε σαφή εικόνα για τις διαφοροποιήσεις στις απαντήσεις των μαθητών και την κατανομή τους σε ιεραρχημένες κατηγορίες. Στη συνέχεια έγινε ποσοτική ανάλυση με κατάλληλους μη-παραμετρικούς στατιστικούς ελέγχους (Wilcoxon). Η προσπάθεια διασφάλισης της αξιοπιστίας της ανάλυσης των δεδομένων επήλθε με την επανάληψη της κωδικοποίησης μέρους των δεδομένων, 30% του συνόλου των γραπτών έργων αξιολόγησης, από δεύτερο ερευνητή με προηγούμενες εμπειρίες τόσο στο πεδίο της επιχειρηματολογίας όσο και στην ποιοτική ανάλυση δεδομένων. Το ποσοστό ταύτισης των δύο ανεξάρτητων κωδικοποιήσεων ήταν μεγαλύτερο από 86%.

Αποτελέσματα

Για τη διαχείριση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος χρησιμοποιήθηκαν τα γραπτά έργα αξιολόγησης 1 και 2 για να *καταδείξουν το βαθμό στον οποίο αναπτύχθηκε η δεξιότητα της επιχειρηματολογίας μετά την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες που προωθούν αυτή τη δεξιότητα*. Η πληροφόρηση σχετίζεται με την ικανότητα των μαθητών να οικοδομούν επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα και ανταπαντήσεις χρησιμοποιώντας τεκμηριωμένες αιτιολογήσεις βασισμένες σε υποστηρικτικά στοιχεία (Πίνακας 1). Η οικοδόμηση επιχειρήματος με χρήση τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων στο θέμα παρέμβασης κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές με το στατιστικό έλεγχο Wilcoxon ($z=-3.289$, $p<0.05$, $r=-.69$[20]). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στο θέμα μεταφοράς, αφού υπήρξε αύξηση του ποσοστού των μαθητών που χρησιμοποίησαν τρεις ή περισσότερες αιτιολογήσεις ($z=-2.076$, $p<0.05$, $r=-.42$). Η κωδικοποίηση των δεδομένων που προέκυψαν μετά τη διδακτική παρέμβαση εισηγείται ότι

[20] $0.10<r<0.30$ (small effect), $0.30<r<0.50$ (medium effect), $0.50<r<1$ (large effect)

η πλειοψηφία των μαθητών τεκμηριώνει τα επιχειρήματα δίνοντας μία ή δύο αιτιολογήσεις και στα δύο θέματα (ΚΑ: z=-3.459, p<0.05, r=-.72; ΙΝ: z=-3.350, p<0.05, r=0.70). Αντίστοιχα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και κατά την οικοδόμηση ανταπαντήσεων. Σημαντικές ήταν οι μειώσεις στα ποσοστά των μαθητών που πριν τη διδακτική παρέμβαση έδιναν αιτιολογήσεις βασισμένες σε προσωπικές απόψεις (ΚΑ: z=-3.535, p<0.05, r=-.74; ΙΝ: z=-3.360, p<0.05, r=0.70).

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες (63% για το επιχείρημα 1 και 59% για το επιχείρημα 2) (Πίνακας 2) σχολίασαν μόνο το περιεχόμενο του ισχυρισμού χωρίς να μπουν στη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας του, φανερώνοντας την αδυναμία τους ως προς αυτή τη δεξιότητα. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση αυτά τα ποσοστά μειώθηκαν σε 26% και 22%, αντίστοιχα και οι διαφοροποιήσεις που υπήρξαν ήταν στατιστικά σημαντικές (Επιχείρημα 1: z=-2.575, p<0.05, r=-.54, Επιχείρημα 2: z=-2.994, p<0.05, r=-.62). Επιπρόσθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση ήταν εμφανής η βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να διατυπώνουν αξιολογική κρίση για την ποιότητα του επιχειρήματος, εστιάζοντας συχνά στην ανεπάρκεια υποστηρικτικών στοιχείων και στην ελλιπή χρήση τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων. Μια πρόσθετη ένδειξη για απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος είναι η ικανότητα των μαθητών να βελτιώνουν την ποιότητα ενός δοσμένου επιχειρήματος. Όπως φαίνεται στον πίνακα 3, υπήρξε σημαντική μείωση των ποσοστών των άσχετων απαντήσεων στα δύο επιχειρήματα. Μετά τη διδακτική παρέμβαση διπλασιάστηκαν τα ποσοστά των μαθητών που παρείχαν δύο αιτιολογήσεις για βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων. Αύξηση παρατηρήθηκε και στην περίπτωση όπου οι μαθητές έδωσαν τρεις αιτιολογήσεις. Ο στατιστικός έλεγχος Wilcoxon κατέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές καταδεικνύοντας ότι οι μαθητές ανέπτυξαν τη δεξιότητα βελτίωσης της ποιότητας των επιχειρημάτων που αξιολόγησαν (Επιχείρημα 1: z=-2.596, p<0.05, r=-.54, Επιχείρημα 2: z=-2.656, p<0.05, r=-.55).

Συζήτηση

Η συνεισφορά της παρούσας ερευνητικής εργασίας συνδέεται με τον εμπλουτισμό της υφιστάμενης βιβλιογραφίας, σε σχέση με το βαθμό στον οποίο είναι ανεπτυγμένες οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας, πριν την εμπλοκή σε σχετική διδακτική παρέμβαση. Επιπρόσθετα, επικυρώνεται και επεκτείνεται η υφιστάμενη τεχνογνωσία σχετικά με τις δυσκολίες των μαθητών στην επιχειρηματολογία. Ταυτόχρονα, τεκμηριώνεται περαιτέρω η ανάγκη για διδακτική διαχείριση των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών μέσα από ειδικά σχεδιασμένες διδακτικές επινοήσεις.

Τα αποτελέσματα εισηγούνται ότι οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας δεν είναι ανεπτυγμένες και δεν αναδύονται αυθόρμητα σε μαθητές Λυκείου που δεν έχουν έρθει σε επαφή με τέτοιου είδους δραστηριότητες (Kuhn et al. 2008). Όπως διαφάνηκε από τα αποτελέσματα, οι μαθητές οικοδομούν με μεγαλύτερη ευκολία επιχειρήματα, αλλά δυσκολεύονται στην παροχή τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων για οικοδόμηση αντεπιχειρημάτων και ανταπαντήσεων δείχνοντας την ανεπάρκεια υψηλού επιπέδου δεξιοτήτων συλλογισμού. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εξέταση του βαθμού στον οποίο οι μαθητές έχουν την ικανότητα να αξιολογούν και να βελτιώνουν την ποιότητα ενός επιχειρήματος καταδεικνύουν την αδυναμία των μαθητών να αναγνωρίσουν τη σημασία παροχής πολλών τεκμηριωμένων αιτιολογήσεων που να βασίζονται σε υποστηρικτικά στοιχεία, σχολιάζοντας το περιεχόμενο του ή διατυπώνοντας αξιολογική κρίση χωρίς να την αιτιολογούν. Αυτές οι διαπιστώσεις ενισχύουν τον ισχυρισμό που εντοπίζεται σε ευρήματα παλαιότερων ερευνών που αναφέρουν ότι οι πλείστοι μαθητές αδυνατούν να οικοδομήσουν τη δεξιότητα της επιχειρηματολογίας γιατί δεν τους παρέχονται ευκαιρίες για συμμετοχή σε τέτοιες διαδικασίες, αναδεικνύοντας την ανάγκη προώθησης τους μέσα από ρητές διδακτικές παρεμβάσεις με την εφαρμογή ειδικά σχεδιασμένων μαθησιακών περιβαλλόντων (Osborne et al. 2004). Αυτές οι δυσκολίες των μαθητών φαίνεται να περιορίστηκαν σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση, αναδεικνύοντας την αποτελεσματικότητα του υλικού.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά ποσοστά του αριθμού αιτιολογήσεων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την οικοδόμηση επιχειρημάτω τεπιχειρημάτων και ανταπαντήσεων, στο θέμα παρέμβασης και μεταφοράς

	Κλιματικές Αλλαγές						Ινοκυστική Νόσος					
Κατ.	**Επιχείρημα**		**Αντεπιχείρημα**		**Ανταπάντηση**		**Επιχείρημα**		**Αντεπιχείρημα**		**Ανταπάντητ**	
	Πριν (%)	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Με (%**
0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0
1	11	0	0	4	14	9	4	0	4	0	7	0
2	39	13	46	4	68	9	21	17	42	17	57	9
3	25	17	50	39	14	52	47	27	50	39	25	3
4	21	31	0	39	0	30	21	39	4	39	11	5
5	4	39	0	14	0	0	7	17	0	5	0	4
Συν.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10

Για απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος χρησιμοποιήθηκε το γραπτό έργο αξιολόγησης 3 με στόχο την αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να *κρίνουν και να βελτιώνουν δοσμένα επιχειρήματα* στο θέμα των Γενετικά Τροποποιημένων Τροφίμων.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά ποσοστά για το βαθμό αξιολόγησης της ποιότητας των δοσμένων επιχειρημάτων στο θέμα των ΓΤΤ

Κατ.	**Επιχείρημα 1**		**Επιχείρημα 2**	
	Πριν (%)	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**
1	0	0	8	0
2	63	26	59	22
3	8	17	4	9
4	29	57	29	69
Συν.	100	100	100	100

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικά ποσοστά για το βαθμό βελτίωσης της ποιότητας των δοσμένων επιχειρημάτων στο θέμα των ΓΤΤ

Κατ.	**Επιχείρημα 1**		**Επιχείρημα 2**	
	Πριν (%)	**Μετά (%)**	**Πριν (%)**	**Μετά (%)**
0	25	4	46	17
1	54	35	33	35
2	17	35	13	26
3	4	26	8	22
Συν.	100	100	100	100

Ωστόσο, παρά τα ενθαρρυντικά στοιχεία που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων φαίνεται ότι ορισμένοι μαθητές εξακολουθούν να έχουν κάποιες δυσκολίες, μετά τη διδακτική παρέμβαση, σε σχέση με την παροχή τεκμηριωμένων αντεπιχειρημάτων και ανταπαντήσεων καθώς επίσης και με τη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων. Έτσι, κρίνεται αναγκαία η πρόταση βελτιωτικών ρυθμίσεων για αναθεώρηση του μαθησιακού περιβάλλοντος για βελτίωση της αποτελεσματικότητας του. Μια δυνητικά χρήσιμη αναθεώρηση περιλαμβάνει την εισαγωγή δραστηριοτήτων για ρητή διδακτική διαχείριση των συνιστωσών της επιχειρηματολογίας (επιχείρημα, αντεπιχείρημα, ανταπάντηση) και του ρόλου τους στη διαδικασία της διαλογικής επιχειρηματολογίας. Επίσης, μια άλλη αναθεώρηση αφορά στη ρητή συζήτηση για τα διαφορετικά είδη αντεπιχειρημάτων και της σχετικής ισχύος τους στη διαλογική επιχειρηματολογία. Τέλος, πρέπει να δοθεί περισσότερη έμφαση στην προώθηση της ικανότητας των μαθητών να αξιολογούν και να βελτιώνουν τα επιχειρήματα τους, με εισαγωγή δραστηριοτήτων που θα στοχεύουν στον καταρτισμό κριτηρίων αξιολόγησης.

Βιβλιογραφία

Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. Science Education, 84, 287-312.

Jiménez-Aleixandre, M. P. & Erduran, S. (2008). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran, & M. P Jimenez-Aleixandre (Eds.), Argumentation in Science education: Perspectives from classroom-based research (pp.3-27). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. Child Development, 74(5), 1245–1260.

Kuhn D., Goh W., Iordanou K., & Shaenfield D. (2008). Arguing on the Computer: A Microgenetic Study of Developing Argument Skills in a Computer-Supported Environment. Child Development, 79:5, 1310 – 1328.

Naylor, S. Keogh, B. & Downing, B. (2007). Argumentation and Primary Science. Research in Science Education, 37, 17-39.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994–1020.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2010). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. Science Education, 1-41.

Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. Cognition and Instruction, 23(1), 23-55.

Toulmin, S. E. (2003). The uses of argument (updated ed.). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. Journal of research in science teaching, 39 (1), 35-62.

Γνώσεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή: παράγοντες που τα επηρεάζουν

Πηνελόπη Παπαδοπούλου[1] και Γεώργιος Μαλανδράκης[2]
[1]*Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών,*
ppapadopoulou@uowm.gr
[2]*Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,*
gmalandrakis@uowm.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί το επίπεδο γνώσεων φοιτητριών/των του ΠΤΔΕ και ΠΤΝ Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (Φλώρινα) σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή και να προσδιοριστούν οι παράγοντες που το επηρεάζουν. Συμμετείχαν 157 φοιτήτριες/τές από τα δύο Τμήματα οι αποίες/οι απάντησαν σε ένα on-line ερωτηματολόγιο. Υπολογίστηκαν τα συνολικά σκορ επίδοσης των συμμετεχόντων σε θέματα όπως είναι οι αιτίες, επιπτώσεις και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της κλιματικής αλλαγής και το επίπεδο της συνολικής επίδοσης στο θέμα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι επιδόσεις των φοιτητριών/των κυμαίνονται σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα. Επίσης, ανιχνεύθηκαν παράγοντες που φαίνεται, κυρίως, να επηρεάζουν την επίδοσή τους, όπως είναι η κατεύθυνση των λυκειακών σπουδών και η κατοχή δεύτερου πτυχίου. Αντίθετα, η σύντομη διδασκαλία σχετικών θεμάτων δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την επίδοση των μελλοντικών εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και της προσχολικής αγωγής.

Abstract

In this study, the scores of 157 pre-service student-teachers (STs) of Primary and Early Childhood Education Departments, University of Western Macedonia, were assessed on GW issues, through the use of a series of closed-form questions. Data regarding STs demographics, academic background, sources of environmental information and place of nurture, were also gathered. Total scores on the issues of causes, consequences, and possible cures of GW were calculated for each ST, as well as a grand total score assessing individual comprehensive performance on GW understanding. Beyond descriptive, t-test was used to assess significant differences on STs' answers based on independent variables. Analysis revealed medium to low levels of understanding related to the issues of interest. Secondary education background and university degree from other fields of study seems to be factors significantly affecting STs' scores. On the other hand, relevant, short-scale teaching appears to do not have the anticipated effect.

Εισαγωγή

Η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και η παγκόσμια θέρμανση αποτελούν παγκόσμια θέματα υψηλής προτεραιότητας για την περιβαλλοντική πολιτική. Σύμφωνα με τη UNEP (2010) η κλιματική αλλαγή είναι μια από τις μεγάλες σύγχρονες προκλήσεις, καθώς πρόκειται για μια εξελισσόμενη κρίση με διαστάσεις που αφορούν την οικονομία, την υγεία και την προστασία (safety), την παραγωγή τροφής, την ασφάλεια (security), κ.α. Η εκπαίδευση είναι ένα θεμελιώδες συστατικό της παγκόσμιας απόκρισης στην κλιματική αλλαγή, καθώς είναι κρίσιμο να κατανοηθούν και να αντιμετωπισθούν οι επιπτώσεις της παγκόσμιας θέρμανσης και να ενθαρρυνθούν αλλαγές στις στάσεις και τις συμπεριφορές. Ο «κλιματικός εγγραμματισμός» αποτελεί στόχευση της Περιβαλλοντικής Αγωγής και της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Ανάλογη της βαρύτητας του προβλήματος και της κρίσιμης συμβολής της εκπαίδευσης είναι και η διεθνής ερευνητική δραστηριότητα. Στη διεθνή βιβλιογραφία οι περισσότερες εκπαιδευτικές έρευνες σχετίζονται με την πιο συνηθισμένη και μόνιμη, σχεδόν, παρανόηση που είναι η αιτιακή σχέση μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της εξασθένισης του στρώματος όζοντος,

όπου το οποιοδήποτε από τα δύο αυτά προκαλεί το άλλο (Boyes & Stanisstreet 1997, Boyes, Stanisstreet & Papantoniou 1999, Khalid 2001, Papadimitriou 2004, Boyes, Kalipsi, Yener, & Ozkadif 2009, Hansen 2010, Kisoglu et al. 2010, Hestness et al. 2011, Liarakou, Athanasiadis & Gavrilakis 2011, Ikonomides et al. 2012). Αυτή η συσχέτιση του φαινομένου του θερμοκηπίου με την εξασθένιση της οζοντικής στιβάδας έχει καταγραφεί στις ιδέες τόσο μαθητών/τριών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όσο και μελλοντικών (Khalid 2001, Papadimitriou 2004, Kalipsi, Yener, & Ozkadif 2009, Hestness et al. 2011, Kisoglu et al. 2010) καθώς επίσης και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικών (Michail, Stamou & Stamou 2007, Summers et al. 2000). Η πλειονότητα των μαθητών/τριών όλων των ηλικιών αλλά και των εκπαιδευτικών, φαίνεται να πιστεύουν ότι η 'τρύπα' στο στρώμα όζοντος συμβάλει στην παγκόσμια θέρμανση διότι επιτρέπει σε περισσότερες ακτίνες του ήλιου να περνούν, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της γης. Η συγκεκριμένη λανθασμένη αντίληψη, όπως και πολλές άλλες σχετικά με τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής, πιθανότατα έχουν επιπτώσεις στις αντιλήψεις των ανθρώπων σχετικά με τις δράσεις που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπισή του.

Οι έλληνες μελλοντικοί εκπαιδευτικοί φαίνεται να έχουν παρόμοιες εναλλακτικές ιδέες με αυτές που ανιχνεύθηκαν σε άλλες έρευνες, συμπεριλαμβανομένης της σύγχυσης του καιρού με το κλίμα, τη λανθασμένη συσχέτιση της κλιματικής αλλαγής με την περιβαλλοντική ρύπανση και την όξινη βροχή και την, επίσης, λανθασμένη συσχέτιση της κλιματικής αλλαγής με την εξασθένιση του στρώματος όζοντος (Ikonomidis et al. 2012, Papadimitriou 2004).

Συνοψίζοντας, αν και υπάρχει πλούσια διεθνής βιβλιογραφία σχετικά με τις ιδέες προπτυχιακών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή, υπάρχουν μόνο δύο έρευνες σχετικά τις αντιλήψεις ελλήνων προπτυχιακών εκπαιδευτικών για τα δύο αυτά θέματα (Papadimitriou 2004, Ikononidis 2012) και μόνο μία με προπτυχιακούς νηπιαγωγούς (Daskolia et al. 2006). Επίσης, δεν έχουμε καταγράψει στη διεθνή βιβλιογραφία προσπάθειες ποσοτικής αποτίμησης της κατανόησης που σχετίζεται με τα παραπάνω φαινόμενα και κυρίως ανίχνευσης των παραγόντων που επηρεάζουν αυτή την επίδοση. Η διερεύνηση αυτή είναι απαραίτητη έτσι ώστε η σχετική διδασκαλία να γίνει πιο αποτελεσματική και να επικεντρωθεί στις ελλείψεις και παρανοήσεις τους, αποσκοπώντας στη εξάλειψή τους. Με βάση τα παραπάνω, τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα τα οποία καθοδήγησαν την έρευνά μας είναι τα ακόλουθα:

(α) Ποιο είναι το επίπεδο κατανόησης των φοιτητριών/τών, μελλοντικών εκπαιδευτικών, σε θέματα που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παγκόσμια θέρμανση τόσο συνολικά όσο και σε επιμέρους θέματα;

(β) Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανόηση των φοιτητριών/τών εκπαίδευσης σε θέματα που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παγκόσμια θέρμανση;

Μεθοδολογία της έρευνας

Πλαίσιο διεξαγωγής της έρευνας και συλλογή των δεδομένων

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη μέσω μιας on-line και από απόσταση επισκόπησης, η οποία είχε αναπτυχθεί ειδικά για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιώντας το λογισμικό ανοικτού κώδικα *Limesurvey*. Η διάρκειά της ήταν μία εβδομάδα και για να διασφαλιστεί η εγκυροτητα και αξιοπιστία των απαντήσεων, η επισκόπηση δεν ήταν ανώνυμη και επιπλέον υπήρχε χρονικός περιορισμός 30 λεπτών για την συμπλήρωσή της. Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες είχαν διαβεβαιωθεί ότι οι απαντήσεις τους δεν θα επηρεάσουν τη βαθμολογία τους στα μαθήματα.

Ερευνητικό εργαλείο

Το ερευνητικό εργαλείο περιελάμβανε συνολικά 26 ερωτήσεις κλειστού τύπου, είτε μονής είτε πολλαπλής επιλογής. Ως βάση για την ανάπτυξή του χρησιμοποιήθηκε αυτό των Boyes και Stanisstreet (1992), το οποίο τροποποιήθηκε και εμπλουτίστηκε με ερωτήσεις από τις έρευνες των Michail et al. (2007), Papadimitriou (2004) και Daniel et al. (2004).

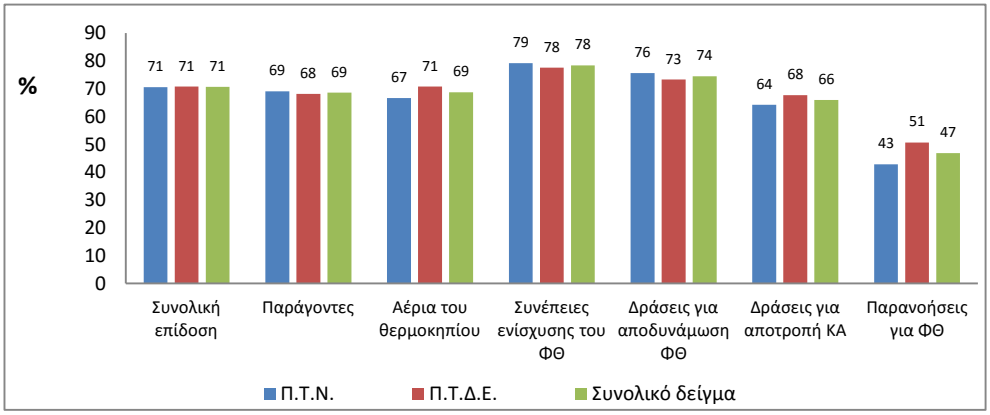
Το *πρώτο τμήμα* του ερωτηματολογίου περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τα δημογραφικά στοιχεία των φοιτητριών/των, την κατεύθυνση σπουδών στο λύκειο και τις πηγές πληροφόρησής τους για περιβαλλοντικά θέματα (11 ερωτήσεις). Το *δεύτερο τμήμα* περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με αιτίες, επιπτώσεις και πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου και της παγκόσμιας θέρμανσης (7 ερωτήσεις). Το *τρίτο* και *τέταρτο τμήμα* του ερωτηματολογίου περιελάμβαναν ερωτήσεις σχετικά με το στρώμα όζοντος (4 ερωτήσεις) και την όξινη βροχή (4 ερωτήσεις). Επίσης και στα τρία τελευταία τμήματα του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονταν ερωτήσεις σχετικά με τις ιδέες των φοιτητριών/των για τη σχέση μεταξύ των τριών κύριων περιβαλλοντικών θεμάτων τα οποία ήταν υπό διερεύνηση. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε δεδομένα που αφορούν το δεύτερο τμήμα του ερωτηματολογίου (παγκόσμια θέρμανση). Ο δείκτης εσωτερικής εγκυρότητας Cronbach's a για το συγκεκριμένο τμήμα του ερωτηματολογίου ήταν 0,885, επίπεδο το οποίο θεωρείται πολύ ικανοποιητικό

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 157 φοιτήτριες/τές από τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Ογδόντα από αυτές (50,6%) ήταν από το ΠΤΔΕ και εβδομήντα οκτώ (49,4%) από το ΠΤΝ. Εκατόν τριάντα έξι (86.1%) ήταν κορίτσια και 22 ήταν αγόρια (13.9%). Η πλειοψηφία από τις συμμετέχουσες είχαν ακολουθήσει στο Λύκειο την Θεωρητική κατεύθυνση (75,9%), ενώ υπήρχαν φοιτήτριες/τές τόσο από την Τεχνολογική (12,7%) όσο και από την Θετική κατεύθυνση (11,4%).

Ανάλυση

Τα δεδομένα από την επισκόπηση εισήχθησαν στο SPSS v.18 για περαιτέρω ανάλυση. Οι



Γράφημα 1: Οι συνολικοί και κατά Τμήμα μέσοι όροι στα θέματα και τις παρανοήσεις που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παγκόσμια θέρμανση ως ποσοστό της θεωρητικά μέγιστης επίδοσης

απαντήσεις στα ερωτήματα που αφορούσαν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παγκόσμια θέρμανση κωδικοποιήθηκαν δίνοντας '1' για κάθε σωστή επιλογή και 'ο' για κάθε λανθασμένη. Με την άθροιση των ατομικών σκορ κατά θέμα και στο σύνολό τους, προέκυψαν η συνολική

και οι επιμέρους (ανά θέμα) επιδόσεις για κάθε φοιτήτρια/τή. Υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά μεγέθη και έγινε έλεγχος (t-test) για τυχόν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιμέρους ομάδων των συμμετεχόντων, όπως

αυτές καθορίζονται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Επίσης, για την ποσοτική αποτίμηση της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών έγινε ανάλυση παλινδρόμησης.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο **Γράφημα 1**, παρουσιάζονται, ως ποσοστά των αντίστοιχων θεωρητικά μέγιστων τιμών, τόσο τα συνολικά όσο και κατά Τμήμα σκορ στα υπό εξέταση θέματα. Η πρώτη επισήμανση είναι ότι και στα δύο αυτά σκορ οι αντίστοιχοι μέσοι όροι (Μ.Ο.) είναι μάλλον μέτριοι, καθώς ανέρχονται στο 70,66% του θεωρητικά μέγιστου για το σύνολο του δείγματος, στο 70,75% για τις φοιτήτριες/τές του ΠΤΔΕ και στο 70,57% τις φοιτήτριες/τές του ΠΤΝ. Επίσης, ο καλύτερος Μ.Ο., ως ποσοστό του θεωρητικού μέγιστου, καταγράφεται από τις/τους φοιτήτριες/ές του ΠΤΝ (79,21%) στις ερωτήσεις που σχετίζονται με τις συνέπειες από την ενίσχυση του ΦΘ. Στο ίδιο θέμα καταγράφεται και ο υψηλότερος Μ.Ο. για τις φοιτήτριες/τές του ΠΤΔΕ (78,34%) και για το συνολικό δείγμα (77,50%), ενώ ο χειρότερος Μ.Ο., καταγράφεται στις ερωτήσεις που σχετίζονται με τις παρανοήσεις, με χαμηλότερο αυτό των φοιτητών/τριών του ΠΤΝ (42,85%, ΠΤΔΕ:50,65%, σύνολο:46,8%).

Στον **πίνακα 1**, παρουσιάζονται οι Μ.Ο. για το σύνολο των ερωτήσεων που αφορούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την παγκόσμια θέρμανση, καθώς και για τα επιμέρους θέματα. Επίσης, παρουσιάζονται οι αντίστοιχοι Μ.Ο. και ανά Τμήμα φοίτησης (ανεξάρτητη μεταβλητή). Παρά το ότι υπήρξε διδακτική παρέμβαση σχετικά με το ΦΘ στις φοιτήτριες/τές του ΠΤΔΕ ο Μ.Ο. τους είναι υψηλότερος και μάλιστα οριακά ορισμένες φορές, μόνο σε τέσσερις θεματικές (βλ. Πίνακα 1): (α) συνολικό σκορ, (β) γνώση για τα αέρια του θερμοκηπίου, (γ) δράσεις που αποτρέπουν την κλιματική αλλαγή και, (δ) παρανοήσεις για το ΦΘ). Αντίθετα, στα υπόλοιπα τρία υπό εξέταση θέματα (παράγοντες/δραστηριότητες ενίσχυσης του ΦΘ, συνέπειες από την ενίσχυσή του και δράσεις για αποδυνάμωσή του) οι Μ.Ο. των φοιτητριών/τών του ΠΤΝ είναι υψηλότεροι. Επιπλέον, η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φοιτητριών/τών των δυο τμημάτων καταγράφεται στη γνώση για τα θερμοκηπιακά αέρια ($t=2,166$, $df=156$, $sig=0,032$) και ίσως αξίζει να αναφέρουμε την οριακά στατιστικά σημαντική διαφορά ($t=1,818$, $df=155$, $sig=0,071$), που αφορά την εμφάνιση παρανοήσεων σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε αυτές τις διαφορές μεταξύ των δύο Τμημάτων μπορούμε να ανιχνεύσουμε την επίδραση της διδασκαλίας θεμάτων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή (γνώση των θερμοκηπιακών αερίων για το ΠΤΔΕ), αλλά ίσως και την διαφοροποίηση λόγω και της συνολικής συγκρότησης του Προγράμματος Σπουδών των δυο Τμημάτων (Μαθήματα Φυσικών και Περιβαλλοντικών Επιστημών και ως προς τον αριθμό αλλά κυρίως ως προς το περιεχόμενο).

Ως προς τους Μ.Ο. σε σχέση με το φύλλο (βλ. πίνακα 2), επισημαίνουμε ότι οι φοιτήτριες έχουν γενικά ψηλότερες επιδόσεις από τους φοιτητές και μάλιστα η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική σε σχέση με τους παράγοντες που ενισχύουν το ΦΘ ($t=2,194$, $df=156$, $sig=0,030$). Η μοναδική εξαίρεση καταγράφεται στην ομάδα ερωτήσεων που αφορούν τις δράσεις που είναι δυνατόν να αποτρέψουν την κλιματική αλλαγή στην οποία οι φοιτητές έχουν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο Μ.Ο. από τις φοιτήτριες ($t=-2,730$, $df=156$, $sig=0,007$). Σχετικά με τις παρανοήσεις, πάλι τα αγόρια έχουν υψηλότερη επίδοση από τα κορίτσια, χωρίς, ωστόσο αυτή η διαφορά να είναι στατιστικώς σημαντική.

Η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής «κατεύθυνση στο Λύκειο» φαίνεται να είναι πιο σημαντική (πίνακας 2), καθώς όσες/οι φοιτήτριες/τές επέλεξαν τη Θετική ή την Τεχνολογική κατεύθυνση (Θ/Τ) στο Λύκειο, επιτυγχάνουν υψηλότερα σκορ και στο σύνολο και στα επιμέρους θέματα. Μόνη εξαίρεση αποτελούν οι παρανοήσεις, όπου οι απόφοιτοι της θεωρητικής κατεύθυνσης (ΘΕ) φαίνεται να υπερέχουν ελαφρά (διαφορά μέσων όρων 0,02), αλλά και στις δύο ομάδες η επίδοση είναι πολύ χαμηλή (46% του θεωρητικά μέγιστου για τους απόφοιτους Θ/Τ και αντίστοιχα 47% για τους απόφοιτους ΘΕ).

Πίνακας 1: Μέσοι όροι στο σύνολο του δείγματος και κατά Τμήμα, συνολικά για το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και για τα επιμέρους θέματα

	Σύνολο *(N=158)*		**ΠΤΔΕ** *(n=80)*		**ΠΤΝ** *(n=78)*	
Θέματα & *Θεωρητικά αναμενόμενα Min & Max σκορ*	**Μ.Ο.**	**Τ.Α.**	**Μ.Ο.**	**Τ.Α.**	**Μ.Ο.**	**Τ.Α.**
Φαινόμενο Θερμοκηπίου – Παγκόσμια υπερθέρμανση: Συνολικά σκορ (*Θεωρητικό Min=0, Max=73*)	**51,586**	6,080	**51,650**	6,504	**51,519**	1,801
Παράγοντες/δραστηριότητες που ενισχύουν το ΦΘ (*Min=0, Max=16*)	10,975	1,955	10,900	2,102	11,051	1,801
Γνώση για τα αέρια του θερμοκηπίου (*Min=0, Max=10*)	6,873	1,198	7,075*	1,100	6,667*	1,266
Συνέπειες ενίσχυσης του ΦΘ *(Min=0, Max=1)*	10,968	1,622	10,850	1,442	11,090	1,789
Δράσεις για αποδυνάμωση ΦΘ *(Min=0, Max=15)*	11,165	1,699	10,988	1,657	11,346	1,735
Δράσεις για αποτροπή Κλιματικής Αλλαγής *(Min=0, Max=16)*	10,551	2,309	10,825	2,332	10,269	2,266
Παρανοήσεις για ΦΘ *(Min=0, Max=2),*	0,936	0,539	1,013#	0,584	0,857#	0,478

# p < 0.1, * p < 0.05, **p<0.01

Οι προαναφερθείσες διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές στα συνολικά σκορ (t=3,109, df=155, sig=0,02), στη γνώση που σχετίζεται με τα αέρια του θερμοκηπίου (t=2,496, df=156, sig=0,014), στις δράσεις για αποδυνάμωση του ΦΘ (t=3,484, df=156, sig=0,001), στην ομάδα ερωτήσεων που αφορά τις δράσεις για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής (t=2,125, df=156, sig=0,035) και είναι οριακά στατιστικά σημαντικές στην ομάδα των ερωτήσεων που αφορούν τις γνώσεις για τους παράγοντες που ενισχύουν το ΦΘ (t=1,818, df=156, sig=0,071).

Ως προς την ανεξάρτητη μεταβλητή «άλλο πτυχίο» (βλ. πίνακα 3), καταγράφεται ότι οι φοιτήτριες/τές τους οποίους οι παιδαγωγικές σπουδές γίνονται μετά από την απόκτηση ενός πρώτου πτυχίου σε άλλους επιστημονικούς κλάδους (π.χ., πολιτικές επιστήμες, πληροφορική, ΤΕΦΑΑ, ΜΙΘΕ, κλπ) έχουν σταθερά υψηλότερα σκορ από τους συμφοιτητές τους που βρίσκονται στη διαδικασία απόκτησης του πρώτου τους πτυχίου (αρνητικό πρόσημο στη διαφορά των Μ.Ο.) και μάλιστα οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές ως προς τα συνολικά σκορ (t=-2,050, df=155, sig=0,004), ως προς τους παράγοντες που ενισχύουν το ΦΘ (t=-2,887, df=76, sig=0,005), ως προς τις δράσεις για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής (t=-2,327, df=156, sig=0,031) και ως προς τις παρανοήσεις για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (t=-2,626, df=75, sig=0,011). Ωστόσο, οφείλουμε να επισημάνουμε ότι αυτά τα σκορ προέρχονται από μια μικρή ομάδα 17 φοιτητριών/τών, που αποτελούν το 10,8% του συνολικού δείγματος. Επιπλέον, στον ίδιο πίνακα, ως προς το περιβάλλον καταγωγής και ανατροφής των φοιτητριών/τών, οι πολύ μικρές διαφορές μεταξύ όσων κατάγονται από την ύπαιθρο (χωριό – κωμόπολη, Χ/Κ) από αυτούς που κατάγονται από αστικό περιβάλλον (μεγάλη πόλη και πόλη, ΜΠ/Π) δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Πίνακας 2: Μέσοι όροι και διαφορές ως προς το φύλο και την κατεύθυνση στο Λύκειο, συνολικά για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και για τα επιμέρους θέματα.

Ανεξάρτητες μεταβλητές / Εξαρτημένες μεταβλητές	**Φύλο** Γυναίκα (Γ) Άνδρας (Α)			**Κατεύθυνση** Θετική & Τεχνολογική (Θ/Τ) Θεωρητική (ΘΕ)		
		Μ.Ο. $N_{(Γ)}$=136, N(Α)=22	Διαφορά Μ.Ο.		**Μ.Ο.** $N_{(Θ/Τ)}$=38, $N_{(ΘΕ)}$=120	Διαφορά Μ.Ο.
Συνολικό σκορ	Γ	**51,64**	0,37	Θ/Τ	**54,18**	3,44*
	Α	**51,27**		ΘΕ	**50,74**	
Παράγοντες που ενισχύουν το ΦΘ	Γ	11,11	0,974*	Θ/Τ	11,47	0,66#
	Α	10,14		ΘΕ	10,82	
Αέρια του θερμοκηπίου	Γ	6,88	0,064	Θ/Τ	7,29	0,55*
	Α	6,82		ΘΕ	6,74	
Συνέπειες ενίσχυσης του ΦΘ	Γ	11,03	0,439	Θ/Τ	11,29	0,43
	Α	10,59		ΘΕ	10,87	
Δράσεις για αποδυνάμωση ΦΘ	Γ	11,20	0,244	Θ/Τ	11,97	1,07**
	Α	10,95		ΘΕ	10,91	
Δράσεις για αποτροπή ΚΑ	Γ	10,35	-1,420**	Θ/Τ	11,24	0,43*
	Α	11,77		ΘΕ	10,33	
Παρανοήσεις ΦΘ	Γ	0,93	-0,074	Θ/Τ	0,92	-0,02
	Α	1,00		ΘΕ	0,94	

# p < 0.1 * p < 0.05, **P < 0.01

Σε σχέση με τις πηγές περιβαλλοντικής πληροφόρησης, αξιοσημείωτη είναι η μικρή βαρύτητα που αποδίδουν οι φοιτήτριες/τές στην τυπική και άτυπη εκπαίδευση (σημειώσεις μαθήματος και σεμινάρια, Μ.Ο=5,87/10 ή 58,7% της θεωρητικά μέγιστης) και στα ηλεκτρονικά μέσα (TV, ράδιο, διαδίκτυο, Μ.Ο.=8,59/15 ή 57,27% της θεωρητικής μέγιστης). Αντίθετα, τα έντυπα μέσα (εφημερίδες, περιοδικά, εξειδικευμένα βιβλία και περιοδικά, Μ.Ο.=10,72/15 ή 71,47% της θεωρητικά μέγιστης τιμής) και το κοινωνικό περιβάλλον (οικογένεια, φίλοι, ΜΚΟ, Μ.Ο.=9,71/15 ή 64,73% της θεωρητικά μέγιστης τιμής) φαίνεται να έχουν περισσότερη σημασία για τις φοιτήτριες/τές.

Επιπλέον, ως προς τη συσχέτιση (Student Pearson Correlation) μεταξύ των πηγών πληροφόρησης που οι φοιτήτριες/τές αναγνωρίζουν ως σημαντικές για τις γνώσεις τους, η μόνη στατιστικά σημαντική συσχέτιση που καταγράφηκε, είναι ανάμεσα στην εκπαίδευση και τη γνώση για τις συνέπειες ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου (R=-0,160). Αντίθετα, αρνητική, αλλά όχι όμως στατιστικά σημαντική, είναι η συσχέτιση της τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης με τα συνολικά σκορ (R=-0,121), των παραγόντων που ενισχύουν το ΦΘ (R=-0,096), των δράσεων για την αποδυνάμωση του ΦΘ (R=-0,08), την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής (R=-0,029) και το βαθμό των παρανοήσεων που σχετίζονται με το ΦΘ (R=-0,055). Ωστόσο, οφείλουμε να επισημάνουμε ότι το σημαντικό στα παραπάνω ευρήματα είναι το γεγονός ότι οι συσχετίσεις αυτές είναι από ασθενείς έως αμελητέες, αλλά κυρίως αρνητικές. Η μόνη στατιστικά σημαντική συσχέτιση που καταγράψαμε σημαίνει ότι όσο πιο σημαντική θεωρούν οι φοιτήτριες/τές την εκπαίδευση για την ενημέρωση τους σε ζητήματα που αφορούν το ΦΘ, τόσο η επίδοσή τους στο συγκεκριμένο θέμα μειώνεται. Κατά συνέπεια, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι, ακόμα και όταν θεωρείται σημαντική η εκπαίδευση από κάποιους, ωστόσο δεν είναι αποτελεσματική για τους ίδιους, και αυτό προφανώς αφορά τα μελετώμενα θέματα και τον συγκεκριμένο πληθυσμό.

Τέλος, στην ανάλυση παλινδρόμησης επιβεβαιώνεται η σημασία της κατεύθυνσης φοίτησης στο Λύκειο και της κατοχής δεύτερου πτυχίου, καθώς αυτοί αναδεικνύονται στατιστικά σημαντικοί παράγοντες (p<0,01) για την πρόβλεψη της διακύμανσης της συνολικής ικανότητας μεν, αλλά με μικρή δύναμη πρόβλεψης. Και οι δύο μαζί προβλέπουν το 7,9% της διακύμανσης

των σκορ (R^2=0,079), με την κατεύθυνση στο Λύκειο να προβλέπει το 5,2% αυτής της διακύμανσης (ΔR^2=0,052).

Πίνακας 3: Μέσοι όροι και διαφορές, ως προς την κατοχή άλλου πτυχίου και το περιβάλλον ανατροφής, συνολικά για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και για τα επιμέρους θέματα

Ανεξάρτητες μεταβλητές / **Εξαρτημένες μεταβλητές**	**Άλλο Πτυχίο** Ναι-Όχι	**Μ.Ο.** Ναι=17, Όχι=140	Διαφορά ΜΕ	**Περιβάλλον ανατροφής** Κωμόπολη - χωριό (Κ/Χ) Μεγάλη πόλη – Πόλη (ΜΠ/Π)	**Μ.Ο.** $N_{(Κ/Χ)}$=61, $N_{(ΜΠ/Π)}$=96	Διαφορά ΜΕ
Συνολικό σκορ	Όχι	**51,25**	-3,17**	Κ/Χ	**51,67**	0,14
	Ναι	**54,41**		ΜΠ/Π	**51,53**	
Παράγοντες που ενισχύουν το ΦΘ	Όχι	10,89	-2,11**	Κ/Χ	11,00	0,04
	Ναι	13,00		ΜΠ/Π	10,96	
Αέρια του θερμοκηπίου	Όχι	6,63	-0,54	Κ/Χ	6,87	-0,01
	Ναι	7,17		ΜΠ/Π	6,88	
Συνέπειες ενίσχυσης του ΦΘ	Όχι	10,99	-1,35	Κ/Χ	10,85	-019
	Ναι	12,33		ΜΠ/Π	11,04	
Δράσεις για αποδυνάμωση ΦΘ	Όχι	11,21	-1,79	Κ/Χ	11,32	0,26
	Ναι	13,00		ΜΠ/Π	11,06	
Δράσεις για αποτροπή ΚΑ	Όχι	10,18	-1,15*	Κ/Χ	10,41	-0,22
	Ναι	11,33		ΜΠ/Π	10,64	
Παρανοήσεις ΦΘ	Όχι	0,84	-0,215*	Κ/Χ	0,90	-0,06
	Ναι	1,00		ΜΠ/Π	0,95	

# p < 0.1, * p < 0.05, **P < 0.01

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Καθώς η έρευνα δεν έχει παρόμοιο τρόπο ανάλυσης των δεδομένων με τις έρευνες που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι συγκλίνει με αυτές στο βαθμό που καταγράφει μέτρια επίδοση στα διάφορα θέματα του ΦΘ και της παγκόσμιας θέρμανσης και χαμηλή επίδοση στις ερωτήσεις που σχετίζονται με την γνωστή παρανόηση της αιτιακής σχέσης μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της εξασθένισης του στρώματος όζοντος. Η σημαντικότερη καταγραφή της έρευνάς μας όμως είναι ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Προσχολικής Αγωγής και Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, των Τμημάτων μας θα κληθούν να διδάξουν θέματα που σχετίζονται με την παγκόσμια θέρμανση και την κλιματική αλλαγή, ουσιαστικά μόνο με τις γνώσεις που απέκτησαν από την φοίτησή τους στο Λύκειο ή σε προηγούμενες Πανεπιστημιακές σπουδές, καθώς φαίνεται ότι η σύντομη διδασκαλία σχετικών θεμάτων στο ΠΤΔΕ δεν είχε σημαντική επίδραση στο επίπεδο γνώσης τους. Η επικέντρωση στη διδακτική μεθοδολογία είναι μια αναγκαιότητα, ιδιαίτερα σε μαθησιακά πεδία που στοχεύουν στην ενεργό εμπλοκή και στη ανάληψη δράσης από την πλευρά των εκπαιδευόμενων, όμως η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου των φοιτητών μας φαίνεται να είναι αρκετά αδύναμη καθώς και η γνώση του περιεχομένου είναι ανεπαρκής. Το ζήτημα επιδεινώνεται καθώς οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί έχουν παρανοήσεις σχετικά με το ΦΘ και έτσι είναι πρακτικά αδύνατο να διαχειριστούν διδακτικά τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών τους. Ίσως αυτές οι εναλλακτικές αντιλήψεις θα πρέπει να αποτελέσουν ιδιαίτερο αντικείμενο διδασκαλίας και

διδακτικού σχεδιασμού, ενισχύοντας έτσι και τη γνωστική αλλά και τη μεθοδολογική επάρκεια των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Βιβλιογραφία

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1992). Students' perceptions of global warming. International Journal of Environmental Studies, 42, 287-300.
Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). Research in Science and Technological Education, 15, 19–28.
Boyes, E., Stanisstreet, M. & Papantoniou, V. S. (1999). The ideas of Greek high school students about the 'ozone layer'. Science Education, 83, 724–737.
Daniel, B., Stanisstreet, M. & Boyes, E. (2004). How can we best reduce global warming? School students' ideas and misconceptions. International Journal of Environmental Studies, 61, 211–222.
Daskolia, M., Flogaitis, E. & Papageorgiou, E. (2006). Kindergarten teachers' conceptual frame on the ozone layer depletion. Exploring the associative meanings of a global environmental issue. Journal of Science Education and Technology, 15, 168–178.
Hansen, P.J.K. (2010). Knowledge about the greenhouse effect and the effects of the ozone layer among Norwegian pupils finishing compulsory education in 1993, and 2005—what now? International Journal of Science Education, 32, 397–419.
Hestness, E., McGinnis, J.R., Riedinger, K. & Marbach-Ad, G. (2011). A study of teacher candidates' experiences investigating global climate change within an elementary science methods course. Journal of Science Teacher Education, 22, 351–369.
Ikonomidis, S., Papanastasiou, D., Melas, D. & Avgoloupis, S. (2012). The Anthropogenic 'Greenhouse Effect': Greek Prospective Primary Teachers' Ideas About Causes, Consequences and Cures. Journal of Science Education and Technology, on-line first February 9, 2012.
Kalipsi, E., Yener, Y. & Ozkadif, S. (2009). The opinions of teacher candidates about global warming, greenhouse effect and ozone layer. World Applied Sciences Journal, 7, 67–75.
Khalid, T. (2001). Pre-service teachers' misconceptions regarding three environmental issues. Canadian Journal of Environmental Education, 6, 102–120.
Kisoglu, M., Gurbuz, H., Erkol, M., Akar, M.S. & Akilli, M. (2010). Prospective Turkish elementary science teachers' knowledge level about the greenhouse effect and their views on environmental education in university. International Electronic Journal of Elementary Education, 2, 217–236.
Liarakou, G., Athanasiadis, I. & Gavrilakis, C. (2011) What Greek secondary school students believe about climate change? International Journal of Environmental Science Education, 6, 79–98.
Michail, S., Stamou, A. & Stamou, G. (2007). Greek Primary School Teachers' Understanding of Current Environmental Issues: An Exploration of Their Environmental Knowledge and Images of Nature. Science Education, 91, 44-259.
Papadimitriou, V., (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. Journal of Science Education and Technology, 13, 299–307.
Summers, M., Kruger, C., Childs, A. & Mant, J. (2000). Primary school teachers' understanding of environmental issues: An interview study. Environmental Education Research, 6, 293–312.
United Nations Environment Programme (UNEP) (2010). UNEP Climate Change Factsheet. (Paris: UNEP). Διαθέσιμο στο http://www.unep.org/pdf/UNEP_Profile/Climate_change.pdf, Προσπελάθηκε 30 Οκτωβρίου 2012.

Η έννοια «ενέργεια» και οι ζωντανοί οργανισμοί

The energy concept and the living organisms

Αριστέα Μπουλουξή, Ντία Γαλανοπούλου, Σπύρος Κοΐνης
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, aboulouxi@sch.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, galanopoulou@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, koinis@chem.uoa.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή διερευνά τον τρόπο που αντιμετωπίζουν οι μαθητές την έννοια «ενέργεια» όταν καλούνται να ερμηνεύσουν φαινόμενα που σχετίζονται με ζωντανούς οργανισμούς. Το Σεπτέμβριο του 2009, διεξήχθη ποσοτική έρευνα με ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου –ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής πεντάβαθμης κλίμακας– και το 2010, προκειμένου να διερευνηθεί σε βάθος πώς τα υποκείμενα αντιλαμβάνονται την έννοια, διεξήχθη ποιοτική έρευνα με τη μέθοδο της κλινικής συνέντευξης. Τα αποτελέσματα τόσο της ποσοτικής, όσο και της ποσοτικής έρευνας συγκλίνουν, διασφαλίζοντας την εγκυρότητα της συνολικής μελέτης, και έχουν ως εξής: Τα υποκείμενα ταυτίζουν την έννοια «ενέργεια» με τη «ζωτική ενέργεια» όταν ερμηνεύουν φαινόμενα στα οποία εμπλέκονται ζωντανοί οργανισμοί.

Abstract

This study explores the ways in which Greek students perceive the energy concept in various phenomena which are related to living organisms. In September 2009, a quantitative research was conducted, using a close–ended questionnaire –multiple choice items attached to a five– point scale. In order to explore the ways in which students face the energy concept in depth, it was decided to further move to a qualitative research. This research was conducted in November and December 2010 and it was consisted of clinical interviews with 10 subjects aged from 8 to 19 years. The results of both these researches were in agreement, the most important of them being: The subjects face the energy concept in phenomena related to living organisms as "vital energy".

Εισαγωγή

Μια έννοια κεντρική στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (ΦΕ) είναι η έννοια της ενέργειας. Η έννοια αυτή είναι σημαντική επειδή επιτρέπει την ερμηνεία και πρόβλεψη πλήθους φαινομένων, τα οποία αντιμετωπίζονται από διαφορετικούς κλάδους των ΦΕ. Διαθέτει, επομένως, και ενοποιητική δυνατότητα, καθώς προσφέρει κοινή γλώσσα σε Χημικούς, Φυσικούς και Βιολόγους (Gayford 1986, Stavy, Eisen & Yaakobi 1987, Goedhart & Kaper 2002, Eilam 2002, Claesgens et al 2009). Ωστόσο, πλήθος παρανοήσεων έχει καταγραφτεί από την έρευνα της διδακτικής των ΦΕ, που καταδεικνύει τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την ερμηνεία φαινομένων στα οποία η έννοια «ενέργεια» κατέχει κεντρική θέση.

Σε αυτό το άρθρο γίνεται προσέγγιση της δυσκολίας που πηγάζει από τη διαφορετική αντιμετώπιση που έχουν οι μαθητές για την έννοια σε φαινόμενα στα οποία εμπλέκονται ζωντανοί οργανισμοί και έχει ως σκοπό τη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται την έννοια «ενέργεια» στα φαινόμενα αυτά. Αποτελεί τμήμα γενικότερης μελέτης που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο εκπόνησης διδακτορικής διατριβής (Μπουλουξή 2012), περιλαμβάνει δε τη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις παρανοήσεις που έχουν καταγραφτεί στο πεδίο και τα αποτελέσματα ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας που αφορούν στην αντίληψη της έννοιας «ενέργεια» σε φαινόμενα που σχετίζονται με ζωντανούς οργανισμούς.

Η ταυτότητα της έρευνας

Οι παρανοήσεις των μαθητών για την έννοια «ενέργεια» σε φαινόμενα στα οποία εμπλέκονται ζωντανοί οργανισμοί

Κεντρική μελέτη σχετικά με τις παρανοήσεις των μαθητών για την έννοια είναι εκείνη του Watts (1983), ο οποίος κατέταξε τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές ηλικίας 14–18 για την έννοια σε συγκεκριμένα εναλλακτικά πλαίσια (alternative frameworks). Η ύπαρξη αυτών των εναλλακτικών πλαισίων ελέγχθηκε σε μεταγενέστερες μελέτες άλλων ερευνητών (Bliss & Ogborn 1985, Gilbert & Pope 1986, Finegold & Trumper 1989, Lijnse 1990). Εν κατακλείδι, με αφετηρία τα εναλλακτικά πλαίσια του Watts προέκυψε ότι τα υποκείμενα, όταν χρησιμοποιούν την έννοια «ενέργεια» για να περιγράψουν ή να ερμηνεύσουν διάφορα φαινόμενα στα οποία εμπλέκονται ζωντανοί οργανισμοί, τότε φαίνεται να συνδέουν την έννοια με: *τη ζωή και τους ζωντανούς οργανισμούς*. Σύμφωνα με αυτή την θεώρηση, η οποία είναι αφελής (naïve) και εμφανίζεται σε όλες τις ηλικίες, η ενέργεια θεωρείται απαραίτητη, έκδηλη, κατεχόμενη και καταναλισκόμενη από ζωντανούς οργανισμούς (Kruger 1990, Trumper 1998, Κολιόπουλος 1997, diSessa 2008).

Με τη μελέτη των Stavy et al (1987) προσδιορίστηκαν οι βάσεις στις οποίες στηρίζονται οι πολύ ισχυρές παρανοήσεις των μαθητών στη Βιολογία:

- *Βιταλιστική θεώρηση*: Απαιτείται μετατόπιση από τις βιταλιστικές απόψεις τις οποίες οι μαθητές έχουν για τους ζωντανούς οργανισμούς, ώστε να αντιμετωπιστούν οι ζωντανοί οργανισμοί, ως αποτελούμενοι από χημικές ενώσεις και ως σώματα που διέπονται από νόμους της Φυσικής και της Χημείας (Barak, Gorodetsky & Chipman 1997).
- *Ανθρωποκεντρική θεώρηση*: Απαιτείται μετατόπιση από την ανθρωποκεντρική θεώρηση που έχουν οι μαθητές, ώστε να γίνει αντιληπτό ότι ο άνθρωπος είναι ετερότροφος οργανισμός κι εξαρτάται από τους φυτικούς οργανισμούς, που είναι αυτότροφοι. Βέβαια, τούτο επεκτείνεται και σε πολλά άλλα θέματα που μελετά η βιολογία και για τα οποία η ανθρωποκεντρική, αλλά και η ανθρωπομορφική (anthropomorphic) αντίληψη αποτελούν εμπόδιο στην κατανόησή τους (Tamir & Zohar 1998).

Θα πρέπει να σημειώσουμε πως οι βάσεις αυτές αναπτύχθηκαν κι εξελίχθηκαν αργότερα με τις μελέτες των Inagaki και Hatano (2008).

Η ποσοτική και η ποιοτική έρευνα

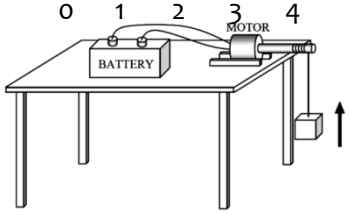
Το Σεπτέμβριο 2009 διεξήχθη ποσοτική έρευνα με ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου – ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής πεντάβαθμης κλίμακας– σε 162 μαθητές Α΄ τάξης και 147 μαθητές της Γ΄ τάξης τριών Λυκείων της Αττικής. Ο γενικότερος σκοπός της έρευνας ήταν η διερεύνηση των γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών που έχουν ολοκληρώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση, αλλά κι αυτών που ολοκληρώνουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση για την έννοια «ενέργεια». Ως εκ τούτου, μαθητές που μόλις έχουν ξεκινήσει τη φοίτησή τους στην Α΄ Λυκείου αποτελούσαν τον ένα πληθυσμό της έρευνας. Για αντικειμενικούς λόγους, οι οποίοι σχετίζονται με το εξεταστικό σύστημα εισαγωγής των μαθητών σε ΑΕΙ και ΤΕΙ και την επίδραση που έχει αυτό στη σχολική ζωή του Λυκείου, ο δεύτερος πληθυσμός της έρευνας ήταν μαθητές που μόλις είχαν ξεκινήσει τη φοίτησή τους στην Γ΄ Λυκείου.

Για την ανάλυση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου εφαρμόστηκε η κλασική θεωρία (Αλεξόπουλος 1998). Ο δείκτης Cronbach α (που δείχνει, αν μια ερώτηση παραλειφθεί, την εσωτερική συνοχή του ερωτηματολογίου) ήταν για όλο το ερωτηματολόγιο 0,77 για την Α΄ τάξη και 0,81 για την Γ΄ τάξη. Οι τιμές αυτές θεωρούνται πολύ ικανοποιητικές. Στη συνέχεια θα αναφερθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την ανάλυση και διασταύρωση των απαντήσεων των μαθητών σε ερωτήσεις που σχετίζονται εννοιολογικά και οι οποίες αναφέρονται σε φαινόμενα στα οποία συμμετέχουν ζωντανοί οργανισμοί, (σχήμα 1).

Ανεβάζεις ένα κουτί σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια της γης.

4. Μετά την ανύψωση του κουτιού, η ενέργεια του κουτιού ως προς τη γη:					
α. αυξήθηκε.	0	1	2	3	4
β. παρέμεινε σταθερή.	0	1	2	3	4
γ. μειώθηκε.	0	1	2	3	4
5. Μετά την ανύψωση του κουτιού, η ενέργεια σου:					
α. αυξήθηκε.	0	1	2	3	4
β. παρέμεινε σταθερή.	0	1	2	3	4
γ. μειώθηκε.	0	1	2	3	4

Ένα μοτέρ, το οποίο είναι συνδεμένο με μια μπαταρία, ανεβάζει ένα κουτί σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια της γης.



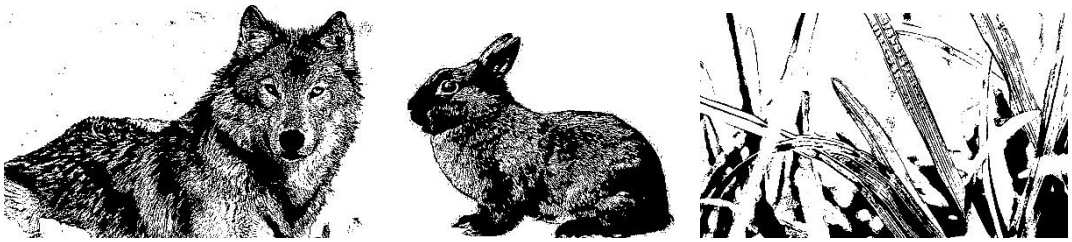
44. Μετά την ανύψωση του κουτιού, η ενέργεια του κουτιού ως προς τη γη:					
α. αυξήθηκε.	0	1	2	3	4
β. παρέμεινε σταθερή.	0	1	2	3	4
γ. μειώθηκε.	0	1	2	3	4
45. Μετά την ανύψωση του κουτιού, η ενέργεια της μπαταρίας:					
α. αυξήθηκε.	0	1	2	3	4
β. παρέμεινε σταθερή.	0	1	2	3	4
γ. μειώθηκε.	0	1	2	3	4
8. Ένα ζωντανό πεύκο στο δάσος έχει:					
α. ζωτική ενέργεια.	0	1	2	3	4
β. χημική ενέργεια.	0	1	2	3	4
γ. ενέργεια, που φτιάχνει μόνο του.	0	1	2	3	4
27. Ένα κομμένο (νεκρό) πεύκο στο δάσος:					
α. δεν έχει ζωτική ενέργεια.	0	1	2	3	4
β. έχει ενέργεια, που φτιάχνει μόνο του.	0	1	2	3	4
γ. έχει χημική ενέργεια.	0	1	2	3	4

Σχήμα 1: Χημική – Δυναμική Ενέργεια, ερωτήσεις 4, 5 και 44, 45 / Ενέργεια οργανισμών, ερωτήσεις 8 και 27

Με αφορμή τα αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας και δεδομένου ότι η έρευνα διεξήχθη με ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, θεωρήσαμε ότι θα είχε ενδιαφέρον να διερευνήσουμε σε βάθος πώς οι μαθητές σκέπτονται (Boulouxi & Koinis 2010). Αποφασίσαμε να διεξάγουμε ποιοτική έρευνα εφαρμόζοντας την μέθοδο της κλινικής συνέντευξης (clinical interview), αφού η μέθοδος αυτή θεωρείται η καταλληλότερη για την ανάδειξη του φυσικού τρόπου σκέψης των μαθητών (Ginsburg 1997, Clement 2000, diSessa 2007). Επιπλέον, η χρήση πολλαπλών – μικτών μεθόδων (mixed–methods research) κατά την εκπαιδευτική έρευνα είναι τακτική που αυξάνει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων (Clement 2000, Johnson, Onwuegbuzie & Turner 2007).

Η επιλογή των έργων κατά τις συνεντεύξεις έγινε με βάση τα κριτήρια: (α) Να σχετίζονται με την ποσοτική έρευνα, ώστε να επικυρωθούν ή όχι τα αποτελέσματα των δύο ερευνών. Με αυτό τον τρόπο, εξ άλλου, ελέγχεται η εγκυρότητα και των δύο ερευνών (Clement 2000, Johnson, Onwuegbuzie & Turner 2007). (β) Να αναφέρονται σε φαινόμενα που δίνουν τη δυνατότητα μεταφοράς γνώσης από το ένα στο άλλο. Έχει σημασία η επιστροφή σε προηγούμενα έργα, ώστε να γίνει τριγωνοποίηση (triangulation), (Clement 2000, diSessa 2007). Έτσι, αποφασίσαμε ότι τα έργα και σε ότι αφορά την αντιμετώπιση της έννοιας «ενέργεια» στους ζωντανούς οργανισμούς θα περιλαμβάνουν τα εξής: επιβίωση οργανισμού, ενέργεια νεκρού οργανισμού. Επιπλέον, ακολουθήσαμε τους κανόνες διεξαγωγής κλινικών συνεντεύξεων, ώστε να αποκαλυφθεί ο φυσικός τρόπος σκέψης των υποκειμένων (Ginsburg 1997, Clement 2000,

diSessa 2007). Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι χρησιμοποιήθηκαν έγχρωμες εικόνες σε κάθε έργο (αντίστοιχες των σκίτσων που παρουσιάζονται στο σχήμα 2) καθώς και χαρτί και στυλό.



Σχήμα 2: Σκίτσα των έγχρωμων εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις συνεντεύξεις

Τα *υποκείμενα* ήταν μια μαθήτρια Γ΄ Δημοτικού, ένας μαθητής Στ΄ Δημοτικού, ένας μαθητής Γ΄ Γυμνασίου, τρεις μαθητές/μαθήτριες Α΄ Λυκείου, τρεις μαθητές/τριες Γ΄ Λυκείου και μια δευτεροετής φοιτήτρια του Τμήματος Χημείας. Τα ονόματά τους δεν είναι τα πραγματικά, αλλά ψευδώνυμα, που ξεκινούν από Δ για τους μαθητές δημοτικού, Γ για τον μαθητή Γυμνασίου, Λ για τους μαθητές Λυκείου και Φ για τη φοιτήτρια. Στους μαθητές Δημοτικού και Λυκείου, το/α αρχικό/ά του «επωνύμου» τους δηλώνει την τάξη στην οποία βρίσκονται.

Είναι εμφανές ότι δεν είναι όλα τα υποκείμενα που συμμετείχαν στην ποιοτική έρευνα μαθητές της Α΄ και Γ΄ Λυκείου, όπως ήταν οι μαθητές που συμμετείχαν στην ποσοτική έρευνα. Αυτό συνέβη μετά την διαπίστωση ότι αρκετές ιδέες μαθητών, οι οποίες αναδείχτηκαν κατά την ποσοτική μελέτη, είχαν τα χαρακτηριστικά αυθόρμητων ή αφελών ιδεών. Επειδή, όμως, οι αυθόρμητες ή αφελείς ιδέες εκτός του ότι καθορίζουν τη σκέψη σε συγκεκριμένα πεδία (Maeyer & Talanquer 2010) ποτέ δεν υποκαθίστανται πλήρως, αλλά ενεργοποιούνται ανάλογα με το πλαίσιο (Inagaki & Hatano 2008), θεωρήσαμε πως θα είχε ενδιαφέρον να τις αναζητήσουμε και να διακριβώσουμε το ρόλο τους στις ερμηνείες που δίνουν υποκείμενα διαφορετικών ηλικιών και επιπέδων εκπαίδευσης.

Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν από τις 21 Οκτωβρίου έως και τις 19 Δεκεμβρίου 2010. Η διάρκεια τους ποικίλει ανάλογα με το υποκείμενο και η ελάχιστη ήταν μια ώρα, ενώ η μέγιστη 2 ώρες και 45 λεπτά για το σύνολο της συνέντευξης. Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν. Κατόπιν, οι συνεντεύξεις απομαγνητοφωνήθηκαν και έγινε η ανάλυσή τους με βάση τις απόψεις των Inagaki και Hatano για την εννοιολογική αλλαγή στη Βιολογία, (Inagaki & Hatano 2006, Inagaki & Hatano 2008).

Αποτελέσματα

Αποτελέσματα ποσοτικής έρευνας

Στις ερωτήσεις 4 και 44 (σχήμα 1) ζητείται από τους μαθητές να αναγνωρίσουν ότι η ενέργεια ενός κουτιού ως προς τη γη αυξάνεται κατά την ανύψωσή του. Ενώ στις ερωτήσεις 5 και 45 (σχήμα 1) ζητείται από τους μαθητές να αναγνωρίσουν ότι κατά την ανύψωση του κουτιού η ενέργεια της μπαταρίας και η ενέργεια του ανθρώπου μειώνεται. Άλλος στόχος είναι η εύρεση τυχόν διαφοροποιήσεων στις απαντήσεις των μαθητών μεταξύ των ερωτήσεων 5 και 45.

Κατά τον στατιστικό έλεγχο διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές της Γ΄ τάξης απαντούν καλύτερα από τους μαθητές της Α΄ τάξης μόνο στην ερώτηση 45 (U= 10.378,000, N_1=162, N_2=147, $p<0,05$). Επιπλέον, η μοναδική διαφορά μεταξύ των ερωτήσεων αφορά στους μαθητές της Γ΄ τάξης, οι οποίοι απαντούν καλύτερα στην ερώτηση 45 από ότι στην ερώτηση 5 ($z= -2,063$, $N=147$, $p<0,05$). Οι δύο αυτές διαφορές δίνουν μια πρώτη ένδειξη ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν διαφορετικά την ερώτηση που έχει να κάνει με την ενέργεια του ανθρώπου και διαφορετικά αυτή με την ενέργεια της μπαταρίας. Άλλωστε, ένας στους τέσσερις μαθητές της Α΄ τάξης και ένας στους τρεις μαθητές της Γ΄ τάξης συμφωνεί με την πρόταση: κατά την ανύψωση του κουτιού αυξάνεται η ενέργεια του ανθρώπου που το ανυψώνει. Αυτό είναι σύμφωνο με τις μελέτες των

Ioannides & Vosniadou (2001), καθώς και της Megalakaki (2009), σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες δύναμη και ενέργεια, όταν πρόκειται για ζωντανούς οργανισμούς.

Η διασταύρωση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 5 και 45 μας δείχνει κατά πόσο οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι, κατά την ανύψωση ενός κουτιού, η ενέργεια του ανθρώπου και της μπαταρίας που είναι συνδεμένη με το μοτέρ μειώνεται. Όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει, υπάρχουν αρκετές διαφοροποιήσεις στον τρόπο που απαντούν οι μαθητές σε αυτές τις δύο ερωτήσεις. Εκτός αυτών, υπάρχει πολύ χαμηλή και θετική συσχέτιση μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτές (Spearman $\rho=0,18$, $N=162$, $p<0,05$ και Spearman $\rho=0,24$, $N=147$, $p<0,05$). Φαίνεται ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν πολύ διαφορετικά την ύπαρξη μπαταρίας (ή, ίσως, την ύπαρξη σχήματος) στην ερώτηση 45 από την ανθρώπινη παρουσία (ή την απουσία σχήματος) στην ερώτηση 5. Όμως, όπως ήδη έχουμε αναφέρει, αυτό οφείλεται στη διαφορετική αντιμετώπιση της έννοιας «ενέργεια» όταν πρόκειται για ζωντανούς οργανισμούς σε σχέση με τα άψυχα αντικείμενα. Άλλωστε, αν η παρουσία σχήματος επιδρούσε, τότε θα υπήρχε ανάλογη διαφοροποίηση και στις ερωτήσεις 4 και 44, η οποία δεν παρατηρήθηκε.

Στις ερωτήσεις 8 και 27 (σχήμα 1) ζητείται από τους μαθητές να αναγνωρίσουν το είδος της ενέργειας που έχει ένας ζωντανός και ένας νεκρός φυτικός οργανισμός. Μεταξύ των εναλλακτικών προτάσεων είναι η ζωτική ενέργεια και η ενέργεια που φτιάχνει μόνος του. Και οι δύο είναι παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές και η πρώτη αφορά σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ενώ η δεύτερη μόνο στους φυτικούς.

Τη μερίδα του λέοντος στην προτίμηση των μαθητών στην ερώτηση 8 κατέχουν οι λανθασμένες επιλογές. Χαρακτηριστικό είναι πως 4 στους 10 μαθητές της Α΄ και το 3 στους 10 μαθητές της Γ΄ συμφωνεί περισσότερο με την πρόταση α (ζωτική ενέργεια). Αυτή η παρανόηση σχετίζεται με τη βιταλιστικές αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές σχετικά με τα βιολογικά φαινόμενα (Barak, Gorodetsky, Chipman 1997, Inagaki & Hatano 2004).

Επιπλέον, περισσότεροι από τους μισούς μαθητές συμφωνούν με περισσότερες από μια προτάσεις. Χαρακτηριστικό είναι ότι περίπου το 70% των μαθητών της Α΄ και το 60% των μαθητών της Γ΄ τάξης συμφωνεί ότι τα φυτά έχουν ζωτική ενέργεια ή ότι τα φυτά φτιάχνουν μόνα τους την ενέργειά τους, παρανοήσεις που έχουν επισημανθεί στη βιβλιογραφία και αφορούν σε μεγάλο ηλικιακό φάσμα, από μαθητές δημοτικού έως και φοιτητές (Barak, Gorodetsky, Chipman 1997, Marmaroti & Galanopoulou 2006, Krall, Lott & Wymer 2009).

Στην ερώτηση 27 τη μερίδα του λέοντος στις προτιμήσεις των μαθητών κατέχει η απάντηση α (δεν έχει ζωτική ενέργεια), αφού περισσότεροι από τους μισούς μαθητές και των δύο τάξεων συμφωνούν περισσότερο με αυτήν. Επιπλέον, είναι εντυπωσιακό το γεγονός πως το 86,3% των μαθητών της Α΄ τάξης και το 70,7% των μαθητών της Γ΄ τάξης συμφωνεί με την πρόταση α (δεν έχει ζωτική ενέργεια), κάτι που συμφωνεί και με τη βιβλιογραφία (Barak, Gorodetsky, Chipman 1997, Inagaki & Hatano 2004).

Η διασταύρωση των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 8 και 27 δείχνει κατά πόσο οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι ένας φυτικός οργανισμός ζωντανός ή νεκρός έχει χημική ενέργεια. Όπως έχουμε ήδη διαπιστώσει κατά την ανάλυση της κάθε ερώτησης ξεχωριστά, υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις στον τρόπο που απαντούν οι μαθητές στις δύο αυτές ερωτήσεις. Το ίδιο αντανακλά και η συσχέτιση των απαντήσεων στις δύο ερωτήσεις. Υπάρχει πολύ χαμηλή και θετική συσχέτιση μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στις ερωτήσεις αυτές μόνο για τους μαθητές της Γ΄ τάξης (Spearman $\rho=0,21$, $N=147$, $p<0,05$).

Τέλος, χαρακτηριστικά είναι τα αυξημένα ποσοστά των μαθητών που συμφωνούν περισσότερο με την πρόταση «έχει χημική ενέργεια» στην ερώτηση 27 σε σχέση με τα αντίστοιχα στην ερώτηση 8. Με βάση αυτό μπορούμε, με κάθε επιφύλαξη, να συμπεράνουμε ότι οι μαθητές συσχετίζουν την χημική ενέργεια με τα άψυχα σώματα.

Εν κατακλείδι, οι μαθητές θεωρούν πως: (α) η ενέργεια ενός ανθρώπου που ανυψώνει ένα κουτί αυξάνεται, ενώ η ενέργεια της μπαταρίας ενός μοτέρ που ανυψώνει ένα κουτί μειώνεται και (β) Τα ζωντανά φυτά έχουν ζωτική ενέργεια, ενώ τα νεκρά δεν έχουν ζωτική αλλά χημική ενέργεια.

Αποτελέσματα ποιοτικής έρευνας

Η αρχική ερώτηση που κλήθηκαν να απαντήσουν τα υποκείμενα κατά τις συνεντεύξεις ήταν «πώς επιβιώνει ο λύκος;». Είναι γεγονός ότι στην αρχική απάντηση όλων των υποκειμένων σε αυτή την ερώτηση αναφέρθηκε η τροφή. Δηλαδή για τους μαθητές η τροφή αποτελεί πρώτης προτεραιότητας παράγοντα, ο οποίος συμβάλλει στην επιβίωση των ζωικών οργανισμών. Χαρακτηριστικά τα υποκείμενα αναφέρουν:

Δήμητρα Γ.: «Κυνηγώντας. (366) Για να φάει. (368)»

Δημήτρης Στ:.«Όλο το χρόνο. Έ, κυνηγάει και τρώει τα ζώα, αλλά επίσης το χειμώνα έχει και το μαλλί που τον κρατάει ζεστό. (516)».

Γλαύκος: «… Πώς επιβιώνει ο λύκος; Επειδή… … καταφέρνει και βρίσκει τροφή να φάει…(374)»

Λώρα Α.: «Ένας λύκος; Έεε κυνηγάει άλλα ζώα, που είναι πιο αδύναμα και… μικρότερα μάλλον σε μέγεθος απ' αυτό και τρώει τη σάρκα τους. (278)».

Λάμπρος Α.: «Τρώγοντας θηράματα. (232)»

Λουκία Α.: «Πώς επιβιώνει ο λύκος; Έ… δηλαδή πέρα από την τροφή, να μιλήσω και για τη θερμοκρασία; (534)»

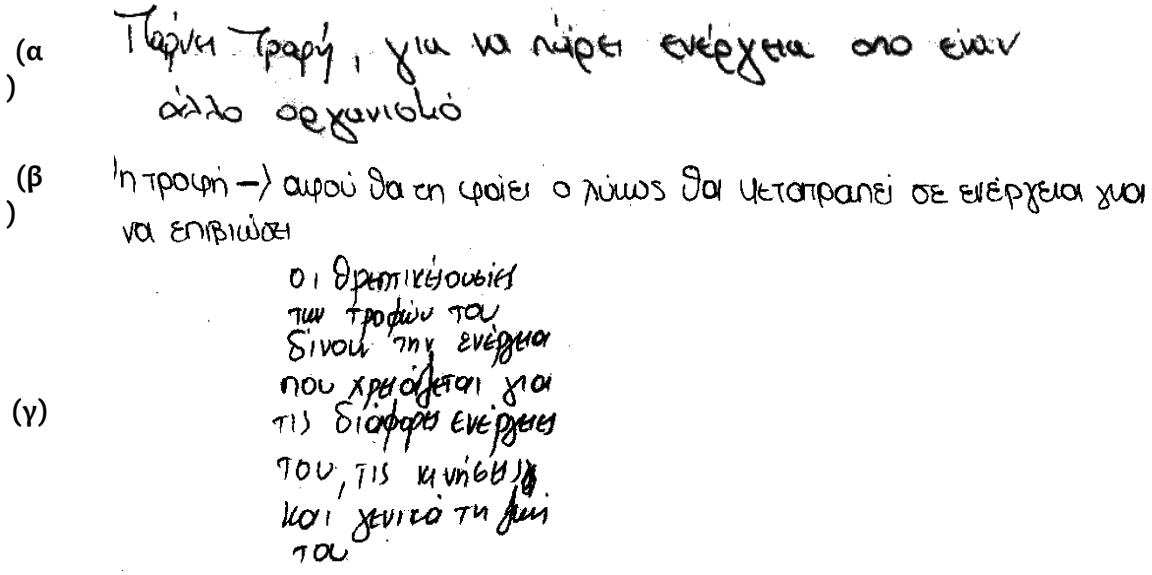
Λένα Γ.: «Έεεε… Δηλαδή, με τι τρέφεται; (392)»

Λήδα Γ.: «Πώς επιβιώνει; Ωραία. Τρώει άλλα ζώα. (354)»

Λίνος Γ.: «Κατ' αρχήν τρώγοντας άλλα ζώα. Παίρνοντας τροφή. (496)»

Φανή: «Τρώει. (370)»

Επιπλέον, η ενέργεια έχει κεντρικό ρόλο στις ερμηνείες του ρόλου της τροφής. Μάλιστα στα περισσότερα υποκείμενα ταυτίζεται με τη ζωτική ενέργεια και, επομένως, εμπλέκεται στις περισσότερες ερμηνείες υπό αυτή την έννοια (σχήμα 3).



Σχήμα 3: Ρόλος τροφής κατά τους: Λίνο Γ. (α) Λήδα Γ.(β) και Λένα Γ.(γ)

Άλλωστε, η συντριπτική πλειονότητα των υποκειμένων θεωρεί πως ο νεκρός λύκος δεν έχει ενέργεια κι αυτό υποδεικνύει την ταύτιση της έννοιας «ενέργεια» με την ζωτική ενέργεια.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα τόσο της ποσοτικής όσο και της ποιοτικής έρευνας συγκλίνουν κι αποδεικνύουν ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν την έννοια «ενέργεια» ως ζωτική ενέργεια όταν ερμηνεύουν φαινόμενα στα οποία εμπλέκονται ζωντανοί οργανισμοί. Αυτό αφενός διασφαλίζει την εγκυρότητα της μελέτης και αφετέρου καθιστά πρόκληση την επίτευξη της απεμπλοκής της έννοιας «ενέργεια» από τη «ζωτική ενέργεια» κατά τη διδασκαλία. Μάλιστα η επίτευξη αυτού του στόχου αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους της διδασκαλίας της Βιολογίας (Inagaki & Hatano 2008).

Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος, Δ. (1998). Ψυχομετρία: Σχεδιασμός τεστ και ανάλυση ερωτήσεων. Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα, Τόμος Γ΄.

Κολιόπουλος, Δ. Α. (1997). Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης Αναλυτικού Προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Μπουλουξή, Α. (2012). Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις που αποκτούν οι μαθητές για την έννοια "ενέργεια" κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων Χημείας, Φυσικής και Βιολογίας. Διδακτορική διατριβή. ΕΚΠΑ.

Barak, J. Gorodetsky, M. & Chipman, D. (1997). Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions. International Journal of Science Education. 19(1), 21-30.

Bliss, J. & Ogborn, J. (1985). Children's choices of uses of energy. International Journal of Science Education. 7(2), 195-203.

Boulouxi, A. & Koinis, S. (2010). Constructing a close-ended questionnaire to illustrate Greek students' aged 15 and 17 years conceptions about energy. in Nodzynska, M. & Pasko, J. R. Research in Didactics of the Sciences: Monograph. Krakow. Pedagogical University of Krakow, 53-56.

Claesgens, J. et al. (2009). Mapping student understanding in Chemistry: the perspectives of chemists. Science Education, 83(1), 56-85.

Clement, J. J. (2000). Analysis of Clinical Interviews: Foundation and Model Viability. in Kelly, A. E. and Lesh, R. A. Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education. Lawrence Erlbaum Associates, 547-589.

diSessa, A. A. (2007). An Interactional Analysis of Clinical Interviewing. Cognition and Instruction. 25(4), 523-565.

diSessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the 'pieces' vs. 'coherence' controversy (From the 'pieces' side of the fence). in Vosniadou, S. International Handbook of Research on Conceptual Change. Routledge, 35-60.

Eilam, B. (2002). Strata of Comprehending Ecology: Looking Through the Prism of Feeding Relation. Science Education. 86(5), 645-671.

Finegold, M. & Trumper, R. (1989). Categorizing pupils' explanatory frameworks in energy as a means to the development of a teaching approach. Research in Science Education. 19(1), 97-110.

Gayford, C. G. (1986). Some aspects of the problems of teaching about energy in school biology. International Journal of Science Education. 8(4), 443-450.

Gilbert, J. & Pope, M. (1986). Small group discussions about conception in science: A case study. Research in Science and Technological Education. 4(1), 61-76.

Ginsburg, H. P. (1997). Entering the child's mind: The clinical interview in psychological research and practice. Cambridge University Press.

Goedhart, M. J. & Kaper, W. (2002). From Chemical Energetics to Chemical Thermodynamics. in Gilbert, J. K. et al. Chemical Education: Towards Research–based Practice. Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 339-362.

Inagaki, K. & Hatano, G. (2004). Vitalistic causality in young children's naive biology. Trends in Cognitive Sciences. 8(8), 356-362

Inagaki, K. & Hatano, G. (2006). Young children's conception of the biological world. Current Directions in Psychological Science. 15(4), 177-181.

Inagaki, K. & Hatano, G. (2008). Conceptual Change in Naive Biology. in Vosniadou, S. International Handbook of Research on Conceptual Change. Routledge, 240-262.

Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2001). The changing meanings of force. Cognitive Science Quarterly. 2(1), 5-62.

Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J. & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. Journal of Mixed Methods Research. 1(2), 112-133.

Krall, R. Mcnall, Lott, K. H. & Wymer, C. L. (2009). Inservice Elementary and Middle School Teachers' Conceptions of Photosynthesis and Respiration. Journal of Science Teacher Education. 20(1), 41-55.

Kruger, C. (1990). Some primary teachers' ideas about energy. Physics Education. 25(2), 86-91.

Lijnse, P. (1990). Energy between the Life-World of Pupils and the World of Physics. Science Education. 74 (5), 571-583.

Maeyer, J. & Talanquer, V. (2010). The Role of Intuitive Heuristics in Students' Thinking: Ranking Chemical Substances. Science Education. 94(6), 963-984.

Marmaroti, P. & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. International Journal of Science Education. 28(4), 383-403.

Megalakaki, O. (2009). Développement conceptuel de la notion d'énergie. Psychologie Française. 54(1), 11-29.

Stavy, R. Eisen, Y. & Yaakobi, D.(1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. International Journal of Science Education. 9(1), 105-115.

Tamir, P. & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. Science Education. 75(1), 57-67.

Trumper, R. (1998). A Longitudinal Study of Physics Students' Conceptions on Energy in Pre-Service Training for High School Teachers. Journal of Science Education and Technology. 7(4), 311-318.

Watts, M. (1983). Some alternative views of energy. Physics Education. 18(5), 213-217.

Αξιοποίηση νέων τεχνολογιών (GIS και GPS) στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Ανάλυση μελέτης περίπτωσης

Μαρία Τζουρά[1], Αικατερίνη Κλωνάρη[2], Γιώργος Τσιρτσής[3]
1. Α/θμια Δ/νση Ν. Λέσβου, mariatzoura@sch.gr
2.Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, aklonari@geo.aegean.gr
3.Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, gtsir@aegean.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η δυνατότητα και αποτελεσματικότητα εκπαίδευσης με τη χρήση νέων τεχνολογιών στις χαμηλότερες βαθμίδες εκπαίδευσης, δεδομένης της εξοικείωσης των μαθητών με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Διερευνήθηκε το παραπάνω ερώτημα σε ότι αφορά στη χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και του Παγκοσμίου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS) από μαθητές των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου. Αναλύθηκε μελέτη περίπτωσης στο πλαίσιο προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης με τίτλο «Μικροί ερευνητές στο μονοπάτι» που εφαρμόστηκε σε δύο σχολεία της Μυτιλήνης, κατά τη σχολική περίοδο 2010-11. Οι μαθητές ακολουθούν μια προσχεδιασμένη πορεία σε μονοπάτι με τη χρήση GPS, καταγράφουν περιβαλλοντικά και γεωγραφικά δεδομένα και στη συνέχεια στο εργαστήριο Η/Υ οπτικοποιούν την πληροφορία σε ΣΓΠ και κατασκευάζουν χάρτη. Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εκπαιδευτικής παρέμβασης στη μάθηση έγινε με την ανάλυση ερωτηματολογίων. Προέκυψαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων διδασκαλίας με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών σε μαθητές Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

Abstract

The possibility and efficiency of use of modern technologies in teaching at Elementary school level was investigated, taking into account the familiarization of young students with computers. In particular, the use of Geographic Information Systems (GIS) and Global Positioning System (GPS) by students of the last two classes of Elementary School was investigated. A case-study was analyzed in the framework of an environmental education project entitled 'Young investigators in a pathway' applied in two schools of Mytilene, Lesvos island Greece, during 2010-11. The students follow a predetermined route with the use of GPS, record environmental and geographical data, and then they visualize information and produce a map by using GIS in the computer lab. The evaluation of the educational intervention on the growth of knowledge was performed by analyzing information from questionnaires. Our results favor the use of innovative teaching methods with the use of modern technologies at the Elementary school level.

Εισαγωγή

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι η προσεκτική και μελετημένη χρήση της τεχνολογίας στη διδασκαλία μπορεί να λειτουργήσει θετικά στη μάθηση και να αυξήσει την ικανότητα κατανόησης του μαθητή με αποτέλεσμα την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών στόχων, ειδικά όταν αυτοί είναι ξεκάθαροι πριν τη χρήση της (Pitler et al. 2007). Σε θέματα Γεωγραφίας ή Περιβάλλοντος γενικότερα, η σημασία των Νέων Τεχνολογιών είναι ιδιαίτερη για πολλούς λόγους, μεταξύ άλλων γιατί: (α) συγκεκριμενοποιούν αφηρημένες έννοιες και διαδικασίες που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψη των μαθητών, (β) εμπλουτίζουν τη διδασκαλία, την κάνουν πιο ενδιαφέρουσα και δίνουν κίνητρα ενασχόλησης με διάφορα θέματα (ChanLin 2008), (γ) επιτρέπουν στους μαθητές να έχουν καλύτερο έλεγχο στην αποκτηθείσα γνώση διότι ενισχύεται η αναλυτική και συνθετική τους σκέψη αλλά και η συνεργασία (diSessa 2000), (δ) διευκολύνουν τους μαθητές στην αναζήτηση πληροφοριών, εικόνων και τους βοηθούν στην σύνθεση ατομικών και ομαδικών εργασιών, (ε) παρέχουν τη δυνατότητα στο μαθητή να

αναπτύξει δεξιότητες και παράλληλα ενισχύουν την αυτοπεποίθηση, την ανάγκη για δημιουργία και τη διάθεση για προσωπική αυτοεκπαίδευση (Fee & Holland-Minkley 2010).

Σήμερα είναι διαθέσιμοι για εκπαιδευτική χρήση διάφοροι τύποι εφαρμογών τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών, όπως η τηλεπισκόπηση, εργαλεία και εφαρμογές του διαδικτύου, εκπαιδευτικά λογισμικά, εφαρμογές υπερμέσων, εικονικά περιβάλλοντα, προσομοιώσεις-οπτικοποιήσεις, καθώς και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Ειδικά σε θέματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ) όπου η έννοια του χώρου, ο προσδιορισμός του και η οριοθέτηση των χαρακτηριστικών του είναι απολύτως αναγκαία, η συνεισφορά των Νέων Τεχνολογιών μπορεί να είναι ανεκτίμητης αξίας (Λαμπρινός 2009). Ο προσδιορισμός της θέσης στο χώρο μπορεί να γίνει σήμερα με την χρήση του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS), ενώ η τοποθέτηση στο χώρο και η επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να γίνουν σε ΣΓΠ. Η τελική κατασκευή ενός χάρτη συντελεί στη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας ενός περιβαλλοντικού προβλήματος ή φαινομένου, το οποίο απεικονίζεται με όλα τα χαρακτηριστικά που θεωρούνται σημαντικά. Τα πλεονεκτήματα αυξάνονται στην περίπτωση που ο χάρτης αποκτήσει μια δυναμική δομή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της χρήσης ΣΓΠ.

Προηγούμενες έρευνες (Κιμιωνής 1995) έδειξαν ότι τα ΣΓΠ είναι ένα εκπαιδευτικό εργαλείο που βοηθά σημαντικά στην καλλιέργεια χωρικών δεξιοτήτων, στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης των μαθητών (Johansson 2006, Kerski 2009) και στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος διερευνητικής μάθησης που μπορεί να συνδυάσει πολλές σύγχρονες πρακτικές, όπως μελέτη πεδίου και μέθοδο project. Λόγω αυτών των παιδαγωγικών πλεονεκτημάτων, τα ΣΓΠ έχουν βρει θέση στα προγράμματα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χωρών όπως οι ΗΠΑ, Καναδάς, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία και Ευρώπη. Με βάση απόψεις εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης στη χώρα μας για τη χρήση των ΣΓΠ (Κλωνάρη & Λαϊνά 2010), τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα-λόγοι που ενθαρρύνουν τη χρήση ΣΓΠ είναι ότι: αυξάνουν τα κίνητρα και το ενδιαφέρον των μαθητών καθώς και τις δυνατότητες μάθησης, προωθούν τη διαθεματική προσέγγιση, αποτελούν εργαλείο εξερεύνησης, δίνουν ευκαιρίες συνεργασίας με την κοινωνία, συνδέουν το αντικείμενο διδασκαλίας με τον πραγματικό κόσμο, καλλιεργούν ομαδικό πνεύμα και συνεργασία και δίνουν δυνατότητες για επαγγελματική απασχόληση. Αξίζει να σημειωθεί ότι και οι διάφορες δυνατότητες οπτικοποίησης των ΣΓΠ (Gilbert 2005, Klonari & Tzoura 2011) είναι από τις μεγαλύτερες και προσφορότερες ευκαιρίες που παρέχουν στην εκπαίδευση (Sutton et al. 2009). Κατά συνέπεια οι σύγχρονες τεχνολογίες παρέχουν νέες δυνατότητες στην εκπαίδευση σε θέματα περιβάλλοντος και ερώτημα αποτελεί η δυνατότητα ενσωμάτωσης των δυνατοτήτων αυτών σε προγράμματα ΠΕ που απευθύνονται σε μικρές ηλικίες, όπως σε μαθητές των τελευταίων τάξεων της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας ανάπτυξης ενός προγράμματος ΠΕ που θα βασίζεται στην χρήση Νέων Τεχνολογιών (GPS και ΣΓΠ) σε συνδυασμό με μελέτη πεδίου και θα απευθύνεται σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου. Το θέμα προσεγγίσθηκε μέσω μελέτης περίπτωσης δείγματος 50 μαθητών των δύο τελευταίων τάξεων Δημοτικών Σχολείων της Λέσβου, με συγκεκριμένα ερωτήματα ως προς την αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου Προγράμματος σε επίπεδο δεξιοτήτων-ικανοτήτων, γνώσεων και συναισθημάτων. Στην εργασία συζητιούνται επίσης γενικότερα ερωτήματα που αναδύονται, ως προς: (α) τη δυνατότητα ενσωμάτωσης εφαρμογών σύγχρονων τεχνολογιών (π.χ. ΣΓΠ) στα αναλυτικά προγράμματα Δημοτικού Σχολείου και (β) την πιθανή συνεισφορά της εξοικείωσης των μαθητών με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στο σπίτι στη βελτίωση του γνωστικού τους επιπέδου.

Μεθοδολογία

Στην έρευνα που έγινε κατά το σχολικό έτος 2010-2011, συμμετείχαν συνολικά 50 μαθητές (24 της Ε΄ τάξης και 26 της ΣΤ΄ τάξης) δύο Δημοτικών Σχολείων της Μυτιλήνης (Βαρειάς και Ταξιαρχών). Ο αριθμός των μαθητών θεωρήθηκε επαρκής για την εφαρμογή στατιστικών αναλύσεων, ενώ η αναλογία ηλικιών και φύλων είναι επίσης αντιπροσωπευτική για την εξαγωγή συμπερασμάτων από τη μελέτη περίπτωσης. Περαιτέρω ισχύ στη διαδικασία προσδίδει η προέλευση των μαθητών από δύο διαφορετικά Δημοτικά σχολεία.

Για την έρευνα κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τρία ερωτηματολόγια: (α) ερωτηματολόγιο με κλειστές ερωτήσεις σχετικά με τα ατομικά στοιχεία των μαθητών, το μορφωτικό επίπεδο και το επάγγελμα των γονιών, την προηγούμενη συμμετοχή τους σε προγράμματα αλλά και την ύπαρξη Η/Υ στο σπίτι όπως και τη συχνότητα χρήσης του, (β) ερωτηματολόγιο γνώσεων με ανοιχτές ερωτήσεις και ερωτήσεις αντιστοίχισης που οι μαθητές συμπλήρωσαν πριν τη διδακτική παρέμβαση (pretest) και ομοίως μετά τη διδακτική παρέμβαση (posttest) και (γ) ερωτηματολόγιο με κλειστές και ανοικτές ερωτήσεις για την αξιολόγηση του προγράμματος και των επιμέρους δράσεών του από τους μαθητές που συμμετείχαν.

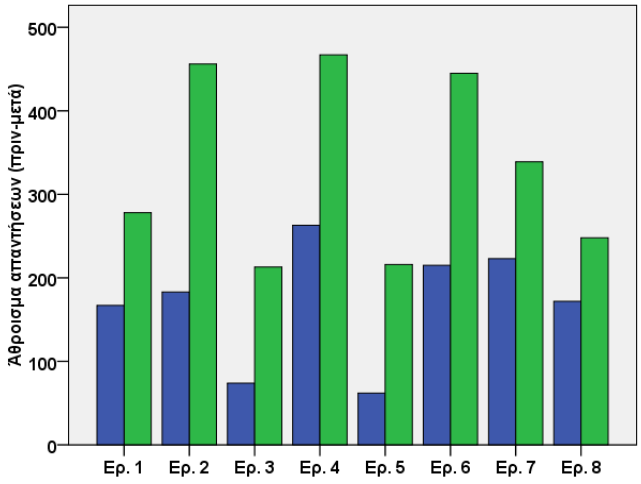
Η εκπαιδευτική παρέμβαση, που έχει αναλυτικά περιγραφεί σε προηγούμενη εργασία (……..), περιλαμβάνει ενέργειες: (α) πριν από την επίσκεψη των μαθητών στο πεδίο και αφορούν στην οργάνωση και κατασκευή εκπαιδευτικού υλικού, (β) κατά την διάρκεια της επίσκεψης και εξερεύνησης στο μονοπάτι για τη συλλογή των δεδομένων και (γ) στο εργαστήριο Η/Υ για την επεξεργασία και οπτικοποίηση των δεδομένων αλλά και για την αξιολόγηση του προγράμματος. Συγκεκριμένα, οι μαθητές αφού χωριστούν σε ομάδες 4-5 ατόμων και αναλάβουν ο καθένας μία διαφορετική εργασία και ρόλο (Φύλλα Καταγραφής- ο γεωγράφος, Φύλλα Παρατήρησης- ο γραμματέας παρατηρήσεων, GPS- ο τεχνικός, μικροσκόπια και συλλογή φυτών και ζώων- ο βιολόγος, Κάρτες φυτών-ζώων και φωτογραφική μηχανή- ο ταξινόμος) βγαίνουν στο πεδίο. Ακολουθεί η πορεία εξερεύνησης στο μονοπάτι και πραγματοποιείται η συλλογή και καταγραφή των στοιχείων ενδιαφέροντος για τη συγκέντρωση γεωγραφικών και περιβαλλοντικών δεδομένων. Καταγράφεται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος καθώς και το υψόμετρο σε 50-55 προκαθορισμένα σημεία του μονοπατιού και σημειώνονται τα φυτά και ζώα που θα συναντήσουν οι μαθητές στα παραπάνω σημεία παρατήρησης. Μετά την επίσκεψη των μαθητών στο μονοπάτι, οι ομάδες των μαθητών επισκέπτονται το εργαστήριο των Η/Υ για να εισάγουν στους υπολογιστές τα γεωγραφικά και τα περιβαλλοντικά δεδομένα που έχουν καταγράψει από το φυσικό περιβάλλον. Τα πρώτα, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, αποδίδουν το χάρτη του μονοπατιού, ενώ τα δεύτερα τους πίνακες με τις περιγραφικές πληροφορίες για κάθε σημείο της διαδρομής, που συνδέουν τη χωρική με την περιβαλλοντική-περιγραφική πληροφορία. Έτσι η μαθητική ομάδα βιώνει τη διαδικασία μιας πραγματικής ομάδας μικρών ερευνητών, που εφαρμόζει επιστημονικές μεθόδους (παρατήρηση, αναγνώριση, συλλογή, περιγραφή, καταγραφή, ταξινόμηση, επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων). Η επεξεργασία των δεδομένων πεδίου από τους μαθητές σε περιβάλλον ΣΓΠ έγινε στο Εργαστήριο ΣΓΠ του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Αποτελέσματα

Η επιτυχία της υπό μελέτη εκπαιδευτικής παρέμβασης που βασίζεται στη χρήση νέων τεχνολογιών ελέγχθηκε σε τρία επίπεδα, της απόκτησης δεξιοτήτων-ικανοτήτων, γνώσεων και στο συναισθηματικό. Η αποτελεσματικότητα στο πρώτο επίπεδο εκτιμήθηκε βάσει της ικανότητας των μαθητών να παράγουν το τελικό προϊόν της εργασίας, που ήταν ο χάρτης του μονοπατιού που εξερεύνησαν, σε περιβάλλον ΣΓΠ. Το σύνολο των μαθητών κατάφερε να παράγει το χάρτη, πάντα με βάση αναλυτικές οδηγίες που συμπεριλαμβάνονταν στο εκπαιδευτικό υλικό. Δείγμα των χαρτών που κατασκεύασαν οι μαθητές σε ομάδες των δύο ή τριών στο εργαστήριο φαίνεται στο Σχήμα 1, όπου είναι ευδιάκριτο το προσωπικό τους στοιχείο.

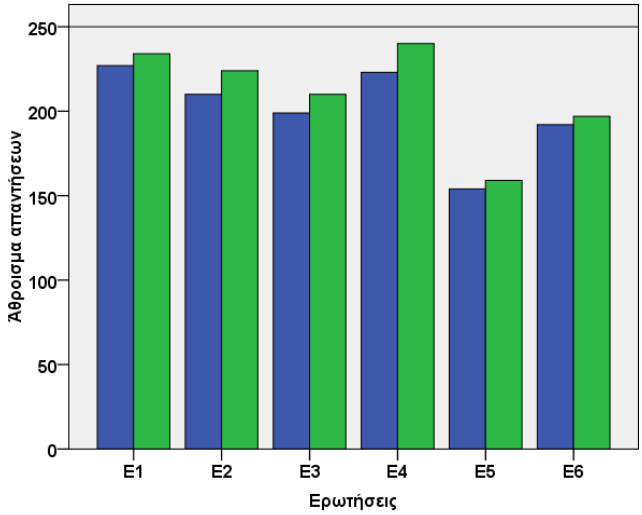
Σχήμα 1: Χάρτες που κατασκεύασαν οι μαθητές στο εργαστήριο του Τμήματος Γεωγραφίας.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης σε επίπεδο γνώσεων χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο γνώσεων που συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση (pretest) αφού είχαν διδαχτεί τις αντίστοιχες ενότητες από το σχολικό εγχειρίδιο, και μετά (posttest). Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε ερωτήσεις χωρικών, περιβαλλοντικών γνώσεων και πίνακα διπλής εισόδου με ζώα και την κατηγοριοποίησή τους σε Σπονδυλωτά Θηλαστικά, Σπονδυλωτά Πουλιά, Σπονδυλωτά Αμφίβια, Σπονδυλωτά Ερπετά και Ασπόνδυλα για να επιλέξουν οι μαθητές τη σωστή αντιστοιχία. Για την παρουσίαση και στατιστική επεξεργασία των δεδομένων των ερωτηματολογίων έγινε κωδικοποίηση των απαντήσεων στις ανοιχτές ερωτήσεις με βάση ορισμούς ή άλλες πληροφορίες που θα πρέπει οι μαθητές να κατέχουν ως μαθησιακά αποτελέσματα σύμφωνα με τα υπάρχοντα σχολικά εγχειρίδια της Ε΄ & ΣΤ΄ τάξης. Στη συνέχεια με βάση την μεγαλύτερη προσέγγιση στη σωστή απάντηση, οι απαντήσεις των μαθητών κωδικοποιήθηκαν σε κλίμακα διαστήματος. Η βελτίωση του επιπέδου γνώσεων μέσω της διδακτικής παρέμβασης αξιολογήθηκε με βάση τις διαφορές των αντίστοιχων απαντήσεων, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, λαμβάνοντας υπόψη τα αθροίσματα των απαντήσεων των 50 μαθητών σε κάθε ερώτηση (Σχήμα 2). Είναι φανερή η διαφορά (βελτίωση προόδου στις απαντήσεις) γνώσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση σε όλες τις ερωτήσεις, σε διαφορετικό όμως βαθμό. Η διαφορά ελέγχθηκε περαιτέρω στατιστικά με τη χρήση της ζευγαρωτής δοκιμής t επί των απαντήσεων κάθε μαθητή στις 8 ερωτήσεις πριν και μετά, και προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλες τις ερωτήσεις ($p<0.001$). Αυτό υποδηλώνει αποτελεσματικότητα στη μάθηση σε όλο το εύρος των αντικειμένων που καλύπτουν οι ερωτήσεις, κατά συνέπεια καθιστά τη διδακτική παρέμβαση επιτυχή σε επίπεδο προσφοράς γνώσεων.



Σχήμα 2: Αθροίσματα απαντήσεων των 50 μαθητών στο ερωτηματολόγιο γνώσεων, πριν (μπλέ) και μετά (πράσινο) τη διδακτική παρέμβαση.

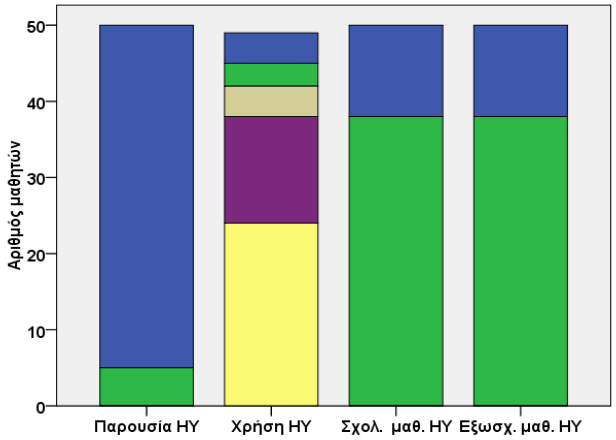
Στο τρίτο επίπεδο, το συναισθηματικό, οι μαθητές αξιολογούν το πρόγραμμα και τις επιμέρους δραστηριότητές του στο πεδίο και στο εργαστήριο. Για την εφαρμογή ποσοτικών αναλύσεων οι απαντήσεις κωδικοποιήθηκαν με την μέθοδο Likert (Μπριασούλη 2009) με αύξοντες αριθμούς από 1 ως 5, αντίστοιχα με τις κατηγορίες "καθόλου", "λίγο", "αρκετά", "πολύ", "πάρα πολύ". Τα αθροίσματα απαντήσεων των 50 μαθητών, που αποτυπώνουν την ικανοποίησή τους από το πρόγραμμα (βέλτιστο αποτέλεσμα το 250) στις επιμέρους δραστηριότητες στο πεδίο ή στο εργαστήριο φαίνονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3: Αθροίσματα απαντήσεων των 50 μαθητών στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης σε ότι αφορά στον βαθμό ικανοποίησής τους από τις δραστηριότητες στο πεδίο (μπλε) ή στο εργαστήριο (πράσινο). Με την οριζόντια γραμμή φαίνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα απαντήσεων (250).

Η 1η ερώτηση *"Πόσο σας άρεσε το πρόγραμμα;"*, η 2η *"Πόσο το βρήκατε ενδιαφέρον;"* και η 4η *"Θα θέλατε να επαναληφθεί;"*, που μπορούν να θεωρηθούν μία υποκατηγορία κλειστών ερωτήσεων, συγκέντρωσαν αθροίσματα για το πεδίο και το εργαστήριο πάνω από 215 (Σχήμα 3). Επιπλέον αξιοσημείωτη είναι η προτίμηση των μαθητών για το εργαστήριο στο σύνολο των σχετικών ερωτήσεων.

Η τρίτη ερώτηση *"Πόσο συμμετείχατε στη δράση;"* έφτασε στο άθροισμα 205 (Σχήμα 3) και η επιλογή "πάρα πολύ" συγκέντρωσε σχετική συχνότητα 36% για το πεδίο και 46% για το εργαστήριο, γεγονός που έχει να κάνει και με την ελάχιστη έως ανύπαρκτη εμπειρία των μαθητών σε τέτοιες καινοτόμες δραστηριότητες. Παράλληλα η απάντησή τους πιθανόν επηρεάστηκε και από το γεγονός, ότι τους μαθητές του ενός εκ των δύο σχολείων τους έπιασε η βροχή στο πεδίο την ώρα της εργασίας και αυτό δυσκόλεψε την πορεία τους στο μονοπάτι. Παρόλα αυτά στην πέμπτη ερώτηση *"Πόσο συχνά θέλετε να συμμετέχετε;"* έδωσαν θετικές απαντήσεις για αρκετά συχνή δράση στο πεδίο. Η επιθυμία τους για επανάληψη τέτοιων δραστηριοτήτων στο πλαίσιο του σχολικού προγράμματος είναι μεγάλη ακόμα και με συχνότητα μία φορά το μήνα σε ποσοστό 48% για το πεδίο και 57,1% για το εργαστήριο.



Σχήμα 4: Ραβδόγραμμα για την παρουσία Η/Υ στο σπίτι των μαθητών (μπλε ναι, πράσινο όχι), για την συχνότητα χρήσης του Η/Υ (μπλε καθόλου, πράσινο 1 φορά το μήνα, γκρι 1 φορά την εβδομάδα, μωβ 2 φορές την εβδομάδα, κίτρινο κάθε μέρα), για τα σχολικά και εξωσχολικά μαθήματα Η/Υ (μπλε ναι, πράσινο όχι).

Στοιχεία που αφορούν στις απαντήσεις των ερωτήσεων για την ύπαρξη Η/Υ στο σπίτι των μαθητών και τη χρήση του, καθώς επίσης και την παρακολούθηση σχολικών (στο ολοήμερο) και εξωσχολικών μαθημάτων Η/Υ παρουσιάζονται στο Σχήμα 4. Διαπιστώθηκε ότι οι 45 στους 50 μαθητές έχουν Η/Υ στο σπίτι δηλ. η σχετική συχνότητα ανέρχεται στο 90% του συνόλου των μαθητών. Το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών χρησιμοποιεί τον Η/Υ κάθε μέρα (48%) ή δύο φορές τη βδομάδα (28%) γεγονός που δηλώνει αρκετά συχνή χρήση των Η/Υ από τους μαθητές. Όμως, η ύπαρξη και χρήση Η/Υ στο σπίτι δεν φαίνεται να επιδρά στο επίπεδο γνώσεων των μαθητών σε θέματα γεωγραφικών και περιβαλλοντικών εννοιών πριν τη διδακτική παρέμβαση (Δοκιμή t, p=0,488). Ομοίως ελέγχθηκε η επίδραση της παρουσίας και χρήσης Η/Υ στην απόδοση των μαθητών κατά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Ο έλεγχος βασίστηκε στην διαφορά του αθροίσματος των απαντήσεων των μαθητών στις οκτώ ερωτήσεις γνώσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν και εδώ, ότι δεν είναι στατιστικά σημαντική (Δοκιμή t, p=0,695) η απλή, τυχαία και χωρίς προκαθορισμένους στόχους συχνή χρήση του Η/Υ.

Συζήτηση

Στην εργασία αυτή αξιολογήθηκε η δυνατότητα χρήσης νέων τεχνολογιών στην περιβαλλοντική εκπαίδευση μαθητών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η αποτελεσματικότητα στη μάθηση από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού πακέτου ήταν, όχι τυχαία, υψηλή και στα τρία επίπεδα (γνωστικό, δεξιοτήτων-ικανοτήτων και συναισθηματικό). Όπως διαπιστώθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια, αλλά και από την επιτυχή κατασκευή του χάρτη, τα παιδιά των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν, με κατάλληλη υποστήριξη από την πλευρά των δασκάλων, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) και το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS) στο πλαίσιο Περιβαλλοντικού Προγράμματος. Αυτό επιβεβαίωσε για άλλη μία φορά τη σπειροειδή διάταξη της ύλης κατά τον Bruner (1990). Βασική επιδίωξη πάντα είναι να αναπτυχθούν στους μαθητές δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και κριτική σκέψη, στόχοι ανωτέρου επιπέδου, μέσα από μία διαδικασία εξερεύνησης πεδίου και εργασίας στο εργαστήριο Η/Υ, με το δάσκαλο βοηθό και συνεργάτη τους. Η ύπαρξη Η/Υ και η συχνότητα χρήσης του στο σπίτι δεν φαίνεται να επηρεάζει το επίπεδο γνώσεων των μαθητών, ούτε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της μάθησης μέσω της διδακτικής παρέμβασης. Σε ότι αφορά στις μεγάλες ελλείψεις σε εργαστηριακή υποδομή για τη χρήση ΣΓΠ θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με τη συνεργασία των ΚΠΕ και της πανεπιστημιακής κοινότητας, όπου αυτό είναι δυνατό, όπως συνέβη στη συγκεκριμένη περίπτωση. Επίσης προβλήματα μπορούν να ξεπεραστούν μέσω συνεργασιών σε Ευρωπαϊκά προγράμματα όπως τα iGuess και digital-earth.eu ή με τη συνεργασία Δήμων ή άλλων τοπικών φορέων που διαθέτουν εργαστήρια εξοπλισμένα με ΣΓΠ για δική τους χρήση σε θέματα χωροταξίας ή για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών κινδύνων.

Σημαντική αναδεικνύεται και στην παρούσα διδακτική παρέμβαση η αναγκαιότητα και η πολύτιμη συνεισφορά της μελέτης πεδίου στην αποτελεσματικότητα της μάθησης, που αποτελεί μορφή διδασκαλίας απαραίτητη για το μάθημα της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Όπως προέκυψε από την εργασία υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση των γνώσεων των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση σε θέματα του τοπικού περιβάλλοντος (π.χ. χλωρίδα και πανίδα), η οποία επιβεβαιώνει και τη σχετική βιβλιογραφία. Η σημασία της μελέτης πεδίου αναδεικνύεται ακόμα περισσότερο αν ληφθεί υπόψη ότι πρόκειται για ένα δείγμα μαθητών που προέρχεται από μία επαρχιακή πόλη με πλούσιο σε βιοποικιλότητα περιβάλλον και σε κοντινή απόσταση από την "εστία" των μαθητών. Ποιο άραγε θα ήταν το αποτέλεσμα αν το δείγμα ήταν από σχολεία μεγαλούπολης, όπου οι μαθητές αντιμετωπίζουν πολύ μεγαλύτερες δυσκολίες αναζήτησης και πρόσβασης στο φυσικό περιβάλλον; Μήπως το μαθησιακό αποτέλεσμα είναι τόσο ικανοποιητικό που αξίζει να διατεθεί ο απαραίτητος χρόνος που απαιτείται για την ΠΕ με συνδυασμό μελέτης πεδίου και νέων τεχνολογιών, που είναι χρονοβόρα, μολονότι αυτό δεν προβλεπόταν στα μέχρι το 2003 ΑΠΣ;

Για τη συγκεκριμένη εκπαιδευτική παρέμβαση και την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού απαιτείται περίπου μία ολόκληρη μέρα στο πεδίο και μία μέρα στο εργαστήριο Η/Υ, αν αυτό δε βρίσκεται στο χώρο του σχολείου. Για τη διεξαγωγή όμως του ερευνητικού μέρους της εκπαιδευτικής διαδικασίας απαιτείται περισσότερος χρόνος, περίπου άλλες δύο μέρες. Οι απόψεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας συγκλίνουν στο να παρακολουθούν τέτοια προγράμματα μία φορά το μήνα. Είναι λοιπόν αποδεκτό ότι η χρήση νέων τεχνολογιών και η προετοιμασία του σχετικού εκπαιδευτικού υλικού είναι μια χρονοβόρα διαδικασία αλλά σε συνδυασμό και με άλλες τεχνικές (π.χ. μελέτη πεδίου) μπορεί να έχει βέλτιστα μαθησιακά αποτελέσματα και στα τρία επίπεδα ελέγχου. Προτείνεται λοιπόν, όχι μόνο να ενταχθεί στη θεματολογία των Νέων Σχολικών προγραμμάτων, αλλά και να προβλεφθεί ο απαιτούμενος χρόνος της δραστηριότητας για συγκεκριμένα διδακτικά αντικείμενα προκειμένου να καταστεί εφαρμόσιμη.

Βιβλιογραφία

Κιμιωνής, Γ. (1995). Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS) ως διδακτικά εργαλεία στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ανακτήθηκε Αύγουστος 20, 2011 από http://www.clab.edc.uoc.gr/kimionis/kimionis.htm

Κλωνάρη, Α. & Λαϊνά, Β. (2010). Οι απόψεις των Εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης για τη χρήση των ΣΓΠ στην Εκπαίδευση. Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Αθήνα, 796-802.

Κλωνάρη, Α. & Τζουρά, Μ. (2010). Μικροί ερευνητές στο μονοπάτι-Ανακαλύπτουν τη φύση και δημιουργούν γεωγραφικά δεδομένα με τη χρήση νέων τεχνολογιών (GPS, GIS): Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού. Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε. Γιάννενα, 26-28 Νοεμβρίου 2010.

Λαμπρινός, Ν. (2009). Σχετικά με τη Διδασκαλία της Γεωγραφίας στο σχολείο. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Μπριασούλη, Ε. (2009). Μέθοδοι Έρευνας στη Γεωγραφία. Διδακτικές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Bruner, J. S. (1990). Acts of meaning. Cambridge Mass: Harvard University Press.

ChanLin, L. (2008). Technology Integration Applied to Project-Based Learning in Science. Innovations in Education and Teaching International, 45(1), 55-65.

Fee, S. B. & Holland-Minkley, A. M. (2010). Teaching Computer Science Through Problems, Not Solutions. Computer Science Education, 20(2), 129-144.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J. K. Gilbert, (ed.): Visualization in Science Education. Netherlands: Springer.

Johansson, T. (2006). Geographical Information Systems Applications for Schools – GISAS. Helsinki, University of Helsinki.

Kerski, J. (2009). The Implementation and Effectiveness of GIS in Secondary Education: Geographic Information Systems in Education. VDM Verlag, Germany.

Klonari, A. & Tzoura, M. (2011). The Use of GIS for Understanding Geographical and Environmental Concepts–Creating Teaching Material. In Jekel, Koller, Donert, Vogler (eds.): Learning with GI 2011-Implementing Digital Earth in Education. Berlin, Germany: Wichmann Verlag.

Pitler, H., Hubbell, E. R., Kuhn, M. & Malenoski, K. (2007). Using Technology with Classrooms Instruction that Works. Denver: Mid-continent Research for Education and Learning.

diSessa, A. A. (2000). Changing Minds - Computers, Learning and Literacy. Massachusetts Institute of Technology Press.

Sutton, T., Dassau, O. & Sutton, M. (2009). A Gentle Introduction to GIS. Chief Directorate: Spatial Planning and Information, Department of Land Affairs, Eastern Cape.

Συνεδρία 13 : Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία της Φυσικής ΙΙ

Σχόλια από τη Διδασκαλία του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής

Σίμος Αναγνωστάκης, Π. Γ. Μιχαηλίδης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης, sanagn@edc.uoc.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης, michail@edc.uoc.gr

Περίληψη
Η ευημερία των σύγχρονων βασιζόμενων στη γνώση κοινωνιών σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την αποτελεσματική εκπαίδευση, ιδιαίτερα σε θέματα Επιστήμης και Τεχνολογίας. Το Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής έχει προταθεί ως σχετικά κατάλληλο εκπαιδευτικό περιβάλλον. Για αρκετά χρόνια διδάσκουμε εκπαιδευτική ρομποτική σε εκπαιδευτικούς υπηρετούντες ή μελλοντικούς, καθώς και σε μαθητές σχολείων. Βασικά συμπεράσματα από τις διδασκαλίες αυτές έχουν ήδη δημοσιευτεί. Εδώ παρουσιάζονται μη συστηματικές παρατηρήσεις σχετικά με τεχνικά θέματα της διδασκαλίας, συμπεριφορά εκπαιδευόμενων στην τάξη κλπ.

Abstract.
The welfare of modern 'knowledge based societies' depends largely on an effective education, especially in the areas of Science and Technology. The Laboratory of Educational Robotics has been proposed as an appropriate teaching environment. Educational Robotics has been taught for many years to in-service and pre-service school teachers and students in primary and secondary schools. Main results from these teachings have already been published. Here we present non-structured observations related to aspects such as technical issues, behaviour of trainees in class, etc.

Εισαγωγή
Η ευημερία των σύγχρονων βασιζόμενων στη γνώση κοινωνιών σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την αποτελεσματική εκπαίδευση, ιδιαίτερα σε θέματα Επιστήμης και Τεχνολογίας. Για αρκετά χρόνια διδάσκουμε Εκπαιδευτική Ρομποτική, που θεωρείται ως σχετικά κατάλληλο εκπαιδευτικό περιβάλλον, σε εκπαιδευτικούς (υπηρετούντες ή μελλοντικούς), σε φοιτητές και σπουδαστές και σε μαθητές σχολείων της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ο σκοπός των μαθημάτων αυτών περιλαμβάνει:

1. γνώση βασικών εννοιών των ρομπότ,
2. εξοικείωση με τον προγραμματισμό των ρομπότ,
3. κατανόηση δυνατοτήτων και ορίων των ρομπότ,
4. χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, όμοιου αλλά ισχυρότερου της LOGO©, της οποίας αποτελεί μετεξέλιξη
5. ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος,
6. ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτοδύναμης μάθησης,

Τα δυο τελευταία είναι αναγκαία καθόσον οι εξελίξεις στον τομέα είναι ραγδαίες και οι εκπαιδευτικοί (υπηρετούντες και μέλλοντες) θα πρέπει να είναι ικανοί να διατηρούν τα επαγγελματικά τους προσόντα και να προσαρμόζονται στις αναμενόμενες αλλαγές κατά τη διάρκεια της επαγγελματικής τους σταδιοδρομίας. Για την υλοποίηση του χρησιμοποιούμε διδακτικές προσεγγίσεις που αναπτύσσονται από επίλυση προβλήματος (problem based learning) σε υλοποίηση έργου (project based learning) ενώ η διερώτηση (inquiry based learning) χρησιμοποιείται κυρίως στην εκσφαλμάτωση του προγραμματισμού των ρομπότ (στην εργασία αυτή χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους απλοποιημένους ορισμούς εργασίας: στη μάθηση με επίλυση προβλήματος οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν γνώσεις μέσω της προσπάθειας τους να λύσουν προβλήματα ή να απαντήσουν σε (ανοικτού τύπου) ερωτήσεις που παρουσιάζει ο διδάσκων, στη διερώτηση απαιτείται, επιπλέον από τους εκπαιδευόμενους να σχεδιάσουν

διαδικασίες περαιτέρω ελέγχου ορθότητας των απαντήσεων τους ενώ στη μέθοδο έργου οι προβληματισμοί αποτελούν συστατικά ενός σύνθετου έργου, πχ κατασκευή, πραγματεία, μελέτη, …) από την ανάλυση του οποίου προκύπτουν (βλέπε αναλυτικά στα Boud & Felleti 1998, Buck Institute for Education 2003, McDermott et al. 2000). Στο περίγραμμα ύλης των μαθημάτων αυτών περιλαμβάνονται:

1. Εξοικείωση με τα υλικά που χρησιμοποιούνται (Lego© Mindstorms©) – οι εκπαιδευόμενοι παρακινούνται να πειραματιστούν με (απλές) κατασκευές και προγραμματισμό είτε με τις οδηγίες είτε δικής τους επινόησης. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται με την κατασκευή ρομπότ που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες αύξουσας πολυπλοκότητας. Κατά τον προγραμματισμό ζητείται από τους εκπαιδευόμενους να περιγράψουν το τι περιμένουν ότι θα κάνει το ρομπότ που κατασκεύασαν, να το δοκιμάσουν ως προς την ορθότητα και, αν υπάρχει 'λάθος' να σχεδιάσουν διαδικασία διόρθωσης.
2. Επιλογή μεταξύ των: α/σχεδιασμός και κατασκευή ενός ρομπότ για να συμμετάσχουν σε διαγωνισμό, ή β/σχεδιασμός και υλοποίηση σχετικές διδασκαλίας σε σχολική τάξη.
3. Σχεδιασμός σε αδρομερή τουλάχιστον μορφή και υλοποίηση (εφόσον είναι εφικτό από άποψη χρόνου και υλικών) τμήματος 'έξυπνου σπιτιού (smart house)' ή άλλης σύνθετης ρομποτικής εφαρμογής πχ γραμμή παραγωγής, εξυπηρετητή σειράς, αποθήκη υλικών, …. . ως εξάσκηση σε δραστηριότητα αυτομάθησης.

Σε όλα τα στάδια οι εκπαιδευόμενοι παρακινούνται να συνδυάζουν και να χρησιμοποιούν συναφείς με το συγκεκριμένο έργο τους γνώσεις από άλλα αντικείμενα, κυρίως από τη Φυσική και τα Μαθηματικά αντί να προσπαθούν δοκιμάζοντας απλά διαφορετικές τιμές παραμέτρων.

Τα κυριότερα συμπεράσματα από τις διδασκαλίες αυτές που αφορούν στο εφικτό του σκοπού και επιμέρους στόχων, την επιλογή του περιγράμματος ύλης, την επίδοση των εκπαιδευομένων τη δυνατότητα χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο σχολείο κλπ έχουν ήδη παρουσιαστεί στα Anagnostakis & Michaelides 2006, Anagnostakis & Michaelides 2007, Αναγνωστάκης κα 2008, Μαργετουσάκη κα 2008 ενώ θέματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτοδύναμης μάθησης έχουνε παρουσιαστεί στο Michaelides, P. G. 2012. Στην παρούσα εργασία, μετά από μια συνοπτική περιγραφή, του τρόπου οργάνωσης και υλοποίησης των μαθημάτων, παρουσιάζονται μη-δομημένες παρατηρήσεις σχετικά με τεχνικά θέματα της διδασκαλίας, συμπεριφορά εκπαιδευόμενων στην τάξη κλπ.

Συνοπτική περιγραφή των μαθημάτων.

Οργάνωση. Το μάθημα περιλαμβάνεται ως υποχρεωτικής επιλογής (εργαστηριακό) σεμινάριο της περιοχής 'Πληροφορική στην Εκπαίδευση' του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Διδάσκεται τουλάχιστον μια φορά κάθε έτος σε φοιτητές – φοιτήτριες του 5ου και πάνω εξαμήνου, οι οποίοι, κατά κανόνα, έχουνε παρακολουθήσει τα βασικά μαθήματα στις Θετικές επιστήμες και στη Μεθοδολογία της Διδασκαλίας ενώ οι περισσότεροι είναι εξοικειωμένοι ή έχουν βασικό αλφαβητισμό σε θέματα Πληροφορικής. Για την παρακολούθηση των μαθημάτων δεν τίθεται προαπαιτούμενα. Ως υλικά χρησιμοποιούνται τα LEGO© Mindstorms© (http://mindstorms.lego.com/) επειδή η αγορά τους είναι, γενικά, πιο συμφέρουσα οικονομικά και από άποψη υποστήριξης έχουν πληθώρα εργαλείων και διδακτικών σεναρίων ενώ είναι και οικεία στους περισσότερους εκπαιδευόμενους ως παιχνίδια. Σημειώνεται πως ο σχεδιασμός τους έγινε από τον Seymour Papert του M.I.T., γνωστού από την εισαγωγή του κονστρουξιονισμού (constructionism) και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος και γλώσσας προγραμματισμού LOGO© των οποίων το μετεξέλιξη αποτελεί το LEGO© Mindstorms©. Για τον προγραμματισμό χρησιμοποιείται η εικονιστική γλώσσα LEGO® MINDSTORMS® Education NXT σε PCs Windows© ή Macs με OSX© συνήθως φορητά προκειμένου να είναι ευκολότερη η μεταφορά σε σχολεία.

Διδασκαλία. Το μάθημα στο προπτυχιακό τμήμα γινότανε σε τρίωρα εργαστηριακά μαθήματα για τουλάχιστον 13 εβδομάδες ενώ στο εντατικό Comenius seminar καθημερινά 9:00

– 19:00 (με ενδιάμεση διακοπή για μεσημεριανό) για 8 με 10 ημέρες. Οι εκπαιδευόμενοι είχαν επίσης τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν το εργαστήριο επιπλέον ώρες κάτι που έκαναν αρκετά συχνά είτε για να ολοκληρώσουν τα έργα που είχαν αναλάβει είτε για περαιτέρω μελέτη και άσκηση. Τα πρώτα δυο με τρία μαθήματα περιλαμβάνουν εισαγωγή σε έννοιες σχετικές με τα ρομπότ, εξοικείωση με το υλικό (επεξεργαστής, δομικά συστατικά, αισθητήρες …), με τον προγραμματισμό των ρομπότ (εστιασμένο στο εικονιστικό πρόγραμμα Robolab© με αναφορές ή/και επίδειξη σε άλλες δυνατές γλώσσες) και με ενδεικτικές αναφορές σε χρήσεις ή δυνατές χρήσεις ρομπότ στην τάξη, στην παραγωγή, στην καθημερινή ζωή. Στο στάδιο αυτό της διδασκαλίας, οι διδάσκοντες έθεταν έργα αυξανόμενης πολυπλοκότητας προς υλοποίηση. Στις επόμενες εβδομάδες ζητείται από τους εκπαιδευόμενους να κατασκευάσουν ρομπότ για εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών. Στο στάδιο αυτό αναφέρεται μόνο η συγκεκριμένη λειτουργία που επιζητείται ενώ η υλοποίηση αφήνεται στην επινοητικότητα των εκπαιδευόμενων. Κύριος γνωστικός στόχος εδώ είναι η εξοικείωση με τις ιδιαιτερότητες του 'real time' προγραμματισμού και της ανταπόκρισης σε γεγονότα (πχ αλλαγή σε ενδείξεις ενός ή περισσότερων αισθητήρων). Στο στάδιο αυτό επίσης οι εκπαιδευόμενοι αρχίζουν την επιλογή και σχεδίαση της στρατηγικής τους είτε για να διδάξουν σε σχολείο είτε για να συμμετάσχουν σε διαγωνισμό ρομποτικής, έργα που πρέπει να ολοκληρωθούν στις επόμενα τρία με τέσσερα μαθήματα. Το υπόλοιπο διάστημα αφιερώνεται σε αναστοχασμό και πιθανή βελτίωση όσων έκαναν ενώ συγχρόνως μελετούν και παρουσιάζουν στο τέλος του μαθήματος δυνατές εφαρμογές ρομπότ (πχ 'έξυπνη κατοικία', ενσωμάτωση σε διδασκαλία, …) ως άσκηση για αυτοδύναμη μάθηση. Στο τέλος πραγματοποιείται μια συνολική αποτίμηση του μαθήματος. Σε όλα τα στάδια (με ιδιαίτερη έμφαση στα αρχικά στάδια) ζητείται από τους εκπαιδευόμενους να επανεξετάσουν και να βελτιώσουν το αποτέλεσμα τους. Σε όλη τη διάρκεια του μαθήματος οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να τηρούν ηλεκτρονικό ημερολόγιο όπου, μετά το πέρας κάθε διδασκαλίας, αναγράφουν συνοπτικά σχόλια ως προς το τις ενέργειες τους, τη συνεργασία μεταξύ τους στην ομάδα, τον τρόπο διδασκαλίας, πιθανά προβλήματα . Η απαίτηση αυτή, αν και θεωρείται 'αγγαρεία' από τους περισσότερους εκπαιδευόμενους φαίνεται απαραίτητη για την έγκαιρη υλοποίηση του μαθήματος.

Διαφοροποιήσεις. Στα προηγούμενα πλαίσια γίνονται κάθε φορά κατάλληλες διαφοροποιήσεις για την παρατήρηση ιδιαίτερων χαρακτηριστικών όπως η επίδραση λεπτομερειακής ή γενικής καθοδήγησης, η αποτελεσματικότητα διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων, η επίδραση προηγούμενων γνώσεων προγραμματισμού ή τεχνολογίας, … . Το μάθημα διδάσκεται επίσης, ως εντατικό επιμορφωτικό μάθημα σε υπηρετούντες εκπαιδευτικούς από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Comenius seminar) και από την Ελλάδα ενώ τμήματα του διδάσκονται ως σύντομα επιμορφωτικά σεμινάρια σε υπηρετούντες εκπαιδευτικούς και ως μαθήματα ευαισθητοποίησης – αλφαβητισμού σε μαθητές σχολείων.

Παρατηρήσεις. Οι προηγούμενες ρυθμίσεις ως προς τα προαπαιτούμενα για την παρακολούθηση του μαθήματος και ως προς τον τρόπο διδασκαλίας πλησιάζουν κατά το δυνατόν την κατάσταση του εκπαιδευτικού δυναμικού στα σχολεία. Η καθοδήγηση που χρησιμοποιείται με τη μορφή μέντορα όπου, πέρα από τη γνώση επιδιώκεται επίσης και η ανάπτυξη αυτοεκτίμησης και αυτοσυναισθήματος (Powell, 1997). Η διδασκαλία έγινε από τους συγγραφείς της εργασίας αυτής ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε και εξωτερικός παρατηρητής. Μετά από κάθε διδασκαλία ακολουθεί αποτίμηση του μαθήματος, η οποία στηρίζεται στη βαθμολογία που πέτυχαν οι εκπαιδευόμενοι, στις παρατηρήσεις από τους διδάσκοντες, σε (ανώνυμα) ερωτηματολόγια που συμπληρώνουν οι εκπαιδευόμενοι και σε ανοιχτή συζήτηση μεταξύ διδασκόντων και εκπαιδευομένων. Οι αποτιμήσεις αυτές παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά, τα οποία αναφέρονται στα επόμενα.

Σχολιασμός

Σε όλες τις τάξεις οι εκπαιδευόμενοι επιτυγχάνουν σχετικά υψηλή βαθμολογία, ένδειξη επίτευξης των στόχων του γνωστικού τομέα. Δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην επίδοση μεταξύ αγοριών και κοριτσιών πέρα μιας μικρής τάσης των κοριτσιών να ολοκληρώνουν τα

έργα τους κάπως πιο σύντομα. Αν και το μάθημα δεν είναι υποχρεωτικό και οι φοιτητές – φοιτήτριες έχουν και άλλες εναλλακτικές επιλογές, η διαρροή είναι σχεδόν μηδενική παρόλο που οι εκπαιδευόμενοι το θεωρούν 'μάθημα που απαιτεί κόπο'. Τη μηδενική αυτή διαρροή τη θεωρούμε ως ένδειξη διατήρησης ζωηρού ενδιαφέροντος κάτι που υποστηρίζεται και από απαντήσεις στα ερωτηματολόγια. Αν και όλοι σχεδόν οι εκπαιδευόμενοι θεωρούν το μάθημα πολύ απαιτητικό αποκομίζουν επίσης μια πολύ θετική γνώμη και αναφέρουν πως θα έπαιρναν παρόμοιο μάθημα και πως θα το συνιστούσαν και στους συναδέλφους τους. Θεωρούμε πως αυτό αποτελεί ένδειξη ενεργού συμμετοχής των εκπαιδευομένων στη μαθησιακή διαδικασία. Οι εκπαιδευόμενοι σε όλα τα επίπεδα (προπτυχιακοί φοιτητές – φοιτήτριες, υπηρετούντες εκπαιδευτικοί, μαθητές σχολείων, …) φαίνεται να ανταποκρίνονται, γενικά, με επιτυχία στις απαιτήσεις του μαθήματος παρόλο που δεν απαιτούνται προηγούμενες γνώσεις προγραμματισμού Η/Υ ή τεχνολογίας.

Οι παρατηρήσεις για τις δυσκολίες στη διδασκαλία ορισμένων θεμάτων του περιγράμματος ύλης περιλαμβάνουν:

- Η όποια εμπειρία των φοιτητών σε προγραμματισμό είναι στα πλαίσια του γραμμικού προγραμματισμού που διδάσκεται στα σχολεία ενώ ο προγραμματισμός των ρομπότ προβλέπει αντιδράσεις σε γεγονότα, όπως πχ οι αλλαγές στις ενδείξεις ενός ή περισσότερων αισθητήρων ή η πάροδος χρόνου. Φαίνεται πως οι εκπαιδευόμενοι έχουν δυσκολία να συνειδητοποιήσουν τη διαφορά ιδιαίτερα όσοι έχουν τεχνολογικό υπόβαθρο από τα αντίστοιχα μαθήματα του σχολείου. Βρήκαμε πως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης του είναι η ανάθεση ενός σχετικού εξειδικευμένου έργου και η καθοδήγηση με μορφή μέντορα ώστε να οδηγηθούν στην λύση του.
- Όμοια αντιμετώπιση εφαρμόζεται και προκειμένου να συνειδητοποιηθεί η διαφορά χρονικής κλίμακας μεταξύ χρονισμού του επεξεργαστή και ανθρώπινης συμπεριφοράς. Για παράδειγμα, η ανάθεση του έργου 'αναμονή του αυτοκινήτου-ρομπότ για άκουσμα ήχου, ξεκίνημα των κινητήρων, και σταμάτημα στο άκουσμα δεύτερου ήχου' δημιουργεί εκπλήξεις καθόσον το ρομπότ φαίνεται να μην αντιδρά, αν και ο προγραμματισμός του είναι 'περίμενε μέχρι η ένδειξη στον αισθητήρα ήχου να είναι πάνω από πχ 60, βάλε μπροστά τους κινητήρες και σταμάτησε τους όταν η ένδειξη του αισθητήρα ήχου είναι πάνω από 60'. Οι εκπαιδευόμενοι συμπεραίνουν πως το 'πρόγραμμα τους δεν λειτουργεί' και μόνο όταν με την καθοδήγηση, εντοπίσουν πως 'δεύτερος ήχος' σημαίνει πως η ένδειξη του αισθητήρα ήχου αποκτά μια μεγάλη τιμή (πρώτος ήχος) μετά πρέπει να πέσει σε μικρή τιμή και όταν ξαναδείξει μεγάλη τιμή τότε είναι 'δεύτερος ήχος'. Διαφορετικά με την ταχύτητα χρονισμού του επεξεργαστή του ρομπότ μόλις ξεκινήσουν οι κινητήρες θα σταματήσουν 'αμέσως καθόσον ο αισθητήρας ήχου έχει ακόμα μεγάλη ένδειξη λόγω της μεγάλης (σε σχέση με τον χρονισμό του επεξεργαστή) διάρκειας του ήχου, ακόμα και για απότομο χτύπημα.
- Η σύγκριση των ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ των εντολών 'αναμονή να συμβεί ένα γεγονός (wait until …)' και 'επανάληψη μέχρις ότου (loop until …)' κατανοείται καλύτερα με υλοποίηση έργων ειδικών για τέτοιε εντολές, κάτι που παρουσιάζεται συχνά όταν απαιτείται η παρακολούθηση περισσότερο από έναν αισθητήρων, συνθηκών ή καταστάσεων. Αυτές οι ασκήσεις προωθούν την ανάπτυξη δεξιοτήτων λογικής και δημιουργικής (ίσως και πλάγιας - lateral) σκέψης.
- Ως προς τη διδασκαλία της εκπαιδευτικής ρομποτικής με την επιλεγείσα προσέγγιση αναφέρουμε επίσης τις εξής επιμέρους παρατηρήσεις, κυρίως από τις αποτιμήσεις που αφορούν διδασκαλία στο προπτυχιακό επίπεδο (όμοιες παρατηρήσεις υπάρχουν και από τα άλλα επίπεδα).
- Πολλοί εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν το εργαστήριο και πέραν των ωρών του μαθήματος, κάποιοι για να ολοκληρώσουν τα έργα που δεν πρόλαβαν, οι περισσότεροι για περαιτέρω μελέτη και δοκιμές.

- Όλοι οι εκπαιδευόμενοι αναφέρουν πως θα θυμούνται πάντα τα έργα που υλοποίησαν, τον διαγωνισμό που συμμετείχαν ή τη διδασκαλία που πραγματοποίησαν (σημείο 2 παραπάνω. Επίσης πως θα θυμούνται τη συνεργασία και τις προσπάθειες τους να ολοκληρώσουν τα έργα που τους ανετέθησαν.
- Στην ερώτηση τι αισθάνονταν κατά τη διάρκεια του μαθήματος οι εκφράσεις που χρησιμοποιούν είναι: 'ενθουσιασμός - χαρά (όταν τα κατάφερναν), 'απογοήτευση (όταν η λύση τους δεν περπατούσε)', 'έκπληξη – αμηχανία (με τον προβληματισμό που αντιμετώπιζαν)', 'δημιουργία', … . Σχετικές είναι και οι απαντήσεις στην ερώτηση 'ξεκίνησα βαρετά αλλά ξετρελάθηκα', 'θα θυμάμαι πάντα τις προσπάθειες να βρούμε άκρη (να λύσουνε τους προβληματισμούς)', 'μου άρεσε η ομαδική δουλειά', 'μου άρεσε που δίδαξα με αυτόν τον τρόπο – τα παιδιά ενδιαφέρονταν συνέχεια (από εκπαιδευόμενους που έκαναν παρεμβάσεις σε σχολεία)', … . Ενδεικτικό επίσης είναι και το σχόλιο από ήδη υπηρετούντα και παλαιό εκπαιδευόμενο εκπαιδευτικό 'δεν θυμάμαι τι ακριβώς κάναμε αλλά θυμάμαι και χρησιμοποιώ στην τάξη μου τον τρόπο διδασκαλίας.
- Όλοι οι εκπαιδευόμενοι αναφέρουν το μάθημα ως πολύ απαιτητικό, όμως απασχολούνται εθελοντικά και με επιπλέον προαιρετικές σχετικές δραστηριότητες, πχ μετάφραση των οδηγιών στα ελληνικά, οργάνωση σχετικών εκδηλώσεων, συμμετοχή σε πανελλήνιο διαγωνισμό, … .
- Κάποιοι σκοποί του μαθήματος, πχ οι 5 και 6 παραπάνω, η ανάπτυξη αυτοεκτίμησης και αυτοσυναισθήματος, προωθούνται έμμεσα από τον τρόπο διδασκαλίας και από τις (εσωτερικές) συζητήσεις στην ομάδα. Θεωρούμε πως η προσέγγιση αυτή δημιουργεί πιο μακροπρόθεσμα αποτελέσματα καθόσον δημιουργεί στάσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους εκπαιδευόμενους κατά την επαγγελματική τους σταδιοδρομία αντιμετωπίζοντας την έλλειψη μάθηση μέσω της αλληλεπίδρασης με την κοινωνία (πλαίσιο Vygotski) καθώς και την ανεπαρκή ή δαπανηρή διαθέσιμη διαδικασία επιμόρφωσης. Εξετάσαμε τις παραμέτρους αυτές (Αναγνωστάκης κα 2008, Μαργετουσάκη κα 2008) διδάσκοντας συγχρόνως δυο όμοιες ομάδες. Στην ομάδα Α η ανάθεση έργων (project based learning) σχεδόν αμέσως (πχ 'ανοίξτε τα κουτιά με το υλικό και αρχίστε να δουλεύετε') ενώ στην ομάδα Β υπήρχε μια λεπτομερειακή καθοδήγηση στην αρχή (εξοικείωση με το υλικό και τον προγραμματισμό των ρομπότ και βασικές τεχνικές). Παρατηρήσαμε πως:
- Στην ομάδα Β οι εκπαιδευόμενοι κατασκεύασαν λειτουργικά ρομπότ πιο νωρίς από την ομάδα Α, αν και στο τέλος δεν υπήρχε διαφορά στις σχετικές δεξιότητες και δεξιοτεχνίες.
- Στην ομάδα Α οι εκπαιδευόμενοι φαίνεται να έχουν κατανοήσει περισσότερο το αντικείμενο (ολοκληρώνουν σύνθετα έργα πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ποικιλία στρατηγικών υλοποίησης) και αναφέρουν πιο θετική γνώμη για το μάθημα και τις επιμέρους παραμέτρους του.
- Όλοι οι εκπαιδευόμενοι αναφέρουν πως η πρόκληση να 'τελειώσουν' το έργο τους ανέβασε το αυτοσυναίσθημα του και τους άρεσε με αυτούς της ομάδας Α να είναι περισσότερο ενθουσιώδεις.
- Σε όλες τις ομάδες υπήρχε ικανοποιητική συνεργασία με διάφορες μορφές. Υπήρχε όμως μια τάση στις ομάδες Α τα μέλη να λειτουργούν ισότιμα χωρίς εξειδίκευση ρόλων ενώ στις ομάδες Β η τάση ήταν να λειτουργούν με ρόλους ('αρχηγός', κατασκευαστής' προγραμματιστή', …).
- Η συνεργασία και η ολοκλήρωση των έργων ήτανε πιο αποτελεσματική όταν τα μέλη της ομάδας ενστερνίζονταν το έργο. Αυτό μας οδήγησε να διαπραγματευόμαστε με την κάθε ομάδα ώστε να επιλέγουν τα μέλη της ομάδας το συγκεκριμένο κάθε φορά έργο

μεταξύ εναλλακτικών ισοδυνάμων (για λόγους ελέγχου υπήρχε και ανάθεση έργου από τους διδάσκοντες).

- Περίπου οι μισοί από τους εκπαιδευόμενους αναφέρουν ως αρνητικό χαρακτηριστικό του μαθήματος τη 'γραφειοκρατία' να συμπληρώνουν το ημερολόγιο με τις δραστηριότητες τους κάτι, όμως που είναι απαραίτητο για τη διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευομένων θεωρούν πως είναι σε θέση να διδάξουν κάτι παρόμοιο στο σχολείο ή να χρησιμοποιήσουν την εκπαιδευτική ρομποτική στη διδασκαλία τους επικαλούμενοι τη διδακτική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε και την οποία σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν και οι ίδιοι. Είναι χαρακτηριστικό επίσης πως όλες οι αρνητικές απαντήσεις ως προς την ικανότητα τους να χρησιμοποιήσουν την εκπαιδευτική ρομποτική στο σχολείο αποδίδονται στην (εκτιμώμενη) έλλειψη υλικών στο σχολείο ή στην 'ακαμψία' του αναλυτικού προγράμματος κλπ δηλαδή σε λόγους άσχετους με τις ικανότητες τους.

Από τις διδασκαλίες που έγιναν (στην πλειονότητα τους από προπτυχιακούς φοιτητές – φοιτήτριες) σε σχολεία σημειώνουμε:

- Η διδακτική προσέγγιση των φοιτητών – φοιτητριών ακολούθησε το πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διδασκαλία του μαθήματος στους ίδιους αν και, λόγω περιορισμών χρόνου, δεν άφηναν πάντοτε αρκετό χρόνο για σκέψη και περισυλλογή στους μαθητές – μαθήτριες..
- Υπήρξε εφευρετικότητα στο θέμα του προγραμματισμού των ρομπότ. Αντί οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν αμέσως τον Η/Υ, κατασκεύασαν κάρτες με τις αντίστοιχες εντολές του εικονιστικού περιβάλλοντος προγραμματισμού τις οποίες οι μαθητές τοποθετούσαν με τη σειρά που νόμιζαν, μελετούσαν σχολίαζαν, 'δοκίμαζαν' και διόρθωναν το αποτέλεσμα και μετά το μετέφεραν στον Η/Υ και το κατέβαζαν στο αυτοκίνητο-ρομπότ. Η δοκιμή γινόταν με έναν μαθητή να ακολουθεί τις εντολές του προγράμματος που είχαν σχηματίσει. Η τεχνική αυτή αποδείχτηκε πολύ αποτελεσματική ως προς την διαχείριση του χρόνου και την κατανόηση εννοιών προγραμματισμού του ρομπότ.
- Με μια εξαίρεση, που αναφέρεται πιο κάτω, σε όλες τις διδασκαλίες:
- Οι μαθητές έδειξαν ζωηρό ενδιαφέρον (για 2 και 3 ώρες!) και ζητούσαν επανάληψη σε πιο προχωρημένο επίπεδο..
- Αν και υπήρχε από την αρχή οργάνωση σε ομάδες, οι μαθητές μετακινούνταν συνεχώς στους διάφορους τόπους εργασίες (θρανία, πάγκοι) αναλαμβάνοντας κάθε φορά διαφορετικό ρόλο στην κατασκευή και προγραμματισμό των ρομπότ. Όταν ολοκλήρωναν ένα έργο πηγαίνανε στις άλλες ομάδες να το επιδείξουν και να 'τους βοηθήσουν'.
- Οι μαθητές αναλάμβαναν κάθε ρόλο (αρχηγού, κατασκευαστή, προγραμματιστή, …) αδιακρίτως και ανάλογα με την δυναμική της ομάδας. κάθε φορά.
- Οι μαθητές έδειξαν μεγάλη δημιουργικότητα στην υπόδειξη δυνατών ρομποτικών εφαρμογών και τρόπων υλοποίησης των.
- Οι μαθητές απόκτησαν βασικές έννοιες των ρομπότ, της λειτουργίας τους, και ενδεικτικών εφαρμογών τους όπως έδειξαν οι αποτιμήσεις που ακολουθούσαν κάθε διδασκαλία.
- Σε ένα σχολείο υπήρξε ασυμμετρία μεταξύ της κατασκευής του ρομπότ και του προγραμματισμού του με τους μαθητές να απορροφούνται στον προγραμματισμό και τους Η/Υ. αυτό αποδίδεται στο ότι στο σχολείο αυτό οι μαθητές ήταν στην πλειοψηφία τους μετανάστες από τις πρώην ανατολικοευρωπαϊκές χώρες και δεν είχαν εμπειρίες από παιχνίδια τύπου Lego© ενώ οι Η/Υ τους ήταν πιο οικείοι και εντυπωσιακοί (Mac© Book).

- Σε μια μελέτη περίπτωσης η διδασκαλία έγινε από φοιτήτριες στα πλαίσια πτυχιακής εργασίας σε μαθητές Γυμνασίου απομονωμένου ορεινού χωριού (Καλαμαρά 2009, Στάικου 2009, Στούμπου 2009). Στο σχολείο αυτό οι μαθητές είχανε χάσει το ενδιαφέρον τους για τα μαθήματα από τα οποία δεν προσδοκούσανε τίποτα χρήσιμο σε αυτούς, μεγάλος αριθμός μαθητών είχε αναπτύξει έντονα παραβατική συμπεριφορά ενώ ένα σημαντικό ποσοστό θεωρείτο ότι είχε μαθησιακές δυσκολίες και προβλήματα εστίασης προσοχής. Οι μαθητές αυτοί, μετά από ένα αρχικό στάδιο αδιαφορίας, καχυποψίας και 'δουλέματος' διαπιστώσανε πως το αντικείμενο μπορούσε να τους είναι χρήσιμο σε μελλοντικές τους ασχολίες, (κυρίως σταβλισμένη ή μη κτηνοτροφία), άρχισαν να δείχνουν αυξανόμενο ενδιαφέρον και όλοι τους συμμετείχαν ενεργά στα μαθήματα (τρεις διδακτικές παρεμβάσεις 3-4 διδακτικές ώρες καθεμιά). Έδειξαν επίσης πραγματική εφευρετικότητα στην κατασκευή ανθεκτικών ρομπότ παραβλέποντας συνειδητά τις οδηγίες κατασκευής. Το ενδιαφέρον τους για το σχολείο επανήλθε, επισκέφτηκαν το Πανεπιστήμιο διερευνώντας διάφορες δραστηριότητες. Οι περισσότεροι τότε μαθητές, ενήλικες πλέον διατηρούν φιλικές επαφές με τους τότε διδάσκοντες. Όμοιες παρατηρήσεις υπήρξαν και από σχολείο άλλης απομονωμένης περιοχής κατά τη διάρκεια απλής διδακτικής παρέμβασης.
- Στις πρώτες διδασκαλίες, εκπαιδευόμενοι συμμετείχαν εθελοντικά και μόνοι τους σε Πανελλήνιο διαγωνισμό ρομποτικής (Athens Digital Week) αποσπώντας διάκριση, εξωτερική ένδειξη επίτευξης γνωστικών τουλάχιστον στόχων του μαθήματος.

5. Σύνοψη

Η Εκπαιδευτικής Ρομποτικής προτείνετε σαν ένα επιτυχημένο εργαλείο, προσέχοντας την παράμετρο του χρόνου (λειτουργεί περά από τα στενά όρια της διδακτικής ώρας), την επιλογή των διδακτικών σεναρίων (αναθέσεις κοινών εργασιών ,διαγωνισμοί).

Για τον σχεδιασμό αντίστοιχων μαθημάτων (ή δραστηριοτήτων) θα συμβουλεύαμε ως προς τα χαρακτηριστικά κάθε τρόπου διδασκαλίας : 1)με την συντονισμένη καθοδήγηση οι μαθητές αποκτούν γρήγορα εμπειρία γνώσεων κατασκευής και προγραμματισμού των ρομπότ, ενώ 2) με την αυτενέργεια φαίνεται να κατανοούν καλύτερα τις έννοιες και αρχές.

Για την δημιουργία ομάδων: 1)τα 2 άτομα ανά ομάδα φαίνεται να λειτουργούν συνεργατικά, 2) με 3 άτομα οι συζητήσεις παίρνουν περισσότερο χρόνο, που είναι γενικά χρήσιμο ως προς την κατανόηση όμως σε κάποιες περιπτώσεις οδηγεί σε αποσυντονισμό της ομαδικής εργασίας (καθένας επιμένει στην άποψη του), ενώ 3) για ομάδες με πάνω από 3 άτομα τα προβλήματα υπερτερούν.

Συνοπτικά, θεωρούμε πως η εκπαιδευτική ρομποτική , η οποία αποτελεί μετεξέλιξη του περιβάλλοντος LOGO©, επιβάλλεται να εισαχθεί στην εκπαίδευση, ιδιαίτερα στην υποχρεωτική εκπαίδευση, αρχικά ως αντικείμενο για ευαισθητοποίηση – αλφαβητισμό σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας ώστε μετέπειτα να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό περιβάλλον για ανάπτυξη σύνθετων γνωστικών δεξιοτήτων και τεχνικών δεξιοτεχνιών. Οι προηγούμενες παρατηρήσεις μας αν και αδόμητες υποδεικνύουν πως αυτό είναι εφικτό και αν συνδυαστεί με κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις προωθεί τις ανθρωπιστικές αξίες της ανάπτυξης προσώπων με κριτική και δημιουργική σκέψη (… *To come to a more fundamental cleavage; there can be no agreement between those who regard education as a means of instilling certain definite beliefs, and those who think that it should produce the power of independent judgment. Where such issues are relevant, it would be idle to shirk them… ….* Russell, B (1926).

6. Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε την κ. Α. Μαργετουσάκη για τη συνολική βοήθεια της και παρατηρήσεις της κατά τη διδασκαλία. Η εργασία αυτή έγινε με μερική οικονομική υποστήριξη από την Ευρωπαϊκή

Επιτροπή (έργο "Pri-Sci-Net" σύμβαση 266647, http://www.prisci.net/). Οι απόψεις εδώ εκφράζουν μόνο τους συγγραφείς. Τόσο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όσο και οι συνεργάτες του έργου δεν φέρουν καμιά ευθύνη για την όποια χρήση γίνει όσων αναγράφονται εδώ.

Βιβλιογραφία

Αναγνωστάκης, Σ., Μαργετουσάκη, Α., Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2008). Δυνατότητα Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στα Σχολεία, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 28-30 Μαρτίου 2008 πρακτικά σελ. 243-252 (επιμέλεια πρακτικών Βασίλης Κόμης) http://www.ecedu.upatras.gr/didinfo/.

Καλαμαρά, Θωμαΐς (2009). Η εκπαιδευτική ρομποτική στο σχολείο: Μια μελέτη περίπτωσης στο Γυμνάσιο της Κράνας, πτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο 2009.

Μαργετουσάκη, Α., Αναγνωστάκης, Σ., Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2008). Άτυπη μάθηση σε περιβάλλον εκπαιδευτικής ρομποτικής 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 28-30 Μαρτίου 2008 πρακτικά σελ. 253-262 (επιμέλεια πρακτικών Βασίλης Κόμης) http://www.ecedu.upatras.gr/didinfo/.

Στάικου, Κωνσταντίνα (2009). Η Εκπαιδευτική Ρομποτική στο σχολείο: η δυνατότητα αυτοεπιμόρφωσης του εκπαιδευτικού, πτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο 2009.

Στούμπου, Χριστίνα (2009). Η εκπαιδευτική ρομποτική στο σχολείο, πτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο 2009.

Anagnostakis, Simos and Michaelides P. G. (2006). Laboratory of Educational Robotics' - An undergraduate course for Primary Education Teacher - Students, proceedings pp. 329-335, HSci 2006 - 3rd International Conference on Hands-on Science, 4th - 9th September, 2006, Braga, Portugal, proceedings published by University of Minho. (http://www.hsci.info/hsci2006/index.html).

Anagnostakis, Simos and Michaelides P. G. (2007). Results from an undergraduate test teaching course on Robotics to Primary Education Teacher – Students' 4th International Conference on Hands-on Science, 23 – 27 July 2007, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Portugal, Proceedings pp. 3-9 http://www.hsci.info/hsci2007.html,.

Anagnostakis, Simos and Michaelides P. G., (2012). Teaching Educational Robotics for Schools: some retrospective comments, presented at the 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012, 17-21 October 2012, Antalya, Turkey (http://www.hsci.info).

Anne Powell, M.S.W. (1997). Academic Tutoring and Mentoring: A Literature Review, California Research Bureau, California State Library, 1997 στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://www.library.ca.gov/crb/97/11/97011.pdf (επίσκεψη 22 Αυγ. 2012).

Boud, D. & Felleti, G. editors (1998). The challenge of Problem Based Learning. Kogan Page Limited, London.

Buck Institute for Education (2003). Project Based Learning Handbook: A Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers.

McDermott Lillian C, Shaffer Peter S and Constantinou C P (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. Phys. Educ. 35(6), pp. 411-420

Michaelides, P. G. (2012). Problem Based Learning in Science and Technology teaching in the Department of Primary Teachers Education of the University of Crete, presented at the 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012, 17-21 October 2012, Antalya, Turkey

Powell, M. Anne, (1997). Academic Tutoring and Mentoring: A Literature Review, California Research Bureau, California State Library, 1997 available at http://www.library.ca.gov/crb/97/11/97011.pdf (visited Aug. 22, 2012)

Russell, Bertrand, (1926). On Education, Especially in Early Childhood. Bertrand Russell (1872-1980), the third Earl Russell, Mathematician (Logic- see Russell's paradox), one of the greatest philosophers who wrote many of his works in jail where he was imprisoned because of his political activity (peace movements during the era of post WWII cold war).

Η Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εφαρμογή: Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm.

Δίντσιος Νικόλαος
Πολάτογλου Χαρίτων
Καθηγητής Β/θμιας Εκπ/σης, Γυμνάσιο Βαθυλάκου, Υποψήφιος Διδάκτωρ,
nikos.dintsios@gmail.com
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ,
hariton@auth.gr

Περίληψη

Ένα νέο πεδίο στην εκπαίδευση είναι και η εξ αποστάσεως διδασκαλία. Για να αναπτυχθεί μια τέτοια διαδικασία απαιτείται ένας συνδυασμός συνιστωσών, όπως διαδίκτυο, ολοκληρωμένα κυκλώματα, ανάπτυξη λογισμικού, καθώς επίσης και χρήση μικροεπεξεργαστών. Η παρούσα εργασία ασχολείται ακριβώς με αυτό, δηλαδή την εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, έχουμε υλοποιήσει σειρά εργαστηριακών ασκήσεων στις οποίες ο εκπαιδευόμενος εκτελεί πραγματικά πειράματα από απόσταση. Εδώ θα περιορίσουμε την παρουσίασή μας στην επιβεβαίωση του νόμου του Ohm.

Η κεντρική ιδέα είναι ο μαθητής να συνδέεται μέσω του διαδικτύου σε μια ιστοσελίδα και να εφαρμόζει διάφορες τιμές τάσης (μέσω της ιστοσελίδας), οι οποίες πραγματικά να εφαρμόζονται σε άγνωστο αντιστάτη. Μια κάμερα θα είναι εστιασμένη πάνω σε ένα πολύμετρο και έτσι ο χρήστης θα "διαβάζει" τις ενδείξεις για την ένταση του ρεύματος. Ταυτόχρονα με την εκτέλεση του πειράματος, ο εκπαιδευόμενος θα συμπληρώνει και ένα φύλλο εργασίας με σκοπό την επίτευξη των διδακτικών στόχων.

Abstract

It is a common belief that real experiments are very crucial in education. Often though, there is a lack of time to perform such experiments in laboratories. To cope with this problem simulations have been developed using the internet, making it possible for the students to observe an experiment through the net. The next step beyond simulation would be to conduct real experiments using the internet. In this project we are developing a hardware and a software setup, in order to achieve this goal and make experimental e-Learning reality.

Εισαγωγή

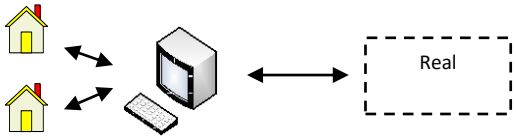
Είναι κοινός τόπος η άποψη πως τα πειράματα κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Nersessian, 1991). Οι στόχοι που τίθενται κατά την εκτέλεσή τους είναι γνωστικοί, συναισθηματικοί και ψυχοκινητικοί (Shulman and Tamir, 1973). Επίσης, οι εκπαιδευόμενοι διενεργώντας πειράματα μορφώνουν έναν επιστημονικό τρόπο θεώρησης και προσέγγισης αναπτύσσοντας τις "ικανότητες – κλειδιά" (Κουμαράς, Χαραλάμπους, 2010).

Παραδοσιακά το πείραμα εκτελείται στη σχολική τάξη κατά τη διάρκεια της διδακτικής ώρας. Μπορεί να είναι εκτελεσμένο από τους μαθητές ή μπορεί να είναι πείραμα επίδειξης ανάλογα με την εργαστηριακή άσκηση που έχει επιλεγεί. Σαφώς και το πείραμα επίδειξης είναι συνηθέστερο από το κατά μέτωπο πείραμα, το οποίο κατά την εφαρμογή οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν σειρά προβλημάτων (Καφετζόπουλος κ.α.).

Σήμερα, όμως, η τεχνολογική ανάπτυξη και η χρήση του διαδικτύου παρέχουν τη δυνατότητα διεξαγωγής πραγματικών πειραμάτων από απόσταση. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η εφαρμογή της εργαστηριακής άσκησης "Υπολογισμός της σταθεράς του Ohm", που διενεργήθηκε εξ αποστάσεως σε σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Πείραμα από απόσταση

Η βασική αρχή του πειράματος εξ αποστάσεως εικονίζεται στην εικόνα 1. Ο χρήστης από



Εικόνα 1: Ο χρήστης από τον προσωπικό του χώρο συνδέεται με το πραγματικό πείραμα.

τον προσωπικό του χώρο συνδέεται σε μια ιστοσελίδα, μέσω της οποίας μπορεί να χειρίζεται εξ αποστάσεως συσκευές, να θέτει ηλεκτρικές τάσεις, να "διαβάζει" ενδείξεις βολτομέτρων και αμπερομέτρων και να έχει οπτική επαφή με την πειραματική διάταξη όπου χρειάζεται.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η πρόοδος της τεχνολογίας και του διαδικτύου συντέλεσαν στην ανάπτυξη των πραγματικών πειραμάτων από απόσταση. Αλλά θα είχαν απήχηση οι εργαστηριακές ασκήσεις από απόσταση στα διάφορα ιδρύματα αν δεν υπήρχε η ανάγκη εισαγωγής τους; Η απάντηση είναι προφανής. Τα πειράματα από απόσταση μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα που προκύπτουν κατά την εφαρμογή πειραμάτων μέσα στη σχολική τάξη. Τέτοια προβλήματα είναι:

- χρονικός περιορισμός
- έλλειψη εργαστηριακών αιθουσών
- έλλειψη υλικοτεχνικού εξοπλισμού
- μεγάλος αριθμός μαθητών μέσα στην αίθουσα του εργαστηρίου

Εκτός από τα παραπάνω, η εργαστηριακή άσκηση από απόσταση βοηθά ενεργά στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση (Gomes et al 2009) και συντελεί στην υλοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων οι οποίες δεν εμπίπτουν στο αναλυτικό πρόγραμμα. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητές να πειραματιστούν σε διατάξεις οι οποίες θα ήταν επικίνδυνες αν υλοποιούνταν στα πλαίσια της σχολικής τάξης (Gomes et al., 2009), όπως για παράδειγμα την ακτινοβολία μιας ραδιενεργούς πηγής και την μέτρηση της με έναν ανιχνευτή Geiger – Müller. Τέλος, είναι αναγκαίο να επισημανθεί η θετική αντιμετώπιση που είχαν μαθητές με ειδικές ανάγκες, όπως κινησιολογικές (δυσκολία κίνησης στο χώρο του εργαστηρίου καθώς και δυσκολία στη χρήση των οργάνων μέτρησης και παρατήρησης) αλλά και ακοής ή/και όρασης (Scanlon et al. 2004).

Διάφορα ιδρύματα καθώς και επιχειρήσεις έχουν επενδύσει και προσβλέπουν στην εκπαίδευση των χρηστών από πειράματα εξ αποστάσεως. Ενδεικτικά αναφέρουμε το πανεπιστήμιο MIT[21], το πανεπιστήμιο του Cambridge[22], τη "βιβλιοθήκη πειραμάτων" LiLa[23] που αποτελεί μια ευρωπαϊκή προσπάθεια από οκτώ πανεπιστήμια και τρείς επιχειρήσεις, και τις προσπάθειες παλαιοτέρων ετών (Harms et al., 1998), (Shen et al., 1999), (Tuttas et al., 2001), (Tuttas et al., 2002).

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία αντιλαμβανόμαστε πως τα πειράματα εξ αποστάσεως χρησιμοποιούνται κυρίως από πανεπιστήμια και σχεδόν ελάχιστα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζουμε την εφαρμογή ενός πειράματος εξ αποστάσεως με τίτλο "Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm", που υλοποιήθηκε σε δύο σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις τάξεις της Β΄ λυκείου και της Γ΄ Γυμνασίου.

Μεθοδολογία

Όπως προαναφέρθηκε, η παρούσα εργασία έχει σκοπό την υλοποίηση πραγματικών πειραμάτων μέσω του διαδικτύου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Για να αναπτύξουμε τη μεθοδολογία υλοποίησης ενός πραγματικού πειράματος από απόσταση θα αναλύσουμε ένα τέτοιο πείραμα. Ας ξεκινήσουμε, λοιπόν, με την επιβεβαίωση του νόμου του Ohm σε ωμικό

[21] https://wikis.mit.edu/confluence/display/ILAB2/Home
[22] http://como.cheng.cam.ac.uk/index.php?Page=Research&Section=Weblabs
[23] http://www.lila-project.org/

αντιστάτη, πείραμα το οποίο συγκαταλέγεται στις υποχρεωτικές εργαστηριακές ασκήσεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στην τάξη της Β΄ λυκείου και της Γ΄ γυμνασίου

Όπως είναι γνωστό, σε κάθε ωμικό αντιστάτη σταθερής θερμοκρασίας η ένταση που τον διαρρέει είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης στα άκρα του και ο λόγος ένταση προς τάση είναι σταθερός και ίσος με την αγωγιμότητα (R^{-1}) του αντιστάτη. Το παραπάνω πείραμα στα πλαίσια της σχολικής τάξης υλοποιείται με τη βοήθεια ενός άγνωστου αντιστάτη, ενός τροφοδοτικού τάσης και ενός αμπερομέτρου. Εφαρμόζοντας διάφορες τιμές τάσης, οι μαθητές λαμβάνουν μετρήσεις με τις αντίστοιχες εντάσεις του ηλεκτρικού ρεύματος και σχηματίζουν την καμπύλη I – V. Από την κλίση της ευθείας υπολογίζουν τον άγνωστο αντιστάτη, ενώ ταυτόχρονα επιβεβαιώνουν και τον κανόνα του Ohm.

Εκτέλεση του Πειράματος από απόσταση

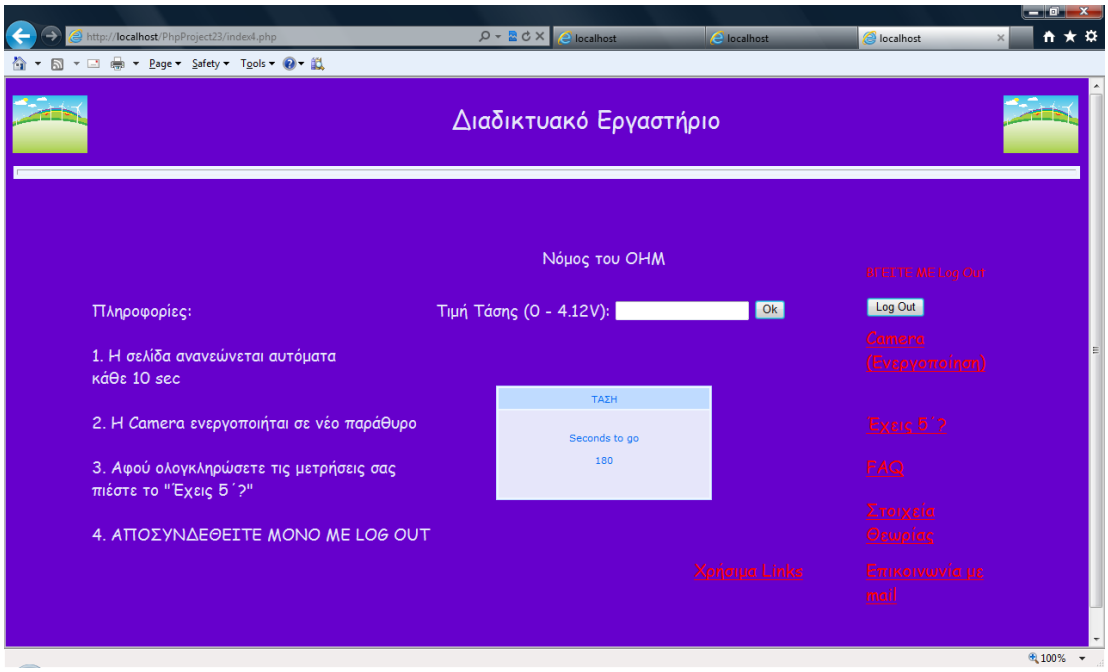
Η πραγματοποίηση του παραπάνω πειράματος εξ αποστάσεως διαφέρει ελάχιστα από το πραγματικό πείραμα. Πιο συγκεκριμένα, την πηγή τάσης (κατά το πραγματικό πείραμα) την αντικαθιστά ο υπολογιστής. Αρχικά, ο χρήστης χρησιμοποιεί ένα μοναδικό username και password που του έχει δοθεί και συνδέεται με την ιστοσελίδα. Οι κωδικοί είναι αποθηκευμένοι σε μια βάση δεδομένων (Mysql), όπου καταγράφεται η χρονική στιγμή που ο κάθε μαθητής συνδέθηκε, αλλά και πόσες φορές. Με τη βοήθεια της βάσης δεδομένων μπορούμε να διατηρούμε τα στοιχεία κάθε σύνδεσης για περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Μόλις ο χρήστης συνδεθεί με την ιστοσελίδα μέσω της οποίας θα διεξάγει το πείραμα, θέτει τις τιμές τάσης που επιθυμεί.. Κάθε φορά η τάση που επιλέγει εφαρμόζεται πραγματικά πάνω σε έναν άγνωστο αντιστάτη. Κατόπιν, ο μαθητής με τη βοήθεια μιας WebCam “διαβάζει” την ένδειξη του πολυμέτρου που αναφέρεται στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (σε mA) (εικόνα 3).

Για να υλοποιηθούν όλα τα παραπάνω εκτός από μια σειρά ιστοσελίδων που πρέπει να σχεδιαστούν, απαιτείται και ένα hardware με ηλεκτρονικά και ολοκληρωμένα κυκλώματα, το οποίο θα επιτελεί μια σειρά εργασιών (Δίντσιος κ.α., 2010).

Στην έξοδο της πειραματικής μας διάταξης συνδέουμε έναν αντιστάτη R_x, άγνωστης αντίστασης για τον εκπαιδευόμενο. Από τα ζεύγη τιμών V – I που προκύπτουν σχεδιάζεται η ευθεία V – I, από την οποία εξάγεται και η τιμή της άγνωστης αντίστασης του ωμικού αντιστάτη.

Εκπαιδευτικό σενάριο

Η εργαστηριακή άσκηση που περιγράφεται στη παρούσα εργασία απευθύνεται στους μαθητές της Β΄ λυκείου και στους μαθητές της Γ΄ γυμνασίου. Συνδέεται με το μάθημα της φυσικής και αφορά μια εργαστηριακή άσκηση εξ αποστάσεως στο κεφάλαιο του ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 2: Ιστοσελίδα επικοινωνίας χρήστη – πειραματική διάταξη.

Εικόνα 3: Ο χρήστης λαμβάνει τις τιμές εντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος

Η μέθοδος διδασκαλίας που ακολουθείται είναι η διερευνητική μάθηση. Αρχικά, οι μαθητές οδηγούνται στο εργαστήριο πληροφορικής και σχηματίζουν ομάδες των δύο. Στη συνέχεια μοιράζεται στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας το οποίο τούς ζητά να σχηματίσουν ένα εικονικό κύκλωμα στο περιβάλλον του Phet.colorado.edu. Κατόπιν, λαμβάνουν την οδηγία να μεταβάλλουν τις τιμές των τάσεων και να παρατηρούν τι συμβαίνει με τις τιμές των ηλεκτρικών εντάσεων. Όταν η παραπάνω άσκηση ολοκληρωθεί, ζητείται από τους μαθητές να συνδεθούν σε συγκεκριμένη ιστοσελίδα και να εκτελέσουν το πείραμα από απόσταση.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος υπάρχουν πληροφορίες οι οποίες καθοδηγούν τους μαθητές. Επίσης, υπάρχουν στοιχεία από τη θεωρία του νόμου του Ohm, χρήσιμα links καθώς και η δυνατότητα επικοινωνίας μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου με τον διδάσκοντα.

Σκοποί της εργαστηριακής άσκησης από απόσταση είναι η απόκτηση γνώσεων σχετικά με τις βασικές έννοιες στη θεωρία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, η ανάπτυξη ικανοτήτων χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή, η λήψη μετρήσεων και η επεξεργασία τους, η χάραξη γραφικών

παραστάσεων και η σύνδεσή τους με φυσικά μεγέθη. Επιπλέον, τα ζεύγη τιμών V – I για κάθε μαθητή δεν οδηγούν στην ίδια τιμή της αντίστασης (κάτι που συμβαίνει στις προσομοιώσεις), γεγονός που οδηγεί τον εκπαιδευόμενο στην αισθητοποίηση του σφάλματος κατά τις μετρήσεις. Έτσι, ο χρήστης – μαθητής θεμελιώνει τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και θεώρησης των πραγμάτων.

Αποτελέσματα από τη Διεξαγωγή του Πειράματος

Στο πίνακα 1 καταγράφονται τα ζεύγη V – I που έλαβαν πέντε μαθητές.

Πίνακας 1: Μετρήσεις μαθητών για την επιβεβαίωση του νόμου του Ohm

Μαθητής 1		Μαθητής 2		Μαθητής 3		Μαθητής 4		Μαθητής 5	
Τάση	Ένταση	Τάση	Ένταση	Τάση	Ένταση	Τάση	Ένταση	Τάση	Ένταση
0,5	0,48	2,5	2,35	0,4	0,4	2,4	2,27	0,7	0,68
1	1,01	3	2,81	0,8	0,79	2,8	2,6	1,4	1,35
1,5	1,43	3,5	3,26	1,2	1,17	3,2	3	2,1	2
2	1,89	4	3,72	1,6	1,54	3,6	3,38	2,8	2,6
2,5	2,35	4,1	3,76	2	1,89	4	3,72	3,5	3,26

Στη συνέχεια οι παραπάνω μετρήσεις επεξεργάστηκαν από τους ίδιους τους μαθητές με τη βοήθεια του προγράμματος Excel και προέκυψαν οι τιμές για την άγνωστη αντίσταση. Οι τιμές αυτές φαίνονται στο Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Πειραματικές τιμές αντιστάσεων για κάθε μαθητή.

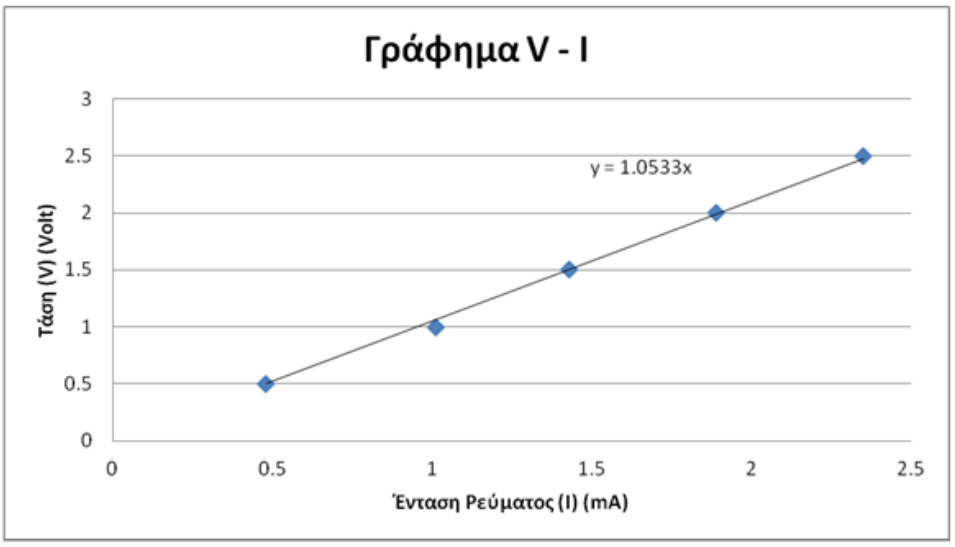
	Μαθητής 1	Μαθητής 2	Μαθητής 3	Μαθητής 4	Μαθητής 5
Υπολογιζόμενη Αντίσταση	1081Ω	1118Ω	1072Ω	1085Ω	1091Ω

Όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς των μαθητών, η πειραματική τιμή της αντίστασης δεν διαφέρει αισθητά από τη θεωρητική της τιμή, η οποία είναι 1000Ω. Επίσης, από τον Πίνακα 1 επιβεβαιώνεται ο νόμος του Ohm για όλες τις ομάδες. Ενδεικτικά παραθέτουμε το γράφημα 1, το οποίο αντιστοιχεί στις μετρήσεις του μαθητή 1. Όπως παρατηρούμε και από το γράφημα τα σημεία συγκλίνουν σε ευθεία γραμμή, γεγονός που επιβεβαιώνει το νόμο του Ohm.

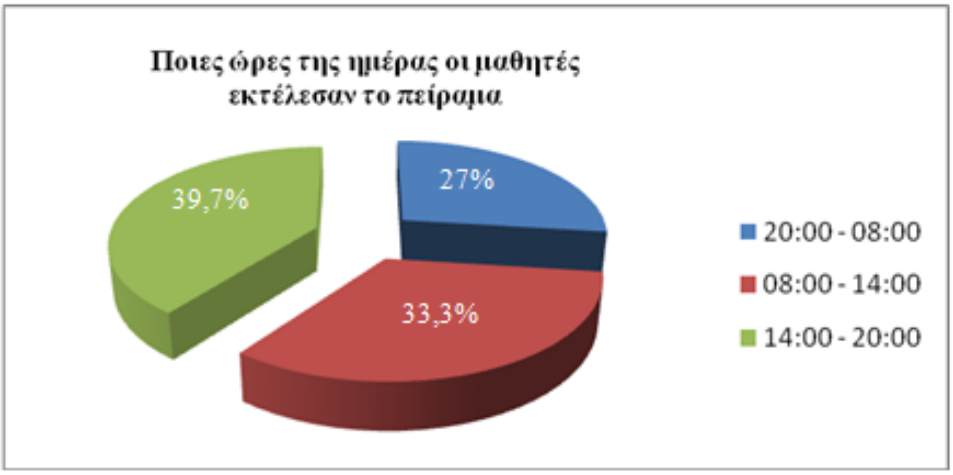
Στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν

Από τη διεξαγωγή του πειράματος ενδιαφέροντα στατιστικά στοιχεία προέκυψαν σχετικά με το ποιες ώρες οι μαθητές εκτέλεσαν την εργαστηριακή άσκηση, τη συνολική διάρκεια που χρησιμοποιήθηκε το πείραμα, τις εντυπώσεις των μαθητών σχετικά με την εργαστηριακή άσκηση από απόσταση. καθώς επίσης αν θα πρότειναν οι μαθητές τη συγκεκριμένη ιστοσελίδα σε άλλους. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι το 26,9% των μαθητών εκτέλεσαν το πείραμα από τις 20:00 το βράδυ έως τις 08:00 το πρωί, το 33,3% από τις 08:00 μέχρι τις 14:00, ενώ τέλος το 39,7% εκτέλεσε το πείραμα από τις 14:00 μέχρι τις 20:00. Να σημειωθεί ότι το πείραμα εκτελέστηκε κατά τη διάρκεια των διακοπών του Πάσχα (2012), γεγονός που μετατοπίζει τα παραπάνω ποσοστά προς τις πρωινές ώρες. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο σχήμα 6. Όπως αποκαλύπτεται από την έρευνα, η διαθεσιμότητα της εργαστηριακής άσκησης 24ώρες/ημέρα είναι επιβεβλημένη.

Γράφημα 1: *Γραφική παράσταση V – I*

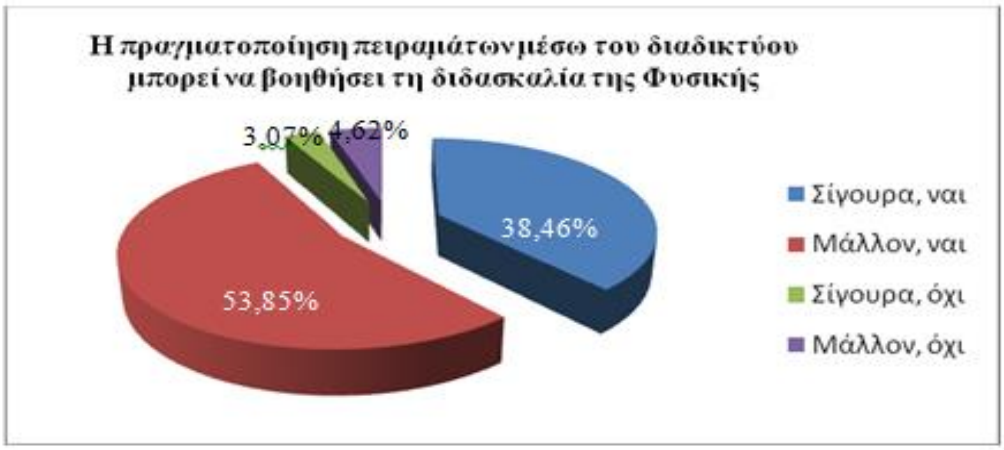


Από το ερωτηματολόγιο στο οποίο απάντησαν οι μαθητές και συγκεντρώνοντας τις απαντήσεις τους προκύπτει ότι το 38,4% συντάσσεται με την άποψη πως τα πραγματικά πειράματα από απόσταση μπορούν σίγουρα να βοηθήσουν τη διδασκαλία της φυσικής, ενώ το 53,8% δηλώνει πως μάλλον μπορούν να βοηθήσουν.



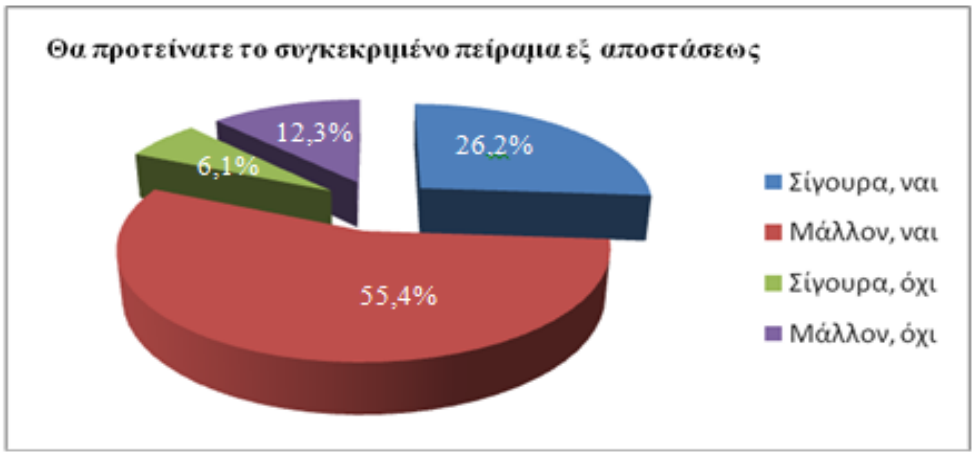
Σχήμα 6: Κατανομή μαθητών ανάλογα με το πότε (ποιες ώρες κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου) εκτέλεσαν το πείραμα.

Επιπλέον το 76,92% δηλώνει πως η εργαστηριακή άσκηση "Υπολογισμός της σταθεράς του Planck" είναι μια ενδιαφέρουσα άσκηση, ενώ το 23,07% απάντησε πως μάλλον δεν είναι ενδιαφέρουσα. Τέλος, το 82% των ερωτηθέντων στην ερώτηση αν θα πρότεινε τη δεδομένη εξ αποστάσεως εργαστηριακή άσκηση, απαντά καταφατικά. Όλα τα παραπάνω ευρήματα συνοψίζονται στα σχήματα 7, 8 και 9 αντίστοιχα. Τα στατιστικά που προκύπτουν από την έρευνα που διεξήγαμε συμφωνούν με αντίστοιχες μελέτες από άλλες ερευνητικές ομάδες (Dziabenko et al., 2012).



Σχήμα 7: Κατανομή μαθητών ανάλογα με αν πιστεύουν πως η διενέργεια πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως μπορεί να βοηθήσει

Σχήμα 8: Κατανομή μαθητών ανάλογα με το πώς τους φάνηκε η εργαστηριακή άσκηση "Υπολογισμός της σταθεράς του Planck" που πραγματοποίησαν εξ αποστάσεως.



Σχήμα 9: Κατανομή μαθητών ανάλογα με αν θα πρότειναν ή όχι το συγκεκριμένο πείραμα εξ αποστάσεως

Συμπεράσματα

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, το πεδίο της έρευνας και υλοποίησης πραγματικών πειραμάτων εξ αποστάσεως είναι ένα πολλά υποσχόμενα αντικείμενο, που στόχο έχει να βοηθήσει την εκπαιδευτική διαδικασία. Πρέπει, επίσης να τονιστεί το χαμηλό κόστος της πειραματικής διάταξης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά άλλων

παρόμοιων εργαστηριακών ασκήσεων, όπως ο υπολογισμός της σταθεράς του Planck, η σχέση τάσης κατωφλίου – θερμοκρασία διόδου καθώς και η χαρακτηριστική της διόδου.

Επίσης, σήμερα εκτελούνται πειράματα από απόσταση που σχετίζονται με τη μέτρηση θερμοκρασιών και διάθεση των τιμών σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου, καθώς επίσης και ο υπολογισμός της σταθεράς του Planck με χρήση διόδων εκπομπής φωτός (LED).

Επιπλέον, πρέπει να τονιστεί η ανάθεση εργασίας στους μαθητές πέρα από τα χρονικά όρια λειτουργίας του σχολείου (πειραματισμός από το σπίτι) μια δυνατότητα που δεν υπάρχει χρησιμοποιώντας το εργαστήριο φυσικής με τον κλασικό τρόπο, γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα. Προφανώς η εργαστηριακή άσκηση εξ αποστάσεως δεν μπορεί να υποκαταστήσει το πραγματικό πείραμα μέσα στην τάξη Πιστεύουμε πως η εργασία αυτή αποτελεί μια πρωτότυπη μελέτη της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Ευελπιστούμε πως η εργαστηριακή άσκηση μέσω του διαδικτύου θα τύχει μεγάλης ανταπόκρισης από τους εκπαιδευόμενους, μιας και το τελευταίο έχει γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς τους.

Βιβλιογραφία

Δίντσιος, Ν., Πολάτογλου, Χ. (2011). Σχεδιασμός Δικτυακής Εφαρμογής και Διάταξης για την Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση. *Proceedings of 6th International Conference in Open & Distance Learning*, σσ. 151-156, Λουτράκι

Χαραλάμπους, Μ., Κουμαράς, Π. (2010). Οι «ικανότητες – κλειδιά» και η καλλιέργεια τους μέσω της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. *Διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής εκπαίδευσης Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Καφετζόπουλος, Κ., Δούκας, Γ., Σακκιάδη, Β. Παρατηρήσεις και συμπεράσματα από την αποδελτίωση των ετήσιων εκθέσεων των σχολικών συμβούλων κλάδου ΠΕ04 της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., Chassapis, C., (2004). Remote versus hands-on labs: A comparative study. *In Proceedings of the 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Savannah, GA. F1G.17-F1G.21.*

Dziabenko, O., Garcia, Z., Orduna, P., Angulo, I., (2012). Secondary School Needs in Remote Experimentation and Instrumentation. *International Journal of Online Engineering (iJOE*), Vol. 8, pp. 56-59.

Gomes, L. & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratory, *IEEE Transactions on Industrial Electronics,* Vol. 56, No. 1, pp. 4744-4756.

Harms, U. and Kurz, G., (1998). Virtual laboratory - an introductory unit 'POHL's

torsional pendulum. *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Multimedia Engineering Education, # 51.* City University of Hongkong, China, Hongkong

Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education,* 17, pp. 81–98.

Ma, J. & Nickerson, J. V., (2006). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys,* Vol.38, No. 3, Article 7, pp. 1-24.

Nersessian, N. J. (1991). Conceptual change in science and in science education. *In History, Philosophy, and Science Teaching*, M. R. Matthews, Ed. OISE Press, Toronto, Canada, pp. 133–148.

Scanlon, E., Colwell, C., Cooper, M., and Paolo, T. D., (2004). Remote experiments, reversioning and rethinking science learning. *Comput. and Education* 43, 1–2, pp. 153–163.

Shen, H., Xu, Z., Dalager, B., Kristiansen, V., Strøm, Ø., Shur, M. S., Fjeldly, T. A., Lu, J., Ytterdal, T., (1999). "Conducting Laboratory Experiments over the Internet", *IEEE Trans. on Education*, Vol. 42, No. 3, pp. 180-185.

Shulman, L. D., & Tamir, P. (1973). Research on teaching the natural sciences. *In R. M. W. Travers (Ed.), Second handbook of research on teaching* (pp. 1098–1140). Chicago: Rand McNally.

Tuttas, J., Wagner, B. (2001). "Distributed Online Laboratories"; *International Conference on Engineering Education (ICEE01).* Oslo, Norway, August 6-10.

Tuttas, J., Wagner, B. (2002). "The Relevance of Haptic Experience in Remote Experiments". *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications (ED Media 2002),* Denver, USA, June 24-29.

Λογισμικά και Φύλλα Excel για τη διδασκαλία Φακών και αρχής Fermat

Παύλος Μίχας
Π.Τ.Δ.Ε. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Η αρχή του Fermat μπορεί να θεωρηθεί ως μια ενοποιητική αρχή. Συχνά παρουσιάζεται λανθασμένα ως «αρχή του ελαχίστου χρόνου». Σ' αυτή την εργασία παρουσιάζονται κάποια λογισμικά που δείχνουν περιπτώσεις μεγίστων και ελαχίστων και εφαρμογές της αρχής Fermat στο πρόβλημα της εστίασης των φακών.

Abstract

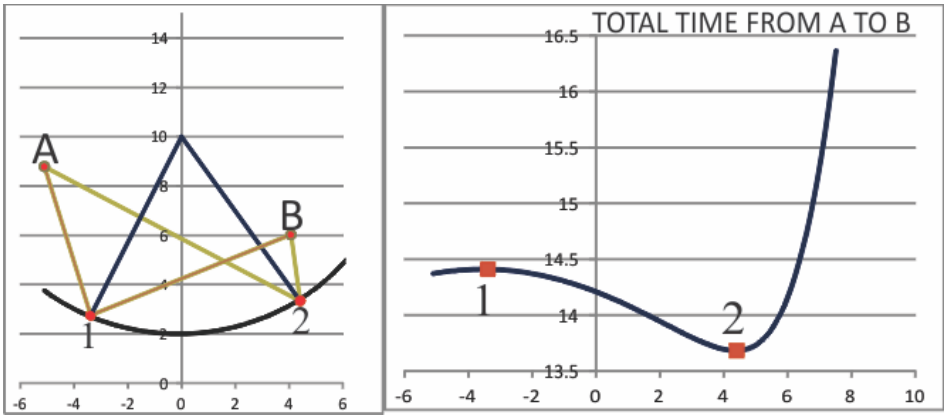
Fermat's principle is considered as an unifying concept. It is usually presented erroneously as "least time principle". In this paper are presented some software that shows cases of maxima and minima and the application of Fermat's principle on the problem of focusing in lenses.

Εισαγωγή

Μια αρχή που μπορεί να θεωρηθεί ότι ενοποιεί τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης είναι η αρχή του Fermat . Σύμφωνα με την αρχή Fermat, μια ακτίνα φωτός που κινείται μεταξύ δύο σημείων επιλέγει μια τροχιά έτσι ώστε ο χρόνος της διαδρομής να είναι ένα μέγιστο, ένα ελάχιστο ή σταθερός σε σύγκριση με το χρόνο κατά μήκος γειτονικών τροχιών. Αν τα δύο σημεία βρίσκονται σε δύο διαφορετικά μέσα (μέσο 1 και μέσο 2) τότε αν η ταχύτητα του φωτός στο μέσο 1 είναι c/n_1, και στο μέσο 2 c/n_2, και d_1 και d_2 τα αντίστοιχα μήκη των ακτινών, τότε ο ολικός χρόνος για την κίνηση του φωτός είναι $t=d_1 \cdot n_1/c + d_2 \cdot n_2/c$. Το μήκος του οπτικού δρόμου είναι $OPL = d_1 \cdot n_1 + d_2 \cdot n_2$. Για την περίπτωση m μέσων μεταξύ των δύο σημείων αυτό μπορεί να γενικευθεί στη σχέση $OPL = \sum_{i=1}^{m} n_i s_i$. Αυτή η ποσότητα εξετάζεται για ελάχιστα ή μέγιστα ή σταθερότητα τιμής. Συχνά τα διδακτικά βιβλία περιορίζουν τη συζήτηση αυτής της αρχής μόνο για την περίπτωση «ελάχιστου χρόνου». Αυτός είναι ο τρόπος που παρουσιάζεται σε μερικά εγχειρίδια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (για παράδειγμα Αντωνίου κ.ά. 2000). Αυτό δεν ισχύει πάντα. Για παράδειγμα οι Kaushik και B D Sukheeja (1984) έδωσαν το παράδειγμα για περίπτωση οπτικού δρόμου με μέγιστο χρόνο για την ανάκλαση σε κοίλη σφαιρική επιφάνεια. Η περίπτωση σταθερού οπτικού δρόμου είναι πολύ ενδιαφέρουσα καθώς εφαρμόζεται στα πραγματικά είδωλα φακών και σε ειδικές περιπτώσεις ελλειπτικών και παραβολικών κατόπτρων. Σ' αυτήν την ανακοίνωση παρουσιάζονται λογισμικά που ασχολούνται α) με την αρχή Fermatγια κάτοπτρα και διάθλαση σε καμπύλες επιφάνειες, και β) σχηματισμό ειδώλων σε φακούς. Τα λογισμικά αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε φοιτητές Π.Τ.Δ.Ε.

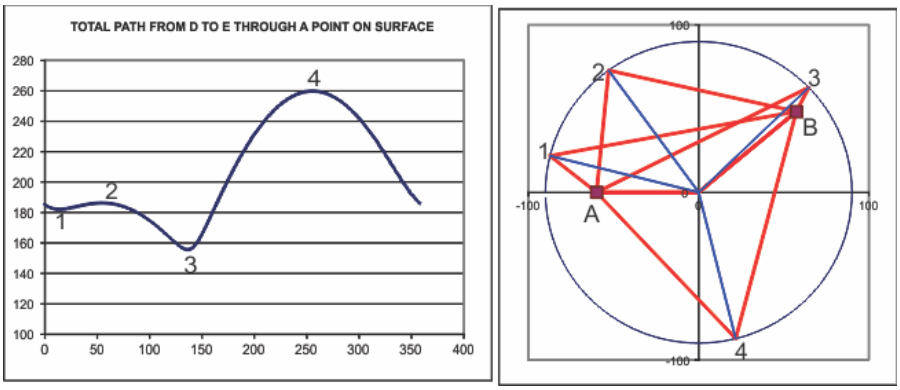
Αρχή του Ήρωνος

Ο Ήρων που έζησε στην Αλεξάνδρεια μέσα στην περίοδο 150 π.Χ – 250 μ.Χ, και στο έργο του *Κατοπτρικά* (Schmidt, W., & Nix, L., 1900), πρόβαλε τον ισχυρισμό ότι το φως κινείται με άπειρη ταχύτητα. Ο Ήρων σκέφτηκε ότι αν ένα αντικείμενο εκτοξευθεί με άπειρη ταχύτητα, τότε θα συνεχίσει να κινείται επ' άπειρον σε μια ευθύγραμμη κίνηση,



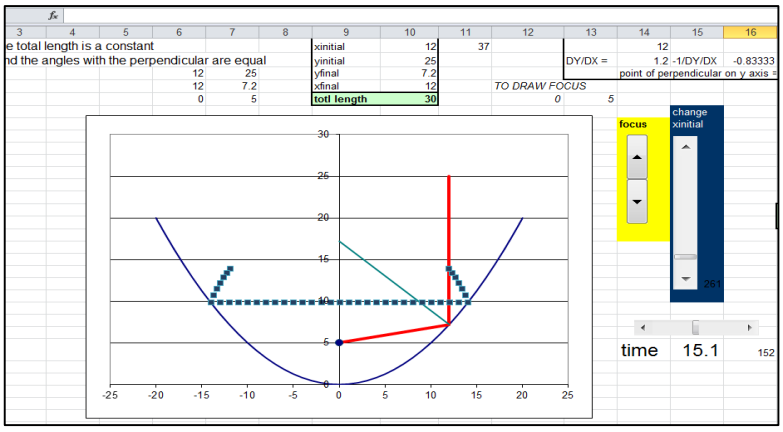
Εικόνα 1: αρχή του Ήρωνος για επίπεδη και καμπύλη επιφάνεια

Έτσι και το φως που κινείται ευθύγραμμα θα πρέπει να έχει και άπειρη ταχύτητα. Στο βιβλίο του παρουσιάζει την αρχή ότι *το μονοπάτι που ακολουθεί το φως καθώς κινείται από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β με μια ενδιάμεση ανακλαστική επιφάνεια θα είναι το μικρότερο δυνατόν.* Σ' αυτή τη μορφή η αρχή του ισχύει στην πραγματικότητα μόνο για επίπεδα κάτοπτρα. Για κοίλα κάτοπτρα μπορεί να συμβεί να υπάρχει ένα μέγιστο στη διαδρομή (εικόνα 1 δεξιά)



Εικόνα 2 : Πρόβλημα του Αλ Χαζέν: Περίπτωση 4 σημείων ανάκλασης

Ο Αλ Χαϊθάμ (Αλ΄Χαζέν Al Haytham – Al Hazen) μέσα σε άλλο πλαίσιο, μελέτησε το πρόβλημα των ανακλάσεων σε ένα κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο: *Έστω ότι έχουμε δύο σημεία Α και Β. Πόσα σημεία C υπάρχουν στο κοίλο κάτοπτρο που μπορούν να ανακλάσουν μια ακτίνα ώστε να περνάει από το Β αν αυτή ξεκινά από το Α;* Αυτό το ερώτημα ονομάζεται «πρόβλημα του Αλ Χαζέν»".



Εικόνα 3: Παραβολικό κάτοπτρο

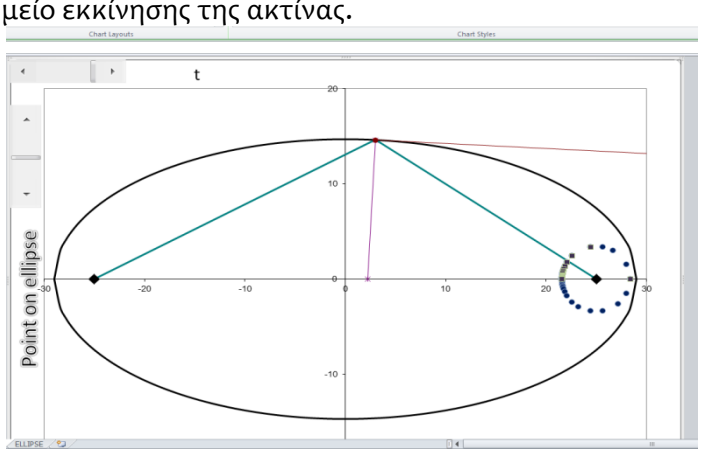
Μελέτησε τον αριθμό των σημείων που επιτρέπουν αυτές τις ανακλάσεις (Mihas 2002, 2008). Βρήκε ότι ο μέγιστος αριθμός είναι 4 ακτίνες. Έτσι ο μέγιστος αριθμός σημείων πάνω σε ένα κύκλο που μπορούν να συνδέουν τα δύο δεδομένα σημεία Α και Β είναι τέσσερα. Οι αποδείξεις που βασίζονται στα αρχικά κείμενα δίδονται από τον Sabra (1981) και παρουσιάζονται σε λογισμικό στην ιστοσελίδα:

http://www.kyriakosxolio.gr/ALHAYTHAM PROBLEM/index.html.

Μια προσεγγιστική αριθμητική λύση που χρησιμοποιεί φύλλο Excel παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Οι φοιτητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το φύλλο και να μεταβάλουν τις παραμέτρους (π.χ. γωνία μεταξύ ακτινών) και να παρατηρήσουν την αλλαγή στον αριθμό των σημείων που είναι είτε 2 είτε 4. Μπορούν να δούνε ότι το μήκος της διαδρομής από το Α στο Β μπορεί να είναι είτε ένα τοπικό μέγιστο είτε ένα τοπικό ελάχιστο (εικόνα 2 αριστερά). Η εικόνα 2 εμφανίζεται με το αρχείο Alhaytham ή Alhaytham macros στο οποίο υπάρχουν ειδικές μακροεντολές που επιδεικνύουν το αποτέλεσμα του S-Y Mak (1986): Η διαδρομή δια του σημείου C είναι μέγιστη ή ελάχιστη και εξαρτάται με το αν η ποσότητα $R\left(\frac{1}{AC}+\frac{1}{BC}\right)\cdot cosi-2$ (R η ακτίνα της σφαίρας, *i* γωνία πρόσπτωσης) είναι αρνητική ή θετική.

Παραβολικά και Ελλειπτικά κάτοπτρα

Αυτά τα κάτοπτρα μας δίνουν παραδείγματα για οπτικούς δρόμους με σταθερό μήκος. Στην εικόνα 3 το ολικό μήκος της προσπίπτουσας ακτίνας από μια γραμμή με y =25 μέρι την εστία focus (y =5) είναι σταθερό. Χρησιμοποιώντας τη ράβδο κύλισης του χρόνου ("t") μπορούμε να δούμε την κίνηση ενός ευθύγραμμου μετώπου κύματος που κινείται προς τα κάτω (εικόνα 3). Παρατηρούμε ότι τα ανακλώμενα τμήματα έχουν κυκλικό σχήμα. Μπορούμε να μετακινήσουμε το σημείο εκκίνησης της ακτίνας.



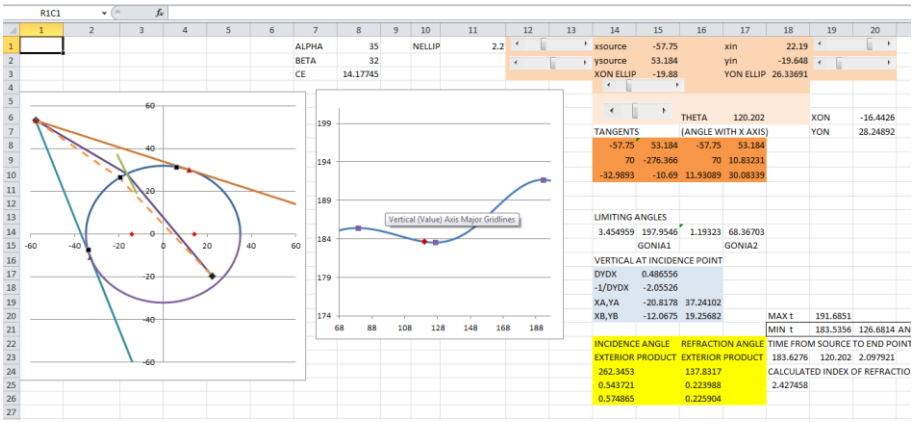
Εικόνα 4:.Ανάκλαση σε έλλειψη

Μια άλλη σημαντική περίπτωση είναι το ελλειπτικό κάτοπτρο όπου η πηγή του φωτός είναι

μία από τις δύο εστίες. Αφού το ολικό μήκος από τη μία εστία στην άλλη είναι σταθερό έχουμε μια εφαρμογή της αρχής Fermat. Με τη χρήση μιας χρονικής ράβδου κύλισης μπορούμε να δούμε ότι το ανακλώμενο μέτωπο είναι ένα κυκλικό με κέντρο την άλλη εστία (εικόνα 4).

Η αρχή Fermat για διάθλαση

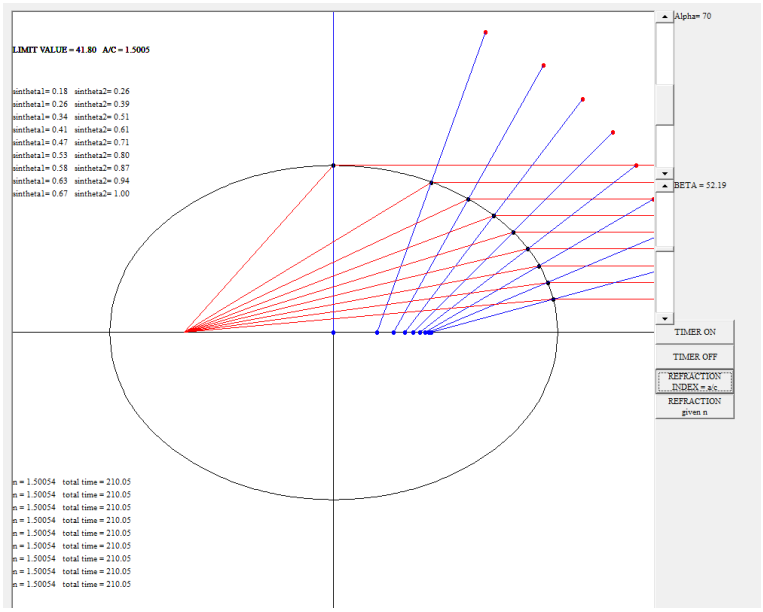
Όπως και στην περίπτωση της ανάκλασης το μήκος του οπτικού δρόμου μπορεί να είναι μέγιστο, ελάχιστο ή σταθερό. Μπορούμε να δούμε την περίπτωση καμπύλης επιφάνειας είτε κυκλικής είτε ελλειπτικής. Στα φύλλα υπάρχουν δυνατότητες να δούμε τη γραφική παράσταση του λόγου των ημιτόνων, του ολικού χρόνου και εικόνα του κύκλου ή της έλλειψης με τις αντίστοιχες ακτίνες. Στη γραφική παράσταση του λόγου των ημιτόνων



Εικόνα 5: Ακρότατα για έλλειψη με δείκτη διάθλασης 2.2

μπορούμε να δούμε πόσες φορές ο λόγος των ημιτόνων γίνεται ίσος με το δείκτη διάθλασης. Π.χ. σε μια σφαίρα μπορούμε να δούμε ότι έχουμε 2 περιπτώσεις, σε μια έλλειψη μπορούμε να δούμε ότι έχουμε τη δυνατότητα και για τρεις περιπτώσεις (εικόνα 5). Τόσο στην έλλειψη όσο και στον κύκλο μπορούμε να δούμε τις εφαπτόμενες ακτίνες που είναι τα όρια. Με ράβδους κύλισης ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει τα σημεία A (έξω από την επιφάνεια) και B (στο εσωτερικό) Μελετάται συνθήκη S.Mak για διάθλαση για μέγιστα για περίπτωση που ισχύει η ανισότητα και ελάχιστα για την αντίθετη περίπτωση και σταθερό για ισότητα: $\frac{R^2}{AC}cos^2(i) + \frac{nR^2}{CB}cos^2(r) + Rcos(i) < nRcos(r)$(όπου R η ακτίνα καμπυλότητας στο σημείο C της πρόσπτωσης, n ο δείκτης διάθλασης, i: γωνία πρόσπτωσης, r: γωνία διάθλασης) .

Για φως που ξεκινά από την εστία μιας έλλειψης (π.χ. από –c) με ημιάξονες a και b οι διαθλώμενες ακτίνες θα είναι παράλληλες προς τον άξονα x αν n=a/c (Hecht 2004 πρόβλημα 5.3), και ο ολικός χρόνος από το –c σε μια ευθεία κάθετη στο x θα είναι σταθερός, σε άλλες περιπτώσεις δεν ισχύει (εικόνα 6 από το λογισμικό ELLIPTIC_REFLECTION_REFRACTION.exe)

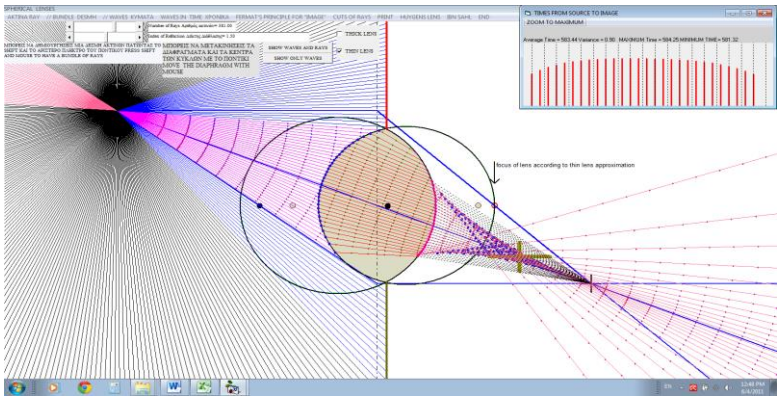


Εικόνα 6: Πηγή φωτός στην εστία της έλλειψης

Φακοί και αρχή Fermat

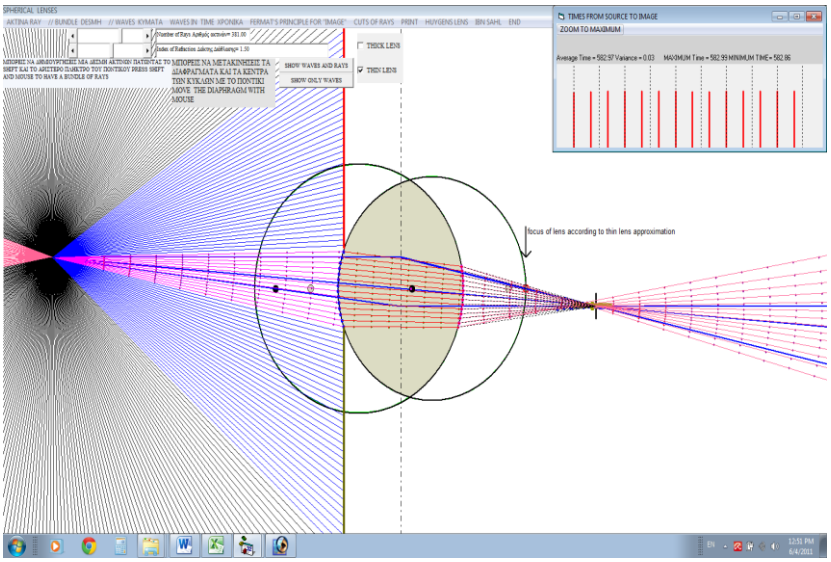
Υπάρχει ανάγκη οι φοιτητές- μαθητές να αναπτύξουν μια βασική γνώση για τα φαινόμενα διάθλασης που είναι υπεύθυνα . για το σχηματισμό ειδώλων. Συνήθως διδάσκεται το γεωμετρικό μοντέλο των λεπτών φακών. Ο μαθητής θα πρέπει να δεχτεί το μοντέλο και να μάθει τις κύριες ακτίνες. Ορισμένες διδακτικές ακολουθίες (π.χ. McDermott 2002), βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τον τρόπο χρήσης των ακτινών. Υπάρχει κίνδυνος οι μαθητές να θεωρήσουν τις ακτίνες ως ένα πραγματικό αντικείμενο και όχι ως ένα μαθηματικό μοντέλο, γι αυτό είναι ανάγκη να εισαχθεί ένα κυματικό μοντέλο των φακών έστω και σε στοιχειώδες επίπεδο., όπου θα δίνεται η ακτίνα ως η κάθετος στα μέτωπα κύματος. Το λογισμικό lenses.exe που αναπτύχθηκε βοηθά τους μαθητές να αποκτούν μια εικόνα για αυτές τις έννοιες . Μέσα στο λογισμικό παρουσιάζεται το μοντέλο των ακτίνων από ένα αρχικό σημείο. Με το να πατηθεί το κουμπί κύματα (waves and rays) εμφανίζονται τα μέτωπα κύματος με τις αντίστοιχες ακτίνες. Με το να πατήσουμε το κουμπί χρονικά κύματα (waves in time), εμφανίζεται κίνηση των μετώπων και εμφανίζεται η διαφορά στην ταχύτητα μέσα και έξω από το φακό (ανάλογα με το αν $n>1$ τα μέτωπα επιβραδύνονται μέσα στο φακό και με $n<1$ τα μέτωπα επιταχύνονται μέσα στο φακό). Εισάγεται και το μοντέλο των χοντρών φακών. Ο μαθητές μπορεί να δει ότι το μοντέλο των λεπτών φακών επαρκεί σε πολλές περιπτώσεις .

Με την πίεση του κουμπιού "SHOW WAVES AND RAYS" και Shift και πάτημα του κέρσορα στην οθόνη εμφανίζονται οι ακτίνες και τα μέτωπα κύματος. Πατώντας "CUTS OF RAYS εμφανίζονται όλα τα σημεία όπου οι εξερχόμενες ακτίνες κόβονται. Πατώντας "FERMAT'S PRINCIPLE" έχουμε τις ακτίνες για την προσέγγιση του λεπτού φακού που εμφανίζεται ένα πλαίσιο όπου εμφανίζεται ένα ραβδόγραμμα με τους χρόνους που χρειάζεται κάθε ακτίνα. Καθώς οι ακτίνες είναι προσεγγιστικές δεν ακολουθούν ακριβώς το νόμο της διάθλασης.

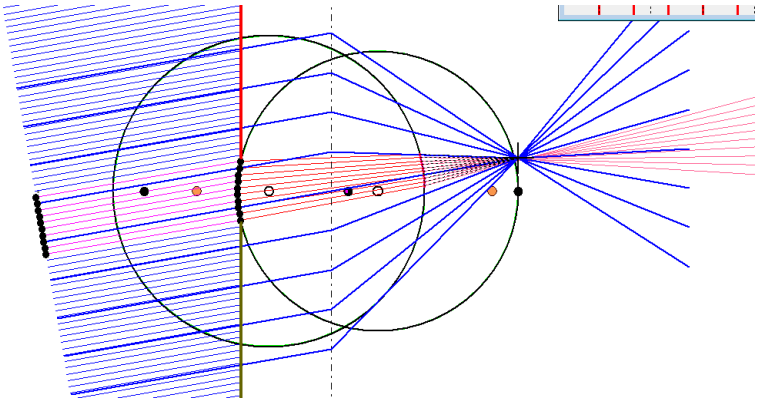


Εικόνα 7: Πρόγραμμα Lenses.exe

Στην εικόνα**7** εμφανίζεται μια περίπτωση εφαρμογής του λογισμικού. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα μήκη κύματος είναι στην πραγματικότητα πολύ μικρότερα από τις διαστάσεις του φακού, όμως σε διδακτικά βιβλία οπτικής (π.χ. Hecht figure 5.3) χρησιμοποιούνται παρόμοιες εικόνες. Τα εικονιζόμενα μέτωπα κύματος είναι στην πραγματικότητα ισόχρονες γραμμές και μεταξύ τους υπάρχουν εκατομμύρια από μήκη κύματος. Στην οθόνη εμφανίζεται και το μοντέλο του παχύ φακού. Αν συρθεί το «διάφραγμα» μεταξύ του φακού και της πηγής, μπορούμε να δούμε στενεύοντας το διάφραγμα, ότι ελαττώνεται ο αριθμός των ακτινών που εξέρχονται, αλλά ελαττώνονται οι διαφορές στους χρόνους άφιξης στο σημείο εστίασης των ακτινών του μοντέλου του λεπτού φακού (εικόνα 8).



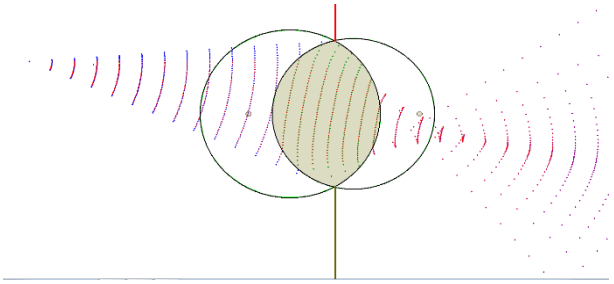
Εικόνα 8: Χρήση διαφράγματος, οι "ακτίνες" για λεπτό φακό έχουν σχεδόν ίσους χρόνους



Εικόνα 9 : Στενή παράλληλη δέσμη

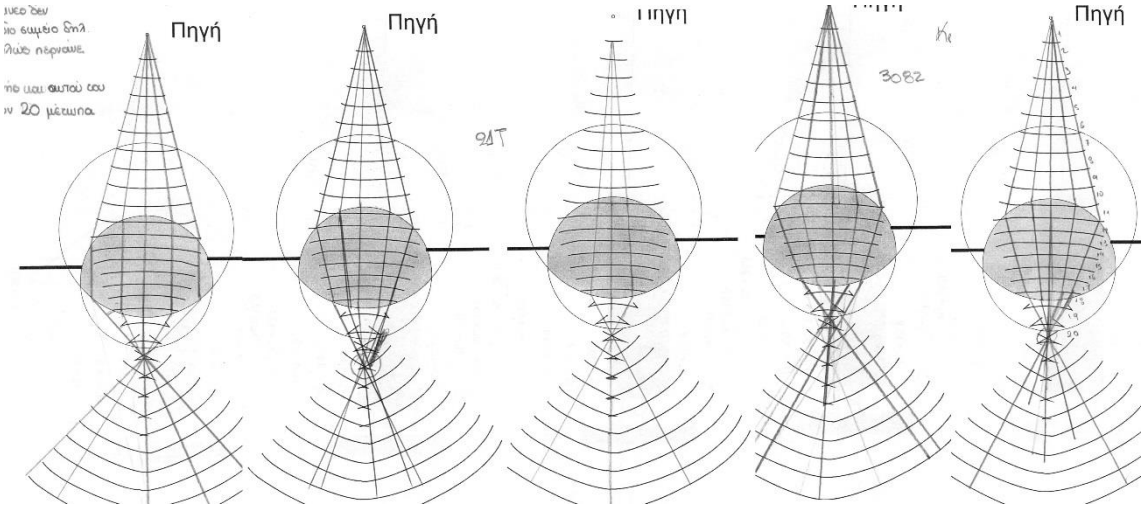
Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται για το μοντέλο των παχέων φακών. Στην εικόνα 9 έχουμε την περίπτωση παράλληλης δέσμης. Με στενό διάφραγμα ελαττώνεται η διασπορά και οι τομές των ακτινών που ακολουθούν το νόμο της διάθλασης σχεδόν συμπίπτουν με το σημείο του ειδώλου του μοντέλου.

Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για να παραχθούν εκτυπώσεις μετώπων κύματος (με κουμπιά "only waves"και εκτύπωση). Ζητήθηκε από τους φοιτητές να σχεδιάσουν τις ακτίνες που ξεκινούν από την πηγή, φροντίζοντας να τις σχεδιάσουν κάθετες προς τα μέτωπα κύματος. Ακολούθως έπρεπε να μετρήσουν τα «μέτωπα κύματος» μεταξύ πηγής και σημείου εστίασης. Υπήρχε και ερώτημα που είναι μεγαλύτερη η ταχύτητα του κύματος.



Εικόνα 10 : Μέτωπα κύματος για τεστ

Στην εικόνα 11 δείχνονται οι προσπάθειες κάποιων φοιτητών. Σε ένα τεστ όπου συμμετείχαν 25 φοιτητές 20 τις σχεδίασαν να κόβονται στο ίδιο σημείο. . Οι 11 βρήκαν τον ίδιο χρόνο για την κίνηση από πηγή σε σημείο εστίασης. source to point of intersection.Αξίζει να σημειωθεί ότι από ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι οι φοιτητές που δεν απάντησαν σωστά δεν παρακολουθούσαν τακτικά τα μαθήματα.



Εικόνα 11 : Σχεδίαση ακτινών με βάση τα μέτωπα κύματος από φοιτητές ΠΤΔΕ

Άλλες χρήσεις του λογισμικού ήταν να βρουν το φακό τέλειας εστίασης ("Huygens lens"), επίσης να δούνε ένα συνδυασμό της αρχής του Fermat και αρχής Huygens (Mihas 2008).

Με τη χρήση αυτών των χαρακτηριστικών έγινε η προσπάθεια να κατανοήσουν την αρχή του Fermat και να έλθουν αντιμέτωποι με το γεγονός ότι τα διδασκόμενα μοντέλα είναι χρήσιμα μεν αλλά ότι είναι μοντέλα με όλες τις συνέπειες. Το λογισμικό μπορεί να ληφθεί από τη θέση : www.kyriakosxolio.gr/PHYSICS.html

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αντωνίου Ν., Βαλαδάκης Α. Δημητριάδης Α, Παπαμιχάλης Κ., Παπαμιχάλης L :2000, Φυσική για τη 2η Γυμνασίου, ΥΠΕΠΘ

Hecht E (2002) Optics, 4th edition, Addison Wesley

Kaushik B. K. and Sukheeja B. D. (1984) Intricacies of Fermat's Principle, Physics Education 19, 90-91

McDermott L.C., Shaffer P. S. , and the Physics Education Group at the University of Washington. (2002) Tutorials in introductory Physics, Prentice Hall

Mihas P. (2008) *The problem of focusing and real images* European Journal of Physics **29** 539-554

Schmidt, W., & Nix, L., (Eds.).:1900, Heronis Alexandrini: Opera quae supersunt omnia, Vol. 2: Mechanica et catoptrica. Leipzig: Teubner.)

S-y Mak (1986) A closer look at Fermat's principle, Physics Education, 21, 365 – 368

"Καλές πρακτικές στη διδασκαλία της φυσικής της πτήσης"

Δρ Βασίλης Σπαθόπουλος
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Χαλκίδας, Καθηγητής Εφαρμογών,
vspathop@teihal.gr
Ηρακλής – Κωνσταντίνος Καπετανάκης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Χαλκίδας, Τεχνολόγος Αεροσκαφών,
irakliso2@hotmail.com
Άγγελος Λακριντής
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Χαλκίδας, Προπτυχιακός Φοιτητής,
lakrintis@gmail.com

Περίληψη

Η μείωση του κόστους των υπολογιστών και η παράλληλη ανάπτυξη της υπολογιστικής ισχύος προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες στη χρήση νέων τεχνολογιών σε τομείς για τους οποίους στο παρελθόν, τα έξοδα για τέτοιου είδους εφαρμογών θα ήταν ιδιαίτερα αυξημένα. Η εξέλιξη αυτή αξιοποιείται στη διδασκαλία μαθημάτων τεχνολογίας αεροσκαφών με τη σχεδίαση εικονικών πειραμάτων φυσικής της πτήσης σε έναν προσομοιωτή χαμηλού κόστους καθώς και με την πραγματοποίηση πραγματικών πτητικών δοκιμών ενός μικρού μή επανδρωμένου αεροσκάφους. Οι πρακτικές αυτές συμπληρώνουν τα θεωρητικά μαθήματα και οι φοιτητές αποκτούν εμπειρία σχεδίασης και ανάλυσης πτητικών πειραμάτων με ένα κόστος πολύ χαμηλό.

Abstract

The reduction in computer cost and at the same time the increase in computer power offer many possibilities in the use of state of the art technologies in fields in which the expense for such applications in the past would have been very high. This development is utilized in the teaching of aircraft engineering subjects with the design of virtual flight experiments using a low cost flight simulator and with the realization of actual flight tests of a small unmanned vehicle. These practices complement the theoretical lessons and the students acquire the experience of design and analysis of flight experiments at a very low cost.

Εισαγωγή

Σε περιόδους οικονομικής κρίσης τα εκπαιδευτικά ιδρύματα είναι αναγκασμένα να εφευρίσκουν χαμηλού κόστους μεθόδους για να ενισχύσουν τα μαθήματα τους. Στην αεροναυπηγική, τα θεωρητικά μαθήματα συνήθως συμπληρώνονται με εργαστήρια που χρησιμοποιούν εγκαταστάσεις όπως αεροδυναμικές σήραγγες, προσομοιωτές πτήσης, και σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά εξοπλισμένα πραγματικά αεροσκάφη. Τέτοιες υποδομές αν και συμβάλλουν σημαντικά στη σωστή εκπαίδευση των φοιτητών, σε πολλές περιπτώσεις ξεπερνούν τις οικονομικές δυνατότητες των ιδρυμάτων.

Ο πρώτος συγγραφέας της παρούσας εργασίας διδάσκει μαθήματα που εμπίπτουν στο πεδίο της φυσικής της πτήσης. Το πεδίο αυτό θεωρείται από τα βασικότερα στην εκπαίδευση αεροναυπηγών, καλύπτοντας βασικές έννοιες όπως οι ιδιότητες της ατμόσφαιρας, η επίδραση των αεροδυναμικών δυνάμεων και ροπών στον έλεγχο του αεροσκάφους, η στατική και δυναμική ευστάθεια των οχημάτων πτήσης, καθώς και οι βασικές αρχές επιδόσεων.

Επειδή ακριβώς η φυσική της πτήσης μελετά την αρκετές φορές, περίπλοκη κίνηση ενός αεροσκάφους, είναι ιδιαίτερα επωφελές για τους φοιτητές αν μαζί με τη θεωρητική διδασκαλία, παρουσιάζονται σε αυτούς και ρεαλιστικές απεικονίσεις των φαινομένων που περιγράφονται. Ίσως το πιο αποτελεσματικό μέσο για την επίτευξη αυτού του στόχου να είναι η διεξαγωγή πτητικών δοκιμών πραγματικών αεροσκαφών ώστε οι ίδιοι οι φοιτητές να μπορούν να

παρατηρούν και να συμμετέχουν σε αυτά. Κάποια γνωστά πανεπιστήμια με επαρκείς προϋπολογισμούς έχουν εισάγει τέτοιες πρακτικές στα προγράμματα σπουδών τους εδώ και πολλά χρόνια. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το πανεπιστήμιο του Cranfield στο Ηνωμένο Βασίλειο (Cranfield University 2012), το οποίο διαθέτει δικά του ειδικά εξοπλισμένα αεροσκάφη για τη διεξαγωγή πτητικών δοκιμών. Στους φοιτητές γίνεται μια ενημέρωση πριν από την πτήση και στη συνέχεια οι ίδιοι πραγματοποιούν μετρήσεις από ειδικά εγκατεστημένους υπολογιστές, ενώ βρίσκονται στον αέρα. Μετά την πτήση, ως μέρος της επίσημης αξιολόγησής τους, πραγματοποιούν ανάλυση των δεδομένων που αποκτήθηκαν και συγγράφουν μια έκθεση.

Λόγω των περιορισμών του προϋπολογισμού, είναι δύσκολο για ένα εκπαιδευτικό ίδρυμα όπως το ΤΕΙ Χαλκίδας, να διαθέτει υποδομές όπως ειδικά εξοπλισμένα πραγματικά αεροσκάφη. Με την πρόοδο όμως που έχει σημειωθεί στην ισχύ των υπολογιστών καθώς και των νέων τεχνολογιών γενικότερα, είναι σήμερα δυνατό να προσομοιωθούν πολλά φαινόμενα, με ελάχιστο κόστος. Αυτό έχει προσφέρει και το κίνητρο για τις πρακτικές που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία, δηλαδή για δημιουργία πειραμάτων φυσικής πτήσης, σε πρώτη φάση στο περιβάλλον ενός προσομοιωτή χαμηλού κόστους και στη συνέχεια με τη χρήση μικρού μή επανδρωμένου αεροσκάφους.

Εικονικά πειράματα φυσικής της πτήσης

Η κυκλοφορία στην αγορά προσομοιωτών πτήσης χαμηλού κόστους επιτρέπει τη χρήση τους και σε εκπαιδευτικές εφαρμογές (π.χ., Cotoi & Botez 2002). Για την εργασία που παρουσιάζεται εδώ επιλέχθηκε ο προσομοιωτής πτήσης X-Plane της Laminar Research (X-Plane 2012). Οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου προσομοιωτή σχετίζονται με την πολύ οικονομική τιμή του (40 δολάρια) και την ευκολία με την οποία μπορεί ο χρήστης να εξάγει και να αναλύσει πολλές παραμέτρους προερχόμενες από εικονική πτήση. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η «Level 1» για οικιακή χρήση.

Ο προσομοιωτής διαθέτει μοντέλα πολλών τύπων αεροσκαφών προσφέροντας και τη δυνατότητα τροποποίησης ή δημιουργίας μοντέλων από το χρήστη. Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα αεροσκάφη, F-4 Phantom II, Cessna 152, Cessna 172SP, T-37 Tweet και Beechcraft King Air 350. Τα αεροσκάφη πλοηγήθηκαν από το δεύτερο συγγραφέα της εργασίας ο οποίος διαθέτει σχετική εμπειρία και είναι πολύ εξοικειωμένος με τη χρήση διαφόρων ειδών προσομοιωτών. Οι πτητικές δοκιμές σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται από το US Naval Test Pilot School Manual 103 (US Naval Test Pilot School Manual 1969) και επαναλήφθηκαν πολλές φορές μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη ακρίβεια. Όλα τα πειράματα κατεγράφησαν μέσω ειδικού λογισμικού και η συνολική διάρκειά τους ήταν μία ώρα.

Μέχρι τώρα, έχουν σχεδιαστεί τα ακόλουθα πέντε πειράματα: ιδιότητες της ατμόσφαιρας, χαρακτηριστικά απώλειας στήριξης, επιδόσεις ώσης και οπισθέλκουσας, δυναμική ευστάθεια και επιδόσεις κατολίσθησης. Για να δοθεί μια εικόνα από τον τρόπο σχεδίασης και παρουσίασής τους στους φοιτητές, ακολουθεί η περιγραφή ενός από αυτά.

Πείραμα 1: Ιδιότητες της ατμόσφαιρας

Η συμπεριφορά οποιουδήποτε σώματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον στο οποίο κινείται. Υπό αυτήν την έννοια ένα καλό σημείο εκκίνησης για τη διδασκαλία της φυσικής της πτήσης είναι η μελέτη των ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας. Η μεγάλη πλειοψηφία των πτήσεων αεροσκαφών πραγματοποιείται σε υψόμετρα κάτω των 20χλμ. Σε αυτά τα ύψη η ατμόσφαιρα θεωρείται ότι διαχωρίζεται σε δυο ζώνες, την τροπόσφαιρα (υψόμετρα μέχρι 8-17χλμ ανάλογα με τη γεωγραφική θέση) και τη στρατόσφαιρα (υψόμετρα πάνω από την τροπόσφαιρα και μέχρι τα 50χλμ). Τα περισσότερα αεροσκάφη μάλιστα πετούνε μεταξύ 9-13χλμ. Εξαίρεση αποτελούνε κάποια στρατιωτικού τύπου καθώς και το υπερηχητικό Concorde το οποίο πριν αποσυρθεί πετούσε σε υψόμετρα άνω των 15χλμ.

Οι παράμετροι της ατμόσφαιρας που περισσότερο επηρεάζουν την πτήση είναι η πυκνότητα, η πίεση και η θερμοκρασία, που μεταβάλλονται όπως ορίζουν δυο βασικές εξισώσεις της φυσικής, η υδροστατική εξίσωση και η καταστατική εξίσωση των αεριών:

$$dP = -\rho g dh \qquad (1)$$

$$P = \rho R T \qquad (2)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις, *dP* είναι η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης, *ρ* η πυκνότητα της ατμόσφαιρας, *g* η επιτάχυνση της βαρύτητας, *dh* η μεταβολή του ύψους, *R* η σταθερά των αερίων, *T* η θερμοκρασία.

Για να μπορέσει κανείς να επιλύσει για τους τρεις αγνώστους (ρ , P , T), πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές. Η πρώτη είναι ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας παραμένει σταθερή καθώς ανεβαίνουμε σε ύψος, μια παραδοχή αρκετά ακριβής για σχετικά μικρά ύψη. Η δεύτερη παραδοχή σχετίζεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία στην τροπόσφαιρα μειώνεται γραμμικά με το ύψος ενώ στη στρατόσφαιρα παραμένει σταθερή. Έτσι δημιουργείται ένα μοντέλο της ατμόσφαιρας με ευρεία χρήση στην αεροναυπηγική, η λεγόμενη Διεθνής Τυποποιημένη Ατμόσφαιρα (International Standard Atmosphere, ISA).

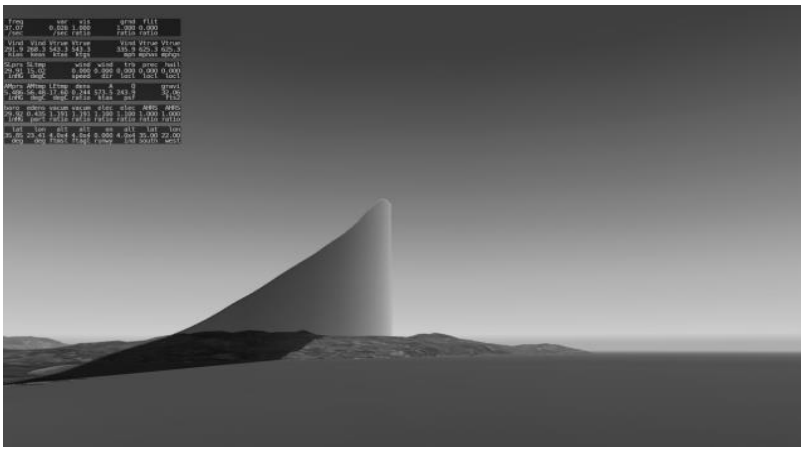
Η θερμοκρασία δίνεται από τους τύπους,

$$T = T_0 - Lh \text{ (για την τροπόσφαιρα)}$$
$$T = T_s \text{ (για την στρατόσφαιρα)} \qquad (3)$$

Όπου T_0 είναι η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας, *L* είναι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας στην τροπόσφαιρα, *h* είναι το ύψος, T_s είναι η θερμοκρασία στη στρατόσφαιρα.

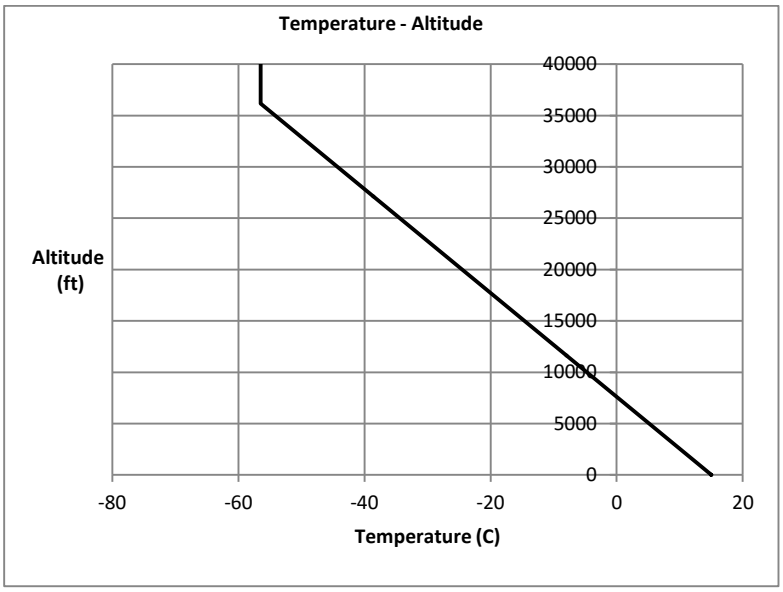
Στη συνέχεια γίνεται εφικτό να επιλυθούν οι εξισώσεις (1)-(3) και να υπολογισθούν οι παράμετροι που ενδιαφέρουν για κάθε ύψος. Οι τύποι που προκύπτουν μπορούν να βρεθούν σε σχετικά συγγράμματα (π.χ., Spathopoulos 2011).

Για το πείραμα μελέτης των ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας, ένα αεροσκάφος στον προσομοιωτή πέταξε σε σταθερή ανοδική τροχιά από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι τα 40000 πόδια. Σε κάθε σημείο καταγράφονται το υψόμετρο, η πυκνότητα, η πίεση και η θερμοκρασία για συνθήκες ISA. Για την απογείωση χρησιμοποιήθηκε το αεροδρόμιο του Μάλεμε στην Κρήτη το οποίο είναι κατάλληλο λόγω της θέσης του πολύ κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας (σε ύψος 16 πόδια). Η πορεία του αεροσκάφους παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Άνοδος αεροσκάφους

Αφού παρουσιαστεί η εικονική πτήση, δίνονται στους φοιτητές τα επιστημονικά δεδομένα που έχουν καταγραφεί στη μορφή αρχείων text. Στη συνέχεια τους ζητείται να δημιουργήσουν στο κατάλληλο λογισμικό (π.χ. Excel®) τα σχετικά γραφήματα (π.χ. μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος, βλ. Σχήμα 2) και να εξάγουν σημαντικές πληροφορίες και παραμέτρους.



Σχήμα 2: Μεταβολή θερμοκρασίας με ύψος

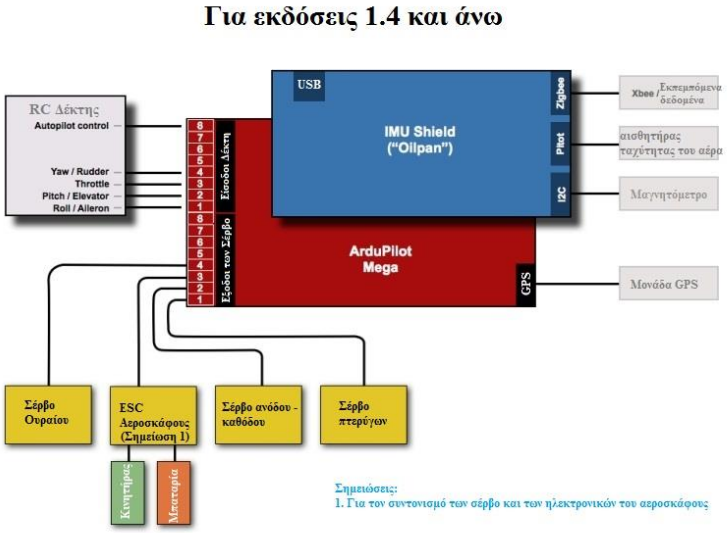
Έτσι για παράδειγμα, από το παραπάνω γράφημα, είναι δυνατόν να υπολογισθούν ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας στην τροπόσφαιρα, η θερμοκρασία στην στρατόσφαιρα καθώς και το ύψος από το οποίο αυτή ξεκινά. Παρόμοιες πληροφορίες από παρεμφερή γραφήματα μπορούν να εξαχθούν για την πυκνότητα και την ατμοσφαιρική πίεση.

Όλα τα εικονικά πειράματα έχουν σχεδιαστεί με παρόμοιο τρόπο και χρησιμοποιούνται ως συμπλήρωμα στη θεωρητική διδασκαλία. Παρουσιάσεις σε μορφή PowerPoint έχουν δημιουργηθεί προκειμένου να παρουσιάζεται πρώτα το θεωρητικό υπόβαθρο του κάθε πειράματος. Ακολουθεί συζήτηση για τους στόχους του πειράματος, την ακριβή πτητική δοκιμή καθώς και τους περιορισμούς της. Η βιντεοσκόπηση του κάθε πειράματος παρουσιάζεται έτσι ώστε οι φοιτητές να έχουν σαφή εικόνα της πραγματοποίησης του. Στο τέλος της διδακτικής ώρας, είναι που δίνονται οι παράμετροι από κάθε πτήση σε μορφή αρχείων text.

Σχεδιασμός και ανάπτυξη μιας χαμηλού κόστους πλατφόρμας πτητικών δοκιμών σε UAV

Η δραστική μείωση του κόστους των μικρών μή επανδρωμένων αεροσκαφών (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs), έχει επιτρέψει σε αρκετά ιδρύματα να τα χρησιμοποιούν ως πλατφόρμα εκπαίδευσης για φοιτητές (Kabbabe 2008). Στο Τμήμα Τεχνολογίας Αεροσκαφών στο ΤΕΙ Χαλκίδας, σχεδιάστηκε σε πρώτη φάση η χρήση μιας τέτοιας πλατφόρμας για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας ενός φοιτητή (του τρίτου συγγραφέα αυτής της εργασίας). Η επιλογή του αυτόματου πιλότου, ατράκτου, η συναρμολόγηση καθώς και ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση πτητικών δοκιμών είναι όλα μέρος της πτυχιακής εργασίας. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί μικρογραφία της ανάπτυξης πραγματικού αεροσκάφους και προσφέρει στο φοιτητή ανεκτίμητη πρακτική εμπειρία. Επιπρόσθετα, στο εγγύς μέλλον, σχεδιάζεται η ενσωμάτωση των πτητικών δοκιμών του αεροσκάφους σε κάποιο από τα εργαστηριακά μαθήματα του τμήματος.

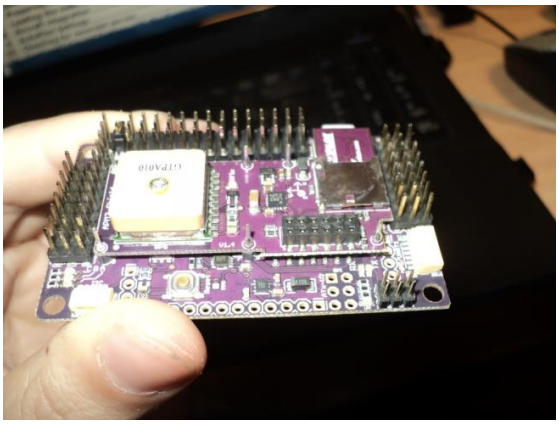
Η συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Τα κύρια υποσυστήματα είναι ο αυτόματος πιλότος, ο σταθμός του εδάφους, καθώς και η διασύνδεση μεταξύ των δύο μέσω υποσυστήματος τηλεχειρισμού. Ο ενσωματωμένος αυτόματος πιλότος είναι εξοπλισμένος με έναν μικροελεγκτή, αισθητήρες και ενεργοποιητές, που επιτρέπουν την πλήρη λειτουργικότητα για αυτόνομο έλεγχο. Ο μικροελεγκτής επιτρέπει την απόκτηση δεδομένων, την επεξεργασία, και την επικοινωνία με τον σταθμό εδάφους. Οι επί του αεροσκάφους αισθητήρες περιλαμβάνουν αισθητήρες γωνιακής ταχύτητας, επιταχυνσιόμετρα, μαγνητική πυξίδα, έναν αισθητήρα GPS, έναν αισθητήρα στροφών του κινητήρα, αισθητήρα απόλυτης και διαφορικής πίεσης, τάση της μπαταρίας και της στάθμης καυσίμου και αισθητήρες θερμοκρασίας.



Σχήμα 3: Αρχιτεκτονική συστήματος UAV (από ArduPilot Architecture 2012)

Ο βασικός κορμός μιας πλατφόρμας UAV αποτελείται από τον αυτόματο πιλότο έτσι ώστε να είναι εφικτή η αυτόνομη λειτουργία της. Μολονότι εμπορικοί αυτόματοι πιλότοι είναι διαθέσιμοι στην αγορά, το αυξημένο κόστος τους και η προστατευόμενη άδεια του πηγαίου κώδικα, δεν τα καθιστούν εύχρηστα για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι open source (ανοιχτού πηγαίου κώδικα) αυτόματοι πιλότοι προσφέρουν μια φθηνή και ευέλικτη λύση. Ένα από τα πιο δημοφιλή είναι το Ardupilot (Anderson C. DIY Drones – Ardupilot 2012) (βλ. Σχήμα 4). Το σύστημα αυτό, ως μια εφαρμογή ανοικτού κώδικα, είναι σχεδιασμένο για να ταιριάζει σε ένα ευρύ φάσμα

ατράκτων. Από το χρήστη απαιτείται απλά να προγραμματίσει τον σχετικό κώδικα έτσι ώστε να προσαρμοστεί σωστά σε ένα συγκεκριμένο αεροσκάφος. Πρέπει επίσης να ρυθμίσει της παραμέτρους του αυτόματου πιλότου για να επιτευχθεί η επιθυμητή απόδοση.



Σχήμα 4: Συναρμολογημένη μονάδα ArduPilot

Η επιλογή μιας κατάλληλης ατράκτου είναι σημαντική για να μπορούν να ενσωματωθούν οι διάφοροι αισθητήρες κλπ.. Η τελική επιλογή για την εργασία αυτή ήταν το «σχεδόν έτοιμο για πτήση» (Almost Ready to Fly, ARF) Hobbyking Bixler (Shaft information 2012). Κατασκευασμένο από Elapor EPO Foam, το Bixler έχει μικρό βάρος, μετακινείται εύκολα και έχει μεγάλες αντοχές σε κρούσεις με το έδαφος.

Σχήμα 5: Το μοντέλο HK Bixler (Shaft information 2012)

Την πλατφόρμα συμπληρώνουν το υποσύστημα τηλεχειρισμού και ο σταθμός εδάφους. Για το πρώτο επιλέχτηκε υποσύστημα με εμβέλεια 4χλμ και κόστος 130 δολάρια. Για το δεύτερο χρησιμοποιείται ένας φορητός υπολογιστής με εγκατεστημένο το λογισμικό ελέγχου αεροσκάφους Aircraft Mission Planner (Ardupilot Mission Planner 2012). Με το λογισμικό αυτό, είναι μεταξύ άλλων δυνατή, η πλήρης χαρτογράφηση της πορείας του αεροσκάφους (βλ. Σχήμα 6). Συμπληρωματικά, χρησιμοποιείται και μια ενσωματωμένη στο αεροσκάφος κάμερα για πλήρη καταγραφή της κάθε πτήσης.

Σχήμα 6: Το λογισμικό APM (Ardupilot Mission Planner 2012)

Το κόστος του κάθε υποσυστήματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Κόστος πλατφόρμας UAV

Προιόν	Τιμή
Ardupilot	200$
Άτρακτος	100$
Τηλεχειρισμός	130$
Camera	5$
Σύνολο	435$

Το συνολικό κόστος δεν ξεπερνάει τα 435 δολάρια (περίπου 340 ευρώ), καθιστώντας την πλατφόρμα μια ιδιαίτερα οικονομική λύση για αυτά που προσφέρει.

Οι πρώτες πτητικές δοκιμές θα πραγματοποιηθούν το Μάρτιο του 2013 και θα αφορούν στον έλεγχο των βασικών λειτουργιών του συστήματος καθώς και στη μέτρηση βασικών παραμέτρων όπως το μέγιστο ύψος πτήσης, ο μέγιστος ρυθμός ανόδου κλπ. Όλες οι πτήσεις θα γίνουν σε ειδικά διαμορφωμένο μοντελοδρόμιο (Dunis Airfield 2012). Η ενσωμάτωση στα εργαστήρια του τμήματος, αναμένεται να γίνει από το επόμενο ακαδημαϊκό έτος.

Ανταπόκριση από φοιτητές

Μέχρι στιγμής δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια αυστηρή ανάλυση του αντίκτυπου των πρακτικών στην αφομοίωση εννοιών από τους φοιτητές. Η παρούσα έρευνα βρίσκεται σε φάση συνεχούς εκβάθυνσης και αποτελεί στόχο των συγγραφέων η δέουσα επιστημονική ανάλυση δεδομένων από συμπλήρωση ερωτηματολογίων κλπ., να πραγματοποιηθεί από το επόμενο ακαδημαϊκό έτος. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι πρώτες αντιδράσεις των φοιτητών είναι θετικές και επισημαίνουν το γεγονός ότι τέτοιου είδους πρακτικές εφαρμογές αυξάνει το ενδιαφέρον τους για την παρακολούθηση διδασκαλίας.

Συμπεράσματα

- Παρουσιάσθηκαν δυο πρακτικές για την προπτυχιακή εκπαίδευση στον τομέα της φυσικής της πτήσης
- Ένας προσομοιωτής χαμηλού κόστους χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη εικονικών πειραμάτων
- Μια πλατφόρμα μικρού μή επανδρωμένου αεροσκάφους σχεδιάστηκε για την πραγματοποίηση πραγματικών πτητικών δοκιμών

- Οι δυο πρακτικές προσφέρουν οικονομικές λύσεις στον εμπλουτισμό της εκπαίδευσης των φοιτητών

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς επιθυμούν να ευχαριστήσουν τους καθηγητές του τμήματος Engineering Physics, του πανεπιστημίου του Cranfield, Δρ. Αλ Σαββάρη και Δρ Νικόλαου Ασπρούλη για τις πολύτιμες συμβουλές και τη γενικότερη συνεργασία τους, στο πλαίσιο του προγράμματος ανταλλαγής προσωπικού Erasmus.

Βιβλιογραφία

Anderson C. DIY Drones – Ardupilot (2012), [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.diydrones.com/notes/ArduPilot

ArduPilot Architecture (2012), [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/RC

Ardupilot Mission Planner (2012), [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/Mission

Cranfield University (2012), http://www.cranfield.ac.uk

Cotoi, R. & Botez, R. (2002) Use of the MS Flight Simulator in the teaching of the Introduction to Avionics course. *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Montréal, Canada.

Dunis Airfield (2012), (Μοντελοδρόμιο): http://www.dounisairfield.gr.

Kabbabe K. (2008), Performance Review of Small Unmanned Air Vehicles. Manchester: The University of Manchester, School of MACE.

Shaft information (2012), [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_16544_Hobbyking_Bixler_EPO_1400mm_ARF_.html

Spathopoulos, V. M. (2011), Εισαγωγή στη Μηχανική Πτήσης, Εκδόσεις Ίων

US Naval Test Pilot School Flight Test Manual (1967) [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.usntpsalumni.org/USNTPS_FTM_103.pdf

X-Plane (2012), [Online] Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.x-plane.com

Συνεδρία 14: Άτυπες, Διαθεματικές και Εναλλακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες

Βιβλιογραφικές όψεις της άτυπης εκπαίδευσης: ο ρόλος του εκπαιδευτικού

Τσαλίκη Χριστίνα
Καριώτογλου Π. Πέτρος

Δασκάλα, Υπεύθυνη Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Π.Ε. Ανατολικής Θες/νίκης,
xtsaliki@sch.gr
Παιδαγωγική Σχολή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας,
pkariotog@uowm.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετώνται πτυχές της άτυπης εκπαίδευσης, ως συμπληρωματικής της τυπικής, στα πλαίσια του επιστημονικού γραμματισμού, και των νέων προγραμμάτων σπουδών, με έμφαση στο ρόλο του εκπαιδευτικού, όπως εμφανίζονται στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, μελετώνται οι προσωπικές θεωρίες των εκπαιδευτικών και η πιθανή επίδρασή τους στην οργάνωση και αποτελεσματικότητα σχολικών επισκέψεων σε χώρους άτυπης εκπαίδευσης. Επίσης θίγονται ζητήματα συνεργασίας μεταξύ σχολείων και φορέων άτυπης εκπαίδευσης καθώς και ζητήματα σχετικής επιμόρφωσης και υποστήριξης των εκπαιδευτικών.

Abstract

This paper studies the complementary role of informal education to the formal one, in the frame of scientific literacy, as indicated in modern Science Curricula. We examine factors related to the effectiveness of innovative programs and educational visits, concerning non formal education. These are the importance of the role of teachers, as well as, their personal theories and the potential impact of them in their practices eventually applied during the study visits. Moreover, issues of cooperation between schools and informal education organizations, training and educational support of the teachers are also mentioned.

Εισαγωγή

Από τις αρχές του αιώνα μας παρατηρείται μια κριτική τάση απέναντι στα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ) Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας, που είναι επηρεασμένα από το ρεύμα της εποικοδόμησης της γνώσης, αλλά σε κάποιο βαθμό και από το ανακαλυπτικό ρεύμα του 1960. Βασικός λόγος αυτής της κριτικής, είναι η εστίαση τους στο περιεχόμενο (δηλωτική γνώση) και τη μάθηση του ως σώμα γεγονότων, αποκομμένο από τις διαδικασίες παραγωγής του και τη φιλοσοφία της επιστήμης που οδηγεί σε αυτό. Η νέα πρόταση είναι ο επιστημονικός ή/και τεχνολογικός γραμματισμός (Millar 2006, Duschl & Grandy 2008) με κυρίαρχο προσανατολισμό στις διαδικασίες διερευνητικής μάθησης, χωρίς ωστόσο να εγκαταλείπεται η ιδέα της εποικοδόμησης. Στην ίδια κατεύθυνση βρίσκεται και το πρόσφατο ελληνικό παράδειγμα του προγράμματος σπουδών για το Νέο Σχολείο (2011). Μια άλλη τάση των προτάσεων για τα νέα ΠΣ-ΦΕ είναι η έμφαση που δίνεται στην εκπαίδευση εκτός σχολικού περιβάλλοντος εντός ΠΣ -, κυρίως στις βόρειες χώρες (Αγγλία, Σκανδιναβία). Η εκπαίδευση αυτή αφορά στις οργανωμένες επισκέψεις σε χώρους τεχνοεπιστήμης, με πριν και μετά φάση (Καριώτογλου 2004, Κολιόπουλος 2005, Lavonen et al.,2010), στις οποίες αξιοποιείται και πάλι η διερεύνηση (Anderson et al. 2003, Čáp 2007).

Για το λόγο αυτό, θεωρήσαμε σημαντικό να μελετήσουμε βιβλιογραφικά θέματα άτυπης εκπαίδευσης, που σχετίζονται με το ρόλο των εκπαιδευτικών επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας, με στόχο το επιστημονικό και τεχνολογικό γραμματισμό όπως προτείνεται στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών. Μεθοδολογικά, η εργασία αυτή βασίστηκε σε

αναζήτηση της σχετικής βιβλιογραφίας που σχετίζεται με την άτυπη εκπαίδευση. Η βιβλιογραφική έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το φθινόπωρο και χειμώνα του 2011-2012. Ως κύρια ερευνητική βάση χρησιμοποιήσαμε τον σύνδεσμο Ακαδημαϊκών Ελληνικών Βιβλιοθηκών (Heal-link) και στόχος μας ήταν να αναδείξουμε την ιδιαίτερη βαρύτητα που έχει ο ρόλος του εκπαιδευτικού. Για το σκοπό αυτό εστιάσαμε σε άρθρα, μελέτες, έρευνες και βιβλία που σχετίζονται με το θέμα των άτυπων μορφών εκπαίδευσης. Στην αναζήτηση χρησιμοποιήσαμε ως βασικές λέξεις κλειδιά τις έννοιες: άτυπη εκπαίδευση (informal education),μη τυπική εκπαίδευση (non formal education), δραστηριότητες εκτός διδακτέας ύλης και σχολείου (extra curriculum education activities), μουσειακή εκπαίδευση τεχνοεπιστημών (techno science education), στάσεις μαθητών, εξωσχολικές δραστηριότητες κ.τ.λ.. Επίσης, αξιοποιήσαμε πληροφορίες και ερευνητικά δεδομένα και από συμβατικές πηγές, όπως σχετικά βιβλία και ελληνικά περιοδικά. Η βιβλιογραφική αναζήτηση και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, ανέδειξε ζητήματα που αναφέρονται στη συνέχεια όπως η σημασία του εκπαιδευτικού και των προσωπικών του θεωριών καθώς και η πιθανή επίδραση τους στις πρακτικές που τελικά εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών επισκέψεων. Επίσης θέματα συνεργασίας και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Η βιβλιογραφία του άρθρου δεν περιλαμβάνει για ευνόητους λόγους χώρου το σύνολο των άρθρων που αξιοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της μελέτης. .

Τυπική , μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση

Οι όροι τυπική και άτυπη εκπαίδευση δεν χαρακτηρίζουν ποιοτικά την εκπαιδευτική διαδικασία, απλώς περιγράφουν τη συμβολή της διττής πρακτικής που θα πρέπει να χαρακτηρίζει την εκπαίδευση. Ως **τυπική εκπαίδευση** (formal education) ορίζεται γενικά το ιεραρχημένο, δομημένο και οργανωμένο χρονικά σε βαθμίδες εκπαιδευτικό σύστημα, από τη πρωτοβάθμια εκπαίδευση έως το πανεπιστήμιο, που περιλαμβάνει τόσο τις γενικές ακαδημαϊκές σπουδές όσο και τα εξειδικευμένα προγράμματα και θεσμούς ολοκληρωμένης επαγγελματικής και τεχνικής εκπαίδευσης (Jeffs & Smith 1999). Ως **άτυπη εκπαίδευση (informal education)** θεωρείται σύμφωνα με τους Jeffs and Smith (1990) η διαδικασία με την οποία κάθε άτομο, σε όλη τη διάρκεια της ζωής του, μαθαίνει και αποκτά ικανότητες και γνώσεις, από την καθημερινή εμπειρία και τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (εργασία, οικογένεια, ελεύθερες ασχολίες κ.λ.π). Με τον όρο άτυπη εκπαίδευση (informal education) ουσιαστικά μεταφερόμαστε στο αντίθετο άκρο από αυτό της τυπικής εκπαίδευσης και συνήθως εννοούμε ότι συμβαίνει έξω από τα τυπικά πλαίσια του σχολείου. Ως **μη τυπική εκπαίδευση** (non formal education) ορίζεται οποιαδήποτε οργανωμένη εκπαιδευτική δραστηριότητα εκτός του τυπικού εκπαιδευτικού συστήματος, που απευθύνεται σε συγκεκριμένους εκπαιδευόμενους και έχει συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους (Jeffs and Smith 1990). Η μη τυπική εκπαίδευση (non formal education) αποτελεί κατά κάποιο τρόπο ένα ενδιάμεσο σταθμό ανάμεσα στα δυο άκρα και αναφέρεται σε δραστηριότητες που υλοποιούνται κυρίως έξω από τα σχολεία, δεν αναπτύσσονται απαραίτητα για σχολική χρήση ούτε για να αποτελέσουν μέρος ενός συνεχιζόμενου σχολικού προγράμματος ωστόσο όμως λειτουργούν συμπληρωματικά και όχι ανταγωνιστικά προς την θεσμοθετημένη εκπαίδευση. (Καριώτογλου, 2011).

Σύμφωνα με τους Hann & Jackson (1995) είναι λάθος να υιοθετούμε μια μοναδική στρατηγική μάθησης τυπική ή άτυπη. Αν η γνώση που έχουμε για την άτυπη εκπαίδευση μεταφερθεί σε τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, δεν θα έχουμε αποδείξει μόνο την αξία της άτυπης εκπαίδευσης αλλά θα έχουμε εμπλουτίσει και την τυπική.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού και των προσωπικών του θεωριών, στην άτυπη εκπαίδευση

Η έρευνα που εστιάζει στην αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων και των πρακτικών που εφαρμόζονταν κατά τη διάρκεια των εκπαιδευτικών επισκέψεων, ανέδειξε το ρόλο του εκπαιδευτικού ως σημαντικό παράγοντα (Falk & Dierking 2000, Hein1998). Οι Wolins et al (1992) διαπίστωσαν τον καθοριστικό ρόλο που έχει ο εκπαιδευτικός όσον αφορά τη διαμόρφωση της δυναμικότητας και της έντασης των γνώσεων και εντυπώσεων που αποκομίζουν οι μαθητές

τόσο κατά τη διάρκεια της επίσκεψης όσο και μετά από αυτήν. Τα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού στην οργάνωση των επισκέψεων όπως άλλωστε και στην οργάνωση των μαθημάτων, είναι κυρίαρχος, (Karnezou & Kariotoglou 2004). Προφανώς δεν είναι μοναδικός, αλλά σίγουρα είναι πολύ σημαντικός. Για τους Anderson et al. (2006) η επιτυχία της επίσκεψης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προσδοκίες, την προηγούμενη γνώση του χώρου και κυρίως τη στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στο χώρο. Ταυτόχρονα, τα βιβλιογραφικά ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι προσωπικές θεωρίες των εκπαιδευτικών επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών επισκέψεων (Tobin et al. 1994, Cronin-Jones 1991, Griffin, 1994).

Με τον όρο προσωπική θεωρία εννοούμε το σύνολο των αντιλήψεων, των πεποιθήσεων, των αξιών, που αναφέρονται στους σκοπούς της εκπαίδευσης, στον τρόπο μάθησης, στους ρόλους εκπαιδευτικού και μαθητών, στο περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων καθώς και στη φύση της γνώσης, καθορίζοντας ξεχωριστά τον κάθε εκπαιδευτικό (Kagan 1992, Pajares 1992). Για την Καρνέζου (2010) η εκπαιδευτική διαδικασία όταν μεταφέρεται σε ένα μη σχολικό περιβάλλον, εντάσσεται στο πολυσύνθετο πλαίσιο της άτυπης εκπαίδευσης και οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το πλαίσιο αυτό κατέχουν σημαντικό ρόλο. Οι προσωπικές θεωρίες επιδρούν σε επιμέρους ζητήματα του πλαισίου που σχετίζονται με τη μάθηση και τη διδασκαλία, το είδος του ρόλου που θα αναλάβει να επιτελέσει ο εκπαιδευτικός, ακόμη και τον τρόπο που αντιμετωπίζει το χώρο που πρόκειται να επισκεφτεί με την τάξη του. Οι Luehmann & Markowitz (2007) διατύπωσαν την άποψη ότι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών είναι σύνθετες και επηρεάζουν τον τρόπο που αξιοποιούν νέα μέσα και πηγές στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως π.χ. μια εξωσχολική δραστηριότητα. Έρευνα των Davidson et al. (2010) υποστηρίζει τη σχέση μεταξύ των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τη μάθηση και των διδακτικών πρακτικών που εφαρμόζουν. Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι ανάμεσα σε δυο συγκρινόμενες εκπαιδευτικές επισκέψεις σχολείων στον ίδιο χώρο, μαθησιακά αποτελέσματα που διατηρήθηκαν σε βάθος χρόνου παρατηρήθηκαν μόνο στην περίπτωση που η εκπαιδευτικός είχε συγκεκριμένους στόχους και τους προσέγγισε με συγκεκριμένη μεθοδολογία-την εποικοδομητική. Επίσης διαπιστώθηκε ότι η μάθηση στη περίπτωση αυτή, είχε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τις προσωπικές θεωρίες των εκπαιδευτικών και πολύ λιγότερο με τις προσωπικές θεωρίες των ξεναγών της επίσκεψης.

Πρακτικές εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια της επίσκεψης

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις βασικές διαπιστώσεις σχετικά με τις πρακτικές που εφαρμόζουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια των επισκέψεων σε μουσεία Φυσικών Επιστημών και Τεχνοεπιστημονικά κέντρα. Η συζήτηση εστιάζει σε τρεις βασικούς άξονες που σχετίζονται με τους στόχους και τα αποτελέσματα που προσδοκούν να έχουν οι εκπαιδευτικοί, τη γνώση και τη μάθηση των παιδιών αλλά και με το βαθμό προετοιμασίας και εμπλοκής των εκπαιδευτικών πριν αλλά και κατά τη διάρκεια της επίσκεψης.

Οι Anderson και Zhuang (2003) σε έρευνα τους κατέγραψαν την πεποίθηση των εκπαιδευτικών ότι οι σχολικές επισκέψεις είναι σκόπιμο να ενσωματώνονται και δρουν ενισχυτικά στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και στους στόχους που αυτό θέτει. Ωστόσο ταυτόχρονα θεωρούν ότι η σύνδεση αυτή είναι κυρίως ευθύνη του μουσείου. Οι Griffin και Symington (1997) επίσης παρατήρησαν ότι για τους εκπαιδευτικούς η έλλειψη σύνδεσης μεταξύ διδακτικών στόχων του αναλυτικού προγράμματος σπουδών και των σχολικών επισκέψεων, αποδίδονταν στα εκπαιδευτικά προγράμματα των μουσείων. Ειδικότερα για το ζήτημα της στοχοθεσίας, οι ερευνητές αναφέρουν ότι συχνά οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν συγκεκριμένους στόχους για τις επισκέψεις (Griffin & Symington 1997, Orion & Hofstein 1994). Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα των ερευνών συγκλίνουν στην έλλειψη στοχοθεσίας για την υλοποίηση της επίσκεψης, επιβεβαιώνουν την άποψη ότι οι σχολικές επισκέψεις σε χώρους άτυπης εκπαίδευσης αντιμετωπίζονται συχνά με τη λογική της ευχάριστης εναλλαγής από τη συνήθη σχολική ρουτίνα και δεν έχουν πάντα σαφή παιδαγωγικό προσανατολισμό. Οι απόψεις των Anderson & Zhang (2003) καθώς και του Kisiel (2005) συγκλίνουν στο ότι ορισμένες αντιλήψεις

των εκπαιδευτικών πιθανώς εμποδίζουν την υλοποίηση των αρχικών τους προθέσεων, όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι αρχικά δηλώνουν διάθεση να συνδέσουν την επίσκεψη σε ένα τεχνοεπιστημονικό μουσείο με το αναλυτικό πρόγραμμα, αυτό επειδή τελικά αυτό δεν γίνεται μεταβιβάζουν τη ευθύνη της έλλειψης σύνδεσης στην οργάνωση των χώρων άτυπης εκπαίδευσης. Η Καρνέζου (2010) στη διδακτορική της διατριβή επιχειρεί να δώσει μια ερμηνεία για το φαινόμενο αυτό, αναφέροντας ότι η μετάβαση από την τάξη στο μουσείο είναι πολύ πιθανό να επηρεάζει τελικά το πώς ο εκπαιδευτικός αντιλαμβάνεται το ρόλο του στο νέο περιβάλλον. Αυτό μπορεί να συμβαίνει διότι το εκπαιδευτικό περιβάλλον έχει σημαντική επίδραση στην εικόνα του εκπαιδευτικού για τον εαυτό του ως εκπαιδευτικό (Peretz et al. 2003).

Οι στόχοι και οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών ως παράμετρος αποτελεσματικότητας των επισκέψεων φαίνεται να συνδέεται με ζητήματα γνώσης και μάθησης. Η έλλειψη συγκεκριμένων διδακτικών στόχων θεωρείται ότι επηρεάζει αρνητικά τις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών (Griffin & Symington 1997, Orion & Hofstein 1994). Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί συνήθως μεταφέρουν επίσημες σχολικές πρακτικές από την τάξη στο χώρο του μουσείου, ισχυριζόμενοι ότι επιδιώκουν γνωστικούς κυρίως στόχους (Tobin et al 1994, Griffin 1999). Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Διδασκαλείου Δ. Γληνός του ΑΠΘ (Ιωαννίδου κ.ά. 2001), φαίνεται πάλι ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεωρεί ότι τα παιδιά πηγαίνοντας στο μουσείο θα αποκτήσουν κυρίως γνώση με εποπτεία και πολλοί λιγότεροι στοχεύουν σε μη γνωστικά αποτελέσματα. Η συγκεκριμένη αντίληψη για τη γνωστική πλευρά της άτυπης εκπαίδευσης, αποτελεί τη συνηθέστερη προσέγγιση των σχολικών επισκέψεων σε μουσεία, καθώς οι εκπαιδευτικοί επιδιώκουν να δώσουν εκπαιδευτικό χαρακτήρα σε δραστηριότητες αυτού του τύπου (Kisiel 2003, 2005, Anderson & Zhang 2003). Επίσης, διαπιστώθηκε ότι ενώ οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να αναγνωρίζουν τις γνώσεις του ξεναγού του μουσείου, δεν φαίνεται να επιδιώκουν συνεργασία μαζί του (Karnezou & Kariotoglou 2004). Κάτι τέτοιο επιβεβαιώνει την άποψη πως παρόλο που οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι επιδιώκουν γνωστικούς στόχους ως προτεραιότητα κατά τη διάρκεια της επίσκεψης, η έλλειψη συνεργασίας μεταξύ μουσείου και σχολείου ελαχιστοποιεί τα μαθησιακά αποτελέσματα για τους μαθητές (Anderson 1998). Επίσης σε σχέση με ζητήματα γνώσης και μάθησης, αναφέρεται ότι οι εκπαιδευτικοί μπορεί να θεωρούν την επίσκεψη σε ένα μουσείο με την τάξη τους ως μαθησιακή εμπειρία, χωρίς αυτό όμως να σημαίνει απαραίτητα ότι γνωρίζουν και το πώς μπορεί να συντελεστεί κάτι τέτοιο και το πως μπορεί να συνεισφέρουν οι ίδιοι (Kisiel 2003).

Σε ζητήματα προετοιμασίας των επισκέψεων από τους εκπαιδευτικούς υπάρχει σημαντικός αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών που προτείνουν τρόπους οργάνωσης των επισκέψεων σε φάσεις – στάδια. Οι περισσότεροι συγκλίνουν στο γεγονός πως ο σχεδιασμός της εκπαιδευτικής επίσκεψης στο μουσείο παίζει καθοριστικό ρόλο για την επιτυχή έκβαση της (Anderson et al. 2010, Ramey-Gassert et al. 1994, Falk & Dierking 1992, Falk et al. 1978). Επίσης θεωρείται ότι (Falk & Dierking 1992, Hooper-Greenhill 1992, Anderson & Lucas 1997, Καριώτογλου 2011, Καρνέζου 2010) ο σωστός σχεδιασμός περιλαμβάνει μια αντίστοιχη προετοιμασία που συνήθως αποτελείται από 3 βασικές φάσεις που περιλαμβάνουν την προετοιμασία πριν την επίσκεψη, την ίδια την επίσκεψη και την μετέπειτα υποστήριξη της.

Παρά το γεγονός ότι συναντά κανείς πληθώρα μεθοδολογικών προσεγγίσεων σχετικά με τον τρόπο οργάνωσης των εκπαιδευτικών επισκέψεων, τελικά ο τρόπος που αυτές υλοποιούνται παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις με άμεσες συνέπειες στην αποτελεσματικότητα τους. Ταυτόχρονα, είναι πολύ λιγότερες οι έρευνες που εστιάζουν στις διδακτικές στρατηγικές που υιοθετούν οι εκπαιδευτικοί κατά την πραγματοποίηση των επισκέψεων (Kisiel 2006). Το γεγονός αυτό πιθανά να οφείλεται στις δυσκολίες παρατήρησης και καταγραφής κατά τη διάρκεια των επισκέψεων, σε απροθυμία των εκπαιδευτικών να αποτελέσουν αντικείμενο έρευνας ή και σε πιθανή έλλειψη μεθοδολογικών προσεγγίσεων και εργαλείων.

Η Griffin (1994) κατέγραψε ένα ευρύτατο φάσμα διαφόρων τύπων και βαθμών εμπλοκής των εκπαιδευτικών με τους μαθητές τους, κατά τη διάρκεια της επίσκεψης σε χώρους άτυπης εκπαίδευσης. Σύμφωνα με την ίδια, οι πρακτικές των εκπαιδευτικών ποικίλουν από την ενεργό συμμετοχή τους με τους μαθητές οργανωμένους σε μικρές ομάδες, ως την απλή επίβλεψη και

την τελείως ελεύθερη περιήγηση των μαθητών κατά βούληση στα εκθέματα. Ο Kisiel (2005) επίσης διαπίστωσε καταγράφοντας τις πρακτικές εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια επισκέψεων, πως συχνά αυτές αλλάζουν, υπό την πίεση του χρόνου και των ειδικών συνθηκών που επικρατούν στην κάθε περίπτωση. Ο ίδιος ερευνητής ομαδοποίησε και κατέγραψε πέντε βασικά είδη στρατηγικών που υιοθετούν οι εκπαιδευτικοί και που παρατήρησε κατά τη διάρκεια της έρευνας παρατηρώντας τις επισκέψεις δημοτικών σχολείων σε ένα μουσείο Φυσικής Ιστορίας: Αυτές είναι οι εξής: συγκροτημένο σχέδιο δράσης, δομημένη δέσμευση (φύλλα εργασίας και οργανωμένη περιήγηση), μη δομημένη δέσμευση (απλή διευκόλυνση των μαθητών από τη μεριά του εκπαιδευτικού), τεκμηρίωση γεγονότων (π.χ. λήψη φωτογραφιών βίντεο κ.λ.π.), απλές στρατηγικές επίβλεψης.

Στην έρευνα των Griffin και Symington(1997) παρατηρήθηκε ότι στις σπάνιες περιπτώσεις που οι εκπαιδευτικοί ένιωθαν την ανάγκη να συμμετέχουν ενεργά κατά τη σχολική επίσκεψη, συνήθως ένας από αυτούς δημιουργούσε και εκτύπωνε κάποια φύλλα εργασίας με συγκεκριμένες δραστηριότητες και οι άλλοι απλά εκτελούσαν όπως τους είχαν ανατεθεί. Οι Καρνέζου και Καριώτογλου (2004) συνοψίζουν τα παραπάνω εύστοχα, υποστηρίζοντας ότι με τις επισκέψεις στα μουσεία συνήθως οι δυνατότητες για μάθηση παραμένουν ανεκμετάλλευτες καθώς οι εκπαιδευτικοί:

α) Δεν σχεδιάζουν γενικά κάποιες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της επίσκεψης.

β) Οι δραστηριότητες πριν και μετά την επίσκεψη δεν στοχεύουν στη μάθηση.

γ) Δεν αναγνωρίζουν την ανάγκη συνεργασίας με τους ειδικούς του μουσείου.

Στην έρευνα τους παρατήρησαν μεταξύ άλλων, ότι οι εκπαιδευτικοί συχνά απλώς μεταφέρουν πρακτικές του σχολείου και στο μουσείο (Tobin et al 1994), συνήθως δεν προετοιμάζονται για την επίσκεψη ούτε οι ίδιοι αλλά ούτε και συνακόλουθα προετοιμάζουν τους μαθητές τους, αναγνωρίζουν τις γνώσεις του ξεναγού του μουσείου αλλά δεν συνεργάζονται μαζί του για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Αφήνουν τους μαθητές τους να περιηγηθούν αυτόνομα μέσα στο χώρο και απλά επιβλέπουν, θεωρώντας ότι η μάθηση θα προκληθεί αυτόματα από την αλληλεπίδραση με το χώρο και τα εκθέματα. Παρόμοια αποτελέσματα συναντά και στην έρευνα της Καρνέζου (2010) που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς που είχαν επισκεφθεί με τις τάξεις τους Τεχνικό Μουσείο. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δεν εκμεταλλεύτηκε το πλεονέκτημα που προσφέρει η συστηματική προετοιμασία πριν από την επίσκεψη (Anderson & Lucas 1997) και ελάχιστοι πραγματοποίησαν δραστηριότητες μετά από αυτήν. Παρόμοιες είναι οι διαπιστώσεις από έρευνες, οι οποίες μελέτησαν τον τρόπο διεξαγωγής σχολικών επισκέψεων σε περιβάλλοντα άτυπης εκπαίδευσης ως προς το ρόλο του εκπαιδευτικού (Griffin 2004, Griffin & Symington 1997, Metz 2005). Η προετοιμασία τους για την επίσκεψη περιλαμβάνει μια περιορισμένη ή και ανύπαρκτη προετοιμασία-γνώση του χώρου και των εκθεμάτων γεγονός - το οποίο συνάδει με την αντίληψη που φαίνεται συχνά να έχουν για το ρόλο τους ως απλοί συνοδοί, ή και με το γεγονός ότι συχνά επιδιώκουν τις εκπαιδευτικές επισκέψεις για άλλους λόγους μη εκπαιδευτικούς, επιδιώκοντας κυρίως συναισθηματικά οφέλη. Ωστόσο, όταν οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν αν θα ήθελαν μια επιμόρφωση σε ζητήματα αξιοποίησης των δυνατοτήτων που παρέχει η άτυπη εκπαίδευση, απάντησαν στην πλειοψηφία τους καταφατικά, επιβεβαιώνοντας την άποψη ότι δεν λαμβάνουν επαρκή γνώση σχετικά με το ζήτημα κατά τα διάρκεια των σπουδών τους αλλά ούτε και αργότερα σαν κάποιο είδος ενδοϋπηρεσιακής επιμόρφωσης. Ειδικότερα οι εκπαιδευτικοί, δήλωσαν ότι θα ήθελαν να μάθουν πως πρέπει να προετοιμάζεται μια τέτοια επίσκεψη, τι πρέπει να κάνουν για να γνωρίσουν τα εκθέματα του χώρου και να μάθουν να αξιοποιούν στην τάξη διδακτικά την επίσκεψη αλλά και το πώς θα μπορέσουν να αναλάβουν εφόσον χρειάζεται τον ρόλο του ξεναγού (Καρνέζου 2010).

Επίλογος

Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να παρατηρήσουμε πως η στοχοθεσία που τίθεται κατά την πραγματοποίηση εκπαιδευτικών επισκέψεων είναι ελλιπής και σχετίζεται κυρίως με το γνωστικό κομμάτι της επίσκεψης, μεταφέροντας τις επιδιώξεις του σχολείου. Επιπρόσθετα

δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των στόχων που τίθενται και του αναλυτικού προγράμματος σπουδών. Οι εκπαιδευτικοί επιδιώκουν γνωστικό κυρίως όφελος από τις επισκέψεις και θεωρούν ότι η γνώση θα αποκτηθεί κυρίως με εποπτεία. Τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι ανεπαρκή μια και οι ίδιοι δεν γνωρίζουν ή δεν εφαρμόζουν συγκεκριμένες μεθόδους ούτε επιζητούν τη συνεργασία με τους ξεναγούς για το σκοπό αυτό. Η εμπλοκή των εκπαιδευτικών και η προετοιμασία τους είναι περιορισμένη στις περισσότερες περιπτώσεις, καθώς δεν σχεδιάζουν συγκεκριμένες δραστηριότητες για την επίσκεψη. Τέλος, ενώ πολλές έρευνες αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα του ρόλου του εκπαιδευτικού στην διδακτική αξιοποίηση και στην επιτυχία των εκπαιδευτικών επισκέψεων, υπάρχει έλλειμμα κατάλληλης προετοιμασίας των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση των σχολικών επισκέψεων σε χώρους άτυπης εκπαίδευσης. Ειδικότερα στην Ελλάδα, οι προπτυχιακές σπουδές των μελλοντικών εκπαιδευτικών δεν περιλαμβάνουν σχετικά μαθήματα, παρά σε λίγες περιπτώσεις, ενώ η προετοιμασία εκπαιδευτικών που προορίζονται για τη δευτεροβάθμια βαθμίδα δεν περιλαμβάνει παιδαγωγική κατάρτιση. Πρόταση μας αποτελεί ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης και επιμόρφωσης για την οργάνωση επισκέψεων σε χώρους άτυπης εκπαίδευσης, που θα στηρίζεται στις πραγματικές ανάγκες των επιμορφούμενων, ενώ παράλληλα θα περιλαμβάνει άσκηση των ίδιων στο σχεδιασμό, εφαρμογή και αξιολόγηση επισκέψεων, μαζί με την ενημέρωση για τις σύγχρονες τάσεις της άτυπης εκπαίδευσης.

Βιβλιογραφία

Καριώτογλου, Π. (2011). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science". Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. (2011). Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες,19-26 http://www.7sefepet.gr (πρόσβαση 24/06/12).

Καριώτογλου, Π. (2011). Σχολείο και Μουσείο: οργάνωση μαθητικών επισκέψεων σε τεχνο-επιστημονικά μουσεία. Προσκεκλημένη ομιλία στην Ημερίδα Μουσειακής Αγωγής με τίτλο: Η παιδαγωγική αξιοποίηση και ο εκπαιδευτικός ρόλος των εκθεμάτων των μουσείων στην Α/θμια και Β/θμια Εκπαίδευση, ΚΔΕ&ΜΤ: ΝΟΗΣΙΣ. http://www.tmth.gr/sciencerelated/62-museums/470-sxoleio-kai-mouseio (πρόσβαση 24-6-12).

Καρνέζου, Μ., (2010). Μελέτη της οργάνωσης και της πραγματοποίησης μαθητικών επισκέψεων σε επιστημονικά και τεχνολογικά μουσεία. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

Κολιόπουλος, Δ. (2005). Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών. Μεταίχμιο.

Ιωαννίδου, Κ., Κωνσταντίλα, Μ., Λιάζος, Ν.,Μορφουλάκη, Μ., Μούσλη, Σ., Καριώτογλου, Π. & Τσελφές, Β. (2002). Παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση των δασκάλων να οργανώσουν μια επίσκεψη στο ΤΜΘ. Στο Καψάλης, Γ., Κατσίκης, Χ. (Επιμέλεια). Πρακτικά του Συνεδρίου «Σχολική Γνώση και Διδασκαλία στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση», 319 – 331, Ιωάννινα.

Anderson, D. and Zhang Z. (2003) Teacher Perceptions of Field - Trip Planning and Implementation. Visitor Studies Today, 6(3), 6-11.

Anderson, P.D., Lucas, K., Ginns, I. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. Journal of Research in Science Teaching, 40(2), 177-199.

Anderson, D., Bethan Lawson, B., & Mayer-Smith, J. (2006). Investigating the Impact of a Practicum Experience in an Aquarium on Pre-service Teachers. Teaching Education, 17(4), 341–353.

Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. Journal of Research in Science Teaching, 28(3), 235-250.

Davidson, S. K., Passmore, C., & Anderson, D. (2010). Learning in zoo field trips: The interaction of the agendas and practices of students, teachers and zoo educators. Science Education, 94, 122-141.

Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In Duschl, R., Grandy, R. (Eds.): Teaching scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation, 1-37. The Netherlands, Rotterdam: Sense Publishers.

Falk, J. H. (1983). Field trips: An look at Environmental effects on learning. Journal of Biological Education 17(2), 137-141.

Falk, G. & Dierking, L. (1992). The Museum Experience. Washington, D.C.: Whalesback Books.

Falk, J. & Dierking, L. (2000). Learning from Museums: Visitor Experiences and the Making of Meaning. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.

Farmer, A.J., & Wott, J. A. (1995). Field trips and follow up activities: Fourth Graders in a public garden. Journal of Environmental Education, 81, 763-779.

Griffin, J. (1994). Learning to learn in informal science settings. Research in Science Education, 24,121 – 128

Griffin, J. (1999). Finding evidence of learning in museum settings. In Scalon, E., Whitelegg , L. &Yates, S. (Eds.): Communicating Science. London: Routledge, 20(6), 655-663.

Griffin, J. and Symington, D.(1997)Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. Science Education, 81, 763–779.

Hann, K. and Jackson, R. (1995). Learning from experiences: approaches to research in the informal sector, Paper presented in the European Conference on Research in Science Education, Leeds ,UK.

Hein, George E.(1998). *Learning in the museum*. Routledge.

Hooper-Greenhill, E. (1992). *Museums and the shaping of knowledge*. London: Routledge.

Jeffs T. and Smith M. (1990). Educating informal educators in Jeffs T. and Smith, M. (Eds): *Using Informal Education*, Buckingham: Open University Press

Kagan, D.,(1992). Implications of research on teacher belief. *Educational Psychologist*, 27(1), 65-90.

Karnezou, M., Kariotoglou, P., (2004) Teacher's Practices when visiting a technology museum with their classes. Themes in education, 5(1),70-101.

Kisiel, J. F. (2005). Understanding elementary teacher motivations for school fieldtrips. *Science Education*, 86(6), 936-955.

Kisiel, J. F. (2006). An examination of field trip strategies and their implementation within a Natural History Museum. *Science Education*, 90, 434-452.

Lavonen, J., Laherto, A., Loukomies, A., Juuti, K., Kim, M., Meisalo, V. (2010). Enhancing Scientific Literacy through the Industry Site Visit. In, Rodrigues, S. (Ed), Multiple Literacy and Science Education: ICTs in Formal and Informal Learning Environments, IGI GLOBAL.

Luehmann, A.L., & Markowitz, D. (2007). Science teachers' perceived beliefs of an out-of-school enrichment program: identity needs and university affordances. International Journal of Science Education, 29(9),1-29.

Metz, D. (2005). Field based learning in science: Animating a museum experience. Teaching Education, 16(2), 165–173.

Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. International Journal of Science Education, 28(13), 1499-1521.

Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. Journal of Research in Science Teaching, 31(10), 1097– 1119.

Pajares, M. F. (1992).Teachers' beliefs and educational research. Review of Educational Research, 62.

Peretz, M. B., Mendelson, N.,& Kron, F. W. (2003). How teachers in different educational contexts view their roles. *Teaching and Teacher Education*, 19, 277-290.

Ramey-Gassert, L., Wallberg III, H.J., & Wallberg, H.J. (1994). Reexamining connections: Museums
as Science Learning Environments. *Science Education*, 78(4), 345-363.

Tobin, K., Tippins, J., D.,& Gallard, J. A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company.

Wolins, I., S., Jensen, N., & Ulzheimer, R. (1992). Children's memories of museum field trips: A qualitative study. *Journal of Museum Education*, 17(2), 17 – 27.

Μια βόλτα στο Λούνα Παρκ: Μετασχηματίζοντας τη διδασκαλία της φυσικής σε πραγματικά περιβάλλοντα

Κώστας Βουρλιάς[1], Περικλής Βλαχάκης[2] και Φανή Σέρογλου[3]
[1] *Υποψήφιος Διδάκτορας Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Παιδαγωγική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, e-mail: kvourlias@eled.auth.gr*
[2] *GSR, PGDip Sports Biomechanics, e-mail: sportrehabilitator@gmail.com*
[3] *Επίκουρη Καθηγήτρια Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Παιδαγωγική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, e-mail: seroglou@eled.auth.gr*

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται επτά δραστηριότητες φυσικής για το Λούνα Παρκ που έχουμε σχεδιάσει και εφαρμόσει πιλοτικά. Η διδασκαλία της φυσικής μετασχηματίζεται για να ταιριάζει σε ένα πραγματικό περιβάλλον: ο χώρος του πάρκου γίνεται ένα ιδιότυπο εργαστήριο φυσικής και κάθε "παιχνίδι" μετατρέπεται σε πειραματική διάταξη για να εκτελέσουμε μια σειρά από βιωματικά "πειράματα" και να συζητήσουμε έννοιες της φυσικής. Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιούμε ένα επιταχυνσιόμετρο, ένα GPS, ένα κινητό τηλέφωνο, μια βιντεοκάμερα και έναν φορητό υπολογιστή. Το κύριο όμως πειραματικό όργανο είναι το ανθρώπινο σώμα το οποίο βιώνει με όλες του τις αισθήσεις τις έννοιες της φυσικής. Οι προτεινόμενες δραστηριότητες αφορούν ένα ευρύ φάσμα εννοιών και απευθύνονται κατά περίπτωση σε μαθητές και μαθήτριες 11-18 χρονών. Ταυτόχρονα επιδιώκουμε να αναδείξουμε τη φύση των φυσικών επιστημών (και ειδικότερα τη φύση των μεθοδολογιών των φυσικών επιστημών) συνδέοντας τη φυσική με τη διασκέδαση μαθητών και μαθητριών.

Abstract

In this paper we present seven activities designed and applied in a pilot implementation in an amusement park. Physics teaching is transformed to fit into a real environment: the amusement park becomes a physics lab with exciting "apparatus" to perform science activities and discuss about science concepts. In order to carry out the "experiments" we have used an accelerometer, a GPS device, a mobile phone and a laptop. However, the main vehicle to perform the developed activities has been the human body that feels through all its senses the science concepts discussed during the activities. The developed activities engage several science concepts usually taught to students aged 11-18 years-old. The activities have also been designed aiming to bring forward for discussion aspects of the nature of science (focusing on the nature of the methodologies of science) as well as to combine physics and fun.

Αναζητώντας καινούργια περιβάλλοντα για τη διδασκαλία της φυσικής

Αν θέλουμε να είμαστε ειλικρινείς η φυσική όπως παραδοσιακά διδάσκεται μέχρι σήμερα έχει μετατραπεί ίσως στο πιο απόμακρο, ανιαρό και χωρίς σημασία μάθημα (Logan & Skamp 2008, OECD 2007). Αν και είναι "εκ φύσεως" το μάθημα που μπορεί να ερμηνεύσει τον κόσμο και την καθημερινότητα γύρω μας, συχνά το μόνο που συναντούν οι μαθητές και οι μαθήτριες μέσα από τη διδασκαλία του είναι τύποι, ορισμοί και προβλήματα αποκομμένα από την "πραγματική τους ζωή" (Κουμαράς 2006, Σέρογλου 2006, Seroglou & Aduriz-Bravo 2007). Έτσι συχνά τα παιδιά αισθάνονται πως ό,τι μαθαίνουν στο σχολείο τούς είναι άχρηστο για την καθημερινότητά τους και αντίστροφα, πως όλες οι εμπειρίες και γνώσεις που συνέλλεξαν "εκεί έξω" τούς είναι άχρηστα για το σχολείο (Osborne & Collins 2001, Seroglou, Koulountzos & Siatras 2011). Η ιδέα της διδασκαλία της φυσικής σε ένα Λούνα Πάρκ δεν είναι καινούργια. Τα τελευταία 50 χρόνια έχουν υλοποιηθεί πολλά διδακτικά σενάρια σε τέτοιους χώρους, ακόμα και διαγωνισμοί φυσικής (Taylor et al. 1984, McGehee 1988, Escobar 1990, Bagee & Pendrill 2002, Κεραμιδάς & Κουμαράς 2008, Moll 2010). Το Λούνα Παρκ μπορεί να αποτελέσει ένα πολυδύναμο μαθησιακό περιβάλλον που δίνει κίνητρα για μάθηση αλλά και ερεθίσματα για την ανάπτυξη γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων που αφορούν τη μάθηση των εννοιών της φυσικής. Σε ένα

τέτοιο πάρκο μπορούν να τεθούν πρωτότυπα προβλήματα που συχνά ονομάζουμε "πραγματικά προβλήματα" ή "προβλήματα της καθημερινότητας". Μέσα σε αυτό το διασκεδαστικό μαθησιακό περιβάλλον ενός Λούνα Παρκ, οι μαθητές και οι μαθήτριες έρχονται αντιμέτωποι με ερωτήσεις που αφορούν τις φυσικές επιστήμες τις οποίες καταλαβαίνουν, έχουν νόημα για αυτούς και προκαλούν το ενδιαφέρον τους. Η φυσική σε ένα Λούνα Παρκ είναι ταυτόχρονα απλή, διασκεδαστική, πραγματική, πλούσια, αυθεντική, ενδιαφέρουσα. Το μάθημα σε ένα πάρκο διασκέδασης μπορεί να ευνοήσει την ομαδική δουλειά και τη συνεργασία, να ενθαρρύνει μεταγνωστικές δεξιότητες των παιδιών και να μεταβάλει τη στάση τους απέναντι στο μάθημα της φυσικής (Anderson & Nashon 2007, Nielsen, Nashon & Anderson 2009). Σίγουρα το τελευταίο πράγμα που έχουν στο μυαλό τους τα παιδιά όταν επισκέπτονται ένα τέτοιο πάρκο είναι η φυσική. Στην πραγματικότητα εκεί πηγαίνουν εκδρομή με το σχολείο "για να μη κάνουν μάθημα". Ακριβώς για αυτό το λόγο, είναι εξαιρετική η πρόκληση με ένα καλοσχεδιασμένο εκπαιδευτικό σενάριο να τους κάνουμε να αναγνωρίσουν τις φυσικές έννοιες σε ένα τέτοιο χώρο, χωρίς μόνο με μολύβι και χαρτί. Το να καταφέρουν οι μαθητές και οι μαθήτριες να συναντήσουν τη φυσική σε ένα τέτοιο ανορθόδοξο περιβάλλον, είναι ένα πρώτο βήμα για να μυηθούν στο να χρησιμοποιούν επιστημονικές ερμηνείες σε καταστάσεις εκτός του τυπικού σχολικού περιβάλλοντος. Τα παιδιά περνούν αρκετό χρόνο σε αυτά τα πάρκα. Μπορούμε λοιπόν να εκμεταλλευτούμε το πάθος τους για την… επιτάχυνση και εισβάλοντας στα χωράφια των ενδιαφερόντων τους να τους διδάξουμε πώς να την μετρήσουν. Πολύ συχνά παρατηρούμε ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες, ενώ έχουν κατανοήσει σε σημαντικό βαθμό κάποιες μεμονωμένες έννοιες φυσικής, δεν μπορούν να τις συνδυάσουν μεταξύ τους σε ένα ενιαίο πλαίσιο, ή ακόμα να δουν την ίδια έννοια σε διαφορετικές εφαρμογές. Το μαθησιακό περιβάλλον του Λούνα Παρκ προσφέρει αυτό το ενιαίο πλαίσιο για σύνθεση και εφαρμογή των εννοιών της φυσικής (Natale 1985) και κατά τη γνώμη μας αποτελεί τον πιο "συνεπτυγμένο" χώρο για να μιλήσουμε μέσα σε τόσο λίγο χρόνο για τόσες πολλές έννοιες της φυσικής και μάλιστα με ένα τρόπο που όχι μόνο δεν θα κουράσει αλλά θα ψυχαγωγήσει τους μαθητές και τις μαθήτριες. Φυσικά μια επίσκεψη σε ένα τέτοιο πάρκο απαιτεί πολύ καλή προετοιμασία, ενώ στη συνέχεια πρέπει να ακολουθεί συζήτηση, επεξεργασία και ανάλυση των δραστηριοτήτων (Pendrill 2008).

Δραστηριότητες φυσικής στο Λούνα Παρκ

Για τις δραστηριότητες που σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε στο Λούνα Παρκ χρησιμοποιήσαμε σύγχρονες συσκευές όπως επιταχυνσιόμετρα, κινητά τηλέφωνα ή το GPS (Shimmer 5 Hz, GPSports, Canberra, Australia), επιχειρώντας τον εκσυγχρονισμό ανάλογων εφαρμογών που στο παρελθόν χρησιμοποιούσαν χρονόμετρα χειρός, μοιρογνωμόνια, αυτοσχέδια επιταχυνσιόμετρα ή αστρολάβους. Τα δεδομένα περνάνε σε έναν Η/Υ και με τη βοήθεια ενός λογισμικού SPI Esy γίνεται η επεξεργασία τους (SPI Esy v. R1 2011, GPSports, Canberra, Australia). Τα πειράματα έχουν υλοποιηθεί κατά τις επισκέψεις μας στο πάρκο με τα σχολεία που εργαζόμαστε και έχουν εφαρμοστεί πιλοτικά με μαθητές και μαθήτριες 11-18 χρονών. Το πρώτο εξάμηνο του 2013 πραγματοποιείται μια δεύτερη εφαρμογή με μαθητές και μαθήτριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (δημοτικό – λύκειο). Τόσο στην πιλοτική όσο και στην τρέχουσα εφαρμογή τις συσκευές προηγμένης τεχνολογίας χειρίζονται οι εκπαιδευτικοί-διευκολυντές που συνοδεύουν τους μαθητές και τις μαθήτριες στις δραστηριότητες, αλλά θεωρούμε ότι δεν είναι μακριά η μέρα που κάθε κινητό θα εμπεριέχει όλες αυτές τις λειτουργίες. Με τη βοήθεια ενός Η/Υ και ενός προτζέκτορα μπορούμε να παρακολουθούμε άμεσα τις γραφικές παραστάσεις των φυσικών μεγεθών που αφορούν τις δραστηριότητες καθώς αυτές εξελίσσονται, ωστόσο μπορούμε να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα για να τα επεξεργαστούμε με τους μαθητές και τις μαθήτριες στο εργαστήριο της πληροφορικής. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι έννοιες και τα φαινόμενα που συναντάμε σε κάθε παιχνίδι, καθώς και οι τάξεις που αυτές μπορούν να εφαρμοστούν. Σε κάθε περίπτωση αναφέρεται η τάξη του λυκείου, του γυμνασίου αλλά και η αντίστοιχη τάξη του δημοτικού όπου ποιοτικά προσεγγίζονται κάποιες από τις έννοιες. Στη συνέχεια

παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που σχεδιάσαμε και πραγματοποιήσαμε στα διάφορα παιχνίδια.

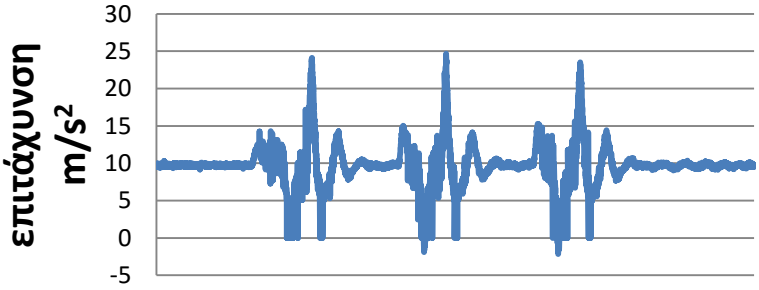
Πίνακας 1: Οι δραστηριότητες και οι έννοιες ανά τάξη

παιχνίδι	έννοιες/φαινόμενα	τάξη υλοποίησης
μύλος	ομαλή κυκλική κίνηση, περίοδος, γραμμική ταχύτητα, γωνιακή ταχύτητα, μοντέλο ατόμου	Ε΄ Δημοτικού Α΄ Λυκείου
πύργος	ελεύθερη πτώση, επιτάχυνση, βάρος, κάθετη αντίδραση	Ε΄ Δημοτικού Β΄ Γυμνασίου Α΄ Λυκείου
tagada	κεντρομόλος, φυγόκεντρος, δύναμη Coriolis	Β΄ Λυκείου
αλυσίδες	μέτρηση "g", κεντρομόλος, περίοδος	Β΄ Λυκείου
συγκρουόμενα	αδράνεια, Γ΄ νόμος του Νεύτωνα, κρούσεις, ηλεκτρικά κυκλώματα.	Ε΄, Στ΄ Δημοτικού Β΄, Γ΄ Γυμνασίου, Α΄, Β΄ Λυκείου.
τρενάκι	ταχύτητα, επιτάχυνση, κεντρομόλος, διατήρηση μηχανικής ενέργειας	Ε΄, Στ΄ Δημοτικού Β΄ Γυμνασίου, Α΄ , Β΄ Λυκείου
βάρκα	ταλάντωση, περίοδος ταλάντωσης, μέτρηση "g"	Γ΄ Γυμνασίου, Β΄ Λυκείου

Μύλος ή Ρόδα: Στον παραδοσιακό "μύλο" ή "ρόδα", μπορούμε να μελετήσουμε την ομαλή κυκλική κίνηση. Μπορούμε με το χρονόμετρο να μετρήσουμε την περίοδο περιστροφής της ρόδας, ενώ μπορούμε να μετρήσουμε ή να υπολογίσουμε την ακτίνα της. Η μέτρηση της ακτίνας μπορεί να πραγματοποιηθεί επίσης με μια απλή εφαρμογή κινητού τηλεφώνου, ή να βρεθεί με τη βοήθεια ενός GPS από τη διαφορά του ύψους της κορυφής από τη βάση. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τη γραμμική και τη γωνιακή ταχύτητα του μύλου. Μπορούμε επίσης να κάνουμε μια αναλογία με το μοντέλο του ατόμου: το κυκλικό μας καλάθι το οποίο περιστρέφουμε με το χαρακτηριστικό κυκλικό τιμόνι μοιάζει με το ηλεκτρόνιο που συμμετέχοντας σε δύο κινήσεις περιστρέφεται ταυτόχρονα γύρω από τον εαυτό του και γύρω από τον πυρήνα.

Πύργος: Πρόκειται για έναν κατακόρυφο σωλήνα 40 μέτρων πάνω στον οποίο ανεβοκατεβαίνει κανείς δεμένος σε ένα κάθισμα (εικόνα 1α). Ο Γαλιλαίος χρησιμοποίησε τον πύργο της Πίζας για να μελετήσει την πτώση των σωμάτων, εμείς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτόν τον πύργο για να μελετήσουμε τη δική μας πτώση. Το μοναδικό παράδειγμα μονοδιάστατης κίνησης στο πάρκο, μας προσφέρει ένα υπέροχο περιβάλλον μικροβαρύτητας. Με τη βοήθεια ενός επιταχυνσιόμετρου που στερεώνουμε πάνω στο μπράτσο της ασφάλειας μπορούμε να πάρουμε τιμές της επιτάχυνσης (εικόνα 1β). Καθώς ο σωλήνας επιταχύνει προς τα πάνω μας αναγκάζει να "καρφωθούμε" στο κάθισμά μας, αισθανόμενοι το "βάρος" μας να αυξάνεται. Φτάνοντας στην κορυφή και επιβραδύνοντας απότομα, αντιλαμβανόμαστε με αρκετά πειστικό τρόπο τη σημασία που έχει η ζώνη ασφαλείας στα αυτοκίνητα. Μια σύντομη παύση για να καταλάβουμε πόσο ψηλά είμαστε και ξαφνικά αρχίζει η μεγάλη κάθοδος. Για λίγα κλάσματα του δευτερολέπτου καταφέραμε να νοιώσουμε αβαρείς και να αισθανθούμε όπως οι αστροναύτες. Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τη στάση ή την πτώση, βλέπεις τους ανθρώπους να κουνάνε ανέμελα χέρια και πόδια με χαρακτηριστική ευκολία, αφού τα αισθάνονται αβαρή. Αντίθετα κατά την άνοδο το "βάρος" του χεριού είναι σημαντικά μεγαλύτερο και δυσκολεύεται κανείς ακόμα και να το σηκώσει. Στα χρονικά διαστήματα που η επιτάχυνση είναι $10 m/s^2$ είμαστε ακίνητοι πάνω στο σωλήνα, όταν πέφτουμε η επιτάχυνση μηδενίζεται, ενώ κατά την άνοδο γίνεται $25 m/s^2$ δηλαδή 2,5 g. Σε αυτή τη δραστηριότητα δίνεται στους μαθητές και τις μαθήτριες η δυνατότητα να "βιώσουν" τις

φυσικές έννοιες όπως αυτές της επιτάχυνσης ή της μικροβαρύτητας. Μάλιστα με έναν Η/Υ μπορούν να παρακολουθούνε σύγχρονα τις μεταβολές τις επιτάχυνσης.



Εικόνα 1 α και 1 β: Ο "πύργος" και οι μεταβολές της επιτάχυνσης με το χρόνο.

Tagada: Πρόκειται για ένα "ταψί" ακτίνας 4 μέτρων που περιστρέφεται οριζόντια, ή και με κλίση ενώ ταυτόχρονα αναπηδά. Εδώ δεν υπάρχουν ζώνες ασφαλείας αφού όταν ο τροχός αρχίσει να περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα περιστροφής η φυγόκεντρος αναγκάζει τη πλάτη σου να κολλήσει στην καρέκλα. Ωστόσο το "ταψί" εκτός από την περιστροφική κίνηση κάνει και το χαρακτηριστικό "τράνταγμα", κάνοντας μας να αισθανόμαστε ότι χάνουμε στιγμιαία το βάρος μας, ή πιο σωστά την κάθετη αντίδραση από την καρέκλα. Οι πιο τολμηροί σηκώνονται όρθιοι, μερικοί μάλιστα δε διστάζουν να χορέψουν κιόλας. Καθώς το "ταψί" περιστρέφεται, οι πιο θαρραλέοι από τους "χορευτές" προσπαθούν με αργά βήματα να πλησιάσουν στο κέντρο του δίσκου αφού ξέρουν από την εμπειρία τους ότι εκεί έχουν μικρότερη ταχύτητα. Ρίχνουν το σώμα τους προς τα μπροστά, σαν να θέλουν να πιάσουν με το χέρι τους το κέντρο του δίσκου, να υποτάξουν τη φυγόκεντρο. Κάποιοι, πραγματοποιούν ακόμα και επιτόπια άλματα, ωστόσο επιστρέφουν πάντα στο ίδιο σημείο από το οποίο απογειώνονται, αφού κατά την στιγμή της απογείωσής τους είχαν την ταχύτητα του δίσκου. Ένα ακόμα πείραμα που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε, αφορά τη δύναμη Coriolis. Όταν λοιπόν το ταψί περιστρέφεται αργά και αντίθετα με τους δείκτες του ρολογιού και πετάξουμε σε ένα συνεργάτη μας που κάθεται απέναντι, ένα κουτί χαρτομάντιλα, αυτά πηγαίνουν δεξιά του. Αν αλλάξει η φορά περιστροφής και το ταψί κινηθεί δεξιόστροφα, τα χαρτομάντιλα αποκλίνουν από την πορεία τους προς τα αριστερά.

Αλυσίδες: Ένας οριζόντιος τροχός που καθώς περιστρέφεται προκαλεί την απόκλιση των αλυσίδων από την κατακόρυφο. Όσο μεγαλώνει η ταχύτητα περιστροφής τόσο μεγαλώνει και η γωνία απόκλισης. Αυτή η γωνία μπορεί να μετρηθεί εύκολα με τη βοήθεια μιας βιντεοκάμερας και ενός προγράμματος όπως το kinovea που διατίθεται δωρεάν και είναι εύκολο στη χρήση του. Με το ίδιο πρόγραμμα (ή και με ένα απλό χρονόμετρο) μπορούμε λοιπόν να υπολογίσουμε την περίοδο περιστροφής μας και μετρώντας την ακτίνα να υπολογίσουμε την επιτάχυνση με τη βοήθεια της σχέσης

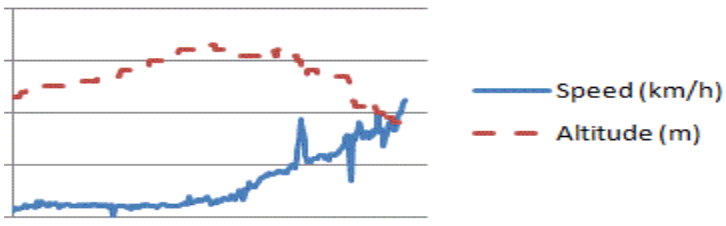
$$\varepsilon\varphi\varphi = 4\pi^2 R/gT^2.$$

Συγκρουόμενα: Αυτά τα αυτοκινητάκια που έχουν γκάζι αλλά όχι φρένο είναι ένα υπέροχο μέσο για έναν έφηβο να κάνει φιλίες, να βιώσει την έννοια της αδράνειας και να πειστεί για τη χρησιμότητα της ζώνης ασφαλείας. Για μας τους εκπαιδευτικούς μια αφορμή να μιλήσουμε για

τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, τις κρούσεις και τις μετατροπές της ενέργειας κατά τις κρούσεις. Η χαοτική κίνηση των τριάντα και πλέον οχημάτων μας δίνει την ευκαιρία να κάνουμε μια αναλογία με την κίνηση των μορίων ενός αερίου. Τα συγκρουόμενα κινούνται τυχαία προς κάθε κατεύθυνση, συγκρούονται μεταξύ τους, και με τα τοιχώματα της πίστας, αλλάζουν κατεύθυνση και συνεχίζουν την κίνηση τους μέχρι να σταματήσει η μουσική. Μας προσφέρεται επίσης η αφορμή να μιλήσουμε ακόμα και για ηλεκτρικά κυκλώματα. Σε μια εκδρομή με το σχολείο τους αφήνουμε να κάνουν 2-3 γύρους με τα αυτοκινητάκια και στο τέλος τους περιμένουμε με ένα φύλλο εργασίας με ερωτήσεις όπως:

- Σε ποια κρούση αισθάνθηκες μεγαλύτερη δύναμη; Πιστεύεις ότι αν πέσεις σε ένα ακίνητο όχημα θα του ασκήσεις μεγαλύτερη δύναμη από ότι αυτό εσένα;
- Όταν συγκρουστήκατε μετωπικά η κινητική σας ενέργεια χάθηκε; Πού πήγε;
- Αδράνεια: Μα γιατί φοράμε τη ζώνη; αφού δεν τρέχουμε και πολύ…
- Γιατί το αμαξάκι έχει γύρω – γύρω λάστιχο;
- Οι κρούσεις είναι ελαστικές ή ανελαστικές;
- Μα τι ηλεκτρικό κύκλωμα είναι αυτό; Που είναι τα καλώδια, η πηγή και ο διακόπτης;
- Τι ρεύμα χρησιμοποιείται; DC ή AC;
- Τα αυτοκίνητα συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα;
- Τι ρόλο παίζει το μεταλλικό δίχτυ;
- Αν σταθείς στο πάτωμα θα πάθεις ηλεκτροπληξία; Τι είναι η γείωση;

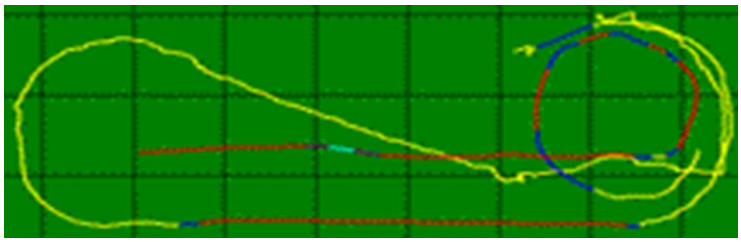
Το τραινάκι: Πραγματικά δεν υπάρχει στον κόσμο λούνα παρκ χωρίς ένα rollercoaster. Ο Αϊνστάιν χρησιμοποιούσε συχνά το παράδειγμα του rollercoaster (τραινάκι) και του ανελκυστήρα για να μιλήσει για τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ή τη θεωρία της σχετικότητας. Πιθανότατα να εμπνεύστηκε κάποιες από τις ιδέες του κάνοντας μια βόλτα με αυτά, αφού την εποχή που αυτά εμφανίστηκαν αυτός ήταν έφηβος. Εδώ ένα απλό μηχανικό σύστημα αναλαμβάνει να ανεβάσει το βαγόνι σε κάποιο ύψος και από κει και πέρα το αφήνει στην τύχη του, δηλαδή τη βαρύτητα, τη κεντρομόλο, τις στροφές, τις ανηφόρες, τις κατηφόρες, την τριβή, την αντίσταση του αέρα. Η επιτάχυνση, ίδια για παιδιά και μεγάλους, δεν είναι μεγάλη, ωστόσο λίγο οι επικλινείς στροφές με την κεντρομόλο, λίγο οι απότομες αλλαγές κατεύθυνσης, επιτάχυνσης και προσανατολισμού, σου προκαλούν την ανάγκη να τσιρίξεις. Με ένα GPS και ένα επιταχυνσιόμετρο που τοποθετούμε πάνω στο βαγόνι μπορούμε να καταγράψουμε τη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση που έχει το τραινάκι. Το GPS μάλιστα μας δίνει με καλή ακρίβεια το μέγιστο ύψος που βρέθηκε το τραινάκι και την ταχύτητα του (εικόνα 2) οπότε το πρόβλημα προκύπτει αυθόρμητα: "Τι ποσοστό μηχανικής ενέργειας χάνει το τρενάκι κατά την κάθοδό του στην μεγάλη κατηφόρα;".



Εικόνα 2: Η μεταβολή της ταχύτητας με το ύψος, για ένα τμήμα της διαδρομής.

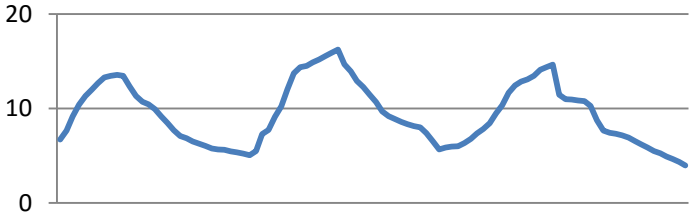
Ένα τέτοιο διάγραμμα (παρά τον "θόρυβο" στις μετρήσεις) σε συνδυασμό με την τροχιά του οχήματος όπως καταγράφεται από το GPS (εικόνα 3) μπορεί να μας θυμίσει την περιπέτεια μας στο τρενάκι: "ανεβήκαμε με σταθερή και πολύ μικρή ταχύτητα στην κορυφή του λόφου και

μετά κατεβήκαμε την κατηφόρα, στη βάση της οποίας αποκτήσαμε τη μέγιστη μας ταχύτητα". Μπορούμε να δούμε ότι στο ελάχιστο του ύψους έχουμε τη μέγιστη ταχύτητα.



Εικόνα 3: Η διαδρομή όπως καταγράφεται από το GPS

Βάρκα: Μια βάρκα που πραγματοποιεί ταλάντωση μας προσφέρει μια αναλογία με το εκκρεμές: Η βάρκα είναι η μάζα, ο βραχίονας είναι το "νήμα", οπότε αν μετρήσουμε την περίοδο ταλάντωσης της και με γνωστό το μήκος του βραχίονα μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας g. Ερωτήσεις όπως: "σε ποιο σημείο αισθάνθηκες ότι είχες τη μέγιστη ταχύτητα, πότε επιτάχυνες, πότε επιβράδυνες και τέλος αν αισθάνθηκες σε κάποιο σημείο αβαρής", ωθούν τα παιδιά να μελετήσουν το φαινόμενο "εκ των έσω" χρησιμοποιώντας σαν πειραματικό όργανο το ίδιο τους το σώμα. Το διάγραμμα της εικόνας 4 μας δείχνει την ταλάντωση της βάρκας όπως αυτή καταγράφεται με τη βοήθεια ενός GPS.



Εικόνα 4: Ένα τμήμα της ταλάντωσης της βάρκας όπως καταγράφεται από το GPS (ο κάθετος άξονας είναι η απομάκρυνση του άκρου της βάρκας από το έδαφος)

Αποτελέσματα και συζήτηση

Η διδασκαλία σε τέτοια εναλλακτικά ή άτυπα μαθησιακά περιβάλλοντα μπορεί πραγματικά να προκαλέσει το ενδιαφέρον και να κινητοποιήσει τους μαθητές και τις μαθήτριες, ενώ ευνοεί ισόρροπα την επίτευξη όχι μόνο γνωστικών, αλλά μεταγνωστικών και συναισθηματικών στόχων. Επίσης ένα τέτοιο περιβάλλον εγγυάται την ισότιμη συμμετοχή όλων των μελών της ομάδας και αποτρέπει περιπτώσεις αντιγραφής αφού τα αποτελέσματα κάθε δραστηριότητας ή βιωματικού πειράματος είναι μοναδικά (αν χρησιμοποιούμε κάποιο ηλεκτρονικό μέσο καταγράφονται και σε ηλεκτρονική μορφή). Άλλωστε τα περισσότερα ερωτήματα που τίθενται δεν είναι απλά της μορφής «υπολόγισε», «μέτρησε» κλπ. αλλά και «πως αισθάνθηκες;», «τι νομίζεις;», «σε ποιο σημείο φοβήθηκες πιο πολύ;» που αφορούν αποκλειστικά τις εντυπώσεις, τα βιώματα και τα συναισθήματα των ερωτώμενων. Πέρα από τις δραστηριότητες στα παιχνίδια του Λούνα Παρκ που ήδη περιγράψαμε, τα παιδιά μπορούν να πραγματοποιήσουν μικρές έρευνες σε «πραγματικά ερευνητικά προβλήματα» όπως: πόσα ποπ κορν θα φαγωθούν σήμερα, ή πόσα λίτρα πορτοκαλάδας θα πιουν οι επισκέπτες. Τα παιδιά πρέπει να δράσουν ομαδικά, να αντλήσουν πληροφορίες από τις πύλες εισόδου, από τα εστιατόρια, να κάνουν έρευνα, παρατήρηση, στατιστική, εκτιμήσεις, προβλέψεις. Σε ένα τέτοιο άτυπο μαθησιακό περιβάλλον όλοι οι μαθητές και οι μαθήτριες είναι εξαρχής ίσοι και έχουν τις ίδιες πιθανότητες συμμετοχής και διάκρισης, όχι μόνο οι "καλοί" που γνωρίζουν τους τύπους και τους ορισμούς. Ακόμα και αυτοί που το μάθημα τούς είναι αδιάφορο, ή αντιμετωπίζουν κάποιες γνωστικές ή γλωσσικές αδυναμίες. Ακόμα και αυτοί που η παραδοσιακή διδασκαλία τους έχει καταστήσει αδρανείς και "παραμελημένους" αφού δίνει έμφαση στην απόκτηση μόνο γνωστικών

ικανοτήτων και περιφρονεί κιναισθητικές, κοινωνικές και άλλες δεξιότητες. Αυτοί που ο μαθηματικός φορμαλισμός και η συχνά αυστηρή γλώσσα της φυσικής τους εμποδίζει να εμβαθύνουν στις φυσικές έννοιες ή αντίθετα να κατανοήσουν την απλότητα των εννοιών. Ίσως έτσι μπορέσουμε επιτέλους να απαντήσουμε στο δίκαιο, όσο και δύσκολο τους ερώτημα: «μα γιατί τα μαθαίνουμε όλα αυτά, που θα μας χρειαστούν;» Μετασχηματίζοντας τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε πραγματικά περιβάλλοντα όπως αυτό του Λούνα Πάρκ δημιουργείται το υπόβαθρο για τους μαθητές και τις μαθήτριες να συνδέσουν τη γνώση από το χώρο της φυσικής με εμπειρίες από την πραγματικότητά τους. Τα παιδιά πραγματικά εστιάζουν την προσοχή τους στο φαινόμενο-παιχνίδι που «μελετούν». Συμβαίνει το διδακτικό παράδοξο σε ένα φαινομενικά χαοτικό περιβάλλον να έχουμε εστιασμένη και ουσιαστική μάθηση. Απαιτείται φυσικά πολύ καλή προετοιμασία από τον εκπαιδευτικό, σχεδιασμός φύλλων εργασίας, όπως και ο κατάλληλος συντονισμός. Δεν είναι άλλωστε απαραίτητο να γίνουν όλες οι δραστηριότητες από όλα τα παιδιά. Κάθε ομάδα ανάλογα με την ηλικία και την τάξη των παιδιών (και το περιεχόμενο φυσικής που αντιστοιχεί σε αυτήν την τάξη) πραγματοποιεί εκείνες από τις επτά προτεινόμενες δραστηριότητες που ταιριάζουν.

Ποιος θα μας το έλεγε πριν από λίγα χρόνια ότι όλες αυτές οι πολύπλοκες και συχνά δαπανηρές διατάξεις, αισθητήρες, data loggers, (πόσοι άραγε τα χρησιμοποιήσαμε στα σχολεία μας;) θα αντικατασταθούν από ένα κινητό τηλέφωνο που θα μετρά με μεγάλη ακρίβεια χρόνο, μήκος, ταχύτητα, επιτάχυνση, απόσταση, ατμοσφαιρική πίεση, γωνία, ένταση του ήχου. Τα πειραματικά δεδομένα προβάλλονται άμεσα στην οθόνη του κινητού και οι μαθητές και οι μαθήτριες αντιλαμβάνονται άμεσα τη μεταβολή των φυσικών μεγεθών. Μπορούμε εύκολα να οδηγηθούμε σε γραφικές παραστάσεις των μεγεθών, να αναλύσουμε τα βίντεο, να συνεχίσουμε την εργασία στο σπίτι, να μεταφέρουμε τα πειραματικά μας δεδομένα, να τα αποθηκεύσουμε, να τα κοινοποιήσουμε. Όλα αυτά δωρεάν και χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία στην εκμάθησή τους. Τα εκλεπτυσμένα πειραματικά όργανα δεν είναι πλέον προνόμιο μόνο των λίγων και "μυημένων", αλλά ανήκουν σε κάθε πολίτη που έχει τον τρόπο να δει τη φυσική στην καθημερινότητά του. Έτσι π.χ. μπορούμε να μετράμε την επιτάχυνση ή τη μέγιστη ταχύτητα όταν τρέχουμε και χρησιμοποιώντας επιστημονικές ερμηνείες να αντιμετωπίζουμε φυσικά φαινόμενα και καταστάσεις της καθημερινότητάς μας. Είναι πολύ πιθανό κάποια μέρα να ακούσουμε σε ένα Λούνα Παρκ το καθηγητή φυσικής να λέει: «Βγάλτε τα κινητά σας τηλέφωνα να γράψετε διαγώνισμα».

Η ανάμειξη και η σύγκριση απλών και εξελιγμένων πειραμάτων και οργάνων καθώς και η ενεργή συμμετοχή του ανθρώπινου σώματος στις δραστηριότητες που περιγράψαμε, μας επιτρέπει να συζητήσουμε με τους μαθητές και τις μαθήτριες για τη φύση των φυσικών επιστημών και συγκεκριμένα μια σειρά από θέματα που αφορούν τη φύση των μεθοδολογιών των φυσικών επιστημών. Τα λάθη κατά τις μετρήσεις και τα σφάλματα που τα παιδιά διαπιστώνουν γίνονται αφορμή για να συζητήσουμε για τη φύση των μετρήσεων και των σφαλμάτων. Οι πληροφορίες που παίρνουμε με τις αισθήσεις μας και με την προέκταση των αισθήσεων αυτών με τη χρήση κατάλληλων συσκευών οδηγούν σε μια επανεκτίμηση του ρόλου της αισθητηριακής αντίληψης στη συλλογή δεδομένων. Οι διαφορετικοί τρόποι, μέθοδοι και τεχνικές που χρησιμοποιούμε για να κάνουμε τις μετρήσεις μας στο Λούνα Πάρκ σε συνδυασμό με τα διαφορετικά όργανα μέτρησης (από το σώμα μέχρι το GPS) αποτελούν μια ποιοτική συγκριτική μελέτη των διαφορετικών μεθοδολογιών της επιστημονικής έρευνας. Η πρόκληση του ενδιαφέροντος, η σύνδεση με την καθημερινότητα, η αναγνώριση της σημασίας της φυσικής στην ερμηνεία του "πραγματικού κόσμου" γύρω μας ενισχύει τις θετικές στάσεις και αξίες των μαθητών και μαθητριών για το χώρο των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Τέλος, στη διάρκεια της εφαρμογής μας εντυπωσίασε το ενδιαφέρον που έδειξε το προσωπικό του Λούνα Παρκ, όπως και η προθυμία όλων να μας βοηθήσουν, όταν μας έβλεπαν να συνδέουμε τα επιταχυνσιόμετρα στα μηχανήματα, ή να κουβαλάμε το λάπτοπ πάνω σε αυτά. Οι εργαζόμενοι ήθελαν να μάθουν τι ακριβώς κάνουμε και ποια είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά του παιχνιδιού στο οποίο αυτοί δουλεύουν όλη μέρα εδώ και χρόνια. Αυτός δεν είναι ο γραμματισμός στις φυσικές επιστήμες που σήμερα επιδιώκουμε;

Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για τη φυσική; Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΔΙΦΕ, 30- 39.

Κουμαράς, Π. & Κεραμιδάς, Κ. (2008). Η παιδική χαρά ως εργαστήριο Φυσικής. Η διδασκαλία της επιταχυνόμενης κίνησης στο Λύκειο. Πρακτικά του 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ), 366-374.

Σέρογλου, Φ. (2006). Φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη. Εκδόσεις Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη.

Anderson, D. & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. Science Education, 91, 298–320.

Bagee, S. & Pendrill, A. M. (2002). Classical physics experiments in the amusement park. Physics Education, 37, 507–11.

Escobar, C. (1990). Amusement park physics. Physics Teacher, 28, 446–53.

Logan, M. & Skamp, K. (2008). Engaging Students in Science Across the Primary Secondary Interface: Listening to the Students' Voice. Research in science education, 38, 501–527.

McGehee, J. (1988). Physics students' day at Six Flags/Magic Mountain. Physics Teacher, 26, 12–17.

Moll, R.F. (2010). An amusement park physics competition. Physics Education, 45, 362-367.

Natale, K. (1985). Final exam in an amusement park. Physics Teacher, 23, 228.

Nielsen, W. S., Nashon, S. & Anderson, D. (2009). Metacognitive engagement during field trip experiences: a case study of students in an amusement park physics program. Journal of Research in Science Teaching, 46, 265–288.

OECD, (2007). PISA 2006 science competencies for tomorrow's world volume 1: Analysis. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

Osborne, J. & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus-group study. International Journal of Science Education, 23, 441 – 467.

Pendrill, A. M. (2008). Acceleration in one, two and three dimensions in launched roller coasters. Physics Education, 43, 483–491.

Roeder, J. L. (1975). Physics and the amusement park. Physics Teacher, 13, 327–332.

Seroglou, F. & Aduriz-Bravo, A. (2007). 'Designing and Evaluating Nature - of - Science Activities for Teacher Education, paper presented at the 9th International History, Philosophy and Science Teaching Conference, June 24-28, 2007, Calgary, Canada.

Seroglou, F., Koulountzos, K. & Siatras, A. (2011). Editorial introduction: Changing the image of science. In Seroglou, F., Koulountzos, V. & Siatras, A. (Eds.), Science and culture: Promise, challenge and demand - Proceedings of the 11th International IHPST and 6th Greek History, Philosophy and Science Teaching Joint Conference, 1-5 July 2011.Thessaloniki, Greece: Epikentro Publications, pp. 16-17.

Speers, R. (1992). Perspectives on the world's tallest roller coaster. Physics Teacher, 30, 217-218.

Taylor, G., Page, J., Bentley, M. & Lossner, D. (1984). A physics laboratory at Six Flags Over Georgia. Physics Teacher, 22, 361–367.

Διδακτική της Φυσικής και Διδακτική της Λογοτεχνίας σε συνέργεια: Διδασκαλία Οπτικής στην Ε΄ Δημοτικού.

Κουτσιούκης Γιώργος, Κόλλιας Βασίλης
4ο Δημοτικό Σχολείο Αλεξάνδρειας, geolefkou@gmail.com
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, vkollias@uth.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφουμε και αξιολογούμε μια διδακτική παρέμβαση που συνδύασε αρχές από τη Διδακτική της Φυσικής με αρχές από τη Διδακτική της Λογοτεχνίας προκειμένου να διδαχθεί η Οπτική στην Ε΄ Δημοτικού. Αναφερόμαστε στις ιδιαίτερες δυνατότητες συνέργειας που παρουσιάζονται και περιγράφουμε την ιστορία που δημιουργήσαμε και την πορεία των τεσσάρων μαθημάτων που υλοποιήθηκαν. Διαπιστώσαμε σημαντικές διαφορές στην κατανόηση των μαθητών αναφορικά με τις φωτεινές πηγές, τη διάδοση του φωτός και την κατανόηση των μαθητών για το πώς βλέπουμε. Διαπιστώσαμε επίσης ισχυρή αρχική και τελική κινητοποίηση των μαθητών αναφορικά με τη συμμετοχή τους σε τέτοια υβριδικά περιβάλλοντα μάθησης. Τέλος, διαπιστώσαμε ενδιαφέρουσες μεταβολές σε αφηγήσεις των μαθητών που εμπλέκουν την έννοια της ακτίνας φωτός στην εξήγηση καθημερινών φαινομένων. Τα παραπάνω αποτελούν ενδείξεις της σημασίας που μπορεί να έχει η προσέγγιση Διδακτικής της Φυσικής και της Διδακτικής της Λογοτεχνίας.

Abstract

In this article we describe and assess a design that combined principles from the Didactics of Science with the Didactics of Literature for the construction of a learning environment for optics in the Fifth grade. We present the opportunities for synergy and we describe the construction of the story we used and the plan of the four lessons that were implemented. Our assessment showed significant gains in the understanding of light sources, the transmission of light, the way we see. Student motivation for participating in an environment that combines Physics with Literature was strong both at the beginning and at the end of the intervention. We also report interesting changes in the stories that students make using a light ray as a hero before and after the intervention in order to explain everyday phenomena. We think that the above results are indications of a possible fruitful collaboration between the Didactics of Literature and the Didactics of Physics.

Εισαγωγή

Διδακτική της Λογοτεχνίας και Διδακτική της Φυσικής

Στο άρθρο αυτό περιγράφουμε την υλοποίηση ενός διδακτικού σχεδιασμού που εστιάστηκε παράλληλα στη διδακτική της Φυσικής και στη διδακτική της Λογοτεχνίας (με έμφαση στην πρώτη) στην Ε΄ Δημοτικού. Προκειμένου να το επιτύχουμε βασιστήκαμε σε κοινές στρατηγικές και επιδιώξεις που εμφανίζονται στις δυο αυτές διδακτικές.

Δεν είναι λίγοι αυτοί που υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία της φυσικής μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματική μέσα από τη χρήση λογοτεχνικών βιβλίων διότι μέσω της λογοτεχνίας (και των ερωτηματικών που δημιουργεί στα παιδιά) είναι δυνατό να ενεργοποιηθεί ένα μεγάλο εύρος γνωστικών περιοχών (Γιαννικοπούλου 2005). Έτσι ο συνδυασμός της Διδακτικής της Φυσικής με τη Λογοτεχνία έχει ήδη προσεγγιστεί στη χώρα μας με ενδιαφέρουσες εργασίες (Χαλκιά & Σκορδούλης 2004, Γιαννικοπούλου 2005). Η παρούσα εργασία διαφοροποιείται από τις προηγούμενες επειδή α) σε αντίθεση με αυτές, προσωποποιεί στοχευόμενες έννοιες (την έννοια της ακτίνας φωτός συγκεκριμένα) β) υλοποιήθηκε στο σχολείο και αξιολογήθηκε γ) η υλοποίηση στηρίχτηκε όχι μόνο σε αρχές Διδασκαλίας της Φυσικής αλλά και σε αρχές από τη Διδασκαλία της Λογοτεχνίας.

Εστιάζοντας στις αντίστοιχες διδακτικές και επιλέγοντας την προσέγγιση του κοινωνικού εποικοδομητισμού από την πλευρά της Διδακτικής της Φυσικής και τη συναλλακτική θεωρία της Rosenblatt (Καλογήρου & Βησσαράκη 2005) από τη σκοπιά της Διδακτικής της Λογοτεχνίας

διαπιστώνουμε την παρουσία κοινών στρατηγικών που επιτρέπουν συνέργεια ανάμεσα στις δυο διδακτικές:

- Την έκφραση των βιωμάτων, των ιδεών, των εμπειριών των ίδιων των παιδιών. Αυτή είναι μια προφανής στρατηγική για την περίπτωση της Διδακτικής της Λογοτεχνίας όπου η σύνδεση με τον προσωπικό κόσμο των παιδιών έχει κεντρική θέση. Το ίδιο όμως επιδιώκουμε και στη Διδακτική της Φυσικής μέσα από την ανίχνευση των αρχικών ιδεών των παιδιών και την ανάσυρση σχετικών βιωμάτων. Η στρατηγική αυτή ταιριάζει στα δυο αρχικά στάδια της συναλλακτικής θεωρίας: Προετοιμασία περιβάλλοντος και Αρχική ανταπόκριση
- Την επεξεργασία των βιωμάτων, ιδεών, εμπειριών των παιδιών σε συνάρτηση με ένα κείμενο ή συνοδευτικές δράσεις. Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στην τρίτη φάση της συναλλακτικής θεωρίας, την Τελειοποίηση της ανταπόκρισης, όπου οι μαθητές νοηματοδοτούν το κείμενο με το δικό τους τρόπο και ανάλογα με τις προηγούμενες εμπειρίες τους αποκτώντας έτσι μια ιδιαίτερη σχέση μαζί του. Κεντρική θέση κατέχει η ομαδική εργασία και το μοίρασμα των επιμέρους ανταποκρίσεων των μαθητών. Όμοια στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών βλέπουμε τη μάθηση ως διαδικασία προσωπικής οικοδόμησης νοήματος που εξαρτάται (μεταξύ άλλων) από την προϋπάρχουσα γνώση και τις εμπειρίες των μαθητών. Η ομαδική εργασία με τις εξηγήσεις-ερμηνείες των μαθητών έχει επίσης κεντρική θέση. Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών δίνουμε μεγάλη έμφαση στον πλουτισμό εδώ-και-τώρα των βιωμάτων με παρατηρήσεις και των πειραμάτων, όμως στο πλαίσιο συνεργατικής εργασίας και ανταλλαγής βιωμάτων το «εδώ και τώρα» είναι επίσης πολύ σημαντικό και για τη Διδακτική της Λογοτεχνίας.
- Τη δημιουργία τεχνημάτων διακριτών από το αρχικό κείμενο που εκφράζουν μια περαιτέρω ανταπόκριση στο κείμενο. Η στρατηγική αυτή αντιστοιχεί στην τέταρτη φάση της συναλλακτικής θεωρίας, την Έκφραση της ανταπόκρισης. Μπορούμε να βρούμε αναλογίες σε αυτή τη φάση σε αντίστοιχα τελικά έργα στη Διδακτική της Φυσικής αλλά ακόμα και στην ενθάρρυνση των μαθητών να ερμηνεύσουν συγγενή φαινόμενα με παρόμοιους τρόπους.

Αν και κατανοούμε ότι υπάρχουν και προβλήματα σχετικά με το συνδυασμό των δυο διδακτικών όπως οι πεποιθήσεις των μαθητών ότι η επιστήμη είναι αντικειμενική και επομένως πολύ διαφορετική από την «υποκειμενική» λογοτεχνία, η τεχνική ορολογία των επιστημονικών κειμένων σε αντιδιαστολή με τη λεξιπλαστική άνεση της λογοτεχνίας, ο προβληματισμός για τη χρήση λογοτεχνικών κειμένων πέρα από τους σκοπούς για τους οποίους δημιουργήθηκαν, η μίξη του κόσμου της φαντασίας με τον κόσμο της πραγματικότητας, αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε μια παρέμβαση που να συνδυάζει τις δυο διδακτικές και να την αξιολογήσουμε.

Με βάση τις παραπάνω θεωρητικές αρχές αποφασίσαμε τη διδακτική σύνδεση της λογοτεχνίας με τη φυσική με παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού και διδακτική παρέμβαση στην περίπτωση της διδασκαλίας εννοιών του φωτός στην Ε΄ Δημοτικού. Η ενότητα «Φως» επιλέχτηκε αφενός γιατί δεν είχε ακόμη διδαχθεί κατά την ημερομηνία διεξαγωγής της παρούσας έρευνας και αφετέρου διότι έρευνες έχουν δείξει ότι οι ιδέες που έχουν τα παιδιά της ηλικίας αυτής για το φως και τις ιδιότητές του δεν είναι ξεκαθαρισμένες (Driver et al. 2000, Κόκκοτας 2002).

Στόχοι της έρευνας

Μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις ιδέες των παιδιών (ηλικίας 7-15) για το φως και συσχέτιση με το αναλυτικό πρόγραμμα της Ε΄ δημοτικού εστιάσαμε στις παρακάτω δυσκολίες των μαθητών αναφορικά με την κατανόηση του φωτός και των σχετικών με αυτό φαινομένων:

Φωτεινές Πηγές: Οι μαθητές αναγνωρίζουν μόνο τις πιο γνωστές φωτεινές πηγές, θεωρούν το φεγγάρι φωτεινή πηγή, θεωρούν φωτεινές πηγές σώματα που ανακλούν έντονα φως (Osborne et al 1993)

Η διάδοση του φωτός: Αρκετοί μαθητές θεωρούν ότι το φως δεν κινείται στο χώρο. Επίσης, όταν αναγνωρίζουν κίνηση στο φως, συχνά δεν γνωρίζουν ότι το φως κινείται ευθύγραμμα. Θεωρούν ότι το φως από μια περιοχή της πηγής πάει προς μια κατεύθυνση μόνο, δεν ταξιδεύει μακριά από αδύναμες φωτεινές πηγές και ταξιδεύει περισσότερο τη νύχτα και μέχρι να συναντήσει ένα εμπόδιο. (Selley 1996)

Μοντέλα ιδεών των παιδιών για τον τρόπο που βλέπουμε: Υπάρχει ποικιλία μοντέλων πέραν του επιστημονικού α) του «λουτρού φωτός», β) του «ενεργού ματιού», γ) της «υποκινούμενης εκπομπής» (η πηγή στέλνει φώς στο μάτι και αυτό στο αντικείμενο), δ) του «διπλού φωτισμού» (του ματιού και του αντικειμένου από την πηγή), ε) της «σύγχρονης εκπομπής» (από το μάτι και από την πηγή) , στ) της «εκπομπής με ανάκλαση» (η πηγή στέλνει φως στο μάτι, το μάτι στο αντικείμενο όπου ανακλάται και ξαναγυρίζει στο μάτι, ζ) το «δευτερεύον μοντέλο υποδοχής εκπομπής» (η πηγή στέλνει φως στο αντικείμενο, το αντικείμενο στο μάτι όπου ανακλάται και ξαναγυρίζει στο αντικείμενο (Osborne et al 1993, Selley 1996, Τέκος & Σολομωνίδου 2008)

Στην παρούσα έρευνα:

Α) Αξιολογήσαμε την αποτελεσματικότητα του περιβάλλοντος μάθησης που υλοποιήσαμε ως προς τους παραπάνω άξονες και τη συγκρίναμε με την αποτελεσματικότητα ενός πιο συνήθους περιβάλλοντος μάθησης για την αντίστοιχη περιοχή γνώσης

Β) Καταγράψαμε αλλαγές στις αφηγηματικές πρακτικές των παιδιών

Γ) Ελέγξαμε αλλαγές στην κινητοποίηση των μαθητών αναφορικά με την πιθανή συμμετοχή τους στο μέλλον σε παρόμοια περιβάλλοντα που συνδυάζουν Φυσική και Λογοτεχνία

Μεθοδολογία της Έρευνας

Καταρχήν διαμορφώσαμε μια ιστορία με ήρωα μια ακτίνα φωτός που ξεκινά από την Ήλιο, φτάνει στη Γη και στη συνέχεια, περνώντας από διάφορες περιπέτειες, καταλήγει στον κορμό ενός δένδρου. Η ιστορία αυτή είναι σε κάποιο βαθμό επηρεασμένη από το βιβλίο της Βούλας Μάστορη: «Ηλεκτρισμός: Αστραπή ή Κεραυνός» (Μάστορη 1999). Η ιστορία με την ακτίνα είναι εγκιβωτισμένη σε μια δεύτερη αφήγηση, η οποία αναφέρεται σε μια τυφλή μαθήτρια που συμμετέχει σε ένα μάθημα για το φως στο σχολείο. Στο δάσκαλό της αρέσουν οι αφηγήσεις και διηγείται σταδιακά στην τάξη την πρώτη ιστορία (με την ακτίνα) ενώ παράλληλα ο αναγνώστης παρακολουθεί και τις σκέψεις και αντιδράσεις της ανθρώπινης ηρωίδας. Όσον αφορά στην πρώτη ιστορία μέσα από το μοτίβο της περιπλάνησης της ακτίνας στον κόσμο εξυπηρετείται και η ευαισθητοποίηση των παιδιών-αναγνωστών και ο προβληματισμός τους σχετικά με ζητήματα προσωπικά και κοινωνικά, όπως των διακρίσεων, των διαπροσωπικών σχέσεων, των συναισθηματικών και νοητικών ανταποκρίσεων στις αλλαγές της ζωής. Τα ζητήματα αυτά βρίσκουν απηχήσεις στη ζωή της ανθρώπινης ηρωίδας με στόχο τελικά να δοθούν εναύσματα για πλούσια ανταπόκριση στους ίδιους τους μαθητές

Η διδασκαλία με τη χρήση του εκπαιδευτικού αυτού υλικού πραγματοποιήθηκε σε ένα τμήμα 19 μαθητών της Ε΄ τάξης ενός Δημοτικού σχολείου που αποτέλεσαν την Πειραματική Ομάδα (Π.Ο.). Επίσης, άλλοι 19 μαθητές ενός δεύτερου τμήματος της ίδιας τάξης έλαβαν μέρος σε παραδοσιακή διδασκαλία των σχετικών θεμάτων αποτελώντας την Ομάδα Ελέγχου (Ο.Ε.).

Η διδακτική παρέμβαση στην Π.Ο. περιελάμβανε 4 δίωρες διδασκαλίες. Κατά την 1η, 2η και 3η διδασκαλία το μάθημα ξεκινούσε με ανάγνωση και επεξεργασία ενός μέρους της ιστορίας (ως λογοτεχνικού κειμένου). Ακολουθούσε συζήτηση και διαπραγμάτευση (με πείραμα επίδειξης ή με παράλληλη μετωπική διδασκαλία) σχετικών εννοιών της φυσικής και ομαδική εργασία με χρήση φύλλων εργασίας. Οι δράσεις αυτές θα μπορούσαν να θεωρηθούν μέρος της τρίτης φάσης της συναλλακτικής προσέγγισης αφού οι δραστηριότητες ήταν ταυτόχρονα εμβάθυνση στις συμπεριφορές της ηρωίδας (αχτίδα φωτός) που αναφέρονταν στην ιστορία. Το μάθημα έκλεινε με τη δραστηριότητα «ρόλος στον τοίχο», όπου οι μαθητές κολλούσαν σε ένα κανσόν χαρτί στερεωμένο στον τοίχο (που είχε μια εικόνα της αχτιδας-ηρωίδας) τι έμαθαν, τι άλλο ήθελαν να μάθουν, τι απορίες είχαν. Στην 4η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε ανάλυση των δομικών στοιχείων της ιστορίας και τα παιδιά δημιούργησαν τη δική τους ιστορία: «Η ιστορία

της Λαμπογέννητης». Το κομμάτι αυτό αντιστοιχεί στην τέταρτη φάση της συναλλακτικής προσέγγισης.

Όσο αφορά στα εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν:

- Αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο γνώσεων. Περιελάμβανε 8 ερωτήσεις ανοιχτού ως επί το πλείστον τύπου. Το αρχικό ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση των αρχικών ιδεών των παιδιών και των δύο ομάδων. Το τελικό χρησιμοποιήθηκε για την εξέταση των ιδεών των παιδιών μετά την εφαρμογή των παρεμβάσεων στις δύο ομάδες, της καινοτόμου στην Π.Ο και της παραδοσιακής στην Ο.Ε. Μια ερώτηση, η ερώτηση 6 ζητούσε από τα παιδιά να συνθέσουν κομμάτια μιας ιστορίας που αφορούσε στην πορεία μιας ακτίνας δίνοντάς μας τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε αλλαγές στις αφηγήσεις των παιδιών. Οι απαντήσεις των παιδιών κατηγοριοποιήθηκαν και βαθμολογήθηκαν όπως εξηγείται παρακάτω.
- Αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο κινητοποίησης. Χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση τεσσάρων ψυχολογικών παραμέτρων που αφορούν στην κινητοποίηση (ενδιαφέρον, άγχος, πρόκληση και πιθανότητα επιτυχίας) αναφορικά με το συνδυασμό Φυσικής και Λογοτεχνίας, τόσο κατά την έναρξη όσο και κατά τη λήξη της καινοτόμου παρέμβασης στην Π.Ο. Οι απαντήσεις δίνονταν σε επταβάθμια κλίμακα Lickert και ελέγχθηκε η αξιοπιστία κάθε παραμέτρου με τον δείκτη «Cronbach alpha».

Η στατιστική επεξεργασία έγινε με χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (έκδοση 16.0)

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μέρος μόνο της σχετικής συνολικής έρευνας που ήταν τμήμα της διπλωματικής εργασίας ενός εκ των συγγραφέων (Κουτσιούκης 2011). Στην πλήρη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν συνεντεύξεις των παιδιών και μιας δασκάλας-παρατηρήτριας, τα σχόλια των παιδιών στη δραστηριότητα «Ρόλος στον τοίχο», σημειώσεις που πάρθηκαν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

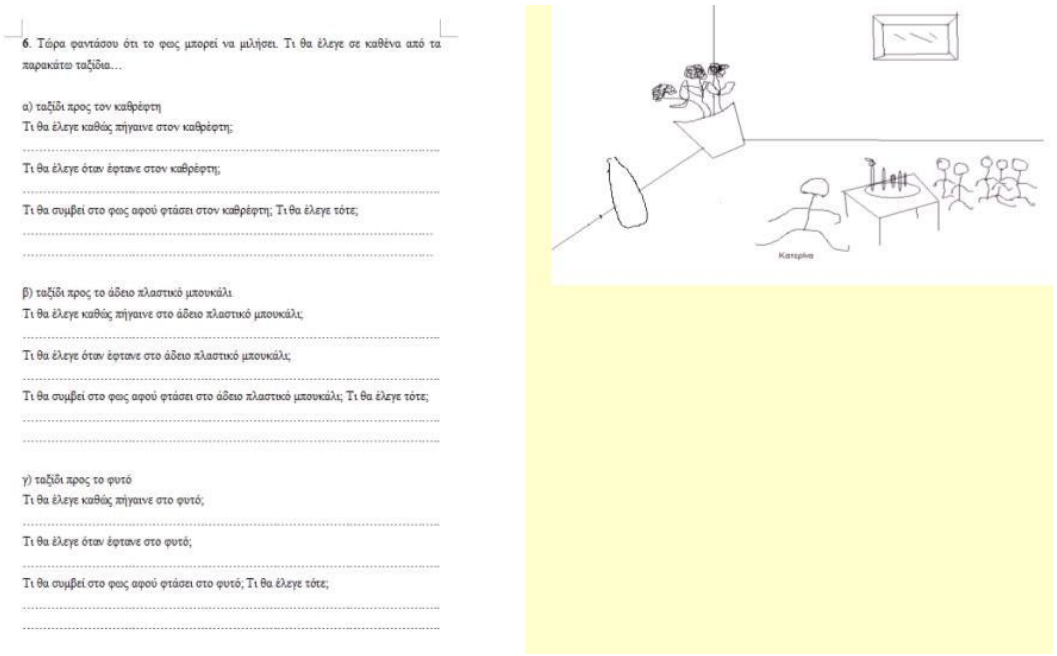
Αποτελέσματα και Συζήτηση

Σύγκριση απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση που αφορούν στη λογοτεχνία

Αναλύουμε τις απαντήσεις των παιδιών στην ερώτηση 6 (Εικόνα 1) ως προς δυο άξονες:

Ως προς την αφηγηματική τεχνική: Πριν την παρέμβαση τα παιδιά και των δυο ομάδων χρησιμοποιούν διάλογο με το αντικείμενο και σε κάποιο βαθμό αφήγηση 3^{ου} προσώπου ενώ η ακτίνα συχνά παρουσιάζεται ως ο ήρωας που ελέγχει την πορεία των πραγμάτων. Μετά την καινοτόμο διδασκαλία στην Π.Ο, είναι έντονος ο ετεροκαθορισμός της πορείας της ακτίνας. Αυτός γίνεται αισθητός μέσα από την ένταξη στην αφήγηση αναστοχασμού, όπου η ακτίνα είτε αναρωτιέται για το τι θα συμβεί με την κίνηση και τα φυσικά χαρακτηριστικά της είτε προβλέπει τι θα της συμβεί. Η διαφορά στην παρουσία τέτοιου αναστοχασμού στην αφήγηση πριν και μετα την παρέμβαση είναι στατιστικά σημαντική (z=-1,897, p=0,058 Wilcoxon Signed Ranks Test για τον καθρέφτη, z=-2,121, p=0,034 Wilcoxon Signed Ranks Test για το μπουκάλι, z=-3,317, p=0,001 Wilcoxon Signed Ranks Test για το φυτό). Ο αναστοχασμός αυτός ήταν έντονα παρών και στην ιστορία της παρέμβασης όπου η φυσική αναγκαιότητα αντιστοιχούσε στη «μοιρα» της ηλιαχτίδας.

Στην Ο.Ε. δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην αφηγηματική τεχνική που χρησιμοποιούν τα παιδιά πριν και μετά τη διδασκαλία.



6. Τώρα φαντάσου ότι το φως μπορεί να μιλήσει. Τι θα έλεγε σε καθένα από τα παρακάτω ταξίδια…

α) ταξίδι προς τον καθρέφτη
Τι θα έλεγε καθώς πήγαινε στον καθρέφτη;

Τι θα έλεγε όταν έφτανε στον καθρέφτη;

Τι θα συμβεί στο φως αφού φτάσει στον καθρέφτη; Τι θα έλεγε τότε;

β) ταξίδι προς το άδειο πλαστικό μπουκάλι
Τι θα έλεγε καθώς πήγαινε στο άδειο πλαστικό μπουκάλι;

Τι θα έλεγε όταν έφτανε στο άδειο πλαστικό μπουκάλι;

Τι θα συμβεί στο φως αφού φτάσει στο άδειο πλαστικό μπουκάλι; Τι θα έλεγε τότε;

γ) ταξίδι προς το φυτό
Τι θα έλεγε καθώς πήγαινε στο φυτό;

Τι θα έλεγε όταν έφτανε στο φυτό;

Τι θα συμβεί στο φως αφού φτάσει στο φυτό; Τι θα έλεγε τότε;

Εικόνα 1: Ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου γνώσεων

Ως προς το περιεχόμενο του λόγου: Πριν την παρέμβαση τα παιδιά και των δυο ομάδων στηρίζονται στην προσωποποίηση της ακτίνας και κάνουν περιορισμένη χρήση των σχετικών όρων της Φυσικής. Μετά την παρέμβαση, στην Π.Ο. η διαπραγμάτευση με βάση τη φυσική συγκεντρώνει μεγάλο ποσοστό στο τελικό ερωτηματολόγιο (70,4%) παρουσιάζοντας μεγάλη αύξηση (62,9%) σε σχέση με το αρχικό (17,5%).Η αφήγηση των παιδιών υποτάσσεται σε μια «κρίση» που ορίζεται με όρους Φυσικής: α) στην περίπτωση του καθρέφτη η αφήγηση κυριαρχείται από την προσδοκία της ανάκλασης ή την πιθανότητα της διάχυσης β) στην περίπτωση του διαφανούς μπουκαλιού η αφήγηση κυριαρχείται από την προσδοκία του περάσματος μέσα του ή την πιθανότητα διάχυσης γ) στην περίπτωση του φυτού η αφήγηση κυριαρχείται από την πιθανή απώλεια ενέργειας και την αλλαγή πορείας

Αντίθετα τα παιδιά της Ο.Ε. ακόμα και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία χρησιμοποιούν όρους και κανόνες φυσικής μόνο στο19,3% των περιπτώσεων.

Σύγκριση απαντήσεων στο ερωτηματολόγιο γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση που αφορούν στη διδασκαλία της Φυσικής

Αρχικά έγινε σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών της Π.Ο. και της Ο.Ε. για κάθε μια ερώτηση ξεχωριστά στο αρχικό ερωτηματολόγιο και διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά -διαδικασία Crosstabs, χρήση στατιστικού κριτηρίου χ2 (Chi-Squared)- οπότε θεωρείται ότι οι πληθυσμοί των δύο ομάδων δεν ξεχωρίζουν.

Φωτεινές πηγές: Αρχικά θεωρούν ως φωτεινές πηγές και το φεγγάρι (82%) καθώς και αντικείμενα που ανακλούν το φως έντονα π.χ. καθρέφτες (18%) ενώ οι σωστές απαντήσεις είναι ελάχιστες (2%).

Στο τέλος στην ερώτηση για τις φωτεινές πηγές στην Π.Ο. υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις σωστές απαντήσεις (p=0,025 στο McNemar). Επίσης συγκρίνοντας τη βαθμολογία των παιδιών, πριν και μετά την παρέμβαση, σε ένα σύνθετο μέτρο που περιλάμβανε το αν περιλαμβάνουν και τεχνητές και φυσικές πηγές, αν λογαριάζουν το φεγγάρι ως πηγή, αν λογαριάζουν ανακλώσες επιφάνειες ως πηγές και αν η απάντησή τους περιλαμβάνει όλες τις πηγές, στην Π.Ο. βρίσκουμε στατιστικά σημαντική διαφορά (z= -3,086, p=0.02 στο Wilcoxon Signed Ranks Test). Δεν παρατηρήθηκε αντίστοιχη στατιστικά σημαντική διαφορά στην Ο. Ε. και ως προς τα δυο αυτά κριτήρια.

Διάδοση του φωτός: Αρχικά οι μαθητές δεν θεωρούν ότι το φως κινείται προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε ένα χώρο όπου τονίζουμε την παρουσία τριών αντικειμένων (καθρέφτης, άδειο μπουκάλι, φυτό σε γλάστρα) θεωρούν ότι το φως πάει διαδοχικά από το ένα στο άλλο (κυρίως ότι πάει πρώτα στον καθρέφτη). Θεωρούν ότι η πορεία του φωτός είναι είτε ευθύγραμμη (34%) είτε καμπύλη (34%) είτε τεθλασμένη (32%).

Στο τέλος η επιστημονική άποψη ότι το φως διαδίδεται ευθύγραμμα προς όλες τις κατευθύνσεις σημειώνει στατιστικά σημαντική αύξηση (z= -2,714 p=0,002 στο Wilcoxon Signed Ranks Test) στην Π.Ο. Στην Ο.Ε η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική όσο αφορά στην ευθύγραμμη κίνηση του φωτός και πλησιάζει στη στατιστική σημαντικότητα (z= -1,732 p=0,083 στο Wilcoxon Signed Ranks Test) όσο αφορά στην κίνηση του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τρόπος που βλέπουμε: Αρχικά τα παιδιά δεν ακολουθούν το επιστημονικό μοντέλο σχετικά με το πώς βλέπουμε.

Μετά την καινοτόμο παρέμβαση στην Π.Ο. περίπου 60% υιοθετούν την επιστημονικά αποδεκτή άποψη για το πώς βλέπουμε (z= -2,828, p=0.005 στο Wilcoxon Signed Ranks Test). Στην Ο.Ε. επικρατεί η ιδέα ότι βλέπουμε τα αντικείμενα λόγω του «λουτρού φωτός» ή ότι βλέπουμε όταν η φωτεινή πηγή φωτίζει το αντικείμενο (47,4%) ή όταν η πηγή φωτίζει πρώτα ένα αντικείμενο γυαλιστερό και μετά αυτό που βλέπουμε (21,1%). Η τελευταία ιδέα απαντάται και στην Π.Ο. σε ποσοστό 16,7%. Ωστόσο το πώς βλέπουμε δεν ειχε διδαχθεί στην ομάδα ελέγχου και επομένως δεν περιμέναμε σε αυτή αλλαγές.

Ερωτηματολόγιο κινητοποίησης

Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του αρχικού και τελικού τεστ. Στον Πίνακα 1 φαίνονται οι Μέσοι Όροι των 4 ψυχολογικών παραμέτρων. Οι μέσοι όροι ήταν ήδη υψηλοί από την αρχή (με εξαίρεση το άγχος), γεγονός που δηλώνει το ενδιαφέρον των παιδιών για τέτοιου τύπου παρεμβάσεις. Το σημαντικό είναι ότι δεν παρατηρήθηκε πτώση στην κινητοποίηση των παιδιών μετά την υλοποίηση της παρέμβασης. Άλλωστε στις συνεντεύξεις τους, τα παιδιά δήλωσαν ότι η σύνδεση μιας αφηγηματικής ιστορίας με έννοιες της φυσικής ήταν κάτι που τους εντυπωσίασε και τους άρεσε. Υποστήριξαν επίσης ότι ο τρόπος που εργάστηκαν στη διάρκεια των 4 διδασκαλιών ήταν διαφορετικός (έμαθαν μέσα από μια ιστορία χωρίς διάβασμα και αποστήθιση) και πιο διασκεδαστικός.

Πίνακας 1: Μέσος όρος, μικρότερη-μεγαλύτερη τιμή και Cronbach alpha για τις τέσσερις ψυχολογικές παραμέτρους του ερωτηματολογίου κινητοποίησης

Μεταβλητές	Μ.Ο.		Μικρότερη τιμή	Μεγαλύτερη τιμή	Cronbach alpha	
	Αρχικό	Τελικό			Αρχικό	Τελικό
Ενδιαφέρον	6,20	6,20	1	7	0,68	0,55
Άγχος	3,41	3,22	1	7	0,58	0,64
Πρόκληση	6,50	6,42	1	7	0,65	0,76
Πιθανότητα Επιτυχίας	5,96	5,91	1	7	0,90	0,83
Σημείωση: Οι πιθανές τιμές για όλες τις μεταβλητές κυμαίνονταν από 1 έως 7						

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Είναι γεγονός ότι η σύγκριση Π.Ο. και Ο.Ε. δεν συνιστά αμιγή πειραματικό σχεδιασμό και πιθανώς παράμετροι που δεν ελέγξαμε να επηρέασαν τις μεγάλες διαφορές που διαπιστώσαμε ανάμεσα στις δυο τάξεις. Ωστόσο, καταρχήν διαπιστώσαμε και εμείς οι ίδιοι ότι χρησιμοποιώντας ήρωες φαινομένων που επαναλαμβάνονται αδιάκοπα (όπως η ακτίνα), εξαίροντας στην ιστορία «κρίσιμες» στιγμές ενός φυσικού φαινομένου (όπως η στιγμή της συνάντησης μιας ακτίνας με ένα αντικείμενο) και χρησιμοποιώντας την έννοια της μοίρας ως το αντίστοιχο της αναγκαιότητας των νόμων της Φυσικής, αντιμετωπίσαμε προκλήσεις που έχουν

επισημανθεί στη χρήση ιστοριών στη διδασκαλία της Φυσικής (Norris et al. 2005) και δημιουργήσαμε μια ιστορία που μπορούσε να ταιριάξει με τις φυσικές εξηγήσεις που θέλαμε να προωθήσουμε. Επιπλέον διαπιστώσαμε ότι μικρής έκτασης αφηγηματικές αποδώσεις φυσικών φαινομένων που κατασκεύασαν τα παιδιά επηρεάστηκαν ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους από την παρέμβαση που έγινε. Τέλος η πιθανότητα σύνδεσης της Λογοτεχνίας με τη Φυσική κινητοποίησε έντονα τα παιδιά και η κινητοποίηση αυτή παρέμεινε ισχυρή και μετά το τέλος της παρέμβασης.

Πιστεύουμε ότι η σύνδεση της λογοτεχνίας με τη Διδακτική της Φυσικής μπορεί να ειδωθεί και από τη σκοπιά του διδακτικού μετασχηματισμού (Κολιόπουλος 2006) αν λάβουμε υπόψη τη συναισθηματική διάσταση του μετασχηματισμού αυτού. Η Φυσική προσελκύει έντονη συναισθηματική ανταπόκριση από μέρους των Φυσικών. Κατά το διδακτικό μετασχηματισμό τονίζουμε τις ανάγκες μετασχηματισμού του γνωστικού κομματιού καθώς περνάμε από τη γνώση των ειδικών στη σχολική γνώση. Παραβλέπουμε όμως την πελώρια συναισθηματική μεταβολή: Η γλώσσα της Φυσικής, συνοδευόμενη από πλούσια εξειδικευμένο ορολογία και περιορισμένη στα κειμενικά ειδη της επιχειρηματολογίας ή της περιγραφής βρίσκει συχνά πολύ μικρή συναισθηματική ανταπόκριση από μέρους των παιδιών. Η εντονότερη χρήση καλά σχεδιασμένων αφηγήσεων είναι μια από τις δυνατές κατευθύνσεις για την κάλυψη αυτής της διάστασης του διδακτικού μετασχηματισμού.

Η ανάγνωση ενός λογοτεχνικού κειμένου είναι μια πολυσχιδής διαδικασία νοηματοδότησης που επενεργώντας στον εσωτερικό του κόσμο, απαιτεί την ουσιαστική συμμετοχή του αναγνώστη που είναι κρίσιμος παράγοντας στη διαδικασία της λογοτεχνικής επικοινωνίας και όχι παθητικός αποδέκτης των «μηνυμάτων» του κειμένου ή απαθής εντολοδόχος του συγγραφέα (Κατσίκη- Γκίβαλου & Καλογήρου, στο Ματσαγγούρας 2007:387). Νομίζουμε ότι στην εργασία μας πετύχαμε να εμπλέξουμε τα παιδιά με τη λογοτεχνία με τον τρόπο αυτό δικαιολογώντας τελικά το ότι «η λογοτεχνία μπορεί να γίνει ένας ακόμη δίαυλος για τη γνώση και τη γνωριμία του παιδιού με την πραγματικότητα» (Κατσίκη-Γκίβαλου 2005).

Βιβλιογραφία

Γιαννικοπούλου, Α. (2005). Λογοτεχνία και Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Θεωρητικές αναζητήσεις και πρακτικές εφαρμογές. Στο: Καλογήρου, Τ. & Λαλαγιάννη, Κ. (Επιμ.), *Η Λογοτεχνία στο σχολείο. Θεωρητικές προσεγγίσεις και διδακτικές εφαρμογές στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.* Αθήνα: Τυπωθήτω-Γ. Δαρδανός, 329-352

Καλογήρου, Τ. & Βησσαράκη, Ε. (2005). Η συμβολή της θεωρίας της L.M. Rosenblatt στον εμπλουτισμό της Διδακτικής της Λογοτεχνίας. Στο: Καλογήρου, Τ. & Λαλαγιάννη, Κ. (Επιμ.), *Η Λογοτεχνία στο σχολείο. Θεωρητικές προσεγγίσεις και διδακτικές εφαρμογές στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.* Αθήνα: Τυπωθήτω-Γ. Δαρδανός, 53-78

Κασσέτας, Ι. Α. (2004). Της λογοτεχνίας και της φυσικής. Στο: Τσελφές, Β., Καριώτογλου, Π. & Πατσαδάκης, Μ. (Επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες. Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση*. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τόμος Α', Αθήνα 26-28 Νοεμβρίου 2004, 100-105

Κατσίκη-Γκίβαλου, Α. (2005). Η θέση της λογοτεχνίας στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ζητήματα και προοπτικές της διδακτικής της. Στο: Καλογήρου, Τ. & Λαλαγιάννη, Κ. (Επιμ.), *Η Λογοτεχνία στο σχολείο. Θεωρητικές προσεγγίσεις και διδακτικές εφαρμογές στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.* Αθήνα: Τυπωθήτω-Γ. Δαρδανός, 13-25

Κόκκοτας, Π. (2002) (3η έκδ.). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος ΙΙ, Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.* Αθήνα

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης.* Αθήνα: ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ

Κουτσιούκης, Γ. (2011). Φυσική και λογοτεχνία, μια προσπάθεια διδακτικής σύνδεσης με παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού και διδακτική παρέμβαση στην περίπτωση της διδασκαλίας εννοιών του φωτός στην Ε΄ Δημοτικού. Διπλωματική εργασία στα πλαίσια του ΠΜΣ «Σύγχρονα

Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή Διδακτικού Υλικού», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Μάστορη, Β. (1999), «Ηλεκτρισμός- Αστραπή ή Κεραυνός;» Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα

Ματσαγγούρας, Η. (2007). *Σχολικός Εγγραμματισμός.* Αθήνα: Γρηγόρης

Ραβάνης, Κ. (2001). *Οι φυσικές επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση.* Αθήνα: Τυπωθήτω-Γ. Δαρδανός

Τέκος, Γ. & Σολομωνίδου, Χ. (2008). Διδασκαλία και Μάθηση του Φαινομένου «Ανάκλαση – Διάχυση του Φωτός» με Ανάπτυξη Κατάλληλου λογισμικού και έρευνα στις Ιδέες των Παιδιών. Στο: Κουμαράς, Π. & Σέρογλου, Φ. (Επιμ.) *Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών.* 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Θεσσαλονίκη 9-11 Μάη 2008, εκδόσεις ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΙΔΗ, 559-567

Χαλκιά, Κ. & Σκορδούλης, Κ. (2004). Η αξιοποίηση της μυθοπλασίας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Προτάσεις για ένα μεθοδολογικό πλαίσιο και πρώτες δοκιμές συγγραφής κειμένων. Στο: Τσελφές, Β., Καριώτογλου, Π. & Πατσαδάκης, Μ. (Επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες. Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση*. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τόμος Α', Αθήνα 26-28 Νοεμβρίου 2004, 74-75

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, (ελλ. μετ.), Αθήνα: Τυπωθήτω.

Norris, S. P., Guilbert, S. M., Smith, M. L., Hakimelahi, S., & Phillips, L. M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89(4), 535-563.

Osborne, J., & Black, P., Meadows, J. & Smith, M. (1993). Young children's' (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education, 15(1),* 83-93.

Selley, N.J. (1996b). Children's' ideas on light and vision. *International Journal of Science Education, 18(6),* 713-723.

Η αξιοποίηση της ζωγραφικής κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας

Όταν η ματιά των ζωγράφων – από την εποχή του Μπαρόκ μέχρι την Ποπ Αρτ του σήμερα - πέφτει σε συγκεκριμένες καταστάσεις σχετιζόμενες με την οικοδόμηση της Επιστήμης και ο εγκέφαλος καθοδηγεί τις πινελιές, δημιουργούνται έργα τέχνης . Καθένα από αυτά- ελαιογραφία σε καμβά, υδατογραφία, γκραβούρα, ψηφιακή ζωγραφική, graffiti - εκτός του ότι καταγράφει γεγονότα και ανθρώπινα πρόσωπα, είναι δυνατόν να προκαλέσει μία ευρεία γκάμα αντιδράσεων στους μεταγενέστερους εφόσον τα παρατηρήσουν προσεκτικά.

Επιλεγμένοι πίνακες ζωγραφικής οι οποίοι αναπαριστούν είτε κάποια σημαντική στιγμή της εξέλιξης της επιστήμης είτε το ίδιο το πρόσωπο του ερευνητή – όπως το «βλέπει», με τον δικό του ιδιαίτερο τρόπο, ο δημιουργός του έργου - μπορούν να αξιοποιηθούν κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσα από μια ποικιλία διδακτικών προσεγγίσεων.

- Τα σχέδια του Leonardo Da Vinci, με το εκκρεμές, τον μηχανισμό για κούρδισμα, την αξιοποίηση της τροχαλίας και την πτητική μηχανή ως αφετηρία για σχετική συζήτηση
- ο πίνακας με τη ματιά του νεαρού Galileo Galilei στον αιωρούμενο πολυέλαιο του καθεδρικού ναού της Πίζας και η σκέψη που ακολούθησε,
- η αναπαράσταση του πειράματος με το κεκλιμένο επίπεδο ως έργο τέχνης
- η προσπάθεια του Galileo Galilei να πείσει τους καθολικούς να αντικρίσουν τον Ουρανό κοιτάζοντας πίσω από τον προσοφθάλμιο της διόπτρας του
- οι γκραβούρες με τον Pascal να επιδιώκει να πείσει ότι η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το υψόμετρο
- η αινιγματική προσωπικότητα του Newton, ο θρύλος με το μήλο και η εμπειρία με το πρίσμα ως εναύσματα για ποικίλες «αναγνώσεις» από τους ζωγράφους της δικής του εποχής αλλά και από τους γραφίστες του σήμερα
- οι δύο πίνακες με την ανάφλεξη που επιχείρησε ο Lavoisier με τους περίφημους φακούς του,
- οι τρεις πίνακες ζωγραφικής με τον Benjamin Franklin να «αμολάει» σε ώρα καταιγίδας τον χαρταετό του
- η παρουσίαση της ηλεκτρικής στήλης του Alessandro Volta στον Ναπολέοντα, σε αναπαραστάσεις από τρεις διαφορετικούς ζωγράφους
- οι απεικονίσεις των διαλέξεων του Faraday για μια εκλαΐκευση της επιστήμης και οι πίνακες με το εργαστήριό του
- ο σαρκασμός για τη θεωρία της εξέλιξης από τους ζωγράφους και τους σχεδιαστές του 19ου αιώνα και οι εντελώς διαφορετικές αναπαραστάσεις για τον Charles Darwin από την Τέχνη της εποχής μας
- οι πίνακες ζωγραφικής με τα μπιζέλια που ενθάρρυναν τον Gregor Mendel και καθοδήγησαν τη σκέψη του ώστε να δημιουργηθεί το πρελούδιο της Γενετικής του 20ου αιώνα
- τα σκίτσα με τον Mendeleev σε αναζήτηση μιας «ταξινόμησης» για το σύνολο των χημικών στοιχείων, στο εργαστήριο Χημείας στην Αγία Πετρούπολη,
- οι εμπνεύσεις του Nicola Tesla και οι δυσκολίες του, όπως απεικονίστηκαν και εξακολουθούν να απεικονίζονται από σημαντικούς ζωγράφους
- οι εμπειρίες του Louis Pasteur, της Marie Curie και του Ernest Rutherford,
- η γάτα του Schrödinger μέσα από το έργο των εικαστικών
- τα graffiti του 21ου αιώνα με αναπαραστάσεις για το έργο του Albert Einstein και για το QED του Richard Feynman.

- η ψηφιακή ζωγραφική και οι αναπαραστάσεις της Chaos theory
- οι γραφίστες της σύγχρονης εποχής και το μποζόνιο Higgs
- συνιστούν ορισμένα μόνο από τα παραδείγματα τα προτεινόμενα για διδακτική αξιοποίηση.

Ανάμεσα στους στόχους του εγχειρήματος συγκαταλέγονται :

α. Η εκγύμναση της παρατηρητικότητας του διδασκομένου

β. Η εξοικείωση με το «διάφανο εκείνο νήμα» που συνδέει την Τέχνη με την Επιστήμη

γ. Η συμβολή στην κατανόηση του επιστημονικού γνωστικού αντικειμένου

δ. Η εστίαση στην ανθρώπινη διάσταση των μεγάλων δημιουργών και στην κοινωνία της εποχής τους.

ε. Η μύηση στη θεώρηση ότι η επιστήμη είναι «κάτι» το οποίο – με υλικό από κοινωνικά επιτρεπόμενες ιδέες, εργαστηριακή εμπειρία και ανθρώπινη σκέψη ενίοτε ανατρεπτική– οικοδομείται πάνω σε κάτι που προηγήθηκε.

Παραδείγματα αξιοποίησης

1. Ο πολυέλαιος στον καθεδρικό ναό .

Ένας νεαρός, ετών 17, συνομίληκος του Shakespeare, παιδί από την Τοσκάνα, ζει στην Πίζα, κι ένα πρωινό του 1581 έτυχε να βρίσκεται μέσα στον καθεδρικό ναό. Μια πόρτα μισάνοιχτη πόρτα, κάποια διαφορά πιέσεων, το συνεπαγόμενο ανεμάκι και ένας πολυέλαιος του ναού άρχισε να αιωρείται. Ο νεαρός Τοσκανέζος, αγνοώντας τον περίγυρο εστίασε την προσοχή του στην αιώρηση και η ιδέα - υποψία γεννήθηκε.

Είτε ο πολυέλαιος ταλαντευόταν με μεγάλο πλάτος, είτε με μικρότερο, είτε μόλις και μετά βίας έκανε την αιώρηση, σε ίσους χρόνους, ολοκλήρωνε τον ίδιο αριθμό αιωρήσεων.

Έτος 1581, χρονόμετρο για τη μέτρηση τόσο μικρών χρονικών διαστημάτων δεν υπάρχει και ο νεαρός Galileo Galilei για να ερευνήσει το ότι *η περίοδος κάθε αιώρησης ήταν ίση με την περίοδο της οποιασδήποτε επόμενης* , κάτι δηλαδή που δεν είχε υποθέσει μέχρι τότε κανείς, σκέφτηκε να εμπιστευτεί τον σφυγμό του .

Στις μέρες που ακολούθησαν, με ένα σπάγκο και ένα βαρίδι, δοκίμασε να εξετάσει το ισόχρονο όλων των αιωρήσεων μόνος του.

Το πρελούδιο του έργου Φυσική, είχε αρχίσει να παίζεται .

Δύο περίπου αιώνες αργότερα το επεισόδιο υπήρξε πηγή έμπνευσης για τον Ιταλό ζωγράφο Luigi Sabatelli .

Στον 21ο αιώνα, σε σχολείο της Ευρώπης το μάθημα για την κίνηση του εκκρεμούς αρχίζει με την προβολή της εικόνας με βιντεοπροβολέα σε οθόνη. Ο διδάσκων αφηγείται το επεισόδιο, και η συζήτηση αρχίζει. Μια μαθήτρια διακρίνει αμέσως το καπέλο του Γαλιλαίου στο πάτωμα και αναρωτιέται εάν φύσαγε τόσο ώστε να του το έχει πάρει ο αέρας ή εάν είναι τόσο απορροφημένος ώστε να μην έχει καταλάβει ότι το καπέλο του είναι στο πάτωμα.

Κι αμέσως μετά μια άλλη μαθήτρια : « Κύριε, ο Γαλιλαίος δεν είναι ο νεαρός που κοιτάζει τον πολυέλαιο, είναι εκείνος στο βάθος με το μούσι. Έχω δει το πρόσωπό του στο σχολικό βιβλίο» (Σημείωση. *Το αρχέτυπο «ο Γαλιλαίος είναι κάποιος άνθρωπος μεγάλης ηλικίας με γενειάδα» είναι πανίσχυρο*).

Ένας μαθητής παρατηρεί ότι νεαρός έχει «καρφωθεί» στον αιωρούμενο πολυέλαιο αλλά δεν τον βλέπει να αναζητεί τον σφυγμό σου .

Σημείωση. *Το πιθανότερο είναι ότι η μέτρηση του χρόνου με τον σφυγμό δεν έγινε μέσα στην εκκλησία μολονότι το αναφέρει τόσο ο Wolf (1981) όσο και το βιβλίο του PSSC.*

2. Να εμπιστευτούμε την εμπειρία των μετρήσεων και των παρατηρήσεων

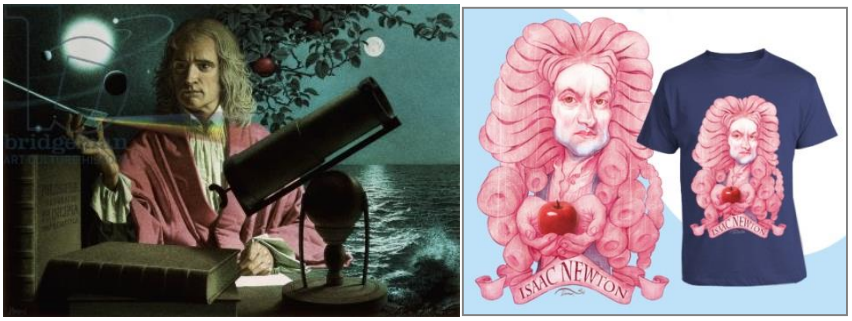
Τον 19ο αιώνα ο Φλωρεντίνος ζωγράφος Giuseppe Bezzuoli μας έδωσε ένα εξαιρετικό πίνακα, ο οποίος θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ιδιαίτερα για την προσέγγιση διδακτικών μας στόχων. Ο πίνακας προβάλλεται κατά τη διδασκαλία του μαθήματος Φυσικής και οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν και να περιγράψουν αυτά που παριστάνει. Στο κέντρο μια σανίδα κεκλιμένη με αυλάκι, μια μπίλια κυλάει προς τα κάτω. δέκα πρόσωπα παρακολουθούν το φαινόμενο, ανάμεσά του ο Γαλιλαίος εξηγεί, αριστερά τρεις γηραιότεροι αρνούνται να κοιτάξουν και αναζητούν την Αλήθεια σε βιβλία «έγκυρα», κι ένας ντυμένος σαν πρίγκιπας στον οποίο απευθύνεται η παρουσίαση.

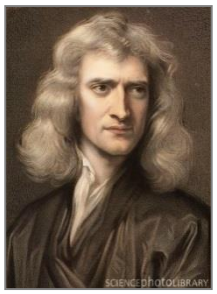
Μετά την καταγραφή ακολουθεί συζήτηση . Ο στόχος είναι να παρουσιάσει τις δυσκολίες που αντιμετώπισε ο Γαλιλαίος στο να πείσει τόσο την καθολική εκκλησία όσο και τους λόγιους της εποχής του για την μεγάλη καινοτομία *να εμπιστευόμαστε την εμπειρία των μετρήσεων και να της επιτρέπουμε να «συντήκεται» με γεωμετρικά μοντέλα της Σκέψης μας προκειμένου να οργανώσουμε αξιοπρεπείς «ανακρίσεις» της Πραγματικότητας .*

Πηγή έμπνευσης για τους ζωγράφους αλλά και για τους σκιτσογράφους των αιώνων που ακολούθησαν και η προσπάθειά του *να πείσει τους καθολικούς να αντικρίσουν τον Ουρανό κοιτάζοντας πίσω από τον προσοφθάλμιο της διόπτρας του.* Οι σχετικές αναπαραστάσεις μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν.

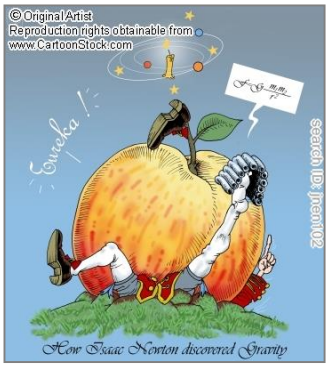
3. Το μήλο, το πρίσμα και το τηλεσκόπιο

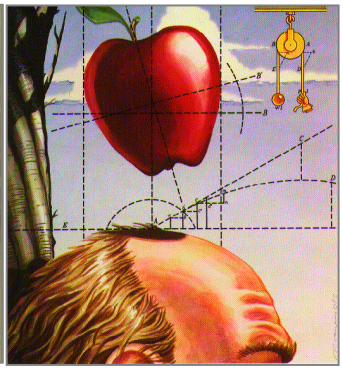
Λιγότερο ανθρώπινος και περισσότερο θεϊκός ο Isaac Newton, υπήρξε επίσης πηγή έμπνευσης. Η αινιγματική του προσωπικότητα, το εγχείρημα για την ενοποίηση των ουράνιων με τα γήινα, το κατοπτρικό τηλεσκόπιο, ο θρύλος με το μήλο, και η εμπειρία με το πρίσμα υπήρξαν εναύσματα για ποικίλες «αναγνώσεις» από τους ζωγράφους τόσο της δικής του εποχής όσο και των αιώνων που ακολούθησαν





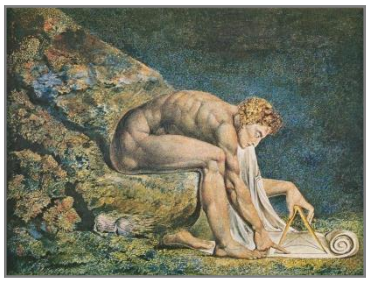
Το 1689, ο Newton είναι 47 ετών και ο Sir Godfrey Kneller, θα φιλοτεχνήσει το πιο γνωστό από τα πορτραίτα του. Ο Kneller, κορυφαίος Άγγλος ζωγράφος της εποχής, θα κάνει και πορτραίτα του John Lock και του Μεγάλου Πέτρου της Ρωσίας. Στον 21ο αιώνα, μολονότι ο πρώτος τη τάξει «θεός» για το σύνολο των ανθρώπων είναι ο Αϊνστάιν, το δέος για τον Νεύτωνα διατηρείται περίπου αναλλοίωτο. Βέβαια το πνεύμα που επικρατεί στη σύγχρονη εποχή επιτρέπει παράλληλα τον σαρκασμό και τη σάτιρα.





Ο διδάσκων προβάλλει σε οθόνη πίνακες ζωγραφικής μέσα από τους οποίους εστιάζει

α. στην εποχή του Newton επισημαίνοντας ότι ο Kneller φιλοτέχνησε πορτραίτα τόσο του John Lock όσο και του Μεγάλου Πέτρου. **β.** στο εγχείρημα για την ενοποίηση των ουράνιων φαινομένων με τα γήινα μέσα από τον πίνακα



(1793) του William Blake, ο οποίος -ένα περίπου αιώνα μετά τα Principia- παρουσιάζει τον Newton ως «Γεωμέτρη του Σύμπαντος» αλλά και μέσα από τη συνύπαρξη του κατοπτρικού τηλεσκοπίου με τις «γήινες» διατάξεις ,

γ. στην εμπειρία με το πρίσμα και στις σχετικές προτάσεις για τα χρώματα **δ.** στον θρύλο με το μήλο.

ε. στο «πώς» αντιμετωπίζει η σύγχρονη τέχνη το νευτωνικό δημιούργημα αντιμετωπίζοντας το άλλοτε με σεβασμό και άλλοτε μέσα από τη σάτιρα.

4. Ο Ναπολέων και τα βολτ

Αυτό το περίεργο αντικείμενο, αυτή η φαινομενικά αδρανής μάζα, είναι ως προς τη μοναδικότητά της η πιο θαυμαστή συσκευή που ανακάλυψε ποτέ ο άνθρωπος μετά το τηλεσκόπιο και την ατμομηχανή

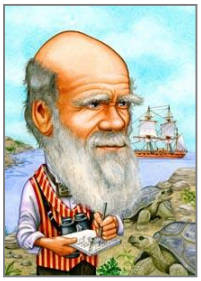
Francois Arago, 1833

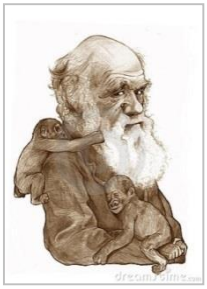
Το 1860 ο Ιταλός ζωγράφος Giuseppe Bertini παρουσιάζει ένα έργο με το οποίο αποθανατίζεται ένα «επεισόδιο» που είχε συμβεί εξήντα χρόνια πριν. Ο διδάσκων προβάλλει σε οθόνη τον πίνακα, καλεί τους μαθητές να τον παρατηρήσουν προσεκτικά και να διακρίνουν τις λεπτομέρειες και καθοδηγεί τη συζήτηση στο «τι ακριβώς επιδιώκει ο να αποθανατίσει ο ζωγράφος με τον πίνακα αυτό» καθώς και στο «ποια είναι η ιδιαίτερη σημασία του επεισοδίου ώστε να αποθανατίζεται εξήντα χρόνια αργότερα όχι μόνο από τον Bertini αλλά και από τρεις ακόμα ζωγράφους της εποχής».

Έτος 1801 και ο Ιταλός Alessandro Volta , ερευνητής στο Πανεπιστήμιο της Pavia, έχει οδηγηθεί στην **σημαντικότερη ίσως ανακάλυψη της εποχής**, με ιδιαίτερο αντίχτυπο τόσο στη Φυσική και στη Χημεία, όσο και στην τεχνολογική πρόοδο των δεκαετιών που ακολούθησαν . Έχει δημιουργήσει μία συσκευή, με δίσκους χαλκού και ψευδαργύρου σε επαφή, που πρόσφερε ηλεκτρικό ρεύμα. Το σχήμα της νέας είναι τέτοιο που ο Volta θα της δώσει το όνομα «pila» στήλη pila elettrica . Ο Ναπολέων θα δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γι α τη νέα ανακάλυψη και θα τον καλέσει τον Alessandro Volta στο Παρίσι να την παρουσιάσει και θα παραγγείλει 600 στήλες για την Πολυτεχνική σχολή. Εξήντα περίπου χρόνια αργότερα η ιστορικής σημασίας παρουσίαση θα αρχίσει να αποθανατίζεται από Ευρωπαίους ζωγράφους. Κι αυτό διότι οι συνέπειες της ανακάλυψης επηρεάζουν την εξέλιξη της επιστήμης σε μεγάλο βαθμό. Μια ισχυρή συστοιχία από 250 « βολταϊκά» στοιχεία κατασκευάζεται στο Λονδίνο και οδηγεί στην ανακάλυψη του φαινομένου ηλεκτρόλυση, στην ανακάλυψη νέων χημικών στοιχείων όπως το κάλιο και το νάτριο και στην οικοδόμηση της ηλεκτροχημείας και είκοσι χρόνια αργότερα στην Κοπεγχάγη πραγματοποιείται το κρίσιμο πείραμα με το οποίο αρχίζει η εποχή του ηλεκτρομαγνητισμού. Ο Volta θα τιμηθεί με γραμματόσημα αλλά και με την προσωπογραφία του σε ιταλικό χαρτονόμισμα του τέλους του 20ου αιώνα.

5. Φαλακρός με κατάλευκη γενειάδα

Οι χελώνες, το ιστιοφόρο, το πέλαγος, τα κιάλια, το σημειωματάριο κι ένας αριστερόχειρας με λευκή γενειάδα να καταγράφει τα παρατηρούμενα με σημειώσεις και κυρίως με σχέδια.

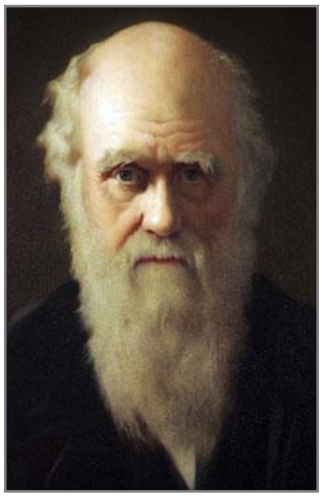




Ο διδάσκων έχει προβάλλει την εικόνα και καλεί τους μαθητές να την παρατηρήσουν προσεκτικά και να κάνουν μία εκτίμηση για την εποχή αλλά και για τη ηλικία του ανθρώπου που απεικονίζεται. Στη συνέχεια περιγράφει το μακρινό ταξίδι του Κάρολου Δαρβίνου με το χαρτογραφικό πλοίο Beagle, το οποίο απέπλευσε το 1831, όταν εκείνος ήταν 22 ετών.

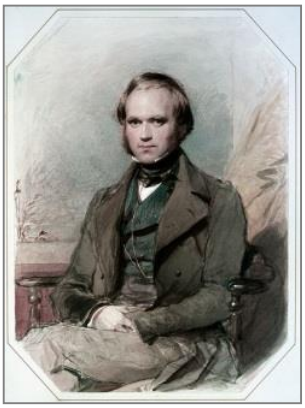
Το σκάφος διαπλέοντας τον Ατλαντικό έφθασε και στον Ειρηνικό ωκεανό μέχρι και στα νησιά Γκαλάπαγκος στα οποία ο σκιτσογράφος αναπαριστά τον ερευνητή με το σημειωματάριο. Στο ιδιαίτερα δύσκολο αυτό ταξίδι με το ιστιοφόρο, επί πέντε ολόκληρα χρόνια, ο Δαρβίνος κατέγραφε αλλά και συγκέντρωνε πολυάριθμα δείγματα από ζωντανούς οργανισμούς και απολιθώματα αποκτώντας εμπειρίες που επέδρασαν στον τρόπο της σκέψης του. Μια από τις μαθήτριες αναρωτιέται «πώς είναι δυνατόν» ο σκιτσογράφος να παρουσιάζει τον τότε νεαρό Δαρβίνο με φαλάκρα και γενειάδα κατάλευκη.

Ο διδάσκων παρουσιάζει ένα ακόμα σκίτσο με τον Δαρβίνο σε μια τρυφερή επικοινωνία με δύο πίθηκους ως αφορμή για συζήτηση.



Όπως συμβαίνει και με τον Galileo, για τη μορφή του Darwin έχει αποκρυσταλλωθεί ένα **αρχέτυπο**. Είναι ένας « ασπρομάλλης, φαλακρός, με μεγάλη γενειάδα κατάλευκη». Κυρίαρχη εικόνα η μορφή στο πορτραίτο – 1883- του Άγγλου John Collier, με τον Darwin, γύρω στα 70, να εντυπωσιάζει με την έκφραση των ματιών. Ο πίνακας βρίσκεται στο Λονδίνο, στο National Portrait Gallery. Το αρχέτυπο «φαλακρός με γενειάδα κατάλευκη» διατηρείται έτσι που όταν κάποιος σκέφτεται «Δαρβίνος» να έρχεται στο μυαλό του μια συγκεκριμένη εικόνα ανθρώπου

Στην «Ιστορία των ανθρώπινων ιδεών» ο Charles Darwin άφησε έντονα τα δικά του αποτυπώματα. Δημιούργησε συγκρούσεις, προκάλεσε δυσφορία αλλά και ενθουσιασμό, υμνήθηκε αλλά και κατακρίθηκε όσο λίγοι από τους διανοούμενους. Πολλοί από τους γραφίστες - ακολουθώντας ένα αντίστοιχο ρεύμα διαδεδομένο στα μικρομεσαία ιδίως στρώματα - **θα τον σαρκάσουν** , ενώ άλλοι **θα τον εξυμνήσουν**.



Τον 19ο αιώνα οι γραφίστες που διακωμωδούν αυτόν και το έργο του είναι ίσως περισσότεροι.

Στα τέλη του 20ου αιώνα και στον 21ο η πλάστιγγα έχει αρχίσει να γέρνει προς τη μεριά των θαυμαστών. Πάντως και για τους γραφίστες το αρχικό αρχέτυπο κυριαρχεί. **Για τα ευρύτερα κοινωνικά στρώματα ο Δαρβίνος είναι αναγνωρίσιμος μόνο ως «εκείνος με την κατάλευκη γενειάδα»** . Ακόμα και σε σκίτσο που παραπέμπει σε ταξίδι του Beagle, ο Δαρβίνος, μολονότι 25 ετών για να μπορεί να είναι αναγνωρίσιμος εμφανίζεται με τη γνωστή γενειάδα. Ωστόσο, ο Δαρβίνος δεν ήταν μόνο ο γέροντας με τη σεβάσμια γενειάδα. Ήταν κάποτε κι αυτός ένα παιδί που μεγάλωνε για να διασχίσει τελικά όλες τις ηλικίες, μέχρι και το 73ο έτος και απεικονίσεις του σε νεώτερη ηλικία μπορεί να είναι σπάνιες αλλά υπάρχουν. Η πιο γνωστή είναι ο πίνακας του George Richmond γύρω στα 1835. Στον 21ο αιώνα καταγράφονται ακόμα και tattoo με τον νεαρό Δαρβίνο σε ανθρώπινο σώμα.

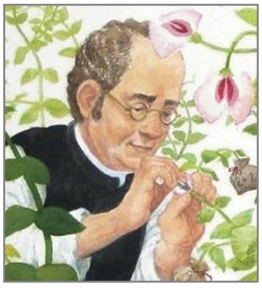
6. 29.000 μπιζελιές σε επτά χρόνια

Μάθημα Βιολογίας και στην αφετηρία μια εικόνα.

ΧΩΡΟΣ Μοναστήρι στη Μοραβία, ΧΡΟΝΟΣ έτος 1860. Οι μοναχοί έτοιμοι για το φαγητό και στην προσευχή ο ηγούμενος. Μαγειρεμένα μπιζέλια, ακόμα και για τον σκύλο.

Γύρω στα 40, πάντα καλοξυρισμένος και με γυαλιά, ο γερμανόφωνος αδελφός Gregor, καθισμένος απέναντι από τον ηγούμενο, έχει μια ιδιαίτερη σχέση με το Pisum Sativum, όπως το λένε οι βοτανολόγοι, οι απλοί άνθρωποι το λένε μπιζελιά **.** Μέσα σε μια επταετία θα φυτέψει συνολικά 29.000 μπιζελιές **.** Σπέρνει, ποτίζει, κλαδεύει, βλέπει τα μονοετή φυτά του να αναπτύσσονται, να ανθίζουν, να δίνουν καρπό μπιζέλι,

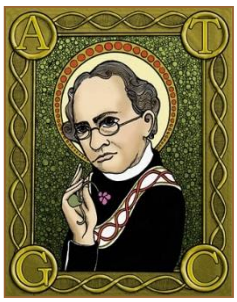
ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙ αλλά και ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΖΕΤΑΙ αλλά και διαρκώς μελετά **.** Το ερώτημα του είναι τολμηρό, αλλά έχει εκείνος επιμένει αναζητώντας μια απάντηση την οποία θα μπορούσε να γενικεύσει: «Με ποιο τρόπο **κάθε** φυτό αποκτά τα χαρακτηριστικά τα εντελώς δικά του; »



Τρυφερότητα προς τη φύση, παρατηρητικότητα, χειρωνακτική εργασία αλλά και διάβασμα.

Κεντρική ιδέα η αναζήτηση μιας ΘΕΩΡΙΑΣ για την κληρονομικότητα. Τελικά θα διατυπώσει, σε γλώσσα γερμανική, **δύο νόμους για την κληρονομικότητα** όλων των φυτών.

Ωστόσο, όσο εκείνος ζούσε, η επιστημονική κοινότητα δεν θα μπορέσει να διακρίνει τη σημασία τους. Ο επόμενος αιώνας, ο 20ος , θα αναγνωρίσει ότι το έργο του ήταν το βασικό πρελούδιο στη μεγάλη «Συμφωνία» της ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ. και οι ζωγράφοι θα αποσπάσουν έμπνευση. Σε αντίθεση με τον Darwin θα τον αναπαριστούν πάντα ξυρισμένο και πάντα με γυαλιά.



Βιβλιογραφία

1. Bryson Bill, 2003. *A short history of nearly everything* Broadway Books, USA

2. Vigoureux Jean Marie, 2003, *Les pommes de Newton* Éditions Albert Michel, Paris, France

3. Johnson George, 2008, *The Ten Most Beautiful Experiments* Alfred A. Knopf, New York, USA

4. Leyva Lozano Manuel, 2007. *De Archmedes a Einstein, Los diez experimentos más bellos de la física.* Editorial DeBols!llo και σε ελληνική μετάφραση από την Ιφιγένεια Σταυροπούλου, Εκδόσεις Ενάλιος , Αθήνα 2008 .

5. Crump Thomas, 2001. *A Brief History of Science As seen through the developments of scientific instruments.* Constable & Robinson Ltd, London, UK.

6. Mathews Michael R., 2000. *Time for Science Education*. Kluwer Academic, New York

7. Gillispie Charles C, *The Edge of Objectivity* στην ελληνική μετάφραση (1986) του Δημοσθένη Κούρτοβικ *Στην κόψη της Αλήθειας*, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

8. Κασσέτας Ανδρέας και Δαπόντες Νίκος, 1998. *Φυσική για τη Β΄τάξη* ΟΕΔΒ.

Συνεδρία 15 : Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία ΙΙ

Ανάπτυξη διδακτικού υλικού Χημείας Β΄ Γυμνασίου στα πλαίσια του Νέου Αναλυτικού Προγράμματος Κύπρου

Λουκία Αναστασιάδου[1], Δήμητρα Ρίζου – Χριστοφίδου[2], Γιάννα Συμεωνίδου[2], Αναστασία Καραμιχάλη[3] , Έλλη Σταύρου[2]
[1]*Επιθεωρήτρια Χημείας, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, loukia_a@yahoo.com*
[2]*Εκπαιδευτικός Μ.Ε. και Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων, demi_r@live.com*
[3]*Λειτουργός Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων, taskarm@cytanet.com.cy*

Περίληψη

Η εφαρμογή της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης στα σχολεία της Κύπρου οδήγησε στην πρόκληση, αλλά και αναγκαιότητα συγγραφής φύλλων εργασίας με δραστηριότητες σύμφωνα με τις αρχές των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων, ώστε να διαμορφώνεται ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη χημική εκπαίδευση των μαθητών/τριών. Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε στηρίζεται στην προσέγγιση των θεμάτων μέσω της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας και μάθησης η οποία βασίζεται στο μοντέλο του Οντάριο. Έμφαση δίνεται: α) στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης β) στη σύνδεση των μαθησιακών στόχων με καταστάσεις από την καθημερινή ζωή που προκαλούν προβληματισμό και ενδιαφέρον στον μαθητή γ) στην προώθηση του εργαστηριακού χαρακτήρα του μαθήματος δ) στην συγκρουσιακή κατάσταση πρόβλεψης (αρχικών ιδεών και εμπειριών) – επαλήθευσης, ώστε να συνθέτουν οι μαθητές σταδιακά τη γνώση ε) στην αξιολόγηση που συνάδει με τους δείκτες επιτυχίας.

Abstract

The implementation of the educational reform in Cyprus, presented a challenge as well as a necessity to write new teaching material for secondary school Chemistry. The material that has been developed is in the form of work sheets and it incorporates the main principles of the New Curriculum. The activities in each worksheet, adopt the inquiry based teaching and learning methodology based on the Ontario model. Their main emphasis is: (a) to promote cooperative learning (b) to associate learning objectives with problems from everyday life in order to stimulate student speculation and interest (c) to promote experimentation (d) to set conditions where the students reassess their original ideas and correct any misconceptions that they may have (e) to evaluate students' learning achievements.

Εισαγωγή

Είναι κοινός τόπος ότι ο εκσυγχρονισμός και η ποιοτική αναβάθμιση της εκπαίδευσης είναι αναγκαία, αφού η εκπαίδευση δεν μπορεί και δεν πρέπει να είναι στατική, αλλά δυναμική και να αποτελεί το θεμέλιο κάθε προοδευτικής αλλαγής (Εξαρχάκος,1997).

Στην κοινωνία του 21ου αιώνα είναι αναγκαίο οι εκπαιδευτικές δομές να συνδέονται ισχυρά με τις ευρύτερα κοινωνικές· να γίνουν εργαστήρια παραγωγής κοινωνικών γνώσεων και δομών· να γίνουν πομποί/διακινητές των γνώσεων αυτών στην κοινωνία (Τσελφές, 2011).

Η εκπαιδευτική μεταρρύθμιση σηματοδότησε τον κύριο άξονα της πολιτικής του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού της Κύπρου. Η φετινή χρονιά αποτελεί την αφετηρία για τη διαμόρφωση του νέου, Δημοκρατικού και Ανθρώπινου σχολείου, αφού ξεκινά η σταδιακή εισαγωγή των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων (Ν.Α.Π.) σε Προδημοτική - Δημοτική και Μέση Εκπαίδευση.

Τα Ν.Α.Π. θεμελιώνονται σε σύγχρονες κοινωνιολογικές, γνωστικές, παιδαγωγικές θεωρίες που στοχεύουν στην ολόπλευρη ανάπτυξη του μαθητή, ο οποίος «μαθαίνει πώς να μαθαίνει», καλλιεργεί αξίες και στάσεις, αναπτύσσει την κριτική του ικανότητα, επιτυγχάνει την

κοινωνική του ενσωμάτωση. Έτσι, υπάρχει μια συνεχής αλληλεπίδραση του «επιστημονικού» και του «κοινωνικού», μιας και το σχολείο είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την κοινωνία και μιλά την καθημερινή της γλώσσα. Έτσι, τα Ν.Α.Π. απαιτούν από την εκπαίδευση να παράγει μαθητές και με ικανότητες (εκτός από γνώσεις). Ικανότητες που θα τους επιτρέπουν να διαχειρίζονται με επιτυχία καταστάσεις της καθημερινής ζωής αλλά και χρήσιμες στο πλαίσιο της κοινωνικής τους δράσης. Οι μαθητές ως αυριανοί πολίτες θα μπορούν να πάρουν θέση στα μεγάλα και σύγχρονα προβλήματα (π.χ .διαχείριση οικιακών αποβλήτων, συμπληρώματα διατροφής).

Οι γενικοί σκοποί, οι διδακτικοί στόχοι που αφορούν το μάθημα της Χημείας και οι δείκτες επιτυχίας είναι άμεσα συνυφασμένοι με τη γενική φιλοσοφία των Ν.Α.Π., που στοχεύουν σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του μαθήματος ως γνώση και κατεπέκταση και κατανόηση, ως ικανότητες και δεξιότητες και ως καλλιέργεια αξιών και ανάπτυξη στάσεων και συμπεριφορών προς την κοινωνία.

Φιλοσοφία και γενικές αρχές των Ν.Α.Π. στο μάθημα της Χημείας

Το Νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα διαμορφώνει ένα ολοκληρωμένο και συνεκτικό πλαίσιο για την χημική εκπαίδευση των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου.

Σκοπός του Νέου Αναλυτικού Προγράμματος στο μάθημα της Χημείας είναι να συμβάλλει στην διαμόρφωση ανθρώπων οι οποίοι:

Α. Να κατέχουν ένα συνεκτικό και επαρκές σώμα χημικών γνώσεων (1η Γενική Αρχή)

Β. Να αναπτύσσουν στάσεις και συμπεριφορές που χαρακτηρίζουν τον υπεύθυνο και δημοκρατικό πολίτη (2η Γενική Αρχή)

Γ. Να καλλιεργούν στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο τα κομβικά προσόντα, ιδιότητες, ικανότητες και δεξιότητες που απαιτούνται στην κοινωνία του 21ου αιώνα (3η Γενική Αρχή).

Παρουσίαση του διδακτικού πακέτου

Η εφαρμογή των Ν.Α.Π. περιέλαβε, εκτός από το υφιστάμενο σχολικό εγχειρίδιο, και τη δημιουργία επιπλέον διδακτικού υλικού που έχει σταλεί στο σύνολο των σχολείων. Ο σχεδιασμός του συνάδει απόλυτα με τις προβλεπόμενες ώρες του ωρολογίου προγράμματος σπουδών. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουμε αύξηση των ωρών διδασκαλίας από μία σε δύο την εβδομάδα (χρόνος διδασκαλίας: 8ολεπτο) για τη Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου, κάτι που διευκολύνει την ολοκλήρωση της ύλης και συμβάλλει, ώστε η διδακτική διαδικασία να είναι σύμφωνη με τη φιλοσοφία των Ν.Α.Π.. Το διδακτικό υλικό για τη Β΄ Γυμνασίου που αναπτύχθηκε απευθύνεται τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητές και αποτελείται από:

Α. Το βιβλίο «Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Οδηγός Εκπαιδευτικού»

Β. Το βιβλίο «Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Τετράδιο Εργασιών»

Όλο το διδακτικό υλικό δόθηκε σε έντυπη και σε ηλεκτρονική μορφή.

Η συγγραφική ομάδα αποτελείτο από μάχιμους εκπαιδευτικούς μερικώς ή πλήρως αποσπασμένους στο Π.Ι. και επιμορφωμένους στη φιλοσοφία των Ν.Α.Π. από τα προγράμματα επιμόρφωσης του Π.Ι. σε συνεργασία με το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού. Ανέλαβαν με δημοκρατικές διαδικασίες τη συγγραφή, συνδυάζοντας την εμπειρία και την επιστημονικότητα. Την εποπτεία του όλου υλικού, διασφαλίζοντας την ποιότητα και την εγκυρότητά του, είχε η επιθεώρηση Χημείας.

Ο αναθεωρημένος ρόλος του εκπαιδευτικού μέσα από τα Ν.Α.Π.

Η παράδοση του διδακτικού πακέτου σε ηλεκτρονική μορφή και η όλη δομή του εξασφαλίζει την αυτονομία του εκπαιδευτικού να αναλάβει πρωτοβουλία, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των μαθητών του και της κοινότητας. Κάθε εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει

το διδακτικό υλικό στις ανάγκες, στο στυλ και στο ρυθμό μάθησης των μαθητών του. Αναθεωρείται πλήρως ο ρόλος του εκπαιδευτικού ως φορέα γνώσεων και απλού εκτελεστή κάποιων διαδικασιών ρουτίνας, αλλά είναι ουσιαστικά εμπλεκόμενος, είναι ο καθοδηγητής, ο συντονιστής, ο εμψυχωτής των μαθητών του· αυτός που θα τους ανοίξει ορίζοντες και θα οικοδομήσουν τη γνώση.

Σύμφωνα πάντα με τους δείκτες επιτυχίας και τη φιλοσοφία των Ν.Α.Π., ο εκπαιδευτικός θα εμπλουτίζει, θα εμβαθύνει, θα απορρίπτει κάποια σημεία από το βασικό διδακτικό υλικό. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η προσκόλληση σ΄ένα και μοναδικό βιβλίο και ο ανελαστικός προγραμματισμός της διδασκαλίας. «Αποτελεσματικός εκπαιδευτικός δεν είναι σίγουρα αυτός που γνωρίζει πολλά και τα παραδίδει με ευχέρεια, αλλά αυτός που δεν στερεί από τους μαθητές του τη χαρά της μάθησης, τους βοηθά να αρθούν μέχρι το επιστημονικό πρότυπο και την αυτοπραγμάτωση» (Κουτσελίνη, 1997).

Το βιβλίο «Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Οδηγός Εκπαιδευτικού»

Σκοπός του οδηγού είναι να βοηθήσει τον/την εκπαιδευτικό:

- Να κατανοήσει τον προσανατολισμό των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων.
- Να εφαρμόζει διδακτικές μεθόδους που να προωθούν και να ενθαρρύνουν την ενεργοποίηση του μαθητή, προτρέποντάς τον να αναπτύσσει πρωτοβουλίες.
- Να καλλιεργεί την ελεύθερη σκέψη και έκφραση, τη δράση, το ερευνητικό πνεύμα, τον αποκαλυπτικό χαρακτήρα της μάθησης και την πολύπλευρη προσέγγιση της γνώσης.
- Να δημιουργεί ένα ευχάριστο μαθησιακό περιβάλλον για μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς.
- Να καλλιεργεί ικανότητες, στάσεις και συμπεριφορές στους μαθητές/τριες που να είναι χρήσιμες για την ευρύτερη σχολική ζωή και την κοινωνική ζωή, ώστε να γίνουν υπεύθυνοι πολίτες.
- Να αναπτύσσει ποιοτική επικοινωνία μεταξύ μαθητών και μεταξύ μαθητή-εκπαιδευτικού με πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας.
- Να προωθεί τον εργαστηριακό χαρακτήρα του μαθήματος με ασφάλεια και δημιουργικότητα.
- Να αξιοποιεί τις γνώσεις, τις εμπειρίες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Στον οδηγό γίνεται αναφορά στις γενικές αρχές και στη φιλοσοφία των Ν.Α.Π., προτείνονται νέες διδακτικές προσεγγίσεις και μορφές αξιολόγησης. Επίσης περιλαμβάνονται οι κανόνες ασφάλειας, κατάλογος υλικών-οργάνων-συσκευών που απαιτούνται συνολικά, αλλά και για κάθε φύλλο εργασίας και βοήθημα για τον ετήσιο προγραμματισμό που περιλαμβάνει γνώσεις, δείκτες επιτυχίας και οδηγό οργάνωσης δραστηριοτήτων ανά ενότητα.

Το βιβλίο «Χημεία Β΄ Γυμνασίου, Τετράδιο Εργασιών»

Περιλαμβάνει φύλλα εργασίας που απευθύνονται στον μαθητή/τρια. Στο διδακτικό υλικό της Χημείας γίνεται αρμονική και ισότιμη συνύπαρξη σημαντικών γνώσεων της Χημείας με την καλλιέργεια των κομβικών προσόντων που απαιτούνται στην κοινωνία της γνώσης και με την ανάπτυξη των ιδιοτήτων που χαρακτηρίζουν τον Δημοκρατικό Πολίτη του 21ου αιώνα.

Περιεχόμενο

Το βιβλίο απαρτίζεται από δύο ενότητες: Ενότητα Ι: Εισαγωγή στη Χημεία και
Ενότητα ΙΙ: Υλη – Δομή της ύλης
Ακολουθείται το γενικό σχήμα μετάβασης από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο και στο συμβολικό. Εξοικειώνονται οι μαθητές με τα φαινόμενα μακροσκοπικά και οι θεωρίες

εισάγονται για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Η προσέγγιση αυτή ισχύει στα περισσότερα κράτη της Ευρώπης και επίσης κάνει το προς διερεύνηση θέμα ενδιαφέρον και πιο ελκυστικό.

Σχετικά με την ιεράρχηση των θεμάτων το βιβλίο ξεκινά με απλά φαινόμενα και έννοιες, ενώ έννοιες του μικρόκοσμου του ατόμου και του μορίου που κρίνονται δύσκολες και αφηρημένες για τους μαθητές εισάγονται καθυστερημένα και με τη βοήθεια προσομοιώσεων ώστε να γίνει η δόμησή τους από τους μαθητές και όχι σαν δεδομένα (Κολιούλης, Τσαπαρλής 2007).

Δομή και αρχές διδασκαλίας

Η σχολική γνώση προσεγγίζεται με διερευνητικές μεθόδους ώστε να οικοδομείται σταδιακά από τους ίδιους τους μαθητές. Στη Β΄ τάξη Γυμνασίου οι μαθητές γνωρίζουν τη Χημεία ως διακριτή επιστήμη μέσω της επιστημονικής προσέγγισης.

Στην αρχή παρουσιάζεται ένα σενάριο με θέμα από τη καθημερινή ζωή και τίθεται το προς διερεύνηση, από τους μαθητές, ερώτημα. Οι μαθητές προβλέπουν, παρατηρούν, και μέσα από την πειραματική διαδικασία, συγκρίνουν, μετρούν, αναλύουν, ταξινομούν και διασφαλίζουν την ορθότητα των αποφάσεών τους ή αναθεωρούν αφού συλλέξουν ικανοποιητικές αποδείξεις. Η διερευνητική μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η δομημένη και η καθοδηγούμενη, λόγω της πρώτης επαφής των μαθητών με αυτό τον τρόπο διδακτικής προσέγγισης. Επαφίεται όμως στον καθηγητή, εάν οι μαθητές του αποκτήσουν την ικανότητα, να χρησιμοποιήσει και την ανοικτού τύπου διερεύνηση.

Η διερευνητική μέθοδος διαμορφώνει την επιστημονική σκέψη των μαθητών και τους βοηθά να έρθουν σε επαφή με σύγχρονες ιδέες και θέματα Χημείας, προσαρμοσμένα στο επίπεδο της νοητικής ανάπτυξης και των ενδιαφερόντων τους. Οδηγεί τον μαθητή να βρίσκει μόνος του τις απαντήσεις στα διάφορα ερωτήματα, που θέτει ακόμα και ο ίδιος (θεωρία μαθήσεως του Bruner), μια δεξιότητα απαραίτητη στον δια βίου εκπαιδευόμενο πολίτη.

Παράδειγμα: ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Μείγματα (1) Ομογενή και ετερογενή

- Η Μαρία πήγε στην υπεραγορά και αγόρασε ένα σοκολατούχο γάλα.

Διάβασε την ετικέτα στο μπουκάλι που έγραφε:

Περιέχει: γάλα, σοκολάτα, νερό Ανακινήστε πριν ανοίξετε

Μαζί με το σοκολατούχο γάλα, η Μαρία αγόρασε επίσης και ένα παγωμένο τσάι, στην ετικέτα του οποίου έγραφε: *Περιέχει: νερό, ζάχαρη, εκχυλίσματα μέντας*

Η Μαρία διερωτήθηκε: "Γιατί πρέπει να ανακινήσω το σοκολατούχο γάλα; Μήπως χρειάζεται να ανακινήσω και το παγωμένο τσάι;

Πρόβλεψη- Συζητήστε στην ομάδα σας και γράψτε την άποψή σας.

Για να επαληθεύσετε την απάντησή σας στο ερώτημα προχωρήστε στην παρακάτω πειραματική εργασία.

Η δομή, το περιεχόμενο και ο χρόνος κάθε διδακτικής ενότητας έχουν επιλεγεί ώστε να καλλιεργούν και να αναπτύσσουν τη δεξιότητα της δημιουργικότητας, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, την αναστοχαστική διαχείριση της γνώσης μέσα από τη μάθηση της Χημείας. Δημιουργούνται οι προϋποθέσεις και το περιβάλλον που ωθούν τα παιδιά να παρατηρήσουν, να προβληματιστούν, να πειραματιστούν, να ανακαλύψουν και να συμπεράνουν. Οι μαθητές αποκτούν ερευνητική στάση, «γεννούν» όσο το δυνατόν περισσότερες ιδέες που χαρακτηρίζονται από πρωτοτυπία και αυθεντικότητα και δίνουν νέες και αποτελεσματικές λύσεις. Η δημιουργικότητα καλλιεργείται τόσο μέσα στην τάξη όσο και εξωσχολικά με τις εργασίες για το σπίτι.

Τα φύλλα εργασίας είναι εμπλουτισμένα με πίνακες, γραφικές παραστάσεις, διαγράμματα και εικόνες και δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να μπορούν να παρουσιάσουν πληροφορίες με τη μορφή πινάκων ή διαγραμμάτων και να μπορούν να αντλούν πληροφορίες που τους δίδονται από τους πίνακες, τα διαγράμματα, τις γραφικές παραστάσεις και τις εικόνες.

Παράδειγμα: ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Ρύπανση του νερού

(Δίνεται ένα σενάριο για ανέγερση βαφείου σε μια κοινότητα)

- Συζητήστε στην ομάδα σας και αναφέρετε δύο λόγους που θα επικαλεστεί:

Ο κοινοτάρχης του χωριού υπέρ της ανέγερσης του βαφείου

Ο εκπρόσωπος των κατοίκων που είναι ενάντια στην ανέγερση του βαφείου.

Παράδειγμα: ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Ιδιότητες μετάλλων

- *Μήπως τα μέταλλα, εκτός από αγωγοί της θερμότητας, είναι και αγωγοί του ηλεκτρισμού; Τι σημαίνει «αγωγοί του ηλεκτρισμού»;*

Συζητήστε στην ομάδα σας και σχεδιάστε ένα πείραμα που θα σας βοηθήσει να απαντήσετε τα πιο πάνω ερωτήματα.

Στην περιγραφή σας, να εξηγήσετε πώς θα χρησιμοποιήσετε το κύκλωμα του σχεδιαγράμματος για να διερευνήσετε ποια από τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα παρακάτω αντικείμενα, είναι αγωγοί του ηλεκτρισμού:

σιδερένια καρφοβελόνα, έλασμα χαλκού, πλαστικό κουταλάκι, φύλλο αλουμινίου.

Στη σύγχρονη κοινωνία της πληροφορίας δε νοείται να μην υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία η χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας. Οι μαθητές χρησιμοποιώντας ποικίλα εργαλεία των ΤΠΕ αναζητούν, αξιολογούν και διαχειρίζονται πληροφορίες, επικοινωνούν και συνεργάζονται και πραγματοποιούν εργασίες. Ιδιαίτερα για τη διδασκαλία της Χημείας, παρέχουν τη δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων, προσομοιώσεων και επεξηγήσεων σε θέματα που θεωρούνται δύσκολα κατανοητά ή εκτός καθημερινής εμπειρίας.

Και φυσικά επειδή απευθυνόμαστε σε τάξεις ανομοιογενείς που έχουν και μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ή αλλοδαπούς, η χρήση των ΤΠΕ βελτιώνει τις κοινωνικές και επικοινωνιακές τους δεξιότητες (Μπράτιτσης, Κανδρούδη)

Η πολιτικοποίηση στην εποχή μας αποτελεί μια πρόκληση. Μια πρόκληση που θα αντιμετωπίσει αποτελεσματικά την κοινωνική, θρησκευτική, πολιτισμική, και εκπαιδευτική διαφορά των πολιτών. Στα πλαίσια των μαθημάτων της Χημείας, που αναφέρονται τα φύλλα εργασίας, οι μαθητές αναπτύσσουν αξίες και δεξιότητες απαραίτητες για τον ενεργό πολίτη.

Οι μαθητές-πολίτες εμπλέκονται σε δημοκρατικές διαδικασίες, συνεργάζονται και επικοινωνούν αποτελεσματικά, αναπτύσσουν ελεύθερα την κριτική σκέψη και δημιουργικότητα, αποκτούν τεχνικές δεξιότητες και ψηφιακή κουλτούρα.

Η οικολογική ευαισθησία και η περιβαλλοντική συνείδηση είναι διάχυτη σ΄ όλο σχεδόν το υλικό.

Τα φύλλα εργασίας με τα θέματα και τις τεχνικές με τις οποίες τα διαπραγματεύονται, δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές, αφού ερευνήσουν και ενημερωθούν, να αναπτύξουν θετική στάση και δράση για την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Έτσι, στοχεύουμε σ΄έναν πολίτη που ενημερώνεται, εμπλέκεται και δραστηριοποιείται για να διαμορφώσει τη δημόσια ζωή και να βελτιώσει την ποιότητας της κοινωνίας.

Παράδειγμα: ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Η συμβολή της Χημείας στην εξέλιξη του Πολιτισμού

- Πιο κάτω σας δίνεται το διεθνές αναγνωρισμένο σύμβολο της ανακύκλωσης με τα τρία συνεχόμενα βέλη.

(α) Γιατί πρέπει να γίνεται ανακύκλωση των υλικών; (β) Ποια πρέπει να είναι η δράση σας ως υπεύθυνοι πολίτες σχετικά με την ανακύκλωση;

Οι μαθησιακές δραστηριότητες είναι τέτοιες ώστε να προωθούν και να ενισχύουν τη συνεργατική μάθηση, την αλληλεπίδραση των μαθητών και την ανάπτυξη της γλωσσικής τους ικανότητας. Η οργάνωση της τάξης γίνεται σε ομάδες των 3-4 ατόμων, καθώς η μάθηση στην ομάδα βοηθά στην ολοκληρωμένη εμβάθυνση ενός θέματος (Φωτίου, 1998) και είναι αποτελεσματικότερη και διαρκέστερη από την ατομική διδασκαλία (Καψάλης, 1987).

Μέσω της ομαδοσυνεργατικής μορφής διδασκαλίας, γίνεται ενίσχυση και ενθάρρυνση των δεξιοτήτων επικοινωνίας και ενσυναίσθησης που είναι απαραίτητες για την συναισθηματική

ανάπτυξη του ατόμου και κατ΄επέκταση για την ύπαρξη ατομικής και κοινωνικής ζωής. Αναπτύσσονται συνθήκες θετικής αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης μεταξύ των μελών της ομάδας, δημιουργούνται ευκαιρίες για ομαδικές συζητήσεις, γόνιμες και πολιτισμένες αντιπαραθέσεις και καλλιεργούνται μηχανισμοί ώστε να καταλήξουν σε τεκμηριωμένες αποφάσεις και γενικά αποδεκτά συμπεράσματα.

Στα φύλλα εργασίας υπάρχει σαφής εργαστηριακός προσανατολισμός, υπάρχουν ποικίλες εργαστηριακές δραστηριότητες, ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να δοκιμάζουν, να πειραματίζονται, να ανακαλύπτουν τη γνώση και να προσεγγίζουν τον όμορφο κόσμο της Χημείας με ελκυστικό και ενδιαφέροντα τρόπο. Οι δραστηριότητες αυτές πρέπει να στοχεύουν στην ενθάρρυνση των μαθητών να αποκτήσουν: δεξιότητες χειρισμού συσκευών, δεξιότητες παρατήρησης, ικανότητες ερμηνείας των πειραματικών δεδομένων και ικανότητα σχεδιασμού πειραμάτων (Buckley & Kempa 1971). Επίσης βελτιώνουν την άποψή τους για το μάθημα, αφού γίνεται ενδιαφέρον και «ζωντανό». Επίσης οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου πραγματοποιώντας πειράματα με απλά όργανα του εργαστηρίου αποκτούν τη διάχυτη γνώση σε κάθε όργανο η οποία θα τους χρησιμεύσει στην καθημερινότητά τους. Είναι αυτονόητο ότι είναι ιδιαίτερα δημιουργικό ο ίδιος μαθητής να συμμετέχει ενεργά στο σχολικό πείραμα, κάτι που τον ωθεί να δείχνει ενδιαφέρον και να παίρνει ικανοποίηση. «Εξάλου η διδασκαλία της Χημείας χωρίς πείραμα παραμένει μια άχρωμη, άοσμη και άγευστη προσπάθεια επαφής των μαθητών με τον μαγευτικό κόσμο της χημείας» (Μαυρόπουλος 1997).

Η γνώση της Χημείας δεν είναι αδιάφορες και αποσπασματικές πληροφορίες, αλλά σχετίζονται με θέματα της καθημερινότητας. Έρευνες (Τσαπαρλής & Βλάχου, 1987, 1991) έδειξαν τη φτωχή σύνδεση της σχολικής χημείας με τη ζωή τόσο στο γυμνάσιο όσο και στο λύκειο. «Είναι γνωστό ότι η γυμνασιακή χημεία είναι ένα προβληματικό μάθημα που αποτυγχάνει να «απογειώσει» τους μαθητές, δίνοντας την εικόνα ενός δύσκολου, ανιαρού και άχρηστου μαθήματος» (Τσαπαρλής 2002, Πέτσιος κ.ά. 2003). Μέσα από τα φύλλα εργασίας επιχειρούμε να αλλάξουμε αυτή την αρνητική εικόνα και να αναδείξουμε την άμεση σύνδεση και την εφαρμογή της χημείας στην καθημερινή ζωή. Έτσι, οι μαθητές θα δουν τη χρησιμότητά της και δεν θα τη θεωρούν σαν κάτι ξένο και ασύνδετο με τη ζωή τους.

Παράδειγμα: ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: Αργή ή γρήγορη αντίδραση

- Ο μικρός Γιάννης άφησε το ποδήλατό του για πολύ καιρό έξω από το σπίτι του, εκτεθειμένο στον αέρα. Παρατήρησε ότι η καδένα του ποδηλάτου καλύφτηκε από ένα καφέ-κόκκινο στερεό, τη σκουριά, όπως του εξήγησε η μητέρα του.

Γιατί δεν παρατήρησε έγκαιρα το σκούριασμα της καδένας, ώστε να την προστατέψει; Ποιες συνθήκες οδήγησαν στο σκούριασμα του μετάλλου της καδένας;

Η αξιολόγηση του μαθητή

Κατά την αξιολόγηση θα πρέπει να συνεκτιμηθούν: Η απόκτηση νέων γνώσεων σύμφωνα με τους δείκτες επιτυχίας, η καλλιέργεια στάσεων και αξιών και η ανάπτυξη ικανοτήτων (κομβικά προσόντα).

Στα φύλλα εργασίας εφαρμόζονται τα τρία είδη αξιολόγησης:

- *Αρχική ή διαγνωστική* για να προσδιοριστεί το επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων του μαθητή. Σε περίπτωση δυσκολιών παρέχεται εξατομικευμένη βοήθεια από τον καθηγητή.
- *Διαμορφωτική ή ενδιάμεση* για να πληροφορηθεί και να παρακολουθήσει ο καθηγητής την πορεία κάθε μαθητή και να παρέμβει τροποποιώντας τη διδακτική του προσέγγιση (ανατροφοδότηση).
- *Τελική ή αθροιστική* για να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της διδακτικής διαδικασίας που προηγήθηκε.

Οι ποικίλες δραστηριότητες του διδακτικού υλικού (π.χ. εννοιολογικοί χάρτες, λύση προβλήματος, συζήτηση-αντιπαράθεση) δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή της

αυτοαξιολόγησης, ώστε έχοντας κατανοήσει τις δυνατότητες ή ανάγκες του να φτάσει στο επιδιωκόμενο σημείο.

Στόχος μας είναι να χρησιμοποιηθεί η αξιολόγηση για μάθηση και να αξιοποιηθούν οι δραστηριότητες με τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγούν στη μάθηση.

Τα λάθη θεωρούνται μέρος της διδακτικής διαδικασίας, κάτι που δίνει στους μαθητές αίσθηση ασφάλειας, τους απαλλάσσει από το άγχος και τους οδηγεί στη χαρά της μάθησης.

Μια πρώτη αξιολόγηση του διδακτικού υλικού

Η αξιολόγηση που γίνεται μέσα από την ελεγχόμενη εφαρμογή (αναλήψεις) και από την πιλοτική-δοκιμαστική εφαρμογή δείχνει ότι οι εντυπώσεις κερδήθηκαν.

Το βιβλίο χαρακτηρίστηκε ως ενδιαφέρον, δροσερό, σύγχρονο, ελκυστικό και τυγχάνει ευρείας αποδοχής από τον μαθητικό και εκπαιδευτικό κόσμο.

Δυνατά σημεία σύμφωνα με την άποψη των αξιολογητών είναι:

- Η σύνδεσή του με την καθημερινή ζωή
- Ο βαθμός αυτονομίας του εκπαιδευτικού
- Η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας με λύση προβλήματος
- Η σπειροειδής διδασκαλία της ύλης
- Το πείραμα κατά τη διδακτική διαδικασία
- Τα ποικίλα είδη αξιολόγησης
- Η εικονογράφηση και τα χρώματα
- Η προαγωγή της συνεργασίας και της ομαδικότητας

Προβλήματα:

- Η απειρία των καθηγητών σχετικά με την διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας
- Η απειρία των καθηγητών με τους νέους τρόπους αξιολόγησης
- Η δυσκολία χρήσης των ΤΠΕ
- Οι πολλές εργαστηριακές δραστηριότητες που συνεπάγονται και περισσότερο φόρτο εργασίας
- Η υλικοτεχνική υποδομή

Καταληκτικά

Τελικά, πιστεύοντας ότι το υλικό αυτό μπορεί να προάγει τη φιλοσοφία των Ν.Α.Π. αναδεικνύεται σε ένα σημαντικό εργαλείο για τη διάπλαση ενεργών και αυτόνομων πολιτών που να είναι επιστημονικά εγγράμματοι και με αναπτυγμένη την κριτική σκέψη. Αναγκαία προϋπόθεση γι΄αυτό είναι η αξιοποίησή του από τους εκπαιδευτικούς και η ανατροφοδότηση που θα προκύψει από την εφαρμογή του για βελτιώσεις.

Βιβλιογραφία

Εξαρχάκος Θ. (1997). Εκπαιδευτική Μεταρρύθμιση-Αναγκαιότητα και Γενικές Αρχές. Έκθεση εργασιών Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ο.Ε.Λ.Μ.Ε.Κ., 200-222

Επιτροπή Ν.Α.Π. (2008). Πρόταση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο Δημοτικής και Μέσης Εκπαίδευσης. Αναλυτικό Πρόγραμμα για τα δημόσια σχολεία της Κυπριακής Δημοκρατίας

Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ. (2007). Χημεία Γ΄ Γυμνασίου Βιβλίο Εκπαιδευτικού

Ιωαννίδου-Κουτσελίνη Μ. (1997). Τα Αναλυτικά Προγράμματα σε μια Μετανεοτερική Εποχή. Έκθεση εργασιών Εκπαιδευτικό Συνέδριο Ο.Ε.Λ.Μ.Ε.Κ., 114-129

Καραγεώργος Δ. (2003). Διδακτική των Θετικών Επιστημών Εισαγωγή στην Εκπαιδευτική διαδικασία, Σαββάλα, Αθήνα

Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ. (2008). Εποικοδόμηση και διαφοροποίηση Διδασκαλίας-Μάθησης σε τάξεις μικτής ικανότητας. Φιλοσοφία και Έννοια. Στρατηγικές και Εφαρμογές. Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία

Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ. & Θεοφιλίδης, Χρ. (2002). Διερεύνηση και Συνεργασία για μια αποτελεσματική διδασκαλία. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη

Λιάπη Ε, Τσαπαρλής Γ. (2007) Μαθητές γυμνασίου εκτελούν οι ίδιοι δημιουργικά πειράματα που συνδέονται με την καθημερινή ζωή – Μια πρώτη αξιολόγηση και σύγκριση με συμβατικά πειράματα. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες εκπαίδευσης, Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, Τεύχος Β΄, 725-734

Μαυρόπουλος Μ. (1997). Διδάσκω Χημεία, Σαββάλας, Αθήνα

Μπράτιτσης Θ., Κανδρούδη Μ. (2011). Ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες με ΤΠΕ στο δημοτικό και κοινωνικοποίηση μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, Τόμος 4

Τσαπαρλής Γ. & Βλάχου Σ. (1987). Χημεία και ζωή στο γυμνάσιο. *Νέα Παιδεία*, 44, 152-163

Τσαπαρλής (1988). Διδασκαλία χημείας β' γυμνασίου: Μόρια και άτομα (Εφαρμογή της θεωρίας της διδακτικής στην πράξη). Λόγος και Πράξη, Τεύχος 33-35, 141-155.

Τσαπαρλής Γ. (2007) Διδακτική και διδασκαλία. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες εκπαίδευσης, Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, Τεύχος Β΄, 680-688

Τσελφές Β. (2011). Τα Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης «νέας γενιάς» και οι Φυσικές Επιστήμες. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες εκπαίδευσης, Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου , 49-57

Φωτίου Χ. (1998). Θέματα Σύγχρονης Διδακτικής, Π.Ι.Κ., Λευκωσία

Inquiry-based Teaching, Professional Learning Module, Denis Goodrum and Amelia Druhan Australian Academy of Science

Guide for developing Inquiry-based Teaching and Learning Units

European Project ''ESTABLISH'' European Science and Technology in Action: Building Links with Industry, Schools and Home

Tomlinson, C.A. (2003). Διαφοροποίηση στην αίθουσα διδασκαλίας. (Χρ. Θεοφιλίδης & Δ. Μαρτίδου-Φορτσιέ, μετάφραση). Λευκωσία

Παράρτημα
Περιεχόμενα

Πρόλογος

Μέρος Α΄

1. Φιλοσοφία και γενικές αρχές των Ν.Α.Π. στο μάθημα της Χημείας
2. Διδακτικές προσεγγίσεις
3. Αξιολόγηση του μαθητή
4. Ρόλος του εκπαιδευτικού
5. Στο εργαστήριο της χημείας: Κανόνες ασφάλειας και υγείας
6. Βοήθημα για τον ετήσιο Προγραμματισμό
   6.1 Θεματικές περιοχές - δείκτες επιτυχίας - στόχοι
   6.2 Τίτλος Φύλλου Εργασίας - Στόχοι - κομβικά προσόντα - συνοδευτικό υλικό.
7. Υλικά - Όργανα - Συσκευές
   7.1 Κατάλογος οργάνων και συσκευών που απαιτούνται για όλες τις δραστηριότητες στο μάθημα της Χημείας
   7.2 Κατάλογος υλικών που απαιτούνται για όλα τα φύλλα εργασίας
   7.3 Κατάλογος υλικών - οργάνων - συσκευών για κάθε φύλλο εργασίας
8. Βιβλιογραφία

Μέρος Β΄

Ενότητα Ι: Εισαγωγή στη Χημεία

1. Η συμβολή της Χημείας στην εξέλιξη του πολιτισμού
2. Επωφελής και αλόγιστη χρήση των χημικών προϊόντων - Φυσικά και Χημικά φαινόμενα

Ενότητα ΙΙ: Ύλη - Δομή της ύλης

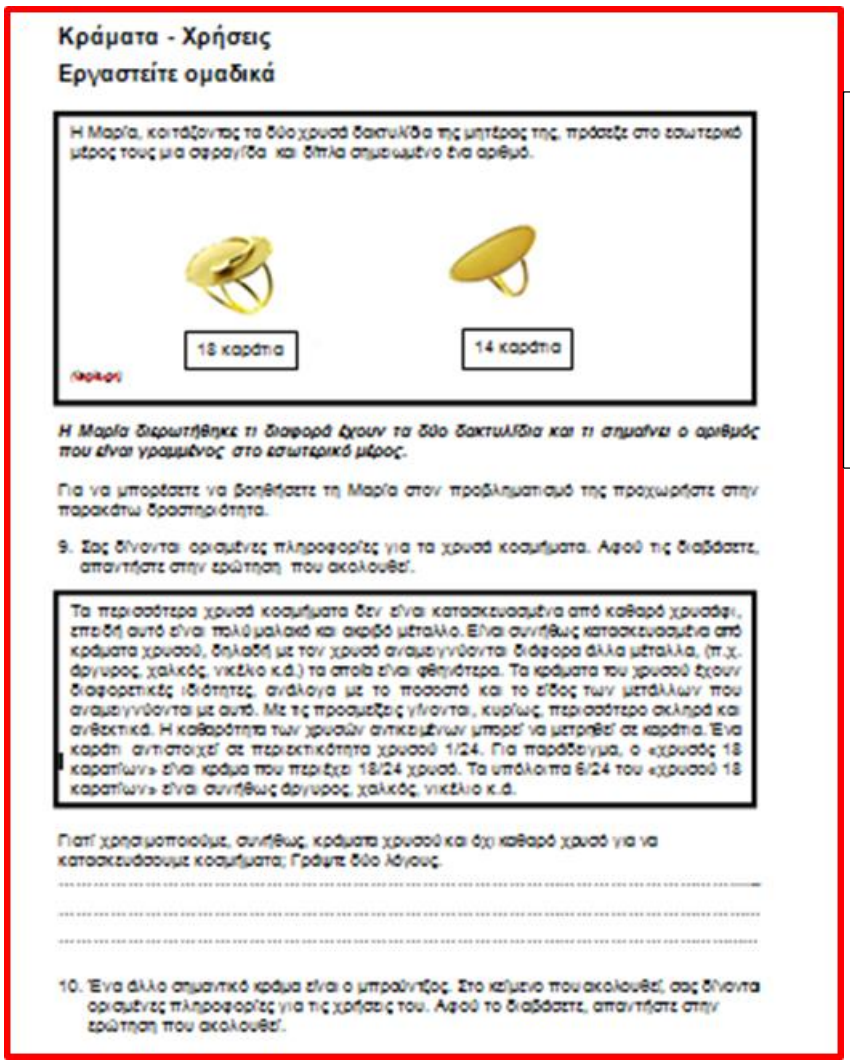
3. Το νερό
3.1. Το νερό στη ζωή μας - Κύκλος του νερού
3.2. Φυσικό νερό - Πόσιμο νερό - Σκληρό και Μαλακό νερό-Απεσταγμένο νερό
3.3 Λειψυδρία - Ρύπανση του νερού
4. Μείγματα
4.1. Μείγματα - Ομογενή και ετερογενή
4.2 Ιδιότητες μειγμάτων
5. Διαχωρισμός μειγμάτων
5.1 Κοσκίνιση - Διήθηση - Απόχυση
5.2. Μαγνητικός Διαχωρισμός - Εξάτμιση - Απόσταξη
5.3 Χρωματογραφία - Φυγοκέντριση
6. Διαλύματα
6.1. Διαλύματα - Διαλύτης - Διαλυμένη ουσία - Διαλυτότητα
6.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα
7. Περιεκτικότητα επί τοις εκατόν κατά όγκο (% κ.ό.)
8. Ηλεκτρολυτική διάσπαση του νερού
9. Χημικά στοιχεία - Χημικές ενώσεις
10. Κριτήρια καθαρότητας των ουσιών
11. Μέταλλα - Αμέταλλα - Κράματα - Χρήσεις
11.1. Ιδιότητες μετάλλων (1)

11.2. Ιδιότητες μετάλλων (2) - Αμέταλλα - Κράματα -Χρήσεις
12. Χημική αντίδραση
13. Καύση-Το τρίγωνο της φωτιάς - Τέλεια και ατελής καύση
14. Εξώθερμη και ενδόθερμη αντίδραση
15. Αργή και γρήγορη αντίδραση - Προστασία των μετάλλων
16. Άτομα και μόρια
17. Χημικοί τύποι
18. Ατμοσφαιρικός αέρας

18.1. Σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα
18.2. Ρύπανση του αέρα

Δείγμα μιας σελίδας από: Χημεία Β΄ Γυμνασίου Τετράδιο Εργασιών

Φύλλο Εργασίας: Ιδιότητες μετάλλων (2) - Αμέταλλα - Κράματα - Χρήσεις



Κράματα - Χρήσεις

Εργαστείτε ομαδικά

Η Μαρία, κοιτάζοντας τα δύο χρυσά δακτυλίδια της μητέρας της, πρόσεξε στο εσωτερικό μέρος τους μια σφραγίδα και δίπλα σημειωμένο ένα αριθμό.

18 καράτια

14 καράτια

Η Μαρία διερωτήθηκε τι διαφορά έχουν τα δύο δακτυλίδια και τι σημαίνει ο αριθμός που είναι γραμμένος στο εσωτερικό μέρος.

Για να μπορέσετε να βοηθήσετε τη Μαρία στον προβληματισμό της προχωρήστε στην παρακάτω δραστηριότητα.

9. Σας δίνονται ορισμένες πληροφορίες για τα χρυσά κοσμήματα. Αφού τις διαβάσετε, απαντήστε στην ερώτηση που ακολουθεί.

Τα περισσότερα χρυσά κοσμήματα δεν είναι κατασκευασμένα από καθαρό χρυσάφι, επειδή αυτό είναι πολύ μαλακό και ακριβό μέταλλο. Είναι συνήθως κατασκευασμένα από κράματα χρυσού, δηλαδή με τον χρυσό αναμειγνύονται διάφορα άλλα μέταλλα, (π.χ. άργυρος, χαλκός, νικέλιο κ.ά.) τα οποία είναι φθηνότερα. Τα κράματα του χρυσού έχουν διαφορετικές ιδιότητες, ανάλογα με το ποσοστό και το είδος των μετάλλων που αναμειγνύονται με αυτό. Με τις προσμείξεις γίνονται, κυρίως, περισσότερο σκληρά και ανθεκτικά. Η καθαρότητα των χρυσών αντικειμένων μπορεί να μετρηθεί σε καράτια. Ένα καράτι αντιστοιχεί σε περιεκτικότητα χρυσού 1/24. Για παράδειγμα, ο «χρυσός 18 καρατίων» είναι κράμα που περιέχει 18/24 χρυσό. Τα υπόλοιπα 6/24 του «χρυσού 18 καρατίων» είναι συνήθως άργυρος, χαλκός, νικέλιο κ.ά.

Γιατί χρησιμοποιούμε, συνήθως, κράματα χρυσού και όχι καθαρό χρυσό για να κατασκευάσουμε κοσμήματα; Γράψτε δύο λόγους.

.....

.....

.....

10. Ένα άλλο σημαντικό κράμα είναι ο μπρούντζος. Στο κείμενο που ακολουθεί, σας δίνονται ορισμένες πληροφορίες για τις χρήσεις του. Αφού το διαβάσετε, απαντήστε στην ερώτηση που ακολουθεί.

Όλα τα φύλλα εργασίας εισάγονται με ένα σενάριο ή ένα εισαγωγικό κείμενο το οποίο καθορίζει το πλαίσιο της διερεύνησης. Οι μαθητές/τριες κάνουν πρόβλεψη στο ερώτημα που τίθεται ή διατυπώνουν οι ίδιοι ένα ερώτημα ή προβληματίζονται.3

Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες

Μάνου Λεωνίδας[1], Σπύρτου Άννα[2]
[1] *Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, lmanou@uowm.gr*
[2] *Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, aspirtou@uowm.gr*

Περίληψη

Τα τελευταία 20 χρόνια, η Νανοεπιστήμη και η Νανοτεχνολογία (N-ET) αποτελούν κυρίαρχα πεδία επιστημονικής έρευνας και τεχνολογικής καινοτομίας. Η ολοένα αυξανόμενη κοινωνικό-οικονομική επιρροή τους έχει προσελκύσει δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις. Οι νέες ιδέες που προέκυψαν από την ανάπτυξη των δύο πεδίων κέντρισαν το ενδιαφέρον των ερευνητών στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) να διερευνήσουν τη δυνατότητα της διδακτικής ενσωμάτωσης τους όχι μόνο σε ακαδημαϊκό επίπεδο αλλά και στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τα αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας ώστε να αναγνωριστούν τα βασικά χαρακτηριστικά της N-ET και να αξιολογηθεί η εκπαιδευτική της αξία υπό του πρίσμα του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού. Από την επισκόπηση προκύπτουν βασικές έννοιες της N-ET, οι «Μεγάλες Ιδέες», οι οποίες υποστηρίζεται ότι θα πρέπει να κατακτήσουν εννοιολογικά οι μαθητές στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Επιπλέον στην εργασία διατυπώνεται μια πρόταση για την εισαγωγή των «Μεγάλων Ιδεών» σε συγκεκριμένες ενότητες του Νέου Προγράμματος Σπουδών ΦΕ του Δημοτικού Σχολείου.

Abstract

The last 20 years, Nanoscience and Nanotechnology (N-ST) have become major fields of scientific research and technological innovation. Their growing socio-economic potential has attracted public and private investments. The new concepts that emerged due to the development of these two fields have triggered the interest of the science education researchers to investigate the possibility to introduce N-ST not only to the academic level but also to the compulsory education. This work outlines the results of a bibliographic research targeted at identifying the main features of N-ST and assessing its educational value through the prism of scientific and technological literacy. This overview promotes the fundamental concepts of N-ST, the "Big Ideas" which students of primary education should conceptually acquire. Additionally, this essay states a proposal for the integration of the "Big Ideas" in specific units of the New Science Curriculum in primary education.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, η εξέλιξη σε διάφορους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας, π.χ. ιατρική, βιολογία, διάστημα, περιβάλλον, ηλεκτρονική, ενέργεια, είναι ραγδαία. Πολλές από αυτές τις εξελίξεις ασκούν ολοένα και μεγαλύτερη επίδραση στη καθημερινή ζωή των πολιτών, οι οποίοι απολαμβάνουν τα οφέλη και βιώνουν τις επιπτώσεις των σύγχρονων τεχνολογικών επιτευγμάτων. Επιπλέον, η ανάπτυξη θεωριών φυσικής του προηγούμενου αιώνα, όπως η κβαντική φυσική, η θεωρία του χάους και η θεωρία της σχετικότητας, προσμετρούνται αναμφισβήτητα στα σημαντικότερα επιστημονικά επιτεύγματα επηρεάζοντας σημαντικά τη σύγχρονη κοσμοαντίληψη (Σταύρου & Ασημόπουλος 2011).

Παρόλα αυτά, φαίνεται, ότι υπάρχει μία αξιοσημείωτη διάσταση μεταξύ της επιστήμης που συνοδεύει αυτές τις τεχνολογικές καινοτομίες και της επιστήμης/τεχνολογίας που οι μαθητές διδάσκονται στο σχολείο, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με φαινόμενα και έννοιες παραδοσιακού περιεχομένου όπως είναι η μηχανική και ο ηλεκτρισμός (Shabajee & Postlethwaite 2000). Για τη γεφύρωση αυτού του χάσματος, πρόσφατες έρευνες στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) άρχισαν να στρέφονται στη διδασκαλία γνωστικών αντικειμένων πέρα από τα παραδοσιακά. Χαρακτηριστικά, έχουν δημοσιευτεί εργασίες που αφορούν

ερευνητικές προσπάθειες για τη διδασκαλία σύγχρονων θεωριών φυσικής σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως η ειδική θεωρία της σχετικότητας (Δημητριάδη & Χαλκιά 2011) και η θεωρία του χάους (Σταύρου & Ασημόπουλος 2011).

Σε αυτή την κατεύθυνση, στη παρούσα εργασία διερευνώνται οι δυνατότητες διδακτικής ενσωμάτωσης ενός σύγχρονου επιστημονικού και τεχνολογικού πεδίου, αυτό της Ν-ΕΤ. Τα τελευταία χρόνια, νεοσύστατες πρωτοβουλίες σε όλο τον κόσμο εξετάζουν κατά πόσο είναι εφικτό να εισαχθούν τα εν λόγω πεδία τόσο σε τυπικά όσο και σε άτυπα περιβάλλοντα μάθησης[24]. Άρθρο ανασκόπησης των Hingant & Albe (2010), αποκάλυψε την ανάγκη για επιπρόσθετη και βαθύτερη έρευνα σε εκπαιδευτικά ζητήματα που ανακύπτουν, προκειμένου να ενσωματωθεί η Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση.

Με βάση τον παραπάνω προβληματισμό, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

α) Ποιες σύγχρονες κοινωνικό – οικονομικές συνθήκες αναδεικνύουν την εκπαιδευτική αξία της Ν-ΕΤ;

β) Ποια βασικά χαρακτηριστικά της Ν-ΕΤ θα μπορούσαν να συγκροτήσουν τον «πυρήνα» του περιεχομένου για την εισαγωγή της στην υποχρεωτική εκπαίδευση;

γ) Υπάρχουν ενότητες του Νέου Προγράμματος Σπουδών Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού σχολείου, όπου θα μπορούσε να ενσωματωθεί περιεχόμενο της Ν-ΕΤ;

Εκπαιδευτική αξία της Ν-ΕΤ

Υπάρχει μία εκτίμηση από οργανισμούς όπως ο ΟΟΣΑ[25] ότι τα επόμενα χρόνια, θα έχουμε σε παγκόσμιο επίπεδο, έλλειψη ανθρώπινου εργατικού δυναμικού εκπαιδευμένου στο συγκεκριμένο επιστημονικό-τεχνολογικό τομέα (Palmberg et al. 2009). Έτσι, οργανισμοί της βιομηχανίας, του εμπορίου και της δημόσιας διοίκησης, επιστήμονες και μηχανικοί, εκπαιδευτικοί, κοινωνιολόγοι, επιχειρηματολογούν υπέρ της εισαγωγής της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Sabelli et al. 2005). Ως αποτέλεσμα, θεωρείται πια χρέος από την Πολιτεία της κάθε χώρας να εξασφαλίσει τον αριθμό νανοεπιστημόνων και νανοτεχνολόγων που απαιτείται για να εργαστεί στην επιστημονική κοινότητα, στη βιομηχανία και στο εμπόριο. Μάλιστα, η παγκόσμια ύφεση, οι δύσκολες οικονομικές συνθήκες και τα υψηλά ποσοστά ανεργίας που καταγράφονται παγκοσμίως, καθιστούν τη Ν-ΕΤ μία ελκυστική αγορά εργασίας για τους νέους ανθρώπους (Lan 2012).

Για τους Foley & Hersam (2006), η ανάγκη εκπαίδευσης στη Ν-ΕΤ, είναι επιτακτική εξαιτίας του σκληρού ανταγωνισμού μεταξύ των χωρών που επενδύουν στο συγκεκριμένο χώρο. Σύμφωνα με ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2004), σημειώνεται ότι ο διεθνής ανταγωνισμός για την έρευνα, τις επενδύσεις και τις ευρεσιτεχνίες στο πεδίο της Ν-ΕΤ για χώρες όπως οι Η.Π.Α, η Ιαπωνία, η Κίνα, η Ρωσία και άλλες, αυξήθηκε σημαντικά κατά την περίοδο 2005-2007. Ενδεικτικά, στο χρονικό διάστημα 1997-1999 στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε) αντιστοιχούσε ποσοστό 32% των δημοσιεύσεων σε παγκόσμια κλίμακα, έναντι 24% των Η.Π.Α και 12% της Ιαπωνίας, ενώ στα διπλώματα ευρεσιτεχνίας οι Η.Π.Α. κατέχουν μερίδιο 42% παγκοσμίως έναντι 36% της Ε.Ε. Αυτό το στοιχείο δείχνει ότι στην Ε.Ε. η μετατροπή της έρευνας σε εφαρμογές είναι ένα πολύ δύσκολο εγχείρημα.

Επιπλέον, ενώ τα προϊόντα της Ν-ΕΤ έχουν ήδη κατακλύσει την αγορά εκφράζονται ανησυχίες για τις οικονομικές, κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις που προκαλεί η εν λόγω έκρηξη (Saxton 2007). Διάφοροι οργανισμοί ανά τον κόσμο όπως η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, ενθαρρύνουν την «ανάπτυξη μίας κοινωνίας όπου το κοινό, οι επιστήμονες, οι οικονομικοί παράγοντες και οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής θα πραγματεύονται με ευχέρεια και άνεση θέματα που συνδέονται με τη νανοτεχνολογία και τη νανοεπιστήμη… [Η επιτροπή] καλεί τα κράτη-μέλη να

[24]Για παράδειγμα στην Ευρώπη www.nanoyou.eu και www.nanototouch.eu, στις Η.Π.Α www.nano.gov και www.nisenet.org, στην Αυστραλία www.accessnano.org

[25] ΟΟΣΑ: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

αναπτύξουν περαιτέρω τακτικό διάλογο σε θέματα νανοτεχνολογίας και να ενισχύσουν την εκπαίδευση των καταναλωτών σε πεδία εφαρμογής» (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2005, σελ 9-10).

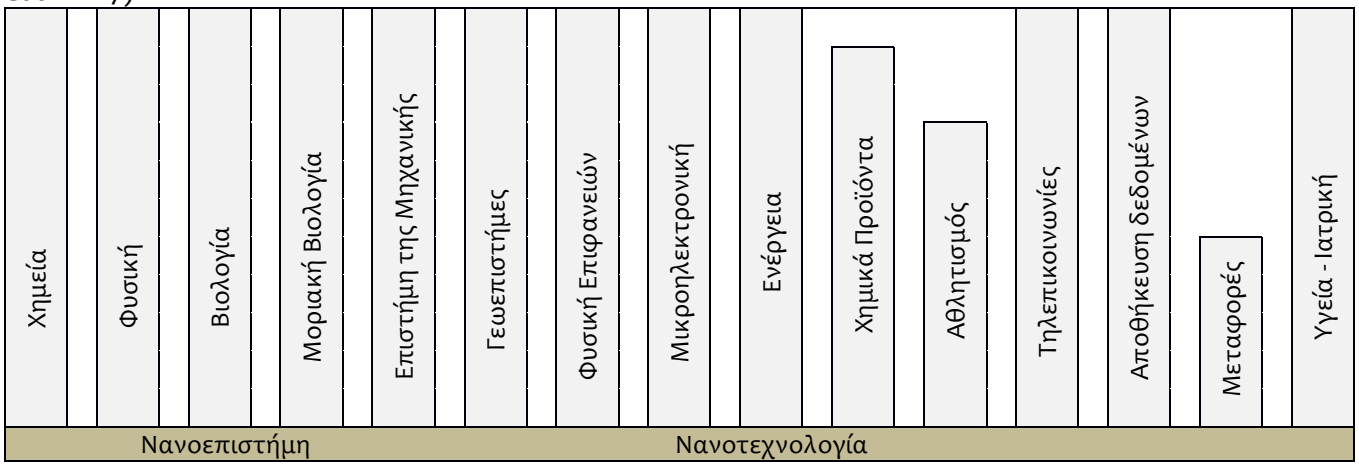
Από την πλευρά της εκπαιδευτικής κοινότητας, ερευνητές της ΔΦΕ, προβάλλουν ισχυρά επιχειρήματα για την εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Έρευνες για τους παράγοντες που συμβάλουν στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ, συμφωνούν στη διαπίστωση ότι όταν το γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται σχετίζεται με την καθημερινή ζωή των μαθητών, το ενδιαφέρον τους για τη μάθηση αυξάνεται (Brooks & Brooks 1993). Αν ληφθεί υπόψη ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν προϊόντα της Ν-ΕΤ στη καθημερινή τους ζωή (όπως π.χ. κινητά τηλέφωνα, υφάσματα, αθλητικό εξοπλισμό), μία διδασκαλία που θα επικεντρώνεται στις εφαρμογές της, θα μπορούσε να αυξήσει γενικότερα το ενδιαφέρον τους στις ΦΕ. Με τα παραπάνω επιχειρήματα, η εκπαιδευτική κοινότητα ελπίζει να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της μείωσης του ενδιαφέροντος από τους μαθητές προς τις ΦΕ που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο (Osborne et al. 2003).

Ο «Πυρήνας» του περιεχομένου της Ν-ΕΤ

Χαρακτηριστικά της Ν-ΕΤ

Συστηματικές και ευρείες προσπάθειες για να αναγνωριστεί ο «πυρήνας» των εννοιών (core concepts) της Ν-ΕΤ έχουν γίνει στις Η.Π.Α (Stevens et al 2007), ενώ νέοι μέθοδοι διδακτικής προσέγγισης με καινοτόμα εκπαιδευτικά υλικά παρουσιάζονται συχνά στη διεθνή βιβλιογραφία, π.χ. βιωματικές δραστηριότητες, μοντελοποίηση, προσομοιώσεις (Schank et al 2009, Harmer & Columba 2010). Μάλιστα, στις ΗΠΑ έχει ξεκινήσει η έκδοση ενός νέου επιστημονικού περιοδικού που αξιολογεί τέτοιες προσπάθειες[26].

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, παραδοσιακά επιστημονικά πεδία των ΦΕ συνδυάζονται μεταξύ τους, διαμορφώνοντας ένα καινούριο πεδίο, αυτό της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας. Για παράδειγμα, οι νόμοι της (κβαντικής) φυσικής είναι αυτοί που θα καθορίσουν ποια μόρια και ποια άτομα θα αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και με ποιο τρόπο. Η αλληλεπίδραση των διάφορων μορίων, εξηγείται ταυτόχρονα και συμπληρωματικά από νόμους της χημείας. Παράλληλα, η Ν-ΕΤ χειρίζεται μακρομόρια και μελετά τη λειτουργία των πρωτεϊνών προκειμένου να κατανοήσει τις διεργασίες ελέγχου των συστημάτων του ανθρώπινου οργανισμού και να αναπτύξει νέες μεθόδους θεραπείας ασθενειών. Τέλος, η κατασκευή από τη νανοτεχνολογία διατάξεων μεγέθους νάνο, προκειμένου να λειτουργούν αυτόνομα, αλλά και η αύξηση της αντοχής και της ανθεκτικότητας των υλικών με τη βοήθεια νανοσωματιδίων, δε θα μπορούσε να είναι εφικτή χωρίς τη συνεισφορά της επιστήμης των υλικών και της μικροηλεκτρονικής (Saxton 2007). Έτσι, η διεπιστημονικότητα και οι πολλαπλές τεχνολογικές εφαρμογές της Ν-ΕΤ θεωρούνται ως τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της (Saxton 2007, Stevens et al 2007).



[26] The Journal of Nano Education (www.aspbs.com/jne.htm)

Σχήμα 1: Διεπιστημονική φύση της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας[27]

Οι «Μεγάλες ιδέες» της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση

Το Εθνικό Κέντρο της Επιστήμης των Η.Π.Α NSF[28] διοργάνωσε την περίοδο 2006-2007 μία σειρά από σεμινάρια με την συμμετοχή επιστημόνων και επιστημόνων διδακτικής, με στόχο να υπάρξει ομοφωνία για τις θεμελιώδεις έννοιες της Ν-ΕΤ, τις οποίες θα πρέπει να κατακτήσουν εννοιολογικά οι μαθητές με απώτερο σκοπό να καθιστούν εγγράμματοι στα υπό μελέτη αντικείμενα. Αυτές οι θεμελιώδεις έννοιες χαρακτηρίστηκαν ως «Μεγάλες Ιδέες- Big Ideas» και συνοπτικά περιγράφονται παρακάτω (Stevens et al 2007):

1. **Μέγεθος και κλίμακα**: Με την εισαγωγή αυτών των κεντρικών εννοιών, οι μαθητές επιδιώκεται να εκτιμούν και να συγκρίνουν τα μεγέθη των αντικειμένων σε όλες τις κλίμακες και όχι μόνο αυτών που ανήκουν μόνο στη μακροκλίμακα ή τη μικροκλίμακα.
2. **Δομή της ύλης**: Ο τρόπος που τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους επηρεάζει τη συμπεριφορά των υλικών (π.χ. διαμάντι, γραφίτης, γραφένιο, νανοσωλήνες άνθρακα).
3. **Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος**: Οι ιδιότητες ενός υλικού (π.χ. χημικές, φυσικές, ηλεκτρικές) μπορούν να μεταβάλλονται ανάλογα με το μέγεθος και τη κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, καθώς το μέγεθος ενός υλικού προσεγγίζει τη νανοκλίμακα, εμφανίζονται διαφορετικές ιδιότητες από αυτές που κατέχει το ίδιο το υλικό στη μακροκλίμακα, και αυτές με τη σειρά τους καθιστούν το υλικό κατάλληλο για κάποιες εφαρμογές.
4. **Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις**: Η συμπεριφορά της ύλης καθορίζεται από τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις: τη βαρυτική, την ηλεκτρομαγνητική, την ισχυρή και την ασθενή πυρηνική. Η βαρύτητα υπερτερεί στη μακροκλίμακα, η ηλεκτρομαγνητική στη νανοκλίμακα, και η πυρηνική, που ελέγχει τη διάσπαση ραδιενεργών πυρήνων, στην υπό-ατομική κλίμακα.
5. **Αυτό – οργάνωση (self-assembly)**: Αυτό – οργάνωση λέγεται η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες τα άτομα και τα μόρια να σχηματίζουν δομές χωρίς εξωτερική παρέμβαση.
6. **Όργανα και μετρήσεις**: Τα πειραματικά όργανα κατέχουν σημαντική θέση στην εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας. Η ανακάλυψη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου έδωσε νέα ώθηση στην κατανόηση των φαινομένων που συμβαίνουν σε πολύ μικρές διαστάσεις.
7. **Μοντέλα και προσομοιώσεις**: Τα μοντέλα, γενικά, είναι απλοποιημένες αναπαραστάσεις των αντικειμένων ή των συστημάτων. Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των νανοσωματιδίων, είναι χρήσιμα για τη κατανόηση, τη πρόβλεψη και την εξήγηση των φαινομένων νανοκλίμακας.
8. **Ν-ΕΤ και κοινωνικές, ηθικές και νομικές επιπτώσεις**: Η Ν-ΕΤ αναμένεται να επηρεάσει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων θετικά αλλά και αρνητικά. Αφενός νέες καινοτόμες λύσεις ανακαλύπτονται για προβλήματα όπως, ποιότητα πόσιμου νερού, αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας και θεραπεία ασθενειών και αφετέρου, προκύπτουν προβληματισμοί για τις πολύπλευρες επιπτώσεις των νέων τεχνολογικών προϊόντων.
9. **Κβαντικά φαινόμενα**: Η ύλη στις πολύ μικρές διαστάσεις συμπεριφέρεται σαν κύμα και σαν σωματίδιο. Στις διαστάσεις νανοκλίμακας, η κυματική φύση της ύλης κυριαρχεί και απαιτείται η κβαντική μηχανική για να εξηγήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των σωματιδίων και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (π.χ. φως).

Η εισαγωγή των παραπάνω θεμελιωδών εννοιών στην εννοιολογική προσέγγιση της Ν-ΕΤ, δημιούργησε νέες προκλήσεις για τους ερευνητές της ΔΦΕ. Η διεθνής βιβλιογραφία επικεντρώνεται κυρίως στις προσπάθειες για την παραγωγή κατάλληλου διδακτικού υλικού, στο καθορισμό των μαθησιακών στόχων της κάθε «Μεγάλης Ιδέας», και στον τρόπο ενσωμάτωσης τους στο ισχύον, για την κάθε χώρα, Πρόγραμμα Σπουδών ΦΕ (Stevens et al. 2007). Ειδικότερα, προτείνεται, κάθε μία από τις «Μεγάλες Ιδέες» να εισαχθεί όχι σαν ανεξάρτητο διδακτικό αντικείμενο, αλλά σαν προέκταση των επιμέρους ενοτήτων που διδάσκονται ήδη οι μαθητές στα μαθήματα των ΦΕ (Healy 2009).

[27]Σχήμα από http://nanoyou.eu/attachments/188_Module-1-chapter-1.pdf, σελ 9-10
[28]NSF: National Science Foundation

Η εισαγωγή περιεχομένου της Ν-ΕΤ στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών των ΦΕ για το Δημοτικό Σχολείο

Ακολουθώντας το παραπάνω σκεπτικό, στην εργασία αυτή, αναζητήθηκαν ενότητες στις οποίες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν οι «Μεγάλες Ιδέες» της Ν-ΕΤ στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών[29] (ΝΠΣ) των ΦΕ στη χώρα μας των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού. Τα αποτελέσματα αυτής της αναζήτησης φαίνονται στον πίνακα 1.

Οι έννοιες «μέγεθος και κλίμακα» φαίνεται ότι μπορούν να ενσωματωθούν στην ενότητα 1.1 της Ε΄ Δημοτικού στην οποία προτείνεται ως δραστηριότητα, η αντιστοίχιση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών παραδειγμάτων συνηθισμένων αντικειμένων (π.χ. χαρτί, ύφασμα, τρίχα, βελόνα κ.λπ.). Ως εκ τούτου, θα μπορούσαν να διατεθούν στους μαθητές νανοσκοπικές φωτογραφίες των παραπάνω αντικειμένων (π.χ. μίας τρίχας) ώστε να επιτευχθεί η δεξιότητα της «διεύρυνσης των αισθήσεων» που αποτελεί επιδιωκόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα (ΝΠΣ, ΦΕ 2011, σελ 73). Στην ίδια ενότητα οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν φυτικά κύτταρα με το μικροσκόπιο. Μία διδακτική προέκταση θα αποτελούσε μία συζήτηση με τους μαθητές για την αδυναμία του συμβατικού μικροσκοπίου να αποτυπώσει με ακρίβεια τη δομή και τα οργανίδια του κυττάρου και την ανάγκη για τη κατασκευή ενός (ηλεκτρονικού) μικροσκοπίου για την απεικόνιση βλαβερών για τον άνθρωπο μικροοργανισμών που ανήκουν στη νανοκλίμακα όπως π.χ. ο ιός HIV και ο ιός της ηπατίτιδας.

Η ένταξη της Ν-ΕΤ στη διδακτική πράξη δείχνει να συμβαδίζει με τη βασική επιδίωξη του ΝΠΣ να τονίσει την σχέση μεταξύ ΦΕ και Τεχνολογίας με τη καθημερινή κοινωνική ζωή. Από τον Πίνακα 1 φαίνεται ότι στις δύο τελευταίες τάξεις υπάρχουν ενότητες που επικεντρώνονται στις επιδράσεις των τεχνολογικών επιτευγμάτων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον (Ε' Δημοτικού: ενότητες 1.2, 2.5, 3.2 και Στ' Δημοτικού: ενότητα 2.6). Για παράδειγμα, ως δραστηριότητα για τη διδασκαλία της ενότητας 1.2 της Ε΄ δημοτικού προτείνεται: «[οι μαθητές] *αναζητούν στο διαδίκτυο στοιχεία σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών, τη χρήση των νέων τεχνολογικών υλικών και αντικειμένων, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις διαδικασίες παραγωγής τους ή/και τη χρήση τους, τις κοινωνικές επιπτώσεις από τη χρήση τους, τα μοντέλα που περιγράφουν τις διαδικασίες κ.α*» (ΝΠΣ ΦΕ 2011, σελ 74).

Πίνακας 1: «Μεγάλες Ιδέες» Ν-ΕΤ και συσχέτισή τους με το ΝΠΣ ΦΕ της Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου

Μεγάλες Ιδέες	Ε' Δημοτικού	Στ' Δημοτικού
Μέγεθος-Κλίμακα	Ενότητα 1.1: Έμβια Ύλη – Η ζωή γύρω μας	
Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες	
Δομή της ύλης		
Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις		Ενότητα 4: Δημιουργώ με τις δυνάμεις
Αυτό-οργάνωση		
Όργανα	Ενότητα 1.1: Έμβια Ύλη – Η ζωή γύρω μας	
Μοντέλα και προσομοιώσεις	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες	

[29] www.digitalschool.minedu.gov.gr

Επιπτώσεις της Ν-ΕΤ	Ενότητα 1.2: Υλικά και τεχνολογικά αντικείμενα γύρω μας – Πρώτες ύλες Ενότητα 2.5: Τεχνολογικές εφαρμογές – Προστασία Ενότητα 3.2: Λιγότερη ενέργεια για τις ίδιες ανάγκες και επιθυμίες	Ενότητα 1: Ανθρώπινος οργανισμός - Γνωρίζω το σώμα μου Ενότητα 2.6: Επιδράσεις των σύγχρονων τεχνολογικών επιτευγμάτων στην ακοή του ανθρώπου

Κβαντικά φαινόμενα

Σε αυτή την κατεύθυνση φαίνεται να συμβαδίζει η διδακτική ενσωμάτωση των «Μεγάλων Ιδεών», «μοντέλα και προσομοιώσεις» καθώς και «επιπτώσεις της Ν-ΕΤ». Για παράδειγμα, η παρουσία νανοσωματιδίων αργύρου σε διάφορα αθλητικά προϊόντα, μπορεί να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της τεχνολογίας. Τέλος, στις διαδικτυακές διευθύνσεις που παρατέθηκαν παραπάνω προτείνονται διάφορα μοντέλα και προσομοιώσεις για την αναπαράσταση των νανοδομών που προσδίδουν καινοτόμες ιδιότητες σε διάφορα προϊόντα (π.χ. αναπαράσταση της δομής των νανοσωλήνων άνθρακα με μεταλλικό συρματόπλεγμα για τον σχεδιασμό ανθεκτικότερων προϊόντων).

Η πιθανή εισαγωγή της Ν-ΕΤ στο ΝΠΣ θα μπορούσε να ανοίξει νέους ορίζοντες, ώστε γνωστικά αντικείμενα να προσεγγιστούν με τρόπο διαφορετικό από το συνήθη παραδοσιακό. Ενδεικτικά, η ενότητα 4 της Στ' Δημοτικού στο ΝΠΣ ΦΕ επικεντρώνεται στην εννοιολογική προσέγγιση «της δύναμης» μέσω των αποτελεσμάτων που αυτή προκαλεί. Μία καινοτόμα διδακτική πρόταση, θα μπορούσε να αποτελέσει η αναγνώριση της φύσης των δυνάμεων που κυριαρχούν, ανάλογα με το μέγεθος των σωμάτων, στα οποία ασκούνται. Για παράδειγμα, στη βιβλιογραφία προτείνεται ως πειραματική επίδειξη της κυριαρχίας της βαρυτικής δύναμης στη μάκρο-κλίμακα, η πτώση μεγάλων σε μέγεθος σφαιριδίων μέσα σε λεπτό γυάλινο σωλήνα. Ωστόσο, αν τα σφαιρίδια γίνουν πολύ μικρά σε μέγεθος κυριαρχεί η ηλεκτρική δύναμη έναντι της βαρυτικής και τα σφαιρίδια προσκολλώνται στην επιφάνεια του σωλήνα[30].

Τέλος, όπως φαίνεται από τον πίνακα 1, κάποιες από τις «Μεγάλες Ιδέες», όπως η «Δομή της ύλης», δε συσχετίζονται με τις ενότητες του ΝΠΣ ΦΕ. Αυτό συμπαρασύρει και τις άλλες «Μεγάλες Ιδέες», όπως την «αυτό-οργάνωση» και τα «κβαντικά φαινόμενα», των οποίων η μελέτη προϋποθέτει τη διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου της δομής της ύλης, το οποίο όμως δεν εξετάζεται διεξοδικά στο Δημοτικό Σχολείο, σύμφωνα με το ΝΠΣ.

Συζήτηση

Η εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση, αναπτύσσει ένα ειδικό εκπαιδευτικό ερευνητικό κλάδο, το οποίο μελετά την εκπαιδευτική αξία της Ν-ΕΤ, τον καθορισμό του πυρήνα των εννοιών του περιεχομένου της καθώς και την οργάνωση της δομής του, τις διαδικασίες διδασκαλίας/μάθησης, το σχεδιασμό και την κατασκευή κατάλληλων εκπαιδευτικών υλικών, που θα συμβάλλουν στην υλοποίηση καινοτομικών διδακτικών προτάσεων. Στην εργασία αυτή από τη βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτει ότι οι «Μεγάλες ιδεές» της Ν-ΕΤ καθώς και η διεπιστημονικότητα της αποτελούν ένα πρώτο πλαίσιο στο οποίο είναι δυνατόν να αναζητηθεί η ενσωμάτωση των ιδεών αυτών σε θεματικές ενότητες των Προγραμμάτων Σπουδών καθώς και των σχολικών εγχειριδίων.

Εκτιμούμε ότι οι βασικές παραδοχές του ΝΠΣ των ΦΕ στο δημοτικό σχολείο, όπως είναι η παράλληλη διδασκαλία επιστήμης/τεχνολογίας, τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης, η διαθεματική προσέγγιση του περιεχομένου, βρίσκονται σε συμφωνία με τον ερευνητικό προσανατολισμό της εισαγωγής της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση[31]. Επιπλέον, στο άρθρο

[30] www.nisenet.org
[31] www.digitalschool.minedu.gov.gr

αυτό παρουσιάζονται δέκα συγκεκριμένες ενότητες της Ε΄ και Στ΄ του Δημοτικού, στις οποίες είναι δυνατόν να ενσωματωθούν έξι από τις εννέα «Μεγάλες Ιδέες» της Ν-ΕΤ.

Η παρούσα έρευνα αποτελεί το πρώτο βήμα της εκπόνησης διδακτορικής διατριβής. Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει βιβλιογραφική επισκόπηση καθώς και εμπειρική μελέτη των δυσκολιών κατανόησης που έχουν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης πάνω σε επιλεγμένες «Μεγάλες Ιδέες» της Ν-ΕΤ. Απώτερος σκοπός της έρευνας είναι ο σχεδιασμός Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς (Meheut & Psillos 2004), η οποία πρόκειται να εφαρμοστεί σε εκπαιδευτικούς και στη συνέχεια σε μαθητές δημοτικού, ώστε να εκτιμηθεί η δυνατότητα εισαγωγής της Ν-ΕΤ στο πρόγραμμα σπουδών των ΦΕ.

Βιβλιογραφία

Δημητριάδη, Κ., Χαλκιά, Κ. (2011). Μία εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας στο Λύκειο. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επιμ.), Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτικη των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση (σσ. 113-120). http://www.7sefepet.gr.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2004). Προς μία ευρωπαϊκή στρατηγική για τη νανοτεχνολογία, EC Brussels, Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων διαθέσιμο στο:
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/ LexUriServ.do?uri=COM:2004:0338:FIN:EL:PDF

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2005). Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες: σχέδιο δράσης για την Ευρώπη, 2005-2009. Βρυξέλλες διαθέσιμο στο:
http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_action plan2005 _el.pdf

Σταύρου, Δ., Ασημόπουλος, Σ. (2011). Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην εκπαίδευση. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επιμ.), Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτικη των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση (σσ. 138-145). http://www.7sefepet.gr.

Brooks, J.G. & Brooks, M.G. (1993). In search of understanding: The case for constructivistic classrsooms. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Foley, E., Hersam, M. (2006). Assesing the need for nanotechnology education reform in the United States. Nanotechnology Law and Business, 3, 467-484.

Harmer, A., Columba, L. (2010). Engaging middle school students in Nanoscale science, Nanotechnology and Electron microscopy. Journal of Nano education, 2, 91-101.

Healy, N. (2009). Why NanoEducation? Journal of Nano Education, 1, 6-7.

Hingant, B., Virginie, A. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. Studies in Science Education, 121-152.

Lan, Yu-L (2012). Development of an attitude scale to assess K-12 Teachers' Attitudes toward Nanotechnology. International Journal of Science Education. 34(8), 1189-1210.

Meheut M. & Psillos D. (2004). Teaching-Learning Sequences: Aims and Tools for Science Education. International Journal of Science Education, 26(5).

Osborne, J., Simon, S., Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. International Journal of Science Education, 25(9), 1049-1079.

Palmberg, C., Dernis, H., & Miguet, C. (2009). Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics. STI Working Paper 2009/7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Patton, C., Cormia, R., & Hurst, K. (2005). Report of the workshop on science and technology education at the nanoscale. Draft Technical Report. Menlo Park, CA: SRI International.

Saxton, J. (2007). Nanotechnology: the future is Coming Sooner than you Think. A Joint Economic Committee Study.

Schank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009). Can High School Students Learn Nanoscience? An Evaluation of the Viability and Impact of the NanoSense Curriculum. Technical Report. Menlo Park, CA: SRI International.

Shabajee, P. & Postlethwaite, K. (2000). What happened to modern physics? School Science Review, 81(297), 51-56.

Stevens, S., Sutherland, L. Schank, P., Krajcik, J. (2007). The big ideas of Nanoscience - A Draft. Retrieved September 2, 2012 from http://hi-ce.org/PDFs/Big_Ideas_of_Nanoscience-20feb07.pdf.

Ο σχεδιασμός αναλυτικών προγραμμάτων για τον επιστημονικό γραμματισμό από εκπαιδευτικούς των Σχολείων Δεύτερης Ευκαιρίας[32]

Σπύρος Κόλλας, Κρυσταλλία Χαλκιά
Π.Τ.Δ.Ε., Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, spyros.kollas@gmail.com
Π.Τ.Δ.Ε., Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Ο φορέας των Σχολείων Δεύτερης Ευκαιρίας (Σ.Δ.Ε.) δημιουργήθηκε για να στηρίξει κοινωνικές ομάδες που είχαν εγκαταλείψει το σχολείο και που στην εξέλιξη της ζωής τους -ως ενήλικες- δεν μπορούσαν να ανταπεξέλθουν στις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις της προσωπικής, εργασιακής και κοινωνικής τους ζωής. Ο επιστημονικός γραμματισμός των εκπαιδευομένων θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι του προγράμματος σπουδών των σχολείων αυτών. Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης 11 συνεντεύξεων εκπαιδευτικών των Σ.Δ.Ε. σχετικά με τις αντιλήψεις που έχουν για τον επιστημονικό γραμματισμό των ενηλίκων εκπαιδευομένων τους (τι σημαίνει για αυτούς εγγραμματισμός των εκπαιδευομένων στις φυσικές επιστήμες) και τις πρακτικές τους κατά το σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων (τι στόχους θέτουν και μέσα από ποιο περιεχόμενο τους υλοποιούν).

Abstract

The institution of Second Chance Schools was established as an effort to combat the social exclusion of adults who were unable to complete their compulsory education and as a consequence they do not have the necessary qualifications and skills to adapt at the requirements of the modern society. The scientific literacy of students in this context is an integral part of their education. This study presents the results of a qualitative analysis of eleven semi-structured interviews with science teachers (designers of science curriculum) of Second Chance Schools concerning their views on the meaning of scientific literacy in this context and the development of a curriculum suitable for the needs of their students.

Εισαγωγή: Ο θεσμός των σχολείων δεύτερης ευκαιρίας

Τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (Σ.Δ.Ε.) είναι καινοτόμα σχολεία εκπαίδευσης ενηλίκων που αποσκοπούν στην ολοκλήρωση της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και στον εγγραμματισμό πολιτών που ζουν στο κοινωνικό περιθώριο, προκειμένου να τους βοηθήσει να επανενταχθούν στη σύγχρονη «Κοινωνία της Γνώσης». Ο επιστημονικός γραμματισμός αποτελεί βασική πτυχή της ταυτότητας του σύγχρονου πολίτη και η θέση αυτή λαμβάνεται υπόψη στο πρόγραμμα σπουδών των Σ.Δ.Ε. (Ι.Δ.ΕΚ.Ε., 2003).

Οι διαφοροποιήσεις που υπάρχουν στα ηλικιακά, πολιτισμικά, εργασιακά και κοινωνικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων στα σχολεία των Σ.Δ.Ε. δημιουργούν την ανάγκη ανάπτυξης τοπικών αναλυτικών προγραμμάτων προσαρμοσμένων στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε πληθυσμού (οι εκπαιδευόμενοι στα σχολεία αυτά είναι: φυλακισμένοι, Ρομά, Μουσουλμανικές μειονότητες, μετανάστες, άτομα μεγάλης ηλικίας που άφησαν νωρίς το σχολείο λόγω οικονομικών ή κοινωνικών συνθηκών, αλλά και νέοι που επιστρέφουν στα θρανία για να συνεχίσουν στο Λύκειο). Έτσι οι εκπαιδευτικοί της κάθε σχολικής μονάδας, που είναι είτε αποσπασμένοι από την τυπική εκπαίδευση είτε ωρομίσθιοι, στα πλαίσια του μαθήματος του επιστημονικού γραμματισμού έχουν την ελευθερία αλλά και

[32] Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος ΙΙ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

την υποχρέωση, α) να θέσουν τους στόχους που είναι πιο κατάλληλοι για τις ανάγκες του πληθυσμού τους και β) να διαμορφώσουν το περιεχόμενο του προγράμματος που αντικατοπτρίζει καλύτερα τη σχέση της επιστήμης με την προσωπική, εργασιακή και κοινωνική ζωή των εκπαιδευομένων τους.

Το γεγονός της πρόσληψης, στα σχολεία αυτά, εκπαιδευτικών που προέρχονται από την τυπική εκπαίδευση, όπου κατά κανόνα δε συντάσσουν αναλυτικά προγράμματα και δεν παράγουν εκπαιδευτικό υλικό, καθώς και το γεγονός ότι η εκπαίδευση στα σχολεία αυτά αφορά έναν εντελώς διαφορετικό πληθυσμό, εγείρει καίριας σημασίας ερωτήματα για τους στόχους που θέτουν οι εκπαιδευτικοί των Σ.Δ.Ε. για τον επιστημονικό γραμματισμό και τον τρόπο που μετασχηματίζουν την επιστημονική γνώση σε γνώση περιεχομένου για τους εκπαιδευόμενους στα αναλυτικά τους προγράμματα. Για τη διερεύνηση των εν λόγω ερωτημάτων μελετήθηκαν καταρχήν και παρουσιάζονται στη συνέχεια οι προσεγγίσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για τον όρο «επιστημονικός γραμματισμός».

Θεωρητικό περιεχόμενο: Ο όρος επιστημονικός γραμματισμός

Ο όρος «επιστημονικός γραμματισμός» χρησιμοποιείται προκειμένου να υποδηλώσει «όλα όσα πρέπει να γνωρίζει το ευρύ κοινό για τις φυσικές επιστήμες» (Durant, Evans & Thomas, 1993). Παρά το γεγονός ότι ο ορισμός αυτός είναι πολύ γενικός -και εν πολλοίς ασαφής- ο επιστημονικός γραμματισμός των πολιτών αποτελεί διαχρονική προτεραιότητα για τη γενική εκπαίδευση των πολιτών, καθώς τα κράτη βασίζουν την ανάπτυξη της έρευνας και της οικονομίας τους σε αυτό το ανθρώπινο κεφάλαιο (Evans, 1997). Έτσι διεθνώς παρατηρούνται αλλαγές στη σχολική κουλτούρα της επιστήμης και στον τρόπο δόμησης αναλυτικών προγραμμάτων (Aikenhead, 2002). Ο Douglas Roberts, σε μια εκτενή επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, αναγνωρίζει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στα αναλυτικά προγράμματα που δομούνται με στόχο τον επιστημονικό γραμματισμό (Roberts, 2007):

Οπτική Ι) Αναλυτικά προγράμματα που ταυτίζουν τον όρο με τον εγγραμματισμό στην ίδια την επιστήμη, στις έννοιές της και τις δεξιότητες που καλλιεργεί.

Οπτική ΙΙ) Αναλυτικά προγράμματα που προσεγγίζουν τον εγγραμματισμό των εκπαιδευομένων ως τον εγγραμματισμό σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη.

Σύμφωνα με τον Bulte το ζητούμενο είναι η μετάβαση των αναλυτικών προγραμμάτων από αυτά που στοχεύουν στον επιστημονικό γραμματισμό μέσα από τις έννοιες σε αυτά που στοχεύουν στον γραμματισμό μέσα από καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη (Bulte, 2007). Το 21st Century Science Project αποτελεί μία πρόταση σε αυτή την κατεύθυνση. Τα θέματα που επιλέγονται στο πρόγραμμα αυτό συμβαδίζουν με τα θέματα που προβάλουν τα Μ.Μ.Ε. αφού αυτά, σύμφωνα με το Millar, αποτελούν έναν καλό οδηγό για τις καταστάσεις που αντιμετωπίζει ο πολίτης στην καθημερινότητά του (Millar 2006).

Οι Roth και Barton, έχοντας εργαστεί με ομάδες περιθωριοποιημένων ενηλίκων, επισημαίνουν πάντως πως στα αναλυτικά προγράμματα έχει σημασία να επιλέγονται καταστάσεις που αφορούν το συγκεκριμένο πλαίσιο που ζει το άτομο στην τοπική κοινωνία (Roberts, 2007). Αυτές οι καταστάσεις αντικατοπτρίζουν καλύτερα τις ανάγκες του ατόμου και συνεπώς αναδεικνύουν τη χρησιμότητα και το νόημα της επιστημονικής γνώσης στη ζωή του. Οι ερευνητές προσεγγίζουν «μικροσκοπικά» τον εγγραμματισμό (από τη σκοπιά του ατόμου) και όχι από μία «μακροσκοπική» σκοπιά με βάση τις ανάγκες που αναγνωρίζει ένα ευρύτερο σύστημα για την ενσωμάτωση του ατόμου στις τάξεις του (Laugksch, 2000).

Υιοθετώντας την άποψη αυτή, ο Layton αναπτύσσει ένα αναλυτικό πρόγραμμα για ενηλίκους που το ονομάζει «επιστήμη για συγκεκριμένους κοινωνικούς σκοπούς». Πυρήνας της πρότασης είναι η εργασιακή ζωή των ανθρώπων, οι γνώσεις τους και τα ενδιαφέροντά τους μέσα σε αυτό το πλαίσιο (Layton, Davey & Jenkins, 1986). Σε μια πιο ευρεία προσέγγιση εγγραμματισμού, οι Roth και Lee αντλούν θέματα από τις «διαφορετικές ταυτότητες» του ατόμου στις διάφορες εκφάνσεις της ζωής του. Περιλαμβάνουν δηλαδή από ζητήματα που αφορούν τις αποφάσεις του στα προβλήματα που αντιμετωπίζει στην προσωπική του ζωή, την ποιότητα ζωής του και

τα ενδιαφέροντά του έως την οργανωμένη διαμαρτυρία για κοινωνικά ζητήματα και τον ακτιβισμό. Το πρόγραμμά τους χρησιμοποιεί ως εργαλείο τη δραστηριοποίηση του ατόμου σε πραγματικές καταστάσεις της καθημερινότητας (και όχι σε εικονικές δραστηριότητες όπως χρησιμοποιούνται συνήθως στην διδασκαλία) και την κοινωνική αλληλεπίδραση με τελικό σκοπό την κοινωνική επανένταξή του. (Roth & Lee, 2004).

Πίνακας 1: Προσεγγίσεις σε σχέση με τον επιστημονικό γραμματισμό.

	Αντίληψη για τον επιστημονικό γραμματισμό	**Περιεχόμενο**	**Βιβλιογραφία**	
1	Εγγραμματισμός στις έννοιες των φυσικών επιστημών.	Θέματα που δίνουν έμφαση στην κατανόηση της επιστημονικής γνώσης και του τρόπου που λειτουργεί ο φυσικός κόσμος. Οι φυσικές επιστήμες σε αυτό το πλαίσιο έχουν αυταξία (π.χ. νόμοι του Νεύτωνα).	Α.Π. τυπικού σχολείου	Roberts *Οπτική Ι*
2	Εγγραμματισμός σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη.	Καθημερινά θέματα σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία. Είναι θέματα γενικού ενδιαφέροντος (δεν αφορούν έναν εξειδικευμένο πληθυσμό) και αφορούν «μακροσκοπικά» κοινωνικά ή περιβαλλοντικά ζητήματα (π.χ. ποιότητα αέρα) ή θέματα που συναντά ο μέσος άνθρωπος στην προσωπική του ζωή (π.χ. διατηρούμαι υγιής).	Millar	Roberts *Οπτική ΙΙ*
3	Εγγραμματισμός σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη με έμφαση στο πλαίσιο της τοπικής κοινωνίας που ζει ο εκπαιδευόμενος.	***Α)*** Θέματα που πηγάζουν από την εργασιακή ζωή των ανθρώπων (π.χ. η Χημεία στην αγροτική ζωή)	Layton	
		Β) Θέματα που πηγάζουν από την προσωπική και κοινωνική ζωή των ανθρώπων στο πλαίσιο της τοπικής κοινωνίας (π.χ. η δημιουργία ΧΥΤΑ σε έναν δήμο).	Roth & Lee	

Συνοψίζοντας τις παραπάνω θεωρητικές προσεγγίσεις σε σχέση με τον επιστημονικό γραμματισμό, συμπεραίνουμε ότι η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει τον τρόπο όπου η διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να συνεισφέρει στον σκοπό της κοινωνικής ενσωμάτωσης του ατόμου. Για πληθυσμούς που συνήθως ζουν στο κοινωνικό περιθώριο, όπως είναι ο πληθυσμός στόχος των Σ.Δ.Ε., υιοθετούνται προσεγγίσεις που δε δίνουν αυταξία στην επιστημονική γνώση, αλλά αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα ενός πλαισίου διαπραγμάτευσης. Το ιδιαίτερο, μάλιστα, τοπικό πλαίσιο ζωής και οι εξειδικευμένες ανάγκες του εκάστοτε πληθυσμού είναι καθοριστικές για τη νοηματοδότηση της επιστημονικής γνώσης και την αναγνώριση της χρησιμότητάς της στη ζωή των ανθρώπων. Οι φυσικές επιστήμες δηλαδή δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται μεμονωμένα, αλλά ως στοιχείο αδιαίρετο από την ανθρώπινη ζωή που ενυπάρχει σε ζητήματα που αντιμετωπίζει το άτομο στην καθημερινότητά του στην τοπική κοινωνία. Τελικός σκοπός αυτών των προσεγγίσεων είναι η εξοικείωση και δραστηριοποίηση του ατόμου ως ενεργό μέλος στη σύγχρονη κοινωνία.

Μεθοδολογία της έρευνας

Στα Σ.Δ.Ε., όπως ήδη περιγράψαμε, δεν υπάρχει ενιαίο αναλυτικό πρόγραμμα. Οι εκπαιδευτικοί σε κάθε σχολική μονάδα διαμορφώνουν το αναλυτικό πρόγραμμα που είναι πιο κατάλληλο για τις ανάγκες του πληθυσμού τους. Η λειτουργία αυτή συνάδει με τις τάσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για αναλυτικά προγράμματα με τοπικά χαρακτηριστικά, προϋποθέτει όμως τη δυνατότητα του εκπαιδευτικού να συναισθάνεται τις συνθήκες ζωής και τις ανάγκες των εκπαιδευομένων του, καθώς επίσης και τη δεξιότητά του να τις λαμβάνει υπόψη του επιλέγοντας σωστά και μετασχηματίζοντας κατάλληλα το περιεχόμενο ενός αναλυτικού προγράμματος.

Στη βάση αυτή, το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν το εξής:

Ποιες διαστάσεις του επιστημονικού γραμματισμού και ποιες ανάγκες των εκπαιδευομένων θεωρούν καίριες οι εκπαιδευτικοί των Σ.Δ.Ε. όταν σχεδιάζουν αναλυτικά προγράμματα για το συγκεκριμένο πλαίσιο;

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήσαμε 11 ημιδομημένες συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς (διάρκειας περίπου 1 ώρας) προκειμένου να διερευνηθούν σε βάθος οι αντιλήψεις και οι πρακτικές τους κατά το σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων.

Το δείγμα της έρευνας (σκόπιμη δειγματοληψία) περιελάμβανε εκπαιδευτικούς:

- που εργάζονται σε Σ.Δ.Ε. με διαφορετικά τοπικά, πολιτισμικά και εργασιακά χαρακτηριστικά του πληθυσμού (συμπεριλαμβανομένου και των σχολείων φυλακών). Έτσι στην έρευνα πήραν μέρος 5 εκπαιδευτικοί από την Αθήνα και 6 από επαρχιακές πόλεις από όλη την Ελλάδα (από την Κρήτη έως τη Θράκη). Δύο εκπαιδευτικοί υπηρετούσαν σε σχολεία φυλακών (ένας στην Αθήνα και ένας στη Θεσσαλονίκη).
- όλων των ειδικοτήτων των φυσικών επιστημών που διδάσκουν στα Σ.Δ.Ε. το μάθημα του επιστημονικού γραμματισμού (6 Φυσικοί, 2 Χημικοί, 2 Γεωλόγοι και 1 Βιολόγος) και
- με διαφορετική διδακτική εμπειρία στο θεσμό (6 αποσπασμένοι με εμπειρία στα Σ.Δ.Ε. και 5 ωρομίσθιοι με μικρή ή καθόλου εμπειρία).

Οι συνεντεύξεις των εκπαιδευτικών απομαγνητοφωνήθηκαν και εν συνεχεία αναλύθηκαν. Για την ανάλυση του περιεχομένου των συνεντεύξεων ακολουθήθηκε η θεμελιακή θεωρία (grounded theory) των Glaser and Strauss σύμφωνα με την οποία, μέσα από μια επαγωγική διαδικασία, ανακαλύπτεται και αναπτύσσεται η θεωρία αυτή που «ταιριάζει» καλύτερα στα δεδομένα της εν λόγω έρευνας (Strauss & Corbin, 1990). Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας αναζητήσαμε στο περιεχόμενο των συνεντεύξεων κανονικότητες στους σκοπούς που θέτουν οι εκπαιδευτικοί, στις ενότητες που επιλέγουν και στους παράγοντες που τους επηρεάζουν σε αυτές τους τις επιλογές. Με αυτό τον τρόπο οδηγηθήκαμε στο συσχετισμό (α) *του προφίλ των εκπαιδευτικών* με (β) *το είδος του αναλυτικού προγράμματος που συντάσσουν*.

(α) Η έννοια του προφίλ του εκπαιδευτικού περιλαμβάνει το πεδίο σπουδών, την εμπειρία και το επίπεδο ενσυναίσθησης του εκπαιδευτικού (βλ. Πίνακα 2).

(β) Για την ταυτοποίηση του είδους του αναλυτικού προγράμματος που αναπτύσσει κάθε εκπαιδευτικός χρησιμοποιήθηκε μια κατηγοριοποίηση που έχει αναπτύξει ο D. Roberts σχετικά με το που δίνει έμφαση ένα αναλυτικό πρόγραμμα (Roberts, 1982). Στην παρούσα έρευνα έχουμε αναλυτικά προγράμματα που δίνουν έμφαση: *1. στην επιστημονική γνώση, 2. στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής διερεύνησης, 3. στην ιστορία της επιστήμης, 4. στη διαχείριση καθημερινότητας, 5. στη λήψη προσωπικών αποφάσεων και 6. στη λήψη αποφάσεων για θέματα κοινωνικοεπιστημονικά*.

Πίνακας 2: Το προφίλ των εκπαιδευτικών.

Προφίλ του εκπαιδευτικού		
Α) το πεδίο σπουδών του	1) βασικές σπουδές και 2) μεταπτυχιακές σπουδές σχετικές με την εκπαίδευση ενηλίκων, τη διδακτική φυσικών επιστημών ή την ανάπτυξη αναλυτικών προγραμμάτων	π.χ. Βιολόγος με σχετικές μεταπτυχιακές σπουδές
Β) την εκπαιδευτική του εμπειρία	1) αποσπασμένος ή ωρομίσθιος, 2) πολλά (πάνω από 2) ή λίγα χρόνια εμπειρίας στα Σ.Δ.Ε.	π.χ. Αποσπασμένος με λίγα χρόνια εμπειρίας
Γ) το επίπεδο ενσυναίσθησης του εκπαιδευτικού	*Ενσυναίσθηση* ορίστηκε η δυνατότητα του εκπαιδευτικού να αντιλαμβάνεται: *1) τους λόγους και τις δυσκολίες των εκπαιδευόμενων για να επιστρέψουν στο σχολείο,* *2) τις προσδοκίες τους από τα Σ.Δ.Ε. και τις φυσικές επιστήμες,* *3) τις συνθήκες ζωής και τις ανάγκες τους (προσωπικές, επαγγελματικές ή κοινωνικές),* *4) τα ιδιαίτερα πολιτισμικά ή κοινωνικά τους χαρακτηριστικά,* *5) τη στάση τους απέναντι στις φυσικές επιστήμες,* *6) τα θέματα που τους ενδιαφέρουν ή τους αρέσουν,* *7) τη σχέση των θεμάτων που επιλέγει με την καθημερινή ζωή και τα επαγγέλματα εκπαιδευομένων.*	Το *επίπεδο ενσυναίσθησης* του εκπαιδευτικού αξιολογήθηκε ως: (i) *χαμηλό* όταν αναφέρόταν ή περιέγραφε 2 ή λιγότερους άξονες ως παραμέτρους που τον επηρεάζουν κατά τη δόμηση του αναλυτικού του προγράμματος, (ii) *μέτριο* αν αναφερόταν σε 3 έως και 5 άξονες και (iii) *υψηλό* αν αναφερεόταν σε 6 ή 7 άξονες.

Οι τρεις πρώτες κατηγορίες αναγνωρίζουν την ίδια την επιστήμη ως τον απώτερο σκοπό της διδασκαλίας και συνεπώς αντιστοιχούν στα αναλυτικά προγράμματα Οπτικής Ι (πρώτο επίπεδο πίνακα 1). Στις υπόλοιπες τρεις κατηγορίες (4, 5 και 6) το πλαίσιο που παρουσιάζεται είναι πιο σημαντικό από την ίδια την επιστήμη που εμπεριέχει (Οπτική ΙΙ). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία

όμως, έχει αξία σε αυτό το σημείο να εντοπιστεί και το είδος του πλαισίου που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί, αν δηλαδή πρόκειται για ένα γενικό πλαίσιο που αφορά ευρύτερα κοινωνικά ή περιβαλλοντικά προβλήματα και καταστάσεις που ένας «μέσος» άνθρωπος συναντά στην προσωπική του ζωή («μακροσκοπική» θέαση - δεύτερο επίπεδο του πίνακα 1), ή αν αυτό ενσωματώνει στοιχεία από την ιδιαίτερη προσωπική, εργασιακή και κοινωνική ζωή των εκπαιδευομένων στο τοπικό πλαίσιο («μικροσκοπική» θέαση - τρίτο επίπεδο πίνακα 1).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Κατά τη βιβλιογραφική επισκόπηση του όρου υιοθετήσαμε απόψεις που προσεγγίζουν τον επιστημονικό γραμματισμό ως ένα πλαίσιο εκπαίδευσης που δίνει τα απαραίτητα εφόδια στον εκπαιδευόμενο για να κατανοεί και να διαχειρίζεται τη σύγχρονη ζωή στα πολλαπλά πλαίσια με τα οποία έρχεται αντιμέτωπος. Στις πρακτικές των εκπαιδευτικών διακρίνει κανείς την ολοένα και μεγαλύτερη προσέγγιση αυτού του επιθυμητού πλαισίου όσο αυξάνει το επίπεδο εμπειρίας και ενσυναίσθησης των εκπαιδευτικών (βλ. πίνακα 3 και 4).

Οι εκπαιδευτικοί με την μικρότερη εμπειρία από το θεσμό, στην πλειοψηφία τους ωρομίσθιοι εκπαιδευτικοί, δομούν αναλυτικά προγράμματα με στόχο τις έννοιες των φυσικών επιστημών έχοντας ως οδηγό το αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου. Η μέχρι τώρα εκπαιδευτική τους εμπειρία, τους καθοδηγεί να αναγνωρίζουν την ίδια την επιστήμη ως ένα σώμα που έχει ιδιαίτερη αξία. Η διδασκαλία των εννοιών, σύμφωνα με τις απόψεις τους, δίνει τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να κατανοούν τον κόσμο γύρω τους και η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής έρευνας ή επίλυσης ασκήσεων συνεπάγεται μεθοδικότητα στην διαχείριση προβλημάτων της καθημερινής ζωής. Θεωρούν ότι η κατάκτηση των εννοιών είναι καθοριστική τόσο για τη καθημερινότητα του εκπαιδευόμενου όσο και για τις περαιτέρω σπουδές του στο Λύκειο, στοιχείο που κρίνους ως πολύ σημαντικό αφού η απόκτηση του απολυτηρίου θα σημάνει τελικά και την κοινωνική επανένταξη του ατόμου. (*επίπεδο 1 πίνακα 1*)

Πίνακας 3: Αναλυτικά προγράμματα που δίνουν έμφαση στη διδασκαλία των εννοιών και διαδικασιών των φυσικών επιστημών (Οπτική Ι).

Είδος Αναλυτικού Προγράμματος	Βασικοί στόχοι που θέτουν στα Α.Π.	Προφίλ εκπαιδευτικών	Περιεχόμενο Α.Π.	Επηρεάζονται κατά τη δόμηση του Α.Π.
1. Αναλυτικά προγράμματα που αποσκοπούν στην εξοικείωση με έννοιες των επιστημών προκειμένου οι μαθητές να συνεχίσουν στο Λύκειο..	«Να αποκτήσουν βασικές γνώσεις για τις Φυσικές Επιστήμες για να συνεχίσουν στο Λύκειο». « Να εξοικειωθούν με τη δεξιότητα να ακολουθούν μια μεθοδολογία επίλυσης ασκήσεων, ώστε να αποκτήσουν έναν τρόπο σκέψης που θα τους βοηθά να είναι κριτικοί απέναντι σε κάποια πράγματα».	✚Ωρομίσθιοι χωρίς σχετικές διδακτικές εμπειρίες. ✚Μέτριας ή χαμηλής ενσυναίσθησης.	✚Πυρήνας της μαθησιακής τους διαδικασίας είναι οι έννοιες και οδηγός για τον τρόπο που θα τις διαπραγματευτούν είναι το αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου. ✚Διδάσκουν κυρίαρχα Φυσική και Χημεία και εστιάζουν σε ασκήσεις.	✚Επηρεάζονται από το πεδίο σπουδών τους και τις πρότερες εμπειρίες τους στην εκπαίδευση (φροντιστήρια, τυπική εκπαίδευση). ✚Επηρεάζονται από το Α.Π. του Γυμνασίου. ✚Δεν επηρεάζονται από την κουλτούρα ή το προφίλ των εκπαιδευομένων (π.χ. Ρομά, φυλακισμένοι,..).
2. Αναλυτικά προγράμματα που αποσκοπούν στην απόκτηση επιστημονικών δεξιοτήτων.	«Να έρθουν σε επαφή με την επιστημονική μέθοδο και τον επιστημονικό τρόπο σκέψης». «Να κατανοούν φαινόμενα μέσω τις εφαρμογής της επιστημονικής μεθόδου».	✚Ωρομίσθιοι, με εμπειρίες από εκπαίδευση ενηλίκων. ✚Φυσικοί που έχουν παρακολουθήσει μεταπτυχιακό ή μαθήματα σχετικά με το ρόλο του πειράματος στη διδασκαλία. ✚Εκπαιδευτικοί μέτριου επιπέδου ενσυναίσθησης.	✚Εστιάζουν στην εφαρμογή της πορείας *παρατήρηση-υπόθεση-πείραμα-συμπέρασμα* προκειμένου οι εκπαιδευόμενοι να εξοικειωθούν με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και να μάθουν να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα.	✚Επηρεάζονται από την ειδικότητά τους και το περιεχόμενο σπουδών τους. ✚Δεν επηρεάζονται από την κουλτούρα ή το προφίλ των εκπαιδευομένων (μικρής ή μεγάλης ηλικίας άνθρωποι, φυλακισμένοι,..).
3. Αναλυτικά προγράμματα που αποσκοπούν στην γνωριμία με πτυχές της ιστορίας της επιστήμη.	«Να καταλάβουν τη λειτουργία του φυσικού κόσμου». «Να έχουν άποψη για το πως σιγά σιγά εξελίχθηκαν τα πράγματα σε αυτά που πιστεύουμε σήμερα ή έχουμε κατακτήσει ως τεχνολογικά επιτεύγματα».	✚Εκπαιδευτικοί με σχετικές σπουδές (έμπειροι ή άπειροι). ✚Εκπαιδευτικοί μέτριου ή υψηλού επιπέδου ενσυναίσθησης.	✚Με αφορμή ιστορικά στιγμιότυπα και θεμελιώδη ερωτήματα για τη λειτουργία του φυσικού κόσμου επιχειρούν να εισάγουν φυσικές έννοιες. ✚Ανάπτυξη ενοτήτων σχετικών με την δομή, λειτουργία και εξέλιξη του φυσικού κόσμου από το μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο (δημιουργία και στην εξέλιξη του σύμπαντος, του ηλιακού συστήματος, της Γης και της ζωής πάνω σε αυτήν).	✚ Επηρεάζονται από την άποψη που έχουν διαμορφώσει από τις σπουδές τους για το ρόλο του ιστορικού πλαισίου στην κατανόηση των εννοιών.

Πίνακας 4: Αναλυτικά προγράμματα που δίνουν έμφαση στη διαχείριση της καθημερινότητας και στη λήψη προσωπικών και κοινωνικών αποφάσεων (Οπτική ΙΙ).

Είδος Αναλυτικού Προγράμματος	Βασικοί στόχοι που θέτουν στα Α.Π.	Προφίλ εκπαιδευτικών	Περιεχόμενο Α.Π.	Επηρεάζονται κατά τη δόμηση του Α.Π.
4. Προγράμματα με στόχο την ερμηνεία και διαχείριση της καθημερινότητας.	«Να ερμηνεύουν την καθημερινότητα μέσα από τις Φ.Ε.» «Να αντιλαμβάνονται πληροφορίες που ακούν στο ραδιόφωνο και την τηλεόραση».	Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θέτουν αυτόν τον στόχο. ✚Έμπειροι εκπαιδευτικοί ή εκπαιδευτικοί με σχετικές σπουδές. ✚Εκπαιδευτικοί μέτριου ή υψηλού επιπέδου ενσυναίσθησης.	✚Βασικά θέματα κατανόησης του φυσικού τους περιβάλλοντος και τα οποία σχετίζονται με την επαγγελματική ζωή των εκπαιδευομένων (αγρότες: ατμοσφαιρικά φαινόμενα, χημεία - λιπάσματα, βιολογία - ζώα, φυτά) ή με την επικαιρότητα (σεισμοί, ραδιενέργεια, εκλείψεις, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). ✚Τεχνολογία και η σχέση της με την επιστήμη.	✚Επηρεάζονται από τα θέματα της επικαιρότητας που ενδιαφέρουν τους εκπαιδευόμενους. ✚Επηρεάζονται από τα επαγγέλματα των εκπαιδευομένων. ✚Επηρεάζονται από την ειδικότητά τους.
5. Προγράμματα με στόχο τη λήψη προσωπικών αποφάσεων.	«Να αποκτήσουν κάποιες βεβαιότητες και σταθερές αντιλήψεις με βάσει έναν δομημένο και ορθολογικό τρόπο σκέψης» «Να συστηματοποιήσουν την σκέψη τους (να αποκτήσουν αιτιακούς συλλογισμούς) μέσω της επιστήμης ως εφόδιο αντιμετώπισης προβλημάτων της καθημερινότητάς τους και εύρεσης δουλειάς όταν βγουν από τη φυλακή»	✚Εκπαιδευτικοί φυλακών έμπειροι ή άπειροι, χωρίς σχετικές σπουδές. ✚Υψηλού επιπέδου ενσυναίσθησης.	✚Χρησιμοποιούν θέματα των φυσικών επιστημών στα οποία οι εκπαιδευόμενοι έχουν στερεοτυπικές απόψεις (π.χ. εξέλιξη της ζωής) και επικεντρώνουν τη διδασκαλία στον τρόπο δόμηση επιχειρημάτων (βασίζομαι σε δεδομένα). Σε αυτό τον τρόπο σκέψης θεωρούν ότι μπορούν να στηριχθούν οι εκπαιδευόμενοι στη ζωή τους για να αντιμετωπίζουν τα προβλήματά τους.	✚Επηρεάζονται από την κουλτούρα των εκπαιδευομένων (τον μη ορθολογικό τρόπο σκέψης και την έλλειψη επιχειρηματολογίας που αναπτύσσουν οι εκπαιδευόμενοι στις συζητήσεις).
6. Αναλυτικά προγράμματα με στόχο τη δημιουργία ενεργών πολιτών που μπορούν να συμμετέχουν στον κοινωνικό διάλογο για τη λήψη αποφάσεων σε ζητήματα σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία.	«Να μπορούν να παίρνουν αποφάσεις σχετικές με την επιστήμη και την τεχνολογία» «Να ασχολούνται με θέματα της καθημερινότητας μέσα από τα μάτια ενός ενεργού πολίτη».	✚Έμπειροι εκπαιδευτικοί. ✚Υψηλού επιπέδου ενσυναίσθησης.	✚Ελάχιστα κοινωνικοεπιστημονικά θέματα τελικά ενσωματώνουν στα Α.Π. τους για την επίτευξη του σκοπού αυτού (πλεονεκτήματα μειονεκτήματα χρήσης τεχνολογιών, ενεργειακές πηγές, πυρηνική ενέργεια).	✚Επηρεάζονται από την αντίληψη που έχουν οι ίδιοι για τον κοινωνικό ρόλο που πρέπει να έχει η εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. ✚Δεν επηρεάζονται από τα ιδιαίτερα κονωνικοεπιστημονικά προβλήματα της ομάδας των εκπαιδευομένων τους.

Τα θέματα που κυριαρχούν στα αναλυτικά προγράμματα των εκπαιδευτικών αφορούν καταστάσεις από την προσωπική ζωή του εκπαιδευόμενου. Στην πλειοψηφία τους πάντως τα θέματα αυτά είναι γενικά, είναι ζητήματα δηλαδή που μπορεί να ενδιαφέρουν ένα «μέσο» άνθρωπο (π.χ. ραδιενέργεια, ανθρώπινο σώμα) και τα οποία δεν περιλαμβάνουν στοιχεία από το ιδιαίτερο τοπικό πλαίσιο ζωής των εκπαιδευόμενων. Εδώ οι πιο έμπειροι εκπαιδευτικοί προκειμένου να θέσουν ένα πλαίσιο νοηματοδότησης της γνώσης χρησιμοποιούν συχνά άρθρα επιστήμης ή ντοκιμαντέρ και εξετάζουν την επιστημονική γνώση που απαιτείται για την ερμηνεία του προς διαπραγμάτευση θέματος. Οι πιο άπειροι εκπαιδευτικοί ακολουθούν αντίστροφη πορεία εισάγοντας πρώτα τις απαραίτητες έννοιες - εκτός πλαισίου - προκειμένου να οδηγηθούν στην ερμηνεία των φαινομένων της καθημερινότητας. Για παράδειγμα αναπτύσσουν πρώτα κεφάλαια όπως η δομή της ύλης ή οι δυνάμεις για να διαπραγματευτούν στη συνέχεια ενότητες όπως ηλεκτρισμός ή οι σεισμοί. Ο χειρισμός αυτός όμως αποκόπτει τις επιστημονικές έννοιες από τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής, που αποτελεί τον τελικό σκοπό τους. (*έμπειροι εκπαιδευτικοί: επίπεδο 2 πίνακα 1 – άπειροι εκπαιδευτικοί: επίπεδο 1 πίνακα 1*)

Πηγή άντλησης θεμάτων αποτελεί και η εργασιακή ζωή των εκπαιδευομένων. Διαφαίνεται πως ακόμη και για τους έμπειρους εκπαιδευτικούς είναι πιο εύκολο να διεισδύσουν στην εργασιακή ζωή των εκπαιδευομένων, αναγνωρίζοντας και ενσωματώνοντας στοιχεία από αυτήν στο περιεχόμενο σπουδών, παρά στα ιδιαίτερα προσωπικά, πολιτισμικά ή κοινωνικά πλαίσια ζωής των εκπαιδευομένων τους. Τον άξονα αυτόν φαίνεται να τον διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά οι εκπαιδευτικοί που έχουν και άλλου είδους εμπειρίες από εκπαίδευση ενηλίκων (π.χ. σε Ι.Ε.Κ.) (*επίπεδο 3Α πίνακα 1*)

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι εκπαιδευτικοί των φυλακών φαίνεται να αναγνωρίζουν κάποιες ιδιαίτερες πτυχές της κουλτούρας των εκεί εκπαιδευομένων. Συγκεκριμένα, θεωρούν ότι οι εκπαιδευόμενοι έχουν ιδιαίτερη δυσκολία να προσεγγίζουν θέματα της καθημερινής τους ζωής με έναν ορθολογικό τρόπο σκέψης. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτή την παράμετρο, επιλέγουν να αναπτύξουν ένα αναλυτικό πρόγραμμα με σκοπό να συστηματοποιήσουν την σκέψη τους προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα προβλήματά τους όταν τελικά βγουν από τη φυλακή («μικροσκοπική» προσέγγιση). Στο πλαίσιο αυτό ασκούν τους εκπαιδευόμενους στον τρόπο δόμησης επιχειρημάτων για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων (σχέση αιτίας – αποτελέσματος), χωρίς όμως να επιχειρούν να μεταφέρουν αυτό τον τρόπο σκέψης σε κοινωνικά φαινόμενα ή άλλα προβλήματα της καθημερινής ζωής που είναι και το ζητούμενο. (*ασυμβατότητα στόχων και περιεχομένου - στόχος: επίπεδο 3 πίνακα 1, υλοποίηση στη διδακτική πράξη: επίπεδο 1 πίνακα 1*)

Τέλος οι εκπαιδευτικοί με την μεγαλύτερη εμπειρία και δυνατότητα να συναισθάνονται τις συνθήκες ζωής και τα προβλήματα των εκπαιδευομένων θέτουν στόχους που συσχετίζουν την επιστήμη με την κοινωνική ζωή. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη δυσκολία τους να αναπτύξουν ένα συνεπές αναλυτικό πρόγραμμα με βάση το στόχο τους, αφού πρακτικά περιλαμβάνουν ελάχιστα κοινωνικά ή περιβαλλοντικά θέματα και αυτά δεν ενσωματώνουν καταστάσεις σχετικές με τα συγκεκριμένα κοινωνικά προβλήματα της ομάδας των εκπαιδευομένων τους. Τα θέματα που κυριαρχούν εδώ είναι και πάλι θέματα της επικαιρότητας (π.χ. σεισμοί). (*ασυμβατότητα στόχων και περιεχομένου - στόχος: επίπεδο 3Β πίνακα 1, υλοποίηση στη διδακτική πράξη: επίπεδο 2 πίνακα 1*)

Συμπεράσματα

Η έρευνα αυτή επιχείρησε να διερευνήσει τις προσεγγίσεις των εκπαιδευτικών και το κατά πόσον αυτές λαμβάνουν υπόψιν τους τις ιδιαίτερες ανάγκες των εκάστοτε εκπαιδευομένων των Σ.Δ.Ε. Οι πιο έμπειροι εκπαιδευτικοί, όπως αντανακλάται στους στόχους που θέτουν, εστιάζουν στην αναγκαιότητα των ανθρώπων να διαχειρίζονται προβλήματα της καθημερινής τους ζωής, να κατανοούν θέματα της επικαιρότητας που αφορούν επιστημονικά ή κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα και να συμμετέχουν με αυτοπεποίθηση σε συζητήσεις σχετικά με αυτά. Οι προσεγγίσεις τους όμως σε αυτά τα θέματα δεν είναι από τη σκοπιά του ατόμου

(μικροσκοπικές), καθώς αφενός οι εκπαιδευτικοί δείχνουν να έχουν σημαντική δυσκολία να αντιληφθούν τα ιδιαίτερα κοινωνικοπολιτισμικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων, αφετέρου -ακόμη και αυτοί που έχουν υψηλό επίπεδο ενσυναίσθησης και περιγράφουν σημαντικές πτυχές από τη ζωή και τη κουλτούρα των εκπαιδευομένων- δυσκολεύονταν να μετασχηματίσουν τελικά αυτά τα στοιχεία σε περιεχόμενο αναλυτικού προγράμματος.

Από την άλλη πλευρά οι πιο άπειροι εκπαιδευτικοί (που αποτελούν πλέον σημαντικό κομμάτι του γενικού πληθυσμού) εστιάζουν στη διδασκαλία εννοιών των φυσικών επιστημών, αναγνωρίζοντας ως βασική ανάγκη των εκπαιδευόμενων τη συνέχιση των σπουδών τους στο Λύκειο (ανεξαρτήτως των χαρακτηριστικών της πληθυσμιακής ομάδας που έχουν απέναντί τους).

Είναι σαφές συνεπώς ότι προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να εισαχθούν στην ιδιαίτερη λειτουργία και φιλοσοφία του φορέα χρειάζονται ως υποστήριξη μια διαδικασία εκπαίδευσης που να λαμβάνει υπόψη της αφενός τις προτάσεις της βιβλιογραφίας σχετικά με τη δόμηση αναλυτικών προγραμμάτων για επιστημονικό γραμματισμό, αφετέρου να εστιάζει στις πρακτικές δυσκολίες και δεξιότητες τους. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να τους βοηθήσει να αφουγκράζονται και να αξιοποιούν τα διαφορετικά κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων προκειμένου αυτή η εκπαίδευση να έχει νόημα για τη μετέπειτα ζωή των ανθρώπων και να τους δίνει αληθινές δεύτερες ευκαιρίες για ενσωμάτωση στην κοινωνία.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Γενικής Γραμματείας Εκπαίδευσης Ενηλίκων (2003). Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας. Έκδοση του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων.

Aikenhead, G. (2002). Renegotiating the Culture of School Science: Scientific Literacy for an Informed Public. Conference Paper in Portugal
www.usask.ca/education/people/aikenhead/portugal.htm (visited on 26/10/2012).

Bulte, A. (2007). How to connect concepts of science and technology when designing context-based science education. e – Proceedings of Linné Scientific Literacy Symposium "Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction" held in Uppsala, Sweden from 28 to 29 May 2007.

Durant, J., Evans, G. & Thomas, G. (1993). Public Understanding of Science in Britain: The Role of Medicine in the Popular Representation of Science. Public Understanding Science, 1, 161-182.

Evans, R. (1997). A Challenge to the Science Education Community: Morris H. Shamos' The Myth of Scientific Literacy. In: Graeber, W. & Bolte, C. (eds.), Scientific Literacy – An international Symposium, Kiel:IPN.

Laugksch, R. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. In: Science Education, 84 (1), 71-94.

Layton, D., Davey, A., & Jenkins, E. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. Studies in Science Education 13, 27-52.

Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. International Journal of Science Education, 28 (13), 1499-1521.

Roberts D., (1982). Developing the concept of "curriculum emphases" in science education. Science Education, 66, 243-260.

Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Roth, W-M. & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. Science Education, 88, 263-291.

Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.

Η εικονογράφηση στο εγχειρίδιο Χημείας της Α΄ Λυκείου: Μια συγκριτική προσέγγιση

Αναστασία Αποστολάκου & Βασιλική Σπηλιωτοπούλου
Γενικό Τμήμα Παιδαγωγικών Μαθημάτων, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικών και Τεχνολογικών Μαθημάτων (ΑΣΠΑΙΤΕ), apostolakou@gmail.com, spiliot@otenet.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή επίκεντρο είναι η εικονογράφηση του εγχειρίδιου χημείας της Α΄ τάξης Γενικού Λυκείου. Πιο συγκεκριμένα μελετώνται οι οπτικές αναπαραστάσεις των 4 πρώτων κεφαλαίων του βιβλίου ως ένα σύστημα κατηγοριών και υποκατηγοριών ανάλυσης. Τα ευρήματα συγκρίνονται με αποτελέσματα άλλων ερευνών για βιβλία Γυμνασίου και Λυκείου. Παρόλο που η εικονογράφηση του βιβλίου εμφανίζει αρκετά θετικά στοιχεία, υπάρχουν πλευρές που χρειάζεται να προσεχθούν περαιτέρω, όπως οι λεζάντες των οπτικών αναπαραστάσεων, αφού αυτές δημιουργούν την αποτελεσματικότερη σύνδεση εικόνας και κειμένου/περιεχομένου. Οι οπτικές αναπαραστάσεις που συνδέουν το εννοιολογικό πεδίο της Χημείας με την καθημερινή ζωή είναι περιορισμένες, ενώ γίνεται προσπάθεια για τη σύνδεση με την ιστορία και τη φύση της επιστήμης.

Abstract

The aim of this study is to investigate the visual representations of the chemistry textbook for students of 15th grade. More specifically, an analysis of the visual representations in terms of the type, the level, the placement and the captions as well as the function in teaching is performed. The results are compared with findings from previous studies and some conclusions are drawn. The presence of science history in the form of visual representations is also examined. Findings show that despite the visual representations of the textbook function satisfactorily in general, there are points to be improved. The captions need to be written in a more careful manner, while expressions of chemistry concepts in everyday life are not frequently represented with the emphasis given more on experimental and historical aspects.

Εισαγωγή

Η σημασία των οπτικών αναπαραστάσεων (ο.α.) με τη μορφή των διαγραμμάτων, εικόνων, σκίτσων και φωτογραφιών στη σκέψη και στις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών έχει αναγνωρισθεί και αναδειχθεί από διάφορους ερευνητές εδώ και αρκετά χρόνια (Latour 1987, Lynch & Woolgar 1999, Macdonald-Ross 1979). Δεν είναι περίεργο που αυτού του είδους οι αναπαραστάσεις έχουν γίνει ένα από τα πιο διεισδυτικά και καταφανή στοιχεία των σημερινών σχολικών βιβλίων (Lee, 2010), δεδομένης και της εξέλιξης των τεχνολογικών μέσων. Η συμπερίληψή τους στα σχολικά εγχειρίδια οφείλεται στη δυναμική τους να υποστηρίζουν τη μάθηση και τη διδασκαλία όταν σχεδιάζονται κατάλληλα, ενσωματώνονται και αξιοποιούνται κατάλληλα από εκπαιδευτικούς και μαθητές (Cook 2006, Mayer 2001). Η τάση τόσο στην Ευρώπη όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι να περιλαμβάνονται ολοένα και περισσότερες εικόνες, αφού έχουν θεωρηθεί «βασικά οπτικά αντικείμενα» (Kress et al. 1998). Η χρήση της εικόνας στα σχολικά εγχειρίδια, όπως επισημαίνεται και από τους Pozzer & Roth (2005), ανάμεσα στα άλλα αποσκοπεί στο να προκαλέσει την προσοχή του αναγνώστη. Πέρα όμως από αυτή την «διακοσμητική» λειτουργία μια εικόνα έχει το πλεονέκτημα να παρέχει ένα άμεσο και ολοκληρωμένο πακέτο πληροφοριών το οποίο είναι αδύνατον να δομηθεί το ίδιο γρήγορα με περιγραφές που βασίζονται στο γραπτό ή προφορικό λόγο (Mathewson 1999). Για αυτό και ο τρόπος χρήσης των εικόνων καθώς και η δυνατότητα αξιοποίησης τους στη διδασκαλία, είτε μέσω των σχολικών εγχειρίδιων είτε του εκπαιδευτικού λογισμικού, έχει αναδειχθεί ως ένα από τα στοιχεία προβληματισμού και μελέτης στην εκπαιδευτική έρευνα για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Διάφορα συστήματα ανάλυσης της εικονογράφηση των σχολικών βιβλίων έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη τους. Ένα από αυτά είναι το σύστημα ταξινόμησης που έχει

προταθεί από τους Dimopoulos et al. (2003) σύμφωνα με το οποίο οι εικόνες ταξινομούνται αρχικά σύμφωνα με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη σε ρεαλιστικές, συμβατικές και υβρίδια και στη συνέχεια σύμφωνα με την λειτουργία τους σε «αφηγηματικές», «ταξινομικές», «αναλυτικές» και «μεταφορικές». Οι Χαλκιά & Θεοδωρίδης (2002) προκειμένου να ταξινομήσουν και να αξιολογήσουν το εικονογραφικό υλικό των σχολικών εγχειριδίων εστίασαν αποκλειστικά και μόνο στην παιδαγωγική λειτουργία των εικόνων (διδακτικό σκοπό) προσπερνώντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά όπως το είδος της εικόνας. Η κάθε εικόνα ταξινομείται είτε ως εικόνα με διδακτικό στόχο ή ως εικόνα που δημιουργεί ατμόσφαιρα. Μια άλλη ταξινομία προτάθηκε από τους Pozzer και Roth (2003) και Pozzer-Ardenghi & Roth (2005) η οποία εστιάζεται στο συνοδευτικό κείμενο των εικόνων (λεζάντα) για να εκτιμήσει την παιδαγωγική λειτουργία τους. Σύμφωνα με την ανάλυση τους, η κατηγοριοποίηση των εικόνων γίνεται με βάση α) το είδος τους, και β) την ανάλυση της λεζάντας καθώς και τον τρόπο σύνδεσης-αναφοράς με το κυρίως κείμενο. Στις μελέτες αυτές χρησιμοποιήθηκαν τις οι ακόλουθες κατηγορίες για την περιγραφή της λειτουργίας της εικόνας σε συνάρτηση με το κείμενο αναφοράς της: η εικόνα μπορεί να είναι «ασύνδετη και διακοσμητική», να «παραδειγματοποιεί», να «επεξηγεί», ή «ασύνδετη και να συμπληρώνει» το νόημα του γλωσσικού μέρους.

Λαμβάνοντας υπόψη την τελευταία ταξινόμηση, η παρούσα εργασία προβαίνει σε ανάλυση των ο.α. του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας της Α΄ τάξης του Γενικού Λυκείου (Λιοδάκης κ.α. 2003). Οι ο.α. ταξινομούνται και μελετώνται αναφορικά με την παιδαγωγική τους αξιοποίηση στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ειδικότερα η ανάλυση σκοπό έχει να απαντήσει τα ακόλουθα δύο ερωτήματα σχετικά με τις επιλεγμένες ο.α.: 1. Πώς παρουσιάζονται, με ποια πυκνότητα και με ποια χρήση; 2. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς τη χρήση των ο.α. στα σχολικά εγχειρίδια της Χημείας του Γυμνασίου και Λυκείου;

Η εμφάνιση θεμάτων της ιστορίας και της φύσης της χημείας στα σχολικά εγχειρίδια θεωρείται ότι συνδέεται με μια πιθανή ένταξη αυτών στη διδασκαλία από τους εκπαιδευτικούς και αξίζει μελέτης (Vesterinen, Aksela & Lavonen 2011). Έτσι, το τρίτο ερώτημα διερευνά την παρουσία των επιστημόνων που διαδραμάτισαν σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη της Χημείας στα εγχειρίδια. Όπως προλογίζουν οι συγγραφείς του βιβλίου, ακολουθώντας τις σύγχρονες τάσεις συγγραφής διδακτικών βιβλίων έχουν συμπεριλάβει στο βιβλίο τους ιστορικές αναφορές. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια από αυτές τις ο.α. η οποία απεικονίζει δυο σπουδαίους επιστήμονες έχει χρησιμοποιηθεί και ως εξώφυλλο του βιβλίου.

Μεθοδολογία

Με το γενικό όρο οπτική αναπαράσταση έχει οριστεί κάθε λεκτικός ή μη λεκτικό τρόπος αναπαράστασης ενός φαινομένου ή μιας έννοιας, ο οποίος διαφοροποιείται από το κείμενο, όπως οι εικόνες, τα διαγράμματα και άλλες σχηματοποιημένες απεικονίσεις. Η ανάλυση περιεχομένου των ο.α. βασίστηκε στα κριτήρια ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των βιβλίων Γυμνασίου (Αμαριωτάκης κ.α. 2007), ενώ ένας από τους συγγραφείς συμμετείχε στην ανάλυση δεδομένων και των δυο μελετών. Αναλυτικά οι ο.α. εξετάσθηκαν ως προς τα ακόλουθα 6 κριτήρια:

Ι) *Το είδος της αναπαράστασης:* Τις διακρίναμε σε:

α) *Φωτογραφίες* τις απόλυτα ρεαλιστικές απεικονίσεις ενός αντικειμένου ή ενός φαινομένου.
β) *Σκίτσα* που περιγράφουν κάποιο αντικείμενο ή φαινόμενο, αλλά έγιναν με τη χρήση μολυβιού ή ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αυτά μπορεί να είναι προσεγγιστικές απεικονίσεις της πραγματικότητας (τα λεγόμενα ρεαλιστικά σκίτσα).

γ) *Διαγράμματα* που δηλώνουν την ποσοτική σχέση δύο ή περισσοτέρων μεγεθών ή τη μεταβολή ή την κατανομή ενός μεγέθους στο σύνολο.

δ) *Συμβατικές επιστημονικές αναπαραστάσεις* που περιλαμβάνουν χημικούς τύπους ή σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούνται από την επιστημονική κοινότητα. Τέτοιες θεωρούνται ότι είναι η χρήση σφαιριδίων για την απεικόνιση των ατόμων ή μορίων.

ε) *Γελοιογραφίες*

στ) *Εννοιολογικούς χάρτες.*

Επισημαίνεται ότι βρέθηκαν αρκετές περιπτώσεις στις οποίες συνυπήρχαν δύο διαφορετικά είδη ο.α. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι διαφορετικού είδους ο.α μετρούνται και αναλύονται ως μια μονάδα ανάλυσης, η οποία τελικά χαρακτηρίζεται ως προς το είδος της με βάση το κυρίαρχο είδος.

II) *Αριθμός αναπαραστάσεων:* Κάθε μονάδα ανάλυσης με βάση τον αριθμό των ο.α, που περιέχει κατηγοριοποιείται ως:

α) *απλή αναπαράσταση,* όταν περιέχει μια απεικόνιση

β) *σύνθεση,* όταν περιέχει περισσότερες από μια διακριτές απεικονίσεις. Μια σύνθεση κατηγοριοποιείται, είτε σε σύνθεση αποτελούμενη από ο.α της ίδιας έννοιας και του ιδίου επιπέδου περιεχομένου, είτε σε σύνθεση αποτελούμενη από ο.α. διαφορετικού τύπου.

III) *Επίπεδο αναπαράστασης:* Ως προς το επίπεδο περιεχομένου μια οπτική αναπαράσταση κατηγοριοποιείται σε:

α) *μακροσκοπική* όταν περιγράφει ένα αντικείμενο (π.χ. μια πειραματική διαδικασία ή μια συσκευή) ή ένα φαινόμενο αντιληπτό με τις αισθήσεις β) *μικροσκοπική* , όταν απεικονίζονται συστατικά του μικρόκοσμου (π.χ. άτομα ή μόρια) τα οποία δεν είναι ορατά δια γυμνού οφθαλμού. Μικροσκοπικού περιεχομένου εικόνες χρησιμοποιούμε σε φαινόμενα, στα οποία παίζει ιδιαίτερο ρόλο η ατομική/μοριακή φύση της ύλης. Τα μικροσκοπικά μοντέλα αποτελούν βασικά εργαλεία της Χημείας, που είναι από τη φύση της η Επιστήμη του μικροσκοπικού και του αόρατου.

γ) *συμβολική* όταν περιλαμβάνει συγκεκριμένους συμβολισμούς ή γενικότερα κώδικες της επιστημονικής γλώσσας (π.χ. η αναπαράσταση της δημιουργίας ενός πολυμερούς ή ενός αμινοξέος της πεπτιδικής αλυσίδας με χρήση χημικών εξισώσεων). Το επίπεδο αναπαράστασης ενός διαγράμματος στην εργασία αυτή θεωρείται συμβολικό.

δ) *μεικτή* όταν περιλαμβάνονται τουλάχιστον δύο από τις πιο πάνω κατηγορίες. Επίσης η χρήση αναλογίας στην εργασία αυτή θεωρείται ως μια μεικτή αναπαράσταση.

IV) *Λεζάντα:* Ως προς τη χρήση λεζάντας οι οπτικές αναπαραστάσεις κατηγοριοποιούνται σε:

α) αυτές που *συνοδεύονται από λεζάντα*. Η λεζάντα μπορεί να είναι *ονομαστική* αν μόνο περιγράφει τι απεικονίζεται ή *επεξηγηματική*, αν με αυτήν παρέχονται στο μαθητή λεπτομέρειες που πρέπει να προσέξει στην αναπαράσταση β) αυτές *χωρίς λεζάντα*. Κάποιες λεκτικές πληροφορίες μέσα στην αναπαράσταση θεωρούνται ως τίτλοι και όχι λεζάντες.

V) *Θέση:* Ως προς τη θέση τους σε σχέση με το κείμενο οι οπτικές αναπαραστάσεις διακρίνονται σε:

α) *Ενσωματωμένες μέσα στο κείμενο*, οι οποίες έχουν λεζάντα με αρίθμηση β) Αυτές που βρίσκονται στο γαλάζιο *περιθώριο δίπλα στο κείμενο*. Όλες οι ο.α που βρίσκονται στο περιθώριο στερούνται αρίθμησης, έχουν όμως λεζάντα.

γ) Αυτές που υπάρχουν στην *αρχή κάθε κεφαλαίου* και καλύπτουν ολόκληρη την πρώτη αριστερή σελίδα του, δεν έχουν αρίθμηση, αλλά έχουν εκτενή επεξηγηματική λεζάντα.

δ) Αυτές που βρίσκονται στο *τέλος κάθε κεφαλαίου* στο ένθετο «Γνωρίζεις ότι…».

VI) *Σκοπός της χρήσης:* Στην εργασία αυτή, ο σκοπός της χρήσης των οπτικών αναπαραστάσεων καθορίζεται με βάση τον αριθμό νέων πληροφοριών που παρέχονται στον αναγνώστη σε σχέση με τις πληροφορίες που υπάρχουν στο κυρίως κείμενο της σελίδας ή της παραγράφου στις οποίες βρίσκονται αυτές. Έτσι διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

α) *Διακοσμητικές,* όταν δεν σχετίζονται άμεσα με το κείμενο της σελίδας στις οποίες αυτές αντιστοιχούν και οι πληροφορίες που παρέχουν στον αναγνώστη δεν αποτελούν τμήμα της διδακτέας ύλης αλλά κυρίως αφορούν θέματα της καθημερινής ζωής χωρίς όμως αυτά να χαρακτηρίζονται ως παραδείγματα. Οι διακοσμητικές αναπαραστάσεις έχουν ως κύρια λειτουργία τους να προκαλέσουν το ενδιαφέρον του μαθητή.

β) *Παραδειγματικές*, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το κείμενο της σελίδας ή της παραγράφου στις οποίες αυτές αντιστοιχούν. Έχουν σχεδόν πάντα αριθμημένη λεζάντα ώστε να υπάρχει η δυνατότητα για αναφορά σε αυτές στο κυρίως κείμενο, ενώ οι ίδιες δεν παρέχουν περισσότερες πληροφορίες στον αναγνώστη πέραν αυτών που υπάρχουν στο κείμενο.

γ) *Επεξηγηματικές* που σχετίζονται άμεσα με το κείμενο της σελίδας ή της παραγράφου στις οποίες αυτές αντιστοιχούν, παρέχουν επιπλέον πληροφορίες στον αναγνώστη οι οποίες έχουν και αυτές άμεση σχέση με τη διδακτέα ύλη. Έχουν συνήθως επεξηγηματική λεζάντα.

δ) *Συμπληρωματικές* που σχετίζονται άμεσα με το κείμενο της σελίδας ή της παραγράφου στις οποίες αυτές αντιστοιχούν και παρέχουν επιπλέον πληροφορίες οι οποίες όμως δεν αποτελούν διδακτέα ύλη και δεν αναγράφονται στο κυρίως κείμενο.

Για το χαρακτηρισμό μιας ο.α. ως προς την παιδαγωγική της λειτουργία έγιναν οι ακόλουθες παραδοχές:

1) Κάθε μια από τις ολοσέλιδες φωτογραφίες με τις οποίες αρχίζει κάθε ένα κεφάλαιο λειτουργεί ως εισαγωγικό στοιχείο σε ένα νέο κεφάλαιο (εξώφυλλο) και θεωρείται ότι έχει διακοσμητική χρήση. Οι εικόνες αυτές συνοδεύονται από εκτενές κείμενο και σκοπό έχουν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον του μαθητή και να τον εισαγάγουν στο θέμα του κεφαλαίου.

2) Η χρήση πορτρέτων θεωρείται να έχει συμπληρωματική λειτουργία. Οι εικόνες αυτές σχετίζονται άμεσα με το κείμενο της σελίδας στις οποίες βρίσκονται, έχουν εκτενή λεζάντα και παρέχουν βιογραφικές και άλλες επιπλέον πληροφορίες οι οποίες όμως δεν αποτελούν διδακτέα ύλη και δεν αναγράφονται στο κυρίως κείμενο.

3) Οι γελοιογραφίες θεωρούνται να έχουν επίσης διακοσμητική λειτουργία.

4) Οι εικόνες που κάνουν χρήση αναλογίας θεωρούνται ως επεξηγηματικές.

5) Τα διαγράμματα που εμφανίζουν την ποιοτική σχέση μεταξύ δύο μεγεθών θεωρείται να έχουν επεξηγηματική λειτουργία.

6) Η ταυτόχρονη αναπαράσταση ενός υλικού σώματος τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μοριακό επίπεδο θεωρείται να έχει επεξηγηματική λειτουργία .

7) Μια φωτογραφία ή μια σύνθεση φωτογραφιών που απεικονίζουν τα στάδια μιας πειραματικής διαδικασίας θεωρείται ότι έχει παραδειγματική λειτουργία

8) Ένα σκίτσο που αναπαριστά μια πειραματική διάταξη και έχει λεκτικές πληροφορίες μέσα στην αναπαράσταση θεωρείται ότι έχει επεξηγηματική λειτουργία.

9) Μια φωτογραφία που απεικονίζει περισσότερα από ένα αντικείμενα με σκοπό τη μεταξύ τους σύγκριση με κάποιο κριτήριο (εσωτερική σύγκριση) θεωρείται ότι έχει επεξηγηματική λειτουργία.

Αποτελέσματα

Στην εργασία μελετηθήκαν οι οπτικές αναπαραστάσεις που εμπεριέχονται στα 4 πρώτα κεφάλαια του εγχειριδίου. Μετρήθηκαν 115 οπτικές αναπαραστάσεις σε έκταση 111 σελίδων δηλαδή περίπου 1,05 αναπαραστάσεις ανά σελίδα. Προέκυψε ότι οι οπτικές αναπαραστάσεις εμφανίζονται στο βιβλίο με την εξής κατανομή ανά κατηγορία: φωτογραφίες 50,4%, συμβατικές 22,6%, σκίτσα 20,9%, διαγράμματα 4,3%, γελοιογραφίες 0.9% και εννοιολογικοί χάρτες 0.9%. Το μεγαλύτερο ποσοστό, 59,1% των ο.α. είναι μακροσκοπικές (ρεαλιστικές), ενώ οι μικροσκοπικές και μεικτές μαζί (απεικόνιση μορίων, ατόμων) είναι περίπου 1,7 φορές λιγότερες (34,9%). Σημειώνεται ότι η παρουσία ο.α με συμβολικό περιεχόμενο, όπως τα διαγράμματα και οι γελοιογραφίες, είναι περιορισμένη (7%).

Ως προς τη θέση, ο ίδιος αριθμός ο.α. είναι κατανεμημένες τόσο στο κυρίως κείμενο (50) όσο και στο χρωματιστό γαλάζιο περιθώριο (50). Επιπλέον, 10 ο.α. έχουν ενσωματωθεί στα 4 πρώτα ένθετα του βιβλίου, (ανάμεσα στα κεφάλαια), οι οποίες λόγω της θέσης τους φαίνεται να λειτουργούν κατευθύνοντας την αυτενεργό μελέτη και μάθηση του μαθητή.

Σχεδόν όλες οι εικόνες (96%) συνοδεύονται από λεζάντα κυρίως επεξηγηματική. Οι ο.α. που είναι τοποθετημένες στο κυρίως κείμενο διαθέτουν αρίθμηση, αν και δεν χρησιμοποιείται, καθώς βρίσκονται ακριβώς κάτω από την παράγραφο που αναφέρονται. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι λεζάντες που συνοδεύουν τις εικόνες είναι σχετικά σύντομες και περιεκτικές, χάνοντας σε μερικές περιπτώσεις τον επεξηγηματικό τους χαρακτήρα, ιδιαίτερα μάλιστα όταν συγκρίνονται με εκείνες που υπάρχουν σε σύγχρονα ξενόγλωσσα διδακτικά βιβλία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι και η Εικόνα 1.

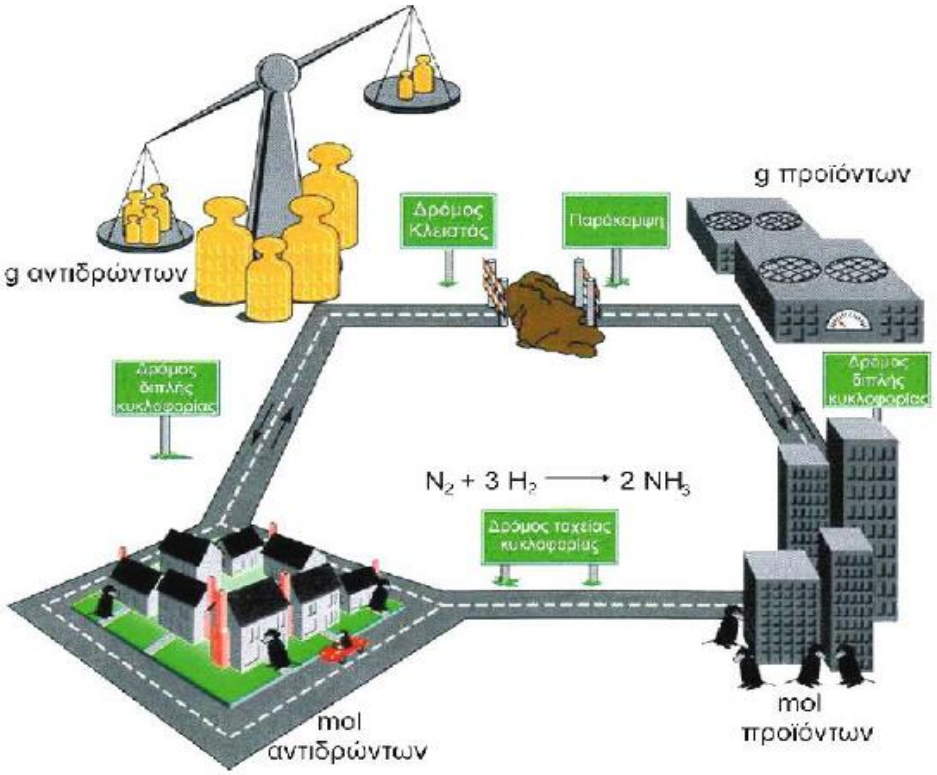
ΣΧΗΜΑ 3.12 Καταστροφή μαρμάρινων μνημείων ιστορικής αξίας. Η όξινη βροχή μετατρέπει το μάρμαρο ($CaCO_3$) σε γύψο($CaSO_4.2H_2O$) - γυψοποίηση του μαρμάρου.

Εικόνα 1: Φωτογραφία που συνοδεύεται από περιεκτική λεζάντα

Η φωτογραφία αυτή υπάρχει και στο βιβλίο «Γενική Χημεία[33]», αλλά με την ακόλουθη λεζάντα: ***Επίδραση της όξινης βροχής στο μάρμαρο.*** *Αυτές οι φωτογραφίες ενός μαρμάρινου αγάλματος του George Washington, που βρίσκεται στη Ν. Υόρκη, ελήφθησαν με 60 χρόνια διαφορά. Η νεότερη φωτογραφία δείχνει ότι πολλές από τις λεπτομέρειες του αγάλματος έχουν αλλοιωθεί από την όξινη βροχή. Το μάρμαρο ($CaCO_3$) αντιδρά με τα ιόντα H_3O^+ σχηματίζοντας το ευδιάλυτο $Ca(HCO_3)_2$.*

Επίσης παρατηρήθηκε σε ένα μικρό αριθμό σκίτσων η λεζάντα που τα συνοδεύει να είναι ανεπαρκής και να εμφανίζει αρκετά μεγάλη πιθανότητα να δημιουργήσει παρανοήσεις επί των εικονιζόμενων αντικειμένων, ώστε να χρειάζεται να επεμβαίνει ο εκπαιδευτικός για να αποφευχθούν. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η Εικόνα 2, όπου μεταξύ άλλων εικονίζονται και 8 τυφλοπόντικες. Η λεζάντα δεν κάνει καμία αναφορά στους τυφλοπόντικες της εικόνας θεωρώντας ότι ο μαθητής γνωρίζει ότι η αγγλική ονομασία του ζώου αυτού είναι επίσης mole.

[33] Ebbing & Gammon *Γενική Χημεία, 6η έκδοση* Μτφρ. Ν. Κλούρας (2002) Τραυλός, Αθήνα (σελ. 692)



ΣΧΗΜΑ 4.9 Εικονική παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθούμε σε στοιχειομετρικούς υπολογισμούς. Σε μία χημική εξίσωση δεν περνάμε απ' ευθείας από τη μάζα των αντιδρώντων στη μάζα των προϊόντων. Θα πρέπει πρώτα οι μάζες να μετατραπούν σε mol. Αυτό γίνεται επειδή οι συντελεστές της χημικής εξίσωσης καθορίζουν τις αναλογίες mol αντιδρώντων και προϊόντων.

Εικόνα 2: Σκίτσο που συνοδεύεται από λεζάντα όπου η περιγραφή που παρέχεται αναφορικά με το τι είναι αυτό που αναπαριστούν είναι πολύ περιορισμένη

Σχετικά με τη λειτουργία των ο.α., όπως διαπιστώνεται από τον Πίνακα 1, το μεγαλύτερο ποσοστό των αναπαραστάσεων επιτελεί παραδειγματική λειτουργία (36,5%) και ένα επίσης σημαντικό ποσοστό φαίνεται να επιτελεί συμπληρωματική λειτουργία (28,7%). Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι στην εργασία αυτή έχει γίνει η παραδοχή ότι η χρήση πορτρέτων θεωρείται να έχει συμπληρωματική λειτουργία. Η χρήση ο.α. για λόγους διασαφήνισης/επεξήγησης του κειμένου εκτιμήθηκε στο ποσοστό του 27,0%, ενώ η χρήση εικόνων για διακοσμητικούς λόγους ανέρχεται στο 7,8%.

Πίνακας 1: Οι λειτουργίες των ο. α. στο εγχειρίδιο χημείας της Α΄ Λυκείου (σύνολο=115).

Λειτουργίες ο.α.	**Συχνότητα (%)**
Διακοσμητική	9 (7,8%)
Παραδειγματική	42 (36,5%)
Επεξηγηματική	31 (27,0%)
Συμπληρωματική	33 (28,7%)

Για λόγους σύγκρισης παραθέτουμε στο Πίνακα 2 τα αντίστοιχα αποτελέσματα της ανάλυσης τεσσάρων βιβλίων Βιολογίας της Βραζιλίας για όλες της βαθμίδες Λυκείου (high school) όπως παρουσιάστηκαν από τους Pozzer & Roth (2003).

Όπως διαπιστώνεται από τους Πίνακες 1 και 2, η χρήση των εικόνων στα βιβλία φυσικών επιστημών του Λυκείου στις δύο χώρες ακολουθεί παρόμοια κατανομή ως προς τις 4 αυτές λειτουργίες.

Επίσης, στον Πίνακα 3, παραθέτουμε τα αντίστοιχα αποτελέσματα από την ανάλυση ελληνικών βιβλίων Χημείας Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου (Αμαριωτάκης κ.ά. 2007). Επισημαίνεται ότι η ανάλυση αυτή είχε γίνει με βάση τις 3 πρώτες λειτουργίες, δηλαδή διακοσμητική, παραδειγματική και επεξηγηματική.

Πίνακας 2: Οι λειτουργίες φωτογραφιών σε βιβλία Βιολογίας της Βραζιλίας (σύνολο = 148)

Λειτουργίες ο.α.	**Συχνότητα (%)**
Διακοσμητική	8 (5,4%)
Παραδειγματική	52 (35,1%)
Επεξηγηματική	42 (28,4%)
Συμπληρωματική	46 (31,1,7%)

Πίνακας 3: Οι λειτουργίες των ο. α. στα βιβλία Χημείας του Γυμνάσιου και η συχνότητα τους (σύνολο=197 και σύνολο=201)

Λειτουργίες ο.α.	**Χημεία Β΄ Γυμνασίου Συχνότητα (%)**	**Χημεία Γ΄ Γυμνασίου Συχνότητα (%)**
Διακοσμητική	41 (20,8%)	26 (12,9%)
Παραδειγματική	90 (45,7%)	159 (79,1%)
Επεξηγηματική	66 (33,5%)	16 (7,8%)

Εν συνεχεία, συγκρίνουμε την πυκνότητα (αριθμός ο.α. ανά σελίδα) των ο.α. στο σχολικό βιβλίο του Λυκείου με αυτή στα βιβλία Γυμνασίου. Συγκριτικά, ο αριθμός 1,05 ο.α, /σελίδα είναι αρκετά μικρότερος από το αντίστοιχο μέσο αριθμό των 2,2 αναπαραστάσεων που βρέθηκε για τα βιβλία Χημείας της Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου. Οι φωτογραφίες είναι το κυρίαρχο είδος και στα βιβλία Λυκείου και Γυμνασίου, το δεύτερο κυρίαρχο είδος, όμως, είναι διαφορετικό: στο Γυμνάσιο είναι τα σκίτσα, ενώ στο Λύκειο οι συμβατικές αναπαραστάσεις. Επίσης κρίθηκε σκόπιμο να γίνει και μια πρώτη σύγκριση με τα πρόσφατα βιβλία Χημείας του Γυμνασίου, τα οποία κατά μέσο όρο έχουν περίπου 1,5 αναπαραστάσεις ανά σελίδα (Αβραμιώτης κ.ά. 2007, Θεοδωρόπουλος κ.ά. 2007). Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι στα βιβλία αυτά του Γυμνασίου οι αναπαραστάσεις είναι σημαντικά μικρότερων διαστάσεων από αυτές του βιβλίου της Α΄ Λυκείου.

Τέλος, αναφορικά με την παρουσίαση των ιστορικών ή νεότερων επιστημόνων βρέθηκε ότι ένα ποσοστό 25% των ο.α. απεικονίζουν επιστήμονες στο χώρο της Χημείας. Εάν εστιάσουμε στη διδακτέα ύλη διαπιστώνεται ότι ένα ποσοστό 19% των ο.α. (22 ο.α) είναι αφιερωμένο στην απεικόνιση ιστορικών προσώπων. Οι περισσότερες εικόνες είναι πορτρέτα των επιστημόνων και συνοδεύονται από εκτενή λεζάντα που παρέχει βιογραφικά στοιχεία και λεπτομέρειες για τις δυσκολίες ή/και τους θριάμβους που βίωσαν κατά την διάρκεια της ζωής τους. Φαίνεται έτσι η πρόθεση της συγγραφικής ομάδας να καταλάβει ο μαθητής την αφοσίωση αλλά και την ανθρώπινη διάσταση των σπουδαίων αυτών επιστημόνων. Η εσωτερική λειτουργία της επιστήμης, κοινωνικές και πολιτισμικές πλευρές, καθώς και περιορισμοί των μοντέλων που προτάθηκαν από τους επιστήμονες αγνοούνται (Vesterinen, Aksela & Lavonen 2011).

Συμπεράσματα

Η ανάλυση που προηγήθηκε έδειξε ότι οι φωτογραφίες εξακολουθούν να είναι το κυρίαρχο είδος ο.α. που χρησιμοποιείται στο σχολικό βιβλίο της Χημείας της Α΄ Λυκείου, όπως και στο Γυμνάσιο. Η διαφορά εντοπίστηκε στο δεύτερο κυρίαρχο είδος όπου βρέθηκε ότι οι συμβατικές αναπαραστάσεις εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα από ότι τα ρεαλιστικά σκίτσα. Επιπλέον, η πυκνότητα των ο.α. φαίνεται να μειώνεται με τη μετάβαση από το Γυμνάσιο στο Λύκειο. Επίσης, διαπιστώνεται ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις λειτουργίες που επιτελούν οι ο.α. στις δύο βαθμίδες εκπαίδευσης. Στο βιβλίο που αναλύεται στην παρούσα εργασία οι ο.α.

βρέθηκε να επιτελούν σε εξίσου σημαντικό βαθμό και τις 3 λειτουργίες, δηλαδή επαναλαμβάνουν το κυρίως κείμενο, το επεξηγούν και το συμπληρώνουν. Στα βιβλία Γυμνασίου, οι ο.α. κυρίως επαναλαμβάνουν το νόημα του κυρίως κειμένου. Επίσης, η αξιοποίηση των εικόνων για ελκυστικούς/διακοσμητικούς λόγους είναι λιγότερο διαδεδομένη στο βιβλίο του Λυκείου, αν και είναι περισσότερο διαδεδομένη συγκρινόμενη με τη χρήση τους στα βιβλία Λυκείου της Βραζιλίας.

Οι φωτογραφίες του βιβλίου καλύπτουν θέματα από την Πειραματική Χημεία και την Ιστορία της Χημείας και σε μικρότερο βαθμό θέματα από την καθημερινή ζωή. Ένα σημείο που φάνηκε να χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι οι λεζάντες των οπτικών αναπαραστάσεων. Σε ορισμένες ο.α, η περιγραφή που παρέχεται αναφορικά με το τι είναι αυτό που αναπαριστούν είναι πολύ περιορισμένη και καθιστά αδύνατη την βέλτιστη αξιοποίηση τους από το μαθητή. Η γνώση των δυνατών και αδύναμων σημείων των ο.α. είναι αξιοποιήσιμη τόσο από τους συγγραφείς, όσο και από τους εκπαιδευτικούς. Η επικέντρωση της προσοχής των μαθητών σε κάποια σημεία ή ο συνδυασμός με άλλες ο.α. και με το κείμενο είναι κρίσιμα στη μάθηση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος, Γ. (2007). Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Αμαριωτάκης, Β., Σπηλιωτοπούλου, Β. & Ιωαννίδης, Γ. (2007). Οπτικές αναπαραστάσεις στα σχολικά βιβλία Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου. Πρακτικά CD-ROM. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΔΦΕ & ΝΤΕ, Ιωάννινα, Απρίλιος.

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π. Σ., & Κάλλης, Α. (2003). Χημεία Α΄ Λυκείου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., Σιδέρη, Φ. (2007). Χημεία Γ΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Χαλκιά Κ. & Θεοδωρίδης Μ. (2002). Η χρήση της εικόνας στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών: ένα σύστημα ταξινόμησης και αξιολόγησης των εικόνων. Θέματα στην Εκπαίδευση, 3(1) , 79-95.

Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. Science Education, 90, 1073–1091.

Dimopoulos K., Koulaidis B., & Sklaveniti S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. Research in Science Education, 33, 189-216.

Ebbing, D.D. & Gammon, S. D. (2002). General Chemistry. 7th Ed., Boston: Houghton Mifflin Company.

Han, J. & Roth, W.–M. (2005). Chemical inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro- and Microworld. Journal of Research in Science Teaching, 40 (10), 1089-1114.

Kress, G., Ogborn, J., Jewitt, C., & Tsatsarelis, B. (1998). Rhetorics of the Science Classroom: Multimodal Approach, (an EPSRC funded project), Institute of Education, University of London.

Latour, B. (1987). Science in action: How to follow scientists and engineers through society. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lee, V.R. (2010). Adaptations and Continuities in the Use and Design of Visual Representations in US Middle School Science Textbooks. International Journal of Science Education, 32(8), 1099-1126.

Lynch, M., & Woolgar, S. (1990). Representation in scientific practice (1st ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Macdonald-Ross, M. (1979). Scientific diagrams and the generation of plausible hypotheses: An essay in the history of ideas. Instructional Science, 8, 223–234.

Mayer, R. E. (2001). Multimedia learning. Cambridge/New York: Cambridge University Press.

Pozzer, L. L. & Roth, W.–M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 40 (10), 1089-1114.

Pozzer-Ardenghi, L. and Roth, W.-M. (2005), Making sense of photographs. Science Education, 89, 219–241.

Vesterinen, V.-M., Aksela, M., & Lavonen, J. (2011). Quantitative analysis of representations of nature of science in Nordic upper secondary school textbooks using framework of analysis based on philosophy of chemistry. Science & Education, published online (pre-print), 18 October 2011, DOI10.1007/s11191-011-9400-1.

Ένταξη μαθημάτων βιολογίας σε διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες για την α΄ γυμνασίου: Αξιολόγηση από ειδικούς της εκπαίδευσης και της επιστήμης

Αικατερίνη Τάτση, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας 45110 Ιωάννινα
katerinatatsi@gmail.com; gtsepser@cc.uoi.gr

Περίληψη

Το βιβλίο «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες (Φυσική-Χημεία) για την Α΄ Τάξη Γυμνασίου» των Τσαπαρλή και Καμπουράκη χρησιμοποιήθηκε ως σημείο εκκινήσεως για τη δημιουργία ενός νέου διδακτικού εγχειριδίου που θα περιελάμβανε και μαθήματα βιολογίας. Στην εισαγωγή και σε κάθε μία από τις πρώτες εννέα ενότητες προσθέσαμε μαθήματα βιολογίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της αρχικής αξιολόγησης του βιβλίου από έμπειρους ειδικούς της εκπαίδευσης και της επιστήμης. Για το σκοπό αυτό, επιλέξαμε έναν/μία πανεπιστημιακό και τρεις εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Δύο από τους αξιολογητές απάντησαν γραπτώς σε ερωτηματολόγιό μας, ενώ από τους άλλους δύο λάβαμε προφορική συνέντευξη. Περιγράφεται η μεθοδολογία της αξιολόγησης και παρατίθενται τα θετικά και οι αρνητικά σχόλια των αξιολογητών για το διδακτικό εγχειρίδιο συνολικά, για την ένταξη της βιολογίας σε αυτό και για το περιεχόμενο των μαθημάτων βιολογίας. Έγιναν ακόμη και παρατηρήσεις και προτάσεις για διορθώσεις, προσθήκες και βελτιώσεις, πολλές από τις οποίες ελήφθησαν υπόψη σε νέα έκδοση του βιβλίου.

Embedment of biology lessons in an instructional textbook for physical science for the seventh grade: Evaluation by education and science experts

Abstract

A pre-existing textbook of introductory integrated physics and chemistry for the seventh grade in Greece, written by Tsaparlis and Kampourakis, was used as starting point for the creation of a new science book that would also include biology. To each of the first nine units of the book, we added biology lessons. In this paper, we present the results of a preliminary evaluation of the book by experienced education and science experts. To this purpose, we selected one university professor and three secondary school teachers. Two of them answered in writing to a questionnaire, while from the other two teachers we took oral interviews. We describe the method of evaluation, and report the positive and the negative remarks and comments by the evaluators on the book in general, on the embedment of biology in the book, and on the content of the biology lessons. In addition, the evaluators made comments and suggestions for corrections, additions, and improvements, many of which were taken into account in a revised edition of the book.

Εισαγωγή

Είναι γνωστός ο ρόλος του σχολικού εγχειριδίου στη διδασκαλία και στη μάθηση διότι δρα ως ισχυρός καταλύτης για τη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης. Είναι ουσιαστικής σημασίας λοιπόν να έχουμε αξιόπιστες μεθόδους για την ανάλυση σημαντικών χαρακτηριστικών των βιβλίων (Armbruster & Anderson 1991). Η διαδικασία αξιολόγησης ενός γραπτού κειμένου έχει τη δυνατότητα προσέγγισης από πολλές πλευρές. Η ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων προϋποθέτει τη δυνατότητα εντοπισμού των αρχών, με βάση τις οποίες οργανώνονται τα περιεχόμενά τους. Αναλύοντας τη βιβλιογραφία τη σχετική με τα σχολικά εγχειρίδια των φυσικών επιστημών, οι Τσατσαρώνη και Κουλαϊδής (2001) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι σχετικές μελέτες «επικεντρώνονται, με επιλεκτικό τρόπο, σε κάποια στοιχεία και όχι στις αρχές με βάση τις οποίες επιλέγεται και οργανώνεται το περιεχόμενο ...» (σελ. 269). Εξάλλου, τα διδακτικά βιβλία αξιολογούνται και από την άποψη της επιστημονικής τους πληρότητας, δηλαδή της ακρίβειας των επιστημονικών εννοιών και μεθόδων στις οποίες αναφέρονται. Τέλος, σύμφωνα με τους Βοσνιάδου κ.ά. (1998), το βασικότερο κριτήριο για να

ελέγξουμε το κατά πόσο ένα βιβλίο είναι κατάλληλο ή όχι για τους μαθητές μας είναι ο βαθμός στον οποίο αυτό το βιβλίο αντικατοπτρίζει τους τεθέντες εκπαιδευτικούς στόχους.

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε στα αποτελέσματα μιας αρχικής αξιολόγησης από ειδικούς έμπειρους επιστήμονες και εκπαιδευτικούς του βιβλίου «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες (Φυσική-Χημεία-Βιολογία)» για την Α΄ Τάξη γυμνασίου.

Το εκπαιδευτικό βιβλίο (βιβλίο του μαθητή)

Ως σημείο εκκινήσεως για τη σύνταξη του βιβλίου χρησιμοποιήσαμε (με κάποιες τροποποιήσεις) το βιβλίο «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες (Φυσική-Χημεία), για την Α΄ Τάξη Γυμνασίου)» που έχουν συγγράψει οι Τσαπαρλής και Καμπουράκης στα πλαίσια του προγράμματος «Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης» (ΣΕΠΠΕ) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Τμήμα του βιβλίου αυτού διδάχθηκε πειραματικά κατά τα σχολικά έτη 1998-99 και 1999-2000 σε 11 γυμνάσια (σε 30 τμήματα, με σύνολο 1300 περίπου μαθητών), στα πλαίσια του προγράμματος ΣΕΠΠΕ (Τσαπαρλής & Καμπουράκης 2003).

Στην τρέχουσα εκδοχή του, το βιβλίο χωρίζεται στην εισαγωγή και σε εννέα ενότητες (βλ. Πίνακα 1). Στην εισαγωγή και σε κάθε μία από τις πρώτες εννέα ενότητες προσθέσαμε αντίστοιχα μαθήματα βιολογίας, τα οποία αναφέρονται σε εισαγωγικά θέματα βιολογίας που συνδέονται άμεσα με τις γνώσεις φυσικής και/ή χημείας που προσφέρονται σε κάθε ενότητα, π.χ. στην ενότητα «Κίνηση και δύναμη» προσθέσαμε το μάθημα «Στήριξη και την κίνηση των ζωντανών οργανισμών". Τα θέματα βιολογίας και το περιεχόμενό τους σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την αντίστοιχη ύλη του τρέχοντος βιβλίου βιολογίας της α΄ γυμνασίου. Ο Πίνακας 1 δίνει τα αναλυτικά περιεχόμενα, όπου τα προστεθέντα μαθήματα βιολογικού ενδιαφέροντος τονίζονται με μαύρα στοιχεία.

Ένα θέμα που μας απασχόλησε εξ αρχής ήταν η μη ένταξη βιολογικού μαθήματος στην τελευταία ενότητα του ηλεκτρισμού. Λαμβάνοντας υπόψη και την παρατήρηση ενός από τους κριτές αυτής της εργασίας, εντάξαμε εκ των υστέρων στην ενότητα του ηλεκτρισμού το μάθημα «Το νευρικό σύστημα» και ήδη έχουμε συγγράψει το σχετικό διδακτικό υλικό. Το θέμα όμως του νευρικού συστήματος δεν εξαντλείται εδώ, αλλά θα γίνει επάνοδος σε αυτό στο κεφάλαιο της ερεθιστικότητας της β΄ γυμνασίου (βλ. προταθέν από εμάς πρόγραμμα βιολογίας για τη β΄ γυμνασίου στο Τάτση & Τσαπαρλής 2011).

Για τη σύνταξη του βιβλίου-εκπαιδευτικού υλικού ελήφθησαν υπόψη ένας αριθμός αρχών της διδακτικής των φ.ε., π.χ. η θεωρία νοηματικής μάθησης του Ausubel, η εφαρμογή στην εκπαίδευση της Πιαζέτειας θεωρίας, και ενεργητικές/εποικοδομητικές μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης, με σκοπό τη μεγιστοποίηση των θετικών γνωσιακών και συναισθηματικών αποτελεσμάτων (Τσαπαρλής 1991, 1998, Tsaparlis, Kampourakis 2000). Περισσότερες πληροφορίες για το βιβλίο έχουν δοθεί σε προηγούμενη εργασία (Τάτση, Τσαπαρλής 2011).

Πίνακας 1. Περιεχόμενα και ενότητες του πειραματικού εγχειριδίου «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες» (Με μαύρα στοιχεία τονίζονται τα μαθήματα βιολογικού ενδιαφέροντος.)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
1. Μεταβολές στη φύση (Ύλη και ενέργεια)
2. Η φυσική, η χημεία και οι φυσικές επιστήμες
3. **Η βιολογία**

Ενότητα Α: Η ΥΛΗ - ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
4. Η ύλη: καταστάσεις της ύλης - Το έδαφος
5. Περισσότερα για την ύλη: Ουσίες και μείγματα
6. Διαχωρισμός μειγμάτων στα συστατικά τους
7. **Οι μικροοργανισμοί**
8. Μέτρηση μήκους
9. Μέτρηση επιφανείας και όγκου
10. Μάζα των σωμάτων
11. **Αύξηση της μάζας των ζωντανών οργανισμών**
12. Η πυκνότητα ενός ομογενούς υλικού

Ενότητα Β: ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ
13.Εισαγωγή στην κίνηση των σωμάτων
14.Δυνάμεις
15.Η μετατόπιση, η ταχύτητα, η δύναμη είναι διανυσματικά μεγέθη
16.Βάρος - Βαρύτητα - Πεδίο βαρύτητας
17.Σχέση βάρους και μάζας
18.**Στήριξη και κίνηση των ζωντανών οργανισμών**

Ενότητα Γ: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ
19.Θερμοκρασία και θερμότητα
20.Περισσότερα για τη θερμότητα: Η θερμική ισορροπία
21.**Η ομοιόσταση**
22.Διαστολή και συστολή στερεών σωμάτων
23.Διαστολή και συστολή των υγρών-Θερμόμετρα

Ενότητα Δ: ΤΟ ΝΕΡΟ
24. Το νερό
25. Διαλύματα
26. Κρυστάλλωση-Ανακρυστάλλωση-Κρύσταλλο
27. **Διάχυση και ώσμωση**
28. **Προβλήματα με το νερό**

Ενότητα Ε: Η ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ
29. Η έννοια της χημικής αντίδρασης
30. Χημικές αντιδράσεις σε υδατικά διαλύματα
31. Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία
32. Γνωρίζουμε περισσότερο τα χημικά στοιχεία
33. **Χημικές αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς**

Ενότητα ΣΤ: ΠΙΕΣΗ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΥΓΡΑ
34. Πίεση που ασκούν τα στερεά
35. Υδροστατική πίεση
36. Ροή υγρών - Συγκοινωνούντα δοχεία
37. **Το κυκλοφορικό σύστημα**

Ενότητα Ζ: Ο ΑΕΡΑΣ - ΠΙΕΣΗ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ
38. Ο ατμοσφαιρικός αέρας
39. **Η αναπνοή**
40. Ατμοσφαιρική πίεση
41. Μεταβολές των αερίων
42. **Προβλήματα με τον αέρα**

ΕΝΟΤΗΤΑ Η: ΕΝΕΡΓΕΙΑ
43. Καύση – Καύσιμα
44. Περισσότερα για την ενέργεια
45. Μορφές ενέργειας - Μεταφορά και μετατροπές της ενέργειας
46. **Ενέργεια –Τροφή- Διατροφή**

ΕΝΟΤΗΤΑ Θ: ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
47. Αρχίζουμε τον ηλεκτρισμό: Ηλέκτριση και ηλεκτρικά φορτία
48. Μια πρώτη εξήγηση του ηλεκτρισμού - Αγωγοί και μονωτές
49. Το ηλεκτρικό ρεύμα
50. **Το νευρικό σύστημα**

Μέθοδος αξιολόγησης του βιβλίου και των μαθημάτων βιολογίας

Για την αξιολόγηση λάβαμε υπόψη τη βιβλιογραφία της διδακτικής (βλ. την αρχή αυτού του άρθρου, καθώς και: Στασινάκης, Κολλιόπουλος 2011, Τσούλος, Τσαπαρλής 2009, Pop-Păcurar, Ciascai 2010, Roseman, Stern, Koppal 2010). Ειδικότερα, βασιστήκαμε στη διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάλυση του αναλυτικού προγράμματος του Project 2061: αυτή απαίτησε

οι αξιολογητές να χρησιμοποιήσουν ένα σύνολο μαθησιακών αντικειμενικών σκοπών ως βάση για να εξετάσουν το περιεχόμενο του υλικού του προγράμματος σε σχέση με το πόσο καλά αυτό συμβαδίζει με τους επιλεγέντες αντικειμενικούς σκοπούς. Για να θεωρηθεί ότι μια δραστηριότητα ή ένα τμήμα ενός μαθήματος συμβαδίζει με τους αντικειμενικούς σκοπούς, θα πρέπει να αξιολογηθεί η ουσία και όχι απλώς το περιεχόμενο του αντικειμενικού σκοπού. Περαιτέρω, στους αξιολογητές πρέπει να περιλαμβάνονται τόσο πανεπιστημιακοί έμπειροι στην έρευνα στη διδακτική του αντικειμένου, όσο και έμπειροι εκπαιδευτικοί της πράξης της εκπαιδευτικής βαθμίδας στην οποία εντάσσεται το υπό αξιολόγηση υλικό.

Στην παρούσα εργασία, επιλέξαμε πέντε αξιολογητές με βάση τις σπουδές τους, τη θέση τους στην εκπαίδευση και την εμπειρία τους σε θέματα διδασκαλίας και/ή διδακτικής έρευνας. Ειδικότερα, η ομάδα αξιολόγησης αποτελούνταν από ένα μέλος ΔΕΠ πανεπιστημιακού τμήματος με ειδίκευση στη βιοχημεία και με εμπειρία στη έρευνα της διδακτικής της βιολογίας και βιοχημείας, δύο έμπειρους εκπαιδευτικούς βιολόγους οι οποίοι κατείχαν μεταπτυχιακό δίπλωμα στη βιολογία και έναν εκπαιδευτικό βιολόγο κάτοχο διδακτορικού διπλώματος στη διδακτική της βιολογίας. Τρεις από τους αξιολογητές είναι γυναίκες και ένας είναι άνδρας. Κανένας από τους καθηγητές αυτούς δεν ανήκε ποτέ ούτε ανήκει στην ερευνητική ομάδα του επιβλέποντος καθηγητή. Για τη διατήρηση της ανωνυμίας των απαντήσεων των αξιολογητών, χρησιμοποιούμε τους κωδικοποιημένους δείκτες B_1, B_2, B_3, και B_4 για την αξιολόγηση, χωρίς κατανάγκη η σειρά B_1-B_4 να αντιστοιχεί στην σειρά αναφοράς των αξιολογητών που έγινε παραπάνω.

Η πρόταση σπουδών περιείχε τα περιεχόμενα των τρεχόντων σχολικών βιβλίων βιολογίας (Ο.Ε.Δ.Β.), τον διαχωρισμό της ύλης και στις τρεις γυμνασιακές τάξεις σύμφωνα με την πρότασή μας (Τάτση, Τσαπαρλής 2011) και την κατανομή των διδακτικών ωρών στις τρεις γυμνασιακές τάξεις. (Σημειωτέον ότι το πρόσφατο 50ό μάθημα με το νευρικό σύστημα δεν περιλαμβανόταν στο υλικό που δόθηκε στους αξιολογητές.) Για την αξιολόγηση συντάχθηκε ερωτηματολόγιο που προέκυψε από την επεξεργασία σχετικού ερωτηματολογίου του κ. Τσούλου (Τσούλος, Τσαπαρλής, 2009). Η εγκυρότητα/αξιοπιστία περιεχομένου (content validity) του ερωτηματολογίου είχε ελεγχθεί από δύο άλλους καθηγητές που διδάσκουν σε γυμνάσιο και κατέχουν μεταπτυχιακό στη διδακτική της φυσικής, στους οποίους είχε δοθεί το ερωτηματολόγιο από τον κ. Τσούλο για να το απαντήσουν και να κρίνουν ταυτόχρονα τις ερωτήσεις. Από τη διαδικασία αυτή προέκυψαν αλλαγές, έγιναν διορθώσεις, αφαιρέθηκαν και προστέθηκαν ερωτήσεις και τα ερωτηματολόγια έλαβαν την τελική τους μορφή. Προφανώς, λόγω του αναγκαστικά μικρού αριθμού των αξιολογητών δεν ήταν δυνατό να ελεγχθεί η εγκυρότητα «εννοιολογικής κατασκευής» (construct validity) που απαιτεί στατιστική επεξεργασία μεγάλου αριθμού απαντήσεων (Kempa 1986, pp. 37-38). Κάποιες από τις ερωτήσεις στις οποίες κλήθηκαν οι αξιολογητές να απαντήσουν παρατίθενται στον Πίνακα 2. Σε κάθε καθηγητή δόθηκαν ένα έντυπο αντίτυπο του βιβλίου με την πρόταση σπουδών και οδηγίες για την αξιολόγησή του.

Δύο από τους αξιολογητές, σύμφωνα με δική τους προτίμηση συμπλήρωσαν γραπτώς το ερωτηματολόγιο. Οι δύο άλλοι απάντησαν μέσω προφορικής συνέντευξης, ενώ συγχρόνως γινόταν και γραπτή συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τον λαμβάνοντα τη συνέντευξη επιβλέποντα καθηγητή. Οι συνεντεύξεις κατεγράφησαν σε ψηφιακό δημοσιογραφικό μαγνητόφωνο και απομαγνητοφωνήθηκαν επί λέξει. Ο επιβλέπων καθηγητής, σχεδίασε τη συνέντευξη. Η εμπειρία του επιβλέποντος καθηγητή στην εκπαιδευτική έρευνα υποστηρίζει την αξιοπιστία της διαδικασίας (Patton 1990, σ. 472). Οι Rye και Rubba (1997) συζήτησαν τη σημασία της δυνατότητας του ερευνητή να εξωτερικεύσει τους όρους κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων (Στεφανή, Τσαπαρλής, 2009). Παρακάτω παρουσιάζονται οι απαντήσεις και οι απόψεις των αξιολογητών για το βιβλίο της Α΄ γυμνασίου αλλά και για κάθε μάθημα ξεχωριστά. Να σημειωθεί ότι οι απαντήσεις παρατίθενται αυτούσιες, με ελάχιστες πολύ μικρές επεμβάσεις από εμάς, που είχαν στόχο να κάνουν τις απαντήσεις πιο ευκρινείς.

Οι αξιολογητές B_1 και B_2 (οι οποίοι απάντησαν γραπτώς) προσέθεσαν αρκετές παρατηρήσεις, διορθώσεις και επισημάνσεις για κάθε μάθημα βιολογίας ξεχωριστά. Οι αξιολογητές B_3 και B_4

επισήμαναν τις αλλαγές και τις διορθώσεις για τα διάφορα μαθήματα της βιολογίας κατά τη διάρκεια της συνέντευξης. Κάποιες παρατηρήσεις του αξιολογητή B_4 που καταγράφηκαν μετά το τέλος της συνέντευξης παρατίθενται παρακάτω. Αρκετές από τις παρατηρήσεις ελήφθησαν υπόψη και οδήγησαν σε διορθώσεις, προσθήκες και βελτιώσεις, με αποτέλεσμα τη δημιουργία της βελτιωμένης β΄ έκδοσης του βιβλίου.

Πίνακας 2. Υποβληθείσες ερωτήσεις και κατηγοριοποίησή τους.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΤΥΧΗ ΕΝΤΑΞΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
• Το σχολικό εγχειρίδιο «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες» ανταποκρίνεται εν γένει στους σκοπούς και στόχους που οι συγγραφείς του έχουν θέσει; • Τα μαθήματα βιολογίας καλύπτουν σε ικανοποιητικό βαθμό ύλη βιολογίας για την α΄ τάξη γυμνασίου; • Το επίπεδο κάλυψης της ύλης βιολογίας είναι κατάλληλο για μαθητές α΄ γυμνασίου; • Η διάρθρωση των θεμάτων και ύλης χημείας και φυσικής συνιστά μια επιτυχή ενιαιοποίηση της φυσικής και της χημείας; • Η διάρθρωση των θεμάτων και ύλης της βιολογίας χημείας και φυσικής συνιστά μια επιτυχή ενιαιοποίηση της βιολογίας με τη φυσική και με τη χημεία;
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ
• Ποια είναι η γενική σου εντύπωση από την ανάγνωση του πειραματικού διδακτικού υλικού; • Ποια η γνώμη σου σχετικά με την οργάνωση του βιβλίου; • Τι δεν σου άρεσε περισσότερο; • Τι σου έκανε περισσότερο θετική εντύπωση;
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ
• Το σχολικό εγχειρίδιο «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες» ανταποκρίνεται εν γένει στους σκοπούς και στόχους που οι συγγραφείς του έχουν θέσει; • Το βιβλίο προτείνει στον καθηγητή διδακτική μέθοδο ή μεθόδους που ανταποκρίνονται σε σύγχρονες παιδαγωγικές και διδακτικές προσεγγίσεις (αποτελεί δηλαδή ταυτόχρονα και βιβλίο εκπαιδευτικού); • Το βιβλίο ακολουθεί αυτό που ονομάζεται διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης; • Το βιβλίο ακολουθεί αυτό που ονομάζεται εποικοδομητική μέθοδος διδασκαλίας και μάθησης;
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ
• Το τμήμα «Για να σκεφθείς, να γνωρίσεις περισσότερα και να καταλάβεις γιατί» περιέχει ερωτήσεις που είναι δύσκολο να απαντηθούν από τους μαθητές; • Το τμήμα «Για να σκεφθείς, να γνωρίσεις περισσότερα και να καταλάβεις γιατί» συμβάλλει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών; • Το τμήμα «Το μάθημα σε ερωτήσεις» καλύπτει με πληρότητα τις σχετικές με το αντίστοιχο μάθημα γνώσεις; • Το τμήμα «Το μάθημα σε ερωτήσεις» βοηθάει τον μαθητή να αποφεύγει/μειώνει την απομνημόνευση; • Το τμήμα «Το μάθημα σε ερωτήσεις» είναι χρήσιμο; • Η εικονογράφηση του βιβλίου είναι ικανοποιητική/κατάλληλη για την σχετική ύλη; • Η χρήση πλαγιότιτλων είναι εύστοχη και βοηθάει στη μάθηση των σχετικών θεμάτων;

Αποτελέσματα

Γενικές παρατηρήσεις των αξιολογητών για το διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες - Θετικές γνώμες

Ο αξιολογητής B_1 χαρακτήρισε θετικά τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται στο βιβλίο, καθώς και τη δημιουργία των ενοτήτων νερό –έδαφος- αέρας. Σημείωσε ότι το κείμενο χαρακτηρίζεται από σαφή διατύπωση και ύφος φιλικό προς το μαθητή. Θετική εντύπωση δημιούργησαν οι συχνές αναφορές στην εμπειρία των μαθητών. Οι τίτλοι, υπότιτλοι και οι πλαγιότιτλοι χαρακτηριστήκαν επεξηγηματικοί και αντιπροσωπευτικοί. Στις ερωτήσεις σχετικά με το ρόλο των τμημάτων «Να έχεις υπόψη σου», «Για να σκεφθείς, να γνωρίσεις περισσότερα και να καταλάβεις γιατί» για το αν συμβάλλουν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών, ο αξιολογητής απάντησε πως τα τμήματα αυτά συμβάλλουν στο μεγαλύτερο βαθμό στην κριτική σκέψη.

Σύμφωνα με τον αξιολογητή B_2 η γενική εντύπωση είναι θετική διότι γίνεται μια πολύ σοβαρή προσπάθεια πολύπλευρης αντιμετώπισης φαινομένων της ύλης. Οι ενσωματωμένες ερωτήσεις του κειμένου βοηθούν τον εκπαιδευτικό να κεντρίσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να αρχίσει το διάλογο μαζί τους και τους μαθητές να ανακαλύψουν και να κατανοήσουν την ύλη. Επίσης η αδρή αναφορά των διαφόρων συστημάτων και η εστίαση κυρίως στις αρχές που τα διέπουν ίσως κάνουν το μάθημα πιο προσιτό και στους μέτριους μαθητές που πολλές φορές δεν το αγαπούν εξαιτίας της εκτεταμένης ορολογίας του. Η ένταξη απλών πειραμάτων μέσα στη διδακτική πρακτική κάνει το πείραμα πιο προσιτό στους εκπαιδευτικούς που το αποφεύγουν εξαιτίας του χρόνου προετοιμασίας που απαιτεί και την ανακάλυψη της γνώσης πιο ευχάριστη για τους μαθητές.

Πολύ θετική εντύπωση προκάλεσαν στον αξιολογητή B_3 οι κενοί χώροι για ερωτήσεις και συζήτηση, που επιτρέπουν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών. Στην ερώτηση σχετικά με τον αν το βιβλίο αποτελεί συγχρόνως και έναν οδηγό για τον καθηγητή, ανέφερε ότι τα μαθήματα του βιβλίου ξεκινάνε με μια διαδικασία ως προέκταση ενός σχεδίου μαθήματος, το οποίο επιτρέπει στον καθηγητή να το έχουν τα παιδιά μπροστά τους και να κάνουν συζήτηση, ενώ στα υπάρχοντα πυκνογραμμένα βιβλία βιολογίας αναγκαστικά ο διδάσκων επιμένει στα έντονα γράμματα και στη συζήτηση γύρω από αυτά. Θεώρησε σημαντικό που είναι όλα μαζί, δηλαδή σχολικό εγχειρίδιο, πειραματικός οδηγός και βιβλίο καθηγητή. Ακόμη εντύπωση προκάλεσε η αναφορά μας στο έδαφος ως σύστημα.

Ο αξιολογητής B_4 εστίασε περισσότερο σε επιστημονικές υποδείξεις που βοήθησαν πολύ τη βελτίωση των κεφαλαίων που αφορούν τους μικροοργανισμούς, την ενέργεια αλλά και τις χημικές αντιδράσεις τους ζωντανούς οργανισμούς.

Γενικές παρατηρήσεις των αξιολογητών για το διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες - Αρνητικές γνώμες και επιφυλάξεις

Παρακάτω παρατίθενται οι παρατηρήσεις του αξιολογητή B_2 που του προκάλεσαν περισσότερο αρνητική εντύπωση. Η γλώσσα του κειμένου πολλές φορές είναι αρκετά δύσκολη (π.χ. στο μάθημα «Προβλήματα με τον αέρα», στο θέμα «Φαινόμενο του θερμοκηπίου» η γλώσσα που χρησιμοποιείται είναι δύσκολη αλλά και ότι στο θέμα «Η τρύπα του όζοντος» το κείμενο που έχει συγγραφεί είναι δυσνόητο για το μαθητή). Ο ασαφής διαχωρισμός μεταξύ της ύλης που πρέπει να διδαχθεί και της προαιρετικής ύλης, αλλά και των ερωτήσεων που αφορούν στο κείμενο. Ο αξιολογητής επισήμανε και αυτός την ανάγκη ύπαρξης ηλεκτρονικών διευθύνσεων στις οποίες θα μπορούσε να προτρέξει ο μαθητής για να βρει πληροφορίες και περαιτέρω γνώσεις όσον αφορά στο συγκεκριμένο μάθημα. Τέλος η εικονογράφηση του κειμένου θα πρέπει να γίνει πιο πλούσια τόσο όσον αφορά στην ποσότητα όσο και στην βοήθεια κατανόησης του κειμένου και στο κέντρισμα του ενδιαφέροντος του μαθητή.

Από τον αξιολογητή B_4 καταγράφηκαν παρατηρήσεις που αφορούσαν τη δομή των μαθημάτων βιολογίας, όπως ανεπαρκής κενός χώρος για συμπλήρωση από τους μαθητές, η χρήση ίδιων πληροφοριών σε όλα τα πλαίσια «Να έχεις υπόψη σου» και όχι ποικιλία υλικού, αλλά και υπερβολικός όγκος ερωτήσεων στο τέλος κάθε μαθήματος. Αρκετές επισημάνσεις έγιναν από τον αξιολογητή για τα πειράματα, όπως ο μικρός αριθμός τους στο σύνολο του βιβλίου, ότι δεν υπάρχει σε όλα τα πείραμα ομαδική συνεργασία (κάποια μπορεί να τα κάνει και ένα παιδί μόνο του και κάποια ομαδικά).

Παρατηρήσεις σχετικά με την ένταξη της βιολογίας στο διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες - Θετικές γνώμες

Στον αξιολογητή B_2 περισσότερο θετική εντύπωση προκάλεσε η απλή προσέγγιση θεμάτων της βιολογίας, που ξεκινά πολλές φορές από την καθημερινή ζωή και η σύνδεσή τους με τις αρχές φυσικής και τα φαινόμενα της χημείας. Με την αρμονική ένταξη της βιολογίας με την ύλη της χημείας και της φυσικής, οι μαθητές μπορούν να δουν σφαιρικά ένα φαινόμενο που μπορεί να συμβαίνει τόσο στον άβιο κόσμο όσο και στους ζωντανούς οργανισμούς. Στις ερωτήσεις σχετικά με το επίπεδο κάλυψης της ύλης βιολογίας, τη διάθρωση των θεμάτων της ύλης χημείας και φυσικής και την επιτυχή ενιαιοποίηση της βιολογίας με τις υπόλοιπες φυσικές επιστήμες, ο αξιολογητής B_2 απάντησε 'πολύ'.

Σχετικά με την ενιαιοποίηση, ο αξιολογητής B_3 ανέφερε ότι συνολικά το βιβλίο είναι μια πολύ καλή συνέχεια από το δημοτικό στο γυμνάσιο αλλά και η καλύτερη δυνατή προσέγγιση. Γενικά τάχθηκε υπέρ της ολιστικής προσέγγισης και σχολίασε ότι έτσι το κάνουμε και εμείς οριζόντια αλλά και κατακόρυφα με την προσαρμογή της βιολογίας στην α΄ γυμνασίου. Υποστήριξε επίσης ότι καλύπτει και μια άλλη ανάγκη, να ξέρουν τα παιδιά τις έννοιες της φυσικής και χημείας που χρειάζονται ανά αντικείμενο και να μην τις μαθαίνουν ασύνδετα.

Ο αξιολογητής B_4 συμφώνησε στην υπάρχουσα ένταξη της βιολογίας στο πειραματικό διδακτικό υλικό.

Παρατηρήσεις σχετικά με την ένταξη της βιολογίας στο διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες - Αρνητικές γνώμες και επιφυλάξεις

Ο αξιολογητής B_1 ανέφερε σημεία του σχολικού εγχειριδίου που του έκαναν αρνητική εντύπωση, όπως ότι με την πρόταση αυτή περιορίζεται η βιολογία ως αντικείμενο και αντικαθίσταται από τη φυσική και τη χημεία, λειτουργώντας περισσότερο με τη μορφή παραδείγματος, αλλά και ότι η ενιαιοποίηση αυτή εξυπηρετεί περισσότερο τη φυσική και τη χημεία παρά τη βιολογία και τη γεωλογία. Ο αξιολογητής προχώρησε σε πιο εξειδικευμένες παρατηρήσεις όσον αφορά τη δομή αλλά και την επιστημονικότητα. Η ύλη χαρακτηρίστηκε εκτεταμένη και ανέφικτο να διδαχθεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιθυμία του επιβλέποντος καθηγητή αλλά και η συγκεκριμένη παρατήρηση αποτέλεσαν έναυσμα για να δημιουργηθεί η πιο σύντομη τρίτη έκδοση της «Εισαγωγής Φυσικών Επιστημών» (Τάτση, Τσαπαρλής 2011).

Παρατηρήσεις σχετικά με το περιεχόμενο της βιολογίας στο διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες - Προτάσεις βελτίωσης

Ο αξιολογητής B_1 σημείωσε ότι κάποιες ενότητες (π.χ. ηλεκτρισμός) διογκώνουν την ύλη και πρότεινε μια πρόχειρη οργάνωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στην α΄ τάξη καθώς και ενότητες της βιολογίας για τη β΄ και γ΄τάξη. Στις επιστημονικές παρατηρήσεις και διορθώσεις περιέχονται η προσθήκη σύντομης ιστορικής αναδρομής της βιολογίας με σκοπό την ευαισθητοποίηση και πρόκληση ενδιαφέροντος από τους μαθητές. Τέλος επισήμανε την παντελή έλλειψη γνώσεων της εξέλιξης.

Αρκετές και λεπτομερείς παρατηρήσεις του αξιολογητή B_2 βοήθησαν σημαντικά στη βελτίωση του βιβλίου. Οι εύστοχες παρατηρήσεις σε κάθε μάθημα αλλά και οι προτάσεις για διορθώσεις, προσθήκη ή αφαίρεση γνώσεων αποτέλεσε έναν καλό οδηγό για να εντοπίσουμε ακόμη και μικρές λεπτομέρειες. Επιστημονικές παρατηρήσεις που έγιναν αφορούσαν τα χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών, το σύστημα οργάνων, το πλαίσιο «Πώς δουλεύουν οι επιστήμονες», τη συμβίωση των μικροοργανισμών, την κατηγοριοποίηση των οστών στον άνθρωπο, μορφολογικά χαρακτηριστικά των ψαριών αλλά και των πτηνών, τη διάκριση χειμέριας νάρκης και χειμέριου ύπνου, το χωρικό προσδιορισμό των κόλπων και των κοιλιών στην τρίχωρη και τετράχωρη καρδιά, την αντιδιαστολή μεταξύ των διαφόρων μερών του φυτού που περιέχουν άγλυκους υδατάνθρακες και των καρπών που περιέχουν σάκχαρα αλλά και τη δυσκολία του πλαισίου «Να έχεις υπόψη σου: τα οξέα και οι βάσεις» (το πλαίσιο αυτό το

αφαιρέσαμε). Ο αξιολογητής B_3 πρότεινε την προσθήκη απαντήσεων κάτω από κάθε πείραμα. Πρότεινε επίσης την προσθήκη της κατηγορίας μικροφύκη στους μικροοργανισμούς.

Πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις του αξιολογητή B_4 αφορούσαν την πρόληψη και αποφυγή παρανοήσεων στην εισαγωγή γνώσεων για την αντίδραση τις φωτοσύνθεσης, τη διαδοχή των γεγονότων σε αυτή, την έννοια της ενέργειας και συγκεκριμένα τον καταβολισμό. Ο αξιολογητής B_4 ανέφερε την αναγκαιότητα να υπάρχει η κίνηση των μικροοργανισμών στο μάθημα αλλά και η έννοια της ερεθιστικότητας. Παρατήρησε πως στο σημείο που αναφέρεται ο φωτοτροπισμός θα μπορούσε να προστεθεί ένθετα η έννοια της ερεθιστικότητας. Στη συνέχεια έθεσε το ερώτημα εάν θα πρέπει η κίνηση να βρίσκεται στο ίδιο μάθημα με την στήριξη ή σε ξεχωριστά. Τέλος αναφέρθηκε και από αυτόν τον αξιολογητή η ανάγκη για παροχή ιστορικών πληροφοριών σχετικά με τη βιολογία αλλά και την εξέλιξη.

Απαντήσεις στις προτάσεις και στις επιφυλάξεις

Στη β΄ έκδοση του βιβλίου, ελήφθησαν υπόψη οι υποδείξεις των αξιολογητών, αλλά και οι διορθώσεις κάθε τύπου, που ότι ήταν αποδεκτές από εμάς και ήταν δυνατό να υλοποιηθούν. Κάποιες παρατηρήσεις που αφορούσαν τη δομή του βιβλίου, όπως μείωση του αριθμού των ερωτήσεων, διαχωρισμός της κίνησης και στήριξης, εισαγωγή ηλεκτρονικών διευθύνσεων, αφαίρεση των εισαγωγικών παραγράφων σε κάθε μάθημα, η εισαγωγή απαντήσεων κάτω από κάθε πείραμα κ.ά. δεν ήταν εφικτό να πραγματοποιηθούν ή δεν θεωρήθηκε απαραίτητο (π.χ. κρίναμε περιττή την προσθήκη ηλεκτρονικών διευθύνσεων, αφού με τη βοήθεια των σύγχρονων μηχανών αναζήτησης, π.χ. Google, μπορούν οι ίδιοι οι μαθητές αυτενεργώντας να βρουν μεγάλο πλούτο σχετικών πληροφοριών).

Από τις παρατηρήσεις και τα σχόλια των αξιολογητών προέκυψαν διορθώσεις στα βιολογικά μαθήματα, με αποτέλεσμα να βελτιωθεί σημαντικά η δεύτερη έκδοση. Στο 3ο μάθημα («Η βιολογία») προστέθηκαν (σύμφωνα με τις υποδείξεις των αξιολογητών B_1, B_2 και B_4) ιστορικά στοιχεία για τη βιολογία, αναφορά στην εξέλιξη και στοιχεία για την κληρονομικότητα (υπόδειξη του αξιολογητή B_1). Σχετικά με την εξέλιξη προστέθηκε σχετικό κείμενο και στο 7ο μάθημα. Στο 18ο μάθημα («Στήριξη και κίνηση των ζωντανών οργανισμών») προστέθηκε η κίνηση των μικροοργανισμών (σύμφωνα με τον αξιολογητή B_4).

Σε σχέση με τις παρατηρήσεις παιδαγωγικού χαρακτήρα (διδακτική μέθοδος, μορφοποίηση του βιβλίου κ.ά.), αυτές κατά κανόνα δεν ελήφθησαν υπόψη διότι αφενός πρακτικά ήταν αδύνατο να αλλάξει δραστικά η διδακτική προσέγγιση, αφετέρου πολύ συχνά υπήρχαν ασύμφωνες απόψεις των αξιολογητών. Ειδικότερα επισημαίνουμε τη σχετικά συστηματική διάσταση απόψεων ανάμεσα στους αξιολογητές B_1 και B_2 αφενός και B_3 και B_4 αφετέρου, με τους πρώτους να διατυπώνουν συχνά αρνητική γνώμη για τα ερωτήματα χαρακτηρισμού του βιβλίου, σε αντίθεση με τους δεύτερους που είχαν θετική γνώμη. Εν πάση περιπτώσει, οποιαδήποτε τροποποίηση από την πλευρά μας που θα απέβλεπε να ικανοποιήσει αρνητικές απόψεις θα ήταν παρακεκινδυνευμένη, διότι αφενός δεν θα άλλαζε σίγουρα τις αρνητικές γνώμες, αφετέρου μπορούσε να μεταβάλει τις αντίστοιχες θετικές γνώμες των δύο άλλων αξιολογητών.

Τέλος, πρέπει να απαντήσουμε και στο σχόλιο σχετικά με τη γλώσσα του βιβλίου (που θεωρήθηκε δύσκολη από τον αξιολογητή B_2). Λαμβάνοντας υπόψη την πανταχόθεν διαπιστούμενη και ομολογούμενη γλωσσική πενία των νέων μας, θα τονίσουμε τη διακηρυγμένη πεποίθησή μας ότι η γλώσσα των σχολικών εγχειριδίων πρέπει αφενός να χαρακτηρίζεται από ακρίβεια και επιστημονική αυστηρότητα, αφετέρου να συμβάλει στον εμπλουτισμό του λεξιλογίου του μαθητών. Κατά τη γνώμη μας, τους δύο αυτούς στόχους εξυπηρετεί π.χ. η χρήση των παρακάτω λέξεων και φράσεων στο θέμα «Το φαινόμενο του θερμοκηπίου» (και που προφανώς θεωρήθηκαν δύσκολες από τον αξιολογητή): (ηλιακή ακτινοβολία που) «*εκπέμπει η γη*» ή που «*επανεκπέμπεται*», «*εντείνουν* το φαινόμενο», «*ανύψωση της μέσης θερμοκρασίας*», «*κλιματολογικές* μεταβολές», «*εγκυμονεί κινδύνους*».

Συμπεράσματα και τελική πρόταση

Πρώτα-πρώτα θα επαναλάβουμε μερικά καταληκτικά σχόλια που διατυπώσαμε στην προηγούμενη σχετική εργασία μας (Τάτση, Τσαπαρλής 2011): ότι με την πρότασή μας δεν θελήσαμε (εξάλλου δεν είμαστε ούτε *οι πιο ειδικοί* ούτε *οι πιο κατάλληλοι*) να κάνουμε *ριζική* αναδόμηση του ισχύοντος αναλυτικού προγράμματος της βιολογίας. Απλώς στοχεύσαμε σε μια *ανακατανομή* της ύλης, ώστε αφενός *η βιολογία να διδάσκεται και στις τρεις γυμνασιακές τάξεις*, αφετέρου να επιτευχθεί *ενιαιοποίηση* τουλάχιστον στην πρώτη τάξη και *συντονισμός* των μαθημάτων στις δύο άλλες τάξεις. Εξάλλου, αντιλαμβανόμαστε ότι μια τέτοια προσπάθεια απαιτεί τη συνεργασία *πολλών ειδικών*. Προφανώς εμείς κάναμε ακριβώς μια *πρόταση* η οποία, μέσα από την αξιολόγησή της στα πλαίσια μιας μεταπτυχιακής διατριβής, ετέθη υπόψη τόσο *ειδικών επιστημόνων* όσο και *ειδικών εκπαιδευτικών*.

Με βάση τόσο τις απαντήσεις των ερωτηθέντων ειδικών όσο και την προσωπική μας άμεση διαπίστωση, αισθανόμαστε ότι η αξιολόγηση του βιβλίου που παρουσιάσαμε σε αυτή την εργασία είναι συνολικά θετική και ότι το βιβλίο στην τελική του μορφή (όπου λάβαμε υπόψη πολλές υποδείξεις των αξιολογητών για διορθώσεις, προσθήκες και βελτιώσεις) συνιστά συμβολή στη βελτίωση της διδασκαλίας της βιολογίας και των φυσικών επιστημών εν γένει στο γυμνάσιο.

Προφανώς, τα παραπάνω συνιστούν απλώς και μόνο τη δική μας άποψη, με την οποία βέβαια ο καθένας μπορεί να συμφωνήσει ή να διαφωνήσει. Τονίζουμε ότι σκοπός μας ήταν η ενιαία προσέγγιση φυσικής-χημείας-βιολογίας στην α΄ γυμνασίου και ότι προς τούτο εντάξαμε τα θέματα βιολογίας στο προϋπάρχον υλικό ενιαιοποιημένης φυσικής και χημείας. Είμαστε ενήμεροι ότι κάποιοι (ίσως και αρκετοί) διαφωνούν με την πρότασή μας και σεβόμαστε τις εναλλακτικές και ακόμη και τις αντίθετες απόψεις τους. Ο καθένας έχει το δικαίωμα να βλέπει το θέμα από τη δική του οπτική. Εξάλλου, ο καθένας μπορεί να κάνει εναλλακτική και καλύτερη κατά τη γνώμη του πρόταση ενιαιοποίησης και μακάρι αυτό να γίνει, οπότε οι διάφορες προτάσεις θα μπορεί να συγκριθούν μεταξύ τους. Φυσικά υπάρχουν και εκείνοι που έχουν επιχειρήματα και αντίρρηση στην ενιαιοποίηση των φυσικών επιστημών που να περιλαμβάνει και τη βιολογία, οπότε αυτοί θα απέρριπταν οποιαδήποτε πρόταση ενιαιοποίησης των φυσικών επιστημών που να περιλαμβάνει και τη βιολογία.

Σχετικά με το ωρολόγιο πρόγραμμα, το αξιολογηθέν βιβλίο απαιτεί για την κάλυψή του τουλάχιστον ένα τρίωρο μάθημα στην α΄ τάξη γυμνασίου, με κατανομή κατά προσέγγιση 1½ ώρας στη φυσική, ¾ ώρας στη χημεία και ¾ ώρας στη βιολογία. Αντίστοιχα προτείναμε την αφαίρεση μιας ώρας από τη φυσική της β΄ τάξης και αντίστοιχη εισαγωγή μονόωρου μαθήματος βιολογίας στη β΄ τάξη, ενώ στην γ΄ τάξη δεν απαιτείται καμιά μεταβολή. Αντιλαμβανόμενοι όμως ότι στο ισχύον ωρολόγιο πρόγραμμα διατίθενται δύο ώρες στη βιολογία της α΄ τάξης και ότι δεν είναι εφικτή επί του παρόντος η προσθήκη τρίτης ώρας για τις φ.ε. της α΄ γυμνασίου, είμαστε υποχρεωμένοι να αρκεστούμε σε μια εσωτερική αναδιάταξη των ωρών ανάμεσα στα τρία μαθήματα των φ.ε. Σε αυτό το πνεύμα, διατυπώσαμε την εναλλακτική πρόταση για *δίωρο ενιαιοποιημένο μάθημα* στην α΄ τάξη, που ουσιαστικά θα χρησιμοποιήσει τις δύο ώρες του τρέχοντος μαθήματος της βιολογίας. Ταυτόχρονα, θα αφαιρεθεί και πάλι μία ώρα από τη φυσική της β΄ τάξης με αντίστοιχη εισαγωγή μονόωρου μαθήματος βιολογίας στη β΄ τάξη (χωρίς μεταβολές στη γ΄ τάξη). Οι δύο ώρες της α΄ τάξης θα κατανεμηθούν ισότιμα, από $^2/_3$ ώρας, σε φυσική, χημεία και βιολογία, οπότε η συνολική κατανομή ωρών των φ.ε. στο γυμνάσιο θα έχει ως εξής: φυσική $3^2/_3$ ώρες, χημεία $2^2/_3$ ώρες, βιολογία $3^2/_3$ ώρες. Για το σκοπό αυτό, στην προηγούμενη εργασία μας περιελάβαμε και περικοπή ύλης από το πειραματικό βιβλίο, ώστε αυτό να ανταποκρίνεται στο δίωρο μάθημα (Τάτση, Τσαπαρλής 2011). Το αντίστοιχο υλικό συνιστά την τρίτη έκδοση του βιβλίου.

Ειδικότερα, προτείναμε να αφαιρεθούν ολόκληρες οι ενότητες «Πίεση στα στερεά και στα υγρά», «Ενέργεια» και «Ηλεκτρισμός». Μαζί με την «Πίεση στα στερεά και στα υγρά», αφαιρέθηκε και «Το κυκλοφορικό σύστημα», ενώ μαζί με τον «Ηλεκτρισμό» αφαιρείται και «Το νευρικό σύστημα». Ακόμη αφαιρέσαμε και τα μαθήματα για την ατμοσφαιρική πίεση, τις μεταβολές των αερίων, την κρυστάλλωση-ανακρυστάλλωση, τη διάχυση και ώσμωση, τη

διαστολή και συστολή στερεών σωμάτων, τη διαστολή και συστολή υγρών – θερμόμετρα και το «Γνωρίζουμε περισσότερο τα χημικά στοιχεία». Ως κριτήρια για την αφαίρεση μαθημάτων χρησιμοποιήσαμε είτε τη δυσκολία των σχετικών εννοιών και θεμάτων (όπως της πίεσης, της ενέργειας, του κυκλοφορικού συστήματος και του ηλεκτρισμού) είτε τη μικρότερη σημασία για το παρόν μάθημα (θερμικές διαστολές, κρυστάλλωση-ανακρυστάλλωση, διάχυση-ώσμωση, γνωρίζουμε τα χημικά στοιχεία).

Βιβλιογραφία

Βοσνιάδου, Σ., Γεωργιάδου, Α., Γύφτου, Π., Χηνιάδης, Δ., Σπυρέλλης, Ν., Κουλαϊδής, Β., Τσαρσαρώνη, Α. & Ίδρυμα Λαμπράκη, (1998). Καθορισμός προδιαγραφών για τη συγγραφή και παραγωγή σχολικών βιβλίων. ΕΜΠ-Τμήμα Χημικών Μηχανικών, μελέτη για το έργο «Γραφείο Προτυποποίησης στο Π.Ι.» στα πλαίσια του ΕΠΕΑΕΚ, 97-98.

Στασινάκης, Π. Κ., Κολιόπουλος, Δ., (2011). Ανάλυση εγχειριδίων βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση της έννοιας της θρέψης φυτών και ζώων. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, Τόμος 2, Τεύχος 1-2, Σελίδες 103-125. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Στεφανή Χ., Τσαπαρλής Γ. Επίπεδα εξηγήσεων και επίπεδα μοντέλων στις βασικές έννοιες της κβαντικής χημείας. Πρακτικά Συνεδρίου, σσ. 804-813. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση" (Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2009)

Τάτση Α., Τσαπαρλής Γ. (2011). Αναδόμηση της γυμνασιακής βιολογίας με βάση τη διδακτική ενιαιοποίηση και τον συντονισμό των φυσικών επιστημών – Διδακτικό εγχειρίδιο εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες για την α΄ γυμνασίου. Πρακτικά *7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"* σσ. 92-101. (Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρούπολη, 2011)

Τσαπαρλής, Γ. (1991). Θέματα διδακτικής φυσικής και χημείας στη μέση εκπαίδευση. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Τσαπαρλής, Γ. (1998). Πρόταση για ένα ενοποιημένο μάθημα φυσικής-χημείας στην α΄ γυμνασίου. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», σελ. 535-540. Θεσσαλονίκη.

Τσαπαρλής, Γ. & Καμπουράκης Κ. (2003). Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Ιωάννινα.

Τσατσαρώνη, Α. & Κουλαϊδής, Β. (2001). Τα χαρακτηριστικά των σχολικών εγχειριδίων και του παιδαγωγικού κειμένου. Στο Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. & Ogborn, J. (Επιμ.), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμος Β', σ. 267-291). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τσούλος Γ., Τσαπαρλής Γ. (2009). Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων γυμνασιακής φυσικής & χημείας: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Πρακτικά Συνεδρίου, σσ. 895-904. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση" (Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.)

Armbruster, B.B., Anderson, T.H. (1991). Textbook analysis, curriculum components, and conceptual framework. In: The International Encyclopaedia of Curriculum; Pergamon Press, Oxford.

Kempa, R. (1986). Assessment in science, Cambridge Univeristy Press, 1986.

Patton, M.Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods (2nd ed.). Newbury Park

Pop-Păcurar, I., Ciascai, L. (2010). Biology school textbooks and their role for students' success in learning sciences. Acta Didactica Napocencia, Vol. 3.
http://dppd.ubbcluj.ro/adn/article_3_1_1.pdf
Project 2061: http://www.project2061.org/research/curriculum.htm

Roseman J. E., , Luli Stern, L., Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology Textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 47, 47–70.

Rye, J. A., Rubba, P. A. (1997). An exploration of the concept map as an interview tool to facilitate the extranalization of students' understandings about global atmospheric change, Journal of Research in Science Teaching, 34, 521-546.

Tsaparlis G., Kampourakis C., (2000). An integrated physical-science (physics and chemistry) introduction for lower-secondary level (grade 7). Chemistry Education Research and Practice, 1, 281-294 [http://www.uoi.gr/cerp].

Φυσικές Επιστήμες και αυτοαντίληψη μαθητών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Αναλύοντας το διεθνές πρόγραμμα PISA

Δρ. Καρολίνα Ρετάλη
Ερευνήτρια, Μονάδα Εκπαιδευτικής Έρευνας και Παιδαγωγικής, Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, kretali@eap.gr

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί τυχόν συσχέτιση της επίδοσης των μαθητών/τριών στις Φυσικές Επιστήμες με την ακαδημαϊκή αυτοαντίληψή τους στον τομέα αυτό. Πραγματοποιήθηκαν δευτερογενείς αναλύσεις των δεδομένων του προγράμματος PISA 2006 (Programme for International Student Assessment) που αφορούσαν την Ελλάδα και τα οποία συλλέχθηκαν από πανελλήνιο αντιπροσωπευτικό δείγμα 4.873 δεκαπεντάχρονων μαθητών που φοιτούσαν σε 190 σχολεία. Τα αποτελέσματα της έρευνας συγκλίνουν με τα ευρήματα της διεθνούς συναφούς βιβλιογραφίας και αναδεικνύουν αφενός θετική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης των μαθητών και της αυτοαντίληψής τους στις Φυσικές Επιστήμες, και αφετέρου αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέσης επίδοσης των μαθητών σε επίπεδο σχολείου και της αυτοαντίληψής των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Επίσης, διαπιστώθηκε μεγάλη διαφορά στην αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες με βάση το φύλο.

Abstract

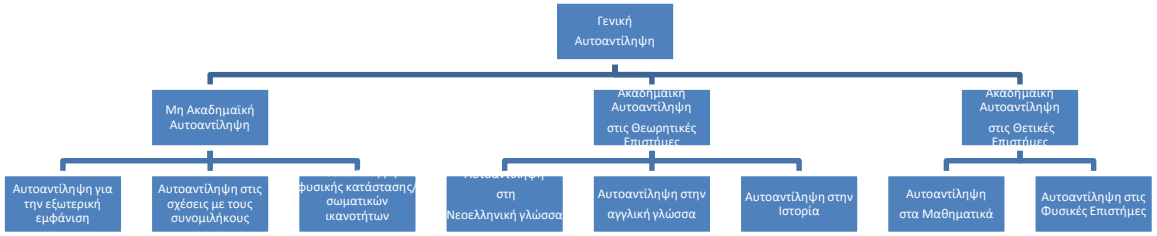
The present research aims to explore links between students' science achievement in Greece and their science self-concept. Secondary analyses of the data from PISA 2006 (Programme for International Student Assessment) regarding Greece were conducted with a national representative sample of 4,873 fifteen-year old students from 190 schools in Greece. Results, consistent with international research findings, indicate a positive link between students' science achievement and science self-concept but a negative link between school-average science achievement and students' science self-concept. In addition, a significant difference in science self-concept based on gender was noted.

Εισαγωγή

Η ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη (academic self-concept) των μαθητών και η συσχέτισή της με την επίδοση των μαθητών στο σχολείο έχει απασχολήσει συχνά τις τελευταίες δεκαετίες τη διεθνή ακαδημαϊκή κοινότητα (Harter, 1999, Hattie, 2003, Pajares & Schunk, 2005, Valentine & DuBois, 2005, Marsh, 2007). Ως «αυτοαντίληψη» ορίζεται σύμφωνα με τον James (1890/1963) το σύνολο των αντιλήψεων που έχει ένα άτομο για τον εαυτό του και τις ικανότητές του, επομένως «ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη» είναι η αντίληψη που έχει ο μαθητής για τις ικανότητές του στα ακαδημαϊκά γνωστικά αντικείμενα.

Έχει τονιστεί από θεωρητικούς και ερευνητές της ακαδημαϊκής αυτοαντίληψης (ενδεικτικά, Shavelson, Hubner & Stanton, 1976, Marsh, 1990) ότι η αυτοαντίληψη είναι πολυδιάστατη και δεν μπορεί να μελετηθεί επαρκώς αν αγνοηθεί η ιεραρχική και πολυδιάστατη δομή της. Επομένως, με βάση πολλές σχετικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί και επιβεβαιώσει την παραπάνω διαπίστωση (ενδεικτικά, Hattie, 2003, Pajares & Schunk, 2005), θεωρείται αναγκαίο να γίνεται διάκριση στους επιμέρους τομείς της αυτοαντίληψης και της σχολικής επίδοσης όταν εξετάζεται τυχόν συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών (Marsh, 2007). Με άλλα λόγια, όταν εξετάζεται η γλωσσική επίδοση, ενδείκνυται να χρησιμοποιείται η γλωσσική αυτοαντίληψη και, ομοίως, όταν εξετάζεται η επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται η αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Άλλωστε, καθώς έχει βρεθεί από σημαντικό αριθμό ερευνών ότι διαφέρει η αυτοαντίληψη των μαθητών σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα (Marsh & Retali, 2010), είναι αναμενόμενο να μην μπορεί μια γενική *ακαδημαϊκή* αυτοαντίληψη –ή, ακόμη λιγότερο, μια γενική αυτοαντίληψη των μαθητών, που

ισοδυναμεί εντέλει με την αυτοεκτίμησή τους– να συσχετιστεί σε μεγάλο βαθμό με ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, καθώς η ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη συνδυάζει τις αυτοαντιλήψεις σε διαφορετικούς ακαδημαϊκούς γνωστικούς τομείς (βλ. Γράφημα 1), οι οποίες έχουν βρεθεί σχεδόν ασύνδετες.



Γράφημα 1: Ιεραρχική, πολυδιάστατη δομή «Αυτοαντίληψης» σύμφωνα με το μοντέλο των Marsh/Shavelson (Marsh, 1990)

Λαμβάνοντας υπόψη την πολυδιάστατη δομή της αυτοαντίληψης, το πρόγραμμα PISA 2006 –καθώς το 2006 ο διαγωνισμός είχε έμφαση στον εγγραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες– μελέτησε την αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Το PISA είναι ένα διεθνές πρόγραμμα του ΟΟΣΑ που αποσκοπεί στην αξιολόγηση, ανά τριετία, της ποιότητας, της ισότητας στην παροχή μαθησιακών ευκαιριών και της αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών συστημάτων σε περισσότερες από 70 χώρες. Στόχος του PISA είναι η αξιολόγηση του εγγραμματισμού, δηλαδή της ικανότητας των δεκαπεντάχρονων μαθητών να χρησιμοποιούν γνώσεις και δεξιότητες σε βασικά γνωστικά αντικείμενα, στην κατανόηση κειμένου, τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες, ώστε να μπορούν να ενταχθούν επιτυχώς στις σύγχρονες κοινωνίες (OECD, 2010).

Σύμφωνα με το πρόγραμμα PISA, η αυτοαντίληψη των μαθητών για τις ικανότητές τους για μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) μετριέται με βάση το κατά πόσο πιστεύουν ότι είναι σε θέση «να χειρίζονται αποτελεσματικά κάποια ζητήματα Φ.Ε., να ξεπερνούν δυσκολίες προκειμένου να λύσουν προβλήματα Φ.Ε. και να αποδίδουν καλά στις Φ.Ε.» (Χατζηνικήτα, 2010, σ. 25). Επίσης, ο «εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες», σύμφωνα με το πρόγραμμα PISA, ορίζεται ως «η γνώση της επιστήμης, δηλαδή γνώση εννοιών από τις Φυσικές Επιστήμες (φυσική, χημεία, βιολογία, επιστήμες της γης και του διαστήματος) και η γνώση της τεχνολογίας που σχετίζεται με τις Φυσικές Επιστήμες. Συμπεριλαμβάνεται και η γνώση περί της επιστήμης, δηλαδή γνώση των διαδικασιών της επιστημονικής έρευνας και γνώση της φύσης των επιστημονικών εξηγήσεων». Εξετάζεται, επομένως, «ο βαθμός στον οποίο μπορεί ο μαθητής να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ερωτήματα, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να χρησιμοποιεί επιστημονικά κριτήρια» (Χατζηνικήτα, 2010, σ. 9).

Επίδραση ακαδημαϊκής αυτοαντίληψης στην ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών

Αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα έχουν διαπιστώσει ότι η ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη συσχετίζεται με την ακαδημαϊκή επίδοση, ιδίως όταν γίνεται διαχωρισμός σε επιμέρους τομείς των μεταβλητών (Χατζηχρήστου & Hopf, 1992, Μακρή-Μπότσαρη, 2001, Marsh, 2007, Seaton, Marsh & Craven, 2009). Όσο υψηλότερη είναι η

επίδοση σε ένα γνωστικό αντικείμενο, τόσο υψηλότερη είναι και η αυτοαντίληψη των μαθητών. Όσον αφορά την κατεύθυνση της συσχέτισης είναι δύσκολο να διευκρινιστεί ποια είναι η κυρίαρχη. Πιθανότερο είναι να πρόκειται για μια αλληλεπίδραση και μια αμφίδρομη συσχέτιση (Marsh, 2007).

Φαινόμενο BFLPE «Big-fish-little-pond effect/Μεγάλο ψάρι σε μικρή λίμνη»

Ο Marsh (2007) ασχολήθηκε συστηματικά με την αυτοαντίληψη των μαθητών τόσο σε θεωρητικό όσο και σε ερευνητικό επίπεδο. Έτσι, με βάση την έρευνά του, εκτός του μοντέλου Marsh/Shavelson (Marsh, 1990) που πρότεινε (βλ. Γραφημα 1), αναθεωρώντας προηγούμενα μοντέλα, για να εκφράσει την ιεραρχική, πολυδιάστατη δομή της ακαδημαϊκής αυτοαντίληψης, παρατήρησε, επίσης, το φαινόμενο που ονόμασε και καθιερώθηκε ως «*Big- fish-little-pond effect (BFLPE)/Μεγάλο ψάρι σε μικρή λίμνη*» (Marsh, 1987). Το φαινόμενο BFLPE αναφέρεται στο γεγονός ότι το υψηλό ή χαμηλό ακαδημαϊκό επίπεδο ενός σχολείου ή μιας τάξης μπορεί να επηρεάσει την ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη των μαθητών. Επομένως, εάν ένας μαθητής φοιτεί σε σχολείο με υψηλό μέσο όρο επίδοσης σε ένα γνωστικό αντικείμενο, το γεγονός αυτό πιθανώς να έχει αρνητική επίδραση στην αυτοαντίληψή του, με συνέπεια τη χαμηλότερη αυτοαντίληψη στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο από ένα μαθητή με ίδιες επιδόσεις που φοιτεί σε σχολείο με χαμηλότερη μέση επίδοση.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι στην Ελλάδα δεν έχει διερευνηθεί συστηματικά και σε εθνικό επίπεδο η συσχέτιση της αυτοαντίληψης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες με την επίδοσή τους, ούτε έχει διερευνηθεί η ύπαρξη του φαινομένου BFLPE, η παρούσα έρευνα θα μελετήσει μέσα από δευτερογενείς αναλύσεις των ελληνικών δεδομένων του διεθνούς προγράμματος PISA 2006 (Programme for International Student Assessment) τα παραπάνω ζητήματα.

Ερευνητικές υποθέσεις και ερευνητικά ερωτήματα

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί πιθανή συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες και της αυτοαντίληψής τους σε σχέση με την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες, σύμφωνα με τα δεδομένα του διεθνούς προγράμματος PISA 2006 για την Ελλάδα. Συγκεκριμένα, διατυπώθηκαν οι παρακάτω ερευνητικές υποθέσεις και ερωτήματα:

a. Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες και της αυτοαντίληψής τους για την ικανότητά τους στον τομέα αυτό.
b. Υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέσης επίδοσης των μαθητών του σχολείου στις Φυσικές Επιστήμες και της αυτοαντίληψης των μαθητών για την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες.
c. Επηρεάζει το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των μαθητών τη συσχέτιση της επίδοσης στις Φυσικές Επιστήμες με την αυτοαντίληψη των μαθητών στον τομέα αυτό;
d. Παρατηρούνται διαφορές στην αυτοαντίληψη των μαθητών για την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες με βάση το φύλο;

Μεθοδολογία έρευνας

Δείγμα

Χρησιμοποιήθηκαν τα ελληνικά δεδομένα του προγράμματος PISA 2006 με πανελλήνιο αντιπροσωπευτικό δείγμα 4.873 μαθητών (2.441 κορίτσια και 2.432 αγόρια) από 190 σχολεία. Με τη μέθοδο της στρωματοποιημένης δειγματοληψίας έγινε η επιλογή των σχολείων και, στη συνέχεια, με τυχαία δειγματοληψία έγινε επιλογή μέχρι 35 δεκαπεντάχρονων μαθητών από κάθε σχολείο. Για τη στρωματοποίηση των σχολείων ελήφθησαν υπόψη οι γεωγραφικές

περιφέρειες, ο τύπος του σχολείου (Γυμνάσιο ή Ενιαίο Λύκειο, ΤΕΕ, ημερήσιο ή εσπερινό) και το είδος του σχολείου (δημόσιο ή ιδιωτικό) (Χατζηνικήτα, 2010).

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων του προγράμματος PISA 2006 έγινε με φυλλάδια που περιλαμβάνουν τεστ στον επιστημονικό, αναγνωστικό και μαθηματικό εγγραμματισμό, καθώς και με ερωτηματολόγια στους μαθητές και στους διευθυντές των σχολείων. Ο χρόνος συμπλήρωσης των τεστ για τους μαθητές ήταν 120 λεπτά και των ερωτηματολογίων 30 λεπτά. Η συλλογή, η κωδικοποίηση, η καταχώρηση και ο έλεγχος του εμπειρικού υλικού πραγματοποιήθηκε από το φορέα υλοποίησης του προγράμματος κάθε συμμετέχουσας χώρας. Για παραδείγματα των θεμάτων των τεστ και για τα ερωτηματολόγια των μαθητών και διευθυντών μπορεί κανείς να ανατρέξει στις εκθέσεις του ΟΟΣΑ (ενδεικτικά, OECD, 2007, 2009) καθώς και στη σχετική ιστοσελίδα του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (http://www.iep.edu.gr/pisa). Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από το τεστ για την αξιολόγηση του εγγραμματισμού στις Φυσικές Επιστήμες και από τα ερωτηματολόγια των μαθητών.

Μέθοδος ανάλυσης των εμπειρικών δεδομένων

Η δευτερογενής ανάλυση των δεδομένων του προγράμματος PISA 2006 για την Ελλάδα έγινε με τη χρήση πολυεπίπεδων μοντέλων ανάλυσης, που είναι η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος για δεδομένα που έχουν μια εγγενή πολυεπίπεδη δομή (Creemers, Kyriakides & Sammons, 2010). Για τις αναλύσεις των δεδομένων σε δύο επίπεδα χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα *MLwiN 2.10* (Rasbash, Steele, Browne & Prosser, 2005) προκειμένου να ληφθεί υπόψη τόσο το επίπεδο των μαθητών (Επίπεδο 1) όσο και των σχολείων (Επίπεδο 2).

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή στα μοντέλα η αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, όπως αυτή μετρήθηκε από το PISA 2006, σταθμισμένη (με μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1). Ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν: α) η επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, β) η μέση επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες σε επίπεδο σχολείου, γ) το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των μαθητών και δ) το φύλο των μαθητών.

Η ανεξάρτητη μεταβλητή που μετράει το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των μαθητών στο πρόγραμμα PISA 2006 αποτελείται από το συνδυασμό τριών μεταβλητών: α) το επάγγελμα των γονέων, β) το μορφωτικό επίπεδο των γονέων και γ) τα υλικά αγαθά στο σπίτι. Οι πληροφορίες για τη μεταβλητή που μετράει το επάγγελμα των γονέων συγκεντρώθηκαν από τα ερωτηματολόγια των μαθητών και κατηγοριοποιήθηκαν με βάση το International Standard Classification of Occupations (ISCO) (ILO, 1990) και στη συνέχεια το International Socio-Economic Index of Occupational Status (*ISEI*) (Ganzeboom, De Graaf & Treiman, 1992). Για το μορφωτικό επίπεδο των γονέων χρησιμοποιήθηκε το International Standard Classification of Education (ISCED) (OECD, 1999).

Προκειμένου να υπολογιστούν τα υλικά αγαθά που κατέχουν οι οικογένειες των μαθητών, χρησιμοποιήθηκαν υποκατηγορίες που καταγράφουν τον πλούτο, τα εκπαιδευτικά αγαθά και τα πολιτισμικά αγαθά των οικογενειών μέσα από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο (για περισσότερες πληροφορίες μπορεί κανείς να ανατρέξει στην τεχνική έκθεση του ΟΟΣΑ για το PISA 2006, στο OECD, 2009).

Αποτελέσματα

Σύνδεση επίδοσης μαθητών στην Ελλάδα στις Φυσικές Επιστήμες και της ακαδημαϊκής αυτοαντίληψής τους, με βάση τα δεδομένα του διεθνούς προγράμματος PISA 2006

Η πολυεπίπεδη ανάλυση των ελληνικών δεδομένων του PISA 2006 έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης στις Φυσικές Επιστήμες των μαθητών στην Ελλάδα και της αυτοαντίληψής τους σχετικά με την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες (0.209, ΤΣ=0.016). Επομένως, μαθητές με υψηλή επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες

έχουν και υψηλή αυτοαντίληψη για τις ικανότητές τους στον τομέα των Φυσικών Επιστημών (βλ. Πίνακα 1, μοντέλο Μ1).

Στη συνέχεια, στο μοντέλο συμπεριλήφθηκε η μέση επίδοση του σχολείου στις Φυσικές Επιστήμες. Παρατηρήθηκε το φαινόμενο BFLPE/«Μεγάλο ψάρι σε μικρή λίμνη» που αναφέρθηκε παραπάνω, δηλαδή εντοπίστηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της υψηλής επίδοσης ενός σχολείου στις Φυσικές Επιστήμες και της αυτοαντίληψης των μαθητών για την ικανότητά τους στον τομέα των Φυσικών Επιστημών (-0.201, ΤΣ=0.033). Με άλλα λόγια, όταν ένας μαθητής βρίσκεται σε σχολείο με υψηλή μέση επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες, το γεγονός αυτό φαίνεται να συνδέεται με την αυτοαντίληψή του για την ικανότητά του στον τομέα αυτό, με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερη αυτοαντίληψη για τις ικανότητές του στις Φυσικές Επιστήμες από μαθητές με ίδια επίδοση με αυτόν αλλά που φοιτούν σε σχολεία με χαμηλότερη μέση επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. Πίνακα 1, μοντέλο Μ2).

Σύνδεση κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου και φύλου μαθητών στην Ελλάδα με την ακαδημαϊκή αυτοαντίληψή τους στις Φυσικές Επιστήμες

Ακολούθως, μελετήθηκε κατά πόσο το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των μαθητών συνδέεται με την αυτοαντίληψή τους στον τομέα των Φυσικών Επιστημών καθώς και αν επηρεάζει τη θετική συσχέτιση μεταξύ επίδοσης στις Φυσικές Επιστήμες και της ακαδημαϊκής αυτοαντίληψης. Διερευνήθηκε, δηλαδή, αν η θετική αυτοαντίληψη στις Φυσικές Επιστήμες συνδέεται με υψηλό κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των μαθητών.

Πίνακας 1: Συσχέτιση αυτοαντίληψης και επιδόσεων μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

Μεταβλητές	**Μ0: Μηδενικό μοντέλο**		**Μ1: + Επιδόσεις μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες**		**Μ2: + Μέση επίδοση σχολείου στις Φυσικές Επιστήμες**	
	Συντελεστές	*ΤΣ*	*Συντελεστές*	*ΤΣ*	*Συντελεστές*	*ΤΣ*
Σταθερά (intercept)	**0.001**	**0.019**	**0.006**	**0.020**	**0.001**	**0.019**
Επίδοση στις Φ.Ε. (μαθητές)			**0.209***	**0.016**	**0.268***	**0.018**
Επίδοση στις Φ.Ε. (σχολείο)					**-0.201***	**0.033**
Διακύμανση μαθητή (σ_e^2)	**0.974**	**0.020**	**0.935**	**0.019**	**0.932**	**0.019**
Διακύμανση σχολείου (σ_u^2)	**0.025**	**0.007**	**0.032**	**0.007**	**0.025**	**0.006**
Απόκλιση (deviance)	**13635.823**		**13461.102**		**13425.603**	

* p < .05 επίπεδο

Σημείωση: Φ.Ε = Φυσικές Επιστήμες, ΤΣ = Τυπικό Σφάλμα

Η ανάλυση έδειξε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική ασθενής θετική συσχέτιση του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου με την αυτοαντίληψη των μαθητών για τις ικανότητές τους

στις Φυσικές Επιστήμες (0.148, ΤΣ=0.016). Ωστόσο, δεν επηρεάζεται η θετική συσχέτιση μεταξύ επίδοσης στις Φυσικές Επιστήμες και ακαδημαϊκής αυτοαντίληψης και η αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέσης επίδοσης στις Φυσικές Επιστήμες σε επίπεδο σχολείου και της αυτοαντίληψης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. Πίνακα 2, μοντέλο Μ3). Επομένως, η αυτοαντίληψη των μαθητών για τις ικανότητές τους στις Φυσικές Επιστήμες συνδέεται αρνητικά με τη μέση επίδοση του σχολείου στον τομέα αυτό ανεξάρτητα από το κοινωνικο-οικονομικό τους επίπεδο.

Τέλος, διερευνήθηκε η επίδραση του φύλου στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις ικανότητές τους στις Φυσικές Επιστήμες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης (βλ. Πίνακα 2, μοντέλο Μ4) φανερώνουν ότι τα αγόρια έχουν πολύ υψηλότερη αυτοαντίληψη στις Φυσικές Επιστήμες από τα κορίτσια, θεωρούν, δηλαδή, ότι είναι πιο ικανά στις Φυσικές Επιστήμες από ό,τι θεωρούν τα κορίτσια (0.336, ΤΣ=0.028).

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας συγκλίνουν με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας (Hattie, 2003, Pajares & Schunk, 2005, Marsh, 2007) και αναδεικνύουν την ύπαρξη, και στην Ελλάδα, του φαινομένου που αποδόθηκε από τον Marsh (1987) και καθιερώθηκε ως «Big-fish-little-pond effect». Οι μαθητές στην Ελλάδα όταν έχουν υψηλή αυτοαντίληψη στις Φυσικές Επιστήμες έχουν υψηλή επίδοση στον τομέα αυτό και το αντίστροφο. Δεν είναι γνωστή η αιτιώδης σχέση αυτών των παραγόντων, αλλά έρευνες έχουν αναδείξει διεθνώς ότι υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση και ανατροφοδότηση των δύο αυτών μεταβλητών (Hattie, 2003, Marsh, 2007). Η υψηλή επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες οδηγεί σε θετική ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη και η θετική αυτοαντίληψη οδηγεί σε υψηλή επίδοση, δημιουργώντας έναν αέναο κύκλο. Επομένως, θεωρείται σκόπιμο μέσω της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών να ενισχύεται η θετική αυτοαντίληψη των μαθητών για την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες, με απώτερο σκοπό να ενισχυθεί στη συνέχεια και η επίδοσή τους στις Φυσικές Επιστήμες.

Πίνακας 2: Σύνδεση κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου και φύλου με την αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

Μεταβλητές	**Μ3: + Κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο**		**Μ4: + Φύλο**	
	Συντελεστές	*ΤΣ*	*Συντελεστές*	*ΤΣ*
Σταθερά (intercept)	**0.001**	**0.018**	**-0.166**	**0.023**
Επιδόσεις στις Φ.Ε. (μαθητές)	**0.233***	**0.019**	**0.227***	**0.018**
Επιδόσεις στις Φ.Ε. (σχολείο)	**-0.277***	**0.033**	**-0.219***	**0.033**
Κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο μαθητών	**0.168***	**0.016**	**0.148***	**0.016**
Φύλο μαθητών			**0.336***	**0.028**
Διακύμανση μαθητή (σ_e^2)	**0.913**	**0.019**	**0.886**	**0.018**
Διακύμανση σχολείου (σ_u^2)	**0.021**	**0.006**	**0.022**	**0.006**
Απόκλιση (deviance)	**13316.756**		**13175.836**	

* p < .05 επίπεδο

Σημείωση: Τα κορίτσια αποτελούν την κατηγορία σύγκρισης της ανεξάρτητης μεταβλητής "φύλο" στο μοντέλο. Φ.Ε = Φυσικές Επιστήμες.

ΤΣ= Τυπικό Σφάλμα

Είναι σκόπιμο να τονιστεί ότι η μέση επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες των σχολείων βρέθηκε να συνδέεται με την αυτοαντίληψη των μαθητών στον τομέα αυτό, και όσο υψηλότερη ήταν η μέση επίδοση του σχολείου τόσο χαμηλότερη ήταν η αυτοαντίληψη των μαθητών για την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες. Καθώς έχει συμπεριληφθεί στην ανάλυση η ατομική επίδοση των μαθητών, τα ευρήματα αυτά τονίζουν ότι δύο μαθητές με όμοια επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες που φοιτούν σε σχολεία με διαφορετική μέση επίδοση ενδέχεται να έχουν διαφορετική αυτοαντίληψη για την ικανότητά τους στον τομέα αυτό, με τον μαθητή που φοιτά σε σχολείο με υψηλότερη μέση επίδοση να έχει χαμηλότερη αυτοαντίληψη για τις ικανότητές του στις Φυσικές Επιστήμες. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη σύγκριση του εαυτού του με τους άλλους, που κάνει άθελά του ο μαθητής, με αποτέλεσμα να υποτιμάει τις ικανότητές του, γεγονός που ενδέχεται να οδηγεί και σε χαμηλότερες επιδόσεις στο μέλλον (Marsh & Retali, 2010).

Επίσης, τα αποτελέσματα φανέρωσαν θετική συσχέτιση του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου με την αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες -αν και αρκετά ασθενή-, ανεξαρτήτως της επίδοσης των μαθητών. Επομένως, μεταξύ μαθητών από το ίδιο σχολείο με όμοια επίδοση, εκείνοι από υψηλότερα κοινωνικο-οικονομικά στρώματα ενδέχεται να έχουν ελαφρώς θετικότερη αυτοαντίληψη για τις ικανότητές τους στις Φυσικές Επιστήμες. Εντούτοις, η θετική συσχέτιση της επίδοσης με την ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη και η αρνητική συσχέτιση της μέσης επίδοσης του σχολείου με την ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη παραμένουν, χωρίς να φαίνεται να επηρεάζονται από τον κοινωνικο-οικονομικό παράγοντα. Τα παραπάνω ευρήματα συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία (Seaton, Marsh & Craven, 2009).

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι τα αγόρια βρέθηκε να διαθέτουν πολύ υψηλότερη αυτοαντίληψη για την ικανότητά τους στις Φυσικές Επιστήμες από τα κορίτσια, η οποία δεν δικαιολογείται από την επίδοσή τους. Αν και είχε ληφθεί υπόψη η επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, η επίδραση του φύλου στην ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες ήταν στατιστικά σημαντική, με τα κορίτσια να έχουν πολύ χαμηλότερη αυτοαντίληψη από τα αγόρια. Αν και πιθανώς αρχικά να ξαφνιάζει το παραπάνω εύρημα, τα ευρήματα της διεθνούς βιβλιογραφίας συμπίπτουν (Marsh, 2007), και αναδεικνύουν την τάση των αγοριών να έχουν, ή να εμφανίζουν, ιδιαίτερα υψηλή αυτοαντίληψη για τις ικανότητές τους στις Φυσικές Επιστήμες, η οποία δεν συνάδει με την αντικειμενική επίδοσή τους. Καθώς η ακαδημαϊκή αυτοαντίληψη βρέθηκε να συσχετίζεται με την επίδοση των μαθητών, θεωρείται σκόπιμο να διερευνηθούν τρόποι, στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, ώστε να ενισχυθεί στα κορίτσια η πίστη στις δυνατότητές τους στον τομέα αυτόν, προκειμένου να ξεπεραστούν τα όποια στερεότυπα φαίνεται να υπάρχουν ακόμη στην κοινωνία για την ενασχόληση των φύλων με αυτό τον τομέα (ενδεικτικά, Finson, 2002, Christidou, Hatzinikita & Samaras, 2012).

Βιβλιογραφία

Μακρή-Μπότσαρη, Ε. (2001). Αυτοαντίληψη και αυτοεκτίμηση: Μοντέλα, ανάπτυξη, λειτουργικός ρόλος και αξιολόγηση. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Χατζηχρήστου, Χ. & Hopf, D. (1992). Αυτοαντίληψη μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, 17, 253-277.

Χατζηνικήτα, Β. (επιμ.) (2010). PISA 2006 Έκθεση αποτελεσμάτων για την Ελλάδα. ΚΕΕ, Αθήνα. Ανακτήθηκε από http://www.iep.edu.gr/pisa/ (τελευταία πρόσβαση στις 20/9/2012).

Christidou, V., Hatzinikita, V. & Samaras, G. (2012). The image of scientific researchers and their activity in Greek adolescents drawings. Public Understanding of Science, 21(5), 626-647.

Creemers, B., Kyriakides, L. & Sammons, P. (2010). Methodological Advances in Educational Effectiveness Research. Taylor & Francis, London.

Finson, K.D. (2002). Drawing a scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. School Science and Mathematics, 102, 335-345.

Ganzeboom, H., De Graaf, P. & Treiman, D. (1992). A standard international socio-economic index of occupational status. Social Science Research, 21, 1-56.

Harter, S. (1999). The construction of the self: A developmental perspective. Guilford, New York.

Hattie, J. (2003). Getting self-concept back on the correct pathway for self-concept research in the new millennium: Revisiting misinterpretations and revitalizing the contributions of James' agenda for research on self. In H. W. Marsh, R. G. Craven & D. M. McInerney (Eds), International advances in self research (Vol. 1, pp. 127-150). Information Age, Greenwich.

ILO (1990). ISCO-88: International Standard Classification of Occupations. International Labour Office, Geneva.

James, W. (1890/1963). The principles of psychology. Holt, Rinehart & Winston, New York (original work published in 1890).

Marsh, H. (1987). The big-fish-little-pond effect on academic self-concept. Journal of Educational Psychology, 79, 280-295.

Marsh, H. (1990). A multidimensional, hierarchical self-concept: Theoretical and empirical justification. Educational Psychology Review, 2, 77-172.

Marsh, H. (2007). Self-concept theory, measurement and research into practice: The role of self-concept in educational psychology. British Psychological Society, Leicester, UK.

Marsh, H. & Retali, K. (2010). Academic self-concept: The Role of Positive Self-Beliefs in Educational Psychology. In K. Littleton, C. Wood & J. K. Staarman (Eds), Handbook of Educational Psychology: New Perspectives on Learning and Teaching. Elsevier, New York.

OECD (1999). Classifying educational programmes. Manual for ISCED-97 Implementation in OECD countries. OECD, Paris.

OECD (2007). PISA 2006 science competencies for tomorrow's world. OECD, Paris.

OECD (2009). PISA 2006 Technical Report. OECD, Paris.

Pajares, F. & Schunk, D. H. (2005). Self-efficacy and self-concept beliefs: Jointly contributing to the quality of human life. In H. W. Marsh, R. G. Craven & D. M. McInerney (Eds.), International advances in self research (Vol. 2, pp. 95-123). Information Age, Greenwich.

Rasbash, J., Steele, F., Browne, W. & Prosser, B. (2005). A user's guide to MLwiN version 2.0. Centre for Multilevel Modeling, University of Bristol, Bristol, UK.

Seaton, M., Marsh, H. W. & Craven, R. G. (2009). Earning its place as a pan-human theory: Universality of the big-fish-little-pond effect across 41 culturally diverse countries. Journal of Educational Psychology, 101, 403-419.

Shavelson, R.J., Hubner, J.J. & Stanton, G.C. (1976).Validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46, 407-441.

Valentine, J.C. & DuBois, D.L. (2005). Effects of self-beliefs on academic achievement and vice-versa: Separating the chicken from the egg. In H. W. Marsh, R. G. Craven & D. M. McInerney (Eds), International Advances in Self Research (Vol. 2, pp. 53-78). Information Age, Greenwich.

Συνεδρία 16: Θέματα Επιστημολογίας, Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Επιστημών

Διδασκαλία και Μάθηση της έννοιας του Νόμου στο πλαίσιο της Φύσης της Επιστήμης

Κωνσταντίνα Στεφανίδου[1], Δημήτρης Σταύρου[2], Κωνσταντίνος Σκορδούλης[3]
(1) Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης – Παν/μιο Αθήνας, sconstant@primedu.uoa.gr
(2) Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης – Παν/μιο Κρήτης, dstavrou@edc.uoc.gr
(3) Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης – Παν/μιο Αθήνας,
kostas4skordoulis@gmail.com

Περίληψη

Η μελέτη της φύσης των νόμων, των θεωριών και των μοντέλων αποτελούν τον πυρήνα του περιεχομένου του όρου «φύση της επιστήμης». Την ίδια ώρα που οι φιλόσοφοι της επιστήμης συνεχίζουν το διάλογο για τη φύση των εννοιών αυτών, οι προτάσεις να συμπεριλαμβάνεται η φύση της επιστήμης στα αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών παγκοσμίως ολοένα και πληθαίνουν. Η παρούσα εργασία ερευνά το κατά πόσο οι φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης μπορούν να οικοδομήσουν μια επιστημονικά αποδεκτή άποψη για τους νόμους. Επιπλέον, γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης των διαδικασιών διδασκαλίας και μάθησης προς τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις που αφορούν την προαναφερθείσα έννοια.

Abstract

The nature of laws, theories and models constitute the core of the so called «nature of science». While the philosophical discussion on these issues is still open, there is an arising interest in including such topics in the science curricula world wide. The present study investigates to what extent student primary teachers could construct a scientifically accepted point of view regarding the laws. Moreover, the paper discusses student primary teachers' teaching and learning procedures regarding the above mentioned concept.

Εισαγωγή

Η επιστήμη περικλείει πολλές προτάσεις που φέρουν την ονομασία φυσικοί νόμοι: ο νόμος της βαρύτητας του Νεύτωνα, οι τρεις νόμοι της κίνησης του Νεύτωνα, οι νόμοι των αερίων και πολλοί άλλοι. Υπάρχουν όμως και άλλες κανονικότητες στην επιστήμη που δεν αποκαλούνται νόμοι. Για παράδειγμα οι παλίρροιες, η τροχιά του περιηλίου του Ερμή και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Φαίνεται ότι το κριτήριο σύμφωνα με το οποίο αποδίδεται σε μια πρόταση ο χαρακτηρισμός νόμος της φύσης δεν είναι απολύτως ξεκάθαρο ούτε καν μεταξύ των επιστημόνων.

Από την άλλη μεριά, στο χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης η μεσαιωνική έννοια του νόμου της φύσης, ως ενός κυριολεκτικά θεϊκού νόμου που επιβάλλονταν στη φύση, διαχύθηκε στη μοντέρνα περίοδο μέσω δύο αθεϊστικών θεωριών. Σύμφωνα με την πρώτη (Regularity Theory), οι νόμοι της φύσης είναι κανονικότητες: αληθείς καθολικές προτάσεις που περιγράφουν τη φύση. Σύμφωνα με τη δεύτερη θεωρία (Necessitarian Theory) οι νόμοι της φύσης προκύπτουν από κάποια φυσική αναγκαιότητα, και τα γεγονότα εναρμονίζονται με τους νόμους. Αυτές ήταν οι δύο αντιμαχόμενες θεωρίες μέχρι τον δέκατο όγδοο αιώνα που ο David Hume μελέτησε τις διαφορές τους. Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η άποψη ότι οι νόμοι είναι κανονικότητες επικράτησε, αλλά τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μια κινητικότητα σε φιλοσόφους που μελετούν και υποστηρίζουν εκδοχές της άποψης περί φυσικής αναγκαιότητας (Swartz 1985). Παρόλο που ο φιλοσοφικός διάλογος συνεχίζεται, υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά του νόμου τα οποία είναι κοινώς αποδεκτά, όπως ότι οι νόμοι είναι αληθείς, καθολικές προτάσεις με εμπειρικό περιεχόμενο που εντάσσονται σε ένα ευρύτερο σύστημα γνώσης (Αναπολιτάνος κα 2003, Bird 1998).

Στην παρούσα εργασία δεν στοχεύουμε στο να προσφέρουμε κάτι καινούριο στον συγκεκριμένο φιλοσοφικό διάλογο. Το ενδιαφέρον μας είναι στραμμένο αποκλειστικά στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια ολοένα αυξανόμενη τάση να συμπεριλαμβάνεται η φύση της επιστήμης στα αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών διεθνώς. Βασικά σημεία της φύσης της επιστήμης αποτελούν η φύση των επιστημονικών θεωριών, των μοντέλων, των νόμων καθώς και οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών αυτών (McComas 2004). Παρόλη την αναγνωρισμένη αξία των εννοιών αυτών, συχνά δε δίνεται η απαιτούμενη σημασία σε επίπεδο αναλυτικών προγραμμάτων αλλά και διδασκαλίας (McComas 2004). Τα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών όλων των βαθμίδων περιέχουν πληθώρα διατυπωμένων νόμων και επιστημονικών θεωριών που αποτελούν το προς διδασκαλία περιεχόμενο, χωρίς όμως να αφιερώνουν χώρο και χρόνο στην οικοδόμηση καθαυτών των εννοιών του νόμου και της επιστημονικής θεωρίας.

Ταυτόχρονα όμως, φοιτητές αλλά και δάσκαλοι των φυσικών επιστημών παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών αυτών καθώς και στη μεταξύ τους σχέση. Ο Lederman (1992) έχει αποτυπώσει με ικανοποιητική πληρότητα τις έρευνες που έχουν γίνει διεθνώς και αφορούν τις αντιλήψεις σχετικά με τους νόμους και τις θεωρίες. Μια διαδεδομένη αντίληψη είναι ότι οι νόμοι προέρχονται μέσα από την επανειλημμένη πειραματική επιβεβαίωση των θεωριών, με μια διαδικασία που μοιάζει με ωρίμανση (McComas 1996). Σύμφωνα με αυτήν την απλοϊκή άποψη για τους νόμους και τις θεωρίες, οι μαθητές και φοιτητές έχουν την εντύπωση ότι οι νόμοι είναι ανώτερα είδη επιστημονικής γνώσης (Lederman et al 2001). Παράλληλα, οι φοιτητές και δάσκαλοι φυσικών επιστημών αγνοούν ή δεν έχουν επεξεργαστεί τη διαφορά του νόμου της φύσης ως ενδεχόμενης οντότητας ανεξάρτητης από τον επιστήμονα (οντολογική διάσταση του νόμου) και του νόμου της επιστήμης ως συμπεράσματος που προκύπτει μέσω της επιστημονικής έρευνας (επιστημολογική διάσταση του νόμου) και ως εκ τούτου υπόκειται σε διορθώσεις και αλλαγές (Christie & Christie 2000). Έτσι εκφράζουν την αντίληψη ότι οι νόμοι είναι απαράβατοι κανόνες, ανελαστικής φύσεως που δεν μπορούν να αλλάξουν. Αυτό φυσικά δυσχεραίνει την κατανόηση της φύσης της επιστήμης, αφού το επιστημονικό γίγνεσθαι περιλαμβάνει τη τροποποίηση της επιστημολογικής διάστασης του νόμου υπό το φως νέων ενδείξεων ή θεωριών. Η οντολογική διάσταση του νόμου ωστόσο, δηλαδή κατά πόσο υπάρχουν νόμοι στη φύση ή όχι, είναι ζήτημα καθαρά φιλοσοφικό. Όπως σε κάθε φιλοσοφικό ζήτημα, υπάρχει ποικιλία απόψεων και επιχειρημάτων, η ανάλυση των οποίων ξεφεύγει από τους σκοπούς και τις δυνατότητες της παρούσας εργασίας.

Σε αυτό το πλαίσιο είναι σημαντικό να υπάρχει ένας σαφής προσανατολισμός για το περιεχόμενο με το οποίο πρέπει να εξοικειωθούν οι μαθητές, φοιτητές και δάσκαλοι σε ότι αφορά αυτά τα ζητήματα της φύσης της επιστήμης. Τα κοινά χαρακτηριστικά που αποδίδει η φιλοσοφία της επιστήμης στην έννοια του νόμου, ανεξαρτήτως φιλοσοφικού ρεύματος, φαίνεται να ευθυγραμμίζονται με τους στόχους που θέτουν οι ειδικοί στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Πιο συγκεκριμένα, από τη πλευρά της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, οι Millar & Osborne (1998) θεωρούν τον κόσμο ότι συμπεριφέρεται τακτικά και ομοιόμορφα, με ένα νομοτελειακό και μη ιδιότροπο τρόπο. Επιπλέον, στο NAS (1998) αναφέρεται ότι με τα δεδομένα της εμπειρίας σχηματίζεται ένας νόμος ή μια περιγραφική γενίκευση για το πώς συμπεριφέρονται κάποιες όψεις του φυσικού κόσμου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.

Οι τάξεις φυσικών επιστημών αποτελούν κατάλληλο περιβάλλον ώστε οι μαθητές και φοιτητές να αντιληφθούν τους διακριτούς ρόλους του νόμου και της επιστημονικής θεωρίας στην επιστημονική πρακτική. Προκειμένου να φθάσει όμως η διδασκαλία των εννοιών αυτών σε συνθήκες τάξεις, θα πρέπει να διερευνηθούν οι διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης που οδηγούν σε μια επιστημονικά αποδεκτή άποψη.

Σκοπός της έρευνας

Η έρευνα στη βιβλιογραφία της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες έδειξε πως η ανεπάρκεια των αντιλήψεων των μαθητών, φοιτητών και δασκάλων σχετικά με την έννοια του νόμου είναι άμεσα συνυφασμένη με τις ανεπαρκείς γνώσεις τους για την έννοια της θεωρίας. Η παρούσα εργασία είναι μέρος μιας ευρύτερης εκπαιδευτικής έρευνας στην οποία διερευνάται κατά πόσο οι φοιτητές του παιδαγωγικού τμήματος μπορούν να οικοδομήσουν μια επιστημονικά αποδεκτή άποψη για το νόμο, την θεωρία και το μοντέλο. Στο άρθρο αυτό αναλύεται η έννοια του νόμου. Συγκεκριμένα τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

- Σε ποιο βαθμό μπορούν οι φοιτητές του παιδαγωγικού τμήματος να οικοδομήσουν μια επιστημονικά αποδεκτή άποψη σχετικά με την έννοια του νόμου;
- Ποιες είναι οι διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης των φοιτητών του παιδαγωγικού τμήματος σχετικά με την έννοια του νόμου;

Μεθοδολογία της Έρευνας

Προκειμένου να συλλέξουμε τα δεδομένα χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο του «διδακτικού πειράματος» (Komorek & Duit 2004). Το διδακτικό πείραμα είναι ένα είδος συνέντευξης που έχει χαρακτηριστικά διδασκαλίας και έρευνας. Το πρόσωπο που παίρνει τη συνέντευξη, έχει ταυτόχρονα το ρόλο του ερευνητή, που προσπαθεί να καταλάβει τις αντιλήψεις των φοιτητών και του δασκάλου που οφείλει να έχει απαντήσεις στις ερωτήσεις των φοιτητών και να παρεμβαίνει εκεί ακριβώς που χρειάζεται (Stavrou et al 2008). Σύμφωνα με τους Komorek & Duit (2004) το διδακτικό πείραμα είναι ισχυρό μέσο διερεύνησης της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητευόμενων προς την επιστημονικά αποδεκτή άποψη.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το δείγμα αποτελούνταν από 40 προπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες, χωρισμένες σε 11 ομάδες των 3-4 ατόμων. Ήταν όλοι τριτοετείς φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει δύο εξάμηνα μαθήματα Φυσικής αλλά καθόλου Επιστημολογία Φυσικών Επιστημών ή κάτι συναφές.

Οι κύριες φάσεις της έρευνας είχαν ως εξής:

- Ερωτηματολόγιο προ-ελέγχου (Pre-Test): Οι φοιτητές απάντησαν ερωτηματολόγιο σχετικό με τις αντιλήψεις τους σχετικά με τους φυσικούς νόμους. Το ερωτηματολόγιο περιείχε ανοιχτές ερωτήσεις στο πνεύμα των ερωτήσεων των ερωτηματολογίων VNOS (Lederman et al 2002) όπως:
    - Τι είναι ο νόμος της φύσης; Μπορείτε να δώσετε κάποια παραδείγματα νόμων της φύσης;
    - *«Μαμά είδα ένα ντοκιμαντέρ που έλεγε ότι σύμφωνα με την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας αν μπορούσαμε να κινηθούμε με την ταχύτητα του φωτός θα μέναμε για πάντα νέοι». Και απαντάει η μητέρα: «Ναι, αλλά είναι απλώς μια θεωρία. Δεν είναι και νόμος της φύσης!»* Σχολιάστε αναλυτικά την απάντηση της μητέρας.
- Συνέντευξη (Διάρκεια μιας ώρας): Συζήτηση με χαρακτηριστικά ημι-δομημένης συνέντευξης σχετικά με τους φυσικούς νόμους.
- Ερωτηματολόγιο μετά-ελέγχου (Post-Test): Οι φοιτητές απάντησαν ερωτηματολόγιο σχετικό με τις αντιλήψεις τους σχετικά με τους νόμους. Το ερωτηματολόγιο περιείχε τις ίδιες ερωτήσεις με το ερωτηματολόγιο προ-ελέγχου, και επιπλέον σε κάθε ερώτηση υπήρχε ένα υποερώτημα μεταγνωστικού χαρακτήρα, της μορφής «Τι πίστευες ότι είναι νόμος της φύσης, τι πιστεύεις τώρα και σε ποιο σημείο της διαδικασίας άλλαξες γνώμη;». Η μεταγνωστική συνιστώσα του post-test δεν αναλύεται στην παρούσα εργασία.

Οι συνεντεύξεις μαγνητοσκοπήθηκαν και απομαγνητοφωνήθηκαν. Το περιεχόμενό τους αναλύθηκε σύμφωνα με ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Mayring 2000, Erickson 1998).

Διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης

Ο διδακτικός στόχος της έρευνας είναι οι φοιτητές να οικοδομήσουν την έννοια του νόμου και συγκεκριμένα να καταλήξουν στην εξής διατύπωση: «Οι νόμοι της φύσης είναι αληθείς καθολικές προτάσεις με εμπειρικό περιεχόμενο που εντάσσονται σε ένα ευρύτερο σύστημα γνώσης».

Προκειμένου να διαμορφώσουμε την διδακτική ακολουθία, λάβαμε υπόψη μας τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος (Komorek & Duit 2004) και παρουσιάζουμε τις φάσεις της διδακτικής πορείας παρακάτω.

- Φάση 1η : Φάση Προσδοκίας – Πρόβλεψης και εξήγησης της πρόβλεψης. Ζητείται από τους φοιτητές να διατυπώσουν την άποψη τους για το νόμο και να δικαιολογήσουν κατά το δυνατόν την απάντησή τους.
- Φάση 2η : Φάση Παρατήρησης – Πρόβλεψης και εξήγησης του γεγονότος. Ζητείται από τους φοιτητές να αναφέρουν παραδείγματα νόμων. Κατόπιν, τους ζητείται να τους «παρατηρήσουν» και να διακρίνουν τα χαρακτηριστικά που κατά τη γνώμη τους, τους καθιστούν νόμους. Αιτιολογούν τις απαντήσεις τους. Διατυπώνουν την άποψή τους για το φυσικό νόμο εκ νέου συμπεριλαμβάνοντας τα χαρακτηριστικά που παρατήρησαν.
- Φάση 3η : Φάση Πρώτης Γενίκευσης.Δίνεται στους φοιτητές μια πρόταση και ζητείται να αποφανθούν αν είναι φυσικός νόμος και να επιχειρηματολογήσουν. Σταδιακά η πρόταση αυτή συμπληρώνεται από τον εκπαιδευτικό, ώστε να συμπεριλαμβάνει κι επιπλέον χαρακτηριστικά του νόμου, και η ερώτηση επαναδιατυπώνεται δυο – τρεις φορές ώστε να συμπεριλάβει όσο γίνεται περισσότερα χαρακτηριστικά του νόμου. Οι περιπτώσεις - προτάσεις που θέτει η εκπαιδευτικός προς συζήτηση είναι κατάλληλα επιλεγμένες ώστε να ενθαρρύνουν τους φοιτητές να εκφράσουν τις απόψεις τους. Συγκεκριμένα, τα παραδείγματα είτε προέρχονται από την καθημερινότητά τους και δε σχετίζονται με κάποια επιστημονική θεωρία, είτε προέρχονται από την επιστήμη αλλά τους είναι γνωστοί (Πχ νόμος ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday). Με αυτόν τον τρόπο οι φοιτητές είναι σε θέση να εξελίξουν τις απόψεις τους αφού μπορούν να κρίνουν σταδιακά αν τα προς διαμόρφωση χαρακτηριστικά του νόμου εφαρμόζονται ή όχι στις εν λόγω προτάσεις. Τέλος ζητείται από τους φοιτητές να συμπεράνουν ποια είναι τα χαρακτηριστικά που καθιστούν μια πρόταση φυσικό νόμο.
- Φάση 4η : Φάση 2ης Γενίκευσης. Ζητείται από τους φοιτητές να εφαρμόσουν το παραπάνω συμπέρασμα και να προτείνουν άλλες προτάσεις που θεωρούν φυσικούς νόμους. Αιτιολογούν σε κάθε περίπτωση την άποψή τους. Τέλος, διατυπώνουν ένα γενικό συμπέρασμα για το τι είναι νόμος.

Ανάλυση

Ο σκοπός της εργασίας, όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι να διερευνηθεί σε ποιο βαθμό μπορούν οι φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης να οικοδομήσουν την έννοια του φυσικού νόμου. Επιπλέον, η έρευνα σκοπεύει στη διερεύνηση και στην προσπάθεια αποτύπωσης των διαδικασιών μάθησης των φοιτητών σχετικά με τη παραπάνω έννοια.

Εξαιτίας της διερευνητικής φύσης της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring 2000, Erickson 1998). Τα δεδομένα προέρχονται από τα ερωτηματολόγια προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου καθώς και τις συνεντεύξεις. Σε ότι αφορά τα δεδομένα των ερωτηματολογίων, οι απαντήσεις των φοιτητών καταγράφηκαν και κατηγοριοποιηθήκαν ανάλογα με το περιεχόμενό τους. Η ανάπτυξη των κατηγοριών έγινε επαγωγικά. Πιο συγκεκριμένα, το κριτήριο για τη διαμόρφωση των κατηγοριών είναι αυτό που προκύπτει από το ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή ποια είναι η αρχική και τελική άποψη των φοιτητών για το φυσικό νόμο. Με γνώμονα αυτό το κριτήριο, οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων προ-ελέγχου και μετά-ελέγχου προκύπτουν και διαμορφώνονται σταδιακά.

Οι αρχικές κατηγορίες που προέκυψαν στη συνέχεια αναθεωρήθηκαν και μειώθηκαν στις κύριες κατηγορίες.

Σε ότι αφορά τις συνεντεύξεις, απομαγνητοφωνήθηκαν λέξη-λέξη και έγινε μια προσπάθεια χωρισμού τους σε βήματα. Τα βήματα αυτά αντιστοιχούν στις φάσεις του διδακτικού πειράματος. Για κάθε φάση, σημειώθηκαν τα επιχειρήματα των φοιτητών, οι δυσκολίες τους, ο τρόπος που αντιμετωπίστηκαν αυτές καθώς και το συμπέρασμα που κατέληξαν. Στη συνέχεια κατηγοριοποιηθήκαν και έγινε μια προσπάθεια περιγραφής της πορείας μάθησης των φοιτητών. Η πορεία που περιγράφεται παρακάτω είναι αυτή που προέκυψε από τους περισσότερους φοιτητές.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα προκύπτουν από την ανάλυση των ερωτηματολογίων και από την ανάλυση περιεχομένου των συνεντεύξεων. Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων που δόθηκαν πριν την έρευνα, είναι σαφές ότι οι φοιτητές είχαν κάποιες αντιλήψεις για τους φυσικούς νόμους αλλά οι γνώσεις τους αυτές ήταν περιορισμένες και σε πολλές περιπτώσεις μη αποδεκτές επιστημονικά. Πιο συγκεκριμένα, πριν την έρευνα επικρατούσε μια σύγχυση μεταξύ της οντολογικής και επιστημολογικής διάστασης του νόμου. Επίσης οι φοιτητές εξέφρασαν την άποψη ότι ο νόμος είναι η πειραματικά αποδεδειγμένη θεωρία. Παράλληλα το λεξιλόγιο που χρησιμοποίησαν οι φοιτητές συχνά παρέπεμπε στην ανωτερότητα του νόμου της φύσης, όπως για παράδειγμα, «άγραφος κανόνας», «συνθήκη» ή «επιταγή» της φύσης.

Στα ερωτηματολόγια μετά την έρευνα η πλειονότητα των φοιτητών κατέληξε σε διατυπώσεις που περιλαμβάνουν την καθολικότητα του νόμου, την αλήθεια του νόμου που περιορίζεται από τα όρια της γνώσης μας, τον εμπειρικό χαρακτήρα του καθώς και το ότι οι νόμοι ανήκουν σε ευρύτερα συστήματα γνώσης. Οι φοιτητές ήταν πλέον σε θέση να διακρίνουν την οντολογική διάσταση του νόμου από την επιστημολογική του, με την έννοια ότι μπορούσαν να διαχωρίσουν ότι οι νόμοι της φύσης, αν υπάρχουν δεν είναι απαραίτητα γνωστοί στους επιστήμονες, ενώ από την άλλη πλευρά οι επιστήμονες, μέσω της δουλειά τους περιγράφουν τη φύση καταλήγοντας σε κάποιους νόμους. Για παράδειγμα «ο νόμος της φύσης είναι κάτι που ισχύει πάντα και παντού, έχει γενικά διαχρονικό και «διεθνή» χαρακτήρα, ανεξάρτητα από μας. Βέβαια εμείς με τον τρόπο που μπορούμε να τον διατυπώσουμε μπορεί να θέτουμε κάποιους περιορισμούς». Επιπλέον «ένας νόμος που διατυπώνει ένας επιστήμονας μπορεί να μεταβληθεί, γιατί μπορεί να έχουν γίνει κάποιες λανθασμένες υποθέσεις». Δηλαδή οι φοιτητές σταδιακά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όταν οι διατυπώσεις των νόμων διορθώνονται ή συμπληρώνονται, αυτό σημαίνει ότι αλλάζει η γνώση που έχουμε για τη φύση και όχι η ίδια η φύση.

Σε ότι αφορά την ανάλυση των συνεντεύξεων, οι αρχικές απόψεις των φοιτητών είναι αυτές που αποτυπώθηκαν στο pre-test. Παρόλα αυτά στη πρώτη φάση της διδακτικής ακολουθίας οι φοιτητές εξέφρασαν τις απόψεις τους και προφορικά. Η μαθησιακή πορεία που παρουσιάζεται παρακάτω, ακολουθήθηκε από την πλειονότητα των φοιτητών και βασίζεται στις φάσεις του διδακτικού πειράματος που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

- Φάση προσδοκίας, πρόβλεψης και εξήγησης της πρόβλεψης: οι φοιτητές διατύπωσαν προφορικά την άποψή τους για τους φυσικούς νόμους. Η πλειονότητα των φοιτητών εξέφρασε την άποψη ότι οι νόμοι είναι σύνολα αρχών-κανόνων, που δεν αλλάζουν, δεν αμφισβητούνται, είναι άγραφοι κανόνες.
- Φάση παρατήρησης, περιγραφής κι εξήγησης του γεγονότος: οι φοιτητές αναφέρουν παραδείγματα νόμων της φύσης, τους «παρατηρούν» και επεξεργάζονται τα χαρακτηριστικά εκείνα που τους καθιστούν νόμους. Τα χαρακτηριστικά που επί το πλείστον αναφέρονται είναι ο πειραματικός έλεγχος – εμπειρικός χαρακτήρας, καθώς και το ότι οι νόμοι της φύσης ισχύουν πάντα και παντού.
- Φάση πρώτης γενίκευσης.

Προκειμένου οι φοιτητές να εμβαθύνουν στα χαρακτηριστικά του νόμου, συζητούν πάνω σε συγκεκριμένες προτάσεις που τους δίνει η εκπαιδευτικός και αποφασίζουν βάσει επιχειρημάτων για το αν οι προτάσεις αυτές είναι ή όχι νόμοι. Συγκεκριμένα δίνεται η παρακάτω περίπτωση:

Ε: «Μια κρύα μέρα του χειμώνα βγήκα στη λεωφόρο και δεν περνούσε ταξί. Μπορώ να πω πως η πρόταση: "Τις κρύες μέρες του χειμώνα δεν κυκλοφορούν ταξί είναι νόμος της φύσης;" Γιατί;».

Φ1: «Όχι. Δεν είναι κάτι που ισχύει πάντα. Είναι κάτι τελείως τυχαίο και μεταβλητό».

Με την ερώτηση αυτή αναδεικνύεται η καθολικότητα ως αναγκαίο στοιχείο του νόμου της φύσης. Στην συνέχεια οι φοιτητές απαντούν στην ερώτηση:

Ε: «Αν όλες τις κρύες μέρες του χειμώνα έβγαινα στη λεωφόρο και δεν περνούσε ταξί, τότε θα μπορούσα να πω ότι η πρόταση: "Τις κρύες μέρες του χειμώνα δεν κυκλοφορούν ταξί" είναι νόμος της φύσης;»

Φ2: «Όχι γιατί δεν είμαι μόνο εγώ. Εγώ μπορεί να βγαίνω μια τυχαία ώρα… Και καταρχήν οι πράξεις πρέπει να έχουν μια λογική συνέχεια. Δηλαδή δε σημαίνει ότι επειδή βγήκα εγώ έξω και ήταν κρύα μέρα δεν έχει ταξί».

Με τη συγκεκριμένη ερώτηση οι φοιτητές διακρίνουν τη συμπτωματική γενίκευση από το νόμο, δεδομένου ότι ο νόμος της φύσης έχει εμπειρικό περιεχόμενο. Στη συνέχεια οι φοιτητές απαντούν στην ερώτηση:

Ε: «Η πρόταση "η κίνηση ενός μαγνήτη προς και από ένα πηνίο δημιουργεί ρεύμα από επαγωγή" αποτελεί νόμο;»

Φ3: «Ναι είναι. Είναι μια πρόταση καθολική στο χώρο και στο χρόνο, θα πρέπει να έχει να κάνει με ένα φυσικό φαινόμενο, είπαμε για εμπειρικό χαρακτήρα, και πρέπει να έχει να κάνει με κάτι … να μην είναι μέσα οι μεταβολές του ανθρώπινου παράγοντα» (όπως το παράδειγμα με το ταξί).

Αναδεικνύεται επομένως ότι ο η διατύπωση του νόμου της φύσης εντάσσεται και σε ένα ευρύτερο σύστημα γνώσης: «ο νόμος Faraday ανήκει στον ηλεκτρομαγνητισμό». Οι φοιτητές διατυπώνουν σε ικανοποιητικό βαθμό ότι η διατύπωση του νόμου της φύσης είναι μια αληθής καθολική πρόταση με εμπειρικό περιεχόμενο που εντάσσεται σε ένα ευρύτερο σύστημα γνώσης.

- Φάση δεύτερης γενίκευσης – Κατασκευή της «έννοιας»

Οι φοιτητές εφαρμόζουν το συμπέρασμα που διατύπωσαν παραπάνω σε άλλα παραδείγματα νόμων που προτείνουν οι ίδιοι. Καταλήγουν σε ένα γενικό συμπέρασμα για το νόμο της φύσης και κάνουν τη διάκριση με τη θεωρία: «ο νόμος περιγράφει και η θεωρία εξηγεί»

Συμπεράσματα και Συζήτηση

Η ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι η πλειονότητα των φοιτητών στο τέλος της συνέντευξης μπορούσε να δώσει ικανοποιητικές εξηγήσεις για την έννοια του νόμου της φύσης. Οι φοιτητές μπορούσαν όχι μόνο να διατυπώσουν τα χαρακτηριστικά του νόμου της φύσης, αλλά να διακρίνουν την οντολογική από την επιστημολογική σκοπιά του νόμου, ανοίγοντας έτσι το δρόμο για την καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής έρευνας. Έτσι οι φοιτητές κατάφεραν να οικοδομήσουν σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό την ιδέα ότι οι νόμοι της φύσης διατυπώνονται από τους επιστήμονες, οι οποίοι βασίζονται στα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά όμως ανά πάσα στιγμή μπορούν να αλλάξουν, συμπαρασύροντας στην αλλαγή και τη γνώση μας για το νόμο της φύσης.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν και κάποια ενδιαφέροντα σημεία που θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν σε μελλοντικές έρευνες με σκοπό την καλύτερη επεξεργασία και κατανόηση των εν λόγω εννοιών. Πιο συγκεκριμένα, η ιστορική προσέγγιση της έννοιας του νόμου της φύσης πιθανότατα να διευκόλυνε την νοητική εξέλιξη των φοιτητών προς μια επιστημονικά αποδεκτή άποψη, όπως προκύπτει από τη χρήση λεξιλογίου που παραπέμπει σε θεϊκές ερμηνείες. Η σε βάθος συζήτηση για τις ερμηνείες που δίνουν στους όρους «άγραφος

νόμος» και «απαράβατη αρχή» ενδεχομένως να ενθάρρυνε την συνολική αναπλαισίωση του όρου «φυσικός νόμος» και άρα να οδηγούσε στη καλύτερη κατανόησή του. Επιπλέον, μια διάκριση των νόμων σε νόμους φυσικής, χημείας και βιολογίας φαίνεται ότι θα βοηθούσε στην απόδοση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στα διάφορα παραδείγματα που δόθηκαν. Ο νόμος του Faraday έχει διαφορετική χροιά από το νόμο του Μέντελ, και αυτή η διαφορετικότητα ίσως αξίζει να μελετηθεί.

Βιβλιογραφία

Αναπολιτάνος, Δ., Αραμπατζής, Θ., Καρακώστας, Β. και Κιντή, Β. (2003). Φιλοσοφία της Επιστήμης, Τόμος Γ', Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Bird, A. (1998). Laws of Nature. In: Philosophy of Science, McGill Queens: Montreal, 25-54.

Christies, M. & Christies, M. (2000). "Laws" and "Theories" in Chemistry Do Not Obey The Rules. In: Of Minds and Molecules (eds) Nalini Bushan & Stuart Rosenfeld, pg. 34 - 51.

Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. In: Barry Fraser and Kenneth Tobin (eds). International Handbook of Science Education, Dordrecht: KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 1155-1174.

Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. International Journal of Science Education, 26, (5), 619-633.

Lederman, N. (1992). Students' and Teachers' Conceptions on the Nature of Science: A Review of the Research. Journal of Research in Science Teaching, 29, (4), 331-359.

Lederman, N., Schwartz, R., Abd-El-Khalick, F. & Bell, R. (2001). Pre-service
teachers' understanding and teaching of nature of science: An intervention study. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 1, (2), 135-160.

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., Schwartz, R. (2002). Views on Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39, (6), 497-521.

Mayring, Ph. (2000). Qualitative Content Analysis. Forum: Qualitative Social Research, 1, (2), 10-20, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0002204.

McComas, W. (1996). Ten Myths of Science: Re-examining what we Think we know about the Nature of Science. School Science and Mathematics, 96, (1), 10-16.

McComas, W. (2004). A textbook case of Nature of Science: Laws and Theories in the Science of Biology. International Journal of Science and Mathematics Education, 1, 141-155.

Millar, R. & Osborne, J.F. (Eds) (1998). Beyond 2000: science education for the future London: King's College.

National Academy of Sciences (1998). Teaching about Evolution and the Nature of Science. Washington: National Academy Press.

Stavrou, D., Duit, R. & Komorek, M. (2008). A teaching and learning sequence about the interplay of chance and determinism in nonlinear systems. Physics Education, 43, (4), 417-422.

Swartz, N. (1985). The Concept of Physical Law. NY: Cambridge University Press.

Αναπτύσσοντας τις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα κατά την εφαρμογή μιας διερευνητικής διδακτικής μαθησιακής σειράς

Σούλιος Ιωάννης, Ψύλλος Δημήτρης
Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, soulios@eled.auth.gr
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Π.Τ.Δ.Ε., psillos@eled.auth.gr

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα μελετά την επίδραση μιας βασισμένης στα μοντέλα διερευνητικής διαδικασίας πάνω στις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα και την εννοιολογική κατανόηση για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Μια καινοτόμα Διδακτική Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ) αναπτύχθηκε διαμέσου μιας εξελικτικής ερευνητικής διαδικασίας. Αρχικά, ένα σύνολο 16 υποψηφίων δασκάλων παρακολούθησε τη ΔΜΣ, στην οποία επιχειρείται η σταδιακή γεφύρωση ανάμεσα στα οπτικά φαινόμενα και το μοντέλο της οπτικής ακτίνας, ως μια εξερευνητική διαδικασία μοντελοποίησης. Στη συνέχεια, για να αυξηθεί η ενημερότητα των υποψηφίων δασκάλων για πλευρές των επιστημονικών μοντέλων, εισάγονται ο αναστοχασμός κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης και η τήρηση ημερολογίων μετά τα πραγματικά και εικονικά πειράματα. Μια νέα ομάδα από 22 υποψηφίους δασκάλους παρακολούθησε την αναθεωρημένη έκδοση. Οι συμμετέχοντες ελέχθησαν μέσω ημι-δομημένων συνεντεύξεων και γραπτών ερωτηματολογίων, πριν και μετά τη ΔΜΣ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μεταγνωστικές δραστηριότητες βελτιώνουν τις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα και την εννοιολογική κατανόηση.

Abstract

The current research is studying the impact of a model-based inquiry process on epistemological beliefs about models and conceptual understanding about optical properties of materials. An innovative Teaching Learning Sequence (TLS) was developed through a research-based evolutionary process. Initially, a total of 16 student teachers followed this TLS, in which a gradual bridging between optical phenomena and the ray model in optics was attempted, as an implicit explorative modelling process. Next, in order to enhance student teachers' awareness about aspects of scientific models, reflection during modeling and keeping diaries after hands-on and virtual experiments were introduced. A new group of 22 student teachers attended this revised edition. Participants were tested before and after the TLS using semi-structured interviews and a written questionnaire. The results show that metacognitive activities improve student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έντονο ερευνητικό και εκπαιδευτικό ενδιαφέρον αποκτά η διερεύνηση στις φυσικές επιστήμες, η οποία στοχεύει εκτός από τη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου, στη κατανόηση όψεων της φύσης της επιστήμης (Schwartz & Lederman 2008). Ωστόσο, τα έργα διερευνητικού χαρακτήρα που συνήθως χρησιμοποιούνται στα σχολεία φαίνεται να στηρίζονται σε μια επιστημολογία, η οποία διαφέρει από την επιστημολογία της αυθεντικής διερεύνησης στην επιστήμη και η διερευνητική διδασκαλία από μόνη της δεν φαίνεται να οδηγεί στην αύξηση της κατανόησης των μαθητών σχετικά με τη φύση της διερεύνησης και της επιστήμης γενικότερα (Chinn & Malhotra 2002, Bell et al. 2003). Η χρήση των μοντέλων και των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης υποστηρίζει τη διερεύνηση στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να αντιμετωπίσουν το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο και τη διερεύνηση ως επιδίωξη της διδασκαλίας (Abd-El-Khalick et al. 2004). Η επικεντρωμένη στα μοντέλα διερεύνηση αποτελεί μια διδακτική προσέγγιση, η οποία εστιάζει το ενδιαφέρον της στη χρήση, δημιουργία, αξιολόγηση και αναθεώρηση των επιστημονικών μοντέλων με στόχο να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε το φυσικό κόσμο (Schwarz 2009, Windschitl et al. 2007). Ωστόσο, οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, οι φοιτητές ακόμα

και οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί ως προς την αναγνώριση και εφαρμογή της ερμηνευτικής και κυρίως της προβλεπτικής τους λειτουργίας έχουν εντοπιστεί από πολλές έρευνες (Treagust et al. 2002, Petridou et al. 2007).

Υπάρχει μια διάκριση ανάμεσα στην εκφραστική μοντελοποίηση, σύμφωνα με την οποία οι μαθητές πρέπει να κατασκευάσουν τα δικά τους μοντέλα έτσι ώστε να εκφράσουν και να ελέγξουν τις ιδέες που διατηρούν για τον κόσμο και στη εξερευνητική μοντελοποίηση, κατά την οποία οι μαθητές πρέπει να εξερευνήσουν και ελέγξουν ένα δεδομένο μοντέλο (Bliss et al. 1999). Έρευνες έχουν επισημάνει τον κίνδυνο αποπροσανατολισμού από την ουσιαστική χρήση του μοντέλου ως ερευνητικού εργαλείου, καθώς οι μαθητές και οι υποψήφιοι δάσκαλοι εμπλέκονται κατευθείαν σε δραστηριότητες οικοδόμησης μοντέλων και εστιάζουν την προσοχή τους κυρίως στον προσδιορισμό των μεταβλητών και σχέσεων δίχως να αναγνωρίζουν το διερευνητικό χαρακτήρα των μοντέλων (Sins et al. 2005). Ο Lijnse (2006) υποστηρίζει ότι οι δυο αυτές προσεγγίσεις δεν είναι απαραίτητο να είναι αντιφατικές, αλλά αντίθετα συμπληρωματικές και ότι και οι δυο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη διδακτικών μαθησιακών σειρών. Ακόμη περισσότερο, έρευνες επισημαίνουν ότι αυτό που έχει περισσότερη σημασία είναι η παροχή κατάλληλων εμπειριών που προάγουν την παραγωγική μοντελοποίηση παρά η διαδικασία της μοντελοποίησης αυτή καθ' αυτή (Barab et al. 2001, Gobert et al. 2011)

Το ερώτημα επομένως που προβάλει είναι, πώς και με ποιο τρόπο μπορούμε να αυξήσουμε τη κατανόηση των μαθητών για τη φύση και το σκοπό των μοντέλων μέσα από τη χρήση τους στη σχολική τάξη. Η αύξηση της επιστημολογικής ενημερότητας των μαθητών για τα μοντέλα, απαιτεί την ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων ρύθμισης της γνώσης όπως είναι αυτές της παρακολούθησης και αξιολόγησης των πρακτικών που υιοθετούν τη χρήση μοντέλων κατά τη διερευνητική διαδικασία (Schwarz & White 2005). Ο αναστοχασμός, ως διαδικασία αύξησης της μεταγνωστικής ενημερότητας έχει καταδειχθεί ότι μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα ακόμη και σε μαθητές δημοτικού (Davis 2003, Georgiades 2004). Έρευνες σε Έλληνες μαθητές στ' δημοτικού έχουν δείξει, ότι η επίδραση του αναστοχασμού κατά την επίλυση προβλημάτων με ηλεκτρικά κυκλώματα μπορεί βελτιώσει το νοητικά μοντέλα ερμηνείας τους και να οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή (Σούλιος & Ψύλλος, 2009). Επίσης, πολλοί ερευνητές έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους τα τελευταία χρόνια στο σχεδιασμό περιβαλλόντων μάθησης με τη χρήση Τ.Π.Ε. που στοχεύουν, τόσο στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών για φαινόμενα του φυσικού κόσμου, όσο και στην ανάπτυξη της ενημερότητάς τους για τη φύση και το σκοπό των μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης και διερεύνησης γενικότερα (Linn et al. 2003, Quintana et al. 2005).

Τα αποτελέσματα μιας πρόσφατης έρευνας με Έλληνες υποψήφιους δασκάλους έδειξε ότι η δημιουργία ενός πλαισίου υποστήριξης όπου, με κατάλληλη χρήση των Τ.Π.Ε., επιχειρείται η αύξηση της ενημερότητας για τα μοντέλα μπορεί να βελτιώσει τις επιστημολογικές αντιλήψεις τους για τα μοντέλα (Σούλιος & Ψύλλος, 2011). Η παρούσα εργασία υιοθετεί το σκεπτικό της παραπάνω έρευνας των Σούλιος και Ψύλλος (2011) και επιχειρεί να διευρύνει τις επιπτώσεις της στη διδασκαλία και μάθηση. Πιο συγκεκριμένα, μελετά τον τρόπο με τον οποίο, η δημιουργία ενός πλαισίου υποστήριξης που στοχεύει στην ανάπτυξη της μεταγνωστικής ενημερότητας υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα και τη διαδικασία μοντελοποίησης μπορεί να βελτιώσει ακόμη περισσότερο τις επιστημολογικές αντιλήψεις των μαθητών για τη φύση, λειτουργία και δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων και την εννοιολογική κατανόηση σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες των υλικών.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η Διδακτική Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ)

Μια διερευνητική διδακτική μαθησιακή σειρά σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες των υλικών διαμέσου μιας σταδιακά αναπτυσσόμενης ερευνητικής και αναπτυξιακής διαδικασίας (Meheut & Psillos 2004). Η συγκεκριμένη ΔΜΣ αρχικά, είχε αναπτυχθεί στα πλαίσια ενός Ευρωπαϊκού προγράμματος σχετικά με την επιστήμη των υλικών και περιελάμβανε ένα συνδυασμό

πραγματικών πειραμάτων και δραστηριοτήτων σε εργαστήριο υπολογιστών, στις οποίες ψηφιακές φωτογραφίες από τα πραγματικά πειράματα εισάγονταν στο περιβάλλον του λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας Cabrì Géomètre, όπου με τη χρήση του μοντέλου της γεωμετρικής οπτικής (οπτική ακτίνα) επιχειρείται η σύζευξη επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης (Testa et al. 2010).

Πίνακας 2: Η διαδικασία της βαθμιαίας γεφύρωσης μοντέλου και πραγματικότητας

	Στάδια	Προτεινόμενες δραστηριότητες	Επιδιωκόμενα αποτελέσματα	Παραδείγματα προτροπών για αναστοχασμό
1.	Εισαγωγή του μοντέλου	Χρήση ενός flash applet για την ερμηνεία ενός απλού φαινομένου (π.χ. πώς βλέπουμε).	Να διακρίνουν ότι τα μοντέλα συνιστούν μια αφαίρεση της πραγματικότητας για την επίτευξη ενός στόχου	Με ποιο τρόπο αναπαριστάται το φως στην προσομοίωση; Αυτό αποτελεί ένα μοντέλο για το πώς διαδίδεται το φως στα ομοιογενή υλικά. Αν μπορούσες να δεις πώς είναι η πραγματικότητα, θα έβλεπες το ίδιο πράγμα; Ναι ή όχι; Γιατί;
2.	Έλεγχος του μοντέλου	Χρήση του μοντέλου για την ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων κατά τον πειραματισμό.	Να κατανοήσουν την ανάγκη ελέγχου των μοντέλων και βελτίωσή τους όταν νέα πειραματικά δεδομένα έρχονται στο φως.	Μπορείς να εξηγήσεις με τη βοήθεια του μοντέλου πώς διαδίδεται το φως μέσα στις οπτικές ίνες; Ναι ή όχι; Γιατί; Αν η πρόβλεψή σου δεν συμφωνεί με τα αποτελέσματα του πειράματος, πώς εξηγείς τις διαφορές που διαπίστωσες; Σε τι σε βοήθησε το μοντέλο της οπτικής ακτίνας; Σε τι δεν μπόρεσε να σε βοηθήσει ;
3.	Επέκταση του μοντέλου	Περιγραφή και μαθηματικοποίηση των ιδιοτήτων των οπτικών ινών στο Cabrì Géomètre.	Να διευρύνουν την ερμηνευτική και προβλεπτική χρήση των μοντέλων σε πιο σύνθετα φαινόμενα.	Μπορείς να σχεδιάσεις ένα μοντέλο για το πώς λειτουργεί μια οπτική ίνα; Χρησιμοποιήσαμε μοντέλα… Τι είναι τελικά η οπτική ακτίνα και γιατί τη χρησιμοποιούμε; Μπορείς να σημειώσεις σε ποιές περιπτώσεις μας βοήθησε και με ποιο τρόπο; Σε ποιες όχι;

Κύρια μεθοδολογική και διδακτική παρέμβαση, κατά την πρώτη εφαρμογή της ΔΜΣ σε Έλληνες υποψήφιους δασκάλους, αποτέλεσε η εισαγωγή της βαθμιαίας γεφύρωσης ανάμεσα στη πραγματικότητα και το μοντέλο, η οποία επιχειρείται μέσα από τρία διαδοχικά στάδια, κατά την εξερευνητική χρήση του μοντέλου της οπτικής ακτίνας για την περιγραφή, ερμηνεία και πρόβλεψη των φαινομένων του φωτός που σχετίζονται με τις οπτικές ιδιότητες των υλικών (βλ. Σούλιος & Ψύλλος, 2011). Η διαδικασία αυτή, εκλαμβάνεται ως άρρητη διαδικασία μοντελοποίησης, η οποία έχει ως στόχο την αύξηση της ενημερότητας των μαθητών για τη φύση και το σκοπό των επιστημονικών μοντέλων χωρίς καμιά άμεση ή ρητή αναφορά σε αυτά. Με στόχο την περεταίρω αύξηση της ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση, τη λειτουργία και δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων, η ΔΜΣ επανασχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε εκ νέου σε μια νέα ομάδα υποψηφίων δασκάλων. Η αναθεωρημένη ΔΜΣ περιελάμβανε προτροπές για αναστοχασμό κατά τη διάρκεια των τριών σταδίων μοντελοποίησης (βλ. Πίνακα 1). Ακόμη περισσότερο, οι υποψήφιοι δάσκαλοι αμέσως μετά την πραγματοποίηση των πραγματικών πειραμάτων και των δραστηριοτήτων στο περιβάλλον του Cabrì Géomètre έπρεπε να συμπληρώσουν ένα ημερολόγιο απαντώντας στις ερωτήσεις: *Ποιο*

ήταν το αρχικό πρόβλημα που αντιμετώπισες σήμερα στο εργαστήριο; Τι ενέργειες έκανες για να το αντιμετωπίσεις; Γιατί έκανες αυτές τις ενέργειες;

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν δυο διαφορετικές ομάδες υποψηφίων δασκάλων, πρωτοετών σπουδαστών της Ειδικής Παιδαγωγικής Ακαδημίας Θεσσαλονίκης (Ε.Π.Α.Θ.). Την αρχική εφαρμογή παρακολούθησαν 16 πρωτοετείς σπουδαστές και σπουδάστριες, οι οποίοι αποτέλεσαν την πρώτη πειραματική ομάδα (ΠΟ1) και την αναθεωρημένη έκδοση αυτής 22 πρωτοετείς σπουδαστές και σπουδάστριες της επόμενης ακαδημαϊκής χρονιάς, οι οποίοι αποτέλεσαν την δεύτερη πειραματική ομάδα (ΠΟ2). Οι συγκεκριμένοι υποψήφιοι δάσκαλοι είναι δίγλωσσοι και αρκετοί τρίγλωσσοι και προορίζονται να διδάξουν σε σχολεία της Θράκης, στα οποία η ελληνική αντιμετωπίζεται ως δεύτερη ξένη γλώσσα και εργάστηκαν με παρόμοιο τρόπο σε ομάδες, ακολουθώντας φύλλα εργασίας. Ο ρόλος του δασκάλου, ο οποίος και στις δυο εφαρμογές ήταν ο ίδιος υπεύθυνος δάσκαλος του μαθήματος περιορίστηκε στην παροχή οδηγιών και διευκρινήσεων σχετικά με αυτά.

Οι ημι-δομημένες συνεντεύξεις

Όλοι οι υποψήφιοι δάσκαλοι κλήθηκαν να εκφράσουν τις απόψεις τους, πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, μέσω κατάλληλων προτροπών στα πλαίσια ημι-δομημένης συνέντευξης σχετικά με τη:

- Φύση του μοντέλου: π.χ. *Τι πιστεύεις ότι είναι ένα επιστημονικό μοντέλο; Τι αναπαριστά; Πρέπει ένα επιστημονικό μοντέλο να αναπαριστά την πραγματικότητα με όσο το δυνατό περισσότερη ακρίβεια; Γιατί;*
- Λειτουργία του μοντέλου: π.χ. *Ποιος είναι ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου; Σε τι μπορεί να χρησιμεύσει;*
- Αλλαγή του μοντέλου: π.χ. *Είναι δυνατόν ένα επιστημονικό μοντέλο να αλλάξει; Γιατί; Μπορεί να υπάρξουν δυο διαφορετικά επιστημονικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Γιατί;*

Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν, καταγράφηκαν σε πρωτόκολλα και ακολούθησε ποιοτική ανάλυση των λεκτικών αναφορών ως προς ένα 3/βάθμιο σύστημα κωδικοποίησης το οποίο έχει παρουσιαστεί αναλυτικά σε προηγούμενη έρευνα (βλ. Πετρίδου & Ψύλλος, 2008; Σούλιος & Ψύλλος 2011).

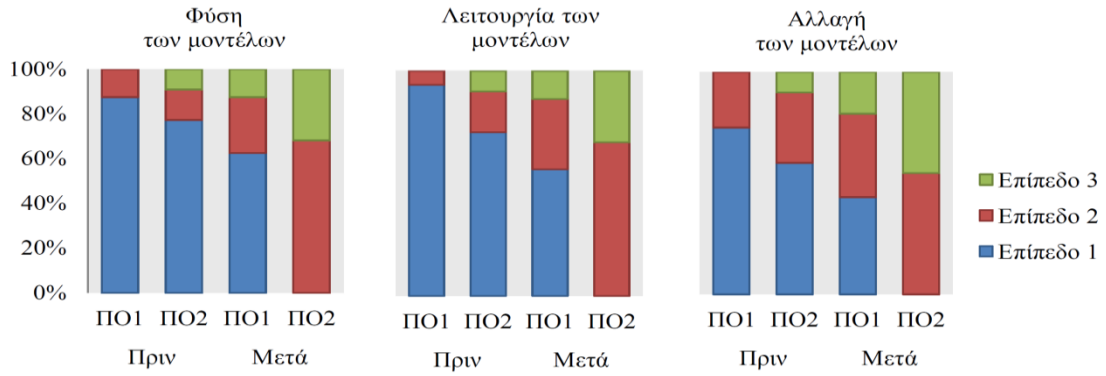
Έργα – Μετρήσεις

Η εννοιολογική κατανόηση των υποψηφίων δασκάλων για τα οπτικά φαινόμενα σχετικά με τις ιδιότητες των οπτικών ινών διαπιστώθηκε από 6 έργα, τα οποία δόθηκαν πριν και μετά τη ΔΜΣ. Στα έργα αυτά οι υποψήφιοι δάσκαλοι έπρεπε: (i) να απαντήσουν στο ερώτημα, αν είναι δυνατόν να δουν στο απόλυτο σκοτάδι και να αιτιολογήσουν την άποψή τους, (ii) να επιλέξουν το σχήμα που κατά την άποψή τους περιγράφει το πώς βλέπουμε ανάμεσα από 4 σχήματα που παραπέμπουν σε αντίστοιχες ερμηνείες και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους, (iii) να παρατηρήσουν μια εικόνα που αναπαριστά ευθύγραμμες δέσμες φωτός να προβάλλουν ανάμεσα από σύννεφα και να αιτιολογήσουν γιατί συμβαίνει αυτό, (iv) να εξηγήσουν γιατί υπάρχει φυσικό (από τον ήλιο) φως μέσα στην αίθουσα, (v) να επιλέξουν ποια αντικείμενα από αυτά που βρίσκονται μπροστά από ένα καθρέπτη θα μπορέσει να δει ένα παρατηρητής που βρίσκεται στο πλάι και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους και (vi) να επιλέξουν τη σωστή απάντηση ανάμεσα σε άλλες για το θα συμβεί αν μια δέσμη φωτός πέσει πάνω σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Τα έργα αυτά αποτελούσαν έργα που έχουν δοθεί κατά καιρούς σε διάφορες έρευνες, με στόχο τη διαπίστωση της εννοιολογικής κατανόησης μαθητών αλλά και υποψηφίων δασκάλων σχετικά με τη φύση και τα φαινόμενα του φωτός. Αποφασίστηκε, όλα τα έργα να βαθμολογηθούν σύμφωνα με μια 4βαθμη ιεραρχική κλίμακα μέτρησης:

0 = Καμιά απολύτως ερμηνεία
1 = Απόλυτα διαισθητικές ή λάθος απαντήσεις
2 = Απαντήσεις που παραπέμπουν σε μεταβατικά διαισθητικά μοντέλα
3 = Απαντήσεις που είναι σύμφωνες με το επιστημονικό μοντέλο

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από την ανάλυση των πρωτοκόλλων των συνεντεύξεων προκύπτει ότι, πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ η συντριπτική πλειοψηφία των υποψηφίων δασκάλων και των δυο πειραματικών ομάδων υιοθετεί τη ρεαλιστική άποψη για τα μοντέλα, εκλαμβάνοντας τα μοντέλα ως πιστά αντίγραφα της πραγματικότητας, με στόχο την καλύτερη απεικόνιση του αντικειμένου και ότι δεν μπορούν να αλλάξουν (βλ. Σχήμα 1).



ΠΟ1=Πειραματική Ομάδα 1 (N=16) και ΠΟ2=Πειραματική Ομάδα 2 (N=22)

Σχήμα 1: Ποσοστά των επιστημολογικών αντιλήψεων για τα μοντέλα πριν και μετά τη ΔΜΣ.

Από το στατιστικό μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney σε ανεξάρτητα δείγματα που διενεργήθηκε, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τις επιστημολογικές αντιλήψεις πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες. Αντίθετα, μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις προκύπτουν για τις επιστημολογικές αντιλήψεις και για τις τρεις εκφάνσεις των μοντέλων, τόσο πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, όσο και ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες (βλ. Πίνακα 1).

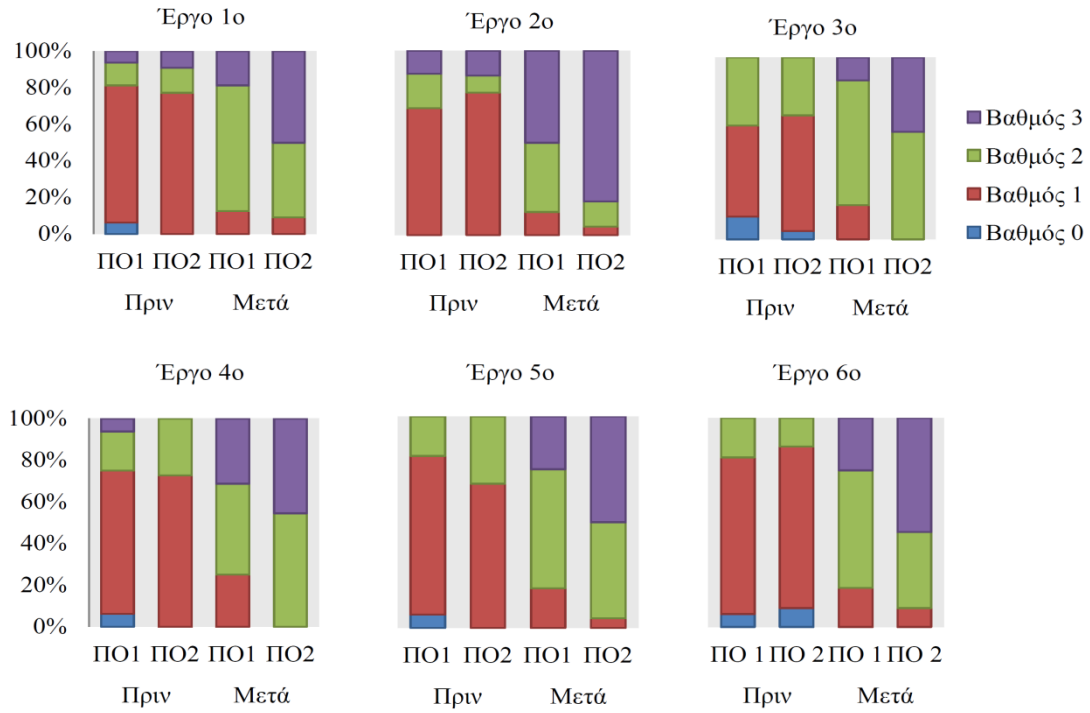
Πίνακας 1: Επιστημολογικές αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων

Wilcoxon signed rank test (συζευγμένα δείγματα)	Φύση των μοντέλων	Λειτουργία των μοντέλων	Αλλαγή των μοντέλων
Πειραματική ομάδα 1 (N=16)	**-2.33***	**-2.33***	**-2.53***
Πειραματική ομάδα 2 (N=22)	**-3.87****	**-3.76****	**-3.62****
Mann-Whitney U (ανεξάρτητα δείγματα)	**-3,65****	**-3,47****	**-3,13***

***p ≤ .05, **p≤ .001**

Οι υποψήφιοι δάσκαλοι και των δυο πειραματικών ομάδων βελτιώνουν το επίπεδο των επιστημολογικών τους αντιλήψεων και εμφανίζονται περισσότερο ενήμεροι για τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων μετά τη ΔΜΣ. Ακόμη περισσότερο, οι υποψήφιοι δάσκαλοι της δεύτερης πειραματικής ομάδας που παρακολούθησαν την αναθεωρημένη ΔΜΣ, κάτω από την επίδραση του αναστοχασμού, φαίνεται να βελτιώνουν ακόμη περισσότερο τις αντιλήψεις τους για τα μοντέλα και να διαφοροποιούνται σημαντικά από τους συναδέλφους τους της πρώτης πειραματικής ομάδας. Η επίδραση του αναστοχασμού φαίνεται να επιδρά θετικά στην αύξηση της ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση, λειτουργία και δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων.

Όσον αφορά την επίδοση των υποψήφιων δασκάλων στα έργα εννοιολογικής κατανόησης, πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ, οι περισσότεροι δάσκαλοι εκφράζουν απόλυτα διαισθητικές απόψεις σε όλα σχεδόν τα έργα (βλ. Σχήμα 2).



ΠΟ1=Πειραματική Ομάδα 1 (N=16) και ΠΟ2=Πειραματική Ομάδα 2 (N=22)

Σχήμα 2: Ποσοστά της επίδοσης των υποψηφίων δασκάλων στα έργα εννοιολογικής κατανόησης

Από το στατιστικό μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney σε ανεξάρτητα δείγματα που διενεργήθηκε και για την περίπτωση της εννοιολογικής κατανόησης, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, η επίδοση στα έργα εννοιολογικής κατανόησης και των δυο πειραματικών ομάδων βελτιώνεται σημαντικά (βλ. Πίνακα 2).

Πίνακας 3: Επίδοση στα έργα εννοιολογικής κατανόησης

Wilcoxon signed rank test (συζευγμένα δείγματα)	Έργο 1ο	Έργο 2ο	Έργο 3ο	Έργο 4ο	Έργο 5ο	Έργο 6ο
Πειραματική ομάδα 1 (N=16)	**-3.50****	**-3.22****	**-2.81***	**-2.92***	**-3.42****	**-3.22****
Πειραματική ομάδα 2 (N=22)	**-3.87****	**-3.88****	**-3.99***	**-3.96***	**-3.62****	**-4.02****
Mann-Whitney U (ανεξάρτητα δείγματα)	-1,75	**-2,03***	**-2,42***	-1,61	-1,79	-1,78

***p ≤ .05, **p≤ .001**

Στην περίπτωση αυτή όμως, η επίδραση του αναστοχασμού ως προς την εννοιολογική κατανόηση φαίνεται να περιορίζεται μόνο ως προς το 2ο και 3ο έργο. Οι υποψήφιοι δάσκαλοι που παρακολούθησαν την επανασχεδιασμένη ΔΜΣ, δίνουν περισσότερες επιστημονικές απαντήσεις σε σχέση με τους συναδέλφους τους ως προς το 2ο και το 3ο έργο, όπου η επίδραση του μοντέλου της οπτικής ακτίνας φαίνεται να είναι ισχυρότερη και φαίνεται να βελτιώνουν σημαντικά τη γνωστική τους επίδοση.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ενισχύουν την άποψη ότι και στις δυο μελέτες περίπτωσης η αύξηση της ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα, όπως επιχειρείται μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες μοντελοποίησης, είτε με άρρητο, είτε με περισσότερο ρητό τρόπο, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη και βαθύτερη επιστημολογική κατανόηση των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων. Η επίδραση του αναστοχασμού φαίνεται να επιδρά σημαντικά στη βελτίωση των επιστημολογικών αντιλήψεων για τα μοντέλα, πράγμα που σημαίνει ότι η ανάπτυξη της ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα μπορεί να επιχειρηθεί και να επιτευχθεί μέσα από την εξερευνητική διαδικασία μοντελοποίησης. Θεωρούμε ότι αυτά τα αποτελέσματα ενδυναμώνουν την άποψη, ότι παρέχοντας στους υποψήφιους δάσκαλους ένα υποστηρικτικό πλαίσιο για να διακρίνουν το μοντέλο από την πραγματικότητα, τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα, καθώς και τα δυνατά και αδύνατα σημεία του, αυτό φαίνεται να διευκολύνει την κατανόησή τους για καθοριστικές πλευρές των επιστημονικών μοντέλων. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με άλλες σχετικά πρόσφατες έρευνες που αφορούν τόσο υποψηφίους δασκάλους, όσο και μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Petridou et al. 2009, Σούλιος & Ψύλλος, 2011).

Τα δεδομένα της έρευνας συνηγορούν ως προς την πιθανότητα η διερευνητική διαδικασία μοντελοποίησης και στις δυο περιπτώσεις εφαρμογής της, να βοηθά τους υποψήφιους δασκάλους να επιτύχουν βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση. Ωστόσο, η επίδραση του αναστοχασμού ως προς την εννοιολογική κατανόηση παρουσιάζεται περιορισμένη και φαίνεται να εξαρτάται από το είδος των έργων που εξετάζονται. Στα έργα στα οποία το μοντέλο της οπτικής ακτίνας είναι εύκολο να εφαρμοστεί και εμφανίζεται με περισσότερο έκδηλο τρόπο, όπως στην περίπτωση της ερμηνείας του πώς βλέπουμε και της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, οι υποψήφιοι δάσκαλοι είναι πιθανόν να συνδέουν το επίπεδο των επιστημολογικών τους αντιλήψεων με την αύξηση της εννοιολογικής τους κατανόησης. Θα πρέπει, ωστόσο, να επισημανθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά στηρίζονται σε ένα σχετικά μικρό δείγμα υποψηφίων δασκάλων, οι οποίοι δεν είχαν συμμετάσχει στο παρελθόν σε παρόμοιες διαδικασίες διερεύνησης, ούτε είχε καμιά εμπειρία σχετικά με τη φύση και τον σκοπό των επιστημονικών μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης γενικότερα.

Τα συμπεράσματα αυτά μας επιτρέπουν να υποθέσουμε ότι, η ανάπτυξη μιας βασισμένης στα μοντέλα διερευνητικής διδακτικής μαθησιακής σειράς, η οποία ενσωματώνει πρακτικές αύξησης της μεταγνωστικής ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για φύση και το ρόλο των επιστημονικών μοντέλων, είναι δυνατόν να αυξήσει την εμπρόθετη και ενσυνείδητη εμπλοκή των μαθητών σε μια ποικιλία διερευνητικών έργων με σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα (Aiello–Nicosia & Sperandeo–Mineo 2000). Ακόμη περισσότερο, η χρήση ενός απλού και ευρέως χρησιμοποιούμενου επιστημονικού μοντέλου για την ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων, όπως ήταν στην περίπτωσή μας το μοντέλο της οπτικής ακτίνας, αξιοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρουν οι Τ.Π.Ε., μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της επιστημολογικής ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τα επιστημονικά μοντέλα.

Βιβλιογραφία

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. Science Education, 88(3), 397-419.

Aiello–Nicosia, M.L., & Sperandeo–Mineo, R.M. (2000). Educational reconstruction of physics content to be taught and of pre-service teacher training: A case study. International Journal of Science Education 22(10), 1085-1097.

Barab, S., Hay, K., Barnett, M., & Squire, K. (2001) Constructing virtual worlds: Tracing the historical development of learner practices. Cognition & Instruction, 19(1), 47-94.

Bliss, J., Osborn, J., Boohan, R., Brosnan, T., Mellar, H., & Sakonidis, B. (1999). Modeling with young students – Quantitative and qualitative. Journal of Computing in Higher Education, 10(2), 69-110.

Chinn, C.A., & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic reasoning in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86, 175-218.

Davis, E. (2003). Promoting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. The Journal of the Learning Sciences, 12(1), 91-141.

Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. International Journal of Science Education, 26(3), 365-383.

Gobert, J.D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B.C., Levy, S.T., & Wilensky, U. (2011). Examining the relationship between students' understanding of the nature of models and conceptual Learning in biology, physics, and chemistry. International Journal of Science Education, 33(5), 653-684.

Lijnse, P. (2006). Models of/for teaching modeling. In E. van den Berg, T. Ellermeijer, O. Slooten (eds), Modeling in Physics and Physics Education. Proceedings GIREP conference, University of Amsterdam, August 20-25.

Linn, M.C., Clark, D.B., & Slotta, J.D. (2003). WISE Design for Knowledge Integration (Special Issue). Science Education, 87, 517-538.

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education, 26(5), 515-535.

Petridou, E., Psillos, D., Hatzikraniotis, E. & Viiri, J. (2009). Design and development of a microscopic model for polarization. Physics Education, 44(6), 589-598.

Quintana, C., Zhang, M., & Krajcik, J. (2005). A framework for supporting metacognitive aspects of online inquiry through software-based scaffolding. Educational Psychologist, 40(4), 235-244.

Schwartz, R.S., & Lederman, N. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. International Journal of Science Education, 30(6), 721-771.

Schwarz, C.V. (2009). Developing Preservice Elementary Teachers' Knowledge and Practices Through Modeling-Centered Scientific Inquiry. Science Education, 93, 720-744.

Schwarz, C.V., & White, B. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition and Instruction, 23(2), 165-205.

Sins, P.H.M., Savelsbergh, E.R., van Joolingen, W.R., van Hout-Wolters, B.H.A. (2009). The relation between students' epistemological understanding of computer models and their cognitive processing on a modeling task. International Journal of Science Education, 31(9), 1205-1229.

Testa, I., Lombardi, S., Monroy, G. & Sassi, E. (2011). An innovative context-based module to introduce students to the optical properties of materials. Physics Education 46(2), 167-177.

Treagust, D.F., Chittleborough, G., & Mamiala, L.T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. International Journal of Science Education, 24(4), 357-368.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. Science Education, 92(5), 941-967.

Σούλιος, Ι., Ψύλλος, Δ. (2009). Ο ρόλος του αναστοχασμού στην ανάπτυξη αιτιολογικών συλλογισμών και μεταγνωστικής ενημερότητας κατά την επίλυση προβλημάτων φυσικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, Α. Ζουπίδη (επιμ.) «*Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών*» (σελ. 779-786). Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση.

Σούλιος, Ι., Ψύλλος, Δ. (2011). Διερευνώντας τις οπτικές ιδιότητες των υλικών: Η επίδραση μιας διαδικασίας διερευνητικής μοντελοποίησης στις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα. Στο Γ. Παπαγεωργίου & Γ. Κουντουριώτη (επιμ.), Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες (σελ. 878-886). Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου

Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Αλεξανδρούπολη, 15-17 Απριλίου 2011.

Στρατηγικές επιχειρηματολογίας των μαθητών κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης σε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που εμπεριέχουν κίνδυνο

Ελένη Μπενιάτα, Βασίλης Τσελφές, Μαρία Τσάπαλη
ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ, eleni_beniata@yahoo.gr
ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ, tselfesv@ecd.uoa.gr
ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ, mariatsapali@hotmail.com

Στην εργασία παρουσιάζεται μια ποιοτική μελέτη για τα συλλογιστικά μοντέλα των μαθητών κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης σε ένα κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα (ΚΕΖ) που εμπεριέχει κίνδυνο. Η μελέτη εστιάζει στις στρατηγικές επιχειρηματολογίας που ακολουθούν οι μαθητές όταν καλούνται να αιτιολογήσουν την απόφασή τους εξετάζοντας την αλληλεπίδραση μεταξύ της γνώσης και των προσωπικών τους αξιών. Τα επιχειρήματα των μαθητών στις ατομικές τους τοποθετήσεις και στις συζητήσεις των ομάδων αναλύθηκαν με το μοντέλο Toulmin όσον αφορά τη χρήση της σχετικής γνώσης. Το ίδιο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε με μια διαφορετική οπτική για τη διερεύνηση της επίδρασης των προσωπικών αξιών και αντιλήψεων των μαθητών. Αναδείχθηκαν πέντε διαφορετικές στρατηγικές επιχειρηματολογίας, ενώ για την κάθε στρατηγική προσδιορίζεται η κρίσιμη γνώση και η αποφασιστική αξία που καθοδηγεί την απόφαση. Τα αποτελέσματα παραπέμπουν σε χρήσιμα συμπεράσματα για την ενσωμάτωση των ΚΕΖ στα Προγράμματα Σπουδών και τις παιδαγωγικές πρακτικές που υποστηρίζουν την επιχειρηματολογία κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης.

Abstract

This paper reports a qualitative study of the syllogistic models of students when it comes to their decision making on a socio-scientific issue (KEZ) that involves risk. The study focuses on argumentation's reasoning patterns that students follow when they are asked to justify their decision, considering the interplay between knowledge and personal values. Students' arguments within individual placements and discussions in groups were analyzed using Toulmin model concerning the relevant knowledge. The same model was used in a different perspective to investigate the influence of students' personal values and beliefs. Five different argumentation's reasoning patterns emerged , while the critical knowledge and the determined value that guides the decision for each strategy is defined. The results refer to useful conclusions concerning the incorporation of KEZ in curricula and pedagogical practices that support reasoning on decision making.

Εισαγωγή

Θεωρείται ευρέως αποδεκτό ότι η σύγχρονη προοπτική του επιστημονικού γραμματισμού στην εκπαίδευση συνδέεται στενά με τη δυνατότητα να λαμβάνονται υπεύθυνες και στοχαστικές αποφάσεις για τα ΚΕΖ, (AAAS 2001b, Jenkins 2002, Kolsto 2008). Χαρακτηριστικό των ΚΕΖ είναι ότι εμπεριέχουν συχνά διαφωνία γύρω από το επιστημονικό θέμα της ύπαρξης ή του μεγέθους του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον. Σε τέτοια ζητήματα ο μαθητής (και αυριανός πολίτης), έρχεται αντιμέτωπος με δύο κύριες ερωτήσεις: πρώτα την ηθική –κοινωνική ερώτηση σχετικά με ποια επιλογή να ακολουθήσει. Δεύτερον, τη σχετική με την επιλογή της κατάλληλης επιστημονικής γνώσης, στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η κρίση των αμφισβητούμενων επιστημονικών ισχυρισμών για τις συνέπειες της κάθε επιλογής, (Kolsto 2006). Το πλαίσιο μιας τέτοιας απόφασης χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα για την έκβαση της κάθε επιλογής, εφόσον, όχι μόνο δεν υπάρχει μια σωστή απάντηση που μπορεί να δοθεί, σύμφωνα με τα πρότυπα της επίσημης λογικής, αλλά συχνά υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις των ειδικών για το ίδιο θέμα. Το ρίσκο, επιπλέον, που εμπεριέχεται σε τέτοιου είδους θέματα και ο κίνδυνος που μπορεί να συνεπάγεται για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον είναι ένας παράγοντας που λειτουργεί ως εμπόδιο δημιουργώντας συνθήκες αβεβαιότητας και γνωστικής

δυσαρμονίας. Στις περιπτώσεις αυτές ενεργοποιούνται αμυντικοί μηχανισμοί αποκατάστασης που επηρεάζουν καθοριστικά και με διαφορετικό τρόπο τις αποφάσεις των ανθρώπων (Δημητρόπουλος 2003).

Έχουν υπάρξει διάφορες μελέτες στην περιοχή των ΚΕΖ, οι περισσότερες από τις οποίες εστιάζουν στη χρήση της επιστημονικής γνώσης και την ποιότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών, (Sadler & Donnelly 2007, Zeidler et al. 2005, Zohar & Nemet 2002). Άλλες πάλι εξετάζουν το βαθμό επίδρασης των αξιών στις αποφάσεις τους ή διαφορετικά τους λόγους πίσω από τις επιλογές, χρησιμοποιώντας όμως για τα σκοπό αυτό πειραματικά δομημένα προβλήματα, (Sadler & Zeidler 2004, Sadler 2004, Zeidler et al.). Η παρούσα έρευνα θεωρώντας ότι οι αποφάσεις στα ηθικά/ πολιτικά ζητήματα είναι βασισμένες σε επιχειρήματα που περιλαμβάνουν και τις πληροφορίες και τις αξίες εντάσσεται σε αυτή την παράδοση και αντιπροσωπεύει μια εναλλακτική λύση. Με βάση το παραπάνω σκεπτικό το ζητούμενο δεν είναι να απαντηθεί το ερώτημα αν η γνώση είναι απαραίτητη για ζητήματα που εμπεριέχουν πολιτικές τοποθετήσεις και αποφάσεις, αλλά ποιο είδος γνώσης επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικοί άνθρωποι με διαφορετικές αξίες. Η προσέγγιση αυτή σημαίνει ότι οι ηθικές εκτιμήσεις έχουν βαρύνουσα σημασία στη λήψη απόφασης και επομένως η μελέτη του τρόπου που η γνώση αλληλεπιδρά με τις αξίες είναι σημαντική.

Η λήψη απόφασης στα ΚΕΖ

Στα ΚΕΖ, λόγω της φύσης τους, δεν υπάρχει διαδικασία λήψης απόφασης που να μπορεί από μόνη της να θεωρηθεί ως η καθολικά καταλληλότερη: αφενός τα δεδομένα, εξαιτίας της διαφωνίας των ειδικών, δε βασίζονται σε σταθερές μεταβλητές, με την έννοια ότι δεν έχουν την ίδια ακριβώς σημασία και αξία για τους διαφορετικούς λήπτες. Αφετέρου, σε πολλές από αυτές τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα είναι δυνατό να φανούν μετά από πολλά χρόνια, άρα η έκβαση της απόφασης ως κριτήριο της ορθότητάς της δεν μπορεί να υπολογιστεί. Μάλιστα είναι δυνατό μια έκβαση βραχυπρόθεσμα να θεωρηθεί χρήσιμη ή ωφέλιμη, άρα μια απόφαση να κριθεί ως «σωστή» και μακροπρόθεσμα να αποδειχθεί το αντίθετο. Ωστόσο, αν και κάθε άτομο παίρνει τις αποφάσεις με προσωπικό τρόπο, η λήψη «καλών» αποφάσεων, προϋποθέτει μια γνωστική διεργασία, η οποία για να είναι αποδεκτή πρέπει να εκπληροί δύο βασικές προϋποθέσεις, που διασφαλίζουν ότι δε συνιστά μια τυχαία ή αυθόρμητη συμπεριφορά, (Δημητρόπουλος 2003): α) *να εξασφαλίζει αποτελεσματικό συνδυασμό μεταξύ του «γνωστικού» και «συναισθηματικού» στοιχείου* και β) *να είναι αποτέλεσμα μιας καλά οργανωμένης διαδικασίας της οποίας ο λειτουργός να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή συνείδηση και έλεγχο*. Εν προκειμένω, η λήψη απόφασης στα ΚΕΖ είναι πολύπλοκη διαδικασία, που απαιτεί συστημική σκέψη (O'Connor & McDermott, 1997). Προσομοιάζει με τη γνωστική λειτουργία της επίλυσης προβλήματος, (Κωσταρίδου-Ευκλείδη 1997,) ωστόσο, διαφέρει, καθώς μεγάλο μέρος δεδομένων, εμπίπτει στην υποκειμενική αξιολόγηση του λήπτη της απόφασης.

Η προσπάθεια για την ανάδειξη των στρατηγικών που ακολουθούν οι μαθητές κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης εστιάζει στα επιχειρήματα των μαθητών, τα οποία αξιολογούνται αρχικά ως προς τα 3 επίπεδα (συνιστά τη γνωστική διαδικασία). Παράλληλα, προσδιορίζεται ποιο επιχείρημα αποδεικνύεται κρίσιμο για την απόφαση του κάθε μαθητή (συναισθηματικό στοιχείο). Συγκεκριμένα, τα επιχειρήματα των μαθητών αναλύονται με τη σειρά που περιγράφεται στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Αν οι μαθητές κάνουν χρήση της σχετικής γνώσης. (ερώτημα που αντιστοιχεί στο α΄ επίπεδο συστημικής σκέψης)
2. Είναι η λήψη απόφασης αποτέλεσμα λογικών συλλογισμών, δηλαδή, συνδέεται η απόφαση με τα δεδομένα και τις αιτιολογήσεις που τα συνοδεύουν μέσα από μια αλληλουχία λογικών αιτιωδών σχέσεων; (β΄ επίπεδο συστημικής σκέψης)
3. Είναι επίσης η λήψη απόφασης αποτέλεσμα συνυπολογισμού των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της κάθε επιλογής; Με άλλα λόγια πώς διαμορφώνεται η σχέση κέρδους-

ζημιάς-ρίσκου και η κατανόηση του αναπόφευκτου των «παράπλευρων απωλειών»: τα σκέφτονται όλα και σε σχέση μεταξύ τους; (γ΄ επίπεδο συστημικής σκέψης)

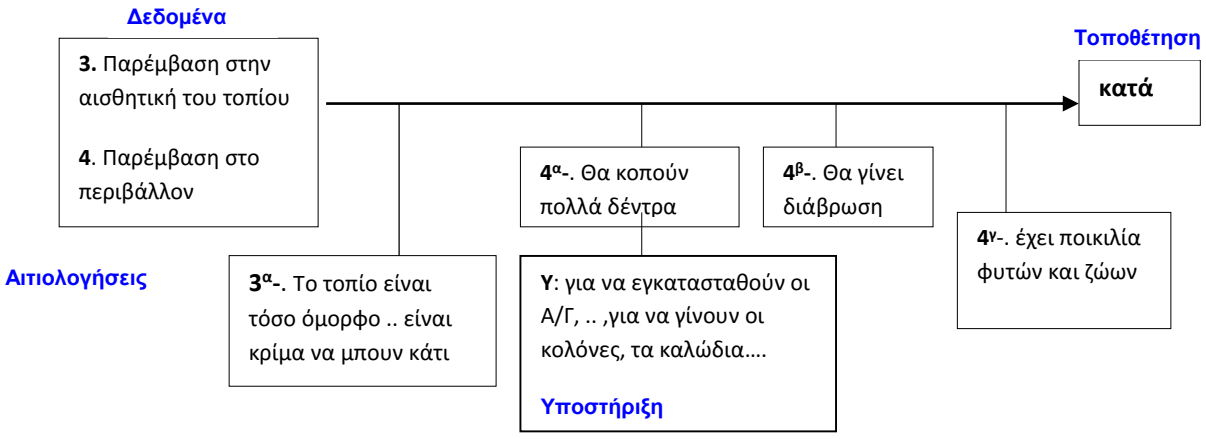
4. Τέλος, αν και σε ποιο βαθμό οι προσωπικές στάσεις και αξίες, καθοδηγούν την απόφαση και πώς αλληλεπιδρούν με τη γνώση κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης;

Ερευνητικό σχέδιο και παραδειγματική εφαρμογή των εργαλείων ανάλυσης

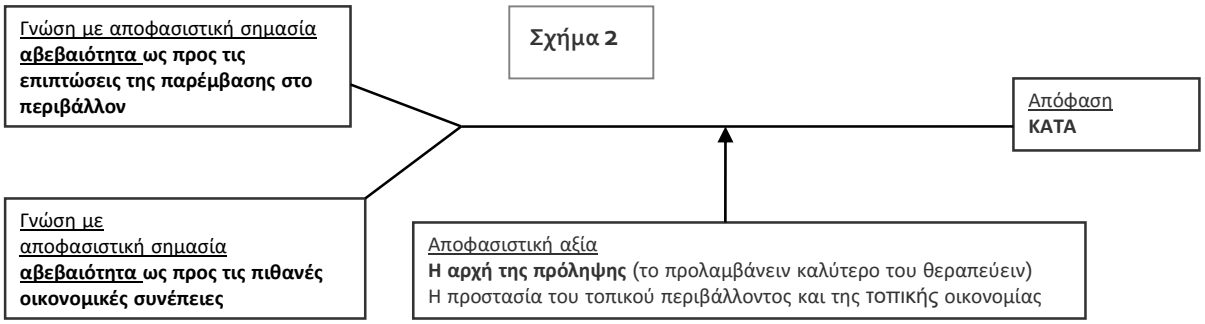
Από όλους τους μαθητές της ΣΤ΄ τάξης που παρακολούθησαν τη διδακτική παρέμβαση, διάρκειας 30 περίπου ωρών, στα δύο συνεχή έτη της έρευνας, επιλέχθηκαν 4 μαθητές για την πιλοτική και 12 για την κύρια εφαρμογή. Μετά τη λήξη της παρέμβασης κάθε μαθητής ξεχωριστά έδωσε ατομική συνέντευξη, όπου κατέθεσε και αιτιολόγησε την προσωπική του άποψη. Στη συνέχεια σχηματίστηκαν οι ομάδες (1 ομάδα στην πιλοτική και 3 ομάδες στην κύρια εφαρμογή) με στόχο η κάθε ομάδα να συζητήσει το θέμα και να καταλήξουν σε μια κοινή απόφαση,. Το απομαγνητοφωνημένο υλικό από τις συνεντεύξεις και τις συζητήσεις στην ομάδα, (Erduran et al, 2004, Sampson & Clark 2009)αναλύθηκε με τη μεθοδολογία της ποιοτικής έρευνας κάνοντας χρήση του μοντέλου Toulmin, (1958) μέσα από δύο οπτικές: ως προς την ***κανονιστική του εκδοχή***, όπου εξετάζεται η ικανότητα των μαθητών να κατασκευάζουν επιχειρήματα με ολοκληρωμένη μορφή, σε αντιστοιχία με τα 3 επίπεδα συστημικής σκέψης. Στην παρούσα εργασία (σχήμα 1), χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μορφή του μοντέλου Toulmin, (σύντομα TAP), όπου θεωρούμε ότι ένα επιχείρημα περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στοιχεία: α) **τον ισχυρισμό / τοποθέτηση**, που εκφράζει τη δημόσια θέση του ομιλητή για ένα θέμα (υπέρ/ κατά/ αδυναμία τοποθέτησης κλπ), β) **τα στοιχεία / δεδομένα**, δηλαδή οι λόγοι, τα συγκεκριμένα γεγονότα, πάνω στα οποία στηρίζεται ο συγκεκριμένος ισχυρισμός γ) **τις αιτιολογήσεις**/ το γιατί, που δικαιολογούν τη σύνδεση μεταξύ των στοιχείων και της τοποθέτησης και δ) **τις υποστηρίξεις**, δηλαδή τις συμπληρωματικές πληροφορίες που υποστηρίζουν τις αιτιολογήσεις.

Ακολουθεί η ενδεικτική ανάλυση της επιχειρηματολογίας μιας μαθήτριας με το μοντέλο Toulmin και κατόπιν ο τρόπος που η ανάλυση αυτή καταχωρείται στον πίνακα με τις ατομικές τοποθετήσεις (πίν. 1)

Σχήμα 1



Το μοντέλο Toulmin χρησιμοποιήθηκε και με την ***περιγραφική οπτική***, (τη συλλογιστική Kolstø), (Kolstø, 2006). Σύμφωνα με αυτή επιχειρούμε να εντοπίσουμε από τις αιτιολογήσεις των υποκειμένων το ποια προσωπική στάση /αξία καθοδηγεί την απόφαση (σχ. 2).



Για τις ανάγκες της έρευνας όλα οι σχετικές πληροφορίες για το θέμα κατηγοριοποιήθηκαν σε 5 ομάδες δεδομένων, όπως δείχνει η 1η κάθετη στήλη του πίνακα (πιν. 1 & 2) Κάθε μία από τις πέντε ομάδες δεδομένων συνοδεύεται από όλες τις πιθανές αιτιολογήσεις που αναπτύχθηκαν στη συζήτηση για τη συγκεκριμένη παράμετρο και τις οποίες αναμένεται να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές. Με τον τρόπο αυτό το υπό συζήτηση θέμα παίρνει τη μορφή προβλήματος με συγκεκριμένα δεδομένα. Στις «ρευστές» ή αμφισβητούμενες ομάδες δεδομένων (3η, 4η & 5η), η επιλογή των κατάλληλων αιτιολογήσεων είναι αυτή που τους δίνει αντίστοιχα θετικό ή αρνητικό πρόσημο. Η συγκεκριμένη κωδικοποίηση εκτός του ότι διευκολύνει την οργάνωση της διδακτικής διαδικασίας, αναδεικνύεται σε ένα ιδιαίτερα λειτουργικό εργαλείο ανάλυσης, ενώ ταυτόχρονα επιλύει πολλά από τα προβλήματα ανάλυσης επιχειρηματολογίας που καταγράφονται στη βιβλιογραφία, (Driver et al. 2000).

Η κόκκινη γραμμή «διαχωρίζει» τα 5 δεδομένα και κατ' επέκταση την οργάνωση των πληροφοριών, σε δυο σύνολα ανάμεσα στα οποία θα έπρεπε να προκύψει το ισοζύγιο θετικών και αρνητικών συνεπειών. Η συγκεκριμένη κωδικοποίηση του θέματος επιτρέπει τη μελέτη

		Δήψη απόφασης (ατομική)			
Δεδομένα	αιτιολογήσεις	M1 Υπέρ Γιώργος	M2 Κατά Ελένη	M3 Κατά Ελένη	M4 Υπέρ Βαγγέλης
1 Οι ΑΠΕ (αναμφισβήτητα) είναι φιλικές προς το περιβάλλον	1α+ 1β+	1α+	1α+	1α+ 1β+	1α+
2 (αναμφισβήτητα) Οικονομικά οφέλη από τις ΑΠΕ	2α+ 2β+ 2γ+ 2δ+	2β+ 2δ+			2β+ 2δ+
3 (Πιθανά) αισθητική υποβάθμιση	3α+- 3β+-	3α+-	3α-		3α-
4 (Πιθανά) αρνητικές συνέπειες στο ορεινό τοπίο	4α+ - 4β+ - 4γ+ - 4δ+ - 4ε+ -	4α- Υ 4β- Υ 4ε+	4α-	4α-	4α-
5 (Πιθανά) αρνητικές επιπτώσεις στους κατοίκους των ορεινών περιοχών	5α+ - 5β+ - 5γ+ - 5δ+ -			5δ -	

πιν 1 ΠΙΛΟΤΙΚΗ

		Δήψη απόφασης (ατομική)				
δομένα	αιτιολογήσεις	M1 Κατά Κλεοπάτρ	M2 Υπέρ Βασίλης	M3 Υπέρ Θεοδώρα	M4 Κατά Χάρης	Ομάδα Κατά
1 Οι ΑΠΕ (αναμφισβήτητα) ναι φιλικές προς το περιβάλλον	1α+ 1β+	0	0	0	0	0
2 (αναμφισβήτητα) Οικονομικά οφέλη από τις ΑΠΕ	2α+ 2β+ 2γ+ 2δ+	0	0	0	0	0
3 (Πιθανά) αισθητική υποβάθμιση	3α+-	3α-	3α+Υ	3α+	3α-	3α+-
Πιθανά) αρνητικές υνέπειες στο ορεινό τοπίο	4α+ - 4β+ - 4γ+ - 4δ+ - 4ε+ -	4α- Υ 4β- 4γ- 0	4α+Υ 0 4ε+Υ	4α+ 0	4α- Υ 0	4α+- 0
5 Πιθανά) αρνητικές επιπτώσεις στους κατοίκους των ορεινών περιοχών	5α+ - 5β+ - 5γ+ - 5δ+ -	0	5α+ 0	5α+ 5β+	0	5δ+-

πιν. 2 ΚΥΡΙΑ π

της ποιότητας επιχειρηματολογίας και ως προς τα 3 επίπεδα συστημικής σκέψης: αντιπαραβάλλοντας τις αιτιολογήσεις ενός μαθητή με την οριζόντια κατεύθυνση του πίνακα έχουμε τη δυνατότητα να συμπεράνουμε κατ' αρχάς αν η τοποθέτηση συνοδεύεται από τις ανάλογες αιτιολογήσεις συνδέοντας με λογικό τρόπο την απόφαση με τα δεδομένα, καθώς και τον αριθμό των αιτιολογήσεων που χρησιμοποιεί. Μπορούμε, με άλλα λόγια, να αποφανθούμε αν οι μαθητές είναι σε θέση να παράγουν λογικά επιχειρήματα κάνοντας χρήση της σχετικής γνώσης μέσα από γραμμικές αλληλουχίες αιτιωδών σχέσεων. Στη συνέχεια (η κάθετη κατεύθυνση του πίνακα) επιτρέπει να προσδιοριστεί αν οι πληροφορίες που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στις αιτιολογήσεις τους προέρχονται και από τις 5 ομάδες δεδομένων, συνεπώς, να αποφανθούμε αν η λήψη απόφασης είναι αποτέλεσμα συνυπολογισμού των θετικών με τις αρνητικές συνέπειες (γ΄επίπεδο συστημικής σκέψης).

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Μετά τη διδακτική παρέμβαση τόσο στην πιλοτική όσο και στην κύρια εφαρμογή φάνηκε ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν τις απαραίτητες πληροφορίες, και να κατασκευάζουν λογικά επιχειρήματα με ολοκληρωμένη δομή, κατέκτησαν, δηλαδή, σε ικανοποιητικό βαθμό το πρώτο και δεύτερο επίπεδο συστημικής σκέψης. Οι διαφοροποιήσεις στις 2 παρεμβάσεις εντοπίζονται στο γ΄ επίπεδο. Συγκεκριμένα, στην πιλοτική εφαρμογή, σε όλες τις ατομικές τοποθετήσεις, (πιν 1), οι αιτιολογήσεις προέρχονται από τη μια ομάδα δεδομένων, οι μαθητές επικεντρώθηκαν σχεδόν αποκλειστικά στα δεδομένα 3, 4 και 5, τα οποία αναφέρονται στις πιθανές αρνητικές συνέπειες για τον ορεινό όγκο και τους κατοίκους της περιοχής, εστίασαν με άλλα λόγια στο τοπικό πρόβλημα. Στη συζήτηση της ομάδας, αντίθετα βρέθηκε να κάνουν χρήση τουλάχιστον μία φορά μεμονωμένων πληροφοριών από το σύνολο των δεδομένων. Τα παραπάνω ευρήματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αδυναμία κατάκτησης του γ' επιπέδου δεν οφείλεται στην άγνοια των απαραίτητων πληροφοριών, αλλά, στην ελλιπή αναπαράσταση των δεδομένων που συνθέτουν το πρόβλημα και κυρίως, με δεδομένη την έλλειψη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας, στην αδυναμία οργάνωσης και διαχείρισης των πολύπλοκων δεδομένων, δύο περιορισμοί που στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως φαινόμενο της «*περιορισμένης Λογικότητας*», (Δημητρόπουλος 2003).

Εν κατακλείδι, και στα 3 μοντέλα αποδεικνύεται ότι με δεδομένο την αδυναμία οργάνωσης πληροφοριών από τη μια και αυξημένης αβεβαιότητας από την άλλη λόγω του κινδύνου, δημιουργούνται οι συνθήκες εκείνες που σχεδόν αναγκάζουν τους μαθητές να επικεντρωθούν επιλεκτικά σε κάποια κρίσιμα σημεία για να μειώσουν το στρες ή τη δυσαρμονία που αισθάνονται. Η ανάλυση έδειξε ότι και στις 3 στρατηγικές η επίδραση του υποκειμενικού παράγοντα ήταν καθοριστική. Μάλιστα όσο πιο έντονο το φαινόμενο της «*περιορισμένης Λογικότητας*» τόσο πιο ισχυρή η επίδραση των αξιών στη λήψη απόφασης.

Η τροποποίηση του παιδαγωγικού πλαισίου είχε σα στόχο την αντιμετώπιση συγκεκριμένων αδυναμιών που εντοπίστηκαν και κινήθηκε σε δυο άξονες: από τη μία μεριά ο έλεγχος της παιδαγωγικής διαχείρισης μετατοπίζεται στο διδάσκοντα ως προς την επιλογή του περιεχομένου, τον καθορισμό στόχων και δραστηριοτήτων, την αλληλουχία ενοτήτων, τα κριτήρια αξιολόγησης, κλπ, στοιχεία που συνάδουν με την έννοια της *ισχυρής περιχάραξης* κατά Bernstein (1991). Από την άλλη προσθήκη δραστηριοτήτων για συστηματική ενίσχυση των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης, (Μπενιάτα 2010).

Στην κύρια εφαρμογή αναδείχθηκαν 5 συνολικά στρατηγικές (πιν. 3). Οι δύο, αυτή της «*αδιαπραγμάτευτης αξίας*» και της «*πρόληψης*» συμπίπτουν ως προς την αποφασιστική γνώση και την αξία που καθοδηγεί την απόφαση με την πιλοτική, αποδεικνύοντας ότι οι δυο αυτές αξίες είναι για συγκεκριμένους λόγους και σταθερά ανθεκτικές στην εμφάνισή τους.

Οι σημαντικές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται στις υπόλοιπες τρεις στρατηγικές: το επιχείρημα του «*μικρού κινδύνου*», μόνο ονομαστικά συμπίπτει με την πιλοτική, εφόσον το

συμπέρασμα περί μικρού κινδύνου φαίνεται απόλυτα τεκμηριωμένο με τις αιτιολογήσεις που επικαλούνται, και όχι ένα «εύρημα», (όπως διαπιστώθηκε στην πιλοτική), προκειμένου να καλύψουν την αδυναμία εξέτασης όλων των εναλλακτικών λύσεων. Συνεπώς, φαίνεται εδώ με σχετική καθαρότητα ότι ο υποκειμενικός /διαισθητικός παράγοντας υποχώρησε υπέρ μιας περισσότερο συνειδητής διαδικασίας με ορθολογικά κριτήρια.

Στο «*ρεαλιστικό επιχείρημα*», οι δυο μαθήτριες χρησιμοποιούν ρητά γνώση και από τα δύο σύνολα δεδομένων. Χωρίς να αποφύγουν τη συζήτηση για τον κίνδυνο χαρακτηρίζουν ως κινδυνολογία όσα από τα λεγόμενα δε συνοδεύονται από τα απαραίτητα αποδεικτικά στοιχεία και αποδέχονται τις όποιες παράπλευρες απώλειες ως ένα αναπόφευκτο, αλλά αναγκαίο για τη περίπτωση κακό. Η απουσία ισχυρών στερεοτύπων και παγιωμένων προσωπικών αντιλήψεων από τη μια και η ευρεία βάση πληροφοριών που χρησιμοποίησαν επέτρεψε την δυναμική αξιολόγηση και ιεράρχηση των εναλλακτικών λύσεων και τελικά την επιλογή αυτής που εγγυάται τη μεγαλύτερη δυνατή ωφέλεια για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, (πιν. 3).

	ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ		ΓΝΩΣΗ ΜΕ ΑΠΟΦΑΣΙΣΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ		ΑΠΟΦΑΣΙΣΤΙΚΗ ΑΞΙΑ
	ΠΙΛΟΤΙΚΗ	**ΚΥΡΙΑ**	**ΠΙΛΟΤΙΚΗ**	**ΚΥΡΙΑ**	**ΠΙΛΟΤΙΚΗ- ΚΥΡΙΑ**
1	----------	**Το επιχείρημα** της υπεροχής του αποτελέσματος	----------	1. Ιεράρχηση του παράγοντα κινδύνου 2. Γνώση των διαφορετικών συνεπειών	---------- Η αρχή της **χρησιμότητας:** επιλέγω αυτό που συνεπάγεται μεγαλύτερη ωφέλεια για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.
2	----------	Το **ρεαλιστικό επιχείρημα**	----------	1. Γνώση των διαφορετικών συνεπειών 2. Διφορούμενη σχετική γνώση χωρίς αποδεικτικά στοιχεία	---------- Αποδεκτές οι παράπλευρες απώλειες στο πλαίσιο της αρχής «ουδέν καλόν αμιγές κακού»
3	**Το επιχείρημα** του «μικρού κινδύνου»	**Το επιχείρημα** του μικρού κινδύνου	1. Οι αντικρουόμενες απόψεις των ειδικών για το μέγεθος του κινδύνου 2. σχετικά χαμηλό ρίσκο, αντιμετωπίσιμες οι επιπτώσεις	1. Ο μικρός σχετικά κίνδυνος 2. Οικονομικές συνέπειες (ως ανταποδοτικά οφέλη)	Η αρχή της «διαισθητικής» ιεράρχησης του κινδύνου Η αρχή της ορθολογικής ιεράρχησης/αξιολόγησης του κινδύνου
4	**Το επιχείρημα** της πρόληψης	**Το επιχείρημα** της πρόληψης	1. το υψηλό ρίσκο λόγω του μη αναστρέψιμου των συνεπειών 2. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής/ οι συνέπειες για τους κατοίκους.	1. αβεβαιότητα ως προς τις επιπτώσεις της παρέμβασης στο περιβάλλον 2. αβεβαιότητα ως προς τις πιθανές οικονομικές συνέπειες	Η αρχή της πρόληψης Η αρχή της πρόληψης
5	Το επιχείρημα της **σταθερής αξίας** ή της αποφυγής του κινδύνου	Το επιχείρημα **της σταθερής αδιαπραγμάτευτης αξίας** ή της αποφυγής του κινδύνου	1. Η μοναδικότητα του τοπίου 2. το υψηλό ρίσκο λόγω του μη αναστρέψιμου των συνεπειών/ Ελλιπή τα προβλεπόμενα μέτρα ασφάλειας	1. Η μοναδικότητα του τοπίου 2. το υψηλό ρίσκο λόγω του μη αναστρέψιμου των συνεπειών/ Ελλιπή τα προβλεπόμενα μέτρα ασφάλειας	Η αρχή της αποφυγής του κινδύνου ή της αδιαπραγμάτευτης αξίας Η αρχή της αποφυγής του κινδύνου ή της αδιαπραγμάτευτης αξίας

Πίνακας 3 *:* κωδικοποίηση των στρατηγικών λήψης απόφασης στην πιλοτική & κύρια εφαρμογή

Τέλος, στο επιχείρημα της «υπεροχής του αποτελέσματος» η τοποθέτηση «υπέρ» των αιολικών πάρκων προκύπτει ως αποτέλεσμα ιεράρχησης ανάμεσα στον άμεσο κίνδυνο για το τοπικό δάσος και τον μακροπρόθεσμο κίνδυνο των συνεπειών από τη μόλυνση της ατμόσφαιρας δίνοντας έμφαση στα πλεονεκτήματα των αιολικών πάρκων. Με βάση τα ευρήματα προκύπτει ότι οι μαθητές συνειδητά επέλεξαν «τη λύση μεταξύ άλλων», που υπερείχε έχοντας ως κριτήριο τη μεγαλύτερη δυνατή ωφέλεια για τους ανθρώπους και το περιβάλλον. Η πολύ καλή βάση

πληροφοριών που διαθέτουν είχε ως συνέπεια να αυξηθεί το ειδικό βάρος της γνώσης για τις ωφέλειες των ΑΠ, με αποτέλεσμα να περιοριστεί η αβεβαιότητα και την επίδραση άγχους, που θα είχε ως συνέπεια να υπερισχύσει ο συναισθηματικός παράγοντας και να παρατηρηθούν τα συνήθη σφάλματα στη λήψη απόφασης. Κατά συνέπεια, επιτυγχάνουν έναν υψηλό βαθμό ισορροπίας ανάμεσα στο γνωστικό και συναισθηματικό στοιχείο.

Εν κατακλείδι, και στις 5 στρατηγικές της κύριας εφαρμογής οι μαθητές παράγουν ποιοτικότερα επιχειρήματα (και ως προς τα 3 επίπεδα), γεγονός που έχει θετική επίδραση στη διαδικασία λήψης απόφασης με την υποχώρηση του υποκειμενικού παράγοντα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας τα εμπειρικά ευρήματα καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

1. επαληθεύεται ότι στην πραγματικότητα δεν υπάρχει απόφαση «ελεύθερη» αξιών, ωστόσο αποδεικνύεται μια ισχυρή σύνδεση μεταξύ της γνώσης και του βαθμού επίδρασης των αξιών στη διαδικασία λήψη απόφασης. Από την εφαρμογή της πιλοτικής και κύριας παρέμβασης προκύπτουν οι απαραίτητες ενδείξεις ότι τα θετικά αποτελέσματα δεν σχετίζονται απλά με ένα σύνολο πληροφοριών γύρω από το υπό συζήτηση θέμα, το οποίο οι μαθητές έχουν ή δεν έχουν στη διάθεσή τους, αλλά κυρίως, με τον τρόπο που καθοδηγούνται να προσεγγίσουν αυτές τις πληροφορίες. Η κατάκτηση του γ' επιπέδου συστημικής σκέψης, που αποδεικνύεται παράγοντας «κλειδί» για τη διαμόρφωση «καλών» στρατηγικών λήψης απόφασης με κριτήρια που προσεγγίζουν το «επιστημονικό πρότυπο», σχετίζεται άμεσα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του πλαισίου παιδαγωγικής αλληλεπίδρασης.
2. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας & λήψης απόφασης αποτελεί προϊόν μάθησης & αποτέλεσμα ειδικά σχεδιασμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ενταγμένων στο κατάλληλο πλαίσιο παιδαγωγικής αλληλεπίδρασης (Μπενιάτα et al.2011).
3. Ο παράγοντας του κινδύνου αποδεικνύεται ισχυρή & αναπόσπαστη σταθερά για τη διαμόρφωση του παιδαγωγικού πλαισίου ΚΕΖ. Από τη μια αποτελεί εμπόδιο και πηγή σφαλμάτων στη λήψη απόφασης, που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διδακτική διαχείριση. Από την άλλη, επειδή τα θέματα στα οποία αναφέρονται τα ΚΕΖ ανήκουν στη λεγόμενη «συνοριακή» επιστήμη, όπου η επιστήμη δεν έχει σίγουρες & ασφαλείς απαντήσεις αποτελεί άριστη ευκαιρία για την ανάδειξη πτυχών από τη φύση της επιστήμης, εφόσον, διαισθητικά ή μη, οι μαθητές μέσα από την επαφή τους με ΚΕΖ αντιλαμβάνονται τον τρόπο που η επιστήμη αλληλεπιδρά με την κοινωνία και την τεχνολογία.
4. η συζήτηση στην ομάδα αποδεικνύεται αποτελεσματική πρακτική προς την κατεύθυνση ενίσχυσης της ικανότητας επιχειρηματολογίας και κατ' επέκταση τη λήψη αποφάσεων, καθώς διαμορφώνει περιβάλλον δυναμικής αξιολόγησης όλων των εναλλακτικών λύσεων. Οι μαθητές, προκειμένου να υπερασπίσουν τη θέση τους «αναγκάζονται» να πολυπλοκοποιήσουν τα επιχειρήματά τους επικαλούμενοι τις ανάλογες διαψεύσεις, (που θεωρούνται ισχυροί δείκτες ποιότητας επιχειρηματολογίας), (Erduran et al, 2004) ή προτείνοντας εναλλακτικές λύσεις. Ως εκ τούτου, η συζήτηση στην ομάδα προτείνεται ως αναπόσπαστο μεθοδολογικό εργαλείο κατά την εξέταση ΚΕΖ.
5. Ο εκπαιδευτικός, τέλος, αποδεικνύεται παράγοντας «κλειδί» σε αυτού του είδους τις διδακτικές εφαρμογές. Ο ρόλος του, εκτός από το σχεδιασμό και την καθοδήγηση της όλης διαδικασίας, περιλαμβάνει και τη γνώση για το θεωρητικό υπόβαθρο γύρω από την επιχειρηματολογία και λήψη αποφάσεων στα ΚΕΖ.

Βιβλιογραφία

Δημητρόπουλος, Ε., (2003). Αποφάσεις, Λήψη Αποφάσεων. Εκδόσεις Γρηγόρη.
Κωσταρίδου –Ευκλείδη, Α., (1997). Η Ψυχολογία της Σκέψης. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
Μπενιάτα, Ε., (2010). Επιστημονικός και Τεχνολογικός Γραμματισμός: Κατασκευή διδακτικών για τις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου με αντικείμενο Κοινωνικο –επιστημονικά θέματα και στόχο την καλλιέργεια δεξιοτήτων Επιχειρηματολογίας και Λήψης Απόφασης. Εκδόσεις Οιωνός.
Μπενιάτα, Ε., Τσελφές, Β., Τσάπαλη, Μ., (2011). Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα στο πλαίσιο του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού: αιολικά πάρκα στην ορεινή Φθιώτιδα. 7ο παν/νιο Συνέδριο Διδακτικής ΦΕ & ΝΤ στην Εκπαίδευση. Αλεξανδρούπολη.

AAAS, (2001). Atlas of science literacy. Washington, DC: Author.
Bernstein, B.(1991). Παιδαγωγικοί κώδικες και Κοινωνικός έλεγχος. (Εισαγωγή, μετάφραση, σημειώσεις Σολομών Ι). Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
Dillon, J. T. (1994). Using discussion in classrooms. Buckingham, UK: Open University Press.
Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, 84, 287 – 312.
Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. Science Education, 88, 915–933.
Jenkins, E. W., (2002). Linking school science education with action. In W.-M. Roth&J.D´esautels (Eds.), Science education as/for sociopolitical action (pp. 17–33). New York: Peter Lang.
Kolstø, S. D. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. Science & Education,17 (8-9) 977–997.
Kolstø, S., (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. International Journal of Science Education Vol. 28, No. 14, pp. 1689–1716
O'Connor, J. & McDermott, I. (1997). The art of systems thinking. San Francisco: Thorsons.
Sadler, T. D., & Donnelly, L. A., (2007). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. International Journal of Science Education, 28:12, 1463 – 1488.
Sampson, V. & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448-484
Sadler, T., (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. Journal of Research in Science Teaching, 41, 513 - 536.
Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2004a). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. Science Education, 88(1), 4– 27.
Toulmin, S. (1958). The uses of argument. Cambridge: Cambridge University Press.
Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. Science Education, 89, 357– 377.
Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. Journal of Research in Science Teaching, 39, 35–62.

Η Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες και η σχέση της με τις Πεποιθήσεις των παιδιών για το Νοητικό Κόσμο και τη Φύση της Επιστήμης

Νατάσσα Κυριακοπούλου και Στέλλα Βοσνιάδου
Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Νατάσσα Κυριακοπούλου ankyriak@phs.uoa.gr
Στέλλα Βοσνιάδου svosniad@phs.uoa.gr

Περίληψη

Υποστηρίζουμε ότι υπάρχουν κοινά γνωστικά στοιχεία στην ικανότητα των παιδιών να σκέφτονται για το νοητικό κόσμο (Θεωρία του Νου), στις επιστημικές τους πεποιθήσεις για τη φύση της γνώσης και τη διαδικασία του γιγνώσκειν (Προσωπική Επιστημολογία) και στην ικανότητά τους να στοχάζονται σε νοητικά μοντέλα του φυσικού κόσμου (Εννοιολογική Αλλαγή). Σε 46 μαθητές της πέμπτης δημοτικού δόθηκαν μετρήσεις της ικανότητας Θεωρίας του νου, του επιστημικού προφίλ και της ικανότητας συλλογισμού σε μοντέλα της παρατηρησιακής αστρονομίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ικανότητα Θεωρίας του νου και οι επιστημικές πεποιθήσεις των παιδιών σχετίζονταν σημαντικά με την ικανότητα συλλογισμού σε διαφορετικές αναπαραστάσεις της ίδιας εξωτερικής πραγματικότητας. Η ανάλυση παλινδρόμησης έδειξε ότι η Θεωρία του νου και οι επιστημικές πεποιθήσεις ήταν σημαντικοί προβλεπτικοί παράγοντες για την ικανότητα συλλογισμού σε διαφορετικές ερμηνείες του φυσικού κόσμου. Η συζήτηση θα επικεντρωθεί στη σπουδαιότητα οικοδόμησης της επιστημολογικής εκλέπτυνσης και της γνώσης περιεχομένου ως μέσο προώθησης της εννοιολογικής κατανόησης στην επιστήμη.

Abstract

We argue that common cognitive components underlie children's ability to think about the mental world (Theory of Mind), their epistemic beliefs about the nature of knowledge and the process of knowing (Personal Epistemology) and their ability to reason about mental models of the physical world (Conceptual change). Forty-six fifth graders were administered measures of theory of mind ability, epistemic stance, and reasoning in observational astronomy. The results showed that children's theory of mind ability and epistemic beliefs were significantly correlated with their ability to reason about different representations of the same external reality. Regression analysis showed that children's theory of mind and epistemic beliefs were strong predictors for the ability to reason on different interpretations of the physical world. The discussion will focus on the importance of building epistemological sophistication together with content knowledge as a means of promoting conceptual understanding in science.

Εισαγωγή

Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει τη δυσκολία των μικρών παιδιών να εναρμονίσουν τις αρχικές, διαισθητικές τους θεωρίες για το φυσικό κόσμο με τις επιστημονικά αποδεκτές εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων (Κυριακοπούλου & Βοσνιάδου, 2004. Kyriakopoulou & Vosniadou, 2004). Για παράδειγμα, τα παιδιά του δημοτικού σχολείου δυσκολεύονται να καταλάβουν π.χ. πώς ακριβώς το μοντέλο της γης-σφαίρας σχετίζεται με την φαινομενικά επίπεδη-γη πάνω στην οποία ζουν ή πώς η εναλλαγή της μέρας/νύχτας οφείλεται στην περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο και όχι στην κίνηση του ήλιου και την εξαφάνιση του πίσω από τα βουνά ή τα σύννεφα. Φαίνεται ότι τα μικρά παιδιά δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν και να αξιολογήσουν διαφορετικές αναπαραστάσεις που αναφέρονται σε μια ίδια κατάσταση στον κόσμο κάτι που πιθανό να τα εμποδίζει κατά τη διαδικασία απόκτησης γνώσης. Έτσι, δυσκολεύονται συνακόλουθα να αντιμετωπίσουν τις αναπαραστάσεις τους ως θεωρητικές οντότητες που μπορεί και να διαψευστούν ή και να αντικατασταθούν. Για μεγάλο χρονικό διάστημα λοιπόν, θεωρούν ότι υπάρχει μόνο μια «αλήθεια» των πραγμάτων. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών δείχνουν ότι

τα παιδιά δεν είναι ικανά εξ'αρχής να σχηματίζουν πολλαπλές ευέλικτες αναπαραστάσεις της ίδιας κατάστασης, αλλά η απόκτηση αυτής της ικανότητας φαίνεται να σχετίζεται με μεταγνωσιακές κατακτήσεις που βοηθούν το παιδί να κατανοήσει τη θεωρητική φύση των αναπαραστάσεών του και να ασκεί έλεγχο σε αυτές (Vosniadou & Kyriakopoulou, 2006, 2011. Κυριακοπούλου & Βοσνιάδου, 2008).

Στην παρούσα έρευνα θα υποστηρίξουμε ότι οι πρώτες ενδείξεις τέτοιων μεταγνωσιακών ικανοτήτων εντοπίζονται α) στην ικανότητα των μικρών παιδιών να στοχάζονται πάνω στις πεποιθήσεις τους και τις πεποιθήσεις των άλλων στο κοινωνικό πεδίο, αναφερόμαστε στη Θεωρία του Νου και β) στις πεποιθήσεις των παιδιών για τη φύση της γνώσης (βεβαιότητα και απλότητα γνώσης) και τη διαδικασία του γιγνώσκειν (πηγή και τεκμηρίωση γνώσης), αναφερόμαστε στην Προσωπική τους Επιστημολογία. Η Θεωρία του Νου ερευνά την ανάπτυξη της κατανόησης για τον νοητικό κόσμο και τις νοητικές καταστάσεις, και ειδικότερα μελετά το πώς τα παιδιά αποκτούν γνώση για το νου τους και το νου των άλλων (Flavell, 2004). Ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα γνωρίζουν τον κόσμο, τεκμηριώνουν, ερμηνεύουν και κατασκευάζουν τη γνώση αποτελεί το πεδίο έρευνας της Προσωπικής Επιστημολογίας (Burr & Hofer, 2002). Θα ισχυριστούμε ότι είναι πιθανό να υπάρχει μια κοινή δομή ανάμεσα στη Θεωρία του Νου, στην Προσωπική Επιστημολογία και στη Θεωρία του Φυσικού Κόσμου η οποία αναφέρεται στην αναδόμηση της ερμηνευτικής διαδικασίας της γνώσης. Κοινό στοιχείο και στα τρία πεδία θεωρούμε ότι είναι η ικανότητά μας να αποκτούμε επίγνωση των ομοιοτήτων και διαφορών ανάμεσα στις πεποιθήσεις μας και τις πεποιθήσεις των άλλων, η ικανότητά μας να αναγνωρίζουμε αυτές ως διαφορετικές οπτικές που κατασκευάζονται από κάθε υποκείμενο και η ικανότητά μας να κατανοούμε ότι αυτές οι οπτικές μπορεί να αλλάξουν την ερμηνεία των εμπειριών μας.

Με βάση το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο υποστηρίζουμε ότι η αρχική κατανόηση της ατομικής κατασκευής του νοήματος συντελείται στο χώρο της Θεωρίας του Νου και είναι πιθανό να συμβάλλει θετικά στη διαμόρφωση των επιστημικών πεποιθήσεων που διαμορφώνουν τα παιδιά. Υποθέτουμε δηλαδή μια πιθανή σχέση ανάμεσα στη Θεωρία του Νου και την Προσωπική Επιστημολογία. Πιο συγκεκριμένα αναμένουμε ότι θα υπάρχει υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στην ικανότητα απόδοσης νοητικών καταστάσεων (Θεωρία του Νου) και στις επιστημικές πεποιθήσεις των παιδιών για τη φύση της γνώσης και τη διαδικασία του γιγνώσκειν (Προσωπική Επιστημολογία), γιατί και στις δυο περιπτώσεις υποθέτουμε ότι υπάρχουν κοινές δομές όσον αφορά στην κατανόηση του κατασκευαστικού χαρακτήρα της γνώσης. Περιμένουμε επίσης ότι η επίδοση των παιδιών στις δοκιμασίες απόδοσης νοητικών καταστάσεων θα είναι καλύτερη από την επίδοσή τους σε δοκιμασίες διερεύνησης των επιστημικών τους πεποιθήσεων και αναμένουμε ότι οι μεταγνωσιακές αυτές κατακτήσεις στο χώρο της Θεωρίας του Νου θα συμβάλλουν θετικά στην επίδοση των παιδιών στις δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας.

Περαιτέρω θεωρούμε ότι η κατανόηση του κατασκευαστικού χαρακτήρα της γνώσης στα δυο πεδία, της Θεωρίας του Νου και της Προσωπικής Επιστημολογίας, θα προχωρά παράλληλα με την καλύτερη κατανόηση φαινομένων του φυσικού κόσμου και θα διευκολύνει τα παιδιά σε περιπτώσεις όπου πρέπει να σκεφτούν πάνω σε διαφορετικά μοντέλα του φυσικού κόσμου και να αναγνωρίσουν ότι υπάρχουν αλληλοσυγκρουόμενες συλλήψεις της πραγματικότητας. Υποθέτουμε δηλαδή μια πιθανή σχέση ανάμεσα στη Θεωρία του νου των παιδιών και την Προσωπική Επιστημολογία με την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης και την εννοιολογική αλλαγή (Θεωρία του Φυσικού Κόσμου). Αναμένουμε ότι τα παιδιά που θα έχουν αρχίσει να συντονίζουν υποκειμενικές και αντικειμενικές διαστάσεις της γνώσης και να αναγνωρίζουν ότι η γνώση κατασκευάζεται από το άτομο, είναι πιθανό να μπορούν καλύτερα να διακρίνουν και να κατανοούν αντιφατικές συλλήψεις της πραγματικότητας, αυτές που βασίζονται στη διαισθητική μας εμπειρία και αυτές που βασίζονται στις επιστημονικές εξηγήσεις.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Συμμετείχαν 46 μαθητές της Ε΄ τάξης ενός δημοτικού σχολείου των Αθηνών (μέσος όρος ηλικίας 10 έτη και 7 μήνες). Όλοι οι μαθητές ανήκαν σε ένα μέσο κοινωνικοοικονομικό επίπεδο.

Ερωτηματολόγια

Στους συμμετέχοντες δόθηκαν: α) δοκιμασίες που αφορούσαν στην απόδοση λανθασμένων πεποιθήσεων για φαινόμενα του κοινωνικού κόσμου (*Θεωρία του Νου*), β) δοκιμασίες για τη διερεύνηση των επιστημικών πεποιθήσεων (*Προσωπική Επιστημολογία*) και γ) δοκιμασίες για τη διερεύνηση των πεποιθήσεων για φαινόμενα του φυσικού κόσμου (*Θεωρία για το Φυσικό Κόσμο*). Οι δοκιμασίες δόθηκαν σε δυο συνεδρίες στα παιδιά και όχι πάντα με την ίδια σειρά.

Δοκιμασίες Θεωρίας του Νου

Στα υποκείμενα δόθηκαν: α) η δοκιμασία αναγνώρισης 2ης τάξης πεποίθησης (Parker, McDonald & Miller, 2007) και β) η δοκιμασία αναγνώρισης 3ης τάξης πεποίθησης («Double Bluff» από τα Strange Stories Tasks της Happe, 1994). Στη δοκιμασία αναγνώρισης 2ης τάξης πεποίθησης τα παιδιά ακούν μια ιστορία για δύο φίλους στο πάρκο, το Γιάννη και τη Μαρία. Η Μαρία θέλει να αγοράσει παγωτό μα μια και δεν έχει μαζί της λεφτά αποφασίζει να πάει σπίτι της και συμφωνεί με τον παγωτατζή να συναντηθούν το απόγευμα στο πάρκο για να αγοράσει παγωτό. Όταν φεύγει η Μαρία, ο Γιάννης βλέπει τον παγωτατζή που αποφασίζει να πάει στην εκκλησία για να βρει περισσότερη πελατεία. Πηγαίνοντας όμως προς την εκκλησία, ο παγωτατζής περνάει από το σπίτι της Μαρίας και την ενημερώνει για την αλλαγή τοποθεσίας. Ο Γιάννης όμως δεν το ξέρει αυτό. Τα παιδιά θα πρέπει να σκεφτούν για το τι σκέφτεται ο Γιάννης για τις σκέψεις της Μαρίας. Έτσι στην ερώτηση πεποίθησης «Πού θα πιστεύει ο Γιάννης ότι έχει πάει η Μαρία;» θα πρέπει να σκεφτούν με βάση τις αναπαραστάσεις του Γιάννη για το αρχικό νοητικό μοντέλο της Μαρίας (ότι ο παγωτατζής είναι στο πάρκο) και να απαντήσουν ότι ο Γιάννης θα νομίζει ότι η Μαρία θα βρίσκεται στο πάρκο, μια πεποίθηση που θεωρείται λανθασμένη αναφορικά με το αναθεωρημένο νοητικό μοντέλο της Μαρίας όπου ο παγωτατζής βρίσκεται πια στην εκκλησία. Στη δοκιμασία 3ης τάξης τα παιδιά ακούν ότι ένας στρατιώτης είναι αιχμάλωτος και του ζητείται να αποκαλύψει στους εχθρούς πού βρίσκονται τα άρματα του στρατού του. Τα άρματα βρίσκονται πραγματικά στα βουνά. Όταν οι εχθροί τον ρωτούν πού βρίσκονται τα άρματα, αυτός απαντά: «Βρίσκονται στα βουνά». Στη δοκιμασία αυτή οι μαθητές πρέπει να σκεφτούν το κίνητρο του στρατιώτη να εξαπατήσει τους εχθρούς και στην ερώτηση πεποίθησης «Πού θα κοιτάξει ο στρατός για τα άρματα;» να απαντήσουν ότι οι εχθροί θα κοιτάξουν στην παραλία επειδή θα νομίζουν ότι θα τους λέει ψέματα, ενώ τα άρματα βρίσκονται όντως στο βουνό.

Δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας

Στα υποκείμενα δόθηκαν δυο δοκιμασίες, προκειμένου να διερευνηθούν οι επιστημικές τους πεποιθήσεις.

α) *Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης* (Kuhn, Cheney & Weinstock, 2000). Οι μαθητές έπρεπε να κρίνουν 15 ζεύγη διαφορετικών ισχυρισμών σε πέντε διαφορετικά πεδία: α) κρίσεων προσωπικού γούστου, β) κρίσεων αισθητικής, γ) κρίσεων αξιών, δ) κρίσεων αλήθειας για τον κοινωνικό κόσμο και ε) τον φυσικό κόσμο.. Για παράδειγμα στο πεδίο του κοινωνικού κόσμου τα παιδιά άκουσαν τις ακόλουθες δυο διαφορετικές απόψεις α) «Ο Γιάννης έχει μια άποψη για το γιατί οι εγκληματίες ξαναγυρίζουν στο έγκλημα» και β) «Ο Χρήστος έχει μια διαφορετική άποψη για το γιατί οι εγκληματίες ξαναγυρίζουν στο έγκλημα». Στη συνέχεια καλούνταν να αποφασίσουν αν μόνο μια από τις δυο απόψεις που άκουγαν κάθε φορά ήταν σωστή ή αν και οι δυο ήταν σωστές και σε αυτή την περίπτωση αν η μια ήταν πιο σωστή από την άλλη.

β) *Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης* (Carey et al., 1989). Οι μαθητές ρωτήθηκαν σχετικά με τους στόχους της επιστήμης, τις πειραματικές διαδικασίες και τη φύση των υποθέσεων και θεωριών. Για παράδειγμα, στους μαθητές γίνονταν ερωτήσεις για το τι ακριβώς κάνουν οι

επιστήμονες, τι είναι ένα πείραμα και μια υπόθεση, πώς η θεωρία ενός επιστήμονα επηρεάζει τις υποθέσεις του, αν αλλάζουν οι επιστημονικές ιδέες, αν μπορεί να κάνει λάθος ένας επιστήμονας.

Δοκιμασία Θεωρίας για το Φυσικό Κόσμο

Στα υποκείμενα παρουσιάζονταν δυο εικόνες-μοντέλα για κάθε φαινόμενο της Παρατηρησιακής Αστρονομίας. Έργο των συμμετεχόντων ήταν να κάνουν τη διάκριση ανάμεσα στα δυο μοντέλα-αναπαραστάσεις του ίδιου φαινομένου, αυτού που αντιστοιχούσε στη διαισθητική μας εμπειρία (πώς φαίνεται κάτι) και αυτού που αντιστοιχούσε στην επιστημονική εξήγηση (πώς είναι πραγματικά) και να τεκμηριώσουν την απάντησή τους. Για παράδειγμα το παιδί έβλεπε ένα μοντέλο επίπεδης γης και ένα μοντέλο σφαίρας γης. Η πειραματίστρια έλεγε στο συμμετέχοντα: «Κοίτα τις δυο εικόνες που ακολουθούν. Μπορείς να μου πεις τι δείχνει κάθε εικόνα; Τι δείχνει η πρώτη εικόνα; Τι δείχνει η δεύτερη εικόνα;» Αν το παιδί απαντούσε ότι και στις δυο εικόνες φαίνεται η γη προχωρούσαμε στην επόμενη ερώτηση «Γιατί οι δυο εικόνες δείχνουν τη γη τόσο διαφορετική; Γιατί οι δυο εικόνες είναι διαφορετικές; Μπορείς να μου πεις ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στις δυο αυτές εικόνες;». Αν το παιδί έκανε αναφορά σε Εμφάνιση και Πραγματικότητα το ρωτούσαμε «Πώς δικαιολογείς το ότι η γη φαίνεται επίπεδη, ενώ δεχόμαστε το ότι είναι σφαιρική;». Αν το παιδί δεν μπορούσε να κάνει αυτή τη διάκριση κάναμε τις δυο ερωτήσεις για διάκριση εμφάνισης-πραγματικότητας: «Τι σχήμα φαίνεται να έχει η γη τώρα που την κοιτάς με τα μάτια σου; Τι σχήμα έχει στην πραγματικότητα η γη; Μπορείς να μου εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;».

Διαδικασία

Κάθε παιδί εξετάστηκε ατομικά. Η ατομική συνέντευξη περιλάμβανε τις παραπάνω δοκιμασίες και χωρίστηκε σε δυο μέρη. Ο χρόνος που χρειαζόταν για να ολοκληρωθεί κάθε συνεδρία κυμαινόταν ανάμεσα στα 40-45 λεπτά.

Αποτελέσματα

Η πρώτη υπόθεσή μας ήταν ότι θα υπάρχει υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στην ικανότητα των παιδιών να αποδίδουν νοητικές καταστάσεις στον εαυτό τους και τους άλλους (Θεωρία του Νου), στις επιστημικές τους πεποιθήσεις για τη φύση της γνώσης και τη διαδικασία του γιγνώσκειν (Προσωπική Επιστημολογία) και στη Θεωρία τους για το Φυσικό Κόσμο, γιατί σε όλες τις περιπτώσεις υποθέτουμε ότι υπάρχουν κοινές δομές στην κατανόηση του κατασκευαστικού χαρακτήρα της γνώσης.

Ο δείκτης συσχέτισης Spearman rho έδειξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση των παιδιών στη Θεωρία του Νου και στην επίδοσή τους στις δυο δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας ($rs=0.434$, $n=46$, $p<0.01$). Τα παιδιά που είτε δεν αναγνωρίζουν τη λανθασμένη πεποίθηση του ήρωα της ιστορίας αναφορικά με την τρέχουσα πραγματική κατάσταση του κόσμου ή την αναγνωρίζουν αρχικά χωρίς όμως να μπορούν να αναφερθούν σε αυτή με βάση νοητικές οντότητες έχουν αρχίσει να σκέφτονται με έναν πλουραλιστικό τρόπο σκέψης, αλλά ένας αριθμός τους εξακολουθεί να πιστεύει στη μια και μοναδική αλήθεια. Τα παιδιά όμως που αναγνωρίζουν τις λανθασμένες πεποιθήσεις 2^{ης} και 3^{ης} τάξης και τεκμηριώνουν σωστά τις επιλογές τους έχουν αρχίσει να θέτουν και κάποια αξιολογικά κριτήρια και να εκφράζουν λίγο πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις για την επιστήμη, αν και είναι ακόμη αρχικού επιπέδου.

Ο δείκτης συσχέτισης Spearman rho έδειξε επίσης στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση των παιδιών στη Θεωρία του Νου και στην επίδοσή τους στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου ($rs=0.542$, $n=46$, $p<0.01$). Οι μαθητές που αποτυγχάνουν να αποδώσουν λανθασμένες πεποιθήσεις στους άλλους ή αναγνωρίζουν τη λανθασμένη πεποίθηση 2^{ης} τάξης αλλά δεν μπορούν ακόμη να τεκμηριώσουν βάση νοητικών οντοτήτων, δυσκολεύονται να συλλογιστούν πάνω σε εναλλακτικά μοντέλα φαινομένων του φυσικού κόσμου και να λάβουν υπόψη τους διαφορετικές συλλήψεις μιας ίδιας κατάστασης στον κόσμο. Φαίνεται να έχουν

επιλύσει το οντολογικό πρόβλημα, αλλά όχι το επιστημολογικό. Αντιθέτως κάποιοι από τους μαθητές που μπορούν να αποδώσουν λανθασμένες πεποιθήσεις στους άλλους και να τεκμηριώσουν σωστά, έχουν αρχίσει να διακρίνουν ανάμεσα στα μοντέλα που σχετίζονται με τη διαισθητική μας εμπειρία και στα μοντέλα που σχετίζονται με τις επιστημονικές εξηγήσεις και κάποιοι μπορούν και να τεκμηριώσουν αυτή τη διάκριση με επιστημονικούς όρους.

Ο δείκτης συσχέτισης Spearman rho έδειξε επίσης στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση των παιδιών στις δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας και στην επίδοσή τους στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου (r_s =0.498, n=46, p<0.01). Τα παιδιά που πιστεύουν στον απόλυτο χαρακτήρα της γνώσης, δυσκολεύονται να διακρίνουν ανάμεσα στις εναλλακτικές αναπαραστάσεις του ίδιου φυσικού φαινόμενου, έχουν δηλαδή αρχίσει να επιλύουν το οντολογικό πρόβλημα, αλλά όχι το επιστημολογικό. Τα περισσότερα από τα παιδιά που έχουν αρχίσει να αναγνωρίζουν τον πλουραλιστικό χαρακτήρα της γνώσης πιστεύοντας όμως ακόμη στην απόλυτη αλήθεια έχουν την ίδια δυσκολία, όμως κάποια αρχίζουν να διακρίνουν ανάμεσα στην εμφάνιση και την πραγματικότητα και να τεκμηριώνουν πιο σωστά τις επιλογές τους. Αρχίζουν δηλαδή να επιλύουν και το επιστημολογικό πρόβλημα. Τέλος τα περισσότερα από τα παιδιά που έχουν αρχίσει να εισάγουν αξιολογικά κριτήρια και έχουν πιο εκλεπτυσμένες αρχικές πεποιθήσεις για την επιστήμη διακρίνουν ανάμεσα στα εναλλακτικά μοντέλα των φυσικών φαινομένων και μπορούν και να τεκμηριώσουν καλύτερα τη σκέψη τους.

Υποθέταμε επίσης ότι η αναγνώριση των διαφορετικών πεποιθήσεων και η κατανόηση ότι καθένας κατασκευάζει το προσωπικό του νόημα που συντελείται αρχικά στο πεδίο Θεωρίας του Νου θα επηρέαζε τις επιστημικές πεποιθήσεις των παιδιών (Προσωπική Επιστημολογία) και θα οδηγούσε σε καλύτερη κατανόηση του αβέβαιου χαρακτήρα της γνώσης. Υποθέταμε περαιτέρω ότι η ανάπτυξη αυτής της κατανόησης θα διευκόλυνε την κατανόηση φαινομένων του φυσικού κόσμου όπου το παιδί θα έπρεπε να σκεφτεί πάνω σε αντιφατικές συλλήψεις της πραγματικότητας και να διακρίνει ανάμεσα στη διαισθητική του εμπειρία και στις επιστημονικές εξηγήσεις.

Προκειμένου να μελετήσουμε τις σχέσεις ανάμεσα και στα τρία πεδία, της Θεωρίας του Νου, της Προσωπικής Επιστημολογίας και της Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου πραγματοποιήσαμε μια ιεραρχική παλινδρόμηση με την επίδοση των μαθητών στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού κόσμου ως εξαρτημένη μεταβλητή, εισήχθη πρώτα στην εξίσωση η μεταβλητή μέση επίδοση των μαθητών και στις δυο δοκιμασίες Θεωρίας του Νου 2ης και 3ης τάξης και σε ένα δεύτερο στάδιο οι μεταβλητές επίδοση των μαθητών στη δοκιμασία Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης και επίδοση των μαθητών στη Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης χωριστά μια και τα δυο αυτά εργαλεία μας παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες για το επιστημικό προφίλ των μαθητών.

Η παλινδρόμηση αυτή υπήρξε στατιστικά σημαντική και στα δυο βήματα ($F(1,45)$= 14.726, p≤0.001 και ($F(2,45)$= 11.300, p≤0.001 αντίστοιχα). Στο Βήμα 1, η Θεωρία του Νου συνεισφέρει σημαντικά στην πρόβλεψη της επίδοσης στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού κόσμου (Adjusted R square=.234; Beta=.501, p≤0.001). Στο Βήμα 2 η εισαγωγή των μεταβλητών Επίδοση στο Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης και Επίδοση στη Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης αύξησε την πρόβλεψη της επίδοσης (Adjusted R square =.314). Στο δεύτερο αυτό βήμα τη μεγαλύτερη συνεισφορά την έχει η Θεωρία του Νου οποία είναι υπεύθυνη για το 38.5% της διακύμανσης και ακολουθεί η Επίδοση στη Συνέντευξη για την Επιστήμη που είναι υπεύθυνη για το 32.7% της διακύμανσης. Η επίδοση στο Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης δεν φαίνεται να συνεισφέρει σημαντικά (Beta=.216, NS).

Η ικανότητα Θεωρίας του Νου και οι πεποιθήσεις των μαθητών για τη φύση της επιστήμης ειδικότερα φάνηκαν να αποτελούν σημαντικούς προβλεπτικούς παράγοντες για την ικανότητα των παιδιών να επιλύουν το επιστημολογικό πρόβλημα και να σκέφτονται πάνω σε πολλαπλές αναπαραστάσεις των ίδιων φυσικών φαινομένων στον κόσμο. Οι γενικότερες επιστημικές πεποιθήσεις των παιδιών όπως αναδύονται μέσα από το Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης δεν αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικό προβλεπτικό παράγοντα πιθανότατα γιατί οι περισσότεροι

μαθητές βρίσκονται σε ένα ίδιο επιστημικό επίπεδο σκέψης όπου επικρατεί το πλουραλιστικό στοιχείο.

Τέλος, προκειμένου να ερμηνεύσουμε τις φαινομενικές σχέσεις ανάμεσα στα τρία πεδία, της Θεωρίας του Νου, της Προσωπικής Επιστημολογίας και της Θεωρίας για το Φυσικό Κόσμο, και να διερευνήσουμε τις διαστάσεις που σχετίζονται με την επίδοση των μαθητών στις αντίστοιχες δοκιμασίες, πραγματοποιήσαμε παραγοντική ανάλυση με τη μέθοδο ανάλυσης κυρίων συνιστωσών. Η αρχική ανάλυση ανέδειξε έναν μόνο παράγοντα με ιδιοτιμή>1. Ο παράγοντας αυτός εξηγεί το 64% της συνολικής διακύμανσης της επίδοσης. Η μεταβλητή που έχει μεγαλύτερη επιβάρυνση στον παράγοντα αυτό είναι η επίδοση στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου (0.815), ακολουθεί η επίδοση στις δοκιμασίες Θεωρίας του Νου (0.809) και τέλος η επίδοση στις δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας (0.776). Ο παράγοντας αυτός θεωρούμε ότι αναφέρεται στην «μετα-αναπαραστασιακή ικανότητα», στην ικανότητά μας δηλαδή να συνδέουμε νοητικά μια αναπαράσταση με αυτό που αρχικά αναπαριστά βάση μιας κατάστασης στον κόσμο. Μια τέτοια αναπαραστασιακή ικανότητα είναι απαραίτητη προκειμένου να αναγνωρίσουμε εναλλακτικές ερμηνείες και να κατανοήσουμε την αβέβαιη φύση της γνώσης. Η ικανότητα αυτή απαιτείται προκειμένου να μπορούμε να «κινούμαστε» ανάμεσα στο υποκείμενο που κατασκευάζει τη γνώση και στη γνώση που ως αντικειμενική οντότητα τοποθετείται στην εξωτερική πραγματικότητα, αναφέρεται σε κριτήρια και αποδείξεις και τη γνωρίζουμε με βεβαιότητα.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούν με την υπόθεση ότι οι πρώτες μεταγνωσιακές επιτεύξεις των παιδιών προς την αναγνώριση της ατομικής κατασκευής του νοήματος που συντελούνται αρχικά στο πεδίο της Θεωρίας του Νου και αργότερα στο πεδίο της Προσωπικής Επιστημολογίας σχετίζονται σημαντικά μεταξύ τους καθώς και με τις πεποιθήσεις των παιδιών για διάφορα φαινόμενα του φυσικού κόσμου.

Οι μαθητές έδειξαν μια καλύτερη επίδοση στις δοκιμασίες Θεωρίας του Νου σε σχέση με τις δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας κάτι που υποδεικνύει ότι έχουν αρχίσει να στοχάζονται πάνω στις πεποιθήσεις τις δικές τους και των άλλων. Η αρχική κατανόηση του κατασκευαστικού χαρακτήρα της γνώσης βάσει των διαφορετικών ερμηνειών που αποδίδει καθένας στον κόσμο μας έχει συντελεστεί στο πεδίο της Θεωρίας του Νου και συμπίπτει με την κατανόηση της λανθασμένης πεποίθησης. Στα πλαίσια αυτής της Θεωρίας για το Νου τα παιδιά αρχίζουν να αντιλαμβάνονται την ιδιαίτερα πολύπλοκη δυναμική και τους πολύπλοκους τρόπους αλληλεπίδρασης ανάμεσα στην αντικειμενική «πραγματικότητα» και τον εσωτερικό κόσμο του ατόμου «γνώστη». Υπό αυτή την έννοια η κατανόηση των διαφορετικών ερμηνειών μιας ίδιας κατάστασης στον κόσμο, των διαφορετικών ισχυρισμών γνώσης που μπορεί να προκύψουν μέσω της έκθεσης σε διαφορετικές πλευρές γνώσης, του ρόλου που διαδραματίζουν οι πηγές γνώσης για τον καθένα μας, είναι τα πρώτα μεταγνωσιακά βήματα που κάνει το παιδί προς τη θεώρηση της γνώσης ως ένα ατομικό κατασκεύασμα (Κυριακοπούλου & Βοσνιάδου, 2011).

Υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση των παιδιών στις δοκιμασίες Θεωρίας του Νου και στην επίδοσή τους στις δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας η οποία συμφωνεί με την υπόθεσή μας. Τα παιδιά που αναγνωρίζουν τη λανθασμένη πεποίθηση έχουν αρχίσει να σκέφτονται για τον πλουραλιστικό χαρακτήρα της γνώσης και να αναγνωρίζουν την ύπαρξη πολλών και διαφορετικών ισχυρισμών, αν και δυσκολεύονται ακόμη να στοχαστούν πάνω σε αυτούς τους διαφορετικούς ισχυρισμούς. Είναι πιθανό αυτή η αναδιοργάνωση των αρχικών πεποιθήσεων των παιδιών για τη φύση της γνώσης που συντελείται στο πεδίο της Θεωρίας του Νου να διευκολύνει τα παιδιά προς την κατανόηση της αβέβαιης και μη απόλυτης γνώσης που δεν βασίζεται στην απλή παρατήρηση του εξωτερικού κόσμου αλλά κατασκευάζεται από την ανθρώπινη σκέψη στο πεδίο της Προσωπικής Επιστημολογίας.

Η αρχή της διαδικασίας συντονισμού ανάμεσα στην αντικειμενική διάσταση της γνώσης και στον υποκειμενικό της χαρακτήρα, όπου η πηγή της γνώσης επανατοποθετείται στο υποκείμενο

που μαθαίνει, είναι πιθανό να βρίσκεται στις πρώτες κατακτήσεις των παιδιών στο πεδίο της Θεωρίας του Νου (Kuhn et al., 2000). Αυτές οι πρώτες κατακτήσεις βοηθούν τα παιδιά να συντονίσουν τις θεωρίες τους με τα εμπειρικά δεδομένα και να διακρίνουν ανάμεσα σε αυτές τις δυο οντότητες. Έτσι, μπορούν να κατανοήσουν ότι οι ισχυρισμοί μας για τον κόσμο μπορεί να μην βασίζονται σε όσα παρατηρούμε και είναι δυνατό να ελεγχθούν, να διαψευστούν και να αναθεωρηθούν μια και είναι προϊόντα του νου μας και όχι απλές αντιγραφές του κόσμου μας.

Στατιστικά σημαντική συσχέτιση φάνηκε επίσης ανάμεσα στην επίδοση των παιδιών στις δοκιμασίες Θεωρίας του Νου και Προσωπικής Επιστημολογίας και στη δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου η οποία είναι σύμφωνη με την υπόθεσή μας. Αρκετοί από τους μαθητές που στο πεδίο της Θεωρίας του Νου αποδίδουν λανθασμένες πεποιθήσεις στους άλλους και τεκμηριώνουν και τις απαντήσεις τους με βάση νοητικές οντότητες μπορούν και να κατανοούν τις διαφορές ανάμεσα στην εμφάνιση και την πραγματικότητα. Τα παιδιά που δεν αναγνωρίζουν τις λανθασμένες πεποιθήσεις ή οι τεκμηριώσεις τους βασίζονται σε φυσικές οντότητες φαίνεται ότι δεν έχουν επιλύσει ακόμη το επιστημολογικό πρόβλημα και δεν κατανοούν τις διαφορές ανάμεσα στα διάφορα εναλλακτικά μοντέλα. Αντίστοιχη δυσκολία παρουσιάζουν και τα παιδιά που πιστεύουν ακόμη στην απόκτηση της απόλυτης αλήθειας στο πεδίο της Προσωπικής Επιστημολογίας και δυσκολεύονται να θέσουν αξιολογικά κριτήρια.

Τα αποτελέσματα δείχνουν να στηρίζουν και τη δεύτερη υπόθεσή μας, ότι δηλαδή τα παιδιά που κατανοούν την ατομική κατασκευή του νοήματος και αναγνωρίζουν τα πολλαπλά επίπεδα κατανόησης του κόσμου μας θα μπορούν πιο εύκολα να αναγνωρίσουν και εναλλακτικές οπτικές της πραγματικότητας, αυτές που βασίζονται στη διαισθητική εμπειρία και αυτές που συνάδουν με την επιστημονική εξήγηση και γνώση.

Τα ευρήματα από την ιεραρχική ανάλυση παλινδρόμησης έδειξαν ότι η ικανότητα απόδοσης πεποιθήσεων 2^{ης} και 3^{ης} τάξης στο πεδίο της Θεωρίας του Νου και οι επιστημικές πεποιθήσεις των μαθητών για τη φύση της γνώσης αποτελούν σημαντικούς προβλεπτικούς παράγοντες για την ικανότητα στοχασμού πάνω σε εναλλακτικά μοντέλα. Τα παιδιά που δείχνουν μια καλή επίδοση στις δυο δοκιμασίες Θεωρίας του Νου και έχουν πιο εκλεπτυσμένες επιστημικές απόψεις έχουν την τάση να επιλύουν το επιστημολογικό πρόβλημα και να διακρίνουν ανάμεσα στην εμφάνιση και την πραγματικότητα.

Η παρούσα έρευνα δείχνει ότι υπάρχει λόγος να πιστεύουμε στην ύπαρξη μιας κοινής δομής ανάμεσα στη Θεωρία του Νου, την Προσωπική Επιστημολογία και τη Θεωρία για το Φυσικό Κόσμο, η οποία αναφέρεται στη συνεχή αναθεώρηση της διαδικασίας απόκτησης γνώσης. Υποθέτουμε ότι αυτή η κοινή δομή είναι πιθανό να επιτρέπει στο υποκείμενο να μεταβεί σε πολλαπλές αναπαραστάσεις των ίδιων φαινομένων στον κόσμο και να κατανοήσει τη φύση της γνώσης η οποία αναπτύσσεται σε διάφορα επίπεδα και γίνεται σταδιακά πιο αβέβαιη και εξαρτημένη από το πλαίσιο.

Εντούτοις, η έρευνα αυτή υπόκειται σε κάποιους περιορισμούς μια και δεν αποτελεί μια αναπτυξιακή έρευνα και το δείγμα της είναι αρκετά μικρό. Μας παρέχει όμως μια αρχική εικόνα τόσο για το επιστημικό προφίλ των μαθητών του δημοτικού σχολείου, όσο και για την επίδραση της Θεωρίας για το Νου και των επιστημικών πεποιθήσεων τους στην ανάπτυξη της επιστημονικής τους σκέψης. Περαιτέρω, αν οι μηχανισμοί ανάπτυξης ανάμεσα στα τρία πεδία είναι ίδιοι ή παρόμοιοι θα είχε ενδιαφέρον επίσης να μελετήσουμε αν η ανάπτυξη των μηχανισμών στα πεδία της Θεωρίας του Νου και της Προσωπικής Επιστημολογίας βελτιώνει την επίδοση στο πεδίο της Θεωρίας για το Φυσικό Κόσμο. Τέλος, θα ήταν σημαντικό να λάβουμε υπόψη τα αποτελέσματα τέτοιων ερευνών κατά το σχεδιασμό εκπαιδευτικών παρεμβάσεων ώστε να διευκολύνουμε τόσο την ανάπτυξη πιο εκλεπτυσμένων επιστημικών πεποιθήσεων όσο και την ενίσχυση της ικανότητας στοχασμού πάνω σε διαφορετικές πεποιθήσεις και της κατανόησης του τρόπου που αυτές οι οπτικές μπορεί να επηρεάζουν την ερμηνεία των εμπειριών μας.

Βιβλιογραφία

Κυριακοπούλου Νατάσσα & Βοσνιάδου Στέλλα (2004). Οντολογικά και Επιστημολογικά Προβλήματα της Διάκρισης ανάμεσα σε Φαινομενολογικές και Επιστημονικές Εξηγήσεις του Φυσικού Κόσμου: Μια Αναπτυξιακή μελέτη στο χώρο της Παρατηρησιακής Αστρονομίας, Ψυχολογία, τχ.3, τόμος 11

Κυριακοπούλου Νατάσσα & Βοσνιάδου Στέλλα (2008). Η ανάπτυξη της μεταγνωσιακής επίγνωσης κατά την αλλαγή θεωρίας. Νόησις, τχ.4, σελ.123-142.

Κυριακοπούλου Νατάσσα & Βοσνιάδου Στέλλα (2011). «Διερευνώντας τις σχέσεις ανάμεσα στη Θεωρία του Νου και στις Επιστημικές Πεποιθήσεις των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου». Ψυχολογία, τχ. 18(2), 137-158.

Burr, J. E. & Hofer, B. K. (2002). Personal epistemology and theory of mind: deciphering young children's beliefs about knowledge and knowing. New Ideas in Psychology, 20, 199-224.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it works": A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education, 11, 514–529.

Flavell, J. H., (2004). Theory-of-Mind Development: Retrospect and Prospect. Merrill Palmer Quarterly, 50, 3, 274-290.

Happé, F. G. E. (1994). An advanced test of theory of mind: Understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped, and normal children and adults. Journal of Autism and Developmental Disorders, 24(2), 129-154.

Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. Cognitive Development, 15, 309-328.

Kyriakopoulou Natassa & Vosniadou Stella, "Conceptual Change in Physical Science: Ontological, Epistemic and Meta-representational Changes." Προφορική ανακοίνωση στο 14th Biennial Conference of European Association for Research on Learning and Instruction (Exeter, UK, August 2011).

Kyriakopoulou Natassa & Vosniadou Stella, "Distinguishing among Scientific and Phenomenological Interpretations of the Physical World" Προφορική ανακοίνωση στο 4th European Symposium on Conceptual Change: Philosophical, Historical, Psychological and Educational Approaches, (Δελφοί, 2004).

Parker, J. R., McDonald, C. A., & Miller, S. A. (2007). "John Thinks That Mary Feels …" False Belief in Children Across Affective and Physical Domains. The Journal of Genetic Psychology, 168, 43 - 62

Vosniadou, Stella, & Kyriakopoulou, Natassa (2006). The Problem of Metaconceptual Awareness in Theory Revision. In R. Sun & N. Miyake (Eds.) Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Vancouver , Canada, pp. 2329-2334.

The impact the computational experiment approach to pre service Engineering Students' epistemic beliefs and modeling indicators during the development of the Einstein Model of a Solid Body

S Psycharis[1]
[1]Faculty of Pedagogical and Technological Education and center for Science and Mathematical Education, Liverpool Hope University, Liverpool L169JD, UK
psychas@hope.ac.uk

Abstract

Modelling, as a pedagogical tool, involves the model construction, exploration of model characteristics model application to a specific problem resembling authentic activities of scientists and mathematicians (Herbert, 2003). Jonassen and Strobel (2006) state that in addition to modelling domain knowledge , learners can apply modelling skills in different ways: by modelling domain knowledge, by modelling problems (constructing problem spaces), by modelling systems, by modelling semantic structures, and by modelling thinking processes (i.e. cognitive simulations). The purpose of this study was to explore the effects of the Computational Experiment (CE) approach on (a) preservice engineering students' epistemic, conceptual understandings (learning performance) and (b) the use of Modelling Indicators. The results indicate a strong relationship between student's conceptual understanding, use of modelling indicators and their performance in the epistemic beliefs test. The findings suggest that the inquiry based computational experiment (CE) is effective in enhancing the scientific beliefs of students as well as the use of modelling indicators and have implications for the effectiveness of the CE for the teaching and learning processes in Science and Mathematics.

Keywords: Epistemic Beliefs; Computational Experiment; Science and Mathematics Education; Modelling Indicators

1. Introduction

Learners and tools (modelling, simulation tools) can work together as effective joint cognitive systems if a relationship exists between the cognitive-learning characteristics of the learners and the corresponding characteristics of the system/tool (Angeli, 2013). Learners have goals, problem-solving strategies, knowledge, and cognitive-learning style (Hollnagel, 1986) and, seemingly, tools have goals, problem-solving strategies, knowledge, and cognitive/learning style (Angeli, 2013). According to research findings, one of the factors possibly influencing students' performance is explained by students' epistemological beliefs. Inquiry learning describes a cluster of learning and teaching approaches during which students' inquiry or research drives the learning experience. Students conduct inquiries that enable active engagement with questions and problems associated with their discipline. Inquiry learning is thus an empowering approach with benefits for subject learning as well as a wide range of important high-order intellectual attributes(Levy, Little, McKinney, Nibbs & Wood, 2010). One of the crucial components of computational science (CSE) is the abstraction of a physical phenomenon to a conceptual model and its translation into a computational model that can be validated. This leads us to the notion of a computational experiment (CE) where the model and the computer take the place of the 'classical' experimental set-up, and where simulation replaces the experiment as such. For that reasons, the present study discusses the results of an experiment that was undertaken in order to investigate the effects of epistemic beliefs and the computational experiment learning environment on learners' performance, epistemic beliefs and use of modelling indicators. We selected the Einstein Model for Solid State Physics, since it can allow the simultaneous use of three disciplines, namely: computer and computational Science, Mathematics and Physics.

1.1 Epistemic Beliefs

According to Schommer (1990), one of the factors, possibly influencing student performance is related to epistemological beliefs that also play an important role in education and learning process. Furthermore, Tsai (2000) found a positive correlation between epistemological beliefs and constructivist learning environment. In this article, we adopt the definition of epistemology as "the origin, nature, limits, methods, and justification of human knowledge" (Hofer, 2000). Hofer and Pintrich (1997) further suggested that epistemic beliefs should involve four dimensions: "certainty" of knowledge (e.g. knowledge is absolute or relative), "simplicity or development" of knowledge (e.g. knowledge fixed or continuously developing), "source" of knowing (e.g. knowledge is handed down by authority or can be challenged), and "justification" of knowing (e.g. knowledge can be learned from critical thinking processes or from existing facts). Each dimension is a continuing scale that may range from absolutist beliefs about knowledge (i.e. knowledge is certain and stable) to sophisticated beliefs maintaining that knowledge is complex, tentative, and actively constructed (Kienhues, Bromme, & Stahl, 2008; Tsai et.al., 2011). Seen along the 'Source dimension', at the level of less sophisticated beliefs about Source of Knowledge, the individuals believe that knowledge originates outside the self and resides in external authority and at the level of more sophisticated beliefs about source of knowledge, the individuals believe that knowledge is constructed by the knower in interaction with others (Hofer & Pintrich, 1997). For the Certainty Dimension, the beliefs about Certainty of Knowledge range from a belief in a right answer to more than one answer to complex problems (Conley et al., 2004). For the Development/Simplicity Dimension, at the lower level of beliefs about Simplicity of Knowledge, knowledge is explained as discrete, concrete and knowable facts and at the higher level, knowledge is explained as relative, contingent, and contextual. For the Justification Dimension, at lower levels, the individuals use the authority or observation rather than experiments, data, and rules of inquiry (at higher level) to justify knowledge (Hofer, 2000). Hofer and Pintrich (1997) classified the dimensions of the personal epistemology into two areas: the nature of knowledge (i.e. certainty of knowledge and simplicity of knowledge) and the nature or process of knowing (i.e. source of knowledge and justification of knowledge). As can be seen, the researchers initially tried to explain the epistemological beliefs. The study of epistemic beliefs has become a prominent line of inquiry in educational psychology, and a growing body of evidence shows that students' beliefs about knowledge and knowing are linked to various facets of their learning (Muis & Franco, 2009; Schommer, 1990). Bromme and colleagues (Bromme, Pieschl, & Stahl, 2010) recently advocated a contextualized approach to epistemic beliefs research wherein researchers' predictions and interpretations regarding the effects of students' epistemic beliefs are informed by complementary analyses of the learning content with which students engage. This is in line with current thinking by some scholars who have suggested that, to develop a more comprehensive understanding of students' epistemic beliefs, we need to explore how they interact with the epistemic climate (Muis, Bendixen, & Haerle, 2006). The epistemic climate refers to facets of knowledge and knowing that are salient in various aspects of an educational environment, such as teachers' beliefs, knowledge representations (e.g., textbooks, assessments, curricula), and instructional practices (e.g., teaching strategies or approaches) (Haerle & Bendixen, 2008). Also, according to Entwistle (2000), we have to examine the influence of the interaction between students and the teaching/learning environment on the process of learning.

1.2 The Computational Experiment

Over the past decade, increasing importance and attention has been attached to the potential of information and communication (ICT) to improve teaching and learning in schools (Barton & Haydn, 2006). A variety of approaches have been adopted over the years to prepare and support students and teachers in integrating ICT in classroom practices, although the results have not always been positive (Rodrigues, 2003). According to Piet Lijnse (2006), focus on modelling is largely due to the recent constructivist attention to conceptions that students bring to the classroom. Then, the present emphasis on the role of philosophy of science education, resulting in stressing the importance of attention to the nature of scientific models, also contributed to the resulting emphasis on modelling. Directly connected to that approach, is what was proposed by Sloot (1994) as Computational Physics

(CP). One of the crucial components of CP is the abstraction of a physical phenomenon to a conceptual model and its translation into a computational model that can be validated. This leads us to the notion of a computational experiment where the model and the computer take the place of the 'classical' experimental set-up, and simulation replaces the experiment as such. Sloot (1994) identifies three major phases in the process of the development of a computer experiment:

a. The modelling phase: The first step to the simulation is the development of an abstract model of the physical system under study, b. The simulation phase: This refers to methods that make the underlying physical models discrete in time or stochastic using methods from numerical analysis, and c. The computational phase: In this phase we concentrate on the mapping of the simulation techniques to source code including algorithms and the implementation using software or a programming language.

Landau et al. (2008) suggest an approach similar to Sloot's approach, which takes the form:

a. Problem (from science), b. Modelling (mathematical relations between selected entities and variables), c. Simulation Method (time driven, event driven, stochastic), d. Development of algorithm, e. Implementation of the algorithm (using Java, Mathematica, Fortran etc) and f. Assessment and Visualization of the results and comparison with real data. According to Landau et al. (2008), Computational Physics (CP) and Computational Experiment (CE) provide a broader, more balanced, and more flexible education than a traditional physics major. Moreover, presenting physics within a scientific problem- solving paradigm is a more effective and efficient way to teach physics than the traditional approach. In this framework, being able to transform a theory into an algorithm requires significant theoretical insight, detailed physical and mathematical understanding, and a mastery of the art of programming and the actual debugging, testing, and organization of scientific programs that is analogous to experimentation, with the numerical simulations of nature being essentially virtual experiments. The scientific paradigm should include modelling and simulation as an additional dimension in order to create computational experiments.

The stages of the computational experiment are presented in Figure 1.

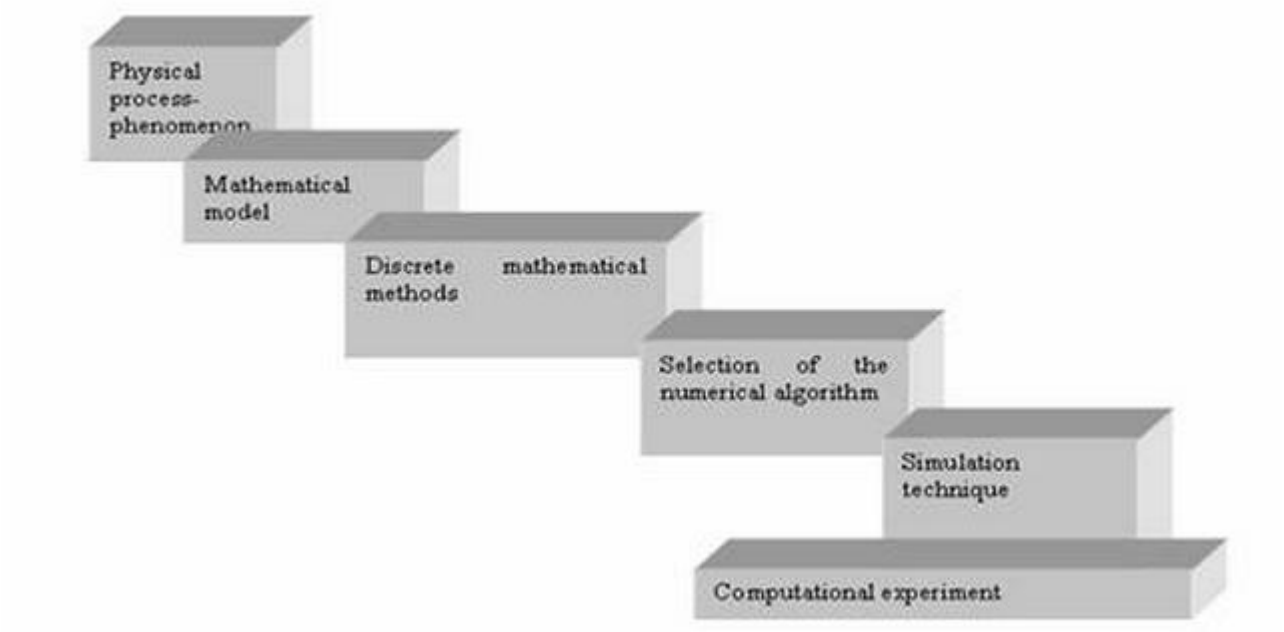


Figure 1. The Methodology of the Computational Experiment.

Klahr and Dunbar (1998) in order to describe discovery/inquiry based learning as a search process, introduced both the hypothesis and the experimental spaces in scientific discovery/inquiry learning. In their model the hypothesis space contains the rules and variables describing the specific domain, while the experiment space consists of all experiments that can be implemented within this domain.

Psycharis (2011) extended these spaces in order to include the computational experiment approach and suggested three spaces for the computational experiment, namely:

1. The hypotheses space: the students in cooperation with the teacher, decide, clarify and state the hypotheses of the problem to be studied, as well as the variables and concepts to be used and the relations between them.

2. The experimental space: the computational experiment, including modeling and simulation based on discovery/inquiry learning activities for the problems under study, actually takes place. Thus, learners are engaged in the scientific method.

3. The prediction space: the results, conclusions or solutions formulated in the experimental space are checked through the analytical (mathematical) solution as well as through real world data helping learners to predict other phenomena.

1.3 Modelling Indicators

Modelling environments are based on a model that usually corresponds to a theory and allows learners to actually build models. Despite the fact that modelling and simulation are quite different issues, there is some confusion over them and thus certain points need to be clarified.

According to Hestenes (1999) model specification is composed by a model which describes (or specifies) four types of structure, each with internal and external components, considered as modeling indicators:

1. systemic structure which specifies: composition (internal parts of the system), environment (external agents linked to the system), connections (external and internal causal links)
2. geometric structure which specifies: position with respect to a reference frame (external geometry), configuration (geometric relations among the parts)
3. temporal structure which specifies: change in state variables (system properties), descriptive models represent change by explicit functions of time, causal models specify change by differential equations with interaction laws
4. interaction structure which specifies interaction laws expressing interactions among causal links, usually as function of state variables

1.4 The Inquiry Based Approach

The field of science education research is concerned with the development of high-level skills like concept construction, modelling, problem solving, cognitive-metacognitive skills and scientific/conceptual processes. Science education is also concerned with helping students to develop knowledge about physical realities that is in line with the scientific knowledge (Halloun, 2006). Inquiry based learning has been officially promoted as a pedagogy for improving science learning in many countries (Bybee et al., 2008). Inquiry can be defined as "the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments" in alignment with the research in science education (Bell et al., 2004). Inquiry is often considered as a way to implement t science education research methodology in schools (Levy et al., 2010).

Inquiry is also a pedagogical method or teaching strategy, adopted by science teachers when they design learning activities that allow students to observe experiments and review what is known in light of evidence (Minner et al., 2010). Teaching science by inquiry requires communicating not only scientific information but also the abilities to do inquiry and, more deeply, an understanding of what scientific inquiry is about while it has to be considered as a set of instructional strategies aiming at developing high- level cognitive abilities.

Developing inquiry-based learning environments using computational science seems to be an essential research issue in science education. Bell, Urhahne, Schanze, and Ploetzner (2010), identified nine main science inquiry processes supported by different computer environments that could be used in inquiry-based science education (IBSE), namely: orienting and asking questions; generating

hypotheses; planning; investigating; analysing and interpreting; exploring and creating models; evaluating and concluding; communicating; predicting. The nine inquiry tools of Bell et al. (2010) are closely related to the essential features of Inquiry (Assay & Orgill, 2010), namely: Question (Learner engages in scientifically oriented questions), Evidence (Learner gives priority to evidence), Analysis (Learner analyses evidence), Explain (Learner formulates explanations from evidence), Connect (Learner connects explanations to scientific knowledge) and Communicate (Learner communicates and justifies explanations). There is a close relation between the essential features of Inquiry and the nine tools proposed by (Bell et al., 2010). We notice that modelling is essential both as an inquiry tool and as an inherent inquiry feature. Then, the computational experiment (CE) seems pervasive in all inquiry processes since it is a fundamental component in model development.

2. Methodology

The current study responds to the challenge of investigating the relationship between epistemic beliefs, modelling indicators, teaching method and the methodology of the computational experiment.

Specifically, we deployed the representation of some Physics and Mathematics concepts using the Computational Experiment approach and investigated how this "representation" interacted with individuals' epistemic beliefs and use of Modelling indicators to facilitate or constrain learning.

2.1. Participants

Forty prospective 'Engineering Educator' high-school teachers enrolled in the course "Pedagogical Applications of Information and Communication Technologies-ICT" participated in the study. Students were graduates of different Engineering Departments sectors and attended a course of study necessary to obtain the Postgraduate Certificate in Education that is a prerequisite to apply as a teacher.

2.2. Instruments

A questionnaire was provided to students to measure their understanding of Modelling indicators (systemic structure to interaction structure) in certain Physics phenomena. Another questionnaire was given to the students after the intervention concentrating on the computational experiment approach. For the Modelling indicators (systemic structure, geometric structure, temporal structure and interaction structure) 4 stands for the fully favourable part, 3 for the use of three indicators(less favourable part), two for the use of two indicators(partially favourable part)and 1 for the use of one indicator(unfavourable part). Students discussed with the author the use of modelling indicators and before the intervention they were asked to recognize their existence in certain models. The Epistemic Beliefs (SEB) instrument included four factors that mainly assess students' beliefs about the nature of knowledge and the process of knowing. The SEB survey -in which students participated before the intervention- was based on the questionnaire developed by Conley et al. (2004). The reliability of the measured items in Conley et al.'s (2004) study ranged from 0.57 to 0.82 in terms of the four dimensions of SEBs, and the convergent validity of the survey had a good model fit (CFI = 0.90, RMSEA = 0.038). The four measured dimensions were identified as Certainty, Source, Development, and Justification.

The Scientific Epistemic Belief Questionnaire was used to determine students' epistemic (epistemological) beliefs through four dimensions: Source, Certainty, Development, and Justification. The questionnaire that originally consisted of 26-items was developed by Conley et al. (2004). Items were rated on a 5-point Likert scale (1= strongly disagree; 5= strongly agree).

The Source dimension consists of five items, the Certainty dimension consists of six items, the Development dimension has six items and the Justification dimension consists of nine items. In order to measure the students' epistemological beliefs, the items of the Source and Certainty dimensions were reversed so that for each of the Dimensions, higher scores reflected beliefs that are more sophisticated. The Epistemological Belief Questionnaire was translated and adapted into Greek and the total reliability of the questionnaire is 0.67. Students participated in the SEB Questionnaire before

the intervention with the Inquiry Based/ CE environment.. the maximum score for each dimension is calculated by multiplying the number of items by five(e.g., for the certainty dimension the maximum score is twenty five).

2.3 Learning Environment and Model construction

Initially students discussed with the Instructor all of the ways of arranging 3 quanta of energy among the 3 quantum oscillators of a single atom in the Einstein model. For example, they discussed how to represent one possible way of arranging the energy (or "microstate") as "3, 0, 0", meaning 3 quanta of energy in the first oscillator, and zero quanta in the second and third oscillator and to find the total number of macro and micro states.

They also discovered, with the guidance of the Instructor the formula for the number of Microstates Ω, for the distribution of q quanta to N atoms.

$\Omega = \frac{(N+q-1)!}{q!.(N-1)!}$

For example, for N=3, q=3, one macro state is the macrostate A with three microstates , the B with 6 microstates and C with one microstate.

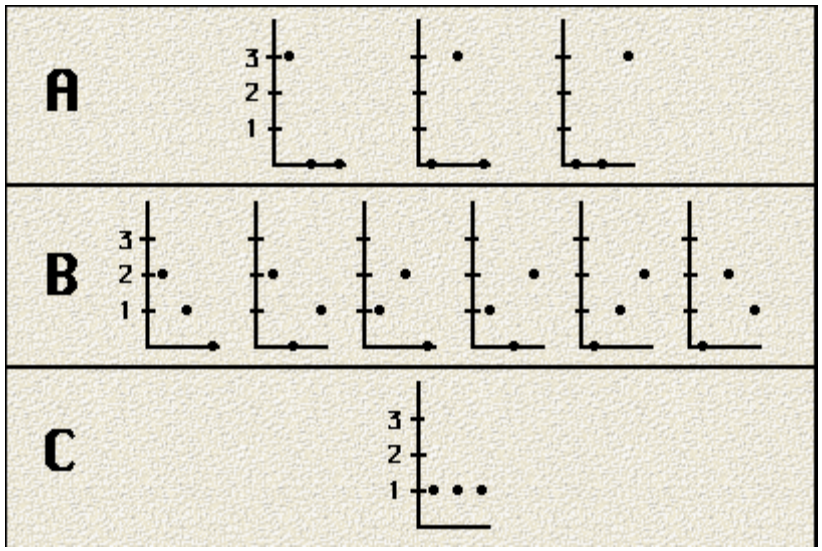
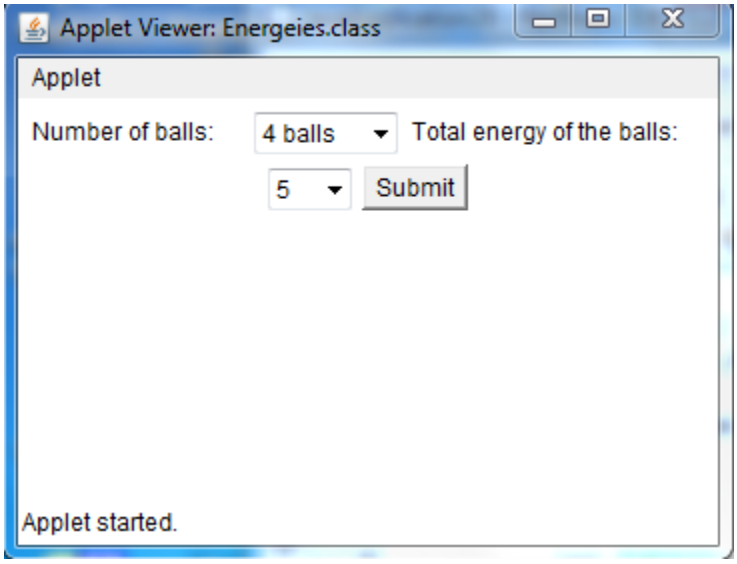
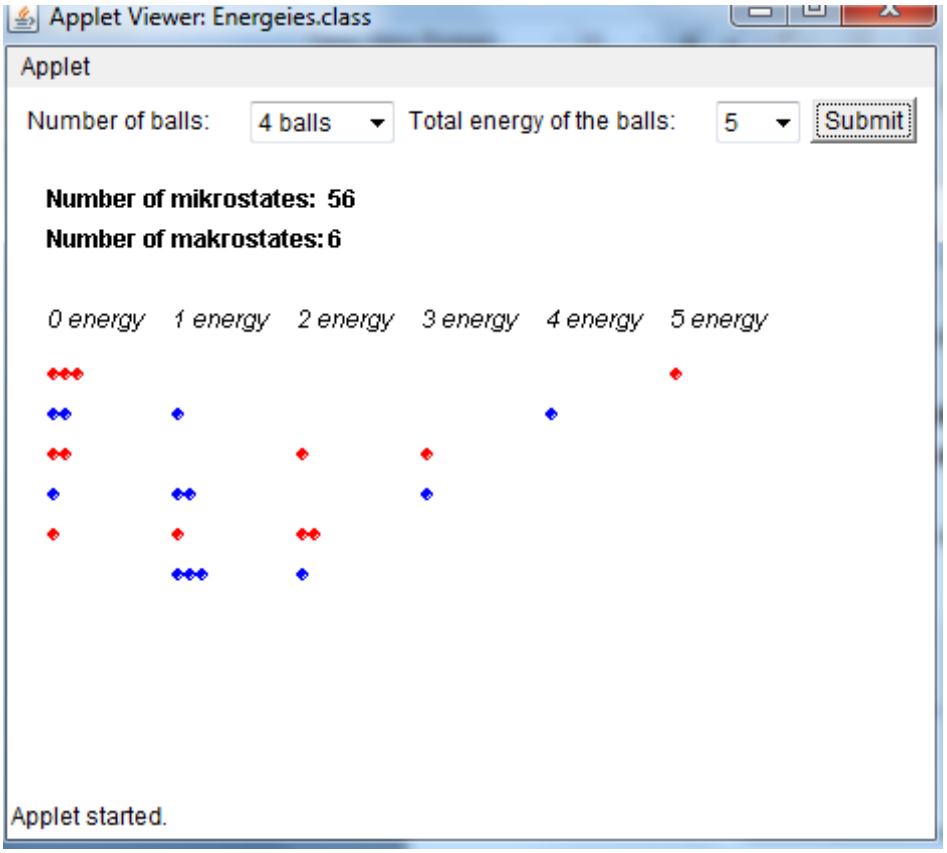


Figure 2. Distribution of Q=3 quanta to N=3 atoms(Nash, 1974)..

Students worked with the Instructor (author of the article) in order to reproduce the mathematical relation of distributing the quanta to atoms. During the process, students were engaged in certain computational thinking process, like modelling, abstraction, algorithmic thinking. Below we present some of the interfaces we developed for different number of quanta and different number of atoms.


Applet Viewer: Energeies.class
Applet
Number of balls:
4 balls
Total energy of the balls:
5
Submit
Applet started.


Applet Viewer: Energeies.class
Applet
Number of balls:
4 balls
Total energy of the balls:
5
Submit
Number of mikrostates: 56
Number of makrostates: 6
0 energy
1 energy
2 energy
3 energy
4 energy
5 energy
Applet started.

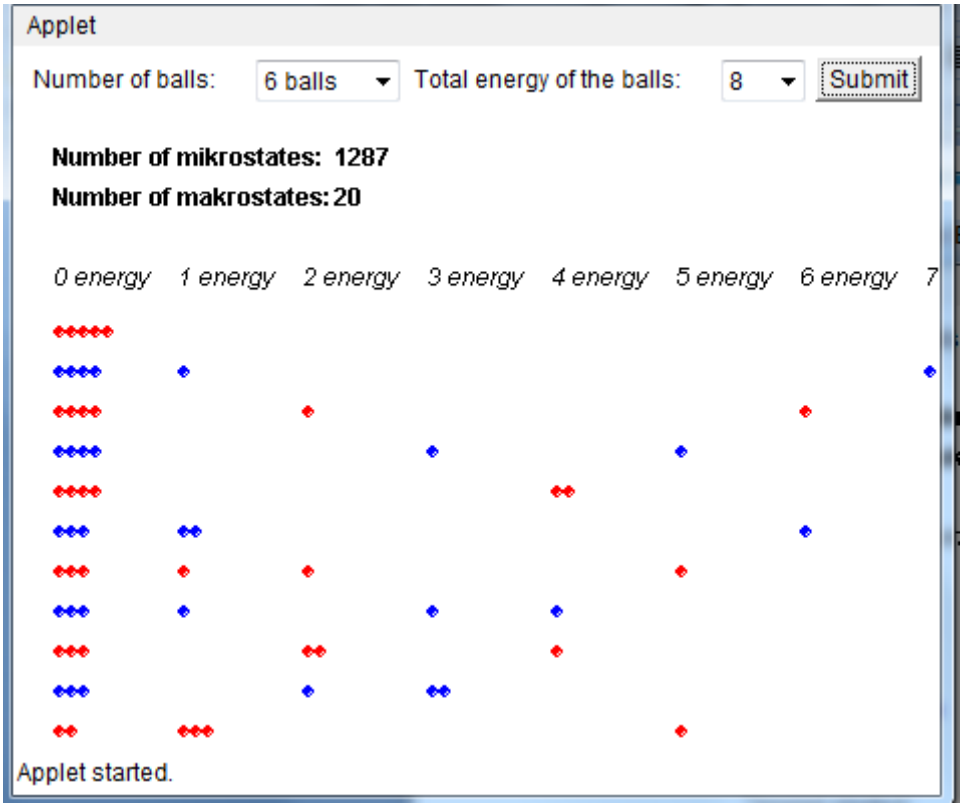


Figure 3. The interface and the distribution of Quanta in atoms

3. Results

Relation of Epistemic beliefs and Modelling Indicators

The correlation between epistemic beliefs before the intervention is r=0.493
and after the intervention r=0.657

Investigation of Epistemic Beliefs

The mean value before the intervention is M=84.30(SD=27.44) and after the intervention, M=97.52, (SD=19.76).There is statistically significant difference in the two values(t=-6.76, df=39, p<0.001)

Investigation of Modelling Indicators

The mean value before the intervention is M=1.77(SD=0.62) and after the intervention, M=2.97, (SD=1.04).There is statistically significant difference in the two values (t=-9.22, df=39, p<0.001)

4. Discussion

In this article, we support the computational experiment (CE) methodology as a key challenge for the development of interactive-inquiry learning environment, where students are encouraged to develop modelling skills and be engaged in inquiry tasks while from the results it is evident that epistemic beliefs are in great correlation with the use of the Modelling Indicators. Our approach was based on the issue that the computational experiment (CE) can serve as methodology and as modelling tool for developing explicit models of problems that students are trying to solve during their involvement in inquiry processes. That is, rather than modelling the domain knowledge from which problems are extracted, the computational experiment approach favours the modeling of factors and the entities on a problem- basis process. Our results indicate that essential factor for the implementation of ICT in education is the use of Modelling indicators in the framework of the computational experiment and we can attribute this to the strong relation of the modelling indicators with the features of Inquiry Based learning. We also support the view that computational thinking is

essential for students understanding of modeling in education which raises some questions about the use of ICT in combination with Computer Science (CS) in Science Education. According to Landau et al. (2008), computational physics (CP),and generally any computational science(mathematics, biology etc) provides a broader, more balanced, and more flexible education than a traditional physics major. Moreover, presenting physics within a scientific problem solving paradigm is a more effective and efficient way to teach physics than the traditional approach. Landau et al. (2008) suggest that CP education presents the path forward, because it integrates the tools and results from research into education and because of using research-rich experiences to stimulate and activate students. In response, schools have started to develop *computational–physics education*, in which the dash indicates a union of computation and physics on pretty much equal footing as individual courses or formal programs. Another response, which we can call *computational physics–education*, views the computer as a tool to advance physics education, without questioning what goes on inside the black box. Landau et al. (2008), suggest that computational–physics education presents the path forward because it integrates the tools and results from research into education and, by using research-rich experiences to stimulate and activate students, is based on solid educational principles. Think of it as "physics education *with* research" instead of "physics education research," which seemingly focuses on students' ability and failure to learn various physics concepts(Landau et al. ,2008). Our approach is in alignment with (Landau et al. , 20080 approach as its heart lies the notion of computational thinking .The term "Computing" refers to the use of computers. The constituent parts are Computer Science (CS), Information Technology (IT), digital literacy (dl) and Technology Enhanced Learning (TEL) Computing at School Working Group, http://www.computingatschool.org.uk,March, 2012; http://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report).Computational thinking (CT) is also a problem-solving process that includes (but is not limited to) the following characteristics: formulating problems in a way that enables us to use a computer and other tools to help solve them, logically organizing and analyzing data, representing data through abstractions such as models and simulations, automating solutions through algorithmic thinking (a series of ordered steps),identifying, analyzing, and implementing possible solutions with the goal of achieving the most efficient and effective combination of steps and resources, generalizing and transferring this problem solving process to a wide variety of problems. Succinctly, the integration of Computational-Science Education seems to provide the means to advance students' computational thinking when it is implemented using as teaching and learning method the inquiry based approach.

References

Angeli, C. (2013). Examining the effects of field dependence–independence on learners' problem-solving performance and interaction with a computer modeling tool: Implications for the design of joint cognitive systems. *Computers & Education*, 62, 221–230.

Asay, L. D., & Orgill, M. K. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in The Science Teacher, 1998-2007. Journal of Science Teacher Education, 21, 57-79.

Bell, P. L., Hoadley, C., & Linn, M. C. (2004). Design-based research as educational inquiry. In M. C. Linn, E. A. Davis & P. L. Bell (Eds.), Internet environments for science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: models, tools and challenges. International Journal of Science Education, 32(3), 349-377.

Bromme, R., Pieschl, S. & Stahl, E. (2010). Epistemological beliefs are standards for adaptive learning: A functional theory about epistemological beliefs and metacognition. Metacognition and Learning, 5(1), 7-26.

Bybee, R. W., Trowbridge, L.W, Powell, J.C. (2008). Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy New Jersey Merrill.

Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I., & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 186-204.

Entwistle N. J. (2000). Approaches to studying and levels of understanding: the influences of *teaching and assessment*. In J. C. Smart (Ed.), Higher Education: Handbook of Theory and Research (Vol. XV) (pp. 156-218). New York: Agathon Press

Haerle, F. C.,&Bendixen, L. D. (2008). Personal epistemology in elementary classrooms: a conceptual comparison of Germany and the United States and a guide for future cross-cultural research. In M. S. Khine (Ed.), Knowing, knowledge, and beliefs: Epistemological studies across diverse cultures (pp. 151e176). New York: Springer.

Herbert, B. (2003). The role of scaffolding student metacognition in developing models of complex, Earth and environmental systems. In DFG-NSF International Workshops on Research and development in Mathematics and Science Education, (Eds.), (pp.19-21). Washington D.C.

Hestenes, D. (1999). The scientific method. *American Journal of Physics*, 67, 273-276.

Hollnagel, E. (1986). Cognitive system performance analysis. In E. Hollnagel, M. Mancini, & D. Woods (Eds.), Intelligent decision support in process environments (pp. 211–226). Berlin: Springer.

Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 378-405.

Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140.

Jonassen, D.H. & Strobel , J. (2006). *Modelling for Meaningful Learning*. Netherlands: Springer.

Kienhues, D., Bromme, R., & Stahl, E. (2008). Changing epistemological beliefs: the unexpected impact of a short-term intervention. *British Journal of Educational Psychology*, 78, 545-565, doi:10.1348/000709907X268589

Klahr, D., & Dunbar, K. (1998). Dual space search during scientific reasoning. Cognitive Science, 12, 1-48

Ενοποίηση της διδασκαλίας των επιστημονικών μεθόδων και γνώσεων με την αξιοποίηση ιστορικών και επιστημολογικών στοιχείων

Μαρία Δεβελάκη
Σχολική Σύμβουλος Δ.Ε., develaki@otenet.gr

Περίληψη Παρουσιάζουμε μία σειρά διδακτικών ενοτήτων, στην οποία η πορεία της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας αξιοποιείται ως βάση προβληματισμού για τους βασικούς παράγοντες που καθορίζουν τις γνωστικές και αξιολογικές διαδικασίες της επιστήμης, όπως είναι η δημιουργικότητα, τα εμπειρικά δεδομένα, η θεωρητικοποίηση, οι τακτικές μοντελοποίησης και αιτιολόγησης. Οι ενότητες σχεδιάστηκαν με τρόπο ώστε να προωθείται η ρητή και ενσωματωμένη σε επιστημονικά περιεχόμενα κατανόηση της φύσης της επιστήμης, και προτείνονται για χρήση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Δίνεται η γενική περιγραφή της σειράς, και παρουσιάζεται λεπτομερέστερα μία αντιπροσωπευτική ενότητα.

Abstract We present a sequence of teaching units in which the development and progress of Newton's gravitational theory is used as a basis for reflecting on the fundamental factors that enter into the cognitive and evaluative processes of science, such as creativity, empirical data, theorising, modeling and reasoning tactics. The units are designed in order to promote an explicit instruction in nature of science (NOS) elements, incorporated into science content material, and is proposed to be used in teachers' and students' NOS education. Here, we focus on the presentation and discussion of a representational unit of the series.

1 Εισαγωγή

Η διδασκαλία της φύσης της επιστήμης, προωθεί στόχους της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, όπως η βαθύτερη κατανόηση των γνώσεων, η αύξηση ενδιαφέροντος για την επιστήμη, η εξοικείωση με τους επιστημονικούς τρόπους σκέψης, αλλά και ευρύτερους, σύγχρονους εκπαιδευτικούς στόχους, όπως η διεπιστημονική μάθηση, ο επιστημονικός εγγραμματισμός, η ανάπτυξη ικανοτήτων για κριτική σκέψη και λήψη αποφάσεων (π.χ. Matthews 1994, Bybee 1997, Ford 2008, Develaki 2008).

Η διαμόρφωση κατάλληλων αντιλήψεων για τη φύση της επιστήμης και οι τρόποι διδασκαλίας της απασχολούν και προβληματίζουν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών εδώ και αρκετά χρόνια. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας της φύσης της επιστήμης αυξάνεται, όταν οι επιστημολογικές απόψεις διδάσκονται ρητά, και όταν συσχετίζονται με συγκεκριμένα επιστημονικά περιεχόμενα (π.χ. Khishfe & Abd-El-Khalick 2002, Osborne et al. 2003, Clough 2006, Clough & Olson 2008, Taber 2008, McComas 2008). Μία στρατηγική που συνιστάται για τη συσχέτιση αυτή, και για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας της φύσης της επιστήμης, είναι η ενσωμάτωση στη διδασκαλία συζητήσεων για ιστορικές ή σύγχρονες περιπτώσεις της επιστήμης, επειδή έτσι δίνεται πλαίσιο και παραδείγματα για τις επιστημολογικές ιδέες που προωθούνται. Επισημαίνεται όμως, ότι στις περιπτώσεις αυτές στόχος είναι η διδασκαλία της φύσης της επιστήμης, και όχι της ιστορίας καθεαυτής (Irwin 2000, Stinner et al. 2003, Clough 2006, Klassen 2007, McComas 2008). Επίσης, συνιστάται απλότητα στη χρήση της φιλοσοφίας και της ιστορίας της επιστήμης, με την επισήμανση πάντως, ότι η δημιουργία υλικού και οι οδηγίες για τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης θα πρέπει να προϋποθέτουν επιστημονική τεκμηρίωση και εξειδίκευση στα πεδία αυτά (Davson-Galle 2008, Taber 2008, McComas 2008).

Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάσαμε μια σειρά τεσσάρων διδακτικών ενοτήτων, οι οποίες προωθούν τη ρητή διδασκαλία της επιστημονικής μεθοδολογίας, ενσωματωμένης στα επιστημονικά περιεχόμενα για τη νευτώνεια βαρύτητα (βλ. Develaki 2012). Οι ενότητες εστιάζουν στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη για τη δημιουργία και τον έλεγχο των επιστημονικών θεωριών. Στην εργασία αυτή, περιγράφονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά της σειράς, και εν συνεχεία παρουσιάζεται και σχολιάζεται η μία από τις τέσσερις ενότητες.

2 Η περιγραφή της διδακτικής σειράς

Στην προαναφερθείσα διδακτική σειρά, η πορεία της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας ανακατασκευάζεται επιστημολογικά, και αξιοποιείται ως βάση προβληματισμού για τους βασικούς για τις γνωστικές και αξιολογικές διαδικασίες της επιστήμης παράγοντες, όπως είναι η δημιουργικότητα των επιστημόνων, τα εμπειρικά δεδομένα, η θεωρητικοποίηση, οι τακτικές μοντελοποίησης και επιχειρηματολογίας. Οι ενότητες της σειράς αντιστοιχούν στις φάσεις που διακρίνουμε κατά τη διαδρομή της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας (αρχική σύλληψη, ανάπτυξη/μορφοποίηση, έλεγχος, εμβέλεια και όρια της θεωρίας), και αναδεικνύουν τους παράγοντες που κατεξοχήν επηρεάζουν τις επιστημονικές μεθόδους στην εκάστοτε φάση. Η διάκριση φάσεων στη διαδρομή μιας βασικής θεωρίας βοηθά να φανεί, ότι η βαρύτητα των προαναφερθέντων παραγόντων κυμαίνεται ανάλογα με τη φάση στην οποία βρίσκεται η εξέλιξη μιας θεωρίας, ενώ η αλληλεπίδρασή τους διατρέχει την όλη διαδικασία. Παραδείγματος χάριν, η δημιουργικότητα/έμπνευση αποκτά σημαντικότερο ρόλο ιδιαιτέρως στην αρχική σύλληψη των αρχών/αξιωμάτων μιας θεωρίας, τα μαθηματικά και η μοντελοποίηση κατά την ανάπτυξη/διαμόρφωση και την εφαρμογή της θεωρίας στον πραγματικό κόσμο, τα πειράματα κατά τον έλεγχο των υποθέσεων, κ.ο.κ., και ότι η ανάπτυξη, τροποποίηση και επιλογή των θεωριών διατρέχεται συνολικά από την αλληλεπίδραση αυτών των παραγόντων.

Οι ενότητες συνδυάζουν τη ρητή διδασκαλία στοιχείων για τη φύση της επιστήμης, ενσωματωμένων σε διδακτέα επιστημονικά περιεχόμενα, προωθώντας έτσι συγχρόνως και τους γνωστικούς στόχους της διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, με βάση την περίπτωση της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας: Στην πρώτη ενότητα της σειράς, διακρίνονται, με βάση την εξέλιξη των αστρονομικών μοντέλων, ορισμένοι παράγοντες που χαρακτηρίζουν την επιστημονική δραστηριότητα από την απαρχή της, και συνοψίζονται οι γνώσεις και τα ερωτήματα που είχαν διαμορφωθεί στην επιστημονική κοινότητα της εποχής του Newton και συνεισέφεραν στην ανάπτυξη της βαρυτικής θεωρίας του. Στη δεύτερη ενότητα επισημαίνεται η σημασία που έχουν η δημιουργική διαίσθηση και οι κοσμοθεωρητικές απόψεις των επιστημόνων, ιδιαίτερα στην αρχική σύλληψη των αρχών και αξιωμάτων μιας θεωρίας, και διευκρινίζεται ο ρόλος της μοντελοποίησης και των μαθηματικών για την περαιτέρω διαμόρφωση της θεωρίας. Η τρίτη ενότητα αναφέρεται στον εμπειρικό έλεγχο μιας θεωρίας, εστιάζοντας στους περιορισμούς που υπάρχουν για την κρίση των υποθέσεων και θεωριών με πειράματα. Η τέταρτη ενότητα ασχολείται με τα κριτήρια των επιστημόνων για την αποδοχή, και κυρίως για την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών θεωριών.

Η σειρά είναι σχεδιασμένη σε μορφή διδακτικών ενοτήτων/πακέτων, για διδασκαλία στο Λύκειο, και προτείνεται επίσης για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση της επιστήμης και τη διδασκαλία της. Κάθε διδακτική ενότητα περιέχει ένα κείμενο που αποτελεί τη βάση της διδασκαλίας, τις επιστημολογικές απόψεις που αποτελούν τους στόχους της ενότητας, ένα επιστημολογικό υπόβαθρο και οδηγίες διδασκαλίας για τους εκπαιδευτικούς, καθώς και μερικές δειγματικές ερωτήσεις-δραστηριότητες που υποδεικνύουν τα βασικά σημεία για αναστοχασμό και συζήτηση στην τάξη. Τα κείμενα των ενοτήτων είναι σχεδιασμένα σε μορφή αφηγηματικού κειμένου, και αποτελούν ανακατασκευές της εξέλιξης της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας, βάσει σύγχρονων επιστημολογικών απόψεων για τη φύση της επιστήμης, και ιστορικών στοιχείων και επιστημονικών γνώσεων για τη νευτώνεια βαρυτική θεωρία, που προέρχονται από τη φιλοσοφία και την ιστορία της επιστήμης, τα principia, και από βιβλία της Φυσικής (Halliday & Resnick 1966, Sexl et al. 1977, Alonso & Finn 1988, Kuhn W. 1994, Newton 1999).

Η διδασκαλία των ενοτήτων θα μπορούσε να ακολουθήσει τα εξής βήματα: Ο εκπαιδευτικός εισάγει το θέμα της ενότητας, και θέτει ερωτήσεις ώστε να εκφράσουν οι εκπαιδευόμενοι τις ιδέες τους σχετικά με το θέμα, ή απλά να προβληματιστούν. Παρουσιάζει και συζητά το περιεχόμενο του κειμένου της ενότητας, δίνοντας τις απαραίτητες διευκρινίσεις και επεξηγήσεις, και κατευθύνοντας την προσοχή της τάξης, ή των ομάδων, στα επιστημολογικά ζητήματα του κειμένου. Οι εκπαιδευόμενοι μελετούν το κείμενο, και απαντούν τις ερωτήσεις/δραστηριότητες του φύλλου εργασίας, οι οποίες εν συνεχεία συζητούνται και βελτιώνονται στην τάξη (αξιολόγηση-βελτίωση

των μαθησιακών στόχων).

Η διδασκαλία των ενοτήτων μπορεί να συνδυαστεί και να ενισχυθεί και με πηγές υλικού και για άλλες περιπτώσεις και επεισόδια της επιστήμης, ενώ τα θέματά τους μπορούν να αποτελέσουν και αντικείμενο ερευνητικών εργασιών των μαθητών.

Παρακάτω παρουσιάζεται η δεύτερη ενότητα της σειράς, η οποία εστιάζει, όπως προαναφέρθηκε, στις διαδικασίες κατά τη σύλληψη της γενίκευσης της βαρύτητας και την εξαγωγή της εξίσωσης της βαρυτικής δύναμης (νόμος της παγκόσμιας έλξης).

3 Μία ενότητα της σειράς - Η αρχή και ο νόμος της νευτώνειας βαρύτητας

Ιδέες για τη ΦτΕ που αντανακλώνται στο κείμενο της ενότητας

1. Η αλληλεπίδραση μεταξύ εμπειρικών δεδομένων και θεωρητικοποίησης είναι μια σύνθετη διαδικασία. Η σύλληψη των γενικών αρχών και η διαμόρφωση των εξισώσεων των θεωριών καθοδηγούνται από τα δεδομένα, αλλά δεν μπορούν να εξαχθούν με απλές γενικεύσεις παρατηρήσεων και εμπειρικών δεδομένων. Χρειάζεται δημιουργικότητα, και στρατηγικές μοντελοποίησης και μαθηματικών χειρισμών.
2. Η δημιουργία των μοντέλων βασίζεται σε αφαιρέσεις και εξιδανικεύσεις, και αποσκοπεί στην αναπαράσταση και την ερμηνεία των φαινομένων. Τα μοντέλα συνεισφέρουν στην ανάπτυξη νέων θεωρητικών προτάσεων. Τα μοντέλα κυρίως διαμεσολαβούν για την εφαρμογή των θεωριών στον πραγματικό κόσμο, επειδή η άμεση εφαρμογή τους στα πολύ σύνθετα φυσικά φαινόμενα είναι ανυπέρβλητα δύσκολη. Τα μοντέλα εισάγουν τις απαραίτητες απλοποιήσεις για τη γνωστική προσέγγιση των φαινομένων.

Περιεχόμενο και στόχοι: Οι επιστημολογικοί στόχοι αυτής ενότητας είναι να φανεί ο ρόλος της δημιουργικότητας-έμπνευσης-διαίσθησης στη σύλληψη γενικών αρχών, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση η γενίκευση της βαρύτητας ως ιδιότητας της μάζας, καθώς και ο ρόλος της λογικής/μαθηματικών και της μοντελοποίησης στην περαιτέρω ανάπτυξη ενός θεωρητικού συστήματος (όπως στην εξαγωγή του νόμου της βαρύτητας).

Φιλοσοφικό πλαίσιο: Επιστήμονες και φιλόσοφοι της επιστήμης αναγνωρίζουν ότι στη φάση της διατύπωσης γενικών αρχών και υποθέσεων οι επιστήμονες δουλεύουν με αναλογίες και επεκτάσεις (π.χ. Popper 1989, Kuhn W. 1990, Lawson 2004), ή ότι συχνά καθοδηγούνται από προσωπικές πεποιθήσεις για τη δομή του κόσμου (συμμετρία-χάος, συνέχεια-ασυνέχεια, κλπ.) και από τις θεωρητικές παραδόσεις της επιστημονικής τους κοινότητας (Holton 1981, Kuhn T. 1989); και ότι για την αναγωγή των εμπειρικών δεδομένων σε θεωρητικές αρχές και προτάσεις είναι απαραίτητα (διαισθητικά) νοητικά άλματα, που παρακινούνται μεν από την εμπειρία, χωρίς όμως τα εμπειρικά δεδομένα να οδηγούν μονοσήμαντα, και με λογική αναγκαιότητα στην μία ή την άλλη υπόθεση (π.χ. Einstein 1983, 1991; Kuhn W. 1990). Η επιχειρηματολογία του Newton για την αιτιολόγηση της γενίκευσης της βαρύτητας (principia, βιβλίο III), στηρίζεται στον συνδυασμό εμπειρικών δεδομένων (π.χ. ακτίνα και περίοδος της σελήνης, μήκος του εκκρεμούς δευτερολέπτων), μαθηματικών αποδείξεων και λογικών αιτιολογήσεων και συμπερασμών, μεταξύ των οποίων και η αρχή της οικονομίας. (Το θέμα αφορά το γενικότερο ζήτημα του πλαισίου ανακάλυψης/'context of discovery')

Αποφασιστική σημασία για την εξαγωγή της εξίσωσης της βαρυτικής δύναμης είχε η κατασκευή του νευτώνειου βαρυτικού μοντέλου των δύο σωμάτων (βλ. παρακάτω). Κεντρικό στοιχείο της επιστημονικής έρευνας είναι πράγματι η συνεχής δημιουργία, βελτίωση, ή αναθεώρηση μοντέλων. Η μοντελο-θεωρητική άποψη (model-based view) για την επιστήμη είναι η βασική άποψη της σύγχρονης φιλοσοφίας της επιστήμης, έχει μεγάλη επίδραση στη Διδακτική των φυσικών επιστημών, και διαθέτει ένα μεγάλο σώμα βιβλιογραφία. (βλ. π.χ. Suppe 1977, Giere 1988, Giere 1999, Gilbert & Boulter 2000, Nola 2004, Develaki 2007).

Πολύ συνοπτικά αναφέρουμε εδώ μερικά κεντρικά χαρακτηριστικά της άποψης: Τα μοντέλα προκύπτουν με αφαιρέσεις και εξιδανικεύσεις που γίνονται στα χαρακτηριστικά και τις

αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων ή συστημάτων αντικειμένων, κατά τη μελέτη των φαινομένων (σημειακοί ήλιοι, ομογενή πεδία κ.λ.π.). Αποτελούν κατά συνέπεια φανταστικές οντότητες, που σκοπεύουν στην αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου, ως προς ορισμένες βέβαια μόνο όψεις και ορισμένο βαθμό ακρίβειας. Τα μοντέλα διαμεσολαβούν για την εφαρμογή των θεωρητικών σχέσεων και ιδεών στον πραγματικό κόσμο, επειδή η άμεση εφαρμογή τους στα πολύ σύνθετα φυσικά φαινόμενα θα ήταν ανεξέλεγκτα δύσκολη (ιδιαιτέρως για τις μαθηματικές προσεγγίσεις των φαινομένων). Αλλά και αντιστρόφως, τα μοντέλα μπορούν να συνεισφέρουν στην προσπάθεια για την ανάπτυξη μιας νέας θεωρητικής πρότασης/σχεδίου. Γενικότερα, τα επιστημονικά μοντέλα δημιουργούνται με σκοπό την αναπαράσταση και την ερμηνεία φαινομένων, και δίνουν προβλέψεις που χρησιμοποιούνται για εμπειρικούς ελέγχους και για νέα έρευνα (Η προγνωστική λειτουργία των μοντέλων αποτελεί θέμα της τέταρτης ενότητας της σειράς). Τα μοντέλα δημοσιοποιούνται-παρουσιάζονται με διάφορες μορφές, υπάρχουν μοντέλα κλίμακας, οπτικά μοντέλα (εικόνες, διαγράμματα, γραφικές παραστάσεις), και πιο συμβολικά μοντέλα, όπως τα θεωρητικά ή μαθηματικά μοντέλα (μαθηματικές σχέσεις/εξισώσεις).

Διδακτικές οδηγίες και επισημάνσεις: Η παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό και η συζήτηση της εξαγωγής του νόμου της βαρύτητας με τον τρόπο που περιγράφεται στο κείμενο της ενότητας δίνει τη δυνατότητα να επισημανθεί ο ρόλος της δημιουργικότητας, των μαθηματικών και της μοντελοποίησης για την ανάπτυξη θεωρητικών γνώσεων και για την εφαρμογή τους στα πραγματικά συστήματα. Ο Newton κατάφερε να εξάγει την εξίσωση της βαρυτικής δύναμης (συνάρτηση του αντιστρόφου τετραγώνου $F = k/r^2$) με την εφαρμογή της γενικής εξίσωσης $F = ma$ και του 2ου εμπειρικού νόμου του Kepler ($r^3/T^2 = C$) στο βαρυτικό μοντέλο των δύο σωμάτων (ένα εξιδανικευμένο, φανταστικό σύστημα, με τον ήλιο και έναν μόνο πλανήτη σε κυκλική τροχιά, με σημειακές μάζες, με μόνη δύναμη την βαρυτική τους αλληλεπίδραση κ.ο.κ.). Διαφορετικά, η εφαρμογή αυτών των σχέσεων στο πραγματικό πλανητικό σύστημα θα ήταν ένα ανυπέρβλητο μαθηματικό εγχείρημα. (Η εφαρμογή και πάλι στο ίδιο μοντέλο της εξίσωσης $F = ma$ σε συνδυασμό με την εξίσωση της βαρυτικής δύναμης που ήταν πλέον γνωστή, έκανε δυνατή την εξαγωγή πολλών προβλέψεων (πιθανές πλανητικές τροχιές, μάζες πλανητών, ταχύτητα διαφυγής, κ.ο.κ.), ενώ η εξαιρετικά σύνθετη επεξεργασία ενός ρεαλιστικότερου πλανητικού μοντέλου, π.χ. με όλους τους πλανήτες και τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις τους, αντιμετωπίστηκε πολύ αργότερα με την εξέλιξη των μαθηματικών και τη βοήθεια των υπολογιστών. Το θέμα αυτό αποτελεί αντικείμενο της τέταρτης ενότητας της σειράς.)

Ο εκπαιδευτικός συζητά για την εξιδανικευμένη φύση των μοντέλων, σε σύγκριση και αντιπαράθεση με τα πραγματικά συστήματα που αναπαριστούν, καθώς και για τις δυνατότητες τους να αναπαριστούν και να ερμηνεύουν μερικές όψεις του πραγματικού κόσμου, και να δίνουν προβλέψεις που διευκολύνουν τους ελέγχους των θεωριών και την περαιτέρω έρευνα.

Ακολουθεί το κείμενο-βάση για τη διδασκαλία της ενότητας, και μερικές δειγματικές ερωτήσεις-δραστηριότητες που υποδεικνύουν τα σημεία εστίασης της προσοχής και της συζήτησης στην τάξη. Αντί των υπολογιστικών-μαθηματικών ασκήσεων με το νόμο της βαρύτητα που γίνονται συνήθως στο παραδοσιακό μάθημα, προτείνουμε μερικές ερωτήσεις που ενισχύουν και σχετίζονται με τις επιστημολογικές απόψεις και τους στόχους της ενότητας.

3.1 Το κείμενο της ενότητας

Αρχή και νόμος της παγκόσμιας βαρύτητας – Δεδομένα, μοντέλα, και δημιουργικότητα

Εφόσον οι τέλειες κυκλικές κινήσεις στο αριστοτέλειο παράδειγμα είχαν εξαιτίας των παρατηρήσεων του Tycho Brahe αντικατασταθεί από τις ελλειπτικές κινήσεις του Kepler, προέκυψε το ερώτημα της φυσικής ερμηνείας αυτών των ελλειπτικών κινήσεων, επειδή δεν επρόκειτο πλέον για κυκλικές κινήσεις που σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, ως σύμφυτη ιδιότητα των ουρανίων σωμάτων, δεν προϋπόθεταν κάποια εξωτερική αιτία. Συγχρόνως, υπήρχαν διαθέσιμες στην κοινότητα της εποχής οι μελέτες για τις κυκλικές κινήσεις στη γη (Huygens), που αντιμετωπίζονταν όμως με την έννοια της φυγόκεντρης δύναμης, υπήρχαν επίσης η αρχή της

αδράνειας για τις ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις των Galilei και Newton, και η ιδέα της δράσης των μαγνητών από απόσταση του Gilbert (1660).

Οι γνώσεις αυτές βοήθησαν τον Newton να απαντήσει στο ερώτημα για την αιτία των ελλειπτικών πλανητικών τροχιών. Θεωρώντας την κυκλική τροχιά ως οριακή περίπτωση της ελλειπτικής τροχιάς, ανέλυσε την κυκλική κίνηση σε μία ευθύγραμμη αδρανειακή κίνηση, η οποία βάσει της αρχής της αδράνειας δεν χρειάζεται κάποια υπεύθυνη δύναμη, και σε μία ακτινική κίνηση; τοποθετώντας ο Newton, σε αντίθεση με τον Huygens, το σύστημα αναφοράς στο κέντρο του κύκλου, μπόρεσε να εξηγήσει την ακτινική κίνηση ως αποτέλεσμα μιας 'κεντρομόλου δύναμης'. Με την ανάλυση αυτή, η κίνηση των πλανητών απαιτεί μία δύναμη που ξεκινά από το κέντρο του πλανητικού συστήματος (μία κεντρομόλο δύναμη), και τέθηκε βέβαια το ερώτημα για την προέλευση και τη φύση αυτής της δύναμης.

Η 'μεγάλη ιδέα' του Newton ήταν ότι μεταξύ του ήλιου και των πλανητών υπάρχει βαρυτική έλξη (όπως αυτή μεταξύ της γης και των επίγειων σωμάτων), η οποία παίζει το ρόλο της απαιτούμενης κεντρομόλου δύναμης. Η πρόταση αυτή του Newton ότι δηλαδή η έλξη της Γης στα επίγεια σώματα είναι της ίδιας φύσης με αυτήν μεταξύ του ηλίου και των πλανητών, και η γενίκευση επιπλέον της βαρύτητας, ότι δηλαδή όλες οι μάζες έλκονται μεταξύ τους, ήταν υποθέσεις που δεν θα μπορούσαν να εξαχθούν απλά και μονοσήμαντα από τις παρατηρήσεις και τα εμπειρικά δεδομένα. Η αξιωματική πρόταση για τη γενίκευση της βαρύτητας απαιτούσε δημιουργικότητα και φαντασία, διαίσθηση και ευχέρεια μαθηματικών γνώσεων. Ο Newton παρακινήθηκε μεν από την εμπειρία - ξεκίνησε με δεδομένο την ισχύ των εμπειρικών νόμων του Kepler-, αλλά η υπόθεση της βαρύτητας δεν θα μπορούσε να εξαχθεί απλά και ως μονοσήμαντη συνέπεια των διαθέσιμων εμπειρικών δεδομένων.

Αλλά και η εξίσωση της παγκόσμιας έλξης, ότι δηλαδή το μέτρο της βαρυτική ελκτικής δύναμης (σε όλο το σύμπαν) είναι ανάλογη των μαζών και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου των απόστασής μεταξύ τους ($F = Gm_1m_2/r^2$), δεν θα μπορούσε να εξαχθεί απλά/επαγωγικά από τα εμπειρικά δεδομένα και τις μετρήσεις της εποχής. Ο Hooke υπέθεσε ότι η βαρυτική δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης, κατ΄ αναλογία με την ένταση του φωτός; ο Newton όμως μπόρεσε να εξάγει μαθηματικά την εξίσωση των βαρυτικών δυνάμεων με βάση το αποτέλεσμά που θα προκαλούσαν εάν η υπόθεση ήταν σωστή, την κίνηση δηλαδή των πλανητών που περιγράφουν οι νόμοι του Kepler.

Ήταν βέβαια γνωστό και τότε, ότι οι νόμοι του Kepler είχαν αποκλίσεις για τις τροχιές του Δία, του Κρόνου, για την κίνηση της σελήνης κ.α. Από την άλλη πλευρά, η εφαρμογή της ιδέας του Newton και των διαθέσιμων γνώσεων στο πραγματικό πλανητικό σύστημα (όλοι οι πλανήτες και οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις τους, ελλειπτικές τροχιές, αποκλίσεις κ.ο.κ.) θα ήταν ακατόρθωτη. Ο Newton ξεπέρασε αυτές τις δυσκολίες με αφαιρέσεις και εξιδανικεύσεις, με τη μέθοδο δηλαδή της μοντελοποίησης, που είχε νωρίτερα εφαρμόσει και υποστηρίξει αποφασιστικά και ο Galilei. Θεώρησε ότι οι νόμοι του Kepler ισχύουν *απολύτως για ένα εξιδανικευμένο, φανταστικό πλανητικό σύστημα*, που έχει έναν μόνο πλανήτη σε κυκλική τροχιά γύρω από τον ήλιο (το νευτώνειο πλανητικό μοντέλο των δύο σωμάτων). Έτσι αντικαθιστώντας στην εξίσωση της κεντρομόλου δύναμης ($F_k = mu^2/r$) την περίοδο από τον 3ο νόμο του Kepler ($r^3/T^2 = C$), κατέληξε στο νόμο της δύναμης για τη βαρυτική έλξη, στο ότι η κεντρομόλος δύναμη, με άλλα λόγια η βαρυτική έλξη, είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης ηλίου-πλανήτη: $F_k = mu^2/r$, $u = 2\pi r/T$, $r^3/T^2 = C \rightarrow F_k = 4\pi^2 Cm/r^2$ ($F_k \sim 1/r^2$)

Με τη σκέψη ότι η έλξη θα είναι ανάλογη και της μάζας του ηλίου (M), εάν πολλαπλασιάσουμε και διαιρέσουμε με M, και θέσουμε $4\pi^2C/M = G$, τότε προκύπτει $F_k = GmM/r^2$, όπου G η σταθερά της παγκόσμιας έλξης. (m, r, και T: η μάζα, η ακτίνα και η περίοδος της τροχιάς του πλανήτη).

3.2 Δειγματικές ερωτήσεις - Συζήτηση

Με βάση το παραπάνω κείμενο:

1. Γιατί υποστηρίζεται ότι είναι τόσο σημαντικός ο ρόλος της δημιουργικότητας/φαντασίας,

ειδικά στο αρχικό στάδιο της γένεσης μιας θεωρίας;

2. Ποιες αφαιρέσεις και εξιδανικεύσεις έκανε ο Newton για την κατασκευή του πλανητικού μοντέλου των δύο σωμάτων, και με ποιο σκοπό;

3. Υπάρχει η έκφραση, ότι ο Newton ζύγισε τους πλανήτες. Πως μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα του πλανήτη Δία, εάν γνωρίζουμε από τις αστρονομικές μετρήσεις την ακτίνα της τροχιάς (r=420000 km) και το χρόνο περιφοράς (T=1,77 ημέρες) ενός δορυφόρου του;

4. Αναφέρετε, και αιτιολογείστε σύντομα, εάν, και ως προς ποια σημεία, το κείμενο/το μάθημα επηρέασε τις απόψεις σας, όσον αφορά τη σύλληψη και την ανάπτυξη των επιστημονικών θεωριών.

4 Σύνοψη

Η διδακτική σειρά που παρουσιάστηκε δίνει ένα παράδειγμα για ρητή και ενσωματωμένη σε επιστημονικά περιεχόμενα διδασκαλία της φύσης της επιστήμης. Συγκεκριμένα, αξιοποιείται η διαδρομή της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας (σύλληψη, ανάπτυξη, έλεγχος, εμβέλεια και όρια της θεωρίας), με στόχο να αναδειχθεί ο ρόλος και η αλληλεπίδραση των βασικών για τη δημιουργία και τον έλεγχο των επιστημονικών θεωριών παραγόντων, όπως τα εμπειρικά δεδομένα, η θεωρητικοποίηση, οι πειραματικοί έλεγχοι, η μοντελοποίηση, τα κριτήρια αποδοχής-επιλογής των θεωριών.

Οι ενότητες της σειράς σχεδιάστηκαν σε μορφή διδακτικών πακέτων, για διδασκαλία στην τάξη, και για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση της επιστήμης και τη διδασκαλία της. Η κάθε ενότητα της σειράς συνοδεύεται από ένα κείμενο που σχεδιάστηκε ως βάση της διδασκαλίας της. Με τα κείμενα αυτά ανακατασκευάσαμε επιστημολογικά την εξέλιξη της νευτώνειας βαρυτικής θεωρίας, βάσει σύγχρονων φιλοσοφικών απόψεων για τη φύση της επιστήμης, και ιστορικών και επιστημονικών γνώσεων για τη θεωρία.

Λαμβάνοντας υπόψη τα σχετικά με τη φύση της επιστήμης ελλείμματα που υπάρχουν στα βιβλία και στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, καθώς και τους χρονικούς και άλλους περιορισμούς της διδακτικής πραγματικότητας, θεωρούμε ότι η διαθεσιμότητα τέτοιων διδακτικών ενοτήτων μπορεί να προωθήσει τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης και τις εκπαιδευτικές ωφέλειες που τη συνοδεύουν.

Βιβλιογραφία

Alonso, M. & Finn, E. J. (1988). Physik. Addison Wesley GmbH (3. Auflage).

Bybee, R. (1997). Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices. Portsmouth, Heilmann.

Clough, M.P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. Science & Education, 15 (5), 463-494.

Clough, M.P. & Olson, J.K. (2008). Teaching and Assessing the Nature of Science: An Introduction. Science & Education, 17 (2-3), 143-14.

Davson-Galle, P. (2008). Why Compulsory Science Education Should not Include Philosophy of Science Science & Education, 17 (7), 677-716.

Develaki, M. (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. Science & Education, 16 (7), 725-749.

Develaki, M. (2008). Social and Ethical Dimension of the Natural Sciences, Complex Problems of the Age, Interdisciplinarity, and the Contribution of Education. Science & Education, 17 (8-9), 873-888.

Develaki, M. (2012). Integrating Scientific Methods and Knowledge into the Teaching of Newton's Theory of Gravitation: An Instructional Sequence for Teachers' and Students' Nature of Science Education. Science & Education, 21 (6), 853-879.

Einstein, A. (1983). Autobiographisches. In P. A. Schlipp (ed.), Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher. Braunschweig.

Einstein, A. (1991). Mein Weltbild. Ullstein, Frankfurt am Main.

Ford, M. (2008). Grasp of Practice as a Reasoning Resource for Inquiry and Nature of Science Understanding. Science & Education, 17(2-3), 147-177.

Giere, R. N. (1988). Explaining Science. A Cognitive Approach. University of Chicago Press

Giere, R. N. (1999). Science without Laws. University of Chicago Press, Chicago & London.

Gilbert, J.K. & Boulter, C.J. (2000). Developing Models in Science Education. Kluwer academic Publishers, Dortrecht.

Halliday, D. & Resnick, R. (1966). Physics. John Wiley & Sons, Inc. (2nd ed).

Holton, G. (1981). Thematische Analyse der Wissenschaft. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main.

Irwin, A.R. (2000). 'Historical Case studies: Teaching the Nature of Science in Context'. Science Education, 84 (1), 5-26.

Khishfe , R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective Versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (7), 551-578.

Klassen, S. (2007). The Application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story. Science & Education, 16 (3-5), 335-352.

Kuhn, T. S. (1989). Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen (10. Aufl.). Suhrkamp-Taschenbuch, Frankfurt am Main.

Kuhn, W. (1990). Ziel und Struktur physikalischer Theorien. Praxis der Naturwissenschaften - Physik, 2 (39), 2-9.

Kuhn, W. (1994). Physik, Band 2, 11. Westermann Schulbuchverlag Gmbh, Braunschweig.

Lawson, A. E. (2004). A Reply to Allchin's 'Pseudohistory and Pseudoscience. Science & Education, 13 (6), 599-605.

Matthews, M. R. (1994). Science Teaching. Routledge, NewYork.

McComas, W. F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998). The role and Character of the Nature of Science in Science Education. Science & Education, 7, 511-532.

Newton, I. (1999). Mathematical Principles of Natural Philosophy (trans., I.B.Cohen & A. Whitman). The University of California Press, Berkeley.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What 'Ideas-about-Science' Should be taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. Journal of Research in Science Teaching, 40(7), 692-720.

Popper K. R. (1989). Logik der Forschung (9. Aufl.). Mohr (Siebeck), Tübingen.

Sexl, Raab & Streeruwitz (1977). Physik, Teil 3. Verlag Ueberreuter, Wien.

Stinner, A., McMillan, B.A., Metz, D., Jilek, J.M. & Klassen S. (2003). The Renewal of Case Studies in Science Education. Science & Education, 12 (7), 617-643.

Suppe F. (1977). The Structure of Scientific Theories (second edition). University of Illinois Press, Urbana and Chicago.

Taber, K. S. (2008). Towards a Curricular Model of the Nature of Science. Science & Education, 17 (2-3), 179-218.

Συνεδρία 17 : Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών

Ανάλυση και Ερμηνεία των στοιχείων μίας Έρευνας Μικτών Μεθόδων για την Αξιολόγηση Διδακτικού Έργου στο μάθημα επιλογής «Οι έννοιες των ΦΕ» στο ΤΕΑΠΗ/ΕΚΠΑ

Μαρία Γιαλλούση[a], Βασίλης Γιαλαμάς[a], Βασίλης Τσελφές[a]
a *Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία,*
45giallu@otenet.gr ,bgialamas@ecd.uoa.gr, tselfesv@ecd.uoa.gr

Περίληψη: Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την ανάλυση των στοιχείων της έρευνας μικτών μεθόδων που αφορούσε στην αξιολόγηση του διδακτικού έργου στο μάθημα επιλογής Α΄ εξαμήνου «Οι έννοιες των ΦΕ» στο ΤΕΑΠΗ του ΕΚΠΑ, το 2010-2011, τον έλεγχο για τη νομιμοποίηση της έρευνας, την ερμηνεία των δεδομένων της και τις προτάσεις που αφορούσαν στη βελτίωση του διδακτικού έργου. Η ομάδα των φοιτητριών με τη θετική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας γίνεται κατανοητό ότι υπήρξε πιο αποτελεσματική στην αυτό-μοντελοποίηση της διδασκαλίας και αντιλαμβάνονταν περισσότερο τις μετρήσιμες παραμέτρους του περιβάλλοντος της τάξης από την ομάδα των φοιτητριών με την αρνητική εξέλιξη στις πεποιθήσεις.

Abstract: The study presents the data analysis of a mixed methods research concerning the assessment of teaching in the first semester elective course "Concepts of Science 'in Early Childhood Education, University of Athens, 2010-2011, controlling for legitimizing the research, interpretation of data and recommendations relating to the improvement of teaching. The group of students with positive evolution in their efficacy beliefs is understood that there has been more effective in self-modeling of teaching and they perceived measurable parameters of the classroom environment more than the group of students with negative evolution in their beliefs.

Εισαγωγή

Η παρούσα έρευνα μικτών μεθόδων είχε σκοπό την αξιολόγηση του διδακτικού έργου στο μάθημα επιλογής Α΄ εξαμήνου 'Οι έννοιες των ΦΕ' στο ΤΕΑΠΗ / ΕΚΠΑ, το 2010-2011. Το κεντρικό ερώτημα της έρευνας υπήρξε: *«Ποιες είναι οι συνέπειες του μαθήματος 'Οι έννοιες των ΦΕ' στις πεποιθήσεις των φοιτητών σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία των ΦΕ, μελλοντικά στο νηπιαγωγείο;».* Τα πλαίσια στα οποία βασίστηκαν αφενός η μεθοδολογία της έρευνας (Γιαλλούση κι άλ. 2012) και αφετέρου η ανάλυση των στοιχείων της παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μεθοδολογία της έρευνας μικτών μεθόδων και ανάλυση των δεδομένων της

13 βήματα της έρευνας μικτών μεθόδων (Collins, Onwuegbuzie, & Sutton 2006)	**6 βήματα της ανάλυσης των στοιχείων της έρευνας** (Onwuegbuzie & Teddlie 2003)
Καθορισμός του σκοπού της μελέτης: *η εις βάθος κατανόηση* **Διαμόρφωση του στόχου(-ων) της έρευνας:** *η περιγραφή, η πρόβλεψη και η εξερεύνηση* **Καθορισμός της λογικής της έρευνας:** *Η βελτίωση της σημασίας* **Καθορισμός του σκοπού/-ων της έρευνας:** *Τριγωνισμός, Συμπληρωματικότητα, Ανάπτυξη* **Καθορισμός του ερευνητικού ερωτήματος(-ων):**	**Μείωση δεδομένων:** Μείωση ποσοτικών στοιχείων (π. χ περιγραφικά στατιστικά, ερευνητική παραγοντική ανάλυση) και ποιοτικών στοιχείων (π. χ ερευνητική θεματική ανάλυση, memoing) **Έκθεση δεδομένων:** Μείωση ποσοτικών στοιχείων (π. χ πίνακες, γραφήματα) και ποιοτικών στοιχείων (π. χ πίνακες, διαγράμματα, γραφήματα, δίκτυα, λίστες, επεξηγηματικές επικεφαλίδες, διαγράμματα Venn)

«Ποιες είναι οι συνέπειες του μαθήματος 'Οι έννοιες των ΦΕ' στις πεποιθήσεις των φοιτητών σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία των ΦΕ, μελλοντικά στο νηπιαγωγείο;» **Επιλογή του σχεδίου της δειγματοληψίας** **Επιλογή του σχεδιασμού της έρευνας:** *Διαδοχικός σχεδιασμός με τη χρήση ένθετων δειγμάτων* **Συλλογή των δεδομένων, Ανάλυση των δεδομένων, Νομιμοποίηση των δεδομένων, Ερμηνεία των δεδομένων, Συγγραφή της μικτών μεθόδων έρευνας, Αναδιαμόρφωση του ερευνητικού ερωτήματος**	**Μετατροπή δεδομένων:** Ποιοτικοποίηση και / ή ποσοτικοποίηση στοιχείων (π. χ πιθανή χρήση των μεγεθών επίδρασης, ερευνητική παραγοντική ανάλυση) **Συσχέτιση δεδομένων:** Συσχέτιση των ποσοτικών με τα ποιοτικά στοιχεία ανά μέλος δείγματος. **Σύγκριση δεδομένων:** Σύγκριση στοιχείων από διαφορετικές πηγές. **Ενοποίηση δεδομένων:** Ενοποίηση όλων των στοιχείων σε ένα συνεκτικό σύνολο ή σε δύο διαφορετικές δέσμες συνεκτικών συνόλων (π. χ ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία).

Διευκρινίζεται ότι στην παρούσα έρευνα μικτών μεθόδων ο *σχεδιασμός* υπήρξε *διαδοχικός με τη χρήση ένθετων δειγμάτων* (Onwuegbuzie & Collins 2007) ο οποίος χαρακτηρίζεται και ως *Διαδοχικός Επεξηγηματικός Σχεδιασμός* (Creswell, Clark, Gutman & Hanson 2003). Ο σχεδιασμός περιελάμβανε αρχικά τη συλλογή και την κατάλληλη ανάλυση των ποσοτικών δεδομένων. Η σκόπιμη δειγματοληψία που βασίστηκε στους συμμετέχοντες φοιτητές στην ποσοτική φάση τροφοδότησε στη συνέχεια τη διεξαγωγή της ποιοτικής φάσης (Γιαλλούση κι άλ. 2012).

Ανάλυση δεδομένων

Βήματα Μείωσης και Έκθεσης των δεδομένων

Α. Ποσοτική φάση

Οι φοιτητές που συμμετείχαν στην ποσοτική φάση ήταν 98, στη συντριπτική πλειοψηφία τους δε ήταν γυναίκες. Τα ερωτήματα της έρευνας υπήρξαν *περιγραφικής φύσης* και ήταν τα εξής: 1) *ποιες υπήρξαν οι πριν και μετά την παρακολούθηση του μαθήματος 'Οι έννοιες των ΦΕ' πεποιθήσεις των φοιτητριών για την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία των ΦΕ, μελλοντικά;* 2) *ποιες υπήρξαν οι πριν και μετά την παρακολούθηση του μαθήματος 'Οι έννοιες των ΦΕ' αντιλήψεις των φοιτητριών για το περιβάλλον της τάξης;* Χρησιμοποιήθηκαν δύο ερωτηματολόγια: το ένα διερευνούσε τις *Πεποιθήσεις Αποτελεσματικότητας* των φοιτητριών, με δύο κλίμακες τις *Πεποιθήσεις αυτό-Αποτελεσματικότητας (ΠαΑπ)* και *Προσδοκίας Αποτελέσματος (ΠρΑπ)* και το άλλο διερευνούσε τις *Αντιλήψεις τους για το περιβάλλον της τάξης* με τρεις κλίμακες *των οποίων οι τίτλοι είναι, μαθαίνοντας τον κόσμο (μαθΚΟΣΜ), μαθαίνοντας να επικοινωνώ (μαθΕΠΙΚΟΙΝ),* και *μαθαίνοντας να μαθαίνω (μαθΜΑΘ)* (Γιαλλούση κι άλ. 2012). Η εξαγωγή των παραγόντων σε κάθε ερωτηματολόγιο πραγματοποιήθηκε με κατάλληλη Παραγοντική Ανάλυση, για κάθε μέτρηση (αρχική & τελική) χωριστά, δηλαδή έγιναν τέσσερεις παραγοντικές αναλύσεις, δύο σε κάθε ερωτηματολόγιο. Συγκεκριμένα, στο πρώτο ερωτηματολόγιο διεξήχθη η Principal Axis Factoring (PAF) και στο δεύτερο η Principal Component (PC) και ως μέθοδος περιστροφής παραγόντων εφαρμόστηκε η ορθογώνια περιστροφή (varimax rotation) (Coakes & Steede 2000). Οι τιμές του δείκτη Kaiser-Mayer- Olkin (K-M-O) που προέκυψαν (υψηλότερες του ορίου 0,65) έδειξαν ότι το δείγμα ήταν κατάλληλο για τη μέθοδο που εφαρμόστηκε κάθε φορά. Το κριτήριο με το οποίο ελέγχθηκε η διατήρηση κάθε δήλωσης ήταν η δήλωση να παρουσιάζει ελάχιστο όριο φόρτισης στον παράγοντα την τιμή 0,40 στην κλίμακα της (Hair, Anderson, Tatham, & Black 1998). Η εξακρίβωση των παραγόντων που ήταν σημαντικοί και δυνάμενοι να ερμηνευτούν περιελάμβανε την προσεκτική εξέταση της απεικόνισης των ιδιοτιμών κάθε παράγοντα (scree plot). Η αξιοπιστία των ερωτηματολογίων όσον αφορά στην εσωτερική συνοχή και τη δομική εγκυρότητα εξερευνήθηκε με τον συντελεστή εσωτερικής συνέπειας τον *άλφα* του Cronbach, ορίζοντας ως ελάχιστη αποδεκτή τιμή του την α=0,5 (Murphly & Davidshofer 1991). Ως εκ τούτου οι συντελεστές για τους παράγοντες των *Πεποιθήσεων αυτό-Αποτελεσματικότητας* και *Προσδοκίας Αποτελέσματος*

βρέθηκαν για τις αρχικές μετρήσεις 0,81 και 0,74 αντίστοιχα και για τις τελικές μετρήσεις 0,83 και 0,77 αντίστοιχα. Όμοια, οι συντελεστές για τους τρεις παράγοντες των περιβαλλόντων της τάξης (*μαθΚΟΣΜ, μαθΜΑΘ,* και *μαθΕΠΙΚ*) βρέθηκαν για τις αρχικές μετρήσεις 0,75, 0,70 και 0,62 αντίστοιχα και 0,57, 0,75 και 0,82 αντίστοιχα και για τις τελικές μετρήσεις.

Η αξιοποίηση των κριτηρίων και η παραγοντική ανάλυση που έγινε σε κάθε ερωτηματολόγιο, με μονάδα ανάλυσης την φοιτήτρια, έδειξαν ότι οι παράγοντες που αντιστοιχούσαν στις κλίμακες του κάθε ερωτηματολογίου υπήρξαν έγκυροι. Τα δεδομένα από τις δύο μετρήσεις της ποσοτικής φάσης αξιοποιήθηκαν κατάλληλα (Γιαλλούση κι άλ. 2012) με σκοπό να διαμορφωθούν δύο ομάδες φοιτητριών: η ομάδα με τις θετικής εξέλιξης πεποιθήσεις και η ομάδα με τις αρνητικής εξέλιξης (Πίνακα 2). Οι ομάδες ορίστηκαν αντίστοιχα ως αυτές για τις οποίες η διαφορά των πριν από τις μετά πεποιθήσεις κάθε ατόμου αυτής της ομάδας υπήρξε αντίστοιχα μεγαλύτερη και μικρότερη από το μισό της τυπικής απόκλισης των διαφορών προσαυξημένης με τη μέση διαφορά του δείγματος.

Πίνακας 2: Ο αριθμός των φοιτητριών των δύο ομάδων ακραίας εξέλιξης πεποιθήσεων και οι αντίστοιχες μέσες μεταβολές τους

		Αριθμός φοιτητριών/[Μέση Μεταβολή]	
ΟΜΑΔΕΣ Πεποιθήσεων	**ΕΞΕΛΙΞΗ**	**Πεποιθήσεις Αυτό-Αποτελεσματικότητας (ΠαΑπ)**	**Προσδοκία Αποτελέσματος (ΠρΑπ)**
Θετικής εξέλιξης	0.5*τ.α < διαφ	**10 / [1,10]**	**8 / [1,12]**
Αρνητικής εξέλιξης	διαφ <-0.5*τ.α	**8 / [-2,63]**	**7 / [-2]**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες από τις δηλώσεις των παραγόντων ΠρΑπ και ΠαΑπ για τις οποίες κατά τις δύο μετρήσεις βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων με θετική και αρνητική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας. Αυτές προέκυψαν με τη διεξαγωγή μονο-παραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), συνοδευόμενης από πολλαπλές συγκρίσεις με τον έλεγχο Bonferroni, ενώ επίπεδο σημαντικότητας της διαφοράς των μέσων τιμών υπήρξε το α= 0.05. Οι δηλώσεις του εκάστοτε παράγοντα χρησιμοποιήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές. Για παράδειγμα, η δήλωση *(ΠρΑπ)* «*Όταν ένα παιδί με χαμηλό βαθμό κατανόησης στο μάθημα των ΦΕ προοδεύει, αυτό συνήθως οφείλεται στην επιπλέον προσοχή που δείχνει ο νηπιαγωγός.*» στην αρχική μέτρηση βρέθηκε να υπερισχύει η ομάδα με την αρνητική εξέλιξη (Μ.Τ=4,29) έναντι της ομάδας με τη θετική (Μ.Τ=2,75). Η ίδια δήλωση στην τελική μέτρηση βρέθηκε να υπερισχύει στην ομάδα με τη θετική εξέλιξη (Μ.Τ=3,87) έναντι της ομάδας με την αρνητική (Μ.Τ=2,29). Στη δήλωση (ΠαΑπ) «*Κατανοώ τις έννοιες των ΦΕ αρκετά καλά για να είμαι αποτελεσματικός στη διεξαγωγή των σχετικών δραστηριοτήτων.*» στην αρχική μέτρηση βρέθηκε να υπερισχύει η ομάδα με την αρνητική εξέλιξη (Μ.Τ=4,00) έναντι της ομάδας με τη θετική (Μ.Τ=2,60). Η ίδια δήλωση στην τελική μέτρηση βρέθηκε να υπερισχύει στην ομάδα με τη θετική εξέλιξη (Μ.Τ=3,70) έναντι της ομάδας με την αρνητική (Μ.Τ=2,63). Εν κατακλείδι από τα αποτελέσματα προκύπτει η διαπίστωση ότι το μάθημα λειτούργησε ευνοϊκά στις φοιτήτριες των οποίων τα επίπεδα των πεποιθήσεων ως προς την αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία των ΦΕ μελλοντικά στο νηπιαγωγείο ήταν τα πιο χαμηλά στην έναρξη της παρακολούθησης του μαθήματος επιλογής.

Ακολούθως παρουσιάζονται κάποιες από τις δηλώσεις των παραγόντων *μαθΜΑΘ, μαθΕΠΙΚ, και μαθΚΟΣΜ* για τις οποίες σε κάθε μέτρηση (αρχική & τελική) βρέθηκαν να ισχύουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες με τη θετική και τη αρνητική εξέλιξη αφενός στις *Προσδοκίες Αποτελέσματος* και αφετέρου στις *Πεποιθήσεις Αυτό-Αποτελεσματικότητας***.** Για παράδειγμα, ανάμεσα στις δύο ομάδες για τις *Προσδοκίες Αποτελέσματος* στην αρχική μέτρηση η δήλωση «*Θα ζητώ από τους άλλους φοιτητές να εξηγούν τις ιδέες τους*» βρέθηκε να υπερισχύει στην ομάδα με την αρνητική εξέλιξη (Μ.Τ=3,43) έναντι της ομάδας με τη θετική (Μ.Τ=2,38). Ανάμεσα στις δύο ομάδες για τις *Πεποιθήσεις αυτό-Αποτελεσματικότητας* στην τελική μέτρηση η δήλωση «*Βοηθώ*

τον καθηγητή να αποφανθεί με ποιο τρόπο ενδέχεται να μαθαίνω» βρέθηκε να υπερισχύει στην ομάδα με τη θετική εξέλιξη (Μ.Τ=3,50) έναντι της ομάδας με την αρνητική (Μ.Τ=2,25). Στην ποσοτική φάση επιδιώχθηκε η μεγιστοποίηση της *Εσωτερικής και Αναλυτικής ικανότητας για γενίκευση* (Onwuegbuzie & Teddlie, 2003: 354; Onwuegbuzie et. al., 2009: 16). Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι φοιτήτριες με τις βελτιωμένες πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας ως προς τη διδασκαλία των ΦΕ από τις ίδιες, αντιλαμβάνονταν πιο ευνοϊκά το περιβάλλον μάθησης από ό, τι οι συμφοιτήτριές τους των οποίων οι αντίστοιχες πεποιθήσεις παρουσίασαν χαμηλότερου επιπέδου εξέλιξη μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων και την παρουσίαση της ομαδικής τους εργασίας.

Β. Ποιοτική φάση

Η ποιοτική φάση εκπροσωπήθηκε από μία *φαινομενολογική* στρατηγική (η φαινομενολογική μελέτη εστιάζει στην ουσία ή τη δομή μίας εμπειρίας) με τη διενέργεια των συνεντεύξεων όπου τα ερωτήματα που διατυπώθηκαν στις φοιτήτριες και των δύο ομάδων υπήρξαν: *«Ποιες εμπειρίες σου από το μάθημα 'Οι έννοιες των ΦΕ' συνέβαλαν στο να πιστεύεις αυτά που πιστεύεις (στη λήξη των μαθημάτων) για την αποτελεσματικότητά σου στη διδασκαλία των ΦΕ, μελλοντικά;»* και *«Τι σημαίνει να είσαι αποτελεσματική στη διδασκαλία των ΦΕ;».* Το μοντέλο έρευνας χρησιμοποιήθηκε για να ερμηνευτούν εις βάθος οι πληροφορίες από τις συνεντεύξεις των 10 φοιτητριών που δέχτηκαν να συμμετέχουν στην έρευνα. Οι ποιοτικές τεχνικές ανάλυσης που εφαρμόστηκαν στα κείμενα των επιμελώς απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων υπήρξαν δύο: της *σταθερής σύγκρισης* και της *κλασικής ανάλυσης περιεχομένου* (Γιαλλούση κι άλ. 2012). Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των βημάτων ανάλυσης των συνεντεύξεων των φοιτητριών από τις δύο ομάδες αναφορικά με το πρώτο από τα δύο ερωτήματα. Ως εκ τούτου τα επικρατέστερα ευρήματα της ποιοτικής ανάλυσης των συνεντεύξεων συνέδεσαν τις εμπειρίες των φοιτητριών από το μάθημα -αναφορικά με την αλλαγή των πεποιθήσεων τους- με τέσσερα θέματα, στα οποία δόθηκαν οι τίτλοι: 1) *νέες στάσεις*, 2) *νέα παιδαγωγική γνώση περιεχομένου –συμπεριφορά νηπιαγωγού*, 3) *περιβάλλον μάθησης*, 4) *αναστοχασμός*. Η διάκριση των εννοιών που εμπλέκονται στους τίτλους των θεμάτων βασίστηκε στη βιβλιογραφία (Jones & Carter 2007). Η συνολική μεταξύ αναλυτών αξιοπιστία (intra-rater reliability) για την κατηγοριοποίηση των *κωδικών* στο σύνολο των *θεμάτων* ήταν 0,91 που κρίνεται ιδιαίτερα υψηλή (Miles & Huberman 1994).

Η *εις βάθος κατανόηση* των ακραίων αλλαγών των πεποιθήσεων αποτελεσματικότητας των πρωτοετών φοιτητριών ως προς τη διδασκαλία των ΦΕ μελλοντικά από τις ίδιες στο νηπιαγωγείο βασίστηκε στις ερμηνείες των συνεντεύξεών τους υπό το πρίσμα της θεωρίας του Bandura (1997) για το ρόλο κυρίως *των αντιπροσωπευτικών εμπειριών.* Η *αντιπροσωπευτική εμπειρία* αναφέρεται στις πληροφορίες αποτελεσματικότητας που αποκτήθηκαν από την παρακολούθηση μοντέλων που αποδίδουν μία συγκεκριμένη εργασία η οποία περιλαμβάνει την *αυτό – μοντελοποίηση*. Διευκρινίζεται ότι και στην ποιοτική φάση επιδιώχθηκε η μεγιστοποίηση της *Εσωτερικής και Αναλυτικής ικανότητας για γενίκευση* (Onwuegbuzie & Teddlie 2003: 354; Onwuegbuzie et. al. 2009: 16).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται χαρακτηριστικά αποσπάσματα από τις συνεντεύξεις των φοιτητριών, από την ομάδα με τη θετική και την αρνητική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας, αντίστοιχα. Στο θέμα *Νέες Στάσεις*, Μαρία: *«Δηλαδή πολύ περισσότερο θα μου άρεσε η φυσική που διδάχτηκα στο σχολείο να ήταν φυσική νηπιαγωγείου. Να μας δείχνανε και μας σαν παιδάκια του νηπιαγωγείου μέσα από διαδικασίες και ας μάθουμε πέντε- έξι πράγματα. Ή ας βάλει στον καθένα ένα ερέθισμα να ψάξει αυτός αν θέλει να ψάξει παραπάνω παρά αυτό το βιβλίο και μόνο το βιβλίο.»* και η Γεωργία *«Πριν την πρώτη φορά που κάναμε μάθημα ήμουνα απόλυτα σίγουρη ότι προερχόμενη από θετική κατεύθυνση, δεν υπάρχει περίπτωση εγώ τα ξέρω καλύτερα από τις άλλες. …. Μετά από δύο τρία μαθήματα που κατάλαβα τι πρέπει να κάνω, και τη δραστηριότητα, και το παιχνίδι άρχισα να έχω λίγες αμφιβολίες γι' αυτά που ξέρω».* Στο θέμα *Νέα παιδαγωγική γνώση – συμπεριφορά νηπιαγωγού*, Βασούλα: *«Θα αντλώ παραδείγματα από την πραγματικότητα που ζουν τα παιδιά. Αυτό πιστεύω ότι είναι βασικό. Να μην είμαστε μακριά από την πραγματικότητά τους»* και

Λεμονιά: «*Πρέπει μέσα από δραστηριότητες κυρίως ή μέσα από παιχνίδι.. Κάπως να … μόνο του να το οδηγήσεις εσύ στη γνώση, όχι να προσπαθήσεις να του το πεις. Αυτό κυρίως δηλαδή, ίσως μέσα από το παιχνίδι*». Στο θέμα Περιβάλλον της τάξης, Θεανώ: «*Η συνεργασία ήταν κάτι καινούργιο. Ούτε κι αυτό το ήξερα. Ο τρόπος που λέγαμε ο ένας την ιδέα του στους άλλους και τη συνδέσαμε σε μία δραστηριότητα, ούτε κι αυτό το είχα ξανακάνει ποτέ. Οπότε με βοήθησε στο να δουλεύω ομαδικά.. Να λέω την άποψή μου. Είναι ένα από τα μαθήματα στο οποίο δουλεύεις ομαδικά. Είναι κι αυτό.*» και Μαριβάσια: «*Πώς να βοηθήσω εγώ τον καθηγητή; Δεν υπάρχει αυτή η οικειότητα γιατί είναι πολλά τα παιδιά. …. Δεν υπάρχει η δυνατότητα του χρόνου, του περιβάλλοντος για να κάνουμε διάλογο με τον καθηγητή και να αποφασίσουμε τις δραστηριότητες που είναι κατάλληλες για μένα. Οι σχέσεις είναι απρόσωπες όταν είναι μεγάλος ο αριθμός των παιδιών και δεν υπάρχει οικειότητα*». Στο θέμα Αναστοχασμός Θεανώ: «*Θα μπορούσαμε να είχαμε κάνει περισσότερες δραστηριότητες. Νομίζω ότι τα αρχικά μαθήματα δεν ήταν τόσο ουσιώδη. Ο καθηγητής θα μπορούσε να τα πει πιο σύντομα και να χαμε χρόνο για περισσότερες δραστηριότητες*» και Θένια: «*Δεν ξέρω, το γεγονός ότι έχω τελειώσει την τεχνολογική κατεύθυνση, αυτό δεν μου δίνει καμία σιγουριά ότι γνωρίζω καλύτερα τις ΦΕ.. Άλλωστε είπαμε αυτό δεν είναι το πρόβλημα. Αλλά δεν ξέρω πρέπει να το δω στην πράξη πώς θα αντιδρούσα. Δεν είμαι σίγουρη αν θα τα κατάφερνα*».

Βήμα Μετατροπής

Το επόμενο στάδιο της ανάλυσης των πληροφοριών από τις συνεντεύξεις περιελάμβανε την *ποσοτικοποίηση* (quantitizing) των *θεμάτων* (Tashakkori & Teddlie 1998). Αυτή επέτρεψε τον υπολογισμό της *συχνότητας* του κάθε *θέματος* (Onwuegbuzie & Teddlie 2003; Tashakkori & Teddlie 1998). Από αυτές τις *συχνότητες* υπολογίστηκαν τα ποσοστά επικράτησης κάθε θέματος (βλέπε Πίνακας 3) τα οποία λειτούργησαν ως μετρήσεις των μεγεθών δηλωτικής επίδρασης (manifest effect sizes).

Πίνακας 3: Μεγέθη Έντασης της Επίδρασης (Intensity Effects Sizes) για τα 4 θέματα που σχετίζονται με τις εμπειρίες από το μάθημα των φοιτητριών των δύο ομάδων με ακραίες μεταβολές.

	ΘΕΜΑΤΑ	**Πεποιθήσεις Αποτελεσματικότητας**	
		Θετικής Εξέλιξης	**Αρνητικής εξέλιξης**
1	**Νέες Στάσεις**	28.4%	30.3%
2	**Νέα Παιδαγωγική Γνώση – συμπεριφορά νηπιαγωγού**	44.8%	41.7%
3	**Περιβάλλον Μάθησης**	21.6%	14.0%
4	**Αναστοχασμός**	05.2%	14.0%

Βήμα Συσχέτισης

Στην παρούσα μελέτη το *στάδιο της συσχέτισης* περιελάμβανε τις εξηγήσεις που έδωσαν οι ίδιες οι φοιτήτριες για τις επιλογές τους από τη 5-βαθμη κλίμακα Likert στις δηλώσεις των δύο ερωτηματολογίων, οι οποίες παρουσίαζαν μεγάλη απόκλιση στις δύο (αρχική και τελική) μετρήσεις που έγιναν. Η πραγματοποίηση του βήματος συνέβαλε στην επίτευξη του στόχου του *τριγωνισμού της έρευνας μικτών μεθόδων*.

Βήμα Σύγκρισης

Τα αποτελέσματα της *ποσοτικοποίησης* δύο *θεμάτων* συγκεκριμένα της *νέας παιδαγωγικής γνώσης* και του *περιβάλλοντος της μάθησης* συγκρίθηκαν με τις δηλώσεις των ερωτηματολογίων που διερευνούσαν αντίστοιχα τις πεποιθήσεις (ΠρΑπ & ΠαΑπ) και το περιβάλλον μάθησης, οι οποίες στις δύο μετρήσεις για κάθε ομάδα ακραίων μεταβολών παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το βήμα στάθηκε αναγκαίο επειδή, σύμφωνα με τον Greene (1989) και τους συνεργάτες του, οι εξαρχής δηλωμένοι στόχοι της *έρευνας μικτών μεθόδων* υπήρξαν οι του τριγωνισμού και της συμπληρωματικότητας.

Βήμα Ενοποίησης

Επειδή ο σχεδιασμός της έρευνας υπήρξε *διαδοχικός επεξηγηματικός* οι δύο ξεχωριστές φάσεις του μπορούσαν να *ενοποιηθούν* σε μία τελική συζήτηση που φέρνει τα αποτελέσματα μαζί (Creswell, Clark, Gutman & Hanson 2003, σελ. 223). Ως εκ τούτου, στο βήμα αυτό όλα τα στοιχεία (ποσοτικά και ποιοτικά) ενοποιήθηκαν σε δύο χωριστά σύνολα συνεκτικών ολοτήτων. Η ενοποίηση των στοιχείων οδήγησε στη διατύπωση προτάσεων για τη βελτίωση του διδακτικού έργου.

Νομιμοποίηση Έρευνας

Οι διαδικασίες ελέγχου της *εγκυρότητας* και για τις δύο φάσεις της έρευνας συνιστούν τη νομιμοποίησή της. Ήδη έχει γίνει η αντίστοιχη αναφορά για την ποσοτική φάση. Ο έλεγχος *εγκυρότητας* της ποιοτικής φάσης της έρευνας περιελάμβανε τον έλεγχο της πιστότητας μεταφοράς κειμένου με αντιγραφή (απομαγνητοφώνηση) και τη διαβεβαίωση για τη μη παρέκκλιση στον ορισμό των *κωδικών* κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της κωδικοποίησης (Gibbs 2007). Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη *η ενίσχυση της αξιοπιστίας* προήλθε με τη τεχνική της αντιπαραβολής (cross checking) των κωδικών που βρήκαν δύο αναλυτές (Miles & Huberman 1994). Όσον αφορά την εξασφάλιση της *εγκυρότητας* που σχετίζεται με τον καθορισμό της ακρίβειας των ευρημάτων (Creswell & Miller 2000) εφαρμόστηκαν δύο στρατηγικές ανάλυσης: του *τριγωνισμού,* με την αξιοποίηση δύο τύπων ανάλυσης (σταθερής σύγκρισης και περιεχομένου) ώστε να εμπλουτιστεί η ικανότητα αξιολόγησης και παρουσίασης της ακρίβειας των ευρημάτων, και των *λεπτομερειακών περιγραφών και οπτικών* (detailed descriptions and perspectives) των συνεντεύξεων. Επισημαίνεται ότι, για την ενίσχυση της *νομιμοποίησης* της ποιοτικής φάσης της μελέτης αποφασίστηκε να κατασκευασθεί ο Πίνακας 3 (inter respondent) που παρουσιάζει τα *Μεγέθη Έντασης (δηλωτικής) της Επίδρασης.*

Ερμηνεία δεδομένων & σχετικές προτάσεις για τη βελτίωση του διδακτικού έργου

1. Οι νέες *στάσεις* των φοιτητριών και των δύο ομάδων απέναντι στο μάθημα των ΦΕ επηρεάστηκαν θετικά από την πεποίθηση ότι δεν χρειάζεται να γνωρίζουν εις βάθος τις ΦΕ για να οργανώσουν μία σχετική δραστηριότητα στο νηπιαγωγείο.

2. Οι φοιτήτριες με την αρνητική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας φαίνεται ότι διατήρησαν την πεποίθησή τους σχετικά με τη *φύση* της διδασκαλίας των ΦΕ (*μετάδοση* της γνώσης) και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της. Συνεπώς η *αυτό-μοντελοποίηση* τους στη διεκπεραίωση της δραστηριότητας προέκυψε αποδυναμωμένη. Από την άλλη, οι φοιτήτριες με τη θετική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας κατανόησαν περισσότερο τη στρατηγική (μοντέλο) της βιωματικής διδασκαλίας των ΦΕ στο νηπιαγωγείο.

3. Οι φοιτήτριες με τη θετική εξέλιξη στις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας ανέφεραν ως προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα τις θετικές στάσεις των παιδιών απέναντι στη δραστηριότητα. Αυτές γίνονται αντιληπτές διάμεσου του ενδιαφέροντος, της συμμετοχής, του ενθουσιασμού των παιδιών και των συχνών ερωτήσεών τους. Από την άλλη, οι συμφοιτήτριές τους με την αρνητική εξέλιξη στις πεποιθήσεις έκαναν πιο συχνή αναφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα που σχετίζονται με τη *μετάδοση* της σωστής γνώσης.

4. Για τις φοιτήτριες και των δύο ομάδων σημαντική συνιστώσα του *περιβάλλοντος της τάξης* που επηρέασε τις πεποιθήσεις τους υπήρξε ο καθηγητής και το μοντέλο διδασκαλίας το οποίο τους δίδαξε (*αντιπροσωπευτική εμπειρία*). Ειδικότερα, οι φοιτήτριες με τη θετική εξέλιξη στις πεποιθήσεις τους ανέφεραν ότι η συνεπής παρακολούθηση των μαθημάτων από τις ίδιες τις βοήθησε να εκτιμήσουν την χρησιμότητα του διαλόγου και της βιωματικής μάθησης τα οποία θα αναπαράγουν στο χώρο εργασίας τους (*αυτό-μοντελοποίηση*) μελλοντικά.

5. Ζητούμενο των φοιτητριών και των δύο ομάδων υπήρξε η αύξηση των ωρών διδασκαλίας που αφορούν στη δραστηριότητα.

Συναφείς Προτάσεις για τη βελτίωση του διδακτικού έργου

1. Η συστηματική μελέτη των *πεποιθήσεων αποτελεσματικότητας* των φοιτητών με στόχο την παροχή κατάλληλης υποστήριξης που θα τους βοηθήσει να απαλλαγούν από το *παράδειγμα* της παραδοσιακής διδασκαλίας το οποίο «κουβαλούν» από τη σχολική τους ζωή. Ως εκ τούτου, ο διδάσκων μπορεί να οργανώνει τη διδασκαλία του με τρόπο που να στοχεύει από τη μια στη βαθμιαία μείωση της χρήσης των γνωστικών τύπου σκαλωσιών (scaffolding) και από την άλλη στη βαθμιαία αύξηση παροχής ευκαιριών για να αποκομίζουν εμπειρίες *αυτό-μοντελοποίησης*. Στην πράξη, λαμβάνοντας υπόψη και τα συμπεράσματα μιας σχετικής μελέτης των Tschannen-Moran και Woolfolk Hoy (2001), αυτό σημαίνει περισσότερη διδασκαλία σε μικρές ομάδες παρά με διαλέξεις η οποία ναι μεν μπορεί να επιφέρει ελάττωση στην ύλη που καλύπτουν οι διαλέξεις αλλά επιφέρει οφέλη στην απόκτηση εμπειρίας που ενισχύει τις πεποιθήσεις αποτελεσματικότητας των φοιτητών.

2. Οι *πεποιθήσεις αυτό-αποτελεσματικότητας* μπορούν να καθορίσουν εάν *τα περιβάλλοντα μάθησης* γίνονται αντιληπτά με θετικό ή αρνητικό τρόπο (Lorsbach & Jinks, 1998, σελ. 161). Ως εκ τούτου ο διδάσκων σε πρώτο στάδιο εξάγοντας χρήσιμες πληροφορίες για τη διδασκαλία του από την κατ' άτομο *ακαδημαϊκή αυτό-αποτελεσματικότητα* μπορεί να εντοπίσει τους περισσότερο αποτελεσματικούς φοιτητές και να δημιουργεί τις προϋποθέσεις που τους βοηθούν να καταγίνονται περισσότερο με την *αυτό-καθοριζόμενη* μελέτη δια μέσου της *διαχείρισης της γνώσης* από τους ίδιους. Οι υψηλότερες πεποιθήσεις αυτού του τύπου *αυτό-αποτελεσματικότητας* επιτρέπουν στους φοιτητές να συνεργούν περισσότερο στο *περιβάλλον μάθησης* επειδή αυτοί εκδηλώνουν πιο συχνά συμπεριφορές *χειραφέτησης* απ' ό, τι οι συμφοιτητές τους με χαμηλή *αυτό-αποτελεσματικότητα* και είναι λιγότερο προβληματικοί στις διακυμάνσεις των αντιλήψεών τους ανάμεσα στα *προτιμώμενα* και *ενεργά περιβάλλοντα μάθησης* (Lorsbach & Jinks 1998). Επιπλέον, αυτοί οι φοιτητές είναι πιο πιθανό να μαθαίνουν ανεξάρτητα από το περιβάλλον, ενώ οι χαμηλής αποτελεσματικότητας είναι περισσότερο εξαρτώμενοι (Pajares 1996). Πράγματι, η έρευνα έχει δείξει ότι τα άτομα που έχουν χαμηλή αυτό-αποτελεσματικότητα τείνουν να τα παρατούν εύκολα όταν έρχονται αντιμέτωπα με την απογοήτευση. Όμως όπως ισχυρίζεται ο Tobin (1998) η *αυτό-αποτελεσματικότητα* και η επιμονή μπορεί να βελτιωθούν διαμέσου σταδιακών επιτυχιών. Ως εκ τούτου οι χαμηλής *αυτό-αποτελεσματικότητας* φοιτητές μπορεί να βοηθηθούν με τη δημιουργία περιβαλλόντων τα οποία τους παρέχουν ευκαιρίες για συχνή και αθροιστική επιτυχία σε πρακτικού τύπου επιδόσεις οι οποίες με τη σειρά τους επιφέρουν την ενίσχυση της *ακαδημαϊκής αυτό-αποτελεσματικότητας*.

3. Ο διδάσκων είναι χρήσιμο να αναπτύσσει και να χρησιμοποιεί δραστηριότητες που παρέχουν στους φοιτητές του ευκαιρίες για *αναστοχασμό* πάνω στις πεποιθήσεις τους για την αποτελεσματική διδασκαλία. Αυτές οι δραστηριότητες πρέπει να περιλαμβάνουν αφενός την ενθάρρυνσή τους να αναγνωρίζουν τις πεποιθήσεις τους και αφετέρου να τις συνδέουν με το πρόγραμμα σπουδών, την παιδαγωγική γνώση, τη διαχείριση του περιβάλλοντος της μάθησης και των στρατηγικών διαχείρισης της πειθαρχίας. Εν κατακλείδι όπως επισημαίνουν ο Minor και οι συνεργάτες του (2002) ενθαρρύνοντας τους φοιτητές να στοχάζονται τις αντιλήψεις τους και τις πεποιθήσεις τους στα πλαίσια προτύπων (standards) αξιολόγησης «*αυτοί είναι πιο πιθανό να συνειδητοποιούν τη γνώση, τις δεξιότητες, τις κλίσεις και τις επιδόσεις που θεωρούνται σημαντικές για όλους τους νηπιαγωγούς ανεξάρτητα από το ειδικό αντικείμενο που θα διδάξουν*» (σελ. 25).

Βιβλιογραφία

Γιαλλούση, Μ., Γιαλαμάς, Β., & Τσελφές, Β. (2012). «Αξιολόγηση του μαθησιακού περιβάλλοντος του μαθήματος επιλογής Α΄ εξαμήνου «Οι έννοιες των ΦΕ» στο ΤΕΑΠΗ / ΕΚΠΑ το 2010-2011. Μία Έρευνα Μικτών Μεθόδων», Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ, 11-13 Μαΐου 2012, Αθήνα.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. New York: W. H. Freeman and Company.

Coakes, S.J., & Steed, L. G. (2000). SPSS for Windows: Analysis without Anguish (Version10.0 for Windows). New York: John Wiley.

Collins, K. M. T., Onwuegbuzie, A. J., & Sutton, I. L. (2006). A model incorporating the rationale and purpose for conducting mixed methods research in special education and beyond. Learning Disabilities: A Contemporary Journal, 4, 67-100.

Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Guttmann, M. L., & Hanson, E. E. (2003). Advanced mixed methods research design. In A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), Handbook of mixed methods in social and behavioral research (pp. 209-240). Thousand Oaks, CA: Sage.

Creswell, J. W. & Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. Theory into Practice, 39(3), 124-131.

Gibbs, G. (2007). Analyzing qualitative data. (Book 6 of The Sage Qualitative Research Kit). London: Sage.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. (1998). Multivariate data analysis. New Jersey: Prentice-Hall.

Gail, M. J., & Glenda C. (2007). Science Teachers Attitudes and Beliefs. In S.K. Abell and N. G. Ledermann (eds.), Handbook of research on science education, (pp. 1067-1104). Mahwah NJ Lawrence Erlbaum.

Miles, M., & Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An expanded sourcebook (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Murphy, K., & Davidshofer, C. (1991). Psychological testing: Principles and applications (2nd Ed). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Onwuegbuzie, A. J. & Collins, K. M. T. (2007). A typology of mixed methods sampling designs in social science research. The Qualitative Report, 12(2). Retrieved February 21 2009, from http://www.nova.edu/ssss/QR/QR122/onwuegbuzie2.pdf

Onwuegbuzie, A. J., Dickinson, W. B., Leech, N. L., & Zoran, A. G. (2009). Toward more rigor in focus group research: A new framework for collecting and analyzing focus group data. International Journal of Qualitative Methods, 8(3), 1-21.

Onwuegbuzie, A. J., & Leech, N. L. (2004). Enhancing the interpretation of "significant" findings: The role of mixed methods research. The Qualitative Report, 9, 770–792. Retrieved March 8, 2005, from http://www.nova.edu/ssss/QR/QR9–4/onwuegbuzie.pdf

Onwuegbuzie, A. J., & Teddlie, C. (2003). A framework for analyzing data in mixed methods research. In A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), Handbook of mixed methods in social and behavioral research (pp. 351-383). Thousand Oaks, CA: Sage.

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches. Applied Social Research Methods Series (Vol. 46). Thousand Oaks, CA: Sage.

Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία για μετεκπαιδευόμενους εκπαιδευτικούς Α/θμιας Εκπ/σης

Αχιλλέας Μανδρίκας, Στέφανος Ασημόπουλος, Κωνσταντίνος Σκορδούλης
Σχολικός Σύμβουλος Α/θμιας Εκπ/σης, amandrik@otenet.gr
ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, asimstef@uth.gr
ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αθηνών, kostas4skordoulis@gmail.com

Περίληψη

Με βάση την άποψη ότι η περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με έννοιες των φυσικών επιστημών σχεδιάστηκε και λειτούργησε το μάθημα «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία - Εργαστήριο» για τους μετεκπαιδευόμενους εν ενεργεία δασκάλους του Μαρασλείου Διδασκαλείου του Πανεπιστημίου Αθηνών. Στην εργασία αυτή περιγράφεται το περιεχόμενο και η μεθοδολογία του μαθήματος. Παρουσιάζεται επίσης μια πρώτη ανάλυση αξιολογικών κρίσεων των εκπαιδευτικών που παρακολούθησαν το μάθημα σε διάστημα πέντε ακαδημαϊκών ετών. Η πλειοψηφία των θετικών έναντι των αρνητικών κρίσεων για το μάθημα υποδεικνύει μια βελτίωση της στάσης των εκπαιδευτικών προς τις περιβαλλοντικές επιστήμες και μία μείωση της ανασφάλειάς τους στην ενασχόληση με θέματα που άπτονται των φυσικών επιστημών. Τα αρνητικά σημεία που επισημάνθηκαν κι οι προτάσεις για βελτίωση που έγιναν μπορούν να αποτελέσουν κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό ανάλογων μαθημάτων.

Abstract

Based on the opinion that environmental education is inextricably linked with scientific concepts, the post-graduate in-service teachers course "Environmental Science and Ecology - Workshop" designed and operated in Athens University. This paper describes the content and methodology of the course. Also presents a first analysis for the evaluation of the course from teachers who attended the course in five academic years. The majority of positive over negative judgments indicates an improvement of teacher attitudes towards environmental sciences and an increased self-confidence in dealing with science subjects. The identified weaknesses and the improvement suggestions can be guidelines for the design of similar courses.

Εισαγωγή

Από τη δεκαετία του 1970 η Περιβαλλοντική Επιστήμη θεωρείται ότι συμβάλλει στον εμπλουτισμό των επιστημονικών γνώσεων των εκπαιδευτικών, εφόσον εμβαθύνει στην κατανόηση των περιβαλλοντικών φαινομένων και μελετά τους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες που τα επηρεάζουν (Barrett & Puchy 1977). Σήμερα προτείνεται ευρέως η εισαγωγή της περιβαλλοντικής συνιστώσας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ώστε αυτές να μη διδάσκονται ξεκομμένα από τα προβλήματα της καθημερινής ζωής συμπεριλαμβανομένων και αυτών του περιβάλλοντος (Meichtry et al. 2001). Το ίδιο πλαίσιο έχουν υιοθετήσει διεθνείς οργανισμοί προτείνοντας δράσεις για την εκπαίδευση προς την αειφόρο ανάπτυξη (UNESCO 2005). Έχει διαπιστωθεί ότι οι εκπαιδευτικοί των χαμηλών εκπαιδευτικών βαθμίδων έχουν αδύναμο υπόβαθρο, έχουν επιφυλακτική στάση και αισθάνονται ανασφαλείς σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες (Appleton 1995, Harlen 1997). Άλλες έρευνες, που αναζητούν τις αντιλήψεις υποψηφίων εκπαιδευτικών για περιβαλλοντικά θέματα, διαπιστώνουν παρανοήσεις, έλλειψη επιστημονικής κατανόησης των φαινομένων και άστοχη χρήση επιστημονικών όρων (Dove 1996, Papadimitriou 2004). Έτσι, διαπιστώνεται η ανάγκη έγκυρης και έγκαιρης εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών σε θέματα Περιβαλλοντικών Επιστημών ήδη από την αρχική επαγγελματική τους κατάρτιση.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ερευνητικά αποτελέσματα και ακολουθώντας τις προτάσεις για επιμόρφωση των εν ενεργεία και των υποψηφίων εκπαιδευτικών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες (Bell et al. 2003) σχεδιάστηκε και λειτούργησε το μάθημα «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία - Εργαστήριο» για τους μετεκπαιδευόμενους

εκπαιδευτικούς Α/θμιας Εκπ/σης στο Μαράσλειο Διδασκαλείο Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΜΔΔΕ) του Πανεπιστημίου Αθηνών. Είναι ένα από τα επιλεγόμενα μαθήματα στην κατεύθυνση «Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες και Τεχνολογία».

Περιεχόμενο και μεθοδολογία του μαθήματος

Το περιεχόμενο του μαθήματος αναπτυσσόταν σε 12 ενότητες-μαθήματα ακολουθώντας το μοντέλο διερευνητικής μάθησης Learning for Use (Μάθηση για χρήση), το οποίο δίνει έμφαση στη χρησιμότητα της γνώσης (Edelson 2001). Έτσι, δόθηκε έμφαση στην ενεργοποίηση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών μέσα σε ομάδες εργασίας με τη διεξαγωγή πειραμάτων και τη διερεύνηση θεμάτων με χρήση Η/Υ. Οι δραστηριότητες ήταν καθοδηγούμενες, καθώς οι εκπαιδευτικοί ακολουθούσαν οδηγίες γραμμένες σε φύλλο εργασίας με τα βασικά μεθοδολογικά βήματα διδακτικής φυσικών επιστημών: έναυσμα ενδιαφέροντος, υπόθεση, πειραματισμός, παρατήρηση, ερμηνεία, συμπέρασμα, γενίκευση, εφαρμογή. Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφεται το περιεχόμενο και η μεθοδολογία των ενοτήτων – μαθημάτων.

Μάθημα 1ο. Θεωρία MBL – Ψηφιακό όργανο μετρήσεων: Εξοικείωση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών με τα σύγχρονα συστήματα λήψης, καταγραφής και απεικόνισης δεδομένων - Εργαστήρια με Χρήση ΜικροΥπολογιστών - διεθνώς γνωστά ως Microcomputer Based Laboratory (MBL) (Linn et al. 1987). Παρουσιάζονται αισθητήρες, συσκευές λήψης δεδομένων και το αντίστοιχο λογισμικό και αναφέρεται ο γενικός τρόπος λειτουργίας τους. Οι εκπαιδευτικοί εξασκούνται στο χειρισμό του οργάνου ψηφιακής συλλογής δεδομένων. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ταυτόχρονη μέτρηση δυο παραμέτρων και στην ανάγνωση διαγραμμάτων, δεξιότητα απαραίτητη για τη διεξαγωγή πολλών πειραμάτων (Ainley et al. 2000).

Μάθημα 2ο. ΤΠΕ – Περιβαλλοντικές ιστοσελίδες: Εξοικείωση των συμμετεχόντων με τον Η/Υ και ειδική γνωριμία με ιστοσελίδες περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος. Οι εκπαιδευτικοί εισάγονται σε διερεύνηση περιβαλλοντικών ιστοτόπων, ενώ εξετάζονται και ενδιαφέρουσες τεχνολογίες που δεν έχουν βρει ακόμα το δρόμο για τη σχολική τάξη, όπως τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, οι προσομοιώσεις, τα εικονικά τοπία και η εικονική πραγματικότητα (Srinivasan et al. 2006).

Στα δυο επόμενα μαθήματα γίνεται μελέτη δυο παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Μάθημα 3ο. Φαινόμενο θερμοκηπίου: Αναπτύσσεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το πρόβλημα από την ενίσχυσή του, φαινόμενο για το οποίο έχουν διαπιστωθεί πολλές παρανοήσεις σε διάφορες ηλικιακές ομάδες (Groves & Pugh 1999, Papadimitriou 2004). Οι εκπαιδευτικοί μελετούν την επίδραση του CO_2 στη μεταβολή της θερμοκρασίας μέσω πειραματικής διάταξης. Στη συνέχεια μελετούν τον τρόπο σχηματισμού του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ενισχυμένης λειτουργίας του με την βοήθεια πολλαπλών αναπαραστάσεων ενσωματωμένων σε εφαρμογή λογισμικού (Παρκοσίδης κ.ά 2010).

Μάθημα 4ο. Μείωση όζοντος: Μελέτη της στοιβάδας του όζοντος, της «τρύπας όζοντος» και της διάκρισης στρατοσφαιρικού και τροποσφαιρικού όζοντος, αντικείμενα για τα οποία έχουν καταγραφεί πολλές παρανοήσεις (Christidou & Koulaidis 1996, Boyes et al. 1999). Οι εκπαιδευτικοί με τη βοήθεια εφαρμογής λογισμικού με ενσωματωμένες διαδραστικές εικόνες (Ψωμιάδης κ.ά 2008) εντοπίζουν το ύψος σχηματισμού της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος, βλέπουν τη σειρά των χημικών αντιδράσεων που προκαλούν τα CFCs, μελετούν από ποιους παράγοντες εξαρτάται η επίδραση της UV ακτινοβολίας στους οργανισμούς. Επίσης, παρακολουθούν τη μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος στην Ανταρκτική διαχρονικά και ετησίως με τη βοήθεια χρωματικών χαρτών-διαγραμμάτων. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στο τροποσφαιρικό όζον, ένα σημαντικό φωτοχημικό ρύπο, σε διάκριση με το στρατοσφαιρικό.

Στα τρία επόμενα μαθήματα γίνεται αναφορά σε περιβαλλοντικά προβλήματα τοπικής και περιφερειακής κλίμακας.

Μάθημα 5ο. Φωτοχημικό νέφος - Θερμοκρασιακή αναστροφή: Μελέτη του φωτοχημικού νέφους και των παραγόντων που συμβάλλουν στη δημιουργία του. Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιώντας

διαδικτυακή εφαρμογή λογισμικού (http://www.smogcity .com/) προσπαθούν να διαπιστώσουν ποιοι παράγοντες από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες συντελούν στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους. Ειδικά για τη θερμοκρασιακή αναστροφή, που αποτελεί ένα από τους κυριότερους παράγοντες, εκπαιδευτικοί προσομοιώνουν πειραματικά τη δημιουργία της θερμοκρασιακής αναστροφής με τη χρήση συσκευής αερίων μαζών. Ακολουθεί συζήτηση των παρατηρήσεων, γίνεται παροχή ερμηνειών από διαδικτυακή εφαρμογή λογισμικού (http://www.airinfonow.org/html/cocity/ coplay.htm) - η οποία παρουσιάζει το φαινόμενο της αναστροφής με μεταβαλλόμενα διαγραμμάτων σε 24ωρη βάση - και εξάγονται συμπεράσματα.

Μάθημα 6ο. Μετεωρολογία - Άνεμος - Ατμοσφαιρική ρύπανση: Συσχετίζεται το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε τοπική κλίμακα με μετεωρολογικούς παράγοντες και ειδικά με τη διεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου. Οι εκπαιδευτικοί προσομοιώνουν πειραματικά τον τρόπο δημιουργίας του ανέμου με τη χρήση μοντέλου ροής ρευστών και συζητούν βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών που εμπλέκονται στο φαινόμενο, όπως η ατμοσφαιρική πίεση, η πυκνότητα και η θερμότητα. Τέλος, εντοπίζουν στο διαδίκτυο το ημερήσιο δελτίο τιμών ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΥΠΕΚΑ και με δραστηριότητες συμπλήρωσης πινάκων και παρατήρησης τοπικών χαρτών βοηθούνται να διακρίνουν τον ακριβή τρόπο συμβολής της διεύθυνσης του ανέμου και της τοπογραφίας στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Μάθημα 7ο. Όξινη βροχή: Παρουσιάζεται το πρόβλημα της όξινης βροχής και της επίδρασής της στα δάση, στις λίμνες, στο έδαφος αλλά και στα μνημεία πολιτισμού (Σκορδούλης & Σωτηράκου 2005). Οι εκπαιδευτικοί πειραματίζονται μετρώντας το pH διαλυμάτων, παρατηρώντας τις επιδράσεις των οξέων σε κομμάτια κιμωλίας, γύψου και μαρμάρου και καταγράφουν την παραγωγή όξινων αερίων από την καύση θείου σε κλειστό δοχείο με νερό. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας εκπαιδευτικό λογισμικό, κάνουν μαθηματικούς υπολογισμούς συγκέντρωσης πρωτογενών ατμοσφαιρικών ρύπων, παρατηρούν την ισορροπία των βιογεωχημικών κύκλων, συμπληρώνουν χημικές αντιδράσεις δημιουργίας των δευτερογενών ρύπων κλπ. Τέλος, οι εκπαιδευτικοί παρατηρούν χάρτες και συζητούν για τις επιπτώσεις της όξινης βροχής στην υποβάθμιση των δασών, στην καταστροφή των υδάτινων οικοσυστημάτων και στη διάβρωση των μνημείων σε μια περιοχή ευρύτερη από εκείνη της εκπομπής των ρύπων (βλ. Mandrikas et al. 2012).

Στα δυο επόμενα μαθήματα γίνεται αναφορά σε τρόπους αντιμετώπισης όλων των προαναφερθέντων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Μάθημα 8ο. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική: Μελετώνται οι τρόποι διάδοσης θερμότητας και οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Οι εκπαιδευτικοί εισάγονται στην έννοια του θερμικού ισοζυγίου και πληροφορούνται τη βασική αρχή της απρόσκοπτης ανοδικής κίνησης του ζεστού αέρα ως σημαντικής στον οικολογικό σχεδιασμό ενός σπιτιού (Cunningham & Cunningham 2008). Στη συνέχεια μελετούν πειραματικά τη λειτουργία των θερμοκηπίων με τη χρήση ενός σπιτιού-μοντέλου. Συζητούν για την επίδραση του χρώματος στο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας. Μετρούν το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας διαφόρων υλικών (γυαλί, ξύλο, γύψος) και εξάγουν συμπεράσματα για το είδος των υλικών κατασκευής ενός σπιτιού που συντελεί στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Μάθημα 9ο. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Μελετώνται οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με έμφαση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Παρουσιάζονται οι νόμοι της θερμοδυναμικής, τα προβλήματα από τη χρήση των συμβατικών πηγών ενέργειας, τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα. Οι εκπαιδευτικοί πειραματίζονται για να εντοπίσουν τους παράγοντες που συμβάλλουν στη μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Στη συνέχεια γνωρίζουν τις κυψέλες καυσίμου υδρογόνου και το αυτοκίνητο υδρογόνου μέσω συσκευών-μοντέλων. Συζητούν για τα οφέλη και τα προβλήματα του υδρογόνου ως καυσίμου και μελετούν προσομοιώσεις λογισμικού για ανανεώσιμες μορφές και πηγές ενέργειας.

Μάθημα 10ο. Φωτοσύνθεση: Οι εκπαιδευτικοί μελετούν τη φωτοσύνθεση ως τη κύρια είσοδο ενέργειας στις τροφικές αλυσίδες και τους βιογεωχημικούς κύκλους (Σκορδούλης & Σωτηράκου 2005). Μελετούν την παραγωγή οξυγόνου κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης από ένα υδρόβιο φυτό σε πειραματική διάταξη. Προβλέπουν, σχεδιάζουν, παρατηρούν και ερμηνεύουν τις γραφικές

παραστάσεις συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου ως συνάρτηση διαφόρων παραγόντων και συζητούν για τη διάκρισή της φωτοσύνθεσης από την αναπνοή, ένα σημείο με πολλές καταγεγραμμένες παρανοήσεις (Canal 1999, McNall-Krall et al. 2009).

Μάθημα 11ο. Χημική και θερμική ρύπανση νερού: Οι εκπαιδευτικοί μελετούν τη χημική και τη θερμική ρύπανση των υδάτων. Μελετώνται ο υδρολογικός κύκλος, οι βιογεωχημικοί κύκλοι και οι ανθρώπινες επεμβάσεις στην υδρόσφαιρα. Οι εκπαιδευτικοί μετρούν πειραματικά τη συγκέντρωση φωσφορικών, αμμωνιακών, νιτρικών και νιτρωδών ιόντων σε διάφορα δείγματα νερού. Μετρούν, επίσης, την οξύτητα, τη σκληρότητα και τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου. Συζητούν για τις συνέπειες της υπερβολικής συγκέντρωσης ιόντων και για το φαινόμενο του ευτροφισμού, καθώς και για τις πιθανές συνέπειες της μεταβολής της οξύτητας του νερού στο υδάτινο οικοσύστημα. Μελετούν την επίδραση της θερμοκρασίας στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου με τη χρήση πειραματικής διάταξης. Προβλέπουν, σχεδιάζουν, παρατηρούν και ερμηνεύουν τις γραφικές παραστάσεις συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Συζητούν και διατυπώνουν συμπεράσματα για τις συνέπειες της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού στο οικοσύστημα.

Μάθημα 12ο. Μελέτη πεδίου: Μελέτη πεδίου είτε στο δάσος του Υμηττού είτε στο θαλάσσιο περιβάλλον του Σαρωνικού Κόλπου, όπου οι εκπαιδευτικοί διενεργούν πειράματα και μετρήσεις, τα οποία είχαν υλοποιήσει για πρώτη φορά στις προηγούμενες ενότητες. Χημική και θερμική ρύπανση, μετεωρολογικές μετρήσεις, βιολογικοί δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αναφορές στη φωτοσύνθεση και στη βιοποικιλότητα ήταν μερικά από τα θέματα ενασχόλησης.

Μεθοδολογία έρευνας και αποτελέσματα

Διερευνώντας σε ποιο βαθμό ανταποκρίθηκε το περιεχόμενο του μαθήματος στις ανάγκες των εκπαιδευτικών και σε ποιο βαθμό, επίσης, η μεθοδολογία του μαθήματος κρίθηκε ως αποτελεσματική από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς αντλήθηκαν αξιολογικά στοιχεία του μαθήματος «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία - Εργαστήριο» με ένα ερωτηματολόγιο μιας κλειστής και πέντε ανοικτών ερωτήσεων, από τις οποίες παρουσιάζονται και αναλύονται οι τρεις ανοικτές στην παρούσα εργασία. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε ανώνυμα από 82 εκπαιδευτικούς, οι οποίοι είχαν παρακολουθήσει το μάθημα την πενταετία 2007-2012. Η συμπλήρωση γινόταν με το τέλος των μαθημάτων. Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες με βάση λεξιλογική ανάλυση περιεχομένου (Bell, 1997) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Μια ερώτηση του ερωτηματολογίου καλούσε τους εκπαιδευτικούς να προσδιορίσουν τα θετικά σημεία του μαθήματος που παρακολούθησαν. Η ανάλυση έδωσε τα αποτελέσματα του πίνακα 1.

Πίνακας. 1: Θετικά σημεία μαθήματος «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία»

Θετικά σημεία	Αριθμός απαντήσεων	Ποσοστό εκπ/κων
Πειράματα, μετρήσεις, διερεύνηση	34	41%
Χρήση λογισμικών & προσομοιώσεων	27	33%
Εξαιρετική οργάνωση & προετοιμασία	25	30%
Ενδιαφέροντα και επίκαιρα θέματα	21	26%
Ενεργός συμμετοχή – βιωματική προσέγγιση	19	23%
Χρήση Η/Υ & ιστοσελίδων	16	20%
Πολύ καλοί διδάσκοντες	13	16%
Εργαστηριακή μορφή	11	13%
Πραγματοποίηση μελέτης πεδίου	11	13%
Συνδυασμός θεωρίας με πρακτική	9	11%
Ομαδοσυνεργατική μέθοδος διδασκαλίας	8	10%

Διάφορες άλλες επισημάνσεις	36	
Σύνολο απαντήσεων	230/82	

Το 41% των εκπαιδευτικών θεώρησε ως θετικότερο σημείο του μαθήματος τη διεξαγωγή πειραμάτων, μετρήσεων και γενικότερων διερευνητικών προσεγγίσεων. Η συμμετοχή προκαλούσε έντονα συναισθήματα και αύξανε το ενδιαφέρον. Το 33% εκτίμησε πολύ τη χρήση λογισμικών & προσομοιώσεων και το 20% τη γενικότερη χρήση του Η/Υ και ειδικότερα του διαδικτύου. Οι εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι οι εφαρμογές μέσω Η/Υ συνέβαλαν στην καλύτερη κατανόηση των περιβαλλοντικών φαινομένων και θα είναι χρήσιμες και κατά τη διδασκαλία στο σχολείο. Το 30% βρήκε εξαιρετική την οργάνωση & προετοιμασία του μαθήματος τόσο σε καθημερινό όσο και σε συνολικό επίπεδο. Ως αποτέλεσμα, καταγράφεται αύξηση του ενδιαφέροντος, καλύτερη κατανόηση και θετική εικόνα για τους επιμορφωτές. Το 26% βρήκε τα θέματα ενασχόλησης ενδιαφέροντα, επίκαιρα και με εφαρμογές στην καθημερινή ζωή. Είναι σημαντικό ότι οι εκπαιδευτικοί τονίζουν τη βελτίωση των επιστημονικών τους γνώσεων, πράγμα που εκτιμούν ότι θα τους είναι χρήσιμο κατά τη διδασκαλία στο σχολείο. Το 23% των εκπαιδευτικών απόλαυσε την ενεργό εμπλοκή σε συμμετοχικές διαδικασίες στο πλαίσιο της βιωματικής προσέγγισης και ειδικά το 13% εξήρε τη διεξαγωγή της μελέτης πεδίου. Όσον αφορά την επικοινωνία, το 16% των εκπαιδευτικών βρήκε τους διδάσκοντες πολύ καλούς και το 7% δήλωσε ότι διαμόρφωσαν θετικό παιδαγωγικό κλίμα. Η εργαστηριακή μορφή του μαθήματος (13%), ο συνδυασμός της θεωρίας με την πρακτική (11%) και η ομαδοσυνεργατική μέθοδος διδασκαλίας (10%) αποτέλεσαν σημαντικές μεθοδολογικές επιλογές κατά το σχεδιασμό του μαθήματος. Οι εκπαιδευτικοί αντιλήφθηκαν αυτές τις επιλογές και τις βρήκαν θετικές.

Στον πίνακα 2 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων σε ερώτηση με τη οποία οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να προσδιορίσουν τα αρνητικά σημεία του μαθήματος που παρακολούθησαν.

Το 30% κατέγραψε την πίεση χρόνου ως το σημαντικότερο αρνητικό σημείο του μαθήματος. Οι εκπαιδευτικοί ένιωσαν ότι ήθελαν περισσότερο χρόνο ενασχόλησης με κάθε θέμα, τόσο για την ολοκλήρωση των διερευνητικών προσεγγίσεων όσο και για την εμπέδωση των νέων εννοιών. Η πίεση του χρόνου ήταν ακόμα μεγαλύτερο πρόβλημα για το 7% των εκπαιδευτικών που έκανε ένα είδος αυτοκριτικής δηλώνοντας ότι αντιμετώπιζε διάφορες γνωστικές δυσκολίες κυρίως σε θέματα φυσικής & χημείας. Το 22% των εκπαιδευτικών δεν συμπλήρωσε τίποτα σε αυτή την ερώτηση του ερωτηματολογίου, ενώ πολλοί δήλωναν ότι δεν εντόπισαν κανένα αρνητικό σημείο. Το 11% των εκπαιδευτικών βρήκε αρνητικό το μεγάλο εύρος της θεματολογίας του μαθήματος. Θα προτιμούσαν να ασχοληθούν με λιγότερα θέματα για περισσότερο χρόνο το καθένα ή να προσφερθεί το μάθημα για δυο εξάμηνα. Παρομοίως, το 9% βρήκε αρνητικό το μεγάλο όγκο πληροφοριών και νέων εννοιών, που έπρεπε να επεξεργαστεί σε κάθε μάθημα. Επιπλέον, το 10% θεώρησε ότι τα πειράματα, τα όργανα και το επιστημονικό περιεχόμενο είναι δύσκολο να προσφερθούν σε μαθητές του Δημοτικού Σχολείου. Ως αιτίες προσδιορίζονται η φτωχή υλικοτεχνική υποδομή, η έλλειψη οικονομικών πόρων, περιορισμοί στο χρόνο και το χαμηλό νοητικό επίπεδο των μαθητών.

Πίνακας 2: Αρνητικά σημεία μαθήματος «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία»

Αρνητικά σημεία	Αριθμός απαντήσεων	Ποσοστό εκπ/κων
Πίεση χρόνου – λίγος διαθέσιμος χρόνος	25	30%
Κανένα	18	22%
Μεγάλο εύρος θεματολογίας-πολλά θέματα	9	11%
Μεγάλος όγκος πληροφοριών- νέες έννοιες	7	9%
Γνωστικές δυσκολίες σε θέματα φυσικής & χημείας	6	7%

Πειράματα, όργανα και επιστημονικές γνώσεις δύσκολες για το Δημοτικό Σχολείο	8	10%
Δεν δόθηκε βιβλίο	4	5%
Διάφορες άλλες επισημάνσεις	26	
Σύνολο	85	

Σε μία τρίτη ανοικτή ερώτηση οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να κάνουν προτάσεις για τη βελτίωση του μαθήματος. Στον πίνακα 3 φαίνονται τα αποτελέσματα.

Πίνακας 3: Προτάσεις για τη βελτίωση του μαθήματος «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία»

Προτάσεις	Αριθμός απαντήσεων	Ποσοστό εκπ/κων
Καμία πρόταση - Να συνεχίσει ως έχει	17	21%
Να αυξηθούν οι ώρες διδασκαλίας ή να γίνεται σε δυο εξάμηνα	15	18%
Τα θέματα και τα πειράματα να προσφέρονται σε μορφή άμεσα προσαρμοσμένη για το Δημοτικό Σχολείο	12	15%
Να αυξηθεί η μελέτη πεδίου	9	11%
Να εξετάζεται με εργασία	8	10%
Να διδάσκονται λιγότερα θέματα σε περισσότερο χρόνο	7	9%
Οι ομάδες εργασίας να είναι μικρότερες	3	4%
Να υπάρχουν περισσότερα όργανα	3	4%
Να υπάρχει περισσότερη συζήτηση	3	4%
Διάφορες άλλες μεμονωμένες προτάσεις	24	
Σύνολο	84	

Το 21% των εκπαιδευτικών δεν κάνει καμία βελτιωτική πρόταση και ζητά να παραμείνει το μάθημα όπως είναι. Μεγάλα ποσοστά εκπαιδευτικών προτείνουν την αύξηση των ωρών διδασκαλίας με διάφορους τρόπους. Το 18% ζητά να αυξηθούν οι ώρες διδασκαλίας με την προσφορά του μαθήματος σε δυο εξάμηνα, ώστε να υπάρχει άνεση χρόνου για τη μελέτη όλων των περιεχόμενων θεμάτων. Το 9% θα προτιμούσε να διδάσκονται λιγότερα θέματα αλλά σε περισσότερο χρόνο το καθένα. Οι απαντήσεις αυτές θεωρούμε ότι είναι συμβατές με εκείνες που επισήμαναν ως αρνητικά σημεία του μαθήματος την πίεση χρόνου, το μεγάλο εύρος θεματολογίας και το μεγάλο όγκο πληροφοριών. Στις ίδιες αιτιάσεις εδράζονται και οι προτάσεις του 4%, που προτείνουν να υπάρχει περισσότερη συζήτηση, για την οποία συχνά δεν επαρκούσε ο χρόνος. Το 15% των εκπαιδευτικών προτείνει τα θέματα και τα πειράματα να προσφέρονται σε μορφή άμεσα προσαρμοσμένη για το Δημοτικό Σχολείο. Το ποσοστό αυτό είναι λίγο μεγαλύτερο από το 10%, που είχε εντοπίσει ως αρνητικό σημείο του μαθήματος αυτή την έλλειψη. Το 11% ζητά να αυξηθεί η μελέτη πεδίου και γενικά προτείνονται δραστηριότητες εκτός αίθουσας.

Οι προτάσεις συνολικά βρίσκονται σε συμφωνία με τα πλεονεκτήματα και κυρίως με τα μειονεκτήματα που επισημανθήκαν στις προηγούμενες ερωτήσεις. Κάποιες από αυτές τις προτάσεις επιβραβεύουν το βιωματικό χαρακτήρα του μαθήματος και ζητούν για παράδειγμα ακόμα περισσότερη μελέτη πεδίου. Στα μειονεκτήματα τονίστηκαν κυρίως ελλείψεις στην οργάνωση του μαθήματος, γι' αυτό και στις προτάσεις οι ελλείψεις αυτές ζητείται από μεγάλο ποσοστό εκπαιδευτικών να συμπληρωθούν. Στις προτάσεις για βελτίωση του περιεχομένου του μαθήματος υπάρχουν στοιχεία που αναβαθμίζουν το μάθημα, όπως η απαίτηση για περισσότερο

χρόνο διδασκαλίας, η επέκτασή του σε δυο εξάμηνα αντί για ένα κλπ. Τέλος, είναι πολύ σημαντικό ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εκπαιδευτικών προτείνει να μείνει το μάθημα όπως είναι.

Συμπεράσματα και προτάσεις

Οι κρίσεις των εκπαιδευτικών που παρακολούθησαν το μάθημα «Περιβαλλοντική Επιστήμη και Οικολογία - Εργαστήριο» μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία για την οργάνωση της εκπαίδευσης εν ενεργεία εκπαιδευτικών στην Περιβαλλοντική Επιστήμη.

Ο σχεδιασμός του μαθήματος με διακριτά χαρακτηριστικά την εργασία σε ομάδες, τη διερευνητική προσέγγιση και τις πρακτικές-βιωματικές δραστηριότητες αξιολογήθηκε θετικά από τους συμμετέχοντες. Ο συνδυασμός πειραμάτων και λογισμικού θεωρείται από τους εκπαιδευτικούς αποδοτικός, εποπτικός, συμπληρωματικός και συμβάλλει στην κατανόηση σύνθετων περιβαλλοντικών φαινομένων από αυτούς. Όμως, θα πρέπει να προβλέπεται ένα ικανό χρονικό διάστημα στις πρώτες συναντήσεις για την εξοικείωση των συμμετεχόντων με όργανα, πειραματικές διατάξεις και συσκευές. Η εργασία σε ομάδες εκτιμήθηκε θετικά, αλλά απαιτεί πολλαπλάσιο χρόνο.

Γενικότερα, το περιεχόμενο και η μεθοδολογία του μαθήματος, φαίνεται να συνέβαλαν θετικά τόσο στην αύξηση των επιστημονικών γνώσεων των εκπαιδευτικών για τα περιβαλλοντικά φαινόμενα, όσο και στη διαμόρφωση θετικής στάσης σχετικά με την πειραματική προσέγγισή τους μέσω των Φυσικών Επιστημών. Ασφαλώς, η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της παρούσας προσέγγισης με εκείνη των παραδοσιακών διαλέξεων σε ομάδα ελέγχου και η μελέτη της επίδρασης του μαθήματος στην ικανότητα των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών να σχεδιάζουν περιβαλλοντικές δραστηριότητες με τους μαθητές τους, θα μπορούσαν να δώσουν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Παρκοσίδης, Ι., Μανδρίκας, Α. & Σκορδούλης, Κ. (2010). Ανάπτυξη Λογισμικού για τη Μελέτη του Φαινομένου του Θερμοκηπίου. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΠΕΕΚΠΕ με θέμα «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Το Σταυροδρόμι της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη», Ιωάννινα, 2010

Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ. (2005). Περιβάλλον: Επιστήμη και Εκπαίδευση. Leader Books, Αθήνα

Ψωμιάδης, Π., Χαλκίδης, Ά., Σαριδάκη, Ά. & Σκορδούλης, Κ. (2008). «Τι συμβαίνει με το Όζον;» Σχεδιασμός, ανάπτυξη και διαμορφωτική αξιολόγηση διδακτικής παρέμβασης για τους υποψηφίους δασκάλους. 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΠΕΕΚΠΕ με θέμα «ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ: Φυσικοί Πόροι, Κοινωνία, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση», Ναύπλιο, 2008

Bell, J. (1997). Μεθοδολογικός σχεδιασμός παιδαγωγικής και κοινωνικής έρευνας. Gutenberg (μτφ. Α.-Β. Ρήγα), Αθήνα

Ainley, J., Nardi, E. & Pratt, D. (2000). The construction of meanings for trend in active graphing. International Journal of Computers for Mathematical Learning, 5, 2, 85-114

Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: Is more science knowledge necessary to improve self-confidence? International Journal of Science Education, 17, 357-369

Barrett, G. W. & Puchy, C.A. (1977). Environmental Science: A new direction in Environmental Studies. International Journal of Environmental Studies, 10, 157-160

Bell, C., Shepardson, D., Harbor J., Klagges H., Burgess W., Meyer J. & Leuenberger T. (2003). Enhancing teachers' knowledge and use of inquiry through environmental science education. Journal of Science Teacher Education, 14, 49-71

Boyes, E., Stanisstreet, M., Spiliotopoulou-Papantoniou, V. (1999). The Ideas of Greek High School Students about the "Ozone Layer". Science Education, 83,724-737

Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? International Journal of Science Education, 21, 363 - 371

Christidou, V. & Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and depletion. Research in Science Education, 26, 421-436

Cunningham, W. P. & Cunningham, M. A. (2008). Environmental Science: A Global Concern, 10th Edition, New York, McGraw-Hill, USA

Dove, J. (1996). Student Teacher Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain. Environmental-Education-Research, 2, 89-100

Edelson, D.C. (2001). Learning-for-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. Journal of Research in Science Teaching, 38, 355-385.

Groves, F.H. & Pugh, A. F. (1999). Elementary Pre-Service Teacher Perceptions of the Greenhouse Effect. Journal of Science Education and Technology, 8, 75-81

Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. Research in Science Education, 27, 323-337

Linn, M.C., Layman, J. & Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skill development. Contemporary Educational Psychology, 12, 244-253

Mandrikas, A., Parkosidis, I., Psomiadis, P., Stoumpa, A., Chalkidis, A., Mavrikaki, E. & Skordoulis, K. (2012). Improving Pre-service Elementary Teachers' Education via a Laboratory Course on Air Pollution: One University's Experience. Journal of Science Education and Technology, DOI 10.1007/s10956-012-9380-1

McNall-Krall, R., Lott, K. H., Wymer, C. L. (2009). Inservice Elementary and Middle School Teachers' Conceptions of Photosynthesis and Respiration. Journal of Science Teacher Education, 20, 41–55

Meichtry, Y., Zint, M., Carlsen, W., Hart, P., Sammel, A., Zandvliet, D. & Dillon, J. (eds) (2001). Relations between Science Education and Environmental (Science) Education. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO, March 27, 2001. Retrieved from http://www.nku.edu/~scienceed/NARST_319.PDF

Papadimitriou, V. (2004). Prospective Primary Teachers' Understanding of Climate Change, Greenhouse Effect, and Ozone Layer Depletion. Journal of Science Education and Technology, 13, 299-307

Srinivasan, S., Pérez, L. C., Palmer, R. D., Brooks, D. W., Wilson, K. & Fowler, D. (2006). Reality versus Simulation. Journal of Science Education and Technology, 15, 137-141

UNESCO (2005). UN Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014, Draft International Implementation Scheme, Paris, ED/2005/PI/H/1.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΤΑ ΝΕΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Αναστασία Καραμιχάλη[1], Γιάννα Συμεωνίδου[2], Δήμητρα Ρίζου-Χριστοφίδου[2], Έλλη Σταύρου[2], Χρυστάλλα Κουμπάρου[2], Λουκία Αναστασιάδου[3]

[1]Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων/Λειτουργός Παιδαγωγικού Ινστιτούτου,
taskarm@cytanet.com.cy
[2]Εκπαιδευτικός Μ.Ε. και Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων
[3]Επιθεωρήτρια Χημείας, loukia_a@yahoo.com

Περίληψη

Η εργασία αυτή έχει σκοπό να παρουσιάσει το Πρόγραμμα της Επιμόρφωσης των καθηγητών Χημείας γυμνασίου στην Κύπρο, μέσα στα πλαίσια της εισαγωγής των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων (Ν.Α.Π.). Το πρόγραμμα παρακολουθούν όλοι οι εκπαιδευτικοί Χημείας γυμνασίων και η επιμόρφωση γίνεται είτε κεντρικά είτε μέσα στη σχολική μονάδα σε δίκτυα σχολείων. Οι επιμορφωτικές δράσεις περιλαμβάνουν σεμινάρια, βιωματικά εργαστήρια και αναλήψεις διδασκαλίας στην τάξη με νέο διδακτικό υλικό που έχει αναπτυχθεί. Αναπόσπαστο μέρος κάθε επιμορφωτικής δράσης είναι η συζήτηση μεταξύ των εκπαιδευτικών και η ανατροφοδότηση στο τέλος. Επιμορφωτές είναι η επιθεωρήτρια της Χημείας και όλα τα μέλη της ομάδας συγγραφής του νέου διδακτικού υλικού για το μάθημα, υπό την επίβλεψη της επιθεωρήτριας.

Abstract

The objective of this work is to present in detail the In–Service Training Programme of gymnasium Chemistry teachers in Cyprus within the framework of the introduction of the New Curriculum. The programme is implemented through centralised training events or localised events in school networks and is attended by all gymnasium Chemistry teachers. The training activities include seminars, workshops and classroom application of new teaching material that has been developed and they are designed to actively engage teachers, both in discussion as well as feedback. The training is conducted by all the members of the team responsible for the development of the teaching material with the Head Chemistry Inspector in charge.

Εισαγωγή

Η εισαγωγή των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων (Ν.Α.Π.) στα σχολεία της Κύπρου, οδήγησε σε νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Χημείας και κατά συνέπεια στην ανάπτυξη νέου διδακτικού υλικού ώστε να ανταποκρίνεται στις βασικές αρχές των Ν.Α.Π.

Το νέο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας άρχισε να εφαρμόζεται στη Β΄ τάξη Γυμνασίου από την τρέχουσα σχολική χρονιά με διδακτικό υλικό το οποίο βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες, ικανότητες, στάσεις και συμπεριφορές που απαιτούνται στη σημερινή μας κοινωνία. Παράλληλα με τη συγγραφή του διδακτικού υλικού άρχισε και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών Χημείας για την εφαρμογή του υλικού στη διδασκαλία, μέσα από σεμινάρια και βιωματικά εργαστήρια.

Η εργασία αυτή παρουσιάζει αναλυτικά το πρόγραμμα της επιμόρφωσης, βασικός στόχος του οποίου είναι η ενημέρωση των εκπαιδευτικών του γυμνασίου για τη φιλοσοφία των Ν.Α.Π. Επιπρόσθετα, δίνονται πρακτικές οδηγίες για την προσαρμογή των μεθόδων διδασκαλίας των εκπαιδευτικών στις ανάγκες / απαιτήσεις του Νέου Προγράμματος Σπουδών του μαθήματος της Χημείας.

Παρακάτω αναλύονται με λεπτομέρεια οι επιμορφωτικές δράσεις του προγράμματος.

Σχολική χρονιά 2010-11:

Σεμινάριο 1

Έγινε ενημέρωση των χημικών γυμνασίου για τη φιλοσοφία των Ν.Α.Π. και τις αρχές οργάνωσης και εφαρμογής των Προγραμμάτων Σπουδών. Συζητήθηκαν οι έννοιες Δημοκρατικό και Ανθρώπινο Σχολείο και τέθηκαν ερωτήματα για συζήτηση σε ομάδες και στην ολομέλεια των συμμετεχόντων: τι άλλαξε στα νέα αναλυτικά προγράμματα, ποιοι οι πυλώνες των νέων αναλυτικών προγραμμάτων, ποιες οι θεμελιώδεις παιδαγωγικές αρχές των νέων αναλυτικών προγραμμάτων, δασκαλοκεντρική διδασκαλία ή μαθητοκεντρική διδασκαλία, είναι η μαιευτική μέθοδος δασκαλοκεντρική ή μαθητοκεντρική μέθοδος διδασκαλίας; Έγινε επίσης συζήτηση που αφορούσε στο Ν.Α.Π. και στο πρόγραμμα σπουδών.

Σεμινάριο 2

Έγινε παρουσίαση και συζήτηση ενός πειραματικού μαθήματος. Συζητήθηκε η πορεία ετοιμασίας υλικού για ένα μάθημα Χημείας βάσει της φιλοσοφίας των νέων αναλυτικών προγραμμάτων. Συζητήθηκαν οι έννοιες δείκτης επιτυχίας και στόχος του μαθήματος. Δόθηκε σχέδιο μαθήματος, υλικό για αφόρμιση, φύλλο εργασίας που περιλάμβανε δραστηριότητες για εντοπισμό των προϋπαρχουσών γνώσεων, προώθηση των στόχων του μαθήματος με πειραματικές και μη πειραματικές δραστηριότητες, αξιολόγηση των στόχων του μαθήματος και δραστηριότητες για ολοκλήρωση του μαθήματος.

Η συζήτηση επικεντρώθηκε στη σημασία προώθησης ισότιμα των τριών πυλώνων που αναφέρονται στο αναλυτικό πρόγραμμα: την απόκτηση συνεκτικού και επαρκούς σώματος γνώσεων (1ος πυλώνας), την καλλιέργεια της ιδιότητας του πολίτη (2ος πυλώνας) και την καλλιέργεια των ιδιοτήτων, ικανοτήτων και δεξιοτήτων (κομβικά προσόντα) που απαιτούνται στον 21ο αιώνα (3ος πυλώνας), καθώς και στην οργάνωση της τάξης.

Σεμινάρια Ιανουαρίου (21 και 24 Ιανουαρίου, «Ημέρες του Εκπαιδευτικού»)

Αυτά τα σεμινάρια αξιοποιήθηκαν ως συνέχεια των προηγούμενων σεμιναρίων για τους εκπαιδευτικούς Χημείας στα Γυμνάσια. Έγινε ενημέρωση των εκπαιδευτικών για το πώς προχωρούμε, για τους μηχανισμούς συντονισμού - υποστήριξης καθώς και για τη μικρής κλίμακας εφαρμογή θεματικών ενοτήτων των Ν.Α.Π. Συζητήθηκε η διαφοροποίηση της διδασκαλίας καθώς και τρόποι ενεργοποίησης και εμπλοκής των μαθητών.

Στη συνέχεια στα σεμινάρια αυτά, έγινε παρουσίαση δύο θεματικών ενοτήτων του μαθήματος της Χημείας Γυμνασίου που αφορούσαν θεωρητικά μαθήματα Χημείας (μη πειραματική προώθηση των στόχων του μαθήματος). Για τις δύο αυτές προσεγγίσεις δόθηκε σχέδιο μαθήματος, υλικό για αφόρμιση, φύλλο εργασίας που περιλάμβανε δραστηριότητες για εντοπισμό των προϋπαρχουσών γνώσεων, προώθηση των στόχων του μαθήματος με μη πειραματικές δραστηριότητες, αξιολόγηση των στόχων του μαθήματος και δραστηριότητες για ολοκλήρωση του μαθήματος. Η συζήτηση που ακολούθησε επικεντρώθηκε στη διαφοροποίηση της διδασκαλίας και στους τρόπους ενεργοποίησης και εμπλοκής των μαθητών για τις δύο θεματικές ενότητες.

Σεμινάριο 3

Όλοι οι καθηγητές Χημείας οργανώθηκαν σε ομάδες, ετοίμασαν υλικό στον ελεύθερο τους χρόνο, το παρουσίασαν στην ολομέλεια και ακολούθησε συζήτηση. Έγιναν παρουσιάσεις δραστηριοτήτων με πρωτοτυπία όπως το παιχνίδι, αξιοποίηση δεδομένων σε πίνακα και σε σχεδιάγραμμα.

Σεμινάρια Ιουνίου

Οι χημικοί καθηγητές Γυμνασίου ενημερώθηκαν για τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας μέσα από βιωματικά εργαστήρια. Εφάρμοσαν τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας, διεξήγαγαν πειράματα και συζήτησαν τρόπους εφαρμογής της στη διδασκαλία του μαθήματος της χημείας.

- Τα σεμινάρια 1, 2 και 3 και τα σεμινάρια του Ιουνίου τα παρακολούθησε ένας εκπαιδευτικός από κάθε Γυμνάσιο ο οποίος στη συνέχεια λειτούργησε ως πολλαπλασιαστής στο σχολείο του. (Σε κάθε γυμνάσιο υπηρετεί ένας/μία χημικός με πλήρη απασχόληση και 1-2 χημικοί με μερική απασχόληση).

Εισηγήσεις

Οι καθηγητές που συμμετείχαν στα σεμινάρια έκαναν διάφορες εισηγήσεις όπως:

- Να γίνουν περισσότερα σεμινάρια.
- Επίσης ζητήθηκε οργάνωση τρόπου επικοινωνίας μεταξύ των μάχιμων καθηγητών Χημείας και ανταλλαγή υλικού. Οι επιμορφωτές μετά από σχετική ενημέρωση/άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, εισηγήθηκαν μεταφόρτωση (upload) εκπαιδευτικού υλικού στην ιστοσελίδα *http://www.e-epimorfosi.ac.cy*
- Η άποψη των επιμορφωτών είναι ότι η συνέχεια των βιωματικών σεμιναρίων είναι αναγκαία. Θα δοθεί με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα να συζητηθούν σε εκτενέστερο βαθμό οι διδακτικές προσεγγίσεις όπως μάθηση με λύση προβλήματος, ο βαθμός καθοδήγησης κατά την διδασκαλία και η αξιολόγηση του μαθητή (αξιολόγηση για μάθηση, αυτοαξιολόγηση), στο μάθημα της Χημείας.

Οι επιμορφωτές ήταν η επιθεωρήτρια της Χημείας και η υπεύθυνη του Προγράμματος Προϋπηρεσιακής Επιμόρφωσης για το μάθημα της Χημείας. Τα σεμινάρια του Ιουνίου ήταν συνεργασία του Υπουργείου Παιδείας και του Πανεπιστημίου Κύπρου στα πλαίσια του προγράμματος ESTABLISH και έγιναν από την επιθεωρήτρια, από συνεργάτη του Πανεπιστημίου Κύπρου και από Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Σχολική χρονιά 2011-12

Με βάση τις πιο πάνω εισηγήσεις, η επιμόρφωση των καθηγητών γυμνασίου συνεχίστηκε και την περσινή σχολική χρονιά με δράσεις οι οποίες στόχευαν (α) να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν νέες διδακτικές προσεγγίσεις μάθησης με βάση τις τρεις Γενικές Αρχές (πυλώνες) του Ν.Α.Π., (β) να εφαρμόσουν στην τάξη νέο διδακτικό υλικό που ετοιμάστηκε από την ομάδα των Ν.Α.Π. Χημείας και (γ) να ετοιμάσουν οι ίδιοι διδακτικό υλικό (φύλλα εργασίας) που να ανταποκρίνεται στις νέες απαιτήσεις και να το εφαρμόσουν στην τάξη. Για καλύτερη οργάνωση του τρόπου επικοινωνίας μεταξύ των εκπαιδευτικών και για να βρίσκονται τα μέλη της ομάδας των Ν.Α.Π. πιο κοντά στους εκπαιδευτικούς, δύο από τα επιμορφωτικά σεμινάρια έγιναν μέσα στη σχολική μονάδα. Για να επιτευχθεί αυτό, τα γυμνάσια ταξινομήθηκαν σε έξι δίκτυα: δύο δίκτυα στην επαρχία Λευκωσίας, δύο στην επαρχία Λεμεσού και από ένα στις επαρχίες Λάρνακας και Πάφου. Αναλυτικότερα, οι δράσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι:

1. Επιμορφωτικά σεμινάρια σε δίκτυα σχολείων ανά επαρχία το Νοέμβριο 2011.
2. Επιμορφωτικά σεμινάρια σε δίκτυα σχολείων ανά επαρχία τον Μάρτιο 2012.
3. Επιμορφωτικό σεμινάριο-εργαστήρι σε κεντρική βάση, ένα στη Λευκωσία και ένα στη Λεμεσό, με θέμα «Εφαρμογές των Αρχών των ΝΑΠ κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Χημείας στη Β' Τάξη Γυμνασίου» στο πλαίσιο του θεσμού «Μέρες του Εκπαιδευτικού» τον Ιανουάριο 2012.

Τα σεμινάρια τα παρακολούθησαν όλοι οι καθηγητές Χημείας γυμνασίου καθώς και αριθμός καθηγητών χημείας λυκείων.

Για τα σεμινάρια του Νοεμβρίου και του Μαρτίου:

- Το κάθε μέλος της ομάδας των Ν.Α.Π. ανέλαβε ως υποστηρικτής (Mezirow & Associates 2000) των εκπαιδευτικών ενός ή δύο δικτύων καθώς και τον συντονισμό του σεμιναρίου στο συγκεκριμένο δίκτυο.
- Η επικοινωνία μεταξύ του υποστηρικτή και των εκπαιδευτικών του κάθε δικτύου ήταν συνεχής και γινόταν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου e-mail και/ή τηλεφωνικά.
- Ένας εκπαιδευτικός από κάθε δίκτυο σχολείων ανέλαβε, κατόπιν συνεννόησης και με την επιθεωρήτρια της Χημείας, την ανάληψη μιας διδασκαλίας (80 λεπτά) σε ένα από τα τμήματα στο σχολείο του, από το νέο διδακτικό υλικό που ανέπτυξε η ομάδα των Ν.Α.Π. Την ανάληψη της διδασκαλίας παρακολούθησαν όλοι οι εκπαιδευτικοί του συγκεκριμένου δικτύου, μέλη της ομάδας των Ν.Α.Π. και η επιθεωρήτρια.

- Αμέσως μετά από τη διδασκαλία - εφαρμογή του νέου διδακτικού υλικού στην τάξη, ακολουθούσε συζήτηση και ανατροφοδότηση.
- Οι παρευρισκόμενοι κλήθηκαν να δώσουν (ανώνυμα) και γραπτή ανατροφοδότηση προς την ομάδα των Ν.Α.Π. για το διδακτικό υλικό (φύλλο εργασίας κ.λ.π.) που χρησιμοποιήθηκε στην ανάληψη της διδασκαλίας σε σχετικό έντυπο που ετοίμασε η ομάδα με ιδιαίτερη αναφορά σε συγκεκριμένα σημεία που διαπραγματεύονταν στο υλικό όπως τα κομβικά προσόντα, τις δραστηριότητες για την ανάπτυξη της γλωσσικής ικανότητας, διαθέσιμος διδακτικός χρόνος κ.ά. και να εκφράσουν τις δικές τους απόψεις για τη βελτίωση του συγκεκριμένου υλικού.
- Όλοι οι εκπαιδευτικοί που παρευρίσκοντο στα σεμινάρια είχαν την ευχέρεια να εφαρμόσουν το διδακτικό υλικό σε τμήμα τους ή και να το προσαρμόσουν ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών τους και να σχολιάσουν την εφαρμογή του (δυσκολίες, προβληματισμούς ή επικρότηση της διδακτικής διαδικασίας.

Μετά από την εμπειρία του πρώτου σεμιναρίου το Νοέμβριο, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν από τον υποστηρικτή του δικτύου τους να δημιουργήσουν ομάδες των 3-4 ατόμων (Brookfield 1996) και να ετοιμάσουν φύλλο εργασίας-διδακτικό υλικό σε μια ενότητα της επιλογής τους από το υφιστάμενο αναλυτικό πρόγραμμα της Β' τάξης με βάση όμως τις Αρχές των Ν.Α.Π. Αυτό το υλικό το εφάρμοσαν στην τάξη τους είτε μόνοι τους είτε στην παρουσία (αν το επιθυμούσε ο/η εκπαιδευτικός) υποστηρικτή-μέλους της ομάδας των Ν.Α.Π. Με αυτό τον τρόπο, δόθηκε η ευκαιρία σε όλους τους εκπαιδευτικούς να εμπλακούν ενεργά (Mezirow & Associates 2000) στη διαδικασία της εφαρμογής των Αρχών των Ν.Α.Π. στη διδασκαλία του μαθήματος τους.

Σεμινάριο-εργαστήρι στο πλαίσιο του θεσμού «Μέρες του Εκπαιδευτικού»

Το σεμινάριο-εργαστήρι πάνω σε κεντρική βάση πραγματοποιήθηκε στις 23/1/12 στη Λευκωσία για τους καθηγητές Χημείας της επαρχίας Λευκωσίας, Λάρνακας και Αμμοχώστου και επαναλήφθηκε στις 24/1/12 στη Λεμεσό για τους καθηγητές της επαρχίας Λεμεσού και Πάφου. Σε αυτό παρευρέθηκαν όλα τα μέλη της ομάδας των Ν.Α.Π. Χημείας και ανέλυσαν με λεπτομέρεια τη 2η Γενική Αρχή (2ος πυλώνας) και την 3η Γενική Αρχή (3ος πυλώνας) των Ν.Α.Π. Συγκεκριμένα:

- Το κάθε μέλος της ομάδας παρουσίασε και ανέλυσε μέρος από αυτές τις Γενικές Αρχές, δηλαδή την καλλιέργεια της ιδιότητας του πολίτη, και την καλλιέργεια των ιδιοτήτων, ικανοτήτων και δεξιοτήτων που απαιτούνται στον 21ο αιώνα (κομβικά προσόντα).
- Δόθηκε από την ομάδα των Ν.Α.Π. ένα έντυπο με λεπτομερή ανάλυση-ταξινόμηση των δραστηριοτήτων, με βάση τις δύο πιο πάνω Γενικές Αρχές, που περιλαμβάνονται σε ένα από τα φύλλα εργασίας στα οποία έγινε μια από τις προηγούμενες αναλήψεις διδασκαλίας
- Στη συνέχεια οι εκπαιδευτικοί συνεργάστηκαν στις ομάδες εργασίας τους (Brookfield 1995) και με τον ίδιο τρόπο, ανάλυσαν-ταξινόμησαν τις δραστηριότητες του δικού τους φύλλου εργασίας (το οποίο είχαν φέρει μαζί τους) και τις παρουσίασαν στην ολομέλεια.

Τα επιμορφωτικά σεμινάρια έγιναν από την επιθεωρήτρια και την ομάδα των Ν.Α.Π. Χημείας η οποία αποτελείτο από τέσσερις καθηγήτριες της Μέσης Εκπαίδευσης με απόσπαση στο Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων, υπό την εποπτεία της επιθεωρήτριας.

Αρχικές επιφυλάξεις και αντιδράσεις από τους εκπαιδευτικούς

Στην αρχή της σχολικής χρονιάς εξεφράστηκαν έντονες επιφυλάξεις, ενδοιασμοί και αμφιβολίες οι οποίες πήγαζαν από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών στις οποίες είναι μακροχρόνια προσκολλημένοι (Brookfield 1996). Ακόμη υπήρξαν και αρνητικές αντιδράσεις από την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών χημείας στα Γυμνάσια σε ότι αφορούσε την επιτυχία των στόχων των Ν.Α.Π. στα πλαίσια των νέων προσεγγίσεων που απαιτούνται και του διαθέσιμου διδακτικού χρόνου του μαθήματος. Αντιδράσεις όπως: οι μαθητές δεν μπορούν να δουλέψουν μόνοι τους, οι

μαθητές δεν μπορούν να βγάλουν μόνοι τους τη γνώση, ο χρόνος του μαθήματος (80 λεπτών) δεν είναι αρκετός για να τελειώσει το φύλλο εργασίας, ήταν συνεχείς και έντονες.

Αποτελέσματα

Με την πάροδο του χρόνου και μέσα από τη συνεχή επιμόρφωση, τις αναλήψεις διδασκαλίας που πραγματοποιήθηκαν, την ατομική ή την ομαδική εργασία των καθηγητών και με τη συνεχή επικοινωνία και στήριξη από όλα τα μέλη της ομάδας των Ν.Α.Π, το κλίμα έγινε πολύ πιο θετικό και δεκτικό στις νέες προσεγγίσεις. Αυτό φάνηκε μέσα από την ανατροφοδότηση, γραπτή και προφορική, που έδιναν οι εκπαιδευτικοί στους υποστηρικτές του δικτύου τους και μέσα από τις συζητήσεις στα σεμινάρια. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις / ανατροφοδότηση των εκπαιδευτικών, σημαντικοί παράγοντες που συνέτειναν στο θετικό κλίμα, είναι:

(α) Το γεγονός ότι ο κάθε εκπαιδευτικός είχε την ευκαιρία και απέκτησε εμπειρία από πρώτο χέρι για:
   ι. Το νέο ρόλο του εκπαιδευτικού στη μαθησιακή διαδικασία
   ιι Τον ενεργό ρόλο του μαθητή στη διαδικασία της δικής του μάθησης, του δικού ρυθμού και του δικού του μαθησιακού στυλ
   ιιι. Το ότι η γνώση βγαίνει από τον ίδιο το μαθητή μέσα από τις ποικίλες και στοχευμένες δραστηριότητες των φύλλων εργασίας
   ιν. Το ότι ο διδακτικός χρόνος που αφιερώνεται για το κάθε φύλλο εργασίας είναι αρκετός για την επίτευξη των συγκεκριμένων στόχων του μαθήματος

(β) Παρακολουθώντας αναλήψεις διδασκαλίας του νέου διδακτικού υλικού από συναδέρφους τους, λειτούργησε ως θετικό κίνητρο η σκέψη «αφού τα κατάφεραν οι συνάδερφοί μου, γιατί όχι και εγώ;» για τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς ώστε να δοκιμάσουν και αυτοί την εφαρμογή του υλικού στις δικές τους τάξεις.

(γ) Για πρώτη φορά, οι εκπαιδευτικοί έχουν αυτονομία στη χρήση του διδακτικού υλικού που έχει ετοιμαστεί αφού αυτό είναι στη διάθεσή τους και σε ψηφιακή μορφή δίνοντάς τους έτσι τη δυνατότητα να το αξιοποιήσουν/προσαρμόσουν ανάλογα με τις ανάγκες της τάξης τους.

Αξιολόγηση

Οι επιμορφωτικές δράσεις ήταν κάτω από συνεχή αξιολόγηση από τους εκπαιδευόμενους μέσα από την ανατροφοδότηση που έδιναν στην ομάδα των Ν.Α.Π. μετά από κάθε ανάληψη και στο τέλος κάθε σεμιναρίου. Επίσης, η ανατροφοδότηση ήταν συνεχής μέσα από τη συνεχή προσωπική επαφή υποστηρικτή-εκπαιδευόμενου, ή υποστηρικτή-ομάδας εκπαιδευομένων. Οι εκπαιδευόμενοι είχαν την ευκαιρία, σε κάθε περίπτωση, να εκφράσουν τις απόψεις και τις ανάγκες τους είτε για το διδακτικό υλικό που τους δινόταν ή/και για περαιτέρω στήριξη. Βάση αυτής της ανατροφοδότησης, η ομάδα των υποστηρικτών προσάρμοζε ανάλογα τις επιμορφωτικές της δραστηριότητες για να ικανοποιήσει όσον το δυνατό όλες τις ανάγκες (Illeris 2002). Μέσα από την αξιολόγηση έχουν εντοπιστεί τα πιο κάτω προβλήματα:

- Στην πλειοψηφία τους οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να διαφοροποιήσουν / προσαρμόσουν τα έτοιμα φύλλα εργασίας. Κυριαρχεί η τάση «ότι έρχεται έτοιμο από το Υπουργείο Παιδείας, παραμένει ως έχει».
- Οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται περισσότερη ενθάρρυνση για να συνεργαστούν μεταξύ τους σε ομάδες για την παραγωγή διδακτικού υλικού.
- Χρειάζεται επίσης περισσότερη ενθάρρυνση για επαφή μεταξύ εκπαιδευτικών σε διαφορετικά σχολεία του ίδιου δικτύου.
- Υπάρχουν κάποιες δυσκολίες που σχετίζονται με τη συνεργασία ανάμεσα στους μαθητές στις διάφορες ομάδες.
- Υπάρχουν επίσης κάποιες δυσκολίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των ομάδων των μαθητών στην τάξη όπως, για παράδειγμα, κάποιες ομάδες εργάζονται πιο γρήγορα από άλλες.

Σχολική χρονιά 2012-13

Τα επιμορφωτικά σεμινάρια συνεχίζονται και φέτος από την επιθεωρήτρια και την ομάδα των Ν.Α.Π. Χημείας για όλους τους καθηγητές σε σχέση με το νέο διδακτικό υλικό για την Γ' τάξη το οποίο συγγράφει η ομάδα και το οποίο αναμένεται να εφαρμοστεί στα σχολεία την επόμενη σχολική χρονιά. Η επιμόρφωση προγραμματίζεται να γίνει με παρόμοιο τρόπο όπως πέρσι και γι'αυτό το σκοπό έχουν δημιουργηθεί 7 δίκτυα σχολείων (δύο δίκτυα στην επαρχία Λευκωσίας, δύο στην επαρχία Λεμεσού δύο στην επαρχία Λάρνακα και ένα στην επαρχία Πάφου).

Το πρώτο επιμορφωτικό σεμινάριο της φετινής σχολικής χρονιάς έχει ήδη ολοκληρωθεί τον Οκτώβριο σε όλα τα δίκτυα σχολείων. Στο σεμινάριο αυτό, ένας εκπαιδευτικός από κάθε δίκτυο ανέλαβε κατόπιν συνεννόησης και με την επιθεωρήτρια της Χημείας, την ανάληψη μιας διδασκαλίας, (80 λεπτών) σε ένα από τα τμήματα στο σχολείο του, εφαρμόζοντας νέο διδακτικό υλικό που έχει αναπτύξει η ομάδα των Ν.Α.Π. Την ανάληψη της διδασκαλίας παρακολούθησαν όλοι οι εκπαιδευτικοί του συγκεκριμένου δικτύου, μέλη της ομάδας των Ν.Α.Π. και η επιθεωρήτρια. Αμέσως μετά από την ανάληψη της διδασκαλίας ακολούθησε συζήτηση και ανατροφοδότηση.

Οι επόμενες δράσεις που έχουν προγραμματιστεί είναι:

1. Επιμορφωτικά σεμινάρια σε κεντρική βάση τον Φεβρουάριο 2013.
2. Επιμορφωτικό σεμινάριο-εργαστήρι σε κεντρική βάση τον Ιούνιο 2013.

Στο σεμινάριο του Φεβρουαρίου θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στους τρόπους διαφοροποίησης των φύλλων εργασίας, ώστε οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να τα προσαρμόσουν στις ανάγκες / ιδιαιτερότητες της τάξης τους. Αυτό είναι κάτι το οποίο προέκυψε μέσα από την ανατροφοδότηση που έδωσαν οι εκπαιδευτικοί στο σεμινάριο τον Οκτώβριο.

Το θέμα των σεμιναρίου του Ιουνίου, θα ανακοινωθεί αργότερα, αφού ληφθεί υπόψη η ανατροφοδότηση που θα έχει η ομάδα των Ν.Α.Π. καθώς και οι νέες ανάγκες που πιθανόν να προκύψουν μετά από την αξιολόγηση του σεμιναρίου του Φεβρουαρίου.

Παρακολούθηση της εφαρμογής του νέου διδακτικού υλικού της Β' τάξης στα γυμνάσια με πιλοτική εφαρμογή του νέου Ωρολογίου Προγράμματος

Το Υπουργείο Παιδείας της Κύπρου, εφαρμόζει πιλοτικά, κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά, το νέο ωρολόγιο πρόγραμμα το οποίο ανταποκρίνεται στις ανάγκες των διδακτικών περιόδων του Ν.Α.Π. σε τέσσερα γυμνάσια σε όλη την Κύπρο. Η ομάδα των Ν.Α.Π. χημείας, παράλληλα με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για το νέο διδακτικό υλικό που θα παραχθεί για την Γ' τάξη, παρακολουθεί επίσης στενά, την εφαρμογή του νέου διδακτικού υλικού στη Β΄ τάξη στα τέσσερα πιλοτικά σχολεία. Με βάση τα αποτελέσματα που θα προκύπτουν στην πορεία, από την ανατροφοδότηση/αξιολόγηση αυτής της πιλοτικής φάσης, η ομάδα θα προσαρμόζει ανάλογα και τις επιμορφωτικές της δράσεις.

Προαιρετικά σεμινάρια επιμόρφωσης για τους καθηγητές Χημείας που προσφέρθηκαν από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου

Σε συνέχεια των πρωινών σεμιναρίων πέρσι, το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο μέσα στα πλαίσια του Προγράμματος Προαιρετικών Σεμιναρίων Επιμόρφωσης, διοργάνωσε σε απογευματινό χρόνο σεμινάρια για περισσότερη εμβάθυνση στο σχεδιασμό του μαθήματος της Χημείας Γυμνασίου. Δόθηκε έμφαση στις διδακτικές μεθόδους και στην αξιολόγηση του μαθητή, με στόχο την ισότιμη προώθηση των τριών Γενικών Αρχών των ΝΑΠ.

Για φέτος έχουν προγραμματιστεί δύο προαιρετικά σεμινάρια, το ένα έχει ήδη τελειώσει, με θέμα «Εργαστηριακές δραστηριότητες στο μάθημα της Χημείας Β΄ τάξης Γυμνασίου σύμφωνα με το Ν.Α.Π.». Θα δοθεί έμφαση στη σημασία του πειράματος και τρόπους ένταξής του στη διδασκαλία της Χημείας καθώς και στην αξιοποίηση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων μέσα από τα φύλλα εργασίας του νέου διδακτικού υλικού.

Επιμορφωτές στα περσινά προαιρετικά σεμινάρια ήταν δύο εξωτερικοί συνεργάτες του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και φέτος είναι μία Λειτουργός του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και μέλος της ομάδας των Ν.Α.Π. Χημείας.

Καταληκτικό σχόλιο

Στο παρών στάδιο, πιστεύουμε ότι τα μέχρι τώρα αποτελέσματα των επιμορφωτικών δράσεων της ομάδας μας είναι πολύ ενθαρρυντικά και ευελπιστούμε στην επιτυχία της εφαρμογής του νέου προγράμματος σπουδών Χημείας στη Β' τάξη Γυμνασίου που έχει ήδη αρχίσει. Θέλουμε να εκφράσουμε και την ίδια αισιοδοξία για την επιτυχία των στόχων μας και σε ότι αφορά την Γ΄ τάξη.

Βιβλιογραφία

Κόκκος Α. (2005α). Εκπαίδευση Ενηλίκων. Ανιχνεύοντας το πεδίο. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Κόκκος Α. (2005β). Η εμπειρική εκπαίδευση ενηλίκων. Εκπαίδευση Ενηλίκων, 4, 4-13.

Brookfield, S.D. (1995). Becoming a Critically Reflective Teacher. Jossey-Bass Inc. San Francisco, California.

Brookfield, S.D. (2001). Understanding and Facilitating Adult Learning. Open University Press, Buckingham.

Illeris K. (2002). Three Dimensions of Learning. NIACE, Leicester.

Illeris K. (2002). Understanding the conditions of adult learning. Adults Learning, (14) 4, 18-20

Jarvis, P. (2004). Adult Education and Lifelong Learning. Theory and Practice. 3rd edition, RoutledgeFalmer, London and New York.

Jarvis, P., Griffin, C., & Holford, J. (2005). The Theory and Practice of Learning. 2nd edition, RoutledgeFalmer, New York.

Mezirow J. & Associates (2000). Learning as Transformation. Critical perspectives on a theory in Progress. Jossey – Bass, San Francisco.

Mezirow J. & Συνεργάτες (2007). Η Μετασχηματίζουσα Μάθηση. Επιστημονική επιμέλεια: Α. Κόκκος. Μετάφραση: Γ. Κουλαουζίδης. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Rogers, A. (1999). Η Εκπαίδευση Ενηλίκων. Μετάφραση: Μ. Κ. Παπαδοπούλου, Μ. Τόμπρου. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Επιμορφωτές

2010-11

Λουκία Αναστασιάδου, Επιθεωρήτρια Χημείας

Βάλια Αγγελή ΒΔΑ', Υπεύθυνη του Προγράμματος Προϋπηρεσιακής Επιμόρφωσης για το μάθημα της Χημείας.

Δρ Μιχάλης Νικολάου, Συνεργάτης του Πανεπιστημίου Κύπρου

Δρ Νίκος Βαλανίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής Πανεπιστημίου Κύπρου.

2011-12

Λουκία Αναστασιάδου, Επιθεωρήτρια Χημείας

Γιάννα Συμεωνίδου, Γραφείο Αναλυτικών Προγραμμάτων (Γ.Α.Π.)

Αναστασία Καραμιχάλη ΒΔ, Παγκύπριο Γυμνάσιο, Λειτουργός Παιδαγωγικού Ινστιτούτου/ Γ.Α.Π.

Δήμητρα Ρίζου-Χριστοφίδου, Γυμνάσιο Αθηαίνου και Σύμβουλος Χημείας

Έλλη Σταύρου, Λύκειο Ιδαλίου, Σύμβουλος Χημείας και Γ.Α.Π.

Εξωτερικοί Συνεργάτες του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου:

Δρ Μιχάλης Νικολάου
Βάλια Αγγελή

2012-13

Λουκία Αναστασιάδου, Επιθεωρήτρια Χημείας
Αναστασία Καραμιχάλη ΒΔ, Λειτουργός Παιδαγωγικού Ινστιτούτου και Γ.Α.Π.
Γιάννα Συμεωνίδου, Γυμνάσιο Παλουριώτισσας και Γ.Α.Π.
Χρυστάλλα Κουμπάρου, Γ.Α.Π. και Γυμνάσιο Δροσιάς
Δήμητρα Ρίζου-Χριστοφίδου, Γυμνάσιο Σταυρού, Σύμβουλος Χημείας και Γ.Α.Π.

Η 'Συνεργατική - συμμετοχική' προσέγγιση ανάπτυξης δραστηριοτήτων ως μέθοδος βελτίωσης της γνώσης των εκπαιδευτικών

Μαρία Καλλέρη
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
kallery@astro.auth.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή παρουσιάζει μια διαδικασία που στοχεύει στην αναβάθμιση της γνώσης στη φυσική των εκπαιδευτικών των χαμηλότερων βαθμίδων της εκπαίδευσης. Ειδικότερα εστιάζει στον τρόπο συμμέτοχης των εκπαιδευτικών και τη συμβολή τους στη διαμόρφωση δραστηριοτήτων φυσικής τις οποίες στη συνέχεια υλοποίησαν στην τάξη. Η διαδικασία χρησιμοποίησε τη 'συνεργατική – συμμετοχική' προσέγγιση στην οποία η έννοια 'συνεργατική' ορίζεται ως πράξη κοινής δημιουργίας στην οποία οι συμμετέχοντες συνεισφέρουν τη δική τους 'εμπειρογνωμοσύνη'. Στην ομάδα εργασίας συμμετείχαν 6 εν ενεργεία εκπαιδευτικοί και μία ερευνήτρια. Κύριες πηγές δεδομένων απετέλεσαν η σχολική τάξη, οι συζητήσεις στην ομάδα, οι γραπτές εκθέσεις και το ερωτηματολόγιο αυτό-αξιολόγησης των εκπαιδευτικών. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε βελτίωση της γνώσης Περιεχομένου των εκπαιδευτικών καθώς και των διαφόρων όψεων της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου τους.

Abstract

The present work presents a process aiming at early years' teachers' knowledge upgrading in physics. Specifically it focuses on the way the teachers participated and contributed to the development of physics activities which afterwards they implemented in the classroom. The work used a collaborative partnership approach. The collaborative notion is defined as an act of shared creation where partners bring their expertise. Six teachers and a researcher participated in the work group. Main sources of data were the classroom, group informal discussions, teachers' essays and a self evaluation questionnaire. Findings showed improvement of teachers' content knowledge as well as of aspects of their Pedagogical Content Knowledge.

Εισαγωγή

Είναι πλέον ευρέως αποδεκτό ότι μεταξύ των παραγόντων 'ποιότητα εκπαίδευσης', 'προσόντα εκπαιδευτικών' και 'ποιότητα πρακτικών διδασκαλίας' υπάρχει μια στενή σχέση (Garbett 2003). Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν μερικούς από αυτούς που πιστεύεται ότι επηρεάζουν τη μάθηση. Έρευνες όμως έχουν δείξει ότι τα προσόντα και οι δυνατότητες στις φυσικές επιστήμες των εκπαιδευτικών των χαμηλότερων βαθμίδων της εκπαίδευσης είναι αρκετά περιορισμένα. Πιο συγκεκριμένα μελέτες του υπόβαθρου γνώσης και των διδακτικών πρακτικών στις φυσικές επιστήμες των εν λόγω εκπαιδευτικών (Kallery and Psillos 2001, Kallery and Psillos 2002) έχουν διαγνώσει αφ' ενός χαμηλά επίπεδα γνώσης και εναλλακτικές αντιλήψεις αρκετές εκ των οποίων συμπίπτουν με αυτές που έχουν εντοπιστεί στα παιδιά, και αφ' ετέρου, προβλήματα στη διδασκαλία του αντικειμένου καθώς και αποκλείσεις στην εφαρμογή των προτάσεων του Αναλυτικού Προγράμματος για τις φυσικές επιστήμες. Μια άλλη επίσης μελέτη (Kallery, Psillos Tselfes 2009) στην οποία έγινε μια επιστημολογική ανάλυση των δραστηριοτήτων φυσικών επιστημών έδειξε ότι οι πρακτικές που υιοθετούν οι παραπάνω εκπαιδευτικοί στις δραστηριότητες αυτές δεν προάγουν την επιστημονική σκέψη και την κατανόηση των υπό μελέτη εννοιών και φαινομένων.

Μια από τις μελέτες (Kallery 2004) που αφορούν τις ανησυχίες και ανάγκες των εκπαιδευτικών όπως οι ίδιοι τις αντιλαμβάνονται έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί των χαμηλότερων βαθμίδων της εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν τις μεγαλύτερες δυσκολίες τους σε θέματα που σχετίζονται με τη φυσική. Στη μελέτη αυτή οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν την ανάγκη για βελτίωση της απαιτούμενης για τη δουλειά τους βασικής γνώσης στη φυσική και της γνώσης της κατάλληλης για τα μικρά

παιδιά διδακτικής μεθοδολογίας στις φυσικές επιστήμες. Επίσης επισημαίνουν ότι το Αναλυτικό Πρόγραμμα δίνει μεν στους εκπαιδευτικούς την ελευθερία να επιλέξουν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων από μια ευρεία γκάμα θεμάτων που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες πλην όμως παρέχουν μόνο πολύ γενικές οδηγίες. Έτσι οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν την ανάγκη για έναν οδηγό εκπαιδευτικού που να περιλαμβάνει προτάσεις και σαφείς οδηγίες για το πώς μπορούν να αναπτυχθούν δραστηριότητες φυσικών επιστημών στους παραπάνω αναφερθέντες τομείς οι οποίες, σύμφωνα με την άποψή τους, θα μπορούσαν να βοηθήσουν τη βελτίωση της δουλειάς τους στο πεδίο των φυσικών επιστημών.

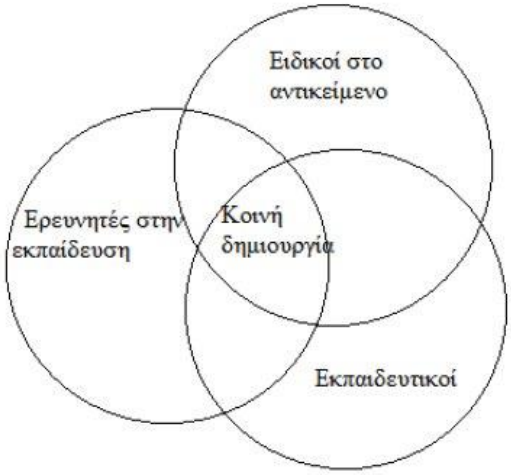
Για να προσεγγιστούν οι επαγγελματικές ανάγκες των εκπαιδευτικών οι Copley and Padron (1999) υποστηρίζουν ότι θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην ποικιλία εμπειριών και μάλιστα αυτών που συγκεκριμενοποιούνται για τις ανάγκες τους που έχουν ήδη προσδιοριστεί. Οι ερευνητές συμφωνούν επίσης για τη σπουδαιότητα που έχουν οι μορφές επαγγελματικής αναβάθμισης των εκπαιδευτικών που στηρίζονται στη *συνεργασία* και τις *αλληλεπιδράσεις*, καθώς και στο ότι η *ενεργή συμμετοχή* τους αποτελεί απαραίτητη συνιστώσα για υψηλής ποιότητας επαγγελματικής ανάπτυξης (Borko, Jacobs and Koellner 2010).

Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε η παρούσα εργασία στην οποία παρουσιάζεται μια *μεθοδολογική προσέγγιση* που έχει επηρεαστεί από τις παραπάνω απόψεις. Η εργασία αποτελεί το πρώτο σκέλος μιας διαδικασίας αναβάθμισης της γνώσης των εκπαιδευτικών προσχολικής ηλικίας το δεύτερο σκέλος της οποίας περιλαμβάνει την εμπειρία και μάθηση που αποκτούν οι εκπαιδευτικοί μέσα στην τάξη εφαρμόζοντας δηλαδή κάνοντας "πράξη" σχεδιασμένες δραστηριότητες Φυσικής (βλέπε Καλλέρη 2007). Το πρώτο σκέλος του project το οποίο και παρουσιάζεται στην εργασία αυτή εστιάζει κυρίως στον τρόπο συμμετοχής των εκπαιδευτικών στην ομαδική εργασία και τη συμβολή τους στη διαμόρφωση των δραστηριοτήτων Φυσικής που στη συνέχεια υλοποίησαν στην τάξη.

Μεθοδολογία

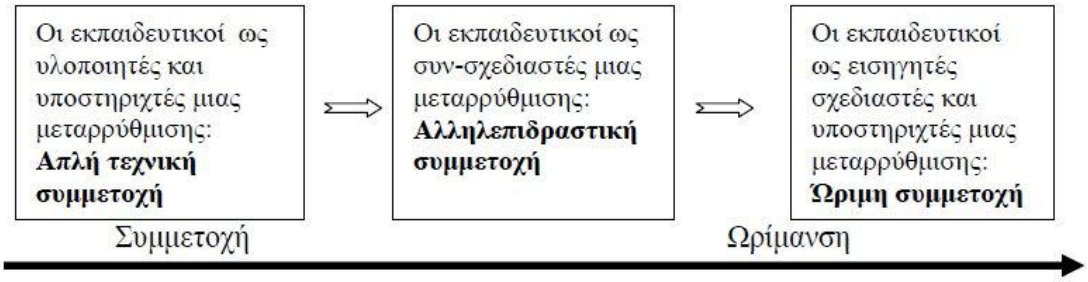
Η βασική ιδέα του project ήταν να δοθούν κίνητρα στους εκπαιδευτικούς κάνοντάς τους μέλη μιας ερευνητικής ομάδας με αντικειμενικό σκοπό τη δημιουργία χρήσιμου διδακτικού υλικού στην ανάπτυξη του οποίου οι εκπαιδευτικοί θα συνεισέφεραν ουσιαστικά εμπλέκοντάς τους έτσι σε κάτι που θα είχε νόημα και ενδιαφέρον για αυτούς, δηλαδή στην ίδια τους τη μάθηση.

Η εργασία χρησιμοποίησε τη 'συνεργατική - συμμετοχική' προσέγγιση για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων. Στο μοντέλο αυτό η έννοια 'συνεργατική' ορίζεται ως μία πράξη κοινής δημιουργίας (shared creation) (Σχήμα 1) ή και ανακάλυψης: οι 'εταίροι' μοιράζονται τον ίδιο σκοπό και τα μέλη συνεισφέρουν τη δική τους 'εμπειρογνωμοσύνη' σε αυτή τη συνεργατική σχέση (Jones 2008). Σε αυτό το πλαίσιο, στην παρούσα μελέτη, 'εταίροι' ήταν μια ερευνήτρια στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (educational researcher) με ειδικότητα φυσικού (scientist) και έξη εν ενεργεία εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης (classroom experts), όλες γυναίκες με πολυετή εμπειρία. Έτσι στη μελέτη αυτή οι συνεργάτριες έφεραν τη δική τους εμπειρογνωμοσύνη στην ομάδα: η ερευνήτρια στο αντικείμενο και οι εκπαιδευτικοί στη γνώση του ιδιαίτερου χαρακτήρα της προσχολικής τάξης.



Σχήμα 1. "Κοινή δημιουργία" (shared creation): Ειδικότητες συμμετέχουσες στην ανάπτυξη των δραστηριοτήτων

Το είδος της συμμετοχής των εκπαιδευτικών και της ερευνήτριας ορίστηκε από κλίμακα στην οποία περιλαμβάνονται τρία επίπεδα όπως αυτά φαίνονται στο σχεδιάγραμμα του Σχήματος 2. Οι εκπαιδευτικοί της παρούσας μελέτης συμμετείχαν ως συν-σχεδιαστές όμως ο βαθμός συμμετοχής τους ήταν μικρότερος από αυτόν της ερευνήτριας.



Σχήμα 2. Επίπεδα συμμετοχής εκπαιδευτικών στη συνεργατική διαμόρφωση δραστηριοτήτων.

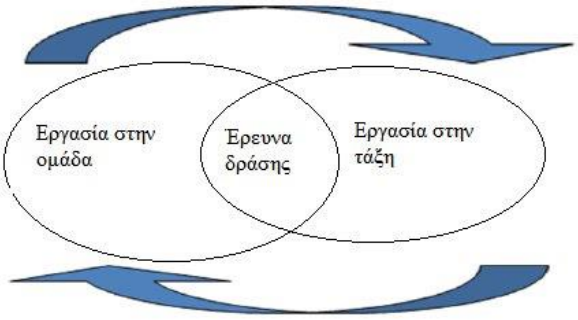
Τρόπος εργασίας

Η συμμετοχή των εκπαιδευτικών στη διαμόρφωση του διδακτικού υλικού συγκεκριμενοποιείτο στην προσαρμογή των δραστηριοτήτων στο επίπεδο της προσχολικής ηλικίας και σε προτάσεις τροποποίησης των αρχικά σχεδιασμένων δραστηριοτήτων με βάση δεδομένα που προέκυπταν από την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων στην τάξη. Πιο συγκεκριμένα: η αρχική διαμόρφωση των δραστηριοτήτων γινόταν από την ερευνήτρια. Οι δραστηριότητες ήταν προσανατολισμένες στην εννοιολογική κατανόηση και η διαμόρφωσή τους είχε στηριχτεί στην κεντρική θέση του εποικοδομητισμού δηλαδή στη θέση ότι η προϋπάρχουσα γνώση και αντιλήψεις του ατόμου επηρεάζουν την επακόλουθη μάθηση (Scott and Driver 1998). Με βάση τη θέση αυτή για τη δόμηση των δραστηριοτήτων ελήφθησαν υπ' όψη οι αντιλήψεις των παιδιών της συγκεκριμένης ηλικίας για τις σχετικές με τα θέματα των δραστηριοτήτων έννοιες και φαινόμενα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Οι δραστηριότητες παρουσιάζονταν στις εκπαιδευτικούς σε ομαδικές συναντήσεις. Οι εκπαιδευτικοί μελετούσαν τις δραστηριότητες και επεσήμαιναν στοιχεία που κατά την άποψή τους δεν ήταν κατάλληλα για τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας. Με τη

συνεισφορά των απόψεων όλων των εκπαιδευτικών γινόταν ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός των δραστηριοτήτων ο οποίος, όπως επιβεβαιωνόταν από την ερευνήτρια δεν επηρέαζε την επιστημονικότητα του περιεχομένου και των εννοιών που εισάγονταν.

Για να έχουν τη δυνατότητα οι εκπαιδευτικοί να εκφράσουν απόψεις για την καταλληλότητα των ήδη σχεδιασμένων δραστηριοτήτων έπρεπε πρώτα να διαμορφώσουν ένα καλό επίπεδο κατανόησης των εννοιών και φαινομένων που πραγματεύονταν οι δραστηριότητες. Με δεδομένο το ασθενές υπόβαθρο γνώσης τους στα ζητήματα αυτά (Kallery and Psillos 2001) και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν σε πολλές όψεις επιστημονικής ερμηνείας και αιτιολόγησης (Boudreaux et al. 2008), ακολουθήθηκε μια διαδικασία προετοιμασίας των εκπαιδευτικών με την εξής προσέγγιση: Η ερευνήτρια εισήγαγε τις έννοιες και τα φαινόμενα που περιλαμβάνονταν στις δραστηριότητες σε ομαδικές συναντήσεις παρέχοντας στους εκπαιδευτικούς βασική και απαραίτητη γνώση για την επιτυχή υλοποίηση των δραστηριοτήτων. Επίσης απαντούσε τις προσωπικές τους ερωτήσεις που αφορούσαν τα θέματα των δραστηριοτήτων και παρείχε στους εκπαιδευτικούς έντυπο υλικό για μελέτη. Ακολουθούσε εκτεταμένη συζήτηση των εννοιών και ζητημάτων που περιλαμβάνονταν στις δραστηριότητες μεταξύ των μελών και της ερευνήτριας. Επίσης κατά τη διάρκεια του προπαρασκευαστικού σταδίου η ομάδα επεξεργάστηκε μεθοδολογικά ζητήματα όπως: (1)τρόπους με τους οποίους μπορούν να διαμορφωθούν οι ερωτήσεις του εκπαιδευτικού ώστε να είναι πιο αποτελεσματικές, (2) πιθανούς τρόπους χειρισμού των ερωτήσεων των παιδιών ανάλογα με τον τύπο τους (π.χ. Harlen 1996, Kallery 2000) και (3) την αποφυγή χρήσης προσωποποιήσεων στην απάντηση ερωτήσεων των παιδιών ή στην εισαγωγή επιστημονικών ζητημάτων. Σύμφωνα με τον Piaget (1951) η χρήση ανθρωπομορφισμού υποθάλπει την υποκειμενικότητα στα μικρά παιδιά. Δεδομένου ότι οι προσωποποιήσεις χρησιμοποιούνται συχνά από τους εκπαιδευτικούς σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, είτε συνειδητά ή ασυνείδητα (Kallery and Psillos 2004), και απαντώνται συχνά στα παιδικά βιβλία, έγινε ανάλυση από τους εκπαιδευτικούς κειμένων από παιδικά βιβλία η οποία τις βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα ανιμιστικές και ανθρωπομορφικές εξηγήσεις σε επιστημονικά ζητήματα που σχετίζονταν με τις έννοιες και τα φαινόμενα της μελέτης.

Η πορεία των εργασιών εκτός από την ομαδική δουλειά περιλάμβανε και ατομική δουλειά. Οι εκπαιδευτικοί υλοποίησαν τις δραστηριότητες χρησιμοποιώντας διαδικασίες «έρευνας δράσης». Οι διαδικασίες αυτές ήταν κυκλικές και περιλάμβαναν τα κύρια βασικά βήματα: δράση - καταγραφή, ανασκόπηση - αναστοχασμός, δράση (Dick 1997). Η ατομική εργασία των εκπαιδευτικών στην τάξη απέβλεπε στη συλλογή πληροφοριών οι οποίες μέσα από τις παραπάνω διαδικασίες έρχονταν στην ομάδα και χρησιμοποιούνταν για την αναθεώρηση και τελική διαμόρφωση των δραστηριοτήτων (Σχήμα 3). Μέσα από την ομαδική αυτή διαδικασία οι εκπαιδευτικοί οδηγούνταν επίσης σε συλλογικές αποφάσεις για τον χειρισμό κοινών προβλημάτων.



Σχήμα 3. Ατομική, ομαδική εργασία και έρευνα δράσης

Συλλογή δεδομένων και ανάλυση

Οι κύριες πηγές δεδομένων ήταν οι εξής:

α) Η σχολική τάξη. Οι εκπαιδευτικοί κατέγραφαν όλα τα στάδια της διδασκαλίας τους, σε κάθε δραστηριότητα, μαγνητοφωνώντας όλες τις λεκτικές αλληλεπιδράσεις και κρατώντας γραπτές σημειώσεις για όλα τα γεγονότα που συνέβαιναν κατ' αυτή. Τα πρωτόκολλα των απομαγνητοφωνήσεων και οι γραπτές καταγραφές των εκπαιδευτικών συμπληρωμένα με προσωπικά τους σχόλια για την έκβαση των δραστηριοτήτων αλλά και αποτελέσματα των αξιολογήσεων της συντελούμενης μάθησης των παιδιών οι εκπαιδευτικοί τα παρέδιδαν στην ερευνήτρια.

β) Οι ομαδικές ανεπίσημες συζήσεις (ανεπίσημες συνεντεύξεις) στις οποίες η συντονίστρια έλεγχε την πρόοδο της γνώσης των εκπαιδευτικών στα θέματα της φυσικής που είχαν υλοποιήσει. Μετά από κάθε συζήτηση η συντονίστρια κρατούσε ημερολόγιο του περιεχομένου της και της έκβασής της.

γ) Οι γραπτές εκθέσεις ή γραπτές απαντήσεις σε ερωτηματολόγια που παρέδιδαν στην ερευνήτρια οι εκπαιδευτικοί σε τακτά χρονικά διαστήματα στις οποίες περιέγραφαν γενικότερα την άποψή τους για την πορεία της δουλειά τους στην τάξη και στην ομάδα.

δ) Το ερωτηματολόγιο αυτό- αξιολόγησης που συμπλήρωσαν οι εκπαιδευτικοί στο κλείσιμο των εργασιών το οποίο διαμόρφωσε η συντονίστρια.

Τέτοιες ομάδες πηγών δεδομένων συσσωρεύονταν σταδιακά κατά τη διάρκεια της εργασίας. Δηλαδή σε κάθε επόμενο και πιο προχωρημένο στάδιο της εργασίας δημιουργείτο μια νέα ομάδα πρωτοκόλλων των μαθημάτων, καταγραφών των συζητήσεων της ομάδας, ανεπίσημων συνεντεύξεων και εκθέσεων των εκπαιδευτικών.

Κάθε ομάδα δεδομένων αναλύθηκε ποιοτικά σε τρία επίπεδα: Προσδιορισμός μονάδων πληροφοριών, οργάνωση αυτών σε κατηγορίες και συγκρότηση αυτών σε θέματα (Straus and Corbin 1990). Κάθε εύρημα που κατηγοριοποιήθηκε με τον παραπάνω τρόπο είχε διαπιστωθεί για πέντε τουλάχιστον από τις συμμετέχουσες εκπαιδευτικούς. Η εγκυροποίηση των ερμηνειών των απαντήσεων των εκπαιδευτικών έγινε με τη μέθοδο του 'ελέγχου των μελών' (member checks) κατά την οποία οι ερμηνείες δίνονται σε αυτούς από τους οποίους προέρχονται τα δεδομένα για να επιβεβαιωθεί η ευλογοφάνειά τους (Straus and Corbin 1990) Τα ευρήματα της ανάλυσης κάθε ομάδας δεδομένων οργανώθηκαν γύρω από 4 θέματα που χαρακτηρίζουν διαφορετικές όψεις της γνώσης των εκπαιδευτικών.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα αυτού του project θεωρούμε ότι είναι συνδυασμός από τα οφέλη που απεκόμισαν οι εκπαιδευτικοί και από τα δύο σκέλη του και αφορούν την πρόοδό τους στις παρακάτω όψεις της γνώσης τους:

1. Μετασχηματισμένη γνώση του αντικειμένου: α) γνώση των εννοιών και φαινομένων τα οποία περιλαμβάνονταν στις δραστηριότητες που οι εκπαιδευτικοί επεξεργάστηκαν στην ομάδα (γνώση περιεχομένου), β) γνώση του πώς να εισάγουν ένα συγκεκριμένο θέμα, πώς να το παρουσιάζουν, να δίνουν παραδείγματα, να τα συσχετίζουν με αυτά που τα παιδιά ήδη γνωρίζουν.

2. Τη γνώση διδακτικών στρατηγικών: για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων και γενικότερα γνώση διδακτικών στρατηγικών (πώς να διεξάγουν μια δραστηριότητα, να επιλέγουν εργασίες για τους μαθητές να διαμορφώνουν κατάλληλο περιβάλλον μάθησης, να επινοούν κίνητρα για να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των παιδιών).

3. Γνώση των μαθητών: γνώση των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου, γνώση των δυνατοτήτων τους, γνώση των κινήτρων τους για μάθηση.

4. Γνώση του πλαισίου στο οποίο διεξάγεται η διδασκαλία

Σε ότι ακολουθεί παρουσιάζονται περιληπτικά τα κυριότερα από τα αποτελέσματα. Λεπτομερέστερη παρουσίασή τους έχει γίνει στην εργασία που ασχολείται με το δεύτερο σκέλος αυτού του project (βλέπε Καλλέρη 2007).

Σχετικά με τη γνώση του περιεχομένου φαίνεται να επιτεύχθηκε σημαντική πρόοδος στη θεωρητική γνώση των εννοιών και φαινομένων της φυσικής τα οποία πραγματεύονταν οι δραστηριότητες με τις οποίες ασχολήθηκαν οι εκπαιδευτικοί. Επίσης φαίνεται να συντελέστηκε σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις τους εκείνες που δεν συνέπιπταν με τις επιστημονικά αποδεκτές. Ένα ενδιαφέρον και ίσως ισχυρό σημείο της προσέγγισης που ακολουθήθηκε στο παρόν project το οποίο φαίνεται να έχει παίξει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών ήταν ότι οι εν λόγω εκπαιδευτικοί, υλοποιώντας τις συγκεκριμένες δραστηριότητες διερεύνησης, ενεπλάκησαν στις ίδιες εμπειρίες με τα παιδιά με τα οποία αλληλεπίδρασαν με αποτέλεσμα αφ' ενός να αναγνωρίσουν και οι ίδιες τις ομοιότητες των ιδεών και εξηγήσεών τους με αυτές των παιδιών (βλέπε επίσης Haefner and Zembal-Saul 2004) και αφ' ετέρου να τις ανασκευάσουν.

Η βελτίωση της γνώσης και η αλλαγή στις απόψεις των εκπαιδευτικών γίνεται φανερή και από τα εξής: Τη δυνατότητα των εκπαιδευτικών να ανταποκρίνονται καταλληλότερα σε αρκετά από τα ερωτήματα των παιδιών και γενικά από το πως χειρίζονταν διάφορα ζητήματα φυσικής που παρουσιάζονταν στην τάξη σε προχωρημένα στάδια του project. Επίσης οι εκπαιδευτικοί απέκτησαν σταδιακά όλο και μεγαλύτερη δυνατότητα να εκφράζουν άποψη για το πώς θα ήταν ίσως καλύτερα να διαμορφωθεί το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων για να γίνεται πιο κατανοητό από τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας (μετασχηματισμένο περιεχόμενο) αλλά και το πώς θα έπρεπε να διαμορφωθεί η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους.

Στις διδακτικές προσεγγίσεις η πρόοδος ήταν σταδιακή και συντελέστηκε με τη συσσώρευση σημαντικής εμπειρίας κατά τη διάρκεια του project. Αυτή υποστηρίχτηκε σημαντικά και από την έρευνα δράσης των εκπαιδευτικών.

Η διαδικασία της προσαρμογής από τις εκπαιδευτικούς του προτεινόμενου από το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων διδακτικού σχήματος στις ιδιαιτερότητες της προσχολικής τάξης βελτίωσε σημαντικά και πολλούς άλλους διαφορετικούς παράγοντες της Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ). Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να ενταχθούν στις κατηγορίες της 'γνώσης των μαθητών' και της 'γνώσης του πλαισίου'. Σημαντική ήταν επίσης η ανάπτυξη της ικανότητας των εκπαιδευτικών να διακρίνουν αν κάτι ανταποκρινόταν στο νοητικό επίπεδο των παιδιών (Cohran, DeRuiter & King 1993).

Η αυτοαξιολόγηση που έκανε η κάθε μια εκπαιδευτικός στο κλείσιμο του project (4 μήνες μετά το τέλος της υλοποίησης των δραστηριοτήτων) απαντώντας γραπτώς στο σχετικό ερωτηματολόγιο που διαμόρφωσε η συντονίστρια, έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί, ενώ στα θέματα που διεξήγαν διερευνήσεις αισθάνονται ότι έχουν κάνει μια μέτρια έως πολύ καλή πρόοδο στη γνώση και στις αντιλήψεις τους, για τη γνώση τους σε θέματα φυσικής (γνώση περιεχομένου) στα οποία δεν υλοποίησαν δραστηριότητες ή δεν ενεπλάκησαν στη διαμόρφωσή τους φαίνεται να διατηρούν ακόμη κάποιες ανησυχίες.

Στους υπόλοιπους τομείς της γνώσης οι εκπαιδευτικοί πιστεύουν ότι υπήρξε καθοριστική για το διδακτικό τους έργο πρόοδος.

Συμπεράσματα και συνέπειες

Το μοντέλο που υιοθετήθηκε (συνεργατική-συμμετοχική προσέγγιση) (Jones 2008) επέτρεψε στις εκπαιδευτικούς να συμμετέχουν στη διαμόρφωση και υλοποίηση στην προσχολική τάξη δραστηριοτήτων με προσανατολισμό την εννοιολογική κατανόηση που συνέβαλλε στην αναβάθμιση της Γνώσης του Περιεχομένου των εκπαιδευτικών στα θέματα με τα οποία ασχολήθηκαν. Παρείχε επίσης στις εκπαιδευτικούς εμπειρία για το πώς να προσεγγίζουν την καινούργια γνώση ή να βελτιώνουν την υπάρχουσα. Η ομαδική εργασία και οι εμπειρίες που απέκτησαν οι εκπαιδευτικοί μέσα σε ένα οικείο και με νόημα για αυτούς πλαίσιο εργασίας καθώς και η συμμετοχή τους σε διαδικασίες έρευνας δράσης στήριξαν την ανάπτυξη της κατανόησης όψεων της διδασκαλίας τους και της μάθησης των μαθητών τους, παράγοντες που συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της ΠΓΠ. Η συλλογή πληροφοριών από την τάξη με τις οποίες συνεισέφεραν στην αναπροσαρμογή των δραστηριοτήτων αποτέλεσε έναν επίσης σημαντικό παράγοντα. Ο τρόπος απόκτησης ή βελτίωσης της γνώσης των εκπαιδευτικών με την ανάπτυξη αυθεντικών εμπειριών μάθησης στις ΦΕ θα έπρεπε, σύμφωνα με τους ερευνητές (π.χ. Haefner and Zembal-Saul 2004), να αποτελεί μέρος της γενικής τους εκπαίδευσης και προετοιμασίας τους στο αντικείμενο αυτό. Επίσης η εφαρμογή προσχεδιασμένων με ειδικούς στόχους και προσεγγίσεις κύκλων διδασκαλίας και ο αναστοχασμός των εκπαιδευτικών πάνω σ' αυτήν, απέδωσε, όπως φαίνεται από το παρόν project, ενθαρρυντικά αποτελέσματα όσον αφορά την αναβάθμιση της γνώσης τους στη φυσική. Τέτοιοι κύκλοι διδασκαλίας και εμπειριών, πλην της χρησιμότητας τους στην αναβάθμιση της γνώσης των εν ενεργεία εκπαιδευτικών, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια βάση για τη διαμόρφωση προσεγγίσεων και προγραμμάτων μύησης στις Φυσικές Επιστήμες και των υποψήφιων μη εξειδικευμένων στις φυσικές επιστήμες εκπαιδευτικών.

Εκπαιδευτικοί ομάδας εργασίας

Μ. Χωματά, Π. Πατηνιώτη, Θ. Λουπίδου, Φ. Σαρηγγιανίδου, Ε. Φραγκονικολάκη, Φ. Φίστα

Βιβλιογραφία

Καλλέρη, Μ. (2007). Αναβάθμιση της γνώσης των εκπαιδευτικών προσχολικής ηλικίας στη φυσική μέσα από τη συμμετοχή τους σε διαδικασίες διερεύνησης και διαδικασίες έρευνας δράσης, Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, 374-382.

Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., McDermott, L. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behaviour of a system, American Journal of Physics, vol. 76, no.2, 163-170

Borko, H., Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. In P. L. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (Eds.), Third international encyclopedia of education (Vol. 7, pp. 548–556). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

Cochran, K. F., DeRuiter, J. A. & King, R. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. Journal of Teacher Education 44(4), 263-273.

Copley, J and Padron, Y (1999). Preparing teachers of young learners: Professional development of early childhood teachers in Mathematics and Science. In: Dialogue on Early Childhood Science, Mathematics, and Technology Education, Washington, DC: AAAS

Dick, B. (1997). *Action learning and Action Research* [Available on line] at http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/arp/actlearn.html Τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2007

Garbett, D. (2003). Science education in early childhood teacher education: Putting forward a case to enhance student teachers' confidence and competence. Research in Science Education, 33: 467-481.

Haefner, L., Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. International Journal of Science Education, Vol. 26, No. 13, 1653-1674.
Harlen, W. (1996). The teaching of science (2nd ed.) London: David Fulton.
Jones,M. (2008). Collaborative partnerships: A model for science teacher education and professional development. *Australian Journal of Teacher Education*, Vol 33(3), 60-76.
Kallery, M. (2000). Children's science questions and ideas provide an invaluable tool for the early years' teacher. Primary Science Review, No. 61, Jan/Feb, pp 18-19.
Kallery, M. and Psillos, D. (2001). Preschool teachers' content knowledge in science: their understanding of elementary science concepts and of issues raised by children's questions. International Journal of Early Years Education, Vol.9, No. 3, pp 165-179.
Kallery, M. and Psillos, D. (2002). What happens in the early-years science classroom? The reality of teachers' curriculum implementation activities. European Early Childhood Education Research Journal, Vol. 10, No.2, pp 49-61
Kallery, M. (2004). Early- years teachers' late concerns and perceived needs in science: an exploratory study. European Journal of Teacher Education, 27(2), pp 147-165.
Kallery, M., & Psillos, D. (2004). Anthropomorphism and animism in early years science: Why teachers use them, how they conceptualize them and what are their views on their use.
Research in Science Education, 34, 291–311.
Kallery, M., Psillos, D. & Tselfes, V. (2009). Typical Didactical Activities in the Greek Early-Years Science Classroom: Do they promote science learning? International Journal of Science Education, Vol. 31, No. 1, 1187-1204
Piaget, J. (1951). The child's conception of the world. Savage, MD: Littlefield Adams.
Scott, P. H. & Driver, R. H. (1998). Learning about science teaching: Perspectives from an action research project. In Fraser and Tobin (Eds) International Handbook of Science Education, 67-80, Kluwer Academic Publishers, GB.
Strauss, A. & Corbin, J. (1990). Basics of Qualitative Research. Grounded Theory, Procedures and Techniques. Sage Publications, Newbury Park, London.
US Department of Education (1996). Why professional Development, In Achieving the Goals: goal 4, professional development, at (http://www.ed.gov.pubs/AchGoal14/intro.html).

Αναστοχασμοί σε θέματα Διδασκαλίας Επιστήμης και Τεχνολογίας προς εκπαιδευτικούς

Π. Γ. Μιχαηλίδης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Κρήτης, michail@edc.uoc.gr

Περίληψη

Η ανάπτυξη κριτικής και δημιουργικής σκέψης θεωρείται σκοπός της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα στις σύγχρονες κοινωνίες που βασίζονται στη γνώση. Κατάλληλες διδακτικές προσέγγισης επίτευξης αυτού του σκοπού θεωρούνται η μάθηση που βασίζεται σε επίλυση προβλήματος, σε διερώτηση, σε υλοποίηση έργου. Τέτοιες δεξιότητες διδασκαλίας θεωρούνται προσόν των εκπαιδευτικών, ιδιαίτερα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Οι διδακτικές αυτές προσεγγίσεις απαιτούν, πέρα από την εφαρμογή της απαραίτητης γνώσης, και μια ιδιαίτερα σταθερή στάση διδασκαλίας. Αυτή η σταθερή στάση, ως δεξιότητα του συναισθηματικού τομέα, αναπτύσσεται καλύτερα με το παράδειγμα παρά με την τυπική διδασκαλία. Στα πλαίσια αυτά, χρησιμοποιήθηκαν οι ανωτέρω προσεγγίσεις σε τρία μαθήματα του προγράμματος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Αν και δεν συμπεριλαμβάνονταν στους βασικούς σκοπούς των μαθημάτων αυτών βρέθηκαν και παρουσιάζονται ενδείξεις πως η διδακτική αυτή προσέγγιση ενέπνευσε τους εκπαιδευόμενους μας προς θετικές στάσεις για την υιοθέτηση τέτοιων διδακτικών προσεγγίσεων.

Abstract.

Critical and creative thinking is considered as an objective of education, especially in modern 'knowledge based societies'. Appropriate teaching approaches towards this objective are problem based, inquiry based and project based learning. Such teaching skills are included to the qualifications of effective teachers, especially teachers in compulsory education. Such approaches require, apart from the necessary knowledge to be applied, also a firm 'way of conduct' from the teacher. This 'way of conduct' as an emotional skill is developed better by paradigms than by formal teaching. We have used these teaching approaches at the Department for Primary Teachers Education of The University of Crete in three distinctive courses. Although the main objectives of these courses were different, we have found and we present indications that the teaching approach we adopted has inspired our students a positive attitude towards adopting these approaches.

1-Εισαγωγή

Οι ραγδαίες εξελίξεις στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία σε συνδυασμό με το μικρό χρονικό διάστημα μεταξύ μιας ανακάλυψης και της εμπορικής της εκμετάλλευσης οδηγεί στην ανάγκη για μια πιο αποτελεσματική εκπαίδευση, ιδιαίτερα στις σύγχρονες 'βασισμένες στην γνώση κοινωνίες'. Η εκπαίδευση, ειδικά όταν συνδυάζεται με την επαγγελματική κατάρτιση, πρέπει να είναι μακρόπνοου χαρακτήρα παρέχοντας όχι μόνο τις ειδικές σύγχρονες γνώσεις και τεχνικές αλλά επίσης και τις απαραίτητες δεξιότητες για την εφαρμογή τους. Επιπλέον, ειδικά οι τωρινοί απόφοιτοι της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, επαγγελματικά ενεργοί για κάποιες δεκαετίες ακόμα, θα πρέπει να έχουν αποκτήσει κατά την αρχική τους εκπαίδευση και δεξιότητες αναγκαίες για την προσαρμογή τους στις αναμενόμενες αλλαγές στο επάγγελμα τους. Οι δεξιότητες αυτές περιλαμβάνουν αυτοδύναμη μάθηση και συνεργασία. Στα πλαίσια αυτά, καθίστανται σημαντικές διδακτικές προσεγγίσεις που ενσωματώνουν μάθηση με επίλυση προβλήματος (Boud & Felleti 1998), με διερώτηση (McDermott, Shaffer & Constantinou 2000) ή με μέθοδο έργου (Buck Institute for Education 2003, Thomas 2000). Οι διδακτικές αυτές προσεγγίσεις θα αναφέρονται στη συνέχεια συνοπτικά ως ΠΔΕΒΜ. Οι προσεγγίσεις εντάσσονται στα ευρύτερα πλαίσια του κονστρουκτιβισμού. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιούμε τους ακόλουθους απλοποιημένους ορισμούς εργασίας (βλέπε πιο διεξοδικά στις σχετικές αναφορές): στη μάθηση με επίλυση προβλήματος οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν γνώσεις μέσω της προσπάθειας τους να λύσουν προβλήματα ή να απαντήσουν σε (ανοικτού τύπου) ερωτήσεις που παρουσιάζει ο διδάσκων. Στη

διερώτηση απαιτείται επιπλέον από τους εκπαιδευόμενους να σχεδιάσουν διαδικασίες περαιτέρω ελέγχου ορθότητας των απαντήσεων τους. Στη μέθοδο έργου, οι προβληματισμοί αποτελούν συστατικά ενός σύνθετου έργου (κατασκευή, πραγματεία, μελέτη, …) από την ανάλυση του οποίου (και θα πρέπει να) προκύπτουν. Η διδασκαλία που περιορίζεται στην παροχή γνώσεων και δεδομένων, αν και φαντάζει ως πιο αποτελεσματική από άποψη διαθέσιμου χρόνου, το πολύ να παράσχει προσωρινές επαγγελματικές δεξιότητες ή/και δεξιοτεχνίες που σύντομα θα απαξιωθούν. Αυτό διαπιστώθηκε καταρχάς στην ιατρική εκπαίδευση (Albanese et al.1993), ισχύει όμως και σε άλλα επαγγέλματα όπως, ιδιαίτερα, των εκπαιδευτικών. Η εκπαίδευση των μελλοντικών δασκάλων με μεθόδους ΠΔΕΒΜ είναι αναγκαία επειδή: α/ οι σχετικές με ΠΔΕΒΜ δεξιότητες και δεξιοτεχνίες για να υλοποιηθούν αποτελεσματικά στην σχολική τάξη πρέπει να αποτελούν και στάση του εκπαιδευτικού (που αποκτάται πιο αποτελεσματικά με το καλό παράδειγμα) και όχι απλή γνώση, β/οι εκπαιδευτικοί στα σχολεία αντιμετωπίζουν συνεχείς αλλαγές περιγραμμάτων και αναθεωρήσεις προγραμμάτων σπουδών και θα πρέπει να μπορούν να προσαρμόζονται στις αλλαγές αυτές, γ/στα πλαίσια μιας ουμανιστικής εκπαίδευσης, η ανάπτυξη κριτικής και δημιουργικής σκέψης αποτελεί βασικό σκοπό και οι μέθοδοι ΠΔΕΒΜ είναι πιο αποτελεσματικοί για την επίτευξη του, δ/ανεξάρτητα από το τι γνώσεις έχουν οι εκπαιδευτικοί, η πλειοψηφία τους τείνει να διδάσκει με τρόπο όμοιο με αυτόν που διδάχτηκαν οι ίδιοι. Μέθοδοι ΠΔΕΒΜ χρησιμοποιήθηκαν σε μαθήματα στο παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Οι βασικοί σκοποί των μαθημάτων αυτών και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε καθώς και άλλα στοιχεία έχουν ήδη παρουσιαστεί σε άλλες εργασίες (βλέπε σχετικές αναφορές στα επιμέρους μαθήματα). Εδώ παρουσιάζονται α/συνοπτικά οι ΠΔΕΒΜ προσεγγίσεις που χρησιμοποιήθηκαν, και β/ορισμένες αναστοχαστικές πρώτες παρατηρήσεις στα δεδομένα από τη διδασκαλία αυτών των μαθημάτων για εντοπισμό σημαντικών παραμέτρων και για μια συνολική αίσθηση της αποτελεσματικότητας των συγκεκριμένων διδακτικών προσεγγίσεων.

2-Συνοπτική περιγραφή των μαθημάτων.

Τα μαθήματα από την περιοχή της Επιστήμης και Τεχνολογίας αναπτύχθηκαν στα πλαίσια επιδίωξης: α/παροχή στους μελλοντικούς και στους υπηρετούντες εκπαιδευτικούς γνώσεων και δεδομένων άμεσα χρησιμοποιήσιμων στο σχολείο, β/παροχή έγκυρης τριτοβάθμιας βαθμίδας επιστημονικής γνώσης και δεδομένων χρήσιμων στην επαγγελματική τους ανέλιξη, γ/ανάπτυξης δεξιοτήτων και δεξιοτεχνιών κατάλληλων για αυτοδύναμη περαιτέρω μάθηση ώστε οι εκπαιδευτικοί να είναι ικανοί να προσαρμόζονται στις αναμενόμενες αλλαγές κατά τη διάρκεια της σταδιοδρομίας τους. Το α/ οδηγεί σε επιλογή περιγράμματος κυρίως από τη θεματολογία της ύλης του Σχολείου. Το β/ συνεπάγεται τριτοβάθμιας βαθμίδας εκπαίδευση και, σε συνδυασμό με το α/, οδηγεί σε εναλλακτική διδασκαλία με απλοποιημένη αλλά επιστημονικά έγκυρη παρουσίαση π.χ. αποφυγή μη αναγκαίων προχωρημένων μαθηματικών. Το γ/ συνεπάγεται διδακτικές προσεγγίσεις ΠΔΕΒΜ. Το πλαίσιο αυτό χρησιμοποιήθηκε σε τρία μαθήματα (εργαστηριακά σεμινάρια), του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης και διδάσκονται για πάνω από 6 χρόνια με διαφοροποιημένη κάθε φορά ονομασία λόγω συνεχούς προσαρμογής. Κάθε φορά γίνεται αποτίμηση της όλης διδασκαλίας, η οποία περιλαμβάνει ανώνυμη αξιολόγηση από όσους – όσες τα παρακολούθησαν, ελεύθερες συζητήσεις μεταξύ διδασκόντων και διδασκομένων, και παρατηρήσεις από τους διδάσκοντες. Οι αποτιμήσεις αυτές αποτελούν τη βάση όσων εκτίθενται στο **Σχολιασμό** πιο κάτω.

2.1-Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών και καθημερινές παρατηρήσεις.

Η σύνδεση παρατηρήσεων από την καθημερινή ζωή με τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αποτελεί τον βασικό σκοπό του μαθήματος με επιμέρους στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων παρατήρησης στις Φυσικές επιστήμες. Στο περιεχόμενο του μαθήματος (Michaelides 2001) περιλαμβάνονται θέματα από όλο σχεδόν το φάσμα των Φυσικών επιστημών, τα οποία παρουσιάζονται γλαφυρά με τη μορφή προβλημάτων για επίλυση ή ανοιχτού τύπου ερωτήσεων για απάντηση και στα οποία οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους. Η

καθοδήγηση της διδασκαλίας είναι τύπου μέντορα (Anne Powell, 1997), όπου πέρα από επιδίωξη μάθησης στον γνωστικό τομέα δίδεται έμφαση και στην ανάπτυξη του αυτοσυναισθήματος του εκπαιδευόμενου, γίνεται συνήθως με τη μορφή κατάλληλων ερωτήσεων ώστε οι εκπαιδευόμενοι να οδηγηθούν σε απαντήσεις έγκυρες επιστημονικά και εστιάζεται σε μεθοδολογίες επίλυσης προβλήματος π.χ. στη διαδοχή: αποσαφήνιση προβλήματος, σχέσεις με προηγούμενες γνώσεις ή καταστάσεις, ανάλυση σε επιμέρους προβληματισμούς και διερεύνηση πιθανών λύσεων, χρονο-προγραμματισμός και παρακολούθηση της διαδικασίας, ολοκλήρωση τμημάτων - αποτίμηση – αναστοχασμός. Χρησιμοποιούνται κατά το δυνατόν ρεαλιστικά παραδείγματα, π.χ.:

1. Εκτίμηση ταχύτητας προσγείωσης αεροπλάνου από επιβάτη του. Η σχετική αλληλουχία μπορεί να είναι: α/αναγωγή στην εύρεση του διαστήματος που διανύει ένα κινητό με περίπου σταθερή επιβράδυνση μέχρι να σταματήσει, οπότε απαιτούνται ο χρόνος και η επιβράδυνση (αποσαφήνιση και συσχετισμός με προηγούμενες γνώσεις), β/ο χρόνος μπορεί να μετρηθεί με ένα απλό ρολόι ή να εκτιμηθεί με απλό σταθερό μέτρημα ενώ η επιβράδυνση μπορεί να υπολογιστεί συναρτήσει της επιτάχυνσης της βαρύτητας ($\gamma \sim 10 m/s^2$) εκτιμώντας την προς τα εμπρός γωνία που ο επιβάτης αισθάνεται το βάρος του σε σχέση με την κατακόρυφο, γ/εκτίμηση της επίπτωσης των προσεγγίσεων, π.χ. 'μέχρι να σταματήσει το αεροπλάνο', 'σταθερή επιβράδυνση', 'σφάλματα στην εκτίμηση του χρόνου και της γωνίας, … (αναστοχασμός και αποτίμηση).

2. Μέτρηση Γεωγραφικών συντεταγμένων ενός τόπου. Μια επιστημονική αποστολή σημείωνε την άκρη της σκιάς και την αντίστοιχη ώρα ενός κατακόρυφου στύλου σε οριζόντιο επίπεδο όταν μια αρκούδα που μόλις είχε ξυπνήσει τους επιτέθηκε – τι χρώμα είχε η αρκούδα; Η ανάλυση μπορεί να προχωρήσει ως εξής: α/οι αρκούδες μπορεί να είναι άσπρες (στους πόλους) ή σκούρες (σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη) κατά συνέπεια η ερώτηση ανάγεται στην εκτίμηση του γεωγραφικού πλάτους με την παραδοχή πως δεν πρόκειται για αρκούδα που ξέφυγε από π.χ. ζωολογικό κήπο (οπότε δεν θα μιλούσαμε για επιστημονική αποστολή), β/'μόλις ξύπνησε' για αρκούδες παραπέμπει σε τέλος χειμερίας νάρκης, δηλ. στην άνοιξη. Η άσκηση είναι γνωστή (Μιχαηλίδης Π. Γ. 1998) και πολύ δημοφιλής σε όλες τις ηλικίες και επίπεδα εκπαίδευσης που έχει διδαχτεί (φοιτητές, υπηρετούντες εκπαιδευτικοί, μαθητές, …).

3. Μια τηλεοπτική διαφήμιση. Σαλούν το σούρουπο στη μέση του πουθενά της 'άγριας Δύσης'. Ένας καουμπόι ανάβει σπίρτο για το πούρο του όταν ένα φως στο βάθος του ορίζοντα τού αποσπά την προσοχή. Σταματά κοιτάζοντας το φως μέχρις ότου (βρουμ, βρουμ, βρουυυυμ …) περνά ένα αυτοκίνητο (το διαφημιζόμενο προϊόν) και τι στιγμή εκείνη το σπίρτο του καίει τα δάχτυλα και το πετά. Είναι ρεαλιστικό το σενάριο? Όλα φαίνονται ρεαλιστικά αλλά με λίγη σκέψη ο έλεγχος ανάγεται σε εκτίμηση της ταχύτητας του αυτοκινήτου, η οποία σε πρώτη προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί σταθερή και για τον υπολογισμό της οποίας απαιτούνται η απόσταση και ο χρόνος. Ο χρόνος μπορεί να βρεθεί με παρατήρηση του χρόνου που καίγεται ένα σπίρτο - διαφόρων ειδών σπίρτα, μικρά, βραδύκαυστα κλπ δίνουν χρόνο 10-20s. Για την απόσταση η ένδειξη από την περιγραφή είναι πως το αυτοκίνητο βρισκόταν σε τέτοια απόσταση, L, ώστε τα δύο φώτα του (με μεταξύ τους απόσταση, d, περίπου 1,5-2m) να φαίνονται ως ένα. Χρησιμοποιώντας τη έννοια της διακριτικής ικανότητας οπτικού οργάνου, $\theta >= \lambda/D$ (στην πραγματικότητα $\sin\theta = 1.22\lambda/D$), όπου λ το μήκος κύματος της χρησιμοποιούμενης ακτινοβολίας (εδώ φωτεινή ακτινοβολία περίπου 600nm για το κιτρινοπράσινο χρώμα όπου το ανθρώπινο μάτι έχει την μεγαλύτερη ευαισθησία) και D η διάμετρος του οπτικού οργάνου (εδώ της κόρης του ματιού περίπου 1-5mm) και συνειδητοποιώντας πως $\theta = d/L$ υπολογίζεται ταχύτητα της τάξης των χιλιάδων χιλιομέτρων την ώρα και κατά συνέπεια η περιγραφή δεν είναι ρεαλιστική (είναι όμως πολύ ωραία διαφήμιση ήταν το σχόλιο της μικρής Μαρίας – προσέχετε τον πραγματιστή εαυτό σας να μην καταστρέφει την μαγεία του φανταστικού των μικρών). Η διαδικασία βασίζεται σε γνώση της διακριτικής ικανότητας οπτικού οργάνου, όμως κατά τη διδασκαλία της σε σχολείο παιδιά 5ης και 6ης τάξης Δημοτικού υπέδειξαν τους εναλλακτικούς τρόπους υπολογισμού α/ανάβουμε τα φώτα και περπατάμε μακριά από το αυτοκίνητο μέχρι να τα βλέπουμε ως ένα – στην ένσταση μου πως αυτό δεν είναι πρακτικό γιατί

απαιτεί απόσταση κάποιων χιλιομέτρων και που θα βρούμε τέτοιο ίσιωμα στην Κρήτη υπέδειξαν, β/βάζουμε δυο αναμμένα λαμπάκια σε ένα χαρτόνι και μετά κάνουμε αναγωγή (μια καλή προσέγγιση αν και όχι αναλογία), γ/(στο πλαίσιο της λύσης α/) το καλοκαίρι που καθόμαστε στην παραλία (ένας μικρός όρμος σαν τις χιλιάδες των ελληνικών παραλιακών πόλεων) παρατηρούμε τα φώτα από τα οχήματα που κατεβαίνουν απέναντι και μόνο όταν φτάνουν στο '….' βλέπουμε αν είναι αυτοκίνητο ή μοτοσικλέτα (μια πολύ καλή σύνδεση 'καθημερινής' παρατήρησης με τις Φυσικές επιστήμες).

4. Άλλα θέματα. Χρησιμοποιώντας απλά μοντέλα ζητείται μελέτη, στην οποία περιλαμβάνεται και διαπίστωση της ορθότητας των δεδομένων του προβλήματος, π.χ. στα εξής:

- Δορυφόροι παρακολούθησης. Λέγεται πως η παρακολούθηση με τεχνητούς δορυφόρους (χρήσιμη π.χ. στη μετεωρολογία αλλά, κυρίως, για στρατιωτικούς λόγους) μπορεί να διακρίνει τις πινακίδες ενός αυτοκινήτου ή τη μάρκα ενός πακέτου τσιγάρων. Είναι εφικτό – με ποιες τεχνικές?
- Οδήγηση. Ποια είναι η ελάχιστη απόσταση που σταματά ένα αυτοκίνητο που τρέχει με 30km/h; Πόσο αυξάνεται η απόσταση λόγω καθυστερημένης (πχ λόγω ποτού, απόσπασης προσοχής αντίδραση του οδηγού πχ. Κατά 0.2s; Το σύνηθες όριο ταχύτητας σε κατοικημένες περιοχές είναι 50km/h όμως στα περισσότερα ελληνικά χωριά το όριο είναι 30 ή και 20 km/h – υπάρχει αιτιολόγηση (πέρα από το όσο πιο αργά τόσο καλύτερα); Σε πόσα ποτηράκια κρασιού αντιστοιχεί το όριο αλκοτέστ του 0.2%;
- Ανθρώπινο σώμα. Γιατί είναι θανατηφόρα η έγχυση αέρα στις φλέβες; Με ποιο τρόπο το είδος του φαγητού ή ποιότητα του αέρα επηρεάζει την κυκλοφορία του αίματος στις αρτηρίες και φλέβες; Μπορείτε να εκτιμήσετε την αντοχή των τενόντων στο γόνατο ή στη φτέρνα;
- Κινητική θεωρία. Με ποιο μηχανισμό τα 'αιγηνίτικα κανάτια' κρατούνε δροσερό νερό το καλοκαίρι; Υπάρχει συνάφεια με την ψύχρα που αισθανόμαστε όταν βγαίνουμε από ζεστό μπάνιο ή με την τοπική αναισθησία στο δέρμα με οινόπνευμα (ή άλλη πτητική ουσία); Με ποιο άμεσο τρόπο ένα ζεστό καρπούζι που πουλάνε στα 'Datsun' τις θερμές καλοκαιρινές ημέρες μπορεί να μετατραπεί σε δροσερό (και ελπίζουμε νόστιμο) έδεσμα; Γιατί φυσώντας με το στόμα μας σβήνουμε ένα κερί αλλά δυναμώνουμε τη φωτιά στο τζάκι, κρυώνουμε την καυτή σούπα μας αλλά ζεσταίνουμε ('χουχουλιάζουμε') τα παγωμένα χέρια μας τον χειμώνα; Γιατί το καυτό τσάι μας κρυώνει πιο γρήγορα όταν το ανακατεύουμε; Γιατί η προσθήκη ζάχαρης στο τσάι χαμηλώνει τη θερμοκρασία του (ακόμα και αν η ζάχαρη και τσάι έχουν αρχικά την ίδια θερμοκρασία); Με ποιες προϋποθέσεις το αλάτι στον παγωμένο δρόμο λιώνει τον πάγο; Γιατί συνήθως παρατηρείται παγετός τις ανοιξιάτικες νύχτες με ξαστεριά; Πότε στεγνώνει πιο γρήγορα η απλωμένη μπουγάδα τις ζεστές με άπνοια ημέρες η τις κρύες με αέρα; Πως πρέπει να είναι προσανατολισμένα τα χέρια μας στο (ζεστό) ρεύμα αέρα των στεγνωτηρίων χειρός που βρίσκονται σε δημόσιους χώρους ώστε να στεγνώσουν γρήγορα;
- Διάφορα θέματα. Που αναμένεται να είναι παχύτερος ο φλοιός της Γης στα μέρη με ψηλά βουνά ή σε πεδιάδες με χαμηλό υψόμετρο και γιατί; Ποια σχέση μπορεί να έχουν με τη δημιουργία των φαραγγιών τα ποτάμια που συνήθως υπάρχουν σε αυτά; Γιατί το σκοινί για τα ρούχα δεν πρέπει να είναι τεντωμένο; Γιατί χρησιμοποιώντας λαστιχένιους ιμάντες ('χταπόδια') αντί για σκοινί οι αποσκευές στην σχάρα του αυτοκινήτου 'χτυπάνε' λιγότερο; Ποιοι λόγοι 'επιβάλουν' στα επιβατηγά πλοία να μην ταξιδεύουν συνήθως με πλήρη ταχύτητα; Γιατί, ακόμα και σε φαρδιούς πολυσύχναστους δρόμους δημιουργούνται ουρές αυτοκινήτων με μικρή στένωση π.χ. (διπλο) παρκαρισμένα αυτοκίνητα;
- κλπ.

2.2-Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής.

Το περιεχόμενο και παρατηρήσεις από τη διδασκαλία του περιγράφονται στα Anagnostakis & Michaelides 2006, Anagnostakis & Michaelides 2007, Αναγνωστάκης κα 2008, Μαργετουσάκη κα 2008, Anagnostakis & Michaelides 2012. Στους σκοπούς του μαθήματος περιλαμβάνονται

α/κατανόηση βασικών εννοιών των ρομπότ, β/εξοικείωση με τον προγραμματισμό των ρομπότ, γ/κατανόηση δυνατοτήτων και περιορισμών των ρομπότ και δυνατότητα ενσωμάτωσης τους στην τάξη είτε ως αντικείμενο είτε ως περιβάλλον διδασκαλίας, δ/ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος και, γενικότερα, ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτοδύναμης μάθησης (ιδιαίτερα απαραίτητο λόγω της ραγδαίας εξέλιξης του αντικειμένου – χρησιμοποιήθηκε ευρέως η διδασκαλία με τη μέθοδο υλοποίησης έργων). Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας οι εκπαιδευόμενοι ενθαρρύνονται να συσχετίζουν τη διαδικασία υλοποίησης των έργων τους με γνώσεις από άλλα αντικείμενα, ιδιαίτερα από τα Μαθηματικά και τις Φυσικές επιστήμες (βλέπε και δ/ προηγουμένως) κάτι στο οποίο ανταποκρίνονται επιτυχώς αν και οι σχετικές γνώσεις δεν απαιτούνται για την παρακολούθηση του μαθήματος.

2.3-Πειράματα και Μετρήσεις με ιδιοκατασκευές.

Στοιχεία από το περιεχόμενο και παρατηρήσεις από τη διδασκαλία του περιγράφονται στο Michaelides, & Tsigris, 2004. Το μάθημα προέκυψε από την ανάγκη για: **α**/παροχή ανώτερου επιπέδου εκπαίδευσης με γνώσεις και δεδομένα που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην τάξη ελαχιστοποιώντας τον κόπο που απαιτείται για μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης σε σχολική πράξη, **β**/αντιμετώπιση του γεγονότος πως σημαντικό ποσοστό των φοιτητών – φοιτητριών έχουν περιορισμένο ή ανεπαρκές υπόβαθρο στις Φυσικές επιστήμες, **γ**/αλλαγή της αρνητικής συνήθως στάσης των φοιτητών – φοιτητριών έναντι των Φυσικών επιστημών, **δ**/παροχή μακρόχρονης γνώσης, δεξιοτήτων και δεξιοτεχνιών. Το **α**/οδηγεί σε διδασκαλία υψηλού επιπέδου, πολυμορφικής μορφής (Μιχαηλίδης 1998) με επιστημονικά έγκυρο περιεχόμενο, έστω και αν, λόγω του **β**/ είναι αναγκαίες οι απλοποιήσεις (π.χ. μεταφορές και αναλογίες, προσεγγίσεις ή απλουστευμένα μοντέλα, …). Τα **γ**/ και **δ**/ οδηγούν σε διδακτικές προσεγγίσεις ΠΔΕΒΜ με καθοδήγηση μορφής μέντορα. Στους σκοπούς του μαθήματος εμπεριέχονται: α/επιλογή – κατασκευή κατάλληλων κάθε φορά μοντέλου, β/παρατηρήσεις συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων και επεξεργασίας τους, γ/κατασκευή με απλά υλικά και μέσα μηχανισμών για μέτρησης ή για επίδειξη φαινομένων από το πρόγραμμα Φυσικών επιστημών του Σχολείου, δ/ανάπτυξη αυτοσυναισθήματος και δεξιοτήτων αυτοδύναμης μάθησης. Το περίγραμμα ύλης έχει δύο μέρη: Α/έννοια της μέτρησης στις Φυσικές επιστήμες και παράμετροι της (ακρίβεια και ευαισθησία, συστηματικά και τυχαία σφάλματα, βαθμονόμηση, επεξεργασία για εκτίμηση - περιορισμό σφάλματος …). Β/επιλογή και υλοποίηση κατασκευής για μέτρηση ή/και επίδειξη, τουλάχιστον ως προς τις βασικές έννοιες, φαινομένου των Φυσικών επιστημών. Στο Α/ οι εκπαιδευόμενοι καθοδηγούνται στην κατασκευή απλών διατάξεων με τις οποίες μετρούν Φυσικά μεγέθη, π.χ. γεωγραφικές συντεταγμένες ενός τόπου, επιτάχυνση της βαρύτητας, κατασκευή θερμομέτρου και μέτρηση θερμοκρασίας, μέτρηση απόστασης με τριγωνισμό, μέτρηση μάζας με δική τους κατασκευή, κλπ. Στο Β/ οι εκπαιδευόμενοι επιλέγουν ένα θέμα, το οποίο μελετούν σε βάθος και κατασκευάζουν είτε όργανο μέτρησης σχετικού φυσικού μεγέθους είτε διάταξη επίδειξης φαινομένου. Παραδείγματα υλοποίησης τέτοιων έργων περιλαμβάνουν θέματα όπως (Τσίγκρης 2011): τύποι θερμομέτρων και κατασκευή τους, μορφές και κατασκευή ζυγαριάς, οπτικοποίηση – μέτρηση ηλεκτρομαγνητικής δύναμης, κατασκευή υδρομέτρων, μορφές και κατασκευή ηλεκτρικών κινητήρων, κατασκευή ανεμογεννήτριας, μηχανικός συντονισμός, μορφές και κατασκευή ηλεκτρικής μπαταρίας, κατασκευή φακού μεταβλητής εστιακής απόστασης, κλπ.

4-Σχολιασμός

Με κάποιες προφανείς εξαιρέσεις στα μαθήματα ‘Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών και καθημερινές παρατηρήσεις’ και ‘Πειράματα και Μετρήσεις με ιδιοκατασκευές’, οι εκπαιδευόμενοι εργάζονταν σε ομάδες των δυο, τριών ή τεσσάρων (σε περίπτωση πολλών εγγραφών στο μάθημα 'Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής’) προσώπων. Σε όλα τα μαθήματα, περιλαμβανόταν μεταξύ των επιλεγόμενων έργων και σχετική με το εκάστοτε μάθημα διδασκαλία σε τάξη, κάτι που επιλεγόταν αρκετά συχνά. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν στην αποτίμηση κάθε φορά της διδασκαλίας περιλαμβάνουν ερωτήσεις σχετικές με το μάθημα (πχ ‘γράψτε μέχρι 2 καλά

χαρακτηριστικά του μαθήματος', 'γράψτε τα αρνητικά χαρακτηριστικά του μαθήματος') καθώς και γενικότερες (πχ 'πως κρίνετε συνολικά το μάθημα', 'τι νομίζετε πως θα θυμόσαστε μετά από 5 χρόνια από το μάθημα αυτό', κλπ). Οι εκπαιδευόμενοι απαντούν με όμοια γενικά στάση ενώ δεν παρατηρείται διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στην τελική τους επίδοση. Με βάση τις πιο συχνές απαντήσεις και τις παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των μαθημάτων παρουσιάζεται ένας σχολιασμός ο οποίος αν και αδρομερής νομίζουμε πως είναι γενικότερα χρήσιμος.

- Με μια δυο εξαιρέσεις, και όταν υπάρχουν, όλοι οι εκπαιδευόμενοι αναφέρουν πολύ θετική εντύπωση για το (κάθε) μάθημα αν και το θεωρούν επίσης ως ένα δύσκολο μάθημα. Στις συζητήσεις αποσαφήνισαν την έννοια του 'δύσκολου' ως έχοντος μεγαλύτερες απαιτήσεις από άλλα μαθήματα (χαρακτηριστική απάντηση: 'με τον κόπο που κατέβαλα θα είχα περάσει δυο τρία άλλα μαθήματα'). Παρόλα αυτά, όλοι τους απαντούν πως θα εγγράφονταν και σε άλλο παρόμοιο μάθημα και πως θα το συνιστούσαν στους άλλους φοιτητές – φοιτήτριες.
- Στην ερώτηση τι αισθάνονταν κατά τη διάρκεια του μαθήματος οι εκφράσεις που χρησιμοποιούν είναι: 'ενθουσιασμός - χαρά (όταν τα κατάφερναν), 'απογοήτευση (όταν η λύση τους δεν περπατούσε', 'έκπληξη – αμηχανία (με τον προβληματισμό που αντιμετώπιζαν', 'δημιουργία', …
- Όλοι οι εκπαιδευόμενοι συμμετείχαν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία συνεισφέροντας, μέσω των ομάδων τους, στην επίλυση του προβληματισμού που τους είχε ανατεθεί δείχνοντας συνεχές ενδιαφέρον. Το ίδιο συνεχές ενδιαφέρον και συμμετοχή για τις 2 – 3 διδακτικές ώρες έδειχναν και μαθητές σχολείου σε αντίστοιχες διδακτικές παρεμβάσεις σε σχολεία (συνήθως από εκπαιδευόμενους με την εποπτεία διδασκόντων).
- Αν και τα μαθήματα αυτά δεν είναι υποχρεωτικά, η διαρροή σε όλα τα μαθήματα είναι, τελικά, πολύ μικρή ή μηδενική. Στις πρώτες υλοποιήσεις των μαθημάτων η διαρροή ήταν της τάξης του 20% (έναντι 50+% σε άλλα μαθήματα) και παρουσιαζότανε όταν οι εκπαιδευόμενοι έπρεπε να υλοποιήσουν ένα έργο (μελέτη, κατασκευή, μέτρηση, …). Μέρος της διαρροής οφειλόταν σε αντιλήψεις περιφρονητικές (χαρακτηριστική απάντηση από τις πρώτες διδασκαλίες: 'είναι σοβαρά πράγματα να κρατάμε ένα στύλο και να μετράμε τη σκιά του;') και σε αδυναμία καλής καθοδήγησης – αντιμετωπίστηκαν με τη αλλαγή της καθοδήγησης από τυπική φροντιστηριακή (tutorial) σε μορφή μέντορα.
- Ένδειξη επίτευξης των στόχων του γνωστικού τομέα αποτελεί η, γενικά, υψηλή τελική βαθμολογία των εκπαιδευομένων. Όμοιες ενδείξεις υπάρχουν και για όλους τους στόχους (ιδιαίτερα της ανάπτυξης αυτοσυναισθήματος και θετικής στάσης προς τις Φυσικές επιστήμες) όπως δείχνουν οι παρακάτω ενδεικτικές απαντήσεις: 'νόμιζα πως για τη Φυσική απαιτούνται ειδικά εργαστήρια και όργανα αλλά μπορείς να κάνεις πολλά με λίγα μέσα', 'συνειδητοποίησα πως έχει διαφορά τι βλέπουμε και τι καταλαβαίνουμε', 'στα βιβλία όλα τα σημεία πέφτουν πάνω στη γραμμή ενώ τα δικά μας κάνανε ζικ-ζακ', 'είδα πως αυτά που μαθαίνουμε έχουν πρακτική εφαρμογή', 'ήθελε πολύ προσπάθεια αλλά άξιζε τον κόπο', 'μάθαμε χρήσιμα πράγματα για τη ζωή και για το σχολείο', 'τελικά δεν είναι δύσκολη η Φυσική (από 'τριτοδεσμίτες')', 'ήθελα, τουλάχιστον στην αρχή περισσότερες οδηγίες, μετά δεν πείραζε', 'ήτανε διαφορετικός τρόπος από όσα είχαμε μάθει μέχρι τώρα', 'μου άρεσε που έμαθα να δουλεύω μόνη μου', 'μου άρεσε που κάναμε τους ντετέκτιβ (από μαθητή σχολείου),…
- Αν κρίνει κανείς από τις απαντήσεις που ακολουθούν, φαίνεται πως οι εκπαιδευόμενοι ανάπτυξαν θετικές στάσεις προς τις προσεγγίσεις ΠΔΕΒΜ, τις οποίες, όπως έδειξαν οι παρατηρήσεις μας από τις παρεμβάσεις εκπαιδευομένων σε σχολεία) χρησιμοποιούν και στην τάξη: 'ξεκίνησα βαρετά αλλά ξετρελάθηκα', 'θα θυμάμαι πάντα τις προσπάθειες να βρούμε άκρη (να λύσουνε τους προβληματισμούς)', 'μου άρεσε η ομαδική δουλειά', 'μου άρεσε που δίδαξα με αυτόν τον τρόπο – τα παιδιά ενδιαφέρονταν συνέχεια (από εκπαιδευόμενους που έκαναν παρεμβάσεις σε σχολεία)', … . Ενδεικτικό επίσης είναι και το σχόλιο από ήδη υπηρετούντα και παλαιό εκπαιδευόμενο εκπαιδευτικό 'δεν θυμάμαι τι ακριβώς κάναμε αλλά θυμάμαι και χρησιμοποιώ στην τάξη μου τον τρόπο διδασκαλίας.

Αν και οι προηγούμενες παρατηρήσεις δεν είναι συστηματικές, δείχνουν πως η ορθή υλοποίηση μεθόδων ΠΔΕΒΜ αποτελούν εξίσου αποτελεσματικές εναλλακτικές διδακτικές προσεγγίσεις ως προς την επίτευξη στόχων του γνωστικού τομέα, με θετικά αποτελέσματα και ως προς τους άλλους τομείς μάθησης ενώ ωθούν τους εκπαιδευτικούς προς τη χρήση τέτοιων μεθόδων και στην τάξη. Πρέπει όμως να αναφερθεί επίσης πως η διδασκαλία με ΠΔΕΒΜ απαιτεί περισσότερο κόπο από διδάσκοντα και εκπαιδευόμενους (που πρέπει να είναι σε μικρούς αριθμούς) όμως 'τα καλά κόποις κτώνται (αποδίδεται στον Αριστοτέλη)'.

Ευχαριστίες. Η εργασία αυτή έγινε με μερική οικονομική υποστήριξη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (έργο "Pri-Sci-Net" σύμβαση 266647, http://www.prisci.net/). Οι απόψεις εδώ εκφράζουν μόνο τον συγγραφέα. Τόσο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όσο και οι συνεργάτες του έργου δεν φέρουν καμιά ευθύνη για την όποια χρήση γίνει όσων αναγράφονται εδώ. Ουσιαστικές ήταν οι άτυπες συζητήσεις με συνεργάτες και συνδιδάσκοντες ιδιαίτερα με τον κ. Σ. Αναγνωστάκη στο 'Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής', με τον εφευρετικό κ. Μ. Τσίγκρη στο 'Πειράματα και Μετρήσεις με ιδιοκατασκευές' και με την κ. Α. Μαργετουσάκη ως προς τις 'άτυπες' παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των μαθημάτων.

Βιβλιογραφία

Αναγνωστάκης, Σ., Μαργετουσάκη, Α., Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2008). Δυνατότητα Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στα Σχολεία, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 28-30 Μαρτίου 2008 πρακτικά σελ. 243-252 (επιμέλεια πρακτικών Βασίλης Κόμης) http://www.ecedu.upatras.gr/didinfo/.

Μαργετουσάκη, Α., Αναγνωστάκης, Σ., Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2008). Άτυπη μάθηση σε περιβάλλον εκπαιδευτικής ρομποτικής 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής της Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 28-30 Μαρτίου 2008 πρακτικά σελ. 253-262 (επιμέλεια πρακτικών Βασίλης Κόμης) http://www.ecedu.upatras.gr/didinfo/.

Μιχαηλίδης Π. Γ. (1998). Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 29-31 Μαΐου 1998, πρακτικά σ. 399-405.

Τσίγκρης Μιλτιάδης (2011). Ιδιοκατασκευασμένες Πειραματικές Διατάξεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μεταπτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο 2011.

Albanese, Mark A.; Mitchell, Susan, Academic Medicine (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. Vol 68(1), Jan 1993, 52-81

Anagnostakis, Simos Michaelides, P. G. (2006). Laboratory of Educational Robotics' - An undergraduate course for Primary Education Teacher - Students, proceedings pp. 329-335, HSci 2006 - 3rd International Conference on Hands-on Science, 4th - 9th September, 2006, Braga, Portugal, proceedings published by University of Minho. (http://www.hsci.info/hsci2006/index.html).

Anagnostakis, Simos, Michaelides P. G. (2007). Results from an undergraduate test teaching course on Robotics to Primary Education Teacher – Students' 4th International Conference on Hands-on Science, 23 – 27 July 2007, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Portugal, Proceedings pp. 3-9 http://www.hsci.info/hsci2007.html.

Anagnostakis, Simos and Michaelides P. G., (2012). Teaching Educational Robotics for Schools: some retrospective comments, presented at the 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012, 17-21 October 2012, Antalya, Turkey (http://www.hsci.info).

Anne Powell, M.S.W. (1997). Academic Tutoring and Mentoring: A Literature Review, California Research Bureau, California State Library, 1997 στην ηλεκτρονική διεύθυνση http://www.library.ca.gov/crb/97/11/97011.pdf (επίσκεψη 22 Αυγ. 2012).

Boud, D. & Felleti, G. editors (1998). The challenge of Problem Based Learning. Kogan Page Limited, London.

Buck Institute for Education (2003). Project Based Learning Handbook: A Guide to Standards-Focused Project Based Learning for Middle and High School Teachers.

McDermott Lillian C, Shaffer Peter S and Constantinou C P (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. Phys. Educ. 35(6), pp. 411-420

Michaelides, P. G. (2001). Everyday observations in relation to Natural Sciences, Learning in Mathematics and Science and Educational Technology, University of Cyprus July 2001, Volume II pp. 281- 300.

Michaelides, P. G. and Tsigris, Miltiadis, (2004). Science Teaching with self-made apparatus, 1st International Conference on Hands-on Science: Teaching and Learning Science in XXI century", Ljubljana 5-8 July 2004, proceedings pp.47-52.

Thomas John W. Ph. D. (2000) A Review of Research on Project-Based Learning, http://173.226.50.98/sites/default/files/news/pbl_research2.pdf visited 20-8-2012.

Συνεδρία 18: Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

Αποτύπωση πτυχών της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου μελλοντικών Εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση ενός Εργαλείου Αναπαράστασης του περιεχομένου

Βασίλης Γρηγορίου, Γεώργιος Θ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
vgrigor@primedu.uoa.gr, kalkanis@primedu.uoa.gr, http://micro-kosmos.uoa.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας που αφορά την ανάπτυξη πτυχών της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ) έξι μεταπτυχιακών φοιτητών Φυσικών Επιστημών κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος επιμόρφωσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι φοιτητές κλήθηκαν να αναστοχαστούν πάνω σε διδασκαλίες που θα διενεργούσαν και θα αφορούσαν θεματικές της μηχανικής και της διάδοσης του φωτός. Ως μέσο για την πρόκληση του αναστοχασμού τους αλλά και για την αποτύπωση της ΠΓΠ τους χρησιμοποιήθηκε ένα εργαλείο αναπαράστασης του περιεχομένου που διερευνούσε τις απόψεις τους σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο αλλά και τη διδακτική του. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το συγκεκριμένο εργαλείο μπορεί να αποτελέσει ένα παράθυρο θέασης προς την ΠΓΠ των συμμετεχόντων ενώ μέσω της εύληπτης δομής του βοηθά στην ανάπτυξη της επίγνωσής τους γύρω από τη διδασκαλία και τη μάθηση. Οι συμμετέχοντες φάνηκε να προκρίνουν τις διερευνητικές εκπαιδευτικές διαδικασίες επιλέγοντας συχνά ως εκπαιδευτικό εργαλείο τις δυναμικές προσομοιώσεις του μικρόκοσμου.

Abstract

This study is a part of a broader research effort concerning some Pedagogical Content Knowledge (PCK's) aspects development of six post graduate Science students during a training programme. In this case, the student teachers were asked to reflect upon the teachings that they would conduct at the related topics of mechanics and light diffusion. The mean that would try not only to promote reflection but also to portray aspects of student teachers' PCK, was a tool of content representation that explored students' views on the subject matter and also on the analogous teaching. The research revealed that the aforesaid tool could act as a window to participants' PCK while through the intuitive structure it could help to develop their awareness about teaching and learning. The participants seemed to privilege inquiry based processes choosing to use often dynamic simulations of microcosm.

Εισαγωγή

Η δομή της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών δεν μπορεί πάντα να προσφέρει δυνατότητες στους νυν φοιτητές και εν δυνάμει εκπαιδευτικούς να μετασχηματίσουν τη γνώση που αποκτούν, γεγονός που δημιουργεί έμμεσα μια κατάσταση στην οποία οι φοιτητές πρέπει να βρουν μόνοι τους τρόπους να μετασχηματίσουν τις διάφορες γνώσεις σε αξιοποιήσιμες και ουσιαστικές μορφές μέσα στο πλαίσιο της διδασκαλίας. Σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Park και Oliver (2008) προέκυψε ότι οι εκπαιδευτικοί που αναστοχάζονται πάνω στις δικές τους διδασκαλίες αναπτύσσουν περισσότερο την ΠΓΠ τους. Στην ίδια κατεύθυνση, η παρακίνηση των εκπαιδευτικών να μιλήσουν ανοιχτά με άλλους συναδέλφους γύρω από σημαντικές εμπειρίες που συνάντησαν κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών τους, μπορεί να τους οδηγήσει σε μια διαδικασία αναζήτησης και σκέψης της παιδαγωγικής αιτιολόγησης που με τη σειρά της θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια πλούσια διείσδυση στην ΠΓΠ τους (Loughran, et al. 2006).

Ως εκ τούτου έχει ιδιαίτερη αξία, τόσο σε σχέση με την έρευνα άλλα όσο και με την πρακτική, να ερευνήσουμε τον τρόπο που μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, μέσω του αναστοχασμού, θα μπορούσαν να αναπτύξουν τις ξεχωριστές γνωσιακές τους βάσεις (που αφορούν το γνωστικό

αντικείμενο, την παιδαγωγική και το πλαίσιο) αλλά ακόμα περισσότερο να τις ενσωματώσουν για να διαμορφώσουν ένα αμάλγαμα γνώσης, αυτό που τελικά είναι η ΠΓΠ. Μία όμως από τις απαραίτητες προϋποθέσεις σε μια τέτοια έρευνα είναι η πρόταση ενός κατάλληλου εργαλείου που θα μπορούσε να λειτουργήσει τόσο για την πρόκληση αναστοχασμού, αλλά επίσης να παρέχει και ένα παράθυρο θέασης προς τις σκέψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση και θα επιτρέψει την αποτύπωση πτυχών της ΠΓΠ τους. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της δυνατότητας πρόκλησης αναστοχασμού αλλά και της καταγραφής πτυχών της ΠΓΠ έξι μελλοντικών εκπαιδευτικών, όταν στο πλαίσιο μιας διαδικασίας επιμόρφωσής τους για τη διεύρυνση της ΠΓΠ τους κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα εργαλείο που αφορά την απεικόνιση του περιεχομένου πάνω σε θεματικές που αφορούν τη μηχανική και το φως.

Θεωρητικό πλαίσιο

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες στο πεδίο της μελέτης της γνώσης του εκπαιδευτικού χρησιμοποιείται η έννοια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ). Ο Shulman (1987), ως εισηγητής της, προσδιόρισε την ΠΓΠ ως μία μοναδική μορφή γνώσης, διαφορετική από τις υπόλοιπες γνωσιακές βάσεις, που αφορά ειδικά τη διδασκαλία και ξεχωρίζει τον εκπαιδευτικό από τον ειδήμονα του γνωστικού αντικειμένου. Μετά την αρχική της εισαγωγή, η έννοια της ΠΓΠ θεωρήθηκε με διαφορετικούς τρόπους (Grossman 1990, Geddis et al. 1993, Gess-Newsome & Lederman 1999). Υπήρξε εκτεταμένη διαπάλη για τη σύλληψη της ΠΓΠ, με τις διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη φύση της να οδηγήσουν σε αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με την ανάπτυξή της και κατ' επέκταση με τη μεθοδολογία που θα έπρεπε να ακολουθηθεί τόσο για να αναπτυχθεί (Smith 2007) όσο και για να αποτυπωθεί. Παρά το γεγονός ότι δεν έχει υπάρξει συναίνεση στα μοντέλα της ΠΓΠ και των συνιστωσών της, όλοι οι μελετητές συμφωνούν με τα δύο βασικά στοιχεία που προτείνει ο Shulman και τα οποία είναι η γνώση των αναπαραστάσεων του γνωστικού αντικειμένου και η κατανόηση των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές στις συγκεκριμένες θεματικές περιοχές καθώς επίσης και τις τυχούσες προαντιλήψεις τους (Van Driel, Verloop & de Vos 1998).

Στη μελέτη αυτή, η ΠΓΠ προσεγγίζεται μέσω του ενοποιητικού μοντέλου (integrative model) που είναι και το ισχυρότερα υποστηριζόμενο βιβλιογραφικά (Gess-Newsome, J. 1999 pp. 21-50). Το μοντέλο αυτό θεωρεί ότι η ΠΓΠ συνίσταται από τρεις γνωσιακές βάσεις: τη γνώση του γνωστικού αντικειμένου, την παιδαγωγική γνώση και τη γνώση του πλαισίου. Οι εκπαιδευτικοί δεν κατέχουν την ΠΓΠ για όλα τα διδασκόμενα θέματα, αλλά σε κάθε θεματική ξεχωριστά προσπαθούν να εντάξουν τις τρεις γνωσιακές τους βάσεις. Η προσέγγιση αυτή της ΠΓΠ στο κομμάτι που αφορά την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών θεωρεί ότι οι τρεις γνωσιακές βάσεις μπορούν να διδαχθούν ξεχωριστά ή ενσωματωμένες με ορίζοντα πάντα την προαγωγή των δεξιοτήτων ενσωμάτωσής τους καθώς επίσης ότι οι διδακτικές εμπειρίες και ο αναστοχασμός ενισχύουν την ανάπτυξη, την επιλογή, την ενσωμάτωση και τη χρήση των τριών γνωσιακών βάσεων (Gess-Newsome, J. 1999, pp. 21-50).

Για την αποτύπωση της ΠΓΠ εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι μέθοδοι (Bertram 2010) που όπως έχουν κατηγοριοποιηθεί από την Abell περιλαμβάνουν συνεντεύξεις, παρατηρήσεις μέσα στην τάξη, ομαδικές συζητήσεις ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς, μίξη μεθόδων όπως παρατηρήσεις σε τάξη και συζητήσεις ή εργαστήρια, χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων (Abell 2007, p. 1123). Οι Loughran κ.α. (2006) εισήγαγαν δύο εργαλεία, γνωστά ως CoRes και Pa-PeRs αντίστοιχα, για να αποτυπώσουν αρχικά της ΠΓΠ έμπειρων εκπαιδευτικών. Ο σκοπός των CoRes (Content Representations) είναι να απεικονίσουν μια ολιστική επισκόπηση της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών γύρω από μια συγκεκριμένη θεματική των Φ.Ε. (για παράδειγμα οι χημικές αντιδράσεις) και κατ επέκταση να συγκεκριμενοποιήσουν και να φανερώσουν τη μύχια φύση της ΠΓΠ των έμπειρων εκπαιδευτικών προς τους άλλους. Συμπληρωματικά με τα CoRes λειτουργούν τα Pa-PeRs που είναι αφηγήσεις επικεντρωμένες στο πώς ένας έμπειρος εκπαιδευτικός φέρνει στην επιφάνεια και περιγράφει μία πολύ συγκεκριμένη κατάσταση που έλαβε χώρα στην τάξη κατά τη

διάρκεια μιας διδασκαλίας, παρέχοντας τη δυνατότητα να περιγραφεί αυτή η ΠΓΠ σε αληθινές συνθήκες. Σε εργασίες (Loughran et al. 2008, Hume και Berry 2011) που εξετάζεται η χρήση των εργαλείων CoRes και Pa-PeRs σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, διαπιστώνεται ότι οι εκπαιδευτικοί βρήκαν τη διαδικασία ενδιαφέρουσα ενώ φάνηκε πως με την κατάλληλη υποστήριξη, παρόλη την έλλειψη διδακτικής εμπειρίας, το συγκεκριμένο εργαλείο είχε τη δυνατότητα να συμβάλλει στην ανάπτυξη της ΠΓΠ τους

Υπόθεση-Ερευνητικά ερωτήματα

Η υπόθεση της εργασίας είναι ότι ένα εργαλείο αναπαράστασης του περιεχομένου, όπως είναι το CoRe, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς ώστε να προκαλέσει τον αναστοχασμό τους πάνω σε σχεδιαζόμενες από μέρους τους διδασκαλίες που αφορούν τη μηχανική και τη διάδοση του φωτός και να αποτυπώσει πτυχές της ΠΓΠ τους για τις συγκεκριμένες θεματικές. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Η έλλειψη διδακτικής εμπειρίας επηρεάζει την ανάπτυξη του εργαλείου CoRe από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς;
- Ποιες πτυχές της ΠΓΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών αποτυπώνει το εργαλείο CoRe;

Ερευνητικό πλαίσιο-Μεθοδολογία

Με δεδομένο ότι τα ερευνητικά ερωτήματα δεν έχουν μια ποσοτική διάσταση αλλά είναι καθαρά ποιοτικά επιλέχθηκε μια εθνογραφική μεθοδολογία, που μπορεί να περιγραφεί κοντολογίς ως «η διαδικασία παροχής ολιστικών και επιστημονικών περιγραφών εκπαιδευτικών συστημάτων, διαδικασιών και φαινομένων μέσα στο συγκεκριμένο πλαίσιό τους» (Wiersma, 2000, p. 237). Η εθνογραφική μεθοδολογία στηρίζεται σε παρατηρήσεις, περιγραφές, συζητήσεις, ποιοτικές ερμηνείες αλλά και στη σύνεση (Bertram 2010). Το ευαίσθητο σημείο τέτοιους είδους μεθοδολογιών είναι η εγκυρότητα και αξιοπιστία, αφού βασίζονται αρκετά σε συνεντεύξεις και προσωπικές μαρτυρίες, γεγονός που τις καθιστά επιρρεπείς σε φαινόμενα οι συμμετέχοντες να απαντούν αυτό που περιμένει ο ερευνητής να ακούσει, οι απαντήσεις να μη συμβαδίζουν με αυτό που συμβαίνει στην τάξη ενώ τέλος τα συμπεράσματα που συνάγονται από τον ερευνητή να μην αντιπροσωπεύουν ακριβώς την πραγματικότητα. Προκειμένου να περιοριστούν οι αδυναμίες αυτές και να διασφαλιστεί η πρέπουσα αξιοπιστία έγινε τριγωνοποίηση των δεδομένων. Έτσι, ο κάθε συμμετέχοντας συμπλήρωσε το δικό του CoRe, υπήρχαν συναντήσεις με τον επιμορφωτή τους κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του εργαλείου οι οποίες ηχογραφήθηκαν και αποδελτιώθηκαν, ενώ αφού τελείωσε η ανάλυση, τα συμπεράσματα παρουσιάστηκαν στους ίδιους ως ένας εσωτερικός έλεγχος εγκυρότητας, έχοντας τη δυνατότητα να ελέγξουν και να σχολιάσουν/αλλάξουν τις ερμηνείες που είχαν δοθεί. Τέλος, οι ερμηνείες που δόθηκαν συζητήθηκαν και με δεύτερο κριτή μέχρι να υπάρξει συναίνεση.

Το δείγμα

Το δείγμα αποτελούσαν έξι μεταπτυχιακοί φοιτητές με βασικό πτυχίο στις Φυσικές Επιστήμες, πέντε Φυσικοί και μία Γεωλόγος, ενώ βρίσκονταν στο δεύτερο έτος μεταπτυχιακών σπουδών που αφορούσαν τη διδακτική των Φ.Ε.. Όλοι οι φοιτητές συμμετείχαν εθελοντικά σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης που είχε αναπτυχθεί από τον επιμορφωτή τους και αφορούσε την ανάπτυξη της ΠΓΠ τους, μέρος του οποίου είναι και η παρούσα εργασία. Οι φοιτητές δεν είχαν διδακτική εμπειρία από πραγματικές συνθήκες τάξης, ενώ οι περισσότεροι απασχολούνταν ως ιδιωτικοί εκπαιδευτικοί σε ιδιαίτερα μαθήματα.

Η δομή του εργαλείου αναπαράστασης του περιεχομένου CoRe και η ανάπτυξή του

Το εργαλείο είναι δομημένο σε μορφή πίνακα, με στήλες και γραμμές. Κάθε μία στήλη αφορά μία Μεγάλη Ιδέα, δηλαδή ιδέες που ο εκπαιδευτικός θεωρεί ότι βρίσκονται στην καρδιά της κατανόησης ενός επιστημονικού θέματος για τη συγκεκριμένη τάξη. Για την περιγραφή κάθε Μεγάλης Ιδέας υπάρχουν οκτώ κελιά με τους ανάλογους τίτλους όπου ο κάθε συμμετέχοντας

πρέπει να αναλύσει τη σκέψη του. Τους ζητείται να αναφερθούν σε «Τι θέλεις να μάθουν γύρω από αυτή την ιδέα;», «Γιατί είναι σημαντικό για τους μαθητές σου να μάθουν την ιδέα αυτή;», «Τι άλλο γνωρίζεις για αυτή την ιδέα (που δεν σκοπεύεις να μάθουν οι μαθητές σου τώρα)», «Ποιες είναι οι δυσκολίες/οι περιορισμοί που συνδέονται με την ιδέα;», «Ανακάλεσε από την εμπειρία σου καταστάσεις που φανερώνουν τη σκέψη των μαθητών σου γύρω από αυτή την ιδέα», «Υπάρχουν άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη διδασκαλία αυτής της ιδέας;», «Ποιες είναι οι διδακτικές διαδικασίες που θα ακολουθήσεις (για ποιους λόγους θα τις χρησιμοποιήσεις αυτές να εμπλέξεις τους μαθητές;)», «Πώς θα καταλάβεις ότι οι μαθητές σου έμαθαν (ή μπερδεύτηκαν;)».

Κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν από ένα CoRe. Οι συμμετέχοντες συμππλήρωσαν τα εργαλεία σε ένα διάστημα δύο περίπου μηνών ενώ βασιζόμενοι σε αυτά κατόπιν θα δομούσαν και τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας για μία διδασκαλία τους που θα ακολουθούσε. Ήταν ελεύθεροι να αποφασίσουν οι ίδιοι το τόπο που θα εργάζονταν (δηλαδή το χώρο του σεμιναρίου ή το σπίτι τους), το υποστηριχτικό υλικό που θα χρησιμοποιούσαν καθώς και το αν θα χρειάζονταν περεταίρω υποστήριξη κατά την ανάπτυξή του. Κάποιοι από τους συμμετέχοντες όντως ζήτησαν βοήθεια από τον επιμορφωτή, οπότε και κανονίστηκαν ξεχωριστές συναντήσεις για καθέναν από αυτούς. Σε αυτές τις συναντήσεις ο επιμορφωτής κρατούσε σημειώσεις και μαγνητοφωνούσε τις συζητήσεις.

Ανάλυση του εργαλείου CoRe-Αποτελέσματα

Αφού συνελέγησαν τα CoRe των συμμετεχόντων, έγινε ανάλυση των απαντήσεων για καθέναν ξεχωριστά και κατεγράφησαν παρατηρήσεις με τον τίτλο του κάθε κελιού ως επικεφαλίδα. Κατόπιν, οι παρατηρήσεις αυτές επανεξετάστηκαν υπό το πρίσμα να παρέχουν κάποιου είδους ενδοσκόπηση στην ΠΓΠ των φοιτητών. Μία περίληψη αυτών των πιθανών ερμηνειών της ΠΓΠ παρουσιάζονται κατόπιν ξεχωριστά για κάθε συμμετέχοντα.

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ της Άρτεμης και αφορούν τη Δύναμη

Οι Μεγάλες Ιδέες που επιλέγει να ασχοληθεί αφορούν όλες το γνωστικό αντικείμενο ενώ δεν επιλέγει καθόλου να αναπτύξει θεματικές που αφορούν ιστορικές ή κοινωνικές προεκτάσεις των Φυσικών Επιστημών ή την καθημερινή ζωή των μαθητών. Θεωρεί πως οι μαθητές είναι σημαντικό να εμπλακούν άμεσα σε διαδικασίες όπου πράττουν με τα χέρια τους (hands on activities) και με τον τρόπο αυτό θα οδηγηθούν στην ανακάλυψη των φαινομένων και των εννοιών. Οι νέες τεχνολογίες έχουν να προσφέρουν στη μάθηση των μαθητών, αλλά σαφώς προκρίνει το φυσικό πειραματισμό έναντι οποιασδήποτε εικονικής εναλλακτικής λύσης, όπου αυτό είναι εφικτό, ενώ αποφεύγει τον μαθηματικό φορμαλισμό. Πιστεύει πως οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στη συγκεκριμένη θεματική που συνδέονται με το ρόλο της γλώσσας, το αφηρημένο των φυσικών μεγεθών, τη σχέση μεταξύ ανάλογων και αντιστρόφως ανάλογων ποσών, ενώ φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την ίδια να γνωρίζει τις δυσκολίες των μαθητών ώστε να μπορέσει να τους βοηθήσει να τις ξεπεράσουν.

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ του Τριαντάφυλλου και αφορούν την Πίεση

Ο Τριαντάφυλλος θεωρεί ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο είναι πολύ βασικό και εμπεριέχει «θεμελιώδεις έννοιες για την κατανόηση του φυσικού κόσμου», ενώ είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη μάθηση των μαθητών η διασύνδεση του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου με το περιβάλλον τους και την καθημερινότητά τους. Οι πιθανές προαντιλήψεις των μαθητών έχουν ιδιαίτερη σημασία για το σχεδιασμό της διδασκαλίας, καθώς επίσης και ότι ο διαφορετικός τρόπος χρήσης της γλώσσας στην καθημερινότητα και στην επιστήμη, αλλά και η έλλειψη άμεσης εποπτείας, μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση στους μαθητές, Πιστεύει ότι η μικροσκοπική και μακροσκοπική προσέγγιση του θέματος προσφέρει διαφορετική ερμηνευτική δυνατότητα, ενώ ο φυσικός πειραματισμός είναι ένα πολύ αποτελεσματικό εργαλείο για την κατανόηση των μαθητών, που ενισχύεται περισσότερο εάν «οι μαθητές της τάξης χωριστούν σε ομάδες».

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ της Διώνης και αφορούν τη Δύναμη

Η Διώνη πιστεύει πως το βιβλίο του δασκάλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιβλιογραφική πηγή, εξοικονομώντας χρόνο ενώ μετριάζει και τον προσωπικό κόπο για περεταίρω μετασχηματισμό των πληροφοριών. Για το γνωστικό αντικείμενο αναφέρει ότι «Η νευτώνεια μηχανική είναι ένα από τα πιο σημαντικά κεφάλαια της φυσικής, γιατί με τις αυστηρά καθορισμένες έννοιες της (π.χ. δύναμη, ταχύτητα, επιτάχυνση, βαρύτητα κλπ) και τους νόμους της παρέχει ένα ικανοποιητικό ερμηνευτικό πλαίσιο για τη λειτουργία του κόσμου. Θεωρείται οργανικό κομμάτι του επιστημονικού γραμματισμού των πολιτών, γιατί τους εφοδιάζει με απαραίτητες γνώσεις για την κατανόηση του κόσμου.». Την απασχολεί το γεγονός ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με τη μέτρηση, αναγνωρίζοντας ελλείψεις τόσο σε πρακτικά θέματα χρήσης των οργάνων, όσο και στη σημασία για την επεξεργασία των δεδομένων, του ρόλου της ακρίβειας της μέτρησης και του σφάλματος. Επιλέγει οι μαθητές να ακολουθήσουν μία διερευνητική διαδικασία, όπου λειτουργώντας μέσα στις ομάδες τους, θα συζητήσουν, θα πειραματιστούν, θα αναλύσουν δεδομένα, οπότε θα καταλήξουν σε συμπεράσματα και προτάσεις.

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ του Άγη και αφορούν την Τριβή

Ο Άγις θεωρεί πως η συγκεκριμένη ενότητα ενδείκνυται για διασύνδεση με τον πραγματικό κόσμο και επιδιώκει οι μαθητές του να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν τη γνώση τους σχετικά με αυτή στη ζωή τους, («Η τριβή είναι παρούσα σε κάθε κίνηση, που παρατηρούμε στην καθημερινή μας ζωή.». Τον ανησυχεί η αναπλαισίωση του ρόλου της γλώσσας «Οι δυνάμεις συνδέονται με τα ζωντανά πράγματα (θυμό ή συναισθήματα) και είναι ταυτόσημη με την έννοια της μυϊκής δύναμης.». Είναι σημαντικό για την προώθηση της μάθησης των μαθητών η εμπλοκή τους σε διαδικασίες όπου πράττουν με τα χέρια τους (hands on activities) καθώς και την καλλιέργεια κλίματος ελεύθερης έκφρασης των ατομικών ιδεών και απόψεων προς την ομάδα και κατ' επέκταση προς την τάξη. Τέλος, η προβολή στους μαθητές πρότυπου οπτικοακουστικού υλικού από το διαδίκτυο, μπορεί να λειτουργήσει ως έναυσμα για έναν κύκλο συζήτησης στις ομάδες και να δράσει επικουρικά με το φυσικό πειραματισμό.

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ της Ζηνοβίας και αφορούν τη Διάθλαση

Για τη Ζηνοβία είναι σημαντικό οι μαθητές να αναπαράγουν το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου χρησιμοποιώντας κατάλληλα την αντίστοιχη ορολογία, ενώ φαίνεται να προτιμά να πραγματευτεί τα θέματα σε μια απλοϊκή βάση παρά να επεκταθεί σε περισσότερες λεπτομέρειες. Οι ελλείψεις της στο γνωστικό αντικείμενο την ωθούν στην απόρριψη θεματικών προς διδασκαλία αλλά και διδακτικών εργαλείων ενώ συνεπικουρούμενη και από διδακτικές ελλείψεις επιλέγει να μην ασχοληθεί με συγκεκριμένες προαντιλήψεις των μαθητών. Τέλος, ο πειραματισμός απαιτεί λεπτομερή σχεδιασμό αφού οι "λεπτομέρειες" εγκυμονούν κινδύνους δημιουργίας δυσκολιών στη μάθηση των μαθητών, δημιουργώντας νέες ή παγιώνοντας παλαιότερες εσφαλμένες προαντιλήψεις τους.

Περίληψη πιθανών ιδεών γύρω από την ΠΓΠ της Γιασεμή και αφορούν τα Οξέα/Βάσεις/Άλατα

Για τη Γιασεμή είναι σημαντικό οι μαθητές να γνωρίσουν ρόλο της Χημείας ως επιστήμης, τη σημασία της για την καθημερινή ζωή τους αλλά και να διαπιστώσουν την ξεχωριστή ταυτότητά της και τη φαινομενολογική ανεξαρτητοποίησή της από τη Φυσική. Προτιμά να μην αναφερθεί στον φορμαλισμό των χημικών τύπων και των χημικών αντιδράσεων επιλέγοντας μια φαινομενολογική προσέγγιση του περιεχομένου με άμεση αισθητηριακή εποπτεία από μέρους των μαθητών. Το περιβάλλον των μαθητών μπορεί να είναι παράγοντας δημιουργίας παρανοήσεων αλλά ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργήσει και ως εφαλτήριο ανάσυρσης αλλά και δοκιμής της γνώσης τους. Μέσω του πειραματισμού αλλά και άλλων δραστηριοτήτων, οι μαθητές θα οδηγηθούν στα συμπεράσματα εργαζόμενοι ομαδοσυνεργατικά διότι έτσι εμπλέκονται συχνότερα και πιο ενεργητικά.

Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη του εργαλείου από τους συμμετέχοντες έδειξε ότι σε γενικές γραμμές κατάφεραν να το συμπληρώσουν, ακόμα και στις περιπτώσεις που ζήτησαν συμπληρωματικές οδηγίες για τη διευκόλυνσή τους. Δεν υπήρξε κάποιος/α που να συνάντησε δυσκολίες σε τέτοιο βαθμό που να τον/την αποτρέψουν πλήρως από τη συμπλήρωσή του ή να αναγκαστεί να αφήσει κενά κελιά επειδή δεν κατανόησε το περιεχόμενο της αντίστοιχης ερώτησης. Οι ερωτήσεις που φάνηκαν να τους δυσκολεύουν περισσότερο ήταν αυτή που τους ζητούταν να ανακαλέσουν καταστάσεις από τη διδακτική τους εμπειρία που να φανερώνουν πράγματα για τη μάθηση των μαθητών στη συγκεκριμένη ενότητα, καθώς και η ερώτηση που τους ζητούσε να περιγράψουν τον τρόπο που θα διαπίστωναν ότι οι μαθητές τους κατάλαβαν ή μπερδεύτηκαν. Επικρατέστερη ερμηνεία και για τις δύο αυτές παρατηρήσεις φαίνεται να είναι η έλλειψη εμπειρίας τους από πραγματικές συνθήκες τάξης, γεγονός που τους καθιστούσε ανέτοιμους να απαντήσουν επαρκώς σε αυτές. Οι επαναλαμβανόμενες αναφορές στην αξιοποίηση του φυσικού πειραματισμού που διενεργείται από του ίδιους τους μαθητές τόσο ως κριτήριο εγκυρότητας της γνώσης όσο και ως διαδικασία κατοχύρωσής της, προκρίνουν στην ουσία μια θέαση που θεωρεί τη μαθησιακή διαδικασία ως διερευνητική. Επίσης, η τεχνολογία και κυρίως η απεικόνιση του μικροκόσμου προτάθηκε ως υποβοηθητική στο μαθησιακό έργο. Τέλος, η απόρριψη θεμάτων προς συζήτηση εξαιτίας της αναγνώρισης από μέρους των εκπαιδευτικών ελλείψεών τους στο γνωστικό αντικείμενο, αποτελούν ένδειξη για τη σημασία ανάπτυξής των ξεχωριστών γνωσιακών βάσεων και ειδικά της γνώσης του γνωστικού αντικειμένου προς την κατεύθυνση πάντα της ενσωμάτωσής τους σε μια ενιαία μορφή, αυτή της ΠΓΠ.

Τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν να συμπεράνουμε πως το συγκεκριμένο εργαλείο με τη δομή και τη φιλοσοφία που το χαρακτηρίζουν παρείχε όντως ευκαιρίες αποκάλυψης πτυχών της ΠΓΠ των συμμετεχόντων. Επίσης, έδωσε τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να αρχίσουν να αποκτούν κάποιου είδους τεχνογνωσία σχετικά με τον τρόπο που θα μπορούσαν αναστοχαστούν οι ίδιοι γύρω από τις διδασκαλίες τους, διευρύνοντας έτσι τους δίαυλους επικοινωνίας και συνειδητοποίησης μεταξύ των ιδεών και των πράξεών τους.

Συζήτηση-Προτάσεις

Ένα εργαλείο αποτύπωσης του περιεχομένου όπως το CoRe φαίνεται πως έχει τη δυναμική να λειτουργήσει ως ένα παράθυρο προς την ΠΓΠ μελλοντικών εκπαιδευτικών, επιτρέποντας την απεικόνιση πτυχών της. Προσέλκυσε τους συμμετέχοντες να αναστοχαστούν συμβάλλοντας σε κάποιο βαθμό στη συναίσθηση του πολύπλοκου συστήματος που αποτελεί η διδασκαλία και η μάθηση. Ειδικότερα τους βοήθησε να διευρύνουν τη θέασή τους σχετικά με τις παραμέτρους που πρέπει να λάβουν υπόψη όταν σχεδιάζουν μια διδασκαλία και πιο συγκεκριμένα το ρόλο των μαθητών σε αυτή τη διαμόρφωση, σημείο που διατυπώνεται και ως στόχος σε προηγούμενες εργασίες (Γρηγορίου και Καλκάνης 2011, Grigoriou & Kalkanis 2012).

Η πρόκληση όμως των μελλοντικών εκπαιδευτικών για αναστοχασμό, ειδικά μέσω της διευκόλυνσης που παρέχει η δομή ενός εργαλείου όπως το CoRe, πρέπει να συνοδευθεί και από ευκαιρίες για αλληλεπίδραση σε περισσότερο ρεαλιστικές καταστάσεις, σε χώρους που γίνεται η διδασκαλία και η μάθηση. Χρειάζεται δηλαδή οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να έχουν εμπειρίες από συνθήκες τάξης, γεγονός που θα λειτουργήσει ανατροφοδοτικά για τον αναστοχασμό τους και ταυτόχρονα θα παράσχει τη δυνατότητα απεικόνισης και άλλων πτυχών της ΠΓΠ τους. Χρειάζεται επομένως να αποτυπωθεί η ΠΓΠ τώρα και σε ένα λιγότερο εργαστηριακό περιβάλλον, με επιλογή των αντίστοιχων εργαλείων, προκειμένου να εμπλουτισθεί η εμπειρία για να ακολουθήσει η αντίστοιχη ανατροφοδότηση των προσπαθειών προαγωγής της ΠΓΠ μελλοντικών εκπαιδευτικών μέσω ειδικά σχεδιασμένων επιμορφωτικών προγραμμάτων.

Βιβλιογραφία

Γρηγορίου Β., Καλκάνης Γ.Θ. (2011). «Εκπαιδευτική υποστήριξη στο πλαίσιο ενός προγράμματος επιμόρφωσης σε μελλοντικούς Φυσικούς ώστε να αναπτύξουν την Παιδαγωγική Γνώση

Περιεχομένου τους.», Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση –

Abell, S. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 1105-1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Bertram, A.P. (2010). Enhancing Science Teachers' Knowledge of Practice by Explicitly Developing Pedagogical Content Knowledge. PhD thesis, Faculty of Education, Monash University, Australia

Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. Science Education, 77(6), 575–591.

Gess-Newsome J., G. Lederman N. (1999). Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education, Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers

Grigoriou V. Kalkanis G. (2012). The principles of a short time seminar for developing prospective Greek Physics teachers' PCK, In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference

Grossman, P. L. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. New York: Teachers College Press.

Hume A. Berry A. (2011). Constructing CoRes—a Strategy for Building PCK in Pre-service Science Teacher Education, Research in Science Education. vol. 41, no. 3, pp. 341-355.

Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). Understanding and developing science teachers' pedagogical *content knowledge*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. International Journal of Science Education, 30(10), 1301–1320.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education, 38, 261-284.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.

Smith, R.G. (2007). Developing professional identities and knowledge: becoming primary teachers. Teaching and Teacher Education: Theory and Practice. vol 13, no 4. pp377- 397.

Van Driel, J.H., Verloop, N., & Vos, W. de (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 35(6), 673-695.

Wiersma, W. (2000). Research methods in education: An introduction (7th ed.). Needham Heights, Massachusetts: Allyn & Bacon.

Η χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου για την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου υποψηφίων εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

Γεώργιος Κουντουριώτης[1] & Παύλος Μίχας[2]
[1]*8ο Γυμνάσιο Καβάλας, geok13@gmail.com*
[2]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Αλεξανδρούπολης, ΔΠΘ, pmichas@eled.duth.gr*

Περίληψη

Στην εργασία μας αυτή παρουσιάζουμε μια διδακτική πρόταση που απευθύνεται σε φοιτητές - υποψήφιους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και η οποία έχει διπλό στόχο: την κατανόηση θεμάτων ηλεκτρισμού μέσω δραστηριοτήτων εποικοδομητικού τύπου και παράλληλα την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των φοιτητών με χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου για το θέμα. Η εφαρμογή της διδακτικής μας πρότασης έδειξε ότι οι φοιτητές μας κατάφεραν να ανταποκριθούν στις περισσότερες από τις απαιτήσεις της δημιουργίας Αναπαραστάσεων Περιεχομένου.

Abstract

In our study we present a teaching proposal that is addressed to student teachers of Elementary Education with the twofold aim: understanding electricity through constructivist type activities and in parallel, the cultivation of prospective elementary teachers' Pedagogical Content Knowledge with the use of Content Representations for the specific subject. The implementation of our teaching proposal showed that our students were able to meet most of the requirements of creating Content Representations.

Εισαγωγή

Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (Pedagogical Content Knowledge, PCK), που εισήχθηκε από τον Shulman (1986, 1987), θεωρείται ως εκείνο το είδος γνώσης που κάνει ένα δάσκαλο αποτελεσματικό. Αν και την εισαγωγή της έννοιας ακολούθησαν πολλές προσπάθειες αποσαφήνισης, ακόμη και σήμερα δεν υπάρχει ομοφωνία των θεωρητικών για τον ορισμό της έννοιας ή τα συστατικά της στοιχεία (Park & Oliver, 2008). Παρά τις δυσκολίες, το πλήθος των ερευνών γύρω από την έννοια αυτή υποδηλώνει την σημασία της για την αρχική εκπαίδευση ή την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Μια από τις σχετικές ερευνητικές αναζητήσεις αφορά τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να την καταγράψουμε και να την καλλιεργήσουμε. Οι Loughran et al., (2004), έχουν προτείνει την δημιουργία Αναπαραστάσεων Περιεχομένου (Content Representations, CoRes) ως ενός εργαλείου που μπορεί να υπηρετήσει δύο στόχους: (α) να καταγράψει την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου εκπαιδευτικών και υποψηφίων εκπαιδευτικών και (β) να την καλλιεργήσει. Για τη δημιουργία μιας Αναπαράστασης Περιεχομένου οι εκπαιδευτικοί απαντούν στις ερωτήσεις του Πίνακα 1.

Πίνακας 4 Οι Ερωτήσεις για τη δημιουργία Αναπαράστασης Περιεχομένου (Πηγή Loughran et al., 2004)

Α/Α Ερώτησης	**Διατύπωση**
Ερώτηση 1	Τι σκοπεύετε να διδάξετε γι αυτό στους μαθητές σας; (τα βασικά κατά τη γνώμη σας σημεία)
Ερώτηση 2	Γιατί είναι σημαντικό να το γνωρίζουν αυτό οι μαθητές σας;
Ερώτηση 3	Τι άλλο γνωρίζετε για το θέμα που δεν σκοπεύετε να διδάξετε στους μαθητές σας;
Ερώτηση 4	Ποιες ιδέες νομίζετε ότι θα έχουν οι μαθητές σας για το θέμα;

Ερώτηση 5	Πως επηρεάζουν οι ιδέες αυτές των μαθητών σας τη διδασκαλία σας; (Προτείνετε τρόπους για να ξεπεράσουν οι μαθητές σας τυχόν εναλλακτικές ιδέες τους)
Ερώτηση 6	Δυσκολίες που σχετίζονται με τη διδασκαλία του θέματος.
Ερώτηση 7	Ποιες διδακτικές στρατηγικές θα χρησιμοποιούσατε κατά τη διδασκαλία του θέματος;
Ερώτηση 8	Με ποιους τρόπους θα εξακριβώνατε το τι έμαθαν οι μαθητές σας για το θέμα;
Ερώτηση 9	Ποιοι άλλοι παράγοντες θα επηρέαζαν τη διδασκαλία σας για το θέμα;

Μια Αναπαράσταση Περιεχομένου πρέπει πάντα να αφορά κάποιο συγκεκριμένο θέμα και μια συγκεκριμένη ομάδα μαθητών ή εκπαιδευόμενων. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1 σε μια Αναπαράσταση Περιεχομένου περιέχονται η άποψη του εκπαιδευτικού για τα βασικά σημεία της ενότητας και γιατί είναι σημαντικά για τους μαθητές, οι σχετικές ιδέες των μαθητών και πως επηρεάζουν τη διδασκαλία, οι δυσκολίες του θέματος, οι διδακτικές στρατηγικές που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, οι πιθανοί τρόποι αξιολόγησης και τυχόν άλλοι παράγοντες που κατά τη γνώμη του εκπαιδευτικού θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη διδασκαλία.

Στην παρούσα εργασία, στόχος μας είναι να διερευνηθεί αν οι Αναπαραστάσεις Περιεχομένου είναι κατάλληλες για την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των φοιτητών – υποψηφίων εκπαιδευτικών για θέματα ηλεκτρισμού. Οι δημιουργοί των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου Loughran, Mulhall, & Berry (2004), τις έχουν χρησιμοποιήσει κυρίως με εκπαιδευτικούς σε προγράμματα επιμόρφωσης και λιγότερο με φοιτητές – υποψήφιους εκπαιδευτικούς για διαφορετικά θέματα όπως οι χημικές αντιδράσεις, (Mulhall, Berry & Loughran, 2003), ή η σωματιδιακή θεωρία, (Loughran, Mulhall, & Berry, 2004). Εμείς θα τις χρησιμοποιήσουμε για θέματα ηλεκτρισμού, ενσωματωμένες σε μια διδακτική – μαθησιακή ακολουθία.

Περιγραφή της διδακτικής πρότασης

Η διδακτική μας πρόταση αφορά τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού σε φοιτητές – υποψήφιους δασκάλους Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε μια διδακτική – μαθησιακή ακολουθία, (Meheut & Psillos, 2004), που επεδίωκε πέρα από τη καλλιέργεια της γνώσης του Ηλεκτρισμού μέσω hands-on δραστηριοτήτων και προσομοιώσεων σε Η/Υ και την καλλιέργεια της διδακτικής επάρκειας των υποψηφίων εκπαιδευτικών για το θέμα. Για το σκοπό αυτό έγινε εισαγωγή και χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου ως μέσου προαγωγής της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των φοιτητών. Πρόκειται για μια πρωτότυπη διδακτική πρόταση αφού όπως αναφέρουν οι Lougran et al., (2008), μεταξύ των πολλών ερευνών για την PCK που μελέτησαν δεν βρήκαν διερεύνηση των αποτελεσμάτων που έχει η άμεση διδασκαλία στους υποψήφιους εκπαιδευτικούς για την PCK.

Οι hands-on δραστηριότητες, που ήταν εποικοδομητικού και διερευνητικού τύπου, είχαν διπλό στόχο, από τη μια να προάγουν τη γνώση και κατανόηση των θεμάτων του ηλεκτρισμού και από την άλλη να δώσουν παραδείγματα εφαρμογής της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση. Έχει βρεθεί ότι όταν οι εκπαιδευτικοί έχουν προσωπικές εμπειρίες ενεργητικής μάθησης, είναι περισσότερο πιθανό να οργανώσουν τέτοιες εμπειρίες και για τους μαθητές τους (Stofflett & Stoddart, 1994). Το εννοιολογικό περιεχόμενο της διδακτικής – μαθησιακής ακολουθίας που σχεδιάσαμε φαίνεται στον Πίνακα 2. Η οργάνωση του εννοιολογικού περιεχομένου έγινε με βάση: (α) μοντέλα του μικροσκοπικού επιπέδου που εισάγαμε και τα οποία αποτέλεσαν και το μέσο για την εξήγηση των μακροσκοπικών συμπεριφορών των κυκλωμάτων, (β) τρεις θεμελιώδεις αρχές, την αρχή διατήρησης του φορτίου, την κβάντωση του φορτίου και την αρχή διατήρησης της ενέργειας και (γ) τη μελέτη του ηλεκτρικού πεδίου τόσο στο στατικό ηλεκτρισμό όσο και στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Η οργάνωση αυτή είναι ανάλογη με την οργάνωση που προτείνουν οι Chabay & Sherwood (2007), στο διδακτικό τους εγχειρίδιο "Matter & Interactions" με τη διαφορά ότι εκείνο απευθύνεται σε φοιτητές Θετικών Επιστημών και χρησιμοποιεί διαφορικό και

ολοκληρωτικό λογισμό. Η μελέτη του ηλεκτρικού πεδίου και στο στατικό ηλεκτρισμό και στα ηλεκτρικά κυκλώματα περιλαμβάνεται και σε διδακτική – μαθησιακή ακολουθία που σχεδιάστηκε από τον Μπάρμπα (2005), για φοιτητές υποψηφίους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, όμως εκεί η έμφαση είναι στην κατανόηση του μεταβατικού φαινομένου από το κλείσιμο του διακόπτη μέχρι την δημιουργία της σταθερής κατάστασης μέσα σε ένα κύκλωμα και λιγότερο στη μελέτη της σταθερής κατάστασης.

Πίνακας 5 Το Περιεχόμενο της διδακτικής – μαθησιακής ακολουθίας

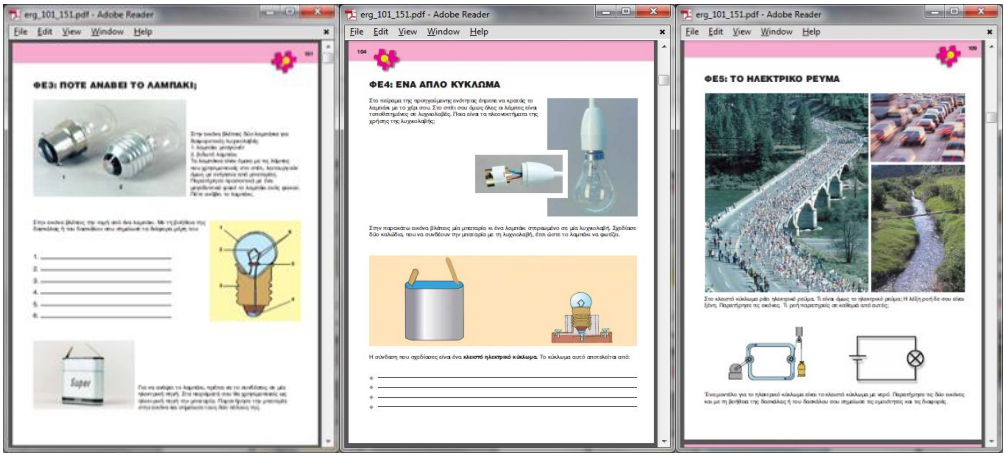
Α/Α	**Θέμα διαπραγμάτευσης**	**Δραστηριότητες εκπαιδευομένων**	**Μικροσκοπικό Επίπεδο (Μοντέλα)**
1η Συνάντηση	Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες - Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις 1	1. Με ταινίες σελοτέιπ έλξη και άπωση φορτισμένων σωμάτων, έλξη φορτισμένου και αφόρτιστου σώματος 2. Αλληλεπίδραση με προσομοιώσεις ατόμων	Μοντέλο Αλληλεπίδρασης Coulomb μεταξύ σημειακών φορτίων
2η Συνάντηση	Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις 2	1. Με χρήση ηλεκτροσκοπίων φόρτιση με επαγωγή και διαπίστωση των διαφορών αγωγών και μονωτών. 2. Αλληλεπίδραση με προσομοιώσεις ηλεκτρικών πεδίων. 3. Προσομοιώσεις της συμπεριφοράς μονωτών και αγωγών σε ηλεκτρικό πεδίο	Συμπεριφορά ατόμων μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο. - Πόλωση Συμπεριφορά μονωτών και αγωγών μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο. - Πόλωση
3η Συνάντηση	PCK & CoRes - Σύνδεση Ηλεκτροστατικής – Δυναμικού Ηλεκτρισμού – Αγωγιμότητα ιονισμένων αερίων	1. Άναμμα λάμπας φθορισμού κοντά σε ηλεκτροστατική γεννήτρια. 2. Παρατήρηση ρεύματος σε κύκλωμα με ηλεκτροστατική γεννήτρια σε ρόλο πηγής. 3. Παρατήρηση ηλεκτρικών εκκενώσεων από ηλεκτροστατική γεννήτρια.	Μικροσκοπικές εξηγήσεις. Πως ιονίζεται ένα αέριο
4η Συνάντηση	Η ανάγκη για κλειστό κύκλωμα - Η τάση (ακριβέστερα η ηλεκτρεγερτική δύναμη) ως χαρακτηριστικό της μπαταρίας και αιτία του ρεύματος.	1. Κλειστό Κύκλωμα – Μπαταρία – Λαμπάκι 2. Θέρμανση ρευματοφόρων αγωγών. 3. Επίδραση ρευματοφόρων αγωγών σε πυξίδες.	Το ηλεκτρικό ρεύμα στους μεταλλικούς αγωγούς σε μικροσκοπικό επίπεδο. (Μοντέλο Drude)
5η Συνάντηση	Αρχικό μεταβατικό φαινόμενο -Αγωγιμότητα ηλεκτρολυτών	1. Σχεδίαση του ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό των αγωγών 2. Κύκλωμα διαμέσου διαλυμάτων ηλεκτρολυτών.	Το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό των αγωγών - Πηγές και μορφή Ηλεκτρικό ρεύμα με έναν και δύο ευκίνητους φορείς φορτίου.

6η Συνάντηση	CoRes για το ηλεκτρικό ρεύμα -Μεταβατικά φαινόμενα στα κυκλώματα με πυκνωτές	1. Πυκνωτής –Φόρτιση και Εκφόρτιση 2. Διερεύνηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται ο χρόνος φόρτισης και εκφόρτισης	Μικροσκοπική περιγραφή φόρτισης και εκφόρτισης πυκνωτή.
7η Συνάντηση	Κυκλώματα με λαμπάκια και πυκνωτές - Ενεργειακή μελέτη	Συναρμολόγηση κυκλωμάτων - Προβλέψεις & Εξηγήσεις	Μικροσκοπικές εξηγήσεις για τις φωτοβολίες των λαμπών
8η Συνάντηση	Συνδέσεις λαμπών σε σειρά και παράλληλα Η αρχή διατήρησης του φορτίου και η αρχή διατήρησης της ενέργειας στα κυκλώματα	1. Κύκλωμα με λαμπάκια σε σειρά 2. Κύκλωμα με λαμπάκια παράλληλα	Εξήγηση των κανόνων Kirchhoff με βάση την αρχή διατήρησης του φορτίου και την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Στην εργασία μας αυτή και για λόγους περιορισμού της έκτασής της, θα επικεντρωθούμε μόνο στην εισαγωγή και χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου στην διδακτική και μαθησιακή μας ακολουθία. Επειδή σ' αυτό το στάδιο των σπουδών τους, (γ' εξάμηνο σπουδών), οι φοιτητές δεν έχουν μελετήσει καθόλου θέματα διδασκαλίας φυσικών επιστημών, πριν την εισαγωγή των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου κρίναμε απαραίτητο να τους μυήσουμε στα βασικότερα συμπεράσματα της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες που προέκυψαν από τις έρευνες των τελευταίων σαράντα ετών και στην Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου.

Μέθοδος εισαγωγής

Η διδακτική – μαθησιακή ακολουθία ξεκίνησε από το ενδιαφέρον των φοιτητών για τα προβλήματα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, τη συζήτηση των γενικότερων θεμάτων της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και την παρουσίαση των βασικότερων συμπερασμάτων του αντίστοιχου επιστημονικού πεδίου. Μετά από τις δύο πρώτες συναντήσεις, όταν ολοκληρώσαμε τις δραστηριότητες του στατικού ηλεκτρισμού και ξεκινώντας από το ερώτημα του τι κάνει ένα δάσκαλο αποτελεσματικό, εισάγαμε την έννοια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου. Στη συνέχεια παρουσιάσαμε τις Αναπαραστάσεις Περιεχομένου ως ένα εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει στην καταγραφή και την ανάπτυξη της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου. Για να κατανοηθεί καλύτερα η έννοια, τους παρουσιάσαμε μια Αναπαράσταση Περιεχομένου που αφορούσε τα θέματα που είχαν διδαχθεί. Στη συνέχεια, τους δόθηκε το διδακτικό πακέτο (βιβλίο και τετράδιο μαθητή, βιβλίο εκπαιδευτικού) του μαθήματος Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο της Ε' Δημοτικού σε ηλεκτρονική μορφή, όπου υπάρχει η ενότητα του στατικού ηλεκτρισμού, το ΔΕΠΠΣ και το ΑΠΣ (δηλαδή το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών) για το μάθημα αυτό και τους ζητήθηκε να φτιάξουν μια Αναπαράσταση Περιεχομένου για το Στατικό Ηλεκτρισμό που αφορούσε 2 φύλλα εργασίας από το τετράδιο μαθητή του διδακτικού πακέτου. Επίσης, όταν τελειώσαμε τη διαπραγμάτευση και τις δραστηριότητες για το ηλεκτρικό ρεύμα ζητήσαμε από τους εκπαιδευόμενους να δημιουργήσουν μια Αναπαράσταση Περιεχομένου για το Ηλεκτρικό Ρεύμα και τις απαντήσεις των φοιτητών θα παρουσιάσουμε παρακάτω. Φυσικά, δώσαμε και πάλι στους φοιτητές το απόσπασμα από το ΔΕΠΠΣ που αναφέρεται στην ενότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ είχαν ήδη στη διάθεσή τους το διδακτικό πακέτο. Οι πρώτες σελίδες των τριών φύλλων εργασίας που αναφέρονται στο ηλεκτρικό ρεύμα φαίνονται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 9 Οι πρώτες σελίδες των φύλλων εργασίας από το Τετράδιο μαθητή (Αποστολάκης et al., 2006) για τα οποία ζητήθηκε να δημιουργηθεί Αναπαράσταση Περιεχομένου

Ερευνητική μεθοδολογία

Για να απαντήσουμε στο ερευνητικό μας ερώτημα, δηλαδή αν οι Αναπαραστάσεις Περιεχομένου είναι κατάλληλες για την καλλιέργεια της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των φοιτητών – υποψηφίων εκπαιδευτικών εφαρμόσαμε την διδακτική – μαθησιακή μας ακολουθία και αξιολογήσαμε την επάρκεια με την οποία οι συμμετέχοντες φοιτητές δημιούργησαν τις Αναπαραστάσεις Περιεχομένου.

Η διδακτική – μαθησιακή ακολουθία εφαρμόστηκε σε 45 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011. Οι φοιτητές αυτοί παρακολουθούσαν το υποχρεωτικό μάθημα του 3^{ου} εξαμήνου Αρχές Φυσικής και δεν επιλέχθηκαν τυχαία, ήταν αυτοί που δήλωσαν ότι ήθελαν να συμμετέχουν. Τις δραστηριότητες οι φοιτητές τις εκτέλεσαν στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών εργαζόμενοι σε ομάδες μέσα σε 8 δίωρες συναντήσεις ενώ τις Αναπαραστάσεις Περιεχομένου τις έφτιαξαν ως ατομικές εργασίες.

Αποτελέσματα εφαρμογής

Στα επόμενα θα παρουσιάσουμε τις δικές μας απαντήσεις στις ερωτήσεις του Πίνακα 1 για τη δημιουργία Αναπαράστασης Περιεχομένου για το ηλεκτρικό ρεύμα σε ιδιαίτερους Πίνακες και μετά από κάθε Πίνακα θα παρουσιάζουμε και θα σχολιάζουμε τις απαντήσεις των φοιτητών. Η πρότασή μας για την Αναπαράσταση Περιεχομένου είναι μια από τις πολλές δυνατές προτάσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και αφορά τη διδασκαλία μαθητών Πέμπτης Τάξης μεικτής ικανότητας.

Πίνακας 6 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 1 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Τι σκοπεύετε να διδάξετε γι αυτό στους μαθητές σας; (τα βασικά κατά τη γνώμη σας σημεία)
• Πότε ανάβει το λαμπάκι (ανάγκη για κλειστή αγώγιμη διαδρομή και μπαταρία ώστε να δημιουργηθεί ένα σταθερό ρεύμα).
• Το ηλεκτρικό ρεύμα ως ροή φορτίου.
• Η μπαταρία και το λαμπάκι είναι δίπολα.
• Τη δομή του λαμπτήρα πυρακτώσεως. Κατασκευή λυχνιολαβής.
• Τη συμβολική αναπαράσταση των κυκλωμάτων
• Το υδραυλικό ανάλογο (ομοιότητες και διαφορές ροής νερού στο υδραυλικό κύκλωμα με τη ροή φορτίου στο ηλεκτρικό κύκλωμα) Αναλογία ροής φορτίου και ροής ανθρώπων ή αυτοκινήτων.

Οι απαντήσεις των περισσότερων φοιτητών στην ίδια ερώτηση καλύπτουν τα 5 ή 6 από τα παραπάνω βασικά σημεία. Ένα βασικό σημείο που θεωρήθηκε ως τέτοιο από λίγους φοιτητές ήταν ότι το λαμπάκι έχει δύο πόλους. Όπως διαπιστώσαμε και από την αρχική συνέντευξη που έγινε σε ορισμένους φοιτητές, συνήθως η δυσκολία τους να πετύχουν το άναμμα της λάμπας όταν τους δοθούν μπαταρία, λαμπάκι και καλώδια οφειλόταν ακριβώς στο ότι δεν είχαν κατανοήσει ότι το λαμπάκι έχει δύο πόλους και ποιοι είναι αυτοί. Διαπιστώθηκαν επίσης και οι εξής παρανοήσεις: (α) το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ηλεκτρονίων ή ελευθέρων ηλεκτρονίων και μόνο και όχι οποιουδήποτε φορτίου, (β) το ηλεκτρικό ρεύμα ή ο ηλεκτρισμός είναι ενέργεια και (γ) η ανάγκη για κλειστό κύκλωμα αν και θεωρείται από τους περισσότερους φοιτητές ως αναγκαία προϋπόθεση για να έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα, δεν φαίνεται να έχει γίνει αντιληπτό ότι το κλειστό κύκλωμα με τη μπαταρία μπορεί να δημιουργήσει σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα σε αντίθεση π.χ. με το ρεύμα που δημιουργείται όταν συνδεθούν αγώγιμα οι οπλισμοί φορτισμένου πυκνωτή που δεν είναι σταθερό. Κάποιοι φοιτητές θεώρησαν ως βασικό σημείο της ενότητας τις μετατροπές ενέργειας ή το ποια σώματα είναι αγωγοί και ποια μονωτές, που είναι θέματα άλλης ενότητας. Επίσης ένας φοιτητής θεώρησε ως βασικό σημείο και την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του λαμπτήρα πυρακτώσεως. Συμπεραίνουμε επομένως ότι οι περισσότεροι φοιτητές έδωσαν ικανοποιητική απάντηση για το ποια είναι τα βασικά σημεία της ενότητας αν και μέσα από τις απαντήσεις ενός ή δύο φοιτητών προέκυψε ότι δεν ξεπέρασαν κάποιες εναλλακτικές ιδέες τους σχετικά με το τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα ή τη σύγχυση μεταξύ ηλεκτρικού ρεύματος, ηλεκτρισμού και ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 7 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 2 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Γιατί είναι σημαντικό να το γνωρίζουν αυτό οι μαθητές σας;
• Γιατί ηλεκτρικά κυκλώματα και λαμπτήρες χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή.
• Γιατί αυτή η γνώση τους προστατεύει και από τους κινδύνους του ηλ ρεύματος.
• Η κατασκευή της λυχνιολαβής δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να εξασκηθούν και σε άλλες μη γνωστικές δεξιότητες.
• Η γνώση της συμβολικής αναπαράστασης των κυκλωμάτων εξοπλίζει τους μαθητές με την ικανότητα να φτιάχνουν κυκλώματα από σχέδια.
• Το υδραυλικό ανάλογο βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν και την αιτία της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος και τη διατήρηση του ρεύματος σε κυκλώματα σε σταθερή κατάσταση.

Για τους φοιτητές, είναι σημαντικό οι μαθητές να γνωρίζουν τα παραπάνω βασικά σημεία γιατί: (α) ο ηλεκτρισμός είναι μέρος της καθημερινής ζωής των ανθρώπων και η γνώση αυτή έχει πρακτική αξία, (β) για να προστατεύονται από τους κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος, (επισημάνθηκαν σχεδόν από όλους τους φοιτητές), (γ) για να γνωρίσουν τη συμβολική αναπαράσταση των κυκλωμάτων, (δ) γιατί οι γνώσεις αυτές θα τους χρειαστούν σε επόμενες τάξεις, (ε) για να μυηθούν στην επιστημονική γλώσσα, (στ) για τη σημασία που είχε ο ηλεκτρισμός στην ανάπτυξη του σύγχρονου πολιτισμού, (ζ) για να αναπτύξουν τα παιδιά επιστημονικές δεξιότητες.

Σχολιάζοντας τις παραπάνω απόψεις, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι η άποψη ότι οι γνώσεις αυτές είναι απαραίτητες σε επόμενες τάξεις, δύσκολα θα πείσει τους μαθητές για την αναγκαιότητα των γνώσεων αυτών, (μοιάζει με εξωτερικό κίνητρο) ενώ ίσως και οι γενικού τύπου διατυπώσεις όπως για να αναπτύξουν τα παιδιά επιστημονικές δεξιότητες ή να μυηθούν στην επιστημονική γλώσσα δεν είναι αρκετά σαφείς και πειστικές. Συμπεραίνουμε ότι η ερώτηση αυτή αποδείχθηκε δυσκολότερο να απαντηθεί ικανοποιητικά από τους φοιτητές. Δεν επισημάνθηκε

καθόλου η χρησιμότητα απόκτησης πρακτικών δεξιοτήτων, όπως από την κατασκευή της λυχνιολαβής, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι απαντήσεις ήταν πολύ γενικές. Πολλοί λίγοι φοιτητές αναφέρθηκαν στη σημασία της συμβολικής αναπαράστασης των κυκλωμάτων, ενώ κανένας δεν αναφέρθηκε στο γιατί είναι σημαντική η διδασκαλία του υδραυλικού ανάλογου.

Πίνακας 8 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 3 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Τι άλλο γνωρίζετε για το θέμα που δεν σκοπεύετε να διδάξετε στους μαθητές σας;
• Το ρόλο του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στα καλώδια και ποιος το δημιουργεί.
• Το μεταβατικό φαινόμενο από το κλείσιμο του διακόπτη μέχρι την αποκατάσταση σταθερού ρεύματος σε ένα κύκλωμα.
• Τα φυσικά μεγέθη τάση, ένταση ρεύματος και αντίσταση ως μετρήσιμες ποσότητες.

Οι φοιτητές απαντώντας στην παραπάνω ερώτηση, αναφέρθηκαν στα εξής: (α) στον τρόπο λειτουργίας της μπαταρίας, (β) στο αρχικό μεταβατικό φαινόμενο, (γ) στα φυσικά μεγέθη τάση, ένταση και αντίσταση, (δ) στους πυκνωτές, (ε) στα επιφανειακά φορτία και το ρόλο τους, (στ) στο νόμο του Ohm, (ζ) στο μοντέλο Drude.

Επίσης αναφέρθηκαν και σε θέματα που πρέπει να διδαχθούν όπως το τι είναι και ποιος προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα, τι πρέπει να φτάσει μέχρι το λαμπάκι για να ανάψει, ή τη διατήρηση του φορτίου.

Σχολιάζοντας τις παραπάνω απόψεις, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι οι γνώσεις των φοιτητών για τα θέματα του ηλεκτρισμού φαίνονται περιορισμένες και ότι ορισμένοι εξακολουθούν να υποστηρίζουν εναλλακτικές ιδέες. Επίσης, κάποιες απόψεις όπως ότι δεν χρειάζεται να διδαχθεί το τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, ή η διατήρηση του φορτίου, θεωρούμε ότι αν εφαρμοσθούν θα δημιουργήσουν προβλήματα κατανόησης στους μαθητές.

Πίνακας 9 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 4 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Ποιες ιδέες νομίζετε ότι θα έχουν οι μαθητές σας για το θέμα;
• Ότι δύο ρεύματα (αντίθετης φοράς) ξεκινούν από τους πόλους της μπαταρίας και συγκρούονται στο λαμπάκι, οπότε το λαμπάκι ανάβει.
• Ταυτίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα με τη σπίθα που κάποιες φορές βλέπουμε όταν βγάζουμε ένα φις από τη πρίζα.
• Ότι το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται στο λαμπάκι.
• Ότι ηλεκτρισμός, ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρική ενέργεια είναι το ίδιο πράγμα.
• Ότι το λαμπάκι έχει ένα πόλο που αν έρθει σε επαφή με καλώδιο που συνδέεται με τους πόλους μπαταρίας θα ανάψει.
• Ότι τα φορτία σε ένα κύκλωμα προέρχονται από τη μπαταρία.

Οι φοιτητές απαντώντας στην παραπάνω ερώτηση, αναφέρθηκαν στις εξής εναλλακτικές ιδέες των μαθητών: (α) ότι χρησιμοποιούν ως συνώνυμα τους όρους ηλεκτρισμός, ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρικό φορτίο και ηλεκτρική ενέργεια, (β) ότι το ηλεκτρικό ρεύμα εξασθενεί όταν διέρχεται από ένα λαμπάκι, κατά συνέπεια είναι περισσότερο πριν το λαμπάκι και λιγότερο μετά, (γ) ότι τα φορτία που κινούνται στο κύκλωμα προέρχονται από τη μπαταρία, (δ) αρκεί ένα καλώδιο από τη μπαταρία μέχρι το λαμπάκι ώστε αυτό να ανάψει, (ε) το ηλεκτρικό ρεύμα είναι μορφή ενέργειας, (στ) το ηλεκτρικό ρεύμα και η τάση είναι το ίδιο πράγμα, (ζ) ότι τα ηλεκτρόνια μέσα σε ένα κύκλωμα κινούνται με την ταχύτητα του φωτός, (η) ότι δύο ρεύματα αντίθετης κατεύθυνσης ξεκινούν από τους πόλους της μπαταρίας και συγκρούονται στο λαμπάκι με αποτέλεσμα αυτό να ανάβει (θ) ότι το ηλεκτρικό ρεύμα ξεκινά από το θετικό πόλο της μπαταρίας και καταλήγει στον

αρνητικό, (ι) όσο μεγαλύτερη μια μπαταρία τόσο περισσότερα τα Volt της, (ια) ότι ο ηλεκτρισμός αποθηκεύεται στη μπαταρία και (ιβ) ότι όσο μεγαλύτερος ένας αγωγός τόσο μεγαλύτερη και η αντίστασή του.

Σχολιάζοντας τις παραπάνω απαντήσεις των φοιτητών έχουμε να παρατηρήσουμε ότι αρκετοί φοιτητές έδωσαν ικανοποιητικές απαντήσεις με καταλόγους που περιλάμβαναν τέσσερις-πέντε από τις εναλλακτικές ιδέες που αναφέρουμε στον Πίνακα, όμως είχαμε και περιπτώσεις που πρότειναν εναλλακτικές ιδέες που περιμένει κανείς να βρει σε μεγαλύτερα παιδιά που έχουν προηγούμενη επαφή με τον ηλεκτρισμό στο πλαίσιο της τυπικής τους εκπαίδευσης.

Πίνακας 10 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 5 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Πως επηρεάζουν οι ιδέες αυτές των μαθητών σας τη διδασκαλία σας; (Προτείνετε τρόπους για να ξεπεράσουν οι μαθητές σας τυχόν εναλλακτικές ιδέες τους)
• Να κατασκευάσουν τα κυκλώματα της σελ 102 του Τετραδίου του Μαθητή και να διαπιστώσουν σε ποιες περιπτώσεις ανάβει το λαμπάκι. Να γίνει συζήτηση για κάθε περίπτωση.
• Να τους δείξουμε ότι τα καλώδια των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούν στο σπίτι τους είναι διπλά στο εσωτερικό τους ώστε να εξασφαλίζεται η κλειστή αγώγιμη διαδρομή. (βρόχος)
• Να συνδέσουμε την έννοια ηλεκτρικό ρεύμα με την κίνηση του φορτίου και τη φωτοβολία των λαμπών. (Όσο μεγαλύτερη η φωτοβολία μιας λάμπας τόσο μεγαλύτερο το ρεύμα που την διαρρέει.)
• Να κατασκευάσουν κύκλωμα με 2 και 3 λαμπάκια σε σειρά για να διαπιστώσουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν καταναλώνεται (αφού φωτοβολούν το ίδιο.)
• Μετά από προσεκτική παρατήρηση να σχεδιάσουν τη δομή μιας λάμπας. Η αδυναμία τους να κάνουν ένα λαμπάκι να ανάψει οφείλεται συνήθως στην άγνοιά τους ότι το λαμπάκι έχει δύο πόλους και ότι το ρεύμα πρέπει να «μπει» από τον ένα πόλο και να «βγει» από τον άλλο.

Η ερώτηση αυτή αποδείχθηκε δύσκολη για τους φοιτητές, γιατί σε αρκετές από τις προτάσεις τους, διακρίναμε λάθη που μαρτυρούσαν ότι και οι ίδιοι δεν έχουν απαλλαγεί από κάποιες από τις εναλλακτικές ιδέες τους. Οι πιο πετυχημένες προτάσεις τους ήταν: (α) το υδραυλικό ανάλογο μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της διατήρησης του φορτίου, (β) η κατασκευή κυκλωμάτων από τους μαθητές και οι δοκιμές τους μπορεί να τους βοηθήσουν να ανατρέψουν ιδέες όπως το μονοπολικό μοντέλο για το ηλεκτρικό ρεύμα, και (γ) η τοποθέτηση αμπερομέτρων πριν και μετά το λαμπάκι σε ένα απλό κύκλωμα ενός βρόχου με μπαταρία, καλώδια και λαμπάκι θα πείσει τους μαθητές ότι το ρεύμα δεν καταναλώνεται στο λαμπάκι.

Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των προτάσεων των φοιτητών είναι περιορισμένος και δεν καλύπτει το εύρος των εναλλακτικών ιδεών που θα συναντήσουν στους μαθητές τους. Κάποιοι φοιτητές αναφέρθηκαν γενικά στην χρησιμότητα των πειραμάτων, της συζήτησης μέσα στην τάξη, των μοντέλων, των εικονικών και αλληλεπιδραστικών αναπαραστάσεων (με χρήση Η/Υ). Φυσικά κανείς δεν μπορεί να διαφωνήσει με τις προτάσεις αυτές, το ζητούμενο όμως της ερώτησης αυτής ήταν να γίνουν συγκεκριμένες προτάσεις που θα αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα κατανόησης των μαθητών. Όπως έχουν επισημάνει και άλλοι ερευνητές, (Lijnse & Klaassen, 2004), δεν μπορούν να γίνουν ποιοτικές προτάσεις διδασκαλίας ανεξάρτητες από το

αντικείμενο διδασκαλίας. Ίσως εδώ φάνηκε περισσότερο από τις άλλες ερωτήσεις η έλλειψη διδακτικής εμπειρίας των φοιτητών.

Πίνακας 11 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 6 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Δυσκολίες που σχετίζονται με τη διδασκαλία του θέματος
• Οι μαθητές αν και εύκολα αναγνωρίζουν τους δύο πόλους της μπαταρίας, δύσκολα κατανοούν τους δύο πόλους στο λαμπάκι.
• Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι αφηρημένη έννοια που δύσκολα κατανοείται από τους μαθητές αυτής της ηλικίας.
• Η αδυναμία άμεσης εποπτείας του μικροσκοπικού επιπέδου που εξηγεί τη μακροσκοπική συμπεριφορά των κυκλωμάτων.

Οι φοιτητές απαντώντας στην παραπάνω ερώτηση, ανέφεραν τις εξής δυσκολίες: (α) την αδυναμία άμεσης εποπτείας του μικροσκοπικού επιπέδου, (β) ότι κάποιες αναπαραστάσεις γίνονται αιτία παρανοήσεων, (γ) ότι η κατασκευή λυχνιολαβής που προτείνεται στο τετράδιο εργασιών είναι χρονοβόρα, (δ) ότι οι μαθητές δεν έχουν ακόμη αναπτύξει την αφηρημένη σκέψη που είναι απαραίτητη για την κατανόηση του θέματος, (ε) ότι η μικροσκοπική δομή της ύλης δεν κατανοείται γιατί έρχεται σε αντίθεση με την άμεση εμπειρία των μαθητών, (στ) ότι μπορεί να μην είναι διαθέσιμα τα υλικά για τα πειράματα, (ζ) ότι είναι δύσκολο να «ξεριζωθούν» οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και (η) την έλλειψη ενδιαφέροντος των μαθητών για τον ηλεκτρισμό και τη Φυσική γενικότερα, ενώ και κάποιοι απλά ανέφεραν εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ως δυσκολίες που δείχνει ότι δεν κατανόησαν την ερώτηση. Η ερώτηση αφορούσε τις δυσκολίες που συναντούν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία του θέματος, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ζητήθηκαν στην ερώτηση 4. Επίσης θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι δυσκολίες που ζητήθηκαν από τους φοιτητές αφορούσαν το συγκεκριμένο θέμα και όχι τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών γενικότερα. Έτσι δεν βοηθούν το συγκεκριμένο θέμα αναφορές στην έλλειψη ενδιαφέροντος των μαθητών, στη δυσκολία να ξεριζώσουμε τις εναλλακτικές ιδέες κτλ Επίσης απαντήσεις που περιγράφουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών δεν έπρεπε να δοθούν σ' αυτή την ερώτηση αλλά σε προηγούμενη.

Πίνακας 12 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 7 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Ποιες διδακτικές στρατηγικές θα χρησιμοποιούσατε κατά τη διδασκαλία του θέματος;
• Πειραματικές δραστηριότητες σε ομάδες. (Άναμμα λάμπας με μπαταρία 4,5 V με 2 καλώδια, με ένα καλώδιο και χωρίς καλώδια. Σύγκριση φωτοβολίας μιας λάμπας και 2 λαμπών σε σειρά όταν συνδέονται στην ίδια μπαταρία, κατασκευή λυχνιολαβής και διακόπτη.)
• Οργάνωση των πειραματικών δραστηριοτήτων σε εποικοδομητική μορφή (ανίχνευση εναλλακτικών ιδεών, γνωστική σύγκρουση, αναδόμηση των ιδεών, εφαρμογή των νέων ιδεών), χρήση του σχήματος POE (Predict, Observe, Explain), (White & Gunstone 1992), ή PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain), (Savander-Ranne & Kolari 2003).
• Συζήτηση σε ομάδες και στην τάξη (διατύπωση υποθέσεων αρχικά και εξαγωγή συμπερασμάτων μετά την εκτέλεση και παρατήρηση των πειραμάτων).
• Χρήση αναλογιών: ηλεκτρικό ρεύμα και ροή νερού, ηλεκτρικό ρεύμα και ροή πλήθους ανθρώπων ή αυτοκινήτων. (ομοιότητες και διαφορές).

• Παρατήρηση ή καλύτερα αλληλεπίδραση με προσομοιώσεις από το http://phet.colorado.edu/ όπως η Circuit Construction Kit DC όπου όλες οι δραστηριότητες συναρμολόγησης κυκλωμάτων και μετρήσεων μπορούν να πραγματοποιηθούν σε εικονικό περιβάλλον.

Οι περισσότεροι φοιτητές στις απαντήσεις τους για την παραπάνω ερώτηση αναφέρθηκαν: (α) στα πειράματα σε ομάδες, (β) στη συζήτηση στην τάξη και (γ) στην παρατήρηση και αλληλεπίδραση με προσομοιώσεις. Επίσης αναφέρθηκαν οι εξής στρατηγικές: (α) εισαγωγή απλών μοντέλων που σταδιακά εμπλουτίζονται, (β) γραπτή και προφορική αξιολόγηση, (γ) ανίχνευση εναλλακτικών ιδεών, (δ) χρήση αναλογιών και παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή και (ε) δραματικό παιχνίδι για να αναπαραστήσουν την κίνηση των ηλεκτρονίων σ' ένα κύκλωμα.

Σχολιάζοντας τις παραπάνω απαντήσεις πρέπει να σημειώσουμε ότι οι απαντήσεις των φοιτητών είχαν και εδώ γενικό χαρακτήρα που σημαίνει ότι θα ταίριαζαν και σε άλλες θεματικές ενότητες των Φυσικών Επιστημών και έλειπε η περιγραφή συγκεκριμένων πειραματικών δραστηριοτήτων που θα προτείνουν στους μαθητές τους.

Πίνακας 13 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 8 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Με ποιους τρόπους θα εξακριβώνατε το τι έμαθαν οι μαθητές σας για το θέμα;
Προφορικές Ερωτήσεις Τι είναι απαραίτητο ώστε να κάνουμε ένα λαμπάκι να ανάψει; Προτείνουμε συνδεσμολογίες με λαμπάκι και μπαταρία και ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν αν θα ανάψει το λαμπάκι και να δικαιολογήσουν την πρόβλεψή τους. Που βρίσκονται οι δύο πόλοι σε ένα λαμπάκι; Τι δείχνει η (μικρή ή μεγάλη) φωτοβολία μιας λάμπας; Το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται σε ένα λαμπάκι; Αντιστοιχίες στο υδραυλικό ανάλογο (νερό, ροή νερού, αντλία, σωλήνας) με το ηλεκτρικό κύκλωμα.
Γραπτά τεστ με ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου που βασίζονται στις παραπάνω ερωτήσεις.

Οι φοιτητές απαντώντας στην παραπάνω ερώτηση πρότειναν τις παρακάτω ερωτήσεις (ως προφορικές ή γραπτές) : (α) σε τι χρησιμεύουν οι λυχνιολαβές; (β) αν σε ένα κύκλωμα με λαμπάκι, μπαταρία και καλώδια το λαμπάκι δεν ανάβει που μπορεί να οφείλεται το πρόβλημα; (γ) σε τι μοιάζει και σε τι διαφέρει η ροή του νερού με τη ροή των ελευθέρων ηλεκτρονίων; (δ) τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα; (ε) ποιος προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα; (στ) πως πρέπει να συνδέσουμε ένα λαμπάκι με μπαταρία ώστε να φωτοβολεί; ή πότε ανάβει το λαμπάκι; (προτείνουμε διάφορες συνδεσμολογίες και τα παιδιά πρέπει να βρουν αυτές που ανάβουν το λαμπάκι) (ζ) το φορτίο μπορεί να καταναλωθεί; ή είναι σωστό να λέμε ότι σε ένα λαμπάκι που φωτοβολεί καταναλώνεται ρεύμα; (η) γιατί γυρνώντας το διακόπτη ανάβουν τα φώτα; (θ) ποιος ο ρόλος της μπαταρίας; (ι) ποιες εμπειρίες της καθημερινής ζωής οφείλονται στο ηλεκτρικό ρεύμα; και τις λιγότερο πετυχημένες (ια) τι μπορεί να συμβεί αν αγγίξετε με υγρά χέρια μια πρίζα; (ιβ) τι νομίζετε ότι συμβαίνει όταν «τελειώνει» μια μπαταρία; (ιγ) πως μετατρέπεται η ενέργεια μέσα σε ένα κύκλωμα; (ιδ) αναφέρετε αγωγούς και μονωτές, (ιε) τι προκαλεί ένα βραχυκύκλωμα; (ιστ) τι είναι η ηλεκτροπληξία; Οι ερωτήσεις αυτές είτε αφορούν άλλες ενότητες, είτε θέματα που δεν θα συζητηθούν με τους μαθητές.

Σχολιάζοντας τις παραπάνω απαντήσεις πρέπει να σημειώσουμε ότι οι ερωτήσεις που προτάθηκαν ήταν άλλες πετυχημένες και άλλες αφορούσαν ενότητες ή θέματα που δεν συζητούνται με τους μαθητές με βάση το διδακτικό πακέτο ή είναι υπερβολικά δύσκολο να απαντηθούν από αυτούς.

Πίνακας 14 Η πρότασή μας για την απάντηση στην ερώτηση 9 της Αναπαράστασης Περιεχομένου

Ποιοι άλλοι παράγοντες θα επηρέαζαν τη διδασκαλία σας για το θέμα;
• Το ενδιαφέρον των μαθητών και οι απορίες τους.
• Η διαθεσιμότητα των υλικών.
• Η διαθεσιμότητα Η/Υ με λογισμικό προσομοιώσεων.

Οι περισσότερες απαντήσεις των φοιτητών στην παραπάνω ερώτηση, περιλαμβάνουν τους παράγοντες που αναφέρουμε στον Πίνακα 11 και επιπλέον κάποιοι φοιτητές αναφέρθηκαν: (α) στις εμπειρίες των μαθητών, (β) στην μεικτή ικανότητα των τμημάτων των μαθητών, (γ) στην πιθανή πίεση χρόνου λόγω χαμένων διδακτικών ωρών, (δ) στο ενδιαφέρον του δασκάλου για το θέμα.

Τις παραπάνω απαντήσεις, στη μεγάλη πλειοψηφία τους, τις κρίναμε ικανοποιητικές.

Συμπεράσματα

Από την μελέτη των απαντήσεων των φοιτητών στις Αναπαραστάσεις Περιεχομένου που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, προέκυψε ότι σε άλλες ερωτήσεις οι απαντήσεις των φοιτητών κινήθηκαν σε ικανοποιητικό επίπεδο ενώ σε άλλες φάνηκαν ανεπαρκείς. Σε κάποιες περιπτώσεις επίσης οι απαντήσεις των φοιτητών ήταν γενικές με την έννοια ότι θα ταίριαζαν στη διδασκαλία οποιασδήποτε ενότητας και όχι μόνο της συγκεκριμένης. Αυτού του είδους οι απαντήσεις βέβαια, ακόμη και όταν είναι ορθές, δεν μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς για τη δημιουργία Αναπαραστάσεων Περιεχομένου.

Συνοψίζοντας τις αξιολογήσεις των απαντήσεων των φοιτητών, έχουμε να σημειώσουμε ότι οι φοιτητές βρήκαν: τα βασικά σημεία της ενότητας, τις προηγούμενες εναλλακτικές ιδέες, τις δυσκολίες του θέματος κατά τη διδασκαλία και τους επιπλέον παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη διδασκαλία σε ικανοποιητικό βαθμό. Δεν έδωσαν ικανοποιητικές απαντήσεις στις ερωτήσεις για τη σημασία που έχουν τα βασικά σημεία, για τις επιπλέον γνώσεις που έχουν για το θέμα, για τους τρόπους που μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να βοηθήσουν τους μαθητές να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές ιδέες τους, για τις συγκεκριμένες διδακτικές στρατηγικές που θα χρησιμοποιήσουν και για τις ερωτήσεις με τις οποίες θα αξιολογούσαν τους μαθητές τους.

Θεωρούμε ότι η χρήση του εργαλείου των Loughran et al. (2004), με φοιτητές – υποψήφιους εκπαιδευτικούς έδειξε ότι έχει τη δυνατότητα να καλλιεργήσει τη γνώση του αντικειμένου παράλληλα με την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου σ' αυτούς αν και στα σημεία που επισημάναμε παραπάνω θα πρέπει σε επόμενη εφαρμογή της TLS να βοηθηθούν περισσότερο οι εκπαιδευόμενοι. Πλεονέκτημα της μεθόδου αποτελεί και το γεγονός ότι φαίνεται να ενισχύει τα κίνητρα των φοιτητών για μάθηση. Όπως έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές, (Stofflett & Stoddart, 1994), (Huibregtse, Korthagen, & Wubbels, 1994) η χρήση ενεργητικών μεθόδων μάθησης βοηθά τους εκπαιδευόμενους να τις χρησιμοποιήσουν και στις δικές τους διδασκαλίες, αλλά αν τα μοντέλα που πρέπει να εισαχθούν ή να δημιουργηθούν θεωρηθούν πολύ προχωρημένα τότε το ενδιαφέρον περιορίζεται και φαίνεται να χάνονται τα κίνητρα των φοιτητών για μάθηση. Αντιθέτως, η ρητή προσπάθεια καλλιέργειας της διδακτικής επάρκειας των εκπαιδευόμενων με τη χρήση των Αναπαραστάσεων Περιεχομένου φαίνεται να ενισχύει το ενδιαφέρον τους, γιατί πιστεύουν ότι μαθαίνουν κάτι χρήσιμο για την μελλοντική καριέρα τους ως δάσκαλοι και βοηθά να κατανοήσουν και την αξία της σε βάθος γνώσης του αντικειμένου από το δάσκαλο.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2006). Φυσικά Ε' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω. Διδακτικό Πακέτο που αποτελείται από Βιβλίο μαθητή, Τετράδιο Εργασιών και Βιβλίο Δασκάλου. ΟΕΔΒ. Αθήνα.

Κουντουριώτης Γ., & Μίχας Π. (2011). Αναπαραστάσεις Περιεχομένου Δασκάλων για θέματα Ηλεκτρισμού. Στο Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. (2011). Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες. Σελ 540-549. http://www.7sefepet.gr/ τελευταία ανάκτηση 29/10/2012.

Μπάρμπας, Α. (2005). Μελέτη της κατανόησης φαινόμενων και εννοιών στατικού-δυναμικού ηλεκτρισμού από μαθητευόμενους κατά την εφαρμογή διδακτικής-μαθησιακής σειράς βασισμένης σε προσομοιώσεις μικροσκοπικών αλληλεπιδράσεων. Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ. http://invenio.lib.auth.gr/?ln=el, τελευταία ανάκτηση 10/02/2010.

Chabay, R., & Sherwood, B. (2007). Matter & Interactions II. Electric and Magnetic Interactions Wiley.

Huibregtse, I., Korthagen, F., & Wubbels, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. International Journal of Science Education 16(5), pp. 539-561.

Lijnse, P., & Klaassen, K. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching - learning sequences? International Journal of Science Education, 26, 537–554.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. Journal of Research in Science Teaching. Vol 44 No 4 pp. 370-391.

Loughran J, Mulhall P, Berry A (2008) Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. International Journal of Science Education, 30(10), 1301–1320.

McDermott L., & Shaffer, P. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. American Journal of Physics vol 60 (11) p. 994-1003.

Meheut M. & Psillos D., (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education: Vol 26, no 5, p. 515-535.

Mulhall, P., Berry, A., & Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 4(2),1–25.

Park, S., Oliver, J., S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. Research in Science Education. 38:261-284.

Savander-Ranne, C., & Kolari, S. (2003). Promoting the conceptual understanding of engineering students through visualization. Global Journal of Engineering Education, 7(2), 189–199.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4–14.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1–22.

Stofflett, R., & Stoddart, T. (1994). The Ability to Understand and use Conceptual Change Pedagogy as a Function of Prior Content Learning Experience. Journal of Research in Science Teaching, 31(1), pp. 31-51.

White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). Probing Understanding. Great Britain: Falmer Press.

Επισκόπηση των τεχνικών αξιολόγησης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών μέσα από το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας.

Χαϊτίδου Η. Μαρία, Σπύρτου Άννα
Υποψήφια Διδάκτορας, ΠΤΔΕ Φλώρινας mchaitidou@uowm.gr
Επίκουρος Καθηγήτρια, ΠΤΔΕ Φλώρινας, aspirtou@uowm.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή αφορά την επισκόπηση των τεχνικών αξιολόγησης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (π.γ.π.) εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Επιπλέον εστιάζεται στις εργασίες εκείνες οι οποίες συνδέουν τα δεδομένα της έρευνας για την π.γ.π. με τις διδακτικές πρακτικές του εκπαιδευτικού ή με τις επιδόσεις των μαθητών του, δηλαδή προσεγγίζουν τη μελέτη της π.γ.π. υπο το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας. Η πολυμεθοδική προσέγγιση αξιολόγησης αναδεικνύεται ως η κυρίαρχη τάση στην ερευνητική μεθοδολογία αξιολόγησης της π.γ.π. Λίγες έρευνες συνδέουν την π.γ.π. των εκπαιδευτικών με την διδασκαλία τους στην τάξη ή τις επιδόσεις των μαθητών τους, παρέχοντας τεκμηρίωση οικολογικής εγκυρότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν την ανάγκη περαιτέρω έρευνας για την αξιολόγηση της π.γ.π. με γνώμονα το τεκμήριο της οικολογικής εγκυρότητας ώστε να συνδεθεί η έρευνα με την πραγματικότητα της τάξης.

Abstract

The work presented here is to explore the research techniques that were used in order to evaluate pre-service and in-service compulsory education science teachers' Pedagogical Content Knowledge (pck) in light of ecological validity. We use this term in order to express the relation between pck data and classroom reality. Most researchers used multi-method evaluation of science teachers' pck. Few studies have associated a teacher's performance on a pck's evaluation technique with their classroom instruction or their students' outcomes as evidence of ecological validity. The results indicate the need to evaluate science teachers' pck taking into account the issue of ecological validity in order to promote a connection between research and classroom life.

Εισαγωγή

Η π.γ.π. ως έννοια εισήχθη από τον Shulman (1986, 1987) και έκτοτε αποτέλεσε αντικείμενο ερευνών που μελετούν την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σε ποικίλα γνωστικά αντικείμενα όπως στις Φυσικές Επιστήμες (φ.ε.). Με τον όρο π.γ.π.. εκφράζεται ο συνδυασμός του περιεχομένου με την παιδαγωγική, έτσι ώστε ένα συγκεκριμένο θέμα ή πρόβλημα του περιεχομένου που πρόκειται να διδαχτεί, να μετασχηματίζεται και να οργανώνεται με βάση την ποικιλία των ενδιαφερόντων και ικανοτήτων των μαθητών (Shulman 1987). Είναι γενικώς αποδεκτό πως στην «καρδιά» του ορισμού της π.γ.π. είναι ο μετασχηματισμός του διδασκόμενου περιεχομένου σε μορφές πιο κατανοητές από τους μαθητές (Marks 1990, Καριώτογλου 2006).

Υπάρχουν πολλά μοντέλα που προσπαθούν να προσεγγίσουν τη φύση της π.γ.π. (Gess-Newsome & Lederman 1993). Για παράδειγμα, οι Fernandez-Balboa & Stiehl (1995) ισχυρίζονται πως η φύση της π.γ.π. είναι γενική, αλλά επίσης τονίζουν πώς αυτή προκύπτει από την ανάμιξη διάφορων τύπων γνώσης, όπως η γνώση του πλαισίου (π.χ. οι τάξεις, οι μαθητές) και των διδακτικών στρατηγικών, ενώ οι van Driel, Verloop & de Vos (1998) δίνουν έμφαση στην εξειδίκευση της π.γ.π. αναφορικά με ένα συγκεκριμένο διδακτικό περιεχόμενο. Η π.γ.π. θεωρείται ως μια ξεχωριστή κατηγορία γνώσης του εκπαιδευτικού, η οποία αποτελείται από υποκατηγορίες γνώσης (Shulman 1987). Έτσι, ως συνιστώσες της π.γ.π. στις φ.ε. αναγνωρίζονται οι γνώσεις των εκπαιδευτικών για: (α) τους σκοπούς της διδασκαλίας των φ.ε., (β) τις δυσκολίες κατανόησης που παρουσιάζουν οι μαθητές, (γ) το Πρόγραμμα Σπουδών, (δ) τις διδακτικές στρατηγικές και (ε) τους τρόπους αξιολόγησης των μαθητών (Magnusson, Krajcik & Borko 1999).

Υποστηρίζεται ότι, όταν ένας εκπαιδευτικός δεν αναπτύσσει στον ίδιο βαθμό τις επιμέρους συνιστώσες της π.γ.π., τότε είναι δύσκολο να πετύχει μια αποτελεσματική διδασκαλία (Marks 1990). Έτσι, η μελέτη της ανάπτυξης της π.γ.π.. στα προγράμματα εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών θεωρείται ένα αναγκαίο αλλά ωστόσο δύσκολο εγχείρημα. Δυσκολία που καταρχήν «πηγάζει» από το γεγονός ότι δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός όρος για την π.γ.π. (Loughran, Mulhall & Berry 2004). Επιπλέον, είναι ένα αντικείμενο μελέτης που δεν μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα (Baxter & Lederman 1999), είναι υποσυνείδητο, οι εκπαιδευτικοί πολλές φορές αδυνατούν να εκφραστούν ή δεν επιθυμούν να δημοσιοποιήσουν τις πεποιθήσεις τους (Σπύρτου, Καριώτογλου & Ψύλλος 2002). Φαίνεται ότι είναι απόλυτα εξαρτημένη από το πλαίσιο, δηλαδή από τα χαρακτηριστικά μιας τάξης, τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των μαθητών, κ.λπ. (Kagan 1990). Γι' αυτό και τίθεται το πρόβλημα της *οικολογικής εγκυρότητας* της αξιολόγησής της, δηλαδή της τεκμηρίωσης που θα πρέπει να παρέχουν οι ερευνητές, ότι η μεθοδολογία που ακολούθησαν, για να την μελετήσουν, σχετίζεται με την πραγματικότητα της τάξης (Kagan 1990). Αυτό ειδικότερα σημαίνει ότι η οικολογική εγκυρότητα τεκμηριώνεται όταν τα δεδομένα της έρευνας για την π.γ.π. σχετίζονται με τις διδακτικές πρακτικές του εκπαιδευτικού ή με τις επιδόσεις των μαθητών του (Kagan 1990). Η οικολογική εγκυρότητα αντανακλά την ανησυχία, για το αν τα ευρήματα μιας έρευνας έχουν μόνο θεωρητική σημασία ή θα μπορούσαν να μας βοηθήσουν σε επιλογές που βοηθούν ουσιαστικά στη μάθηση.

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα μιας έρευνας η οποία έχει στόχο τη μελέτη της εξέλιξης της π.γ.π. εκπαιδευτικών που πρόκειται να εκπαιδευτούν για να διδάξουν καινοτόμες Διδακτικές Μαθησιακές Σειρές (Meheut & Psillos 2004, Σπύρτου, Ζουπίδης & Καριώτογλου 2011). Στο άρθρο αυτό παρουσιάζουμε το πρώτο στάδιο της έρευνας, τα αποτελέσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης πάνω στις τεχνικές αξιολόγησης της π.γ.π. εκπαιδευτικών που διδάσκουν φ.ε. στην υποχρεωτική εκπαίδευση και συνοπτικά περιγράφουμε τις έρευνες εκείνες στις οποίες αναγνωρίζουμε δεδομένα που μπορούν να τεκμηριώσουν την οικολογική τους εγκυρότητα.

Μέθοδος

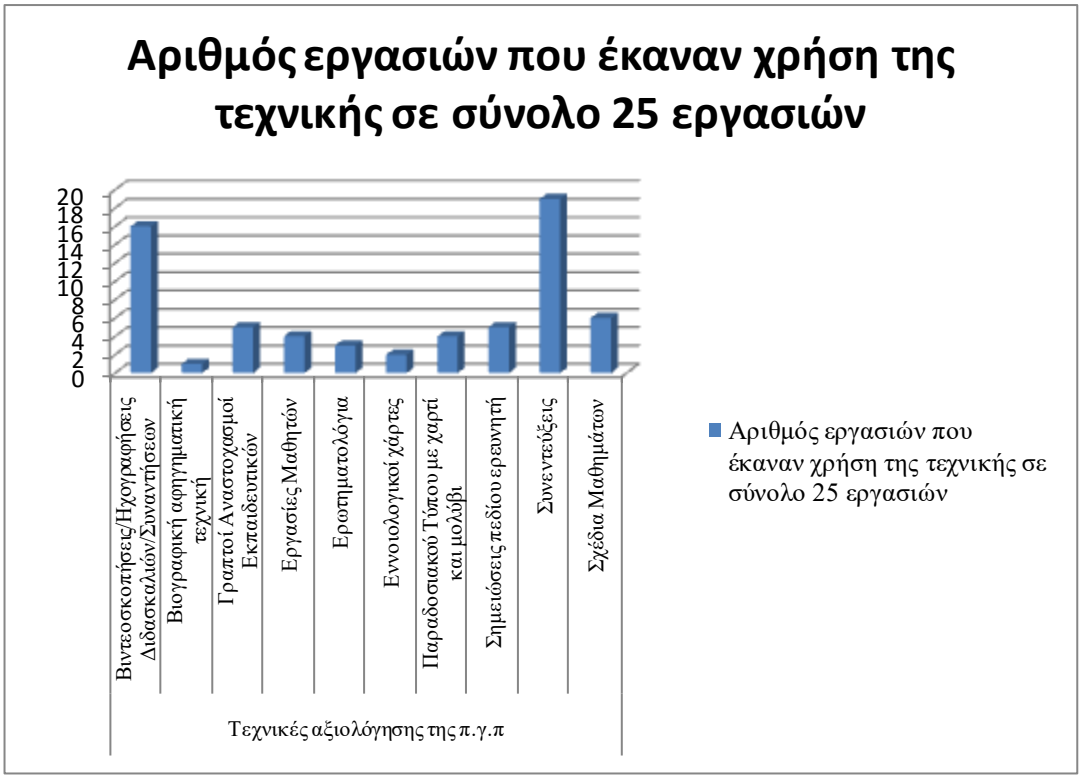
Τα ερωτήματα που τίθενται προς απάντηση στο άρθρο αυτό είναι:

- Ποιες τεχνικές χρησιμοποιούνται για τη αξιολόγηση της π.γ.π.;
- Ποια χαρακτηριστικά οικολογικής εγκυρότητας αναγνωρίζονται στις υπό επισκόπηση έρευνες;

Οι πηγές δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν είναι αγγλόφωνα άρθρα στο Σύνδεσμο Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (heal-link) με κύριο όρο αναζήτησης «pedagogical content knowledge» καθώς και σχετικούς με την έννοια «αξιολόγηση», όπως «assess», «evaluation» κ.λπ. Το χρονικό εύρος της βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι από 1998 έως το 2012. Τα άρθρα επιλέχθηκαν με κριτήριο να παρουσιάζουν λεπτομερειακά και με σαφήνεια τη μεθοδολογία της αξιολόγησης της π.γ.π. Επιπλέον έγινε ανασκόπηση περιοδικών και πρακτικών συνεδρίων της ελληνικής βιβλιογραφίας.

Αποτελέσματα

Από το σύνολο των 31 μελετών βρέθηκαν 25, οι οποίες πληρούσαν το συγκεκριμένο κριτήριο.



Εικόνα 1: Οι τεχνικές αξιολόγησης της π.γ.π. και ο αριθμός των εργασιών που τις χρησιμοποίησαν

Όσον αφορά το πρώτο ερώτημα, στο διάγραμμα της εικόνας 1 παρουσιάζονται οι τεχνικές αξιολόγησης της π.γ.π. καθώς και ο αριθμός των εργασιών που τις χρησιμοποίησαν. Όπως φαίνεται η συνηθέστερη τεχνική αξιολόγησης είναι οι συνεντεύξεις (19 εργασίες) με τις βιντεοσκοπήσεις/ηχογραφήσεις διδασκαλιών να ακολουθούν (16). Λιγότερες χρησιμοποιούν τα σχέδια μαθημάτων (6), τους γραπτούς αναστοχασμούς των εκπαιδευτικών (5), τις σημειώσεις πεδίου του ερευνητή (5), τις εργασίες των μαθητών (4) και τις παραδοσιακού τύπου γραπτές απαντήσεις π.χ. πολλαπλής επιλογής (4). Ακόμη λιγότερες χρησιμοποίησαν τα ερωτηματολόγια (3), τους εννοιολογικούς χάρτες (2) και μόλις σε μία εργασία αναγνωρίσαμε τη βιογραφική αφηγηματική τεχνική.

Από τις 25 εργασίες οι 19 χρησιμοποίησαν την πολυμεθοδική προσέγγιση (τριγωνοποίηση), η οποία περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνικών, όπως συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, εννοιολογικούς χάρτες και βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών (Kagan 1990, Baxter & Lederman 1999, Magnusson, Krajcik & Borko 1999). Από τις υπόλοιπες 6, οι δύο είχαν ως μοναδική τεχνική αξιολόγησης τις συνεντεύξεις και οι 4 τις παραδοσιακού τύπου με γραπτές απαντήσεις.

Όσον αφορά το 2ο ερώτημα, στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι πέντε από τις 25 εργασίες στις οποίες αναγνωρίστηκαν χαρακτηριστικά οικολογικής εγκυρότητας. Όλες χρησιμοποιούν την πολυμεθοδική προσέγγιση αξιολόγησης.

Ειδικότερα, στην πρώτη έρευνα αξιολογήθηκε η π.γ.π. 12 εν ενεργεία εκπαιδευτικών που διδάσκουν χημεία. Οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν εθελοντικά σε ένα workshop. Οι συναντήσεις καθώς και οι διδασκαλίες των συμμετεχόντων ηχογραφήθηκαν και αναλύθηκαν. Πρόσθετα δεδομένα προήλθαν από γραπτές απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ερωτηματολόγια και από εργασίες των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι εξελίχθηκαν όψεις της π.γ.π. των εκπαιδευτικών όπως η γνώση των διδακτικών στρατηγικών. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν για πρώτη φορά συζητήσεις με τους μαθητές πάνω στα αποτελέσματα των πειραμάτων και τους προέτρεπαν να εξηγούν τις παρατηρούμενες χημικές αντιδράσεις. Η

μετέπειτα αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων έδειξε ότι επιτεύχθηκε εννοιολογική αλλαγή στους μαθητές.

Στη δεύτερη εργασία αξιολογήθηκε η π.γ.π. τριών έμπειρων εκπαιδευτικών που διδάσκουν χημεία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Εφαρμόζοντας την πολυμεθοδική προσέγγιση, σύνδεσαν την αξιολόγηση της π.γ.π με την πρακτική του εκπαιδευτικού προσδίδοντας οικολογική εγκυρότητα στα αποτελέσματα της έρευνας. Συγκεκριμένα αναγνωρίστηκαν όψεις της π.γ.π στη διδασκαλία των εκπαιδευτικών μέσα από τις βιντεοσκοπήσεις της πρακτικής τους. Για παράδειγμα, όψεις της π.γ.π, όπως οι διδακτικές στρατηγικές, του εκπαιδευτικού κατά τη διάρκεια βιντεοσκοπημένης εργαστηριακής άσκησης, αναλύθηκαν και εκτιμήθηκαν σε συνδυασμό με τους γραπτούς αναστοχασμούς του πάνω σε αυτήν.

Στην τρίτη έρευνα, μελετήθηκε η π.γ.π. τριών εκπαιδευτικών που συμμετείχαν εθελοντικά σε εθνικό πρόγραμμα αξιολόγησης εκπαιδευτικών στις Η.Π.Α[34]. Μέρος της διαδικασίας αξιολόγησης αποτέλεσε η δημιουργία portfolio από τους εκπαιδευτικούς. Το portfolio περιελάμβανε βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών, αναστοχασμό πάνω στη διδασκαλία και εργασίες μαθητών. Διαπίστωσαν πως η δημιουργία portfolio επηρέασε θετικά την ανάπτυξη της π.γ.π. Συγκεκριμένα, η εξέλιξη των όψεων της π.γ.π. αναγνωρίστηκε στις πρακτικές των εκπαιδευτικών μέσα από τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται ότι επέκτειναν το ρεπερτόριο των διδακτικών τους στρατηγικών: προτιμούν να οργανώσουν το μάθημα μέσα από μια εργαστηριακή άσκηση διερευνητικού χαρακτήρα αντί της μεταφοράς γνώσης που επέλεγαν πριν. Κατά συνέπεια θεωρούμε ότι στην εν λόγω έρευνα τεκμηριώνεται η οικολογική εγκυρότητα της μελέτης της π.γ.π.

Πίνακας 1: Εργασίες με χαρακτηριστικά οικολογικής εγκυρότητας

Στοιχεία έρευνας	Τεχνικές αξιολόγησης	Οικολογική εγκυρότητα
Van Driel, Verloop & de Vos 1998	✓Ηχογραφήσεις συναντήσεων/ μαθημάτων ✓Ερωτηματολόγια εκπαιδευτικών ✓Εργασίες μαθητών	Συνδέουν την εξέλιξη της π.γ.π των εκπαιδευτικών με την εννοιολογική αλλαγή των μαθητών που φαίνεται ότι επιτεύχθηκε μετά τις διδασκαλίες
Park & Oliver 2008(a)	✓Βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών ✓Συνεντεύξεις ✓Σχέδια μαθημάτων ✓Γραπτοί αναστοχασμοί εκπ/κών ✓Εργασίες μαθητών ✓Σημειώσεις πεδίου	Το επίπεδο της π.γ.π συνδέεται με την παρατηρούμενη πρακτική στην τάξη
Park & Oliver 2008(b)	✓Βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών ✓Συνεντεύξεις ✓Σχέδια μαθημάτων ✓Γραπτοί αναστοχασμοί εκπ/κών ✓Εργασίες μαθητών ✓Σημειώσεις πεδίου	Η δημιουργία portfolio και η ανάπτυξη της π.γ.π συνδέθηκε με την εφαρμογή νέων διδακτικών στρατηγικών και διερευνητικού τύπου διδασκαλιών
Park et al. 2011	✓Βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών ✓Συνεντεύξεις	Το επίπεδο της π.γ.π συνδέεται θετικά με τον βαθμό που η

[34] National Board for Professional Teaching Standards (NBPTS). http://www.nbpts.org/become_a_candidate/what_is_national_board_c.

	✓Ρουμπρίκα αξιολόγησης της π.γ.π. ✓Πρωτόκολλο παρατήρησης	διδασκαλία έχει διερευνητικό προσανατολισμό
Γρηγορίου &, Καλκάνης 2011	✓Βιντεοσκοπήσεις διδασκαλιών ✓Συνεντεύξεις ✓Σημειώσεις πεδίου ✓Αξιολόγηση της διδασκαλίας ✓Πορτοφόλιο επιμορφούμενων ✓Φύλλα εργασίας επιμορφουμένων	Συνδέεται το επίπεδο της π.γ.π των εκπ/κών με την παρατηρούμενη πρακτική τους μέσα στην τάξη

Στην τέταρτη εργασία διερευνήθηκε η σχέση του επιπέδου της π.γ.π. ενός εκπαιδευτικού με το βαθμό που η διδασκαλία του έχει καινοτομικό χαρακτήρα: είναι μαθητοκετρική, διερευνητικού τύπου και ακολουθεί συγκεκριμένα πρότυπα[35]. Χρησιμοποιήθηκαν δύο τεχνικές που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενες ερευνητικές εργασίες, η «ρουμπρίκα αξιολόγησης της π.γ.π.» (Park et al. 2008) και το «πρωτόκολλο παρατήρησης» (Sawada et al. 2000). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο της π.γ.π ενός εκπαιδευτικού, τόσο πιο πιθανό είναι αυτός να επιλέξει διδακτικές στρατηγικές που αποτελούν χαρακτηριστικά μιας καινοτομικής διδασκαλίας .

Τέλος η πέμπτη εργασία είναι ελληνική και αφορά στην αξιολόγηση της π.γ.π. 12 μελλοντικών φυσικών στα πλαίσια ενός προγράμματος επιμόρφωσης εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα ερευνήθηκε ποιες πτυχές της π.γ.π. ανιχνεύονται στους φοιτητές κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση της διδασκαλίας. Η τεκμηρίωση οικολογικής εγκυρότητας της έρευνας παρέχεται με την συσχέτιση των δεδομένων από τις συνεντεύξεις και τις καταγραφές του παρατηρητή με την πρακτική των φοιτητών. Για παράδειγμα οι φοιτητές στις συνεντεύξεις δυσκολεύονται να αιτιολογήσουν την εκπαιδευτική αξία της ένταξης ενός πειράματος στη διδασκαλία τους. Αυτό συνδέεται με τις καταγραφές του παρατηρητή στις οποίες αναδεικνύεται η δυσκολία που αντιμετώπιζαν οι φοιτητές στην οργάνωση και διενέργεια ενός πειράματος.

Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η π.γ.π. θωρείται ως η απαραίτητη γνώση του εκπαιδευτικού για το μετασχηματισμό του περιεχομένου σε μορφές γνώσης πιο κατανοητές από τους μαθητές. Αποτελεί αντικείμενο έρευνας στο χώρο της Διδακτικής των φ.ε. σε πολλαπλές ερευνητικές κατευθύνσεις όπως είναι η διερεύνηση της φύσης της και οι υποκατηγορίες γνώσης που την συνιστούν. Κομβικό ερευνητικό σημείο αποτελεί ο έγκυρος και αξιόπιστος τρόπος μελέτης της στον οποίο εστιάζεται η παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι τεχνικές αξιολόγησης της π.γ.π. υπο το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση των σχετικών ερευνών έδειξε πως οι περισσότερες έρευνες αξιολόγησης της π.γ.π. φ.ε. χρησιμοποιούν πολυμεθοδική προσέγγιση, ενώ οι συνηθέστερες τεχνικές είναι οι συνεντεύξεις και οι βιντεοσκοπήσεις/ηχογραφήσεις διδασκαλιών. Υποστηρίζεται ότι η επιλογή περισσότερων της μιας τεχνικών (δηλαδή η τριγωνοποίηση των δεδομένων από πολλαπλές πηγές) εξασφαλίζει την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των ερευνητικών αποτελεσμάτων (Kagan 1990, Ιωσηφίδης 2008).

Το δεύτερο ερευνητικό μας εύρημα είναι ότι ένα μικρό ποσοστό μελετών αξιολόγησης της π.γ.π. συσχετίζουν άμεσα την π.γ.π. των εκπαιδευτικών που αναγνωρίζεται σε μια τεχνική έρευνας με τη διδασκαλία τους στην τάξη ή με την επίδοση των μαθητών τους. Αυτό σημαίνει πως η έρευνα

[35] National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

σχετικά με την π.γ.π. δεν συνδέεται ακόμη επαρκώς με την έρευνα για την πραγματικότητα της τάξης αν και τονίζεται η σημασία αυτής της σύνδεσης.

Στην Ελλάδα το ερευνητικό ρεύμα για την π.γ.π. έχει πρόσφατα παρουσιαστεί σε Πανελλήνια Συνέδρια. Εκτός από την εργασία που συζητήσαμε στον πίνακα 1, έχουν ήδη αξιολογηθεί το επίπεδο της π.γ.π. μελλοντικών εκπαιδευτικών που θα διδάξουν φ.ε. και Πληροφορική, στα πλαίσια ετήσιου προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στο γνωστικό αντικείμενο «Διδακτική Μαθημάτων Ειδικότητας» (Σπηλιωτοπούλου 2007). Πρόσφατα δημοσιεύτηκε μελέτη σχετικά με τους στόχους των ερευνών που εξετάζουν την π.γ.π. φ.ε. εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπαίδευσης (Τσέου 2011).

Ο περιορισμένος αριθμός των σχετικών ερευνών στην ελληνική βιβλιογραφία αναδεικνύει την αναγκαιότητα για περαιτέρω διερεύνηση της π.γ.π. των εκπαιδευτικών υπό το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας. Το επόμενο βήμα της παρούσης εργασίας είναι η ανάπτυξη κατάλληλης πολυμεθοδικής προσέγγισης στην οποία θα υπηρετείται η συγκεκριμένη αναγκαιότητα.

Βιβλιογραφία``

Γρηγορίου, Β., & Καλκάνης, Γ. Θ. (2011). Εκπαιδευτική υποστήριξη στο πλαίσιο ενός προγράμματος επιμόρφωσης σε μελλοντικούς Φυσικούς ώστε να αναπτύξουν την Παιδαγωγική Γνώση Περεχομένου τους. *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 926-933). http://www.7sefepet.gr, [3-8-2012].

Ιωσηφίδης, Θ. (2008). *Ποιοτικές μέθοδοι έρευνας*. Αθήνα: Κριτική ΑΕ.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γράφημα.

Σπηλιωτοπούλου, Β. (2007). Επίπεδα επίγνωσης μελλοντικών εκπαιδευτικών ως προς την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου: Η ανάπτυξη και ανάδειξή τους μέσα από το σχήμα επιχειρηματολογίας του Toulmin. *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 5 (Α)* (σσ. 391-401). http://www.kodipheet.gr, [11-10-2012].

Σπύρτου, Α., Ζουπίδης, Α., & Καριώτογλου, Π. (2011). Μελέτη της εφαρμοσιμότητας μιας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης για την οργάνωση επισκέψεων σε χώρους Τεχνοεπιστήμης. *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 525-532). http://www.7sefepet.gr, [11-10-2012].

Σπύρτου, Α., Καριώτογλου, Π., & Ψύλλος, Δ. (2002). Τρισδιάστατη προσέγγιση της εξέλιξης του ωριαίου διδακτικού σχεδιασμού. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π. Μιχαηλίδης (Επιμ.), *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτικη των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, (σσ. 272-277). Ρέθυμνο, Κρήτη.

Τσέου, Ε. (2011). Κριτική ανασκόπηση ερευνών σχετικών με την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες των εκπαιδευτικών της Α/βάθμιας εκπαίδευσης: παρουσίαση των στόχων τους. Στο Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (Επιμ.), *Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτικη των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση* (σσ. 917-925). http://www.7sefepet.gr, [3-8-2012].

Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *PCK and Science Education* (147-161). Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Brown, P., Friedrichsen, P., & Abell, S. (2009). The Development of Prospective Secondary Biology Teachers PCK. *Journal of Research in Science Teaching , 46* (4), 357–383.

Fernandez-Balboa, J.-M., & Stiehl, J. (1995). The Generic Nature of Pedagogical Content Knowledge among college Professors. *Teaching & Teacher Education , 11* (3), 293-306.

Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1993). Preservice Biology Teachers' Knowledge Structures as a Function of Professional Teacher Education: A Year-Long Assessment. *Science Education , 77* (1), 25-45.

Kagan, D. M. (1990). Ways of Evaluating Teacher Cognition: Inferences concerning the Goldilocks Principle. *Review of Educational Research , 60* (3), 419-469.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching , 41* (4), 370–391.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. Στο J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Επιμ.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Marks, R. (1990). Pedagogical Content Knowledge: from a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education , 41* (3), 3-11.

Meheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education , 26* (5), 515-535.

Park, S., Chen, Y-C., & Jang, J. (2008). Developing measures of teachers' pedagogical content knowledge for teaching high school biology. International conference of the Association for Science Teacher Education, St. Louis, MI. January

Park, S., & Oliver, S. (2008a). Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res Sci Educ* (38), 261-284.

Park, S., & Oliver, J. (2008b). National Board Certification (NBC) as a Catalyst for Teachers' Learning about Teaching: The Effects of the NBC Process on Candidate Teachers' PCK Development. *Journal of Research in Science Teaching , 45* (7), 812-834.

Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., & Jung, J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching? Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education* (41), 245-260.

Sawada, D., Piburn, M., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., Bloom, I., et al. (2000). Reformed teaching observation protocol (RTOP). Tempe: Arizona State University

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review , 57* (1), 1-21.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research , 15* (2), 4-14.

van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching , 35* (6), 673-695.

Διερεύνηση συστατικών στοιχείων της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, μεταξύ εκπαιδευτικών Β/θμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη Θεωρία της Εξέλιξης

Παναγιώτης Στασινάκης[1], **Κυριάκος Αθανασίου**[2]
[1]*4ο Λύκειο Ζωγράφου, stasinakis@biologia.gr*
[2]*ΕΚΠΑ, ΤΕΑΠΗ, kathanas@ecd.uoa.gr*

Περίληψη

Με τη χρήση ερωτηματολογίων, συλλέξαμε δεδομένα 181 συμμετεχόντων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Στόχος ήταν η διερεύνηση συστατικών στοιχείων της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ), ως προς τη Διδασκαλία της Εξέλιξης. Εντοπίστηκαν σημαντικές ελλείψεις τόσο σε θέματα γνωστικά, όσο και σε θέματα διδακτικής. Αποκαλύφθηκαν διδακτικές αδυναμίες που σχετίζονται π.χ. με τη διαχείριση εποικοδομητικών στρατηγικών ή με την προσέγγιση της σχολικής εκδοχής της εξέλιξης ή με θέματα που άπτονται της φύσης της βιολογικής επιστήμης. Η ΠΓΠ μας βοήθησε να αποκαλύψουμε δυσαρμονίες της διδακτικής πρακτικής, ως αποτέλεσμα επιστημονικών ελλείψεων, αδύναμων διδακτικών στρατηγικών, άστοχης διαπραγμάτευσης του θέματος της εξέλιξης στο εκάστοτε σχολικό – κοινωνικό πλαίσιο.

Abstract

Using questionnaires, we collected data from 181 participants from various regions of Greece. The aim was to investigate the components of Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Teaching of Evolution (ET). We identify significant deficiencies in the areas of knowledge, and on teaching. Revealed weaknesses related teaching, e.g the management of constructive strategies or by approaching the school knowledge of evolution or issues relating to the nature of biological science. The PCK has helped us to uncover discrepancies of teaching practice as a result of scientific shortcomings on the subject of evolution, weak teaching strategies in this regard, failure to negotiate the topic of evolution in each school - social context.

Εισαγωγή

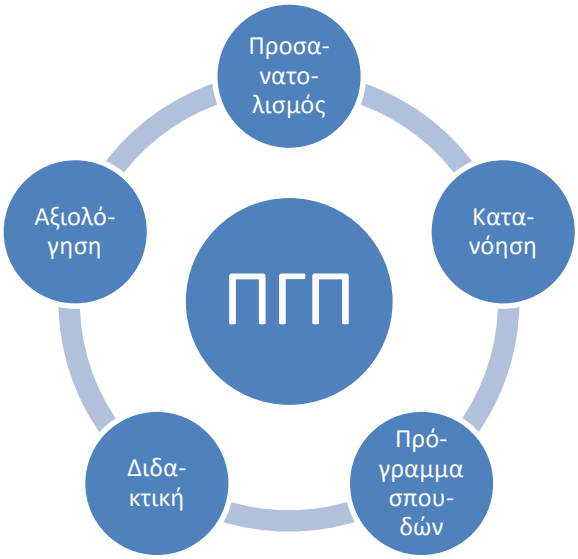
Η Θεωρία της Εξέλιξης (ΘτΕ) αποτελεί την κεντρική οργανωτική αρχή της Βιολογίας, την Ενοποιητική Θεωρία της Βιολογίας (ΕΘΒ). Ο διακεκριμένος Βιολόγος Theodosius Dobzhansky (1973) είχε διατυπώσει τη γνωστή ρήση πως «*… τίποτα στη Βιολογία δεν έχει σημασία, παρά μόνο αν το μελετήσουμε υπό το φως της εξέλιξης*» (σελίδα 125). Όπως αναφέρουν οι Catley & Novick (2009) «*… δεν μπορεί να ισχυριστεί κάποιος πως είναι δυνατόν οι άνθρωποι να θεωρούνται επιστημονικά εγγράμματοι, χωρίς ευρύτερη κατανόηση των εξελικτικών αρχών που μας επιτρέπουν να αντιληφθούμε όλες τις πλευρές του φυσικού κόσμου…* » (σελίδα 311). Ο Futuyma (1999) υποστηρίζει πως η κατανόηση της ΘτΕ είναι προαπαιτούμενο προκειμένου ο επιστημονικά εγγράμματος πολίτης να μπορεί να συμμετέχει στο δημόσιο διάλογο ποικίλων βιολογικών θεμάτων, καθώς επίσης και στις συζητήσεις που προκύπτουν για διάφορα κοινωνικά προβλήματα με προβολές στο πεδίο της Βιολογίας. Αναφορά στη Βρετανία (Millar & Osborne 1998) σχετικά με την προοπτική καθιέρωσης ενός «Προγράμματος Σπουδών (ΠΣ) για τον 21ο αιώνα» καταγράφει πως η ΘτΕ είναι μία από τις θεμελιώδους σημασίας θεωρίες που πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές λόγω του ότι αποτελεί εμπεριστατωμένη «επεξηγηματική ιστορία» της φύσης και του έμβιου κόσμου.

Οι Griffith & Brem (2004) μελετώντας τις εμπειρίες των βιολόγων εκπαιδευτικών της Αριζόνα, διαπίστωσαν πως η Διδασκαλία της Εξέλιξης (ΔτΕ) θα μπορούσε να ήταν περισσότερο αποτελεσματική, αν οι εκπαιδευτικοί ήταν ενημερωμένοι για τις πρόσφατες επιστημονικές πληροφορίες και είχαν καταρτίσει, λόγω εμπειρίας, καλύτερα σχέδια μαθήματος. Οι Blackwell, Powell & Dukes (2003) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές ενδεχομένως δεν μπορούν να κατανοήσουν τις σχετικές με τη ΘτΕ ιδέες, όταν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί τους δε διαθέτουν πλήρη και επικαιροποιημένη γνώση σχετικά με τη ΘτΕ, ενώ ο Cooper (2002) αναφέρει πως οι καθηγητές Φυσικής δεν έχουν τη διάθεση ή τη γνώση να διδάξουν Βιολογία, καθώς ένας εκπαιδευτικός που

διδάσκει ΘτΕ χωρίς γνώσεις Μοριακής Γενετικής είναι σαν να θέλει να διδάσκει τις δυνάμεις χωρίς να γνωρίζει τα σχετικά περί της βαρύτητας.

Όσο αφορά τα ελληνικά δεδομένα, διάφορες έρευνες (Prinou, Halkia & Skordoulis 2005, Πρίνου & Χαλκιά 2006, Αθανασίου & Παπαδοπούλου 2009, Λαζαρίδης, Μαυρικάκη & Αθανασίου 2011, Κατάκος, Παπαδοπούλου & Αθανασίου 2011, Αθανασοπούλου κ.ά. 2011, Athanasiou, Katakos & Papadopoulou 2012, Athanasiou & Papadopoulou 2012), εντοπίζουν βασικά στοιχεία που αφορούν τη ΔτΕ: έλλειμμα σε γνωστικό - επιστημονικό επίπεδο, αδυναμία χρήσης και διαχείρισης κατάλληλων στρατηγικών διδασκαλίας, αδυναμία συσχέτισης της ΘτΕ με θέματα επιστημολογικά και ανάδειξη της επιστημονικής προσέγγισης μίας θεωρίας.

Ο Shulman (1987) αναφέρει για την ΠΓΠ πως «*… αναπαριστά το μίγμα μεταξύ περιεχομένου και παιδαγωγικής προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να κατανοούν πώς εξειδικευμένα θεματικά πεδία, προβλήματα ή αντικείμενα συζήτησης οργανώνονται, παρουσιάζονται και προσαρμόζονται στα διαφορετικά ενδιαφέροντα και ικανότητες των μαθητών, και συστήνονται για διδασκαλία*» (σελίδα 9). Οι Park & Oliver (2008) αναγνώρισαν και χρησιμοποίησαν πέντε συστατικά της ΠΓΠ (Σχήμα 1) για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕπ),



Σχήμα 1. Τα πέντε συστατικά στοιχεία της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ), σύμφωνα με το μοντέλο Park & Oliver (2008).

στηριζόμενοι κυρίως σε προηγούμενες εργασίες (Magnusson, Krajcik & Borko 1999, Grossman 1990, Tamir 1988): α) προσανατολισμοί στη διδασκαλία των ΦΕπ, β) γνώση της κατανόησης των μαθητών για τις ΦΕπ, γ) γνώση του ΠΣ των ΦΕπ, δ) γνώση διδακτικών στρατηγικών και αναπαραστάσεων για τη διδασκαλία των ΦΕπ και ε) γνώση των αξιολογήσεων – αποτιμήσεων για τη μάθηση των ΦΕπ. Αν και παραδέχονται πως δεν υπάρχει αμοιβαία και κοινή πεποίθηση προς την κατεύθυνση των επιμέρους συστατικών, εντούτοις διαπιστώνουν πως αυτά τα συστατικά είναι απαραίτητα και ευδιάκριτα για τη ανάπτυξη εργαλείων αξιολόγησης και αποτίμησης της ΠΓΠ.

Στην έρευνά μας έχει προηγηθεί η διερεύνηση και ανάλυση των συστατικών στοιχείων της ΠΓΠ, με τη χρήση συνεντεύξεων (Στασινάκης & Αθανασίου 2009, Papadopoulou, Stasinakis & Athanasiou 2011, Stasinakis & Athanasiou 2012). Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε επιλεγμένα στοιχεία από την ποσοτική μας ανάλυση με τη χρήση ερωτηματολογίων.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η συλλογή των απαντήσεων των ερωτώμενων (181 εκπαιδευτικοί Β/θμιας εκπαίδευσης) έγινε αποκλειστικά με ηλεκτρονικό τρόπο. Απεστάλησαν ηλεκτρονικά μηνύματα σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ανά την επικράτεια, όπου υπήρχαν αναλυτικές οδηγίες για το σκοπό και τους στόχους της έρευνας, το δείγμα στο οποίο απευθυνόταν η έρευνά μας. Το ηλεκτρονικό μήνυμα συνοδευόταν και από ένα σύνδεσμο προς την διαδικτυακή πλατφόρμα συλλογής δεδομένων. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα LimeSurvey, διαδικτυακή εφαρμογή ανοικτού λογισμικού, που παρέχει τη δυνατότητα οργάνωσης και συλλογής απαντήσεων ερωτηματολογίων. Η διαδικτυακή πλατφόρμα είχε εγκατασταθεί σε εξυπηρετητή (server), στον οποίο είχαμε πλήρη δικαιώματα οργάνωσης και διαχείρισης. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η 1.87+ (Περισσότερες πληροφορίες και οδηγίες λήψης - εγκατάστασης της πλατφόρμας LimeSurvey, μπορεί κανείς να δει στην ιστοσελίδα http://www.limesurvey.org/).

Τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου εμφανίζονται με περισσότερες λεπτομέρειες στο Στασινάκης 2012. Η προσπάθεια που καταβάλαμε ήταν να συλλέξουμε στοιχεία για τα πέντε βασικά συστατικά στοιχεία της ΠΓΠ, όπως περιγράφονται παραπάνω. Έτσι μας ενδιέφεραν δεδομένα που περιέγραφαν τις γνώσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την ΘτΕ, τις διδακτικές επιλογές και στρατηγικές τους προκειμένου να κατορθώσουν να διδάξουν αποτελεσματικά την ΘτΕ και τέλος το πώς εξατομικεύονται οι παραπάνω επιλογές τους στο συγκεκριμένο σχολικό πλαίσιο όπου καλούνται να διδάξουν. Δείξαμε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να διαπιστώσουμε πώς το σχολικό πλαίσιο και οι διαθέσιμοι πόροι τελικά ωθούν τους εκπαιδευτικούς να διδάσκουν την Εξέλιξη, πώς εντέλει η διδακτική πρακτική της τάξης που οι ίδιοι επιλέγουν οδηγεί σε αδυναμία διδασκαλίας της ΘτΕ.

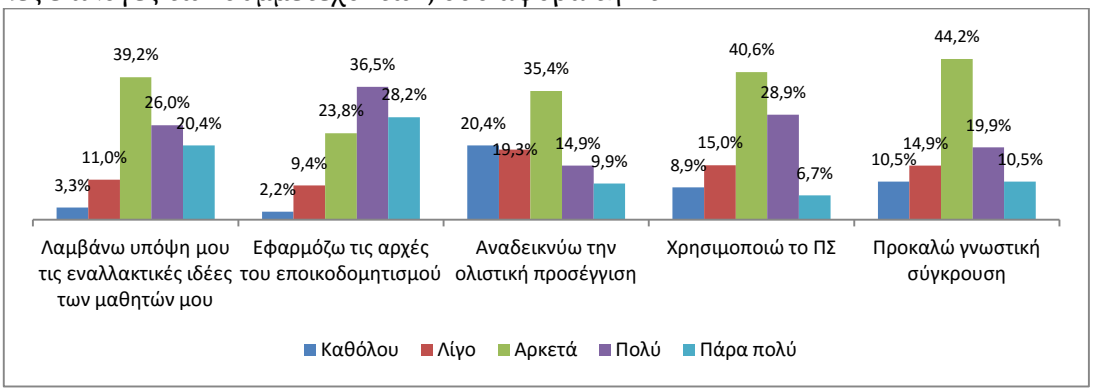
Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας. Στο δείγμα υπήρχε αντιπροσώπευση από 39 νομούς της Ελλάδας (77% των νομών).

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά του δείγματος.

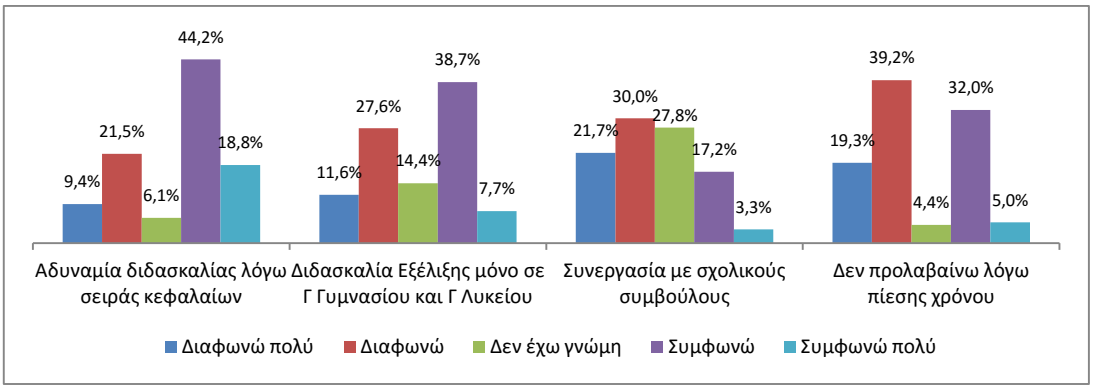
Φύλο	56% Γυναίκες, 44% Άνδρες
Βαθμίδα διδασκαλίας	55.2% Γυμνάσιο, 61.3% Λύκειο, 2.2% ΕΠΑΛ, 2.8% Άλλο
Βασικές προπτυχιακές σπουδές	68% Βιολογία, 2.8% Άλλες Βιοεπιστήμες, 5.5% Γεωλογία, 14.4% Φυσική, 4.4% Φυσιογνωστικό, 5% Χημεία
Μεταπτυχιακές σπουδές	34.8% Μεταπτυχιακό, 12.2% Διδακτορικό, 57.5% Τίποτα

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 2) παρουσιάζονται ορισμένα από τα στοιχεία σχετικά με τις διδακτικές επιλογές των συμμετεχόντων, όσο αφορά τη ΔτΕ.



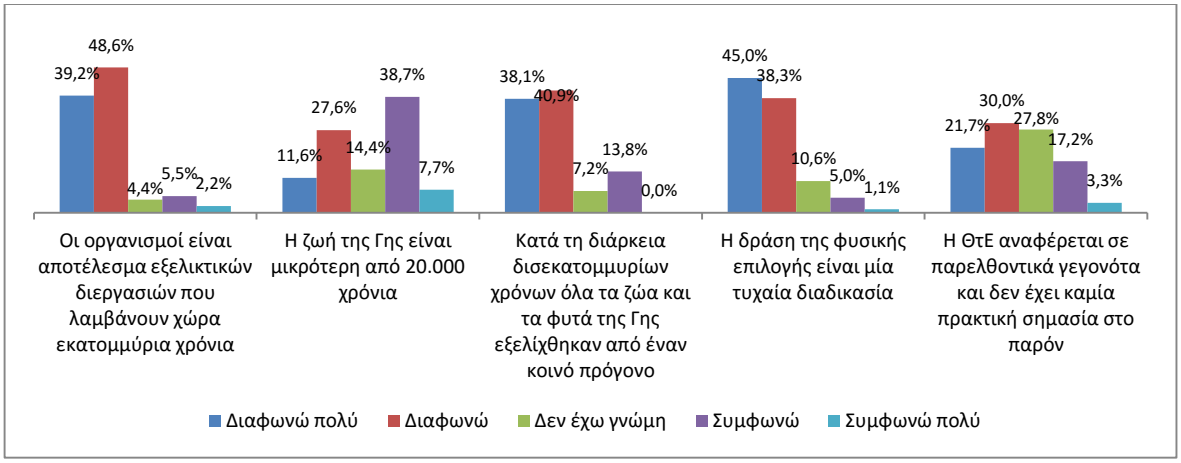
Σχήμα 2. Οι διδακτικές επιλογές των εκπαιδευτικών, όταν διδάσκουν τη ΘτΕ.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 3) παρουσιάζονται ορισμένα από τα στοιχεία σχετικά με τις διδακτικές πρακτικές των συμμετεχόντων μέσα στη σχολική αίθουσα, όσο αφορά τη ΔτΕ.



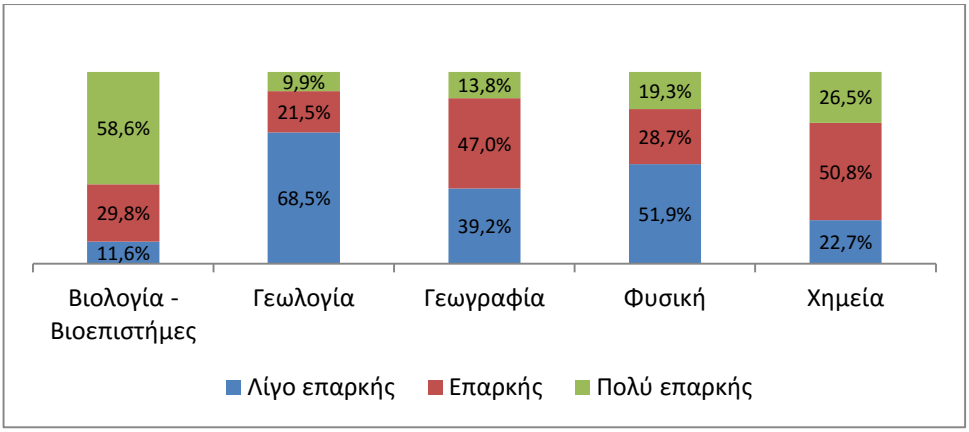
Σχήμα 3. Οι διδακτικές πρακτικές (σχολικό πλαίσιο) των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη ΔτΕ.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4) παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τις επιστημονικές και επιστημολογικές γνώσεις των συμμετεχόντων, όσο αφορά τη ΘτΕ.



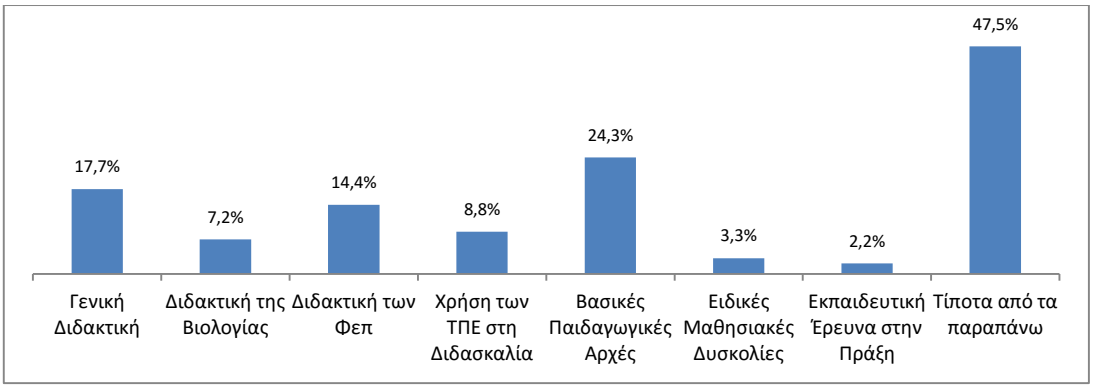
Σχήμα 4. Επιστημονικές και επιστημολογικές γνώσεις των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη ΘτΕ.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 5), καταγράφουμε τι αισθάνονται οι ίδιοι ως προς την επάρκειά τους να διδάξουν τα διάφορα αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών που υπάρχουν στο ωρολόγιο πρόγραμμα.



Σχήμα 5. Επάρκεια των εκπαιδευτικών, σύμφωνα με τις απαντήσεις τους, για τη διδασκαλία των διαφόρων επιστημονικών τομέων.

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 6), καταγράφουμε τα ποσοστά των συμμετεχόντων που διδάχθηκαν θέματα παιδαγωγικής – διδακτικής κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών τους σπουδών.



Σχήμα 6. Μαθήματα σχετικά με παιδαγωγική – διδακτική που διδάχθηκαν κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών τους σπουδών.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Διαπιστώνουμε πως οι περισσότεροι (58,6%) συμμετέχοντες στην έρευνά μας νοιώθουν επαρκείς να διδάξουν θέματα που σχετίζονται με τη Βιολογία και τις Βιοεπιστήμες. Τα ποσοστά επάρκειας είναι αρκετά ψηλά, γεγονός που θα μπορούσε να δικαιολογηθεί από το γεγονός πως το μεγαλύτερο ποσοστό των συμμετεχόντων (68%) είναι Βιολόγοι. Αντιθέτως βλέπουμε ότι νοιώθουν μεγαλύτερη ανασφάλεια να διδάξουν θέματα Γεωλογίας, αν και η γεωλογική προσέγγιση στη ΔτΕ θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό στοιχείο για την αποτελεσματικότερη κατανόηση της ΘτΕ από τους μαθητές. Ίσως αυτή η χαμηλή επίδοση να σχετίζεται με το γεγονός πως το μάθημα της Γεωλογίας δεν διδάσκεται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, οπότε οι εκπαιδευτικοί δεν νοιώθουν εξοικειωμένοι με αυτό.

Οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν πως χρησιμοποιούν εποικοδομητικές στρατηγικές για να διδάξουν τη ΘτΕ, όμως καταγράφουν χαμηλότερες επιδόσεις όταν τους καλούμε να μιλήσουν για συγκεκριμένες στρατηγικές, όπως η γνωστική σύγκρουση. Λαμβάνοντας υπόψη και τα υπόλοιπα στοιχεία της εργασίας μας (Στασινάκης 2012) θεωρούμε ότι η εφαρμογή των εποικοδομητικών στρατηγικών δεν είναι αποτελεσματική, καθώς οι εκπαιδευτικοί υπολείπονται γνώσεων σε θέματα διδακτικής. Απόφοιτοι των ονομαζόμενων «καθηγητικών σχολών» δεν έχουν παρακολουθήσει μαθήματα Γενικής Διδακτικής ή Διδακτικής της Βιολογίας. Μόνο μικρό ποσοστό (7,2%) έχει παρακολουθήσει κάποια μαθήματα Διδακτικής της Βιολογίας, μεγαλύτερο (17,7%) θέματα Γενικής

Διδακτικής, ενώ περίπου οι μισοί από τους συμμετέχοντες (47,5%) δεν έχουν παρακολουθήσει τίποτα σχετικό.

Ακόμα και οι δυσκολίες που παρουσιάζονται στο σχολικό πλαίσιο (διδακτικές πρακτικές), όπως π.χ. το γεγονός πως δεν διδάσκουν τη ΘτΕ λόγω του ότι το σχετικό κεφάλαιο είναι το τελευταίο αν και υποστηρίζουν την ολιστική προσέγγιση στη διδασκαλία της ΘτΕ, εκτιμούμε πως οφείλονται στην απουσία κάποιας οργανωμένης διδακτικής προσέγγισης ως αποτέλεσμα της αδυναμίας τους σε θέματα διδακτικής. Είναι οι ίδιοι που σε ποσοστό περίπου 60% («*Διδασκαλία Εξέλιξης μόνο σε Γ Γυμνασίου και Γ Λυκείου*») αγνοούν τις δυνατότητες να διδαχθεί η Εξέλιξη ως ΕΘΒ και περιορίζουν τις αναφορές τους μόνο σε συγκεκριμένα κεφάλαια όπου περιγράφεται η ΘτΕ. Η διαπίστωση αυτή επιπλέον δείχνει πως πέρα από τους μαθητές που αφιερώνουν μεγάλο μέρος του χρόνου τους στη μελέτη και αφομοίωση του περιεχομένου των σχολικών εγχειριδίων και οι εκπαιδευτικοί προστρέχουν κυρίως σ' αυτά για το διδακτικό τους έργο, καθιστώντας τα καθοριστικό παράγοντα για τον επιστημονικό αλφαβητισμό των μαθητών και τις γνώσεις των εκπαιδευτικών.

Όσο αφορά τις γνώσεις τους σχετικά με τη ΘτΕ, διαπιστώνεται πως σε γνωστικό επίπεδο, κυρίως σε θέματα επιστημονικά και εμβάθυνσης των εννοιών, οι Βιολόγοι εκπαιδευτικοί καταγράφουν καλύτερες επιδόσεις, αν και σε θέματα διδακτικής όλοι οι εκπαιδευτικοί καταγράφουν χαμηλές επιδόσεις. Οι Βιολόγοι καταφέρνουν καλύτερα να αντιληφθούν την ενοποιητική οπτική της ΘτΕ, όμως αδυνατούν λόγω διδακτικών επιλογών να την μεταφέρουν στους μαθητές τους. Διαπιστώνουμε πως δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη διαφοροποίηση ως προς τους Βιολόγους και μη-Βιολόγους εκπαιδευτικούς στο να διδάξουν τη ΘτΕ στο Γυμνάσιο, αμφότεροι δεν καταφέρνουν να πετύχουν το διδακτικό μετασχηματισμό που θα επέτρεπε να βελτιώσουν την εικόνα της ΔτΕ στην Ελληνική εκπαίδευση.

Μία άλλη σημαντική διαπίστωση είναι πως δεν χρησιμοποιούν τα ΠΣ για την οργάνωση της διδασκαλίας τους, ούτε καν για να προσδιορίσουν ή να επαναθέσουν τους στόχους που αυτά αναφέρουν. Αποτέλεσμα αυτής της διαπίστωσης είναι πως οι εκπαιδευτικοί αδυνατούν να θέσουν στόχους πέραν των συνηθισμένων γνωστικών, ενώ δεν λαμβάνουν υπόψη τους την εξελικτική – ενοποιητική σκοπιά που επιτάσσει και προτείνει το ΠΣ. Επιπλέον δεν αντιλαμβάνονται την ολιστική εξελικτική αντίληψη που θα πρέπει να διακατέχει τη ΔτΕ (αν και συμφωνούν με αυτή την οπτική), πράγμα που θα μπορούσαν να πετύχουν, αν οργάνωναν καλύτερα και με τη βοήθεια των ΠΣ τα μαθήματά τους. Βασικός στόχος θα πρέπει να είναι να διδάσκεται η εξέλιξη ως ΕΘΒ, κάτι που δεν επιτυγχάνεται από την ίδια τη φύση της διδασκαλίας των εκπαιδευτικών.

Επιπλέον διαπιστώνουμε ελλείψεις βασικών επιστημολογικών ζητημάτων, όπως ο ρόλος της τύχης, της πιθανοκρατίας και της πολυπλοκότητας στα εξελικτικά φαινόμενα, η έννοια του χρόνου και ειδικότερα του γεωλογικού χρόνου (είναι εντυπωσιακό πως 87,8% διαφωνεί με την πρόταση «*Οι οργανισμοί που υπάρχουν σήμερα είναι το αποτέλεσμα εξελικτικών διεργασιών που έχουν λάβει χώρα κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων χρόνων*»). Διαπιστώνουμε πως αυτό το έλλειμμα δυσχεραίνει την επιχειρηματολογία των εκπαιδευτικών έναντι των μαθητών τους και τους δυσκολεύει να αποκτήσουν στέρεες και ξεκάθαρες πεποιθήσεις για την εξέλιξη. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε, όπως διαπιστώσαμε από τις συνεντεύξεις (Στασινάκης 2012), πως όταν η ερμηνεία ενός φαινομένου δεν γίνεται με τις αισθητηριακές τους αντιλήψεις ή έγκειται σε γεγονότα τυχαία, η επιστημονική - εξελικτική εξήγηση που επιστρατεύεται προβληματίζει ακόμα και τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς.

Από τα βασικά στοιχεία της ανάλυσης διαπιστώνουμε πως ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που μελετήσαμε εντοπίζονται συγκεκριμένες αδυναμίες κατά τη ΔτΕ: ελλιπής επιστημονική γνώση, απουσία γνώσεων για θέματα διδακτικής και παιδαγωγικής, αδυναμία επιλογής κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών που θα ήταν αποτέλεσμα της κατανόησης του τρόπου με τον οποίο θα πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές τους, ελλιπής χρήση των ΠΣ και επομένως των επιλογών που αυτά προτείνουν (π.χ. αξιολόγηση), πρακτικές δυσκολίες ως συνέπεια του σχολικού πλαισίου (μαθητικό, τάξης, σχολικό, κοινωνικό, κ.τ.λ.) μέσα στο οποίο οι εκπαιδευτικοί καλούνται να υλοποιήσουν το έργο τους. Πρόκειται για αδυναμίες που σχετίζονται με τα πέντε συστατικά στοιχεία της ΠΓΠ, που περιγράψαμε παραπάνω, και εστιάζονται στη συγκεκριμένη θεματολογία της Εξελικτικής Θεωρίας (Veal & Makinster 1999).

Καταλήγουμε πως ο βασικός λόγος της αδυναμίας διδασκαλίας της ΘτΕ στην Ελληνική εκπαίδευση οφείλεται στην χαμηλού επιπέδου ΠΓΠ των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη ΘτΕ.

Η ΠΓΠ αναπτύσσεται και βελτιώνεται με το χρόνο κυρίως, επειδή ο εκπαιδευτικός μαθαίνει να εντοπίζει και να βελτιώνει τις αδυναμίες του. Η εμπειρία μπορεί να συμπληρώσει συστατικά στοιχεία της ΠΓΠ, όπως η παιδαγωγική και η διδακτική, εφόσον η εμπειρία δεν είναι κάτι που απλώς αποκτάται αλλά πρέπει και να καλλιεργείται (Park & Chen 2012). Πρέπει και οι ίδιοι να γίνονται ερευνητές της πρακτικής τους, της διδασκαλίας τους και να τη βελτιώνουν π.χ. με νέα σχέδια μαθήματος, καινούργιες στρατηγικές διδασκαλίας, προσαρμογή στις ανάγκες του πλαισίου όπου διδάσκουν. Πανεπιστημιακές σχολές των οποίων οι απόφοιτοι θα αποτελέσουν τους εκπαιδευτικούς του μέλλοντος, θα πρέπει να εντάξουν στα προγράμματά τους θέματα διδακτικής καθώς οι επιστημονικές γνώσεις δεν αρκούν, αφού οι απόφοιτοι υπολείπονται γνώσεων διδακτικού μετασχηματισμού. Η ΠΓΠ μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ καλό οργανωτικό πλαίσιο για τη διδασκαλία θεμάτων διδακτικής ακόμα και οργάνωσης επιμορφωτικών προγραμμάτων. Άλλωστε διαπιστώνεται πως οι μέλλοντες εκπαιδευτικοί δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι τόσο στο γνωστικό όσο και στο διδακτικό μέρος για τη διδασκαλία της ΘτΕ (Nadelson 2009).

Οι αντικειμενικές δυσκολίες του εκάστοτε σχολικού πλαισίου, μπορούν να ξεπεραστούν με προσπάθειες αναγνώρισης και βελτίωσης της ατομικής ΠΓΠ. Συμφωνούμε με αυτό που διαπιστώνεται πως η αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση στηρίζεται στην παρουσία *αναστοχαστικών (reflective)* εκπαιδευτικών που συνεχώς λαμβάνουν διδακτικές αποφάσεις στηριζόμενοι σε ό,τι λαμβάνουν από τους μαθητές που κάθονται ακριβώς μπροστά τους (Darling-Hammond 1997). Άλλωστε, ισχυρό χαρακτηριστικό της ΠΓΠ είναι πως λαμβάνει σημαντικά υπόψη της τις πραγματικές συνθήκες της τάξης, τη διδακτική πρακτική και το πλαίσιο μέσα στο οποίο υλοποιείται η διδασκαλία. Η σπουδαιότητα της διδακτικής πρακτικής μέσα στην τάξη περιγράφεται από τον Hurd (1991): «*υπάρχουν λίγοι λόγοι να κάνεις έρευνα στη διδακτική, εκτός αν αυτή εξαργυρώνεται στην πράξη*» (σελίδα 728).

Βιβλιογραφία

Αθανασίου Κ. & Παπαδοπούλου Π. (2009) Παράγοντες οι οποίοι συνδέονται με την αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας στην Ελλάδα: η αποδοχή, η κατανόηση και το μορφωτικό επίπεδο των γονέων. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 7-10 Μαΐου 2009.

Αθανασοπούλου, Γ., Μαυραγάνη, Μ., Μαυρικάκη, Ε. & Πούρης Ι. (2011). Το γνωστικό υπόβαθρο και οι προσωπικές πεποιθήσεις επάρκειας Ελλήνων εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 15-17 Απριλίου, Αλεξανδρούπολη, 439 - 446.

Κατάκος, Ε., Παπαδοπούλου, Π. & Αθανασίου, Κ. (2011). Η αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας από τους Έλληνες εκπαιδευτικούς και παράγοντες που την επηρεάζουν. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 15-17 Απριλίου, Αλεξανδρούπολη, 422 - 430.

Λαζαρίδης, Γ., Μαυρικάκη, Ε. & Αθανασίου, Κ. (2011). Διερεύνηση του επιπέδου γνώσης και κατανόησης ομάδων φοιτητών του ΕΚΠΑ για την Εξέλιξη μέσω της Φυσικής Επιλογής. 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 15-17 Απριλίου, Αλεξανδρούπολη, 406 - 413.

Πρίνου, Λ. & Χαλκιά, Κ. (2006). Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τις έννοιες της Προσαρμογής και της Εξέλιξης των οργανισμών και της διδασκαλίας τους στο Δημοτικό. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο, ΕΔΙΦΕ, Βόλος, 7-9 Απριλίου, 699-707.

Στασινάκης, Π. & Αθανασίου, Κ. (2009). Διερευνώντας τους παράγοντες που σχετίζονται με τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης μεταξύ καθηγητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Στο:

Ζόγκζα Β, Καμπουράκης Κ, Νοταράς Δ, (εκδ.). Η Διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης: Θεωρητικά και Παιδαγωγικά ζητήματα. Αθήνα: Child Services - Εκπαιδευτήρια ΓΕΙΤΟΝΑ, 483 - 505.

Στασινάκης, Π. (2012). Διδακτορική Διατριβή με τίτλο: «Διερεύνηση συνιστωσών της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου (ΠΓΠ) ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς της βθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής, σε συνδυασμό με διδακτικές της εφαρμογές μέσω νέων τεχνολογιών», Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία (ΤΕΑΠΗ).

Athanasiou, K. & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of the evolution acceptance among Greek education students: knowledge, religious practices and social influences. International Journal of Science Education, 34(6), 903-924.

Athanasiou, K., Katakos, E. & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of evolution acceptance among Greek education students: the contribution of knowledge increase, Journal of Biological Education, 46(4), 234-241.

Blackwell, W.H., Powell, M.J. & Dukes, G.H. (2003). The Problem of Student Acceptance of Evolution. Journal of Biological Education, 37, 58-67.

Catley, K.M. & Novick, L.R. (2009). Digging Deep: Exploring College Students' Knowledge of Macroevolutionary Time. Journal of Research in Science Teaching, 46, 311-332.

Cooper, P. (2002). Physics teacher supply. London: Institute of Physics.

Darling – Hammond, L. (1997). Doing What Matters Most: Investing in Quality Teaching. Kutztown, PA: National Commission on Teaching and America's Future.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. American Biology Teacher, 35 (3), 125-129.

Futuyma, D.J. (1999). Evolution, science and society: evolutionary biology and the national research agenda. New Brunswick, NJ: Rutgers University.

Griffith, J.A. & Brem, S.K. (2004). Teaching Evolutionary Biology: Pressures, Stress, and Coping. Journal of Research in Science Teaching, 41, 791-809.

Grossman, P.L. (1990). The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. New York: Teachers College Press.

Hurd, P.D. (1991). Issues in linking research to science teaching. Science Education, 75, 723-732.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In: Gess-Newsome J, Lederman NG, editors. Examining pedagogical content knowledge. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer, 95 - 132.

Millar, R. & Osborne, J. (1998). Beyond 2000: Science education for the future. London: Kings College.

Nadelson, L.S. (2009). Preservice Teacher Understanding and Vision of how to Teach Biological Evolution. Evo Edu Outreach, 2(3), 490-504

Papadopoulou, P., Stasinakis, P. & Athanasiou, K. (2011). Evolution theory teaching and learning: students' conceptual ecologies and teachers' perceptions, In: A. Yarden, & G.S. Carvalho (Eds.). Authenticity in Biology Education: Benefits and Challenges. A selection of papers presented at the 8th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB) Braga, Portugal, 271 – 284.

Park, S. & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. Journal of Research in Science Teaching, 49 (7), 922-941.

Park, S. & Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. Research in Science Education, 38, 261-284.

Prinou, L., Halkia, K. & Skordoulis, C. (2005). Teaching the Theory of Evolution: Teacher's Attitudes, Views and Difficulties, Proceedings of International History, Philosophy and Science Teaching Conference, Leeds, UK.

Shulman, L.S. (1987) Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57, 1-22.

Stasinakis, P. & Athanasiou, K. (2012). Greek teachers' attitudes, beliefs, knowledge and context, concerning Evolution Teaching, In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2011, Lyon, France, European Science Education Research Association, 179 – 185.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. Teaching and Teacher Education, 4, 99-110.

Veal, W.R. & Makinster, J.G. (1999). Pedagogical Content Knowledge Taxonomies. Electronic Journal of Science Education, 3(4), 1-17

Συνεδρία 19 : Αντιλήψεις Μαθητών και Φοιτητών ΙΙ

Η έρευνα για την εξέλιξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών Γυμνασίου–Λυκείου και πρωτοετών φοιτητών φυσικού τμήματος σε θέματα ενέργειας

Ηλιοπούλου Αγγελική, Καμαράτος Ματθαίος
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, angeliki.iliopoulou@gmail.com
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, mkamarat@cc.uoi.gr
Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η εξέλιξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών Γυμνασίου – Λυκείου και των πρωτοετών φοιτητών φυσικού τμήματος στο θέμα της ενέργειας. Ο σκοπός ήταν να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσονται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και των φοιτητών καθώς αυτοί συνεχίζουν σε ανώτερη βαθμίδα εκπαίδευσης. Ένας επιπλέον στόχος ήταν να μελετηθεί η διαφορά στην επίδοση που έχουν τα δύο φύλα. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν σε μαθητές πρώτης και τρίτης Λυκείου καθώς και σε πρωτοετείς φοιτητές του τμήματος Φυσικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές, αλλά και οι φοιτητές διατηρούν τις περισσότερες από τις εναλλακτικές ιδέες που μελετήθηκαν, σε μεγάλο βαθμό.

Abstract

In this study is surveyed the evolution of students' misconceptions on the concept of energy. The purpose was to study how misconceptions of students evolve and change as they continue to a higher level of education. Another parameter that was studied was the difference in performance between male and female students. The participants in the study were from three different educational stages. The questionnaires were given to tenth and twelfth grade students and first year students that studied physics. The results of the investigation revealed that conceptual difficulties with this material extend from high school to the undergraduate level.

Εισαγωγή

Η έρευνα που έχει γίνει πάνω στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, που αφορούν την ενέργεια, υπολείπεται σε όγκο, σε σχέση με άλλες έννοιες της φυσικής, γεγονός το οποίο καταδεικνύει και τη δυσκολία διδασκαλίας της έννοιας. Στο άρθρο των Lawson και McDermott (1987) οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι περισσότεροι φοιτητές – στους οποίους περιλαμβάνονται και αυτοί που είναι σε θέση να επιλύουν τυπικά ενεργειακά προβλήματα – δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες του έργου και της ενέργειας προκειμένου να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με μια κατάσταση της καθημερινής ζωής. Η McDermott (1991) αναφέρει ότι αν γίνει μία συνειδητή προσπάθεια ώστε να βελτιωθεί το αναλυτικό πρόγραμμα και να προσαρμοστεί στις ανάγκες των φοιτητών, οι φοιτητές μπορούν να βοηθηθούν πολύ. Η έρευνα στη διδακτική της Φυσικής μπορεί να βοηθήσει ώστε να αλλάξει το πρότυπο της αναμόρφωσης του αναλυτικού προγράμματος. Οι McDermott, Vokos and Pride (1997) και ο Knight (2006) αναφέρουν ότι οι εννοιολογικές δυσκολίες εκτείνονται από τους πρωτοετείς μέχρι και τους τελειόφοιτους φοιτητές. Το ίδιο ισχύει και με τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη δικαιολόγηση όσον αφορά το θέμα του θεωρήματος έργου – ενέργειας και του θεωρήματος ώθησης – ορμής. Ο Hobson (2004) προτείνει τη χρήση των «διαγραμμάτων ροής της ενέργειας» όπως τα ονομάζει, όπου θεωρεί ότι βοηθούν ιδιαίτερα τους μαθητές στην κατανόηση. Τα «διαγράμματα ροής της ενέργειας» παρουσιάζουν αυτές τις μετατροπές οπτικά και κατά προσέγγιση ποσοτικά. Τα άρθρα του Jewett (2008) και των Lindsey, Heron and Schaffer (2009) προσθέτουν στοιχεία στην προγενέστερη έρευνα εξετάζοντας την κατανόηση των μαθητών όσον αφορά το έργο και τη δυναμική ενέργεια για συστήματα με εσωτερική δομή. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι φοιτητές αποτυγχάνουν να

ερμηνεύσουν σωστά τη φράση: «Η ενέργεια διατηρείται» και να αντιμετωπίσουν τη σχέση έργου – ενέργειας σαν μία πρόταση αιτίου και αποτελέσματος Τα ευρήματα συνεισφέρουν επίσης σε μία βάση δεδομένων που λειτουργεί ως πηγή για τους εκπαιδευτές. Όσον αφορά τις διαφορές που υπάρχουν στις επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών στο μάθημα της φυσικής η έρευνα είναι επίσης μικρή και αφορά κυρίως στο σύνολο των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών. Το περιεχόμενο των αναλυτικών σχολικών προγραμμάτων ευθύνεται για την αναπαραγωγή των ανισοτήτων φύλου περισσότερο από όσο οι ίδιοι οι δάσκαλοι (Stanworth 1986). Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια, διαπιστώνεται ότι το περιεχόμενό τους καθώς και τα στερεότυπα που προβάλλονται μέσα σε αυτά, δρουν καθοριστικά στη διαμόρφωση του ρόλου των φύλων, των στάσεων, των αντιλήψεων και των προσδοκιών των μαθητών και μαθητριών (Τουρτούρας, Μπαλή και Αλτιντασιώτης, 2008). Η αναπαραγωγή των αξιών και των πεποιθήσεων της κοινωνικής πραγματικότητας μέσα στο σχολείο γίνεται κυρίως με το παραπρόγραμμα ή το κρυφό αναλυτικό πρόγραμμα (Cole, 1989). Οι Davies και Meighan (1975) το περιγράφουν ως εξής: το παραπρόγραμμα αναφέρεται σε εκείνες τις πλευρές της μάθησης που είναι ανεπίσημες ή συνέπειες του τρόπου, με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία και τη μάθηση. Φορείς του είναι οι στάσεις των εκπαιδευτικών, των μαθητών, των γονέων τους και έμμεσα ολόκληρης της κοινωνίας. Τα τελευταία χρόνια, βρέθηκε σε πολλές περιπτώσεις να υπερτερούν ελαφρώς τα κορίτσια από τα αγόρια στις φυσικές επιστήμες, τουλάχιστον σε επίπεδο Δημοτικού. Στις ανώτερες βαθμίδες εκπαίδευσης η κατάσταση φαίνεται να αντιστρέφεται, εξαιτίας ίσως της ίδιας της υπόστασης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ως ισχυρότατου φορέα κοινωνικοποίησης και μεταβίβασης των δοτών κοινωνικών ρόλων και αξιών Τα αποτελέσματα από τις συνεντεύξεις των μαθητών δείχνουν ότι δύο είναι οι βασικοί παράγοντες, οι οποίοι εμποδίζουν τα κορίτσια να έχουν υψηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια: η συνεχής ανταγωνιστικότητα και η έλλειψη της διδασκαλίας για την κατανόηση των εννοιών (Τουρτούρας, Μπαλή και Αλτιντασιώτης, 2008, Jimerson, 1999, Worswick, 2001).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Σχεδιασμός ερωτηματολογίου

Η κατασκευή των ερωτήσεων που αποτελούσαν το ερωτηματολόγιο στηρίχτηκε στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και των φοιτητών στο θέμα της ενέργειας. Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε έτσι ώστε να μπορεί να δοθεί σε μαθητές Γυμνασίου, Λυκείου και πρωτοετείς φοιτητές του τμήματος φυσικής. Η προσπάθεια που έγινε ήταν να περιλαμβάνει ερωτήσεις από όλες τις μορφές ενέργειας, όπου αυτό ήταν δυνατό σύμφωνα με τη διδακτέα ύλη σε αυτές τις βαθμίδες τις εκπαίδευσης. Οι ερωτήσεις τελικά προήλθαν από τις θεματικές ενότητες του έργου, της μηχανικής, της κινητικής, της δυναμικής και της θερμικής ενέργειας, της ενέργειας του ήχου και των κυμάτων. Οι ερωτήσεις ήταν κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής) και στόχευαν στο να ερευνήσουν την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών και των φοιτητών. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος ήταν γενικές ερωτήσεις, στις οποίες ρωτούνταν το φύλο, το επίπεδο μόρφωσης του πατέρα και της μητέρας και η επίδοση στο μάθημα της φυσικής,. Στο δεύτερο μέρος οι ερωτήσεις εστιάζονται στις διάφορες μορφές της ενέργειας.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν να μελετήσει με ποιο τρόπο μεταβάλλονται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πάνω στην ενέργεια (Hapkiewicz 1992, Κασσέτας 2000) καθώς αυτοί μεταβαίνουν από την πρώτη τάξη του Γυμνασίου στον Πρώτο έτος του Πανεπιστημίου. Γι' αυτό το λόγο δόθηκαν τα ερωτηματολόγια σε μαθητές πρώτης Λυκείου, ώστε να μελετηθούν οι εναλλακτικές ιδέες που παραμένουν μετά τη διδασκαλία των συγκεκριμένων θεμάτων στο Γυμνάσιο. Δόθηκαν επίσης ερωτηματολόγια στην τρίτη Λυκείου για να μελετηθεί το κατά πόσο αυτές οι εναλλακτικές ιδέες παραμένουν και μετά την παρέμβαση της α και β Λυκείου. Στους πρωτοετείς φοιτητές ο στόχος ήταν να μελετηθούν οι εναλλακτικές ιδέες που παραμένουν μετά τη διδασκαλία της γ Λυκείου, αλλά και του πρώτου έτους του Πανεπιστημίου. Παράλληλα μελετήθηκε κατά πόσο υπάρχει διαφορά στις απαντήσεις των Πρωτοετών φοιτητών του φυσικού

τμήματος του Πανεπιστημίου Πατρών και των πρωτοετών φοιτητών του φυσικού τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Αυτές οι απαντήσεις συγκρίνονται με τις αντίστοιχες βάσεις εισαγωγής του κάθε τμήματος για το έτος 2010. Για το τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών (πρωτοετείς φοιτητές Α) η βάση εισαγωγής το έτος 2010 ήταν 16282 μόρια, ενώ η αντίστοιχη βάση για το τμήμα φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (πρωτοετείς φοιτητές Β) ήταν 15937. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της έρευνας αποτελεί και η σύγκριση του ποσοστού των σωστών απαντήσεων που έδωσαν τα αγόρια σε κάθε ερώτηση με το αντίστοιχο ποσοστό των κοριτσιών, καθώς και η σύγκριση του αριθμού των σωστών απαντήσεων με βάση το επίπεδο εκπαίδευσης των γονιών.

Δείγμα

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε μαθητές του Λυκείου της Ακράτας και του 1ου Λυκείου Αιγίου, στην περιοχή της Αχαΐας. Το σύνολο των ερωτηματολογίων που συλλέχτηκαν από τους μαθητές της πρώτης Λυκείου ήταν 69 και το σύνολο από τους μαθητές της τρίτης Λυκείου ήταν 51. Το σύνολο των ερωτηματολογίων από τους πρωτοετείς φοιτητές του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών ήταν 55 και από τους πρωτοετείς φοιτητές του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ήταν 94.

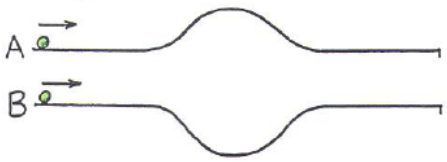
Ερωτήσεις και αποτελέσματα

Το ερωτηματολόγιο αποτελείτο από 15 ερωτήσεις, λόγω περιορισμένου χώρου όμως θα παρουσιαστούν μόνο οι 5.

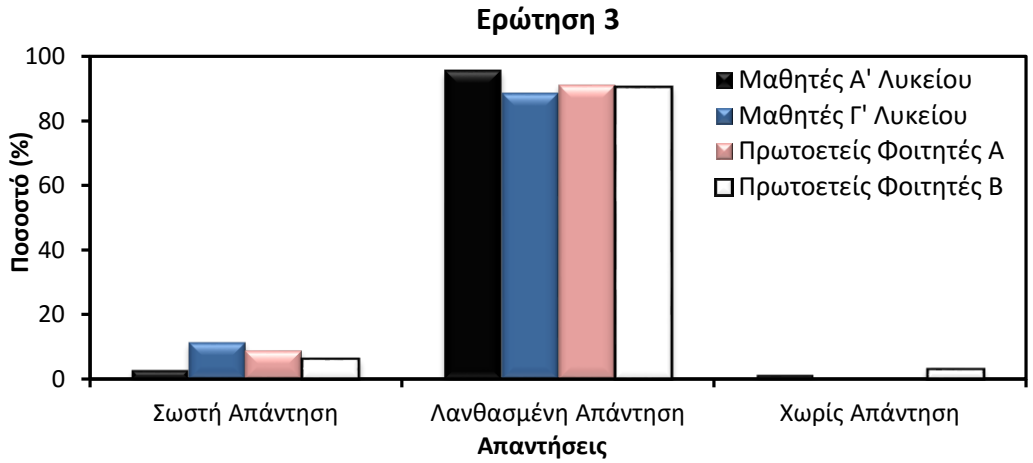
Ερώτηση 3 ερωτηματολογίου (Σωστή απάντηση η επιλογή Β)

Δύο λείες τροχιές ίδιου μήκους έχουν «εμπόδια» –το Α προς τα επάνω και το Β προς τα κάτω, και τα δύο της ίδιας καμπυλότητας. Αν οι δύο μπάλες ξεκινούν ταυτόχρονα με την ίδια αρχική ταχύτητα, τη διαδρομή θα ολοκληρώσει πρώτη:

Α) Η μπάλα Α
Β) Η μπάλα Β
Γ) Και οι δύο ταυτόχρονα
Δ) Η μπάλα Β δε θα φτάσει ποτέ στο τέρμα



Αυτή η ερώτηση στόχευε στο να αναδείξει τη λανθασμένη ιδέα που έχουν οι μαθητές ότι δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ μάζας και ενέργειας. Επίσης είχε σαν σκοπό να ανακαλύψει κατά πόσον οι μαθητές είναι σε θέση να συσχετίσουν το γεγονός ότι όταν η κινητική ενέργεια μεταβάλλεται, μεταβάλλεται και η ταχύτητα ενός κινητού και να συνδυάσουν τη διατήρηση της ενέργειας με τις διάφορες κινήσεις που μπορεί να εκτελέσει ένα σώμα. Υπάρχει μία μικρή βελτίωση ανάμεσα στους μαθητές της α και της γ Λυκείου, αλλά στο πρώτο έτος του Πανεπιστημίου παρατηρείται μείωση των σωστών απαντήσεων στους φοιτητές και των δύο Πανεπιστημίων (σχήμα 1). Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών και των φοιτητών που απάντησαν λάθος, θεωρούσαν ότι και οι δύο μπάλες θα φτάσουν ταυτόχρονα στο τέλος της διαδρομής (επιλογή Γ). Οι μαθητές και οι φοιτητές σκέφτονται την κίνηση ολόκληρη χωρίς να δίνουν ιδιαίτερη σημασία στα επιμέρους τμήματα της διαδρομής. Έχουν δυσκολία στο να εμπεδώσουν τον τρόπο με τον οποίο η ενέργεια και η διατήρησή της, συνδυάζονται για τη λύση μίας άσκησης (Schaffer, Heron και Lindsey 2009).



Σχήμα 1: Ποσοστά επί τις εκατό (%) των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών στην ερώτηση 3.

Ερώτηση 4 ερωτηματολογίου (Σωστή απάντηση η επιλογή Β)

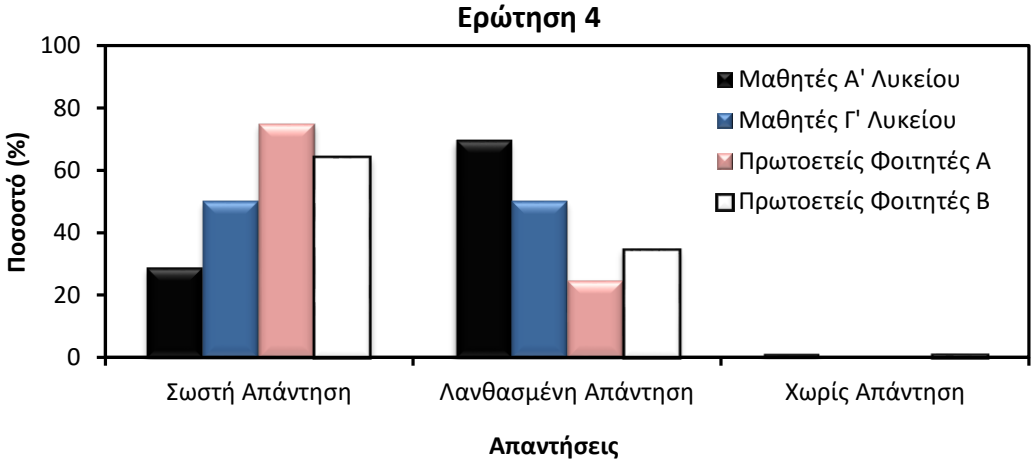
Η περισσότερη από τη χημική ενέργεια που απελευθερώνεται όταν η βενζίνη καίγεται στη μηχανή ενός αυτοκινήτου:

Α) Μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό

Β) Μετατρέπεται σε θερμότητα

Γ) Χρησιμοποιείται για να κινήσει το αυτοκίνητο

Δ) Μετατρέπεται σε ήχο



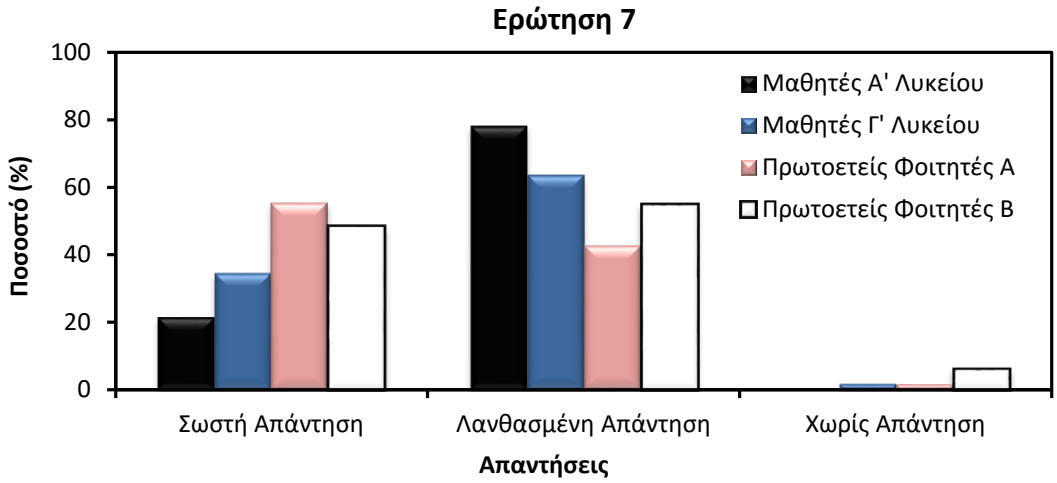
Σχήμα 2: Ποσοστά επί τις εκατό (%) των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών στην ερώτηση 4.

Στόχος της ερώτησης είναι να ανιχνεύσει την αντίληψη που έχουν οι μαθητές και οι φοιτητές για το ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί εξ ολοκλήρου από τη μία μορφή στην άλλη, χωρίς ενεργειακές απώλειες. Υπάρχει μία σταθερή βελτίωση καθώς μεταβαίνουμε από τους μαθητές της πρώτης Λυκείου σ' αυτούς της τρίτης και στη συνέχεια στους πρωτοετείς φοιτητές (σχήμα 2). Οι περισσότεροι που απαντούν λάθος, πιστεύουν ότι η περισσότερη από τη χημική ενέργεια που απελευθερώνεται όταν η βενζίνη καίγεται στη μηχανή ενός αυτοκινήτου χρησιμοποιείται για να κινήσει το αυτοκίνητο (επιλογή Γ). Οι μαθητές και οι φοιτητές πιστεύουν ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί από τη μία μορφή σε μία άλλη και ότι σ' αυτή τη διαδικασία δεν υπάρχει μετατροπή της ενέργειας σε μορφές που δε μπορούν να αξιοποιηθούν από τον άνθρωπο (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009).

Ερώτηση 7 ερωτηματολογίου (Σωστή απάντηση η επιλογή Β)

Οι άνθρωποι παίρνουν ενέργεια από το φαγητό που τρώνε. Από πού προέρχεται η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα τρόφιμα;

Α) Από τα λιπάσματα
Β) Από τον Ήλιο
Γ) Από τις βιταμίνες
Δ) Από το έδαφος



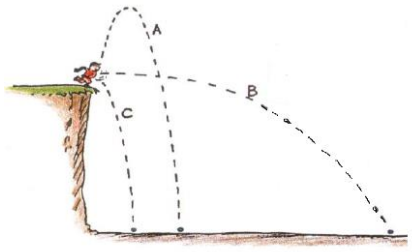
Σχήμα 3: Ποσοστά επί τις εκατό (%) των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών στην ερώτηση 7.

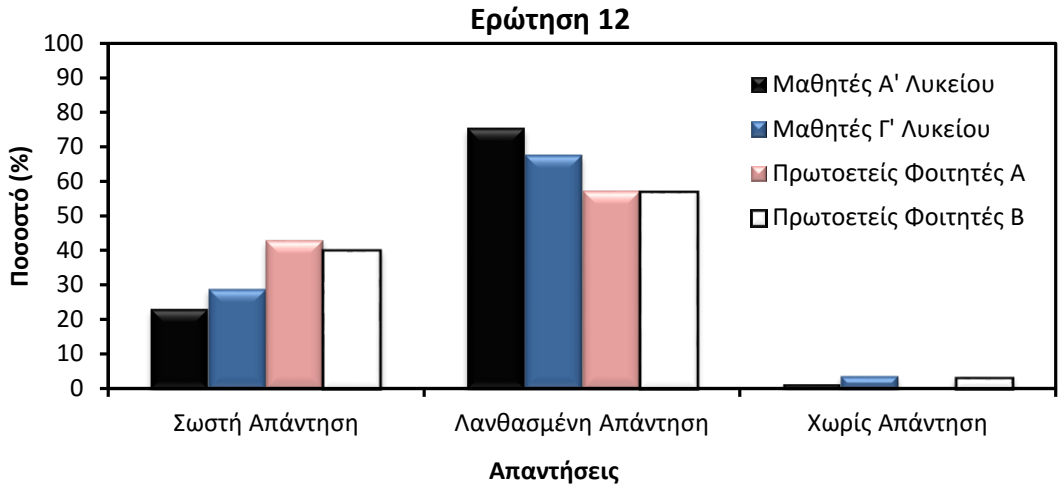
Στόχος αυτής της ερώτησης ήταν να αναδειχθεί η λανθασμένη αντίληψη που έχουν οι μαθητές και οι φοιτητές ότι η ενέργεια περικλείεται σε κάποια συγκεκριμένη πηγή, όπως αυτή που παίρνουμε από την τροφή. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων φαίνονται στο σχήμα 3. Πολλοί μαθητές και φοιτητές απάντησαν σ' αυτήν την ερώτηση ότι η ενέργεια που παίρνουν οι άνθρωποι από το φαγητό είναι αποθηκευμένη στις βιταμίνες των τροφίμων (επιλογή Γ). Παραμένει έντονη η εναλλακτική ιδέα σύμφωνα με την οποία η ενέργεια περικλείεται σε κάποια συγκεκριμένη πηγή όπως αυτή που παίρνουμε από την τροφή.

Ερώτηση 12 ερωτηματολογίου (Σωστή απάντηση η επιλογή Δ)

Τρεις μπάλες ρίχνονται από την κορυφή ενός λόφου και ακολουθούν τις τροχιές Α, Β και C αντίστοιχα. Αν οι αρχικές τους ταχύτητες είναι ίδιες και η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα, η μπάλα που χτυπάει το έδαφος με τη μεγαλύτερη ταχύτητα θα έχει ακολουθήσει το μονοπάτι:

Α) Α
Β) Β
Γ) C
Δ) Όλες χτυπούν με την ίδια ταχύτητα





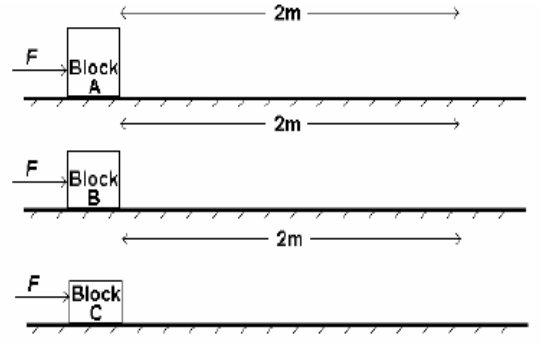
Σχήμα 4: Ποσοστά επί τις εκατό (%) των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών στην ερώτηση 12.

Μέσω αυτής της ερώτησης επιδίωξή μας ήταν να μελετηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών και των φοιτητών σύμφωνα με τις οποίες δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ μάζας και ενέργειας, αλλά και ότι η βαρυτική δυναμική ενέργεια εξαρτάται από τη διαδρομή που ακολούθησε το σώμα. Μετά τη διδασκαλία του Δημοτικού και του Γυμνασίου οι μαθητές έχουν σοβαρό πρόβλημα στην κατανόηση της δυναμικής ενέργειας. Η σκέψη των μαθητών δεν μεταβάλλεται σχεδόν καθόλου από τη διδασκαλία της πρώτης και της δευτέρας Λυκείου (σχήμα 4). Η έννοια της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας, καθώς και οι μετατροπές της, είναι ένα αντικείμενο που προβληματίζει ιδιαίτερα τους μαθητές και τους φοιτητές. Οι μαθητές και οι φοιτητές δυσκολεύονται να αιτιολογήσουν βασιζόμενοι στις αλλαγές τις δυναμικής ενέργειας (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009, Jewett 2008).

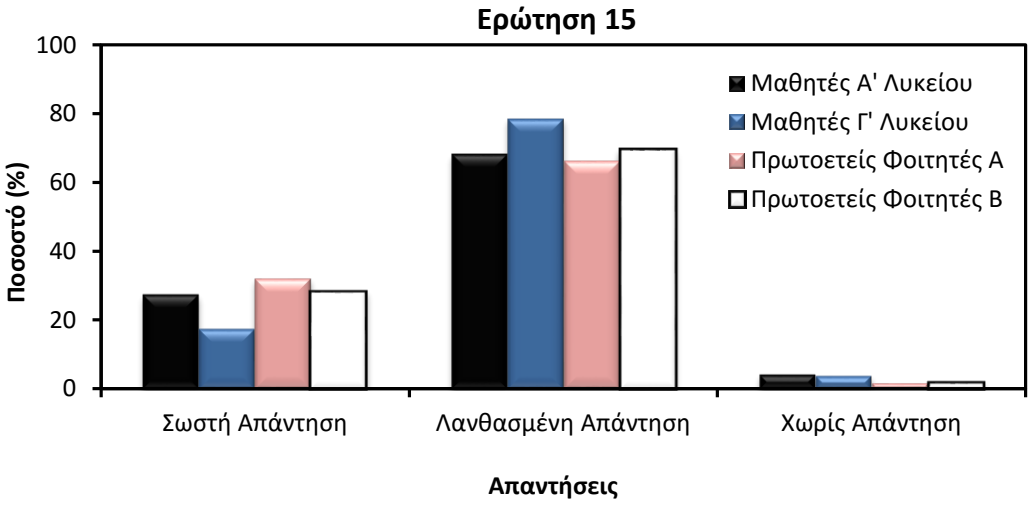
Ερώτηση 15 ερωτηματολογίου (Σωστή απάντηση η επιλογή Δ)

Τρεις κύβοι (Α, Β και C) σπρώχνονται με ίσες δυνάμεις F, σε επιφάνεια χωρίς τριβή για απόσταση 2 μέτρα. Η μάζα του κύβου Α είναι μεγαλύτερη από του κύβου Β και η μάζα του κύβου Β είναι μεγαλύτερη από του C. Ποιος από τους τρεις κύβους θα έχει τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια μετά το σπρώξιμο των 2 μέτρων;

Α) Ο κύβος Α
Β) Ο κύβος Β
Γ) Ο κύβος C
Δ) Όλοι οι κύβοι θα έχουν την ίδια κινητική ενέργεια.



Η συγκεκριμένη ερώτηση σαν στόχο είχε να αναδείξει σε πρώτη φάση τις δυσκολίες που έχουν οι μαθητές και οι φοιτητές με την εφαρμογή του θεωρήματος έργου – ενέργειας. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων σε όλες τις τάξεις ήταν ιδιαίτερα χαμηλό. Από την πρώτη στην τρίτη Λυκείου παρατηρείται μία μείωση του ποσοστού των σωστών απαντήσεων (σχήμα 5). Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι η διδασκαλία στις τάξεις α και γ Λυκείου έκανε ακόμα πιο έντονες τις συγκεκριμένες εναλλακτικές ιδέες στους μαθητές. Οι περισσότεροι μαθητές και φοιτητές δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες του έργου προκειμένου να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με μία κατάσταση της καθημερινής ζωής (Lawson και McDermott 1987, Mallinckrodt 1992, Arons 1999). Οι εννοιολογικές δυσκολίες και η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη δικαιολόγηση όσον αφορά το θέμα του θεωρήματος έργου – ενέργειας εκτείνονται από τους πρωτοετείς μέχρι και τους τελειόφοιτους φοιτητές (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009, Jewett 2008).

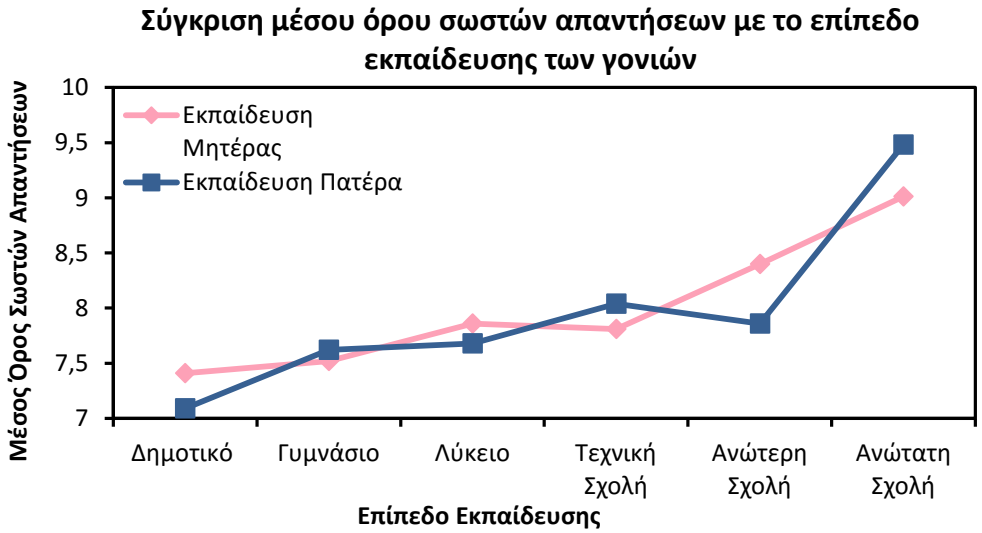


Σχήμα 5: Ποσοστά επί τις εκατό (%) των απαντήσεων των μαθητών και των φοιτητών στην ερώτηση 15.

Σύγκριση μέσου όρου σωστών απαντήσεων με το επίπεδο εκπαίδευσης των γονιών

Σ' αυτήν την παράγραφο γίνεται σύγκριση των μέσων τιμών των σωστών απαντήσεων με το επίπεδο εκπαίδευσης των γονιών με τη μέθοδο της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης (one–way ANOVA) του προγράμματος spss. Η ανάλυση διακύμανσης είναι μία διαδικασία που χρησιμοποιείται για να συγκρίνουμε δειγματικούς μέσους και να δούμε αν υπάρχουν επαρκή

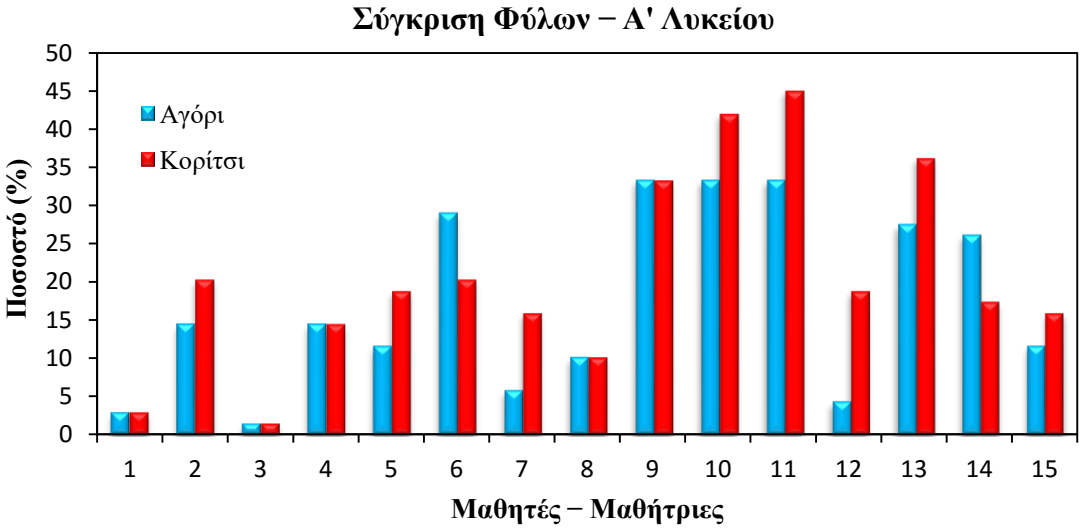
στοιχεία για να συμπεράνουμε ότι οι μέσοι όροι των αντίστοιχων πληθυσμιακών κατανομών διαφέρουν επίσης. Από την τιμή της μεταβλητής Significance που προκύπτει από αυτήν την ανάλυση μπορούμε να συμπεράνουμε αν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στους μέσους όρους. Αν η τιμή είναι $p < 0.05$, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τιμές των δύο μέσων όρων. Επίσης υπολογίζεται το ποσοστό F (F–ratio), το οποίο είναι ένα μέτρο του ποσοστού της συστηματικής διακύμανσης προς τη μη συστηματική διακύμανση. Από τη μέθοδο μονόδρομης διακύμανσης (one–way ANOVA) του προγράμματος spss προκύπτει ότι υπάρχει οριακά σημαντική διαφορά στις συγκρίσεις της μέσης τιμής του αριθμού των σωστών απαντήσεων με τα διάφορα επίπεδα εκπαίδευσης της μητέρας. Τα αποτελέσματα όπως προέκυψαν από την ανάλυση είναι: $F(5,256)=2,61$, $p<0.05$. Από τον έλεγχο Post Hoc Multiple Comparisons προέκυψε ότι υπήρχαν διαφορές στον αριθμό των σωστών απαντήσεων όταν το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας ήταν διαφορετικό, αλλά αυτές δεν ήταν σημαντικές. Από τον ίδιο έλεγχο προέκυψε ότι υπήρχαν διαφορές στον αριθμό των σωστών απαντήσεων όταν το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα ήταν διαφορετικό. Τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι: $F(5,259)=5,075$, $p<0.05$. Παρατηρούμε ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών. Αυτά τα αποτελέσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την επίδοση των παιδιών στη φυσική, και μάλιστα περισσότερο απ' ότι τα επηρεάζει το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6: Μέσος όρος αριθμού σωστών απαντήσεων σύμφωνα με το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας και του πατέρα.

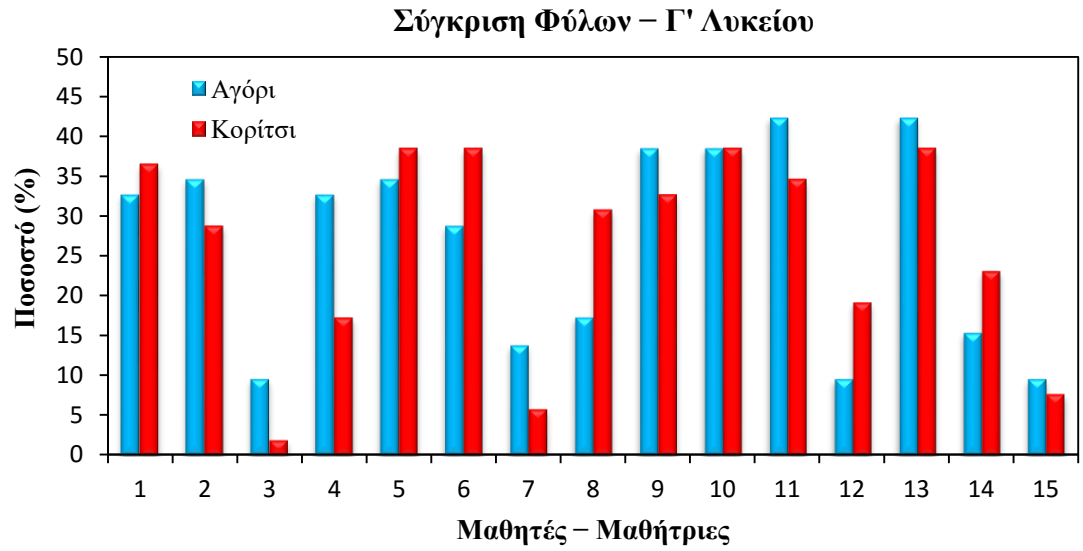
Σύγκριση των δύο φύλων

Στην πρώτη Λυκείου τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τα αγόρια σε 8 από τις 15 ερωτήσεις, το ίδιο ποσοστό επιτυχίας με τα αγόρια σε 5 από τις 15 ερωτήσεις και μικρότερο ποσοστό επιτυχίας από τα αγόρια σε 2 από τις 15 ερωτήσεις. Στις φυσικές επιστήμες, τα κορίτσια υπερτερούν σε σχέση με τα αγόρια σε επίπεδο δημοτικού και πολλές φορές σε επίπεδο Γυμνασίου (σχήμα 7).



Σχήμα 7: Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των αγοριών και των κοριτσιών για την Α' Λυκείου.

Στην Τρίτη Λυκείου τα αγόρια είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τα κορίτσια σε 8 από τις 15 ερωτήσεις, μικρότερο ποσοστό επιτυχίας από τα κορίτσια σε 6 από τις 15 ερωτήσεις και το ίδιο ποσοστό επιτυχίας με τα αγόρια σε 1 από τις 15 ερωτήσεις (σχήμα 8). Τα αγόρια αποκτούν μικρό προβάδισμα σε σχέση με τα κορίτσια στην Τρίτη Λυκείου. Στους πρωτοετείς φοιτητές και των δύο Πανεπιστημίων παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τις φοιτήτριες σε όλες τις ερωτήσεις.



Σχήμα 8: Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των αγοριών και των κοριτσιών για την Γ' Λυκείου.

Συμπεράσματα

Οι μαθητές και οι φοιτητές πιστεύουν ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί από τη μία μορφή σε μία άλλη και ότι σ' αυτή τη διαδικασία δεν υπάρχει μετατροπή της ενέργειας σε μορφές που δε μπορούν να αξιοποιηθούν από τον άνθρωπο (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009). Παραμένει έντονη η εναλλακτική ιδέα σύμφωνα με την οποία η ενέργεια περικλείεται σε κάποια συγκεκριμένη πηγή όπως αυτή που παίρνουμε από την τροφή. Η έννοια της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας, καθώς και οι μετατροπές της, είναι ένα αντικείμενο που προβληματίζει

ιδιαίτερα τους μαθητές και τους φοιτητές. Οι μαθητές και οι φοιτητές δυσκολεύονται να αιτιολογήσουν βασιζόμενοι στις αλλαγές τις δυναμικής ενέργειας (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009). Οι περισσότεροι μαθητές και φοιτητές δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες του έργου προκειμένου να επιχειρηματολογήσουν σχετικά με μία κατάσταση της καθημερινής ζωής (Lawson, McDermott 1987, Mallinckrodt 1992, Arons 1999,). Οι εννοιολογικές δυσκολίες και η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη δικαιολόγηση όσον αφορά το θέμα του θεωρήματος έργου – ενέργειας εκτείνονται από τους πρωτοετείς μέχρι και τους τελειόφοιτους φοιτητές (Hobson 2004, Schaffer, Heron και Lindsey 2009, Jewett 2008). Το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την επίδοση των παιδιών στη φυσική, και μάλιστα περισσότερο απ' ότι τα επηρεάζει το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας. Από τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών και των μαθητριών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου προέκυψαν πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Για τους μαθητές της πρώτης Λυκείου προέκυψε ότι τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τα αγόρια. Όσον αφορά την τρίτη Λυκείου, τα αγόρια άρχισαν να αποκτούν μικρό προβάδισμα, ενώ για τους πρωτοετείς φοιτητές και των δύο Πανεπιστημίων παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές είχαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας από τις φοιτήτριες σε όλες τις ερωτήσεις. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με προηγούμενες έρευνες που έχουν γίνει (Sharma & Meighan 1980, Alison 1987, Gay, 1994, και Zeldin & Pajares 2000) και που αναφέρουν ότι στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες, τα κορίτσια υπερτερούν σε σχέση με τα αγόρια σε επίπεδο δημοτικού και πολλές φορές σε επίπεδο Γυμνασίου.

Βιβλιογραφία

Κασσέτας Ανδρέας Ι., users.sch.gr/kassetas.

Σπυροπούλου – Κατσάνου Δήμητρα, "Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες", εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα 2000

Τουρτούρας Χρήστος, Μπαλή Ελευθερία, Αλτιντασιώτης Αχιλλέας, «Το φύλο ως παράγοντας διαμόρφωσης της σχολικής επίδοσης. Η περίπτωση των παιδιών από την πρώην ΕΣΣΔ στα Δημοτικά Σχολεία της Θεσσαλονίκης, Επιστημονικό Βήμα, τ. 9, (2008).

Alison Kelly, "Some notes on Gender Differences in Mathematics", British Journal of Sociology of Education, vol. 8, No. 3, (1987).

Arons B. A., "Development of energy concepts in introdustory physics courses", American Journal of Physics, 12, 67, (1999)

Cole, N. S., "The ETS gender study: how females and males perform in educational settings", *Educational Testing Service*, Princeton, NJ, 1997

Gay, G., "Gender Discrimination and Education", in: Lynch, J., Modgil, C., & Modgil, S., (Edit.), Cultural Diversity and the Schools: Vol 2. Prejudice, Polemic or Progress?, The Falmer Press, London 1994.

Hapkiewicz, A, "Finding a List of Science Misconceptions", MSTA Newsletter, 38 (Winter '92), pp.11-14, (1992).

Hapkiewicz, A, "Finding a List of Science Misconceptions", MSTA Newsletter, 38 (Winter '92), pp.11-14, (1992).

Hapkiewicz, A, "Finding a List of Science Misconceptions", MSTA Newsletter, 38 (Winter '92), pp.11-14, (1992).

Hobson, A., "Energy flow diagrams", The physics Teacher 42, 113, (2004).

Jewett Jr., J. W., "Energy and the Confused Student I: Work", The Physics Teacher, Vol. 46, (2008)

Jewett Jr., J. W., "Energy and the Confused Student II: Systems", The Physics Teacher, Vol. 46, (2008)

Jewett Jr., J. W., "Energy and the Confused Student III: Language", The Physics Teacher, Vol. 46, (2008)

Jewett Jr., J. W., "Energy and the Confused Student IV: A Global Approach to Energy", The Physics Teacher, Vol. 46, (2008)

Jewett Jr., J. W., "Energy and the Confused Student V: The Energy/Momentum Approach to Problems Involving Rotating and Deformable Systems", The Physics Teacher, Vol. 46, (2008)

Jimerson, R. S., "On the Failure of Failure: Examining the Association between Early Grade Retention and Education and Employment Outcomes during Late Adolescence", Journal of School Psychology, Vol. 37, No. 3, 1999, pp. 243-272.

Lawson, R. A., McDermott L. C., "Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems", American Journal of physics, Vol. 55, No.9, (1987)

Mallinckrodt A. J., Leff, H. S., "All about work", American Journal of Physics, Vol. 60, No.4, (1992)

McDermott, L. C., "Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned – closing the gap". American Journal of Physics 59: 301-315, (1991)

McDermott, L. C., Vokos, S., O'Brien Pride, T., "The challenge of matching learning assessments to teaching goals: An example from the work–energy and impulse–momentum theorems", American Journal of Physics, 66 (2), (1997)

Randall D. Knight, "Πέντε Εύκολα Μαθήματα – Στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της φυσικής", εκδ. Δίαυλος, Αθήνα 2006

Schaffer P. S., Heron Paula R. L., Lindsey Beth A., "Student ability to apply the concepts of work and energy to extended systems", American Journal of Physics, 77 (11), (2009)

Sharma, S., Meighan, R., "Schooling and Sex Roles: the case of GCE "O" level mathematics", British Journal of Sociology of Education, Vol. 1, No. 2, 1980, pp. 193-205.

Worswick, C., "School Performance of children from immigrant families", The Daily, Wednesday, November 14, 2001.

Zeldin, A., Pajares, F., "Against the Odds: Self-Efficacy Beliefs of Women in Mathematical, Scientific and Technological Careers", American Educational Research Journal, Vol. 37, No. 1, Spring 2000, pp. 215-246.

Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου και η εξάρτησή τους από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης

Στέφανος Οικονόμου[1], Μιχαήλ Σκουμιός[2]
[1]*1ο ΓΕΛ Δραπετσώνας, Πειραιάς, stefanoso@sch.gr*
[2]*Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος, skoumios@rhodes.aegean.gr*

Περίληψη

Η εργασία αυτή εστιάζεται στις αντιλήψεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διάδοση του ήχου. Ειδικότερα, στοχεύει: (α) στον εντοπισμό των αντιλήψεων των μαθητών της Β΄ τάξης του Γυμνασίου και της Α΄ τάξης του Λυκείου για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια, (β) στη διερεύνηση της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου καθώς οι μαθητές μεταβαίνουν από τη Β΄ τάξη του Γυμνασίου στην Α΄ τάξη του Λυκείου και (γ) στη μελέτη της εξάρτησης των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης. Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο το οποίο εφαρμόστηκε σε 164 μαθητές (84 μαθητές Β΄ Γυμνασίου και 80 μαθητές Α΄ Λυκείου). Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι μαθητές ενεργοποιούν εναλλακτικές αντιλήψεις, που είναι διαφορετικές από αυτές της σχολικής γνώσης. Σε ότι αφορά την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου προέκυψε ότι οι αντιλήψεις δεν διαφοροποιούνται σημαντικά κατά τη μετάβαση των μαθητών από τη Β΄ τάξη του Γυμνασίου στην Α΄ τάξη του Λυκείου. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι η φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης του ήχου δεν επηρεάζει τις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου.

Abstract

This study focuses on secondary school students' conceptions about the propagation of sound. In particular, it aims to: (a) identify students' conceptions about the propagation of sound in solids, liquids and gases, (b) investigate the evolution of such conceptions as students "move" from thirteen year-olds to fifteen year-olds and (c) study the dependence of students' conceptions on the state of matter of the medium through which sound propagates. As a data collection research tool, a written questionnaire was used and was implemented in 164 students (84 thirteen year-olds and 80 fifteen year-olds). The analysis of data showed that students activate alternative conceptions, which are different from school knowledge. Regarding the evolution of students' conceptions about the propagation of sound, it can be seen that conceptions remain almost unchanged during the "transition" of students from thirteen year-olds to fifteen year-olds. It was found that students' conceptions about sound propagation are not affected by the state of matter through which sound propagates.

Εισαγωγή

Η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών απετέλεσε αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας τα τελευταία σαράντα χρόνια (Driver, Guesne & Tiberghien 1993, Pfundt & Duit 1994). Προέκυψε ότι οι μαθητές πριν ξεκινήσουν την εκπαίδευση τους στο σχολικό πλαίσιο, έχουν ήδη διαμορφώσει τις δικές τους αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών που συχνά είναι διαφορετικές από τις απόψεις της σχολικής γνώσης (Driver et al. 1993, Driver et al. 2000). Η γνώση των αντιλήψεων των μαθητών επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση μιας περισσότερο αποτελεσματικής διδασκαλίας (Driver & Oldham 1986).

Ένα μέρος των εμπειρικών εργασιών που μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών, έχει επικεντρωθεί στις αντιλήψεις για την εννοιολογική περιοχή του ήχου (ενδεικτικά, Linder & Erickson 1989, Eshach & Schwaetz 2006, Periago et. al. 2009, Kucukozer 2010). Οι περισσότερες από τις έρευνες αυτές αφορούν σε φοιτητές (Linder & Erickson 1989, Wittmann, Steinberg & Redish 2002). Είναι συγκριτικά λιγότερες οι έρευνες που αφορούν σε μαθητές της πρωτοβάθμιας

εκπαίδευσης (Asoko, Leach & Scott 1991, Αρβανιτάκης, Καριώτογλου & Λεμονίδης 2009), ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένες οι έρευνες που αναφέρονται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Eshach & Schwaetz 2006, Tsihouridis, Vavougios, Ioannidis, Paraskeuopoulos 2010).

Ανάμεσα στα ζητήματα του ήχου -ως προς τα οποία έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις- συγκαταλέγεται και το ζήτημα της διάδοσης του ήχου. Προέκυψε ότι οι φοιτητές και οι μαθητές του δημοτικού ενεργοποιούν αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες: (α) για την διάδοση του ήχου δεν είναι απαραίτητος ο αέρας και ο ήχος μπορεί να διαδίδεται και στο κενό (Watt & Russell 1990), (β) ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του αέρα (Asoko, Leach & Scott 1991), (γ) ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του αέρα (Linder & Erickson 1989), (δ) ο ήχος διαδίδεται στον αέρα και στα υγρά γιατί ο αέρας και τα υγρά σπρώχνουν τον ήχο (Eshach & Schwaetz 2006), (ε) ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του μέσου διάδοσης (Wittmann, Steinberg & Redish 1999) και (στ) ο τρόπος διάδοσης εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης (Eshach & Schwaetz 2006, Periago et al. 2009). Μολονότι έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των φοιτητών και των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την διάδοση του ήχου, απουσιάζουν εργασίες που να διερευνούν συστηματικά τις αντιλήψεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διάδοση του ήχου.

Επιπρόσθετα, από τη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία προκύπτει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές σε κάθε προσπάθεια εννοιολογικής αλλαγής (Driver & Oldham 1986, Driver, Guesne & Tiberghien 1993). Για την εννοιολογική περιοχή του ήχου και ειδικότερα για την διάδοσή του, δεν έχει διερευνηθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών κατά τη διάρκεια της φοίτησης τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Απουσιάζουν λοιπόν έρευνες που να διερευνούν την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διάδοση του ήχου πριν και μετά τη διδασκαλία του.

Πέραν της ανθεκτικότητας των αντιλήψεων, η εξάρτηση τους από παράγοντες του πλαισίου αποτελεί ένα γενικό χαρακτηριστικό τους (Clough & Driver 1986, Maloney & Siegler 1993, Millar & Kragh 1994). Οι μαθητές δηλαδή, ανάλογα με το πλαίσιο της ερώτησης, ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις. Για την εννοιολογική περιοχή του ήχου και ειδικότερα για τον τρόπο διάδοσης του ήχου, δεν έχει διερευνηθεί συστηματικά το ζήτημα της εξάρτησης των αντιλήψεων από παράγοντες του πλαισίου.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις αντιλήψεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη διάδοση του ήχου. Ειδικότερα, ως ερευνητικοί στόχοι της τίθενται οι ακόλουθοι: (α) ο εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου (β) η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων αυτών καθώς οι μαθητές μεταβαίνουν από τη Β΄ Γυμνασίου στην Α΄ Λυκείου και (γ) η διερεύνηση της εξάρτησης των αντιλήψεων αυτών από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης του ήχου.

Μεθοδολογία της έρευνας

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο με σκοπό την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών για τον τρόπο διάδοσης του ήχου. Το ερωτηματολόγιο εφαρμόστηκε σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Στη συνέχεια, αναλύθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών.

Στην έρευνα συμμετείχαν 164 μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Από αυτούς οι 84 μαθητές φοιτούσαν στη Β΄ Γυμνασίου και οι 80 μαθητές στην Α΄ Λυκείου. Για τον προσδιορισμό του δείγματος, επιλέχθηκε η μέθοδος της τυχαίας δειγματοληψίας ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη αντιπροσωπευτικότητα του μαθητικού πληθυσμού. Οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου δεν είχαν διδαχθεί ζητήματα σχετικά με τον ήχο και τη διάδοσή του. Οι μαθητές της Α΄ Λυκείου είχαν διδαχθεί πριν από ένα έτος ζητήματα σχετικά με τα κύματα και τον ήχο. Οι μαθητές της Α Λυκείου και της Β Γυμνασίου απάντησαν το ίδιο ακριβώς ερωτηματολόγιο.

Το ερωτηματολόγιο

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο. Οι ερωτήσεις, μολονότι ήταν πολλαπλής επιλογής έδιναν τη δυνατότητα στο μαθητή να αιτιολογήσει την απάντησή του ή να προσθέσει μια άλλη απάντηση. Οι ερωτήσεις αφορούσαν στον τρόπο διάδοσης του ήχου. Ο παράγοντας του πλαισίου που διαφοροποιούσε αυτές τις ερωτήσεις ήταν η φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης του ήχου. Στην πρώτη ερώτηση το μέσο διάδοσης του ήχου ήταν σε αέρια κατάσταση, στη δεύτερη ερώτηση σε υγρή κατάσταση και στην τρίτη ερώτηση σε στερεή κατάσταση. Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου απετέλεσαν το πεδίο αναφοράς για τη διαμόρφωση των εναλλακτικών απαντήσεων στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ. Εισαγωγή). Οι εναλλακτικές απαντήσεις συνοδεύονταν από κατάλληλες οπτικές απεικονίσεις του πομπού του ήχου, των σωματιδίων του μέσου διάδοσης και του δέκτη, παρόμοιες με αυτές εμφανίζονται στην εργασία των Periago et al. (2009).

Αρχικά το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε οκτώ μαθητές. Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να αποκομισθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε ερευνητές. Οι παρατηρήσεις και οι ελλείψεις που επισημάνθηκαν στην αρχική αυτή φάση ελέγχου του ερωτηματολογίου διορθώθηκαν και ετοιμάστηκε μια περισσότερο σύμφωνη με τους στόχους της έρευνας και πιο κατανοητή για τους μαθητές έκδοσή του.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε. Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Για τη ανάλυση των δεδομένων προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιμέρους απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση. Η μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών και της εξάρτησής τους από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης πραγματοποιήθηκε με το τεστ x^2. Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων, βασίστηκε στις τιμές του x^2 και των τυποποιημένων υπολοίπων (Erickson & Nosanchuk 1985, Blalock 1987).

Αποτελέσματα

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου

Από την ανάλυση των απαντήσεων του συνόλου των μαθητών διαπιστώθηκε ότι (βλ. Πίνακας 1) η αντίληψη της διάδοσης του ήχου μέσω της μετακίνησης των σωματιδίων του μέσου είναι δημοφιλέστερη (23,2% στα αέρια, 20,1% στα υγρά, 24,4% στα στερεά) συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες αντιλήψεις. Ακολουθούν σε συχνότητα εμφάνισης οι αντιλήψεις της διάδοσης του ήχου μέσω της ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του ήχου (15,2% στα αέρια, 22,0% στα υγρά, 22,6% στα στερεά) και μέσω της μετακίνησης σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου (16,5% στα αέρια, 15,9% στα υγρά, 13,4% στα στερεά).

Πίνακας 1. Αντιλήψεις μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια: συχνότητες (Ν και Ν%).

Φυσική κατάσταση μέσου διάδοσης του ήχου	**Αντιλήψεις μαθητών για τη διάδοση του ήχου**	**Μαθητές Β΄ Γυμνασίου**		**Μαθητές Α΄ Λυκείου**		**Σύνολο**	
		Ν	Ν%	Ν	Ν%	Ν	Ν%
Αέρια	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	14	16,7	24	30,0	38	23,2
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	16	19,0	11	13,8	27	16,5
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	12	14,3	13	16,3	25	15,2
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	9	10,7	14	17,5	23	14,0
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	19	22,6	8	10,0	27	16,5
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	12	14,3	8	10,0	20	12,2
	Απουσία διάδοσης	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Ασαφής απάντηση	2	2,4	2	2,5	4	2,4
Υγρή	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	16	19,0	17	21,3	33	20,1
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	16	19,0	10	12,5	26	15,9
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	16	19,0	20	25,0	36	22,0
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	11	13,1	12	15,0	23	14,0
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	7	8,3	7	8,8	14	8,5
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	10	11,9	9	11,3	19	11,6
	Απουσία διάδοσης	8	9,5	4	5,0	12	7,3
	Ασαφής απάντηση	0	0,0	1	1,3	1	0,6
Στερεή	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	21	25,0	19	23,8	40	24,4
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	11	13,1	11	13,8	22	13,4
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	14	16,7	23	28,8	37	22,6
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	6	7,1	10	12,5	16	9,8
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	11	13,1	9	11,3	20	12,2
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	4	4,8	5	6,3	9	5,5
	Απουσία διάδοσης	16	19,0	3	3,8	19	11,6
	Ασαφής απάντηση	1	1,2	0	0,0	1	0,6

Η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου

Από τη συγκριτική μελέτη των συχνοτήτων εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου και της Α΄ Λυκείου για τη διάδοση του ήχου, προκύπτει ότι ενώ η εκατοστιαία

συχνότητα ορισμένων αντιλήψεων σχεδόν παραμένει αμετάβλητη με την τάξη των μαθητών, σε κάποιες άλλες αντιλήψεις εντοπίζονται μεταβολές (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 2. Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια ανά τάξη μαθητών και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Φυσική κατάσταση μέσου διάδοσης του ήχου	**Αντιλήψεις μαθητών για τη διάδοση του ήχου**	**Μαθητές Β΄ Γυμνασίου**	**Μαθητές Α΄ Λυκείου**
Αέρια	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	14 [-1.14]	24 [+1.27]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	16 [+0.58]	11 [-0.60]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	12 [-0.22]	13 [+0.23]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	9 [-0.81]	14 [+0.83]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	19 [+1.39]	8 [-1.42]
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	12 [+0.55]	8 [-0.56]
Υγρή	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	16 [-0.22]	17 [+0.22]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	16 [+0.74]	10 [-0.75]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	16 [-057]	20 [+0.58]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	11 [-0.23]	12 [+0.23]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	7 [-0.06]	7 [+0.07]
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	10 [+0.09]	9 [-0.09]
Στερεή	Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	21 [+0.11]	19 [-0.11]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	11 [-0.08]	11 [+0.09]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	14 [-1.14]	23 [+1.17]
	Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	6 [-0.77]	10 [+0.79]
	Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	11 [+0.24]	9 [-0.24]
	Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	4 [-0.28]	5 [+0.29]

Διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις που εκδηλώνουν οι μαθητές για τον τρόπο διάδοσης του ήχου και στην τάξη τους (Β΄ Γυμνασίου, Α΄ Λυκείου) όταν το μέσο διάδοσης του ήχου είναι σε αέρια (x^2 =9,87, df=5, p=0,079), υγρή (x^2=1,95, df=5, p=0,856) και στερεή κατάσταση (x^2=2,92, df=5, p=0,712) (βλ. Πίνακα 2).

Συνεπώς, αναδύεται μια τάση ανθεκτικότητας των αντιλήψεων των μαθητών και κατά συνέπεια δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι αντιλήψεις που εκδηλώνουν οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου και της Α΄ Λυκείου για τη διάδοση του ήχου.

Η εξάρτηση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσής του.

Από τη συγκριτική μελέτη των συχνοτήτων εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τον τρόπο διάδοσης του ήχου όταν το μέσο διάδοσής του είναι σε διαφορετική φυσική κατάσταση (αέρια, υγρή, στερεή) προκύπτει ότι ενώ η συχνότητα εμφάνισης ορισμένων αντιλήψεων μεταβάλλεται όταν αλλάζει το μέσο διάδοσης, σε κάποιες άλλες αντιλήψεις δεν εντοπίζεται αντίστοιχη μεταβολή (βλ. Πίνακα 1).

Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τον τρόπο διάδοσης του ήχου και στη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσής του (αέρια, υγρή, στερεή) (x^2=13,51, df=10, p=0,196) (βλ. Πίνακα 3).

Πίνακας 3. Οι συχνότητες εμφάνισης των αντιλήψεων των μαθητών για τον τρόπο διάδοσης του ήχου ανά φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσής του και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

Αντιλήψεις μαθητών για τη διάδοση του ήχου	**Φυσική κατάσταση μέσου διάδοσης του ήχου**		
	Αέρια	**Υγρή**	**Στερεή**
Μετακίνηση σωματιδίων μέσου	38 [+0,16]	33 [-0,66]	40 [+0,49]
Μετακίνηση σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του μέσου	27 [+0,4]	26 [+0,2]	22 [-0,60]
Ταλάντωση σωματιδίων μέσου παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης	25 [-1,34]	36 [+0,58]	37 [+0,76]
Ταλάντωση σωματιδίων μέσου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης	23 [+0,51]	23 [+0,51]	16 [-1,03]
Μετακίνηση σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του μέσου	27 [+1,48]	14 [-1,40]	20 [-0,07]
Μετάδοση κίνησης από το ένα σωματίδιο του μέσου στο άλλο	20 [+1,0]	19 [+0,75]	9 [-1,75]

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Σχετικά με τη διάδοση του ήχου, προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποιούν αντιλήψεις που δεν είναι σύμφωνες με τη σχολική γνώση. Οι μαθητές θεωρούν ότι ο ήχος διαδίδεται μέσω της κίνησης των σωματιδίων του μέσου διάδοσης που κατευθύνονται από τον πομπό στο δέκτη ή μέσω της μεταφοράς σωματιδίων ήχου. Τα παραπάνω αποτελέσματα συνάδουν με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Hrepic, Zollman & Rebello 2002, Eshach & Schwaetz 2006, Αρβανιτάκης, Καριώτογλου, & Λεμονίδης 2009, Periago et al. 2009).

Η προέλευση των παραπάνω αντιλήψεων των μαθητών συνδέεται πιθανά με τις αντιλήψεις για τη φύση του ήχου. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η αντίληψη ότι για τη διάδοση του ήχου μετακινούνται τα μόρια του μέσου διάδοσης μπορεί να προέρχεται από ένα γενικό χαρακτηριστικό των αντιλήψεων των μαθητών, αυτό της κυριάρχησης της σκέψης των μαθητών από τα αντιληπτικά δεδομένα (Driver et al. 1993). Όταν οι μαθητές αισθάνονται τον «αέρα» που δημιουργεί η ηχητική πηγή τείνουν να προβαίνουν σε μια «ανάγνωση» της υπό εξέτασης κατάστασης που στηρίζεται σε δεδομένα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων και έτσι πιθανά συνδέουν την διάδοση του ήχου με την κίνηση των μορίων του αέρα. Επιπρόσθετα, η αντίληψη της διάδοσης του ήχου μέσω σωματιδίων ήχου μπορεί επίσης να προέρχεται από την καθημερινή χρήση της φράσης «ο ήχος ταξιδεύει» από μια περιοχή σε μια άλλη, δίνοντας στους μαθητές την αναπαράσταση του ήχου ως κίνηση σωματιδίων ήχου.

Στην παρούσα εργασία, διαπιστώθηκε ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου δεν μεταβάλλονται σημαντικά καθώς αυτοί μεταβαίνουν από τη Β΄ Γυμνασίου στην Α' Λυκείου. Επιβεβαιώνεται λοιπόν ο ανθεκτικός χαρακτήρας των αντιλήψεων των μαθητών. Η διαπίστωση αυτή επιβεβαιώνει ένα γενικό χαρακτηριστικό των αντιλήψεων ότι είναι ανθεκτικές στην αλλαγή (Driver et al., 1993). Οι αντιλήψεις δηλαδή των μαθητών συχνά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους, ενώ ελάχιστα επηρεάζονται από την παραδοσιακή διδασκαλία και συνήθως τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν έχουν χρονική διάρκεια (Χατζηνικήτα 2001). Η ανθεκτικότητα των αντιλήψεων για τον ήχο έχει διαπιστωθεί και σε άλλες έρευνες όπως των Wittmann, Steinberg και Redish (2002) για τη φύση και διάδοση του ήχου σε φοιτητές, των Menchen και Thompson (2004) για τη μεταβολή της συχνότητας του ήχου όταν ο ήχος διέρχεται μέσα από τις διάφορες φυσικές καταστάσεις του μέσου διάδοσης σε φοιτητές και των Αρβανιτάκη, Καριώτογλου, & Λεμονίδη (2009) που μελέτησαν τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν νηπιαγωγοί, δάσκαλοι και μαθητές του δημοτικού για τη διάδοση του ήχου. Γενικότερα, ο ανθεκτικός χαρακτήρας των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία (ενδεικτικά, Mestre & Touger 1989, Brown 1992, Gunstone, Gray & Searle 1992).

Επιπρόσθετα, στην εργασία αυτή διερευνήθηκε η εξάρτηση των αντιλήψεων των μαθητών για τον τρόπο διάδοσης του ήχου από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης. Από την ερευνητική βιβλιογραφία έχει προκύψει ότι οι μαθητές συχνά ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις προκειμένου να ερμηνεύσουν καταστάσεις που θεωρούνται ισοδύναμες σύμφωνα με την επιστημονική γνώση (Χατζηνικήτα & Χριστίδου, 2001). Στο βαθμό που οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται την αναγκαιότητα για συνεπή θεώρηση, διαμορφώνουν, για πανομοιότυπες καταστάσεις, διαφορετικά νοήματα, ανάλογα με το εκάστοτε πλαίσιο συμφραζομένων. Στην παρούσα όμως εργασία διαπιστώθηκε ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια. Συνεπώς, η φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης δεν αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τις αντιλήψεις που εκδηλώνουν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου.

Η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα περί της εξέλιξης και της εξάρτησης των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου, ζητήματα για τα οποία τα ερευνητικά δεδομένα ήταν περιορισμένα. Προκειμένου να διαμορφωθεί μια πληρέστερη εικόνα για την ανθεκτικότητα των αντιλήψεων για τον ήχο και τους παράγοντες που επηρεάζουν τις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τον ήχο, είναι αναγκαίο η παρούσα εργασία να συμπληρωθεί με πρόσθετες εργασίες που να διερευνούν τα ζητήματα αυτά και για άλλες διαστάσεις της εννοιολογικής περιοχής του ήχου πέραν αυτής της διάδοσης του ήχου (π.χ. φύση του ήχου, ταχύτητα του ήχου). Η έρευνα αυτή θα συμβάλλει στη διαμόρφωση διδακτικού υλικού για την αποτελεσματικότερη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τον ήχο.

Βιβλιογραφία

Αρβανιτάκης, Κ., Καριώτογλου, Π. & Λεμονίδης, Χ. (2009). Τα νοητικά μοντέλα μαθητών και εκπαιδευτικών για τη διάδοση του ήχου. Στο: Π .Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (Επιμ.). *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σελ. 207-216). Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες.* (Μετάφραση: Θ. Κρητικός, Β. Σπηλιωτοπούλου). Ένωση Ελλήνων Φυσικών – Τροχαλία, Αθήνα.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V., (2000). *Οικο-Δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών*. (Μετάφραση: Μ. Χατζή). Τυπωθήτω, 244-250, Αθήνα.

Χατζηνικήτα, Β. (2001). Επιστημονική και καθημερινή γνώση: Το επιστημολογικό εμπόδιο. Στο: J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα & Β. Χρηστίδου, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμος Α, σελ. 99-127). Ε.Α.Π., Πάτρα.

Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου, Β. (2001). Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο: J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα & Β. Χρηστίδου, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμος Α., σελ. 51-74). Ε.Α.Π., Πάτρα

Asoko M., Leach, J. & Scott, H. (1991). A study of students, understanding of sound 5 – 16 as an example of action research. Paper prepared for the Symposium, "*Developing Students*" Understanding in Science" at the Annual Conference of the British Educational Research Association at Roehampton Institute, 2 September 1990, London.

Blalock, H. M. (1987). *Social statistics.* McGraw-Hill, Singapore.

Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34.

Clough, E. E. & Driver, R. (1986). A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks across Different Task Context. *Science Education,* 70(4), 473-496.

Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.

Erickson, B. & Nosanchuk, T. (1985). *Understanding data*. Open University Press, Milton Keynes.

Eshach, H. & Schwaetz, J. (2006). Sound stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28(7), 733–764.

Gunstone, R. F., Gray C. M. R. & Searle P. (1992). Some long-term effects of uniformed conceptual change. *Science Education*, 76(2), 175-197.

Hrepic, Z., Zollmann, D.A. & Rebello, N.S. (2002). Identifying students models of sound propagation. In: S. Franklin, K. Cummings, J. Marx, (eds). *Proceedings of the 2002 Physics Education Research Conference,* 59-62, Boise, Idaho.

Kucukozer, A. (2010). Prospective Science Teachers' Misconceptions Concerning Wave. *Journal of Turkish Science Education,* 7(2), 66-75.

Linder, C. & Erickson, L. (1989). A study of tertiary students' conceptualizations of sound. *International Journal Science Education,* 11(5), 491 – 501.

Maloney, D. & Siegler, R. S. (1993). Conceptual Competition in Physics Learning. *International Journal of Science Education*, 15, 283-295.

Menchen, K. V. P. & Thompson, J. R. (2004). Student Understanding of Sound Propagation, Research and Curriculum Development, In: S. Franklin, P. Heron, J. Marx, (eds). *Physics Education Research Conference,* 81-88, Sacramento, California.

Mestre, J. & Touger, J. (1989). Congitive research. What's in it for physics teachers. *The Physics Teacher*, 27(6), 447-456.

Millar, R. & Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context-specific reasoning? Children's ideas about the motion of projectiles. *School Science Review*, 75(3), 27–34.

Periago, C., Pejuan, A., Jaén, X. & Bohigas, X. (2009). *Misconceptions about the Propagation of Sound Waves.* European Association for Education in Electrical and Information Engineering Annual Conference, Universitat Politècnica de València, València.

Pfundt, H. & Duit, R., (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. 4th edition.* Institute for Science Education at the University of Keil, Keil, Germany.

Tsihouridis Ch., Vavougios D., Ioannidis G., Paraskeuopoulos S. (2010). Using ICT and sensors in a school laboratory environment to teach sound phenomena: An educational trial to consolidate related scientific concepts. *Proceedings of 13th International Conference on Interactive Computer Aided Learning / ICL2010, Hasselt, Belgium, 2010, Kassel University Press, ISBN 978-3-89958-541-4, p 1-16*

Watt, D. & Russell, T. (1990). *Sound*. Primary SPACE Project Research Report. Liverpool University Press.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *The Physics Teacher*, 37(1), 15–21.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. (2002). Understanding and affecting student reasoning about sound waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), 991-1013.

Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών Φυσικής για το φαινόμενο της εξάτμισης

Μαρία Ι. Τσιρογιάννη, Αριστείδης Μπαρτζώκας, Τάσος Α. Μικρόπουλος
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, mtsirog@cc.uoi.gr
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, abartzok@uoi.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, amikrop@uoi.gr

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των αντιλήψεων πρωτοετών φοιτητών Φυσικής σχετικά με το φαινόμενο της εξάτμισης και τη φύση των υδρατμών. Στην έρευνα συμμετείχαν 72 φοιτητές, οι οποίοι κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείτο από 20 ερωτήσεις. Το γνωστικό περιεχόμενο των απαντήσεων των φοιτητών αξιολογήθηκε σύμφωνα με την ταξινομία SOLO και κατατάχθηκε κατά ιεραρχικό γνωστικό επίπεδο. Από την μελέτη των απαντήσεων των φοιτητών διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές: α) αντιμετωπίζουν δυσκολίες όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουν μικροσκοπικές έννοιες για να περιγράψουν ένα φαινόμενο αλλαγής φάσης, β) δεν διακρίνουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται τα φαινόμενα της εξάτμισης και της συμπύκνωσης, γ) δεν κατανοούν την έννοια «υδρατμός». Τα συμπεράσματα της μελέτης είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του αντικειμένου από τους διδάσκοντες.

Abstract

The purpose of this study is the investigation of the perceptions of first year Physics students concerning the concept of evaporation and the nature of water vapour. Seventy two first year students filled in a questionnaire of 20 questions. The conceptual content of the students' answers was evaluated by the use of the SOLO taxonomy and corresponded by hierarchical cognitive level. The study of the answers showed that students: a) face difficulties when they use microscopic concepts in order to describe a phenomenon which includes phase change, b) do not detect the factors which determine evaporation and condensation, c) do not understand the concept of "water vapour". The conclusions of the study may help teachers for a better approach on this topic.

Εισαγωγή

Η κατανόηση και η ερμηνεία των διάφορων υδρομετεωρολογικών φαινομένων που παρατηρούνται καθημερινά στην ατμόσφαιρα απασχόλησαν τον άνθρωπο από τα πρώτα βήματά του. Η φύση αποτελεί το πρώτο εργαστήριο κάθε παιδιού, του κεντρίζει το ενδιαφέρον, το προβληματίζει και το ενθαρρύνει να αναζητήσει λογικές ερμηνείες για όσα παρατηρεί. Στα πλαίσια της διδακτικής των φυσικών επιστημών μελετώνται αυτές οι πρωτογενείς αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το φυσικό κόσμο καθώς και πώς αυτές οι αντιλήψεις αλλάζουν ως αποτέλεσμα των διαφόρων μεθόδων διδασκαλίας (Knight, 2006).

Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες που ασχολούνται με τα θέματα αυτά στο τομέα της διδακτικής των φυσικών επιστημών, εντοπίζονται τη δεκαετία του 1980. Το 1981 οι Novick και Nussbaum μελετούν τις απόψεις των μαθητών, και των τριών βαθμίδων της εκπαίδευσης, σχετικά με την σωματιδιακή φύση της ύλης και την κίνηση των μορίων ενός αερίου. Τα αποτελέσματα τους αναδεικνύουν ποικίλες εναλλακτικές ιδέες. Για παράδειγμα ένα μεγάλο ποσοστό του δείγματος θεωρεί μια στατική εικόνα των μορίων μέσα σε ένα δοχείο, στην οποία τα μόρια είναι συγκεντρωμένα στο κάτω ή στο επάνω μέρος του. Σχετικά με την επίδραση της ψύξης στην κίνηση των μορίων ενός αερίου έως ότου αυτό υγροποιηθεί, μόνο ένα μικρό ποσοστό συνδέει επιτυχώς την ψύξη του αερίου με τη μείωση της κινητικής ενέργειας των μορίων του. Το 1983, οι Osborne και Cosgrove μελετούν τις απόψεις μαθητών ηλικίας από 12 έως 17 ετών, σχετικά με τις μεταβολές της κατάστασης του νερού. Στην ερώτηση τι περιέχεται μέσα στις φυσαλίδες που σχηματίζονται κατά το βρασμό, οι μαθητές μικρότερης ηλικίας θεωρούν πως περιέχεται θερμότητα ή αέρας. Οι μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας (16-17 ετών) πιστεύουν σε μεγαλύτερο ποσοστό ότι περιέχεται υδρογόνο και οξυγόνο παρά υδρατμοί.

Το 1989 δημοσιεύεται έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για το κύκλο του νερού (Bar 1989). Πρόκειται για μια δια-ηλικιακή μελέτη στην οποία μετέχουν μαθητές έως 15 ετών. Από την έρευνα προκύπτει ότι η κατανόηση και η ερμηνεία διαφόρων φαινομένων που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού και τη συνεχή μετατροπή του από τη μια κατάσταση στην άλλη, εξελίσσεται παράλληλα με την ηλικία. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν οι Russell et al. (1989). Σε μεγαλύτερες ηλικίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη διατήρηση της μάζας κατά την μετατροπή της ύλης π.χ. του νερού από την υγρή στην αέρια φάση. Ωστόσο, παρουσιάζονται δυσκολίες όταν πρόκειται να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους στη μετατροπή κάποιου άλλου υλικού από μια κατάσταση σε κάποια άλλη. Το 1997 οι Hatzinikita και Koulaidis διεξάγουν έρευνα σε Έλληνες μαθητές ηλικίας 10 έως 18 ετών. Από την έρευνα τους προκύπτει ότι οι ήδη γνωστές εναλλακτικές απόψεις σχετικά με την εξάτμιση και την συμπύκνωση των υδρατμών εντοπίζονται και σε μαθητές μεγαλύτερων ηλικιών, σε αντίθεση με ευρήματα άλλων επιστημόνων (Bar 1989).

Σε έρευνα του Chang (1999), σε Πανεπιστήμιο της Ταϊβάν, σχετικά με την εμφάνιση σταγόνων νερού στα εσωτερικά τοιχώματα ενός κλειστού δοχείου που περιέχει νερό, μόνο 21 από τους 73 φοιτητές θετικών επιστημών καταλαβαίνουν ότι προέρχονται από συμπύκνωση των υδρατμών που προέρχονται από εξάτμιση. Επιπλέον μόνο 10 φοιτητές καταλαβαίνουν πως μετά από κάποια χρονική στιγμή οι δύο φάσεις του νερού μέσα στο δοχείο βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία μεταξύ τους. Το 79.5% των φοιτητών αυτών θεωρεί πως ο ατμός που βγαίνει από το δοχείο με νερό που βράζει αποτελείται από υδρατμούς. Ο συγγραφέας στα συμπεράσματά του καταλήγει πως παρά το γεγονός ότι οι φοιτητές χρησιμοποιούν συχνά την λέξη υδρατμός, έχουν ελλιπή ή καθόλου κατανόηση σχετικά με την έννοια αυτή.

Το 2004 μια ομάδα ερευνητών (Gopal et al. 2004) καταγράφει μέσω συνεντεύξεων τις απόψεις 15 δευτεροετών φοιτητών της Σχολής Χημικών Μηχανικών στη Νότιο Αφρική. Από την μελέτη των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη εξάτμιση του νερού από ένα δοχείο που βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου οι ερευνητές διαπιστώνουν πως οι περισσότεροι από αυτούς θεωρούν ότι η στάθμη του νερού δεν θα μειωθεί γιατί δεν υπάρχει κάποια διαφορά θερμοκρασίας ($T_{περιβάλλοντος} > T_{νερού}$) προκειμένου να «ξεκινήσει» η διαδικασία της εξάτμισης. Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγουν και οι Costu και Ayas (2005) οι οποίοι διεξάγουν αντίστοιχη έρευνα σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το 2006 οι Chamberlain και Dougherty διερευνούν μέσω συνεντεύξεων τις απόψεις πέντε φοιτητών με μεταπτυχιακό τίτλο στη Μετεωρολογία σχετικά με την έννοια της σχετικής υγρασίας. Μια από τις διαπιστώσεις που προκύπτουν αφορά στον τρόπο ερμηνείας των φαινομένων που παρατηρούνται σε ένα κλειστό δοχείο που περιέχει νερό και στην ατμόσφαιρα. Τέσσερις από τους πέντε συμμετέχοντες δεν συσχετίζουν τις δυο περιπτώσεις. Μπορούν να εξηγήσουν με αρκετές λεπτομέρειες τις διεργασίες που πραγματοποιούνται στο κλειστό δοχείο αλλά δεν μπορούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε ένα ανοιχτό σύστημα. Τα τελευταία χρόνια στις έρευνες που σχετίζονται με τα υπό μελέτη φαινόμενα χρησιμοποιούνται οι νέες τεχνολογίες προκειμένου να προσεγγιστούν μικροσκοπικά τα φαινόμενα αλλαγής φάσης και τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η προσέγγιση των μεταβολών με χρήση μικροσκοπικών εννοιών βοηθά τους μαθητές να τις κατανοήσουν με περισσότερη ευκολία (Papageorgiou et al. 2007).

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα σχετικά με την κατανόηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης και χρησιμοποιούν συχνά με αστοχία την κινητική θεωρία προκειμένου να εξηγήσουν τις καταστάσεις της. Επιπλέον, συμπεραίνεται ότι οι μαθητές δεν έχουν κατά νου ένα ενιαίο μοντέλο σχετικό με τις αλλαγές από την μια κατάσταση της ύλης στην άλλη αλλά αντιμετωπίζουν την κάθε μεταβολή ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα, για την εξάτμιση θεωρούν ότι απαιτείται ένα αίτιο προκειμένου να «ξεκινήσει» το φαινόμενο, το οποίο, κατά την άποψή τους, είναι συνήθως η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υγρού και αέρα, ενώ για την υγροποίηση η ελλιπής κατανόηση της αέριας φάσης του νερού (υδρατμοί), οδηγεί την πλειοψηφία των μαθητών να την περιγράφει απλώς ως το αντίστροφο φαινόμενο της εξάτμισης. Γενικότερα από την έρευνα της βιβλιογραφίας (βλ. π.χ. Τσιρογιάννη 2011 και

συμπεριλαμβανόμενες αναφορές), διαπιστώνεται ότι οι περισσότερες εργασίες αφορούν στη διερεύνηση των αντιλήψεων μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ οι εργασίες που αφορούν στη μελέτη των απόψεων φοιτητών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι πολύ λίγες. Επιπλέον, οι ερευνητές εστιάζουν κυρίως στο φαινόμενο της εξάτμισης παραμελώντας την υγροποίηση και εκτός αυτού δεν διερευνούν τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται το κάθε φαινόμενο (εξάτμιση/υγροποίηση).

Η ταυτότητα της έρευνας

Με αφετηρία τις διαπιστώσεις που προέκυψαν από τη μελέτη της βιβλιογραφίας και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές και οι φοιτητές στην κατανόηση των διαφόρων φυσικών φαινομένων αλλά και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν όταν εφαρμόζουν τις γνώσεις τους για να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα αλλαγής φάσης, οδηγηθήκαμε στην παρούσα έρευνα. Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση και την ανάδειξη των αντιλήψεων των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, σχετικά με τα φαινόμενα της εξάτμισης και της υγροποίησης σε μικροσκοπικό επίπεδο (κινητική θεωρία μορίων), τους παράγοντες που επηρεάζουν αυτά τα φαινόμενα και τη φύση των υδρατμών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του 2010 και συμμετείχαν εθελοντικά σε αυτή 72 πρωτοετείς φοιτητές, (38 κορίτσια, 34 αγόρια). Οι φοιτητές που έλαβαν μέρος κλήθηκαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο της έρευνας που αποτελείτο από 20 ερωτήσεις (4 ερωτήσεις δημογραφικού περιεχομένου και 16 ερωτήσεις Φυσικής). Οι ερωτήσεις σχεδιάστηκαν έτσι ώστε με τις απαντήσεις τους οι φοιτητές να αναπαριστούν τη γνώση τους και τις πιθανές εναλλακτικές ιδέες. Είναι ανοιχτού τύπου και ζητήθηκε από τους φοιτητές να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους με τη χρήση μικροσκοπικών εννοιών .

Για την ανάλυση του γνωστικού περιεχομένου των απαντήσεων των φοιτητών χρησιμοποιήθηκε η ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Η ταξινομία SOLO αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας του ατόμου μέσω των γραπτών ή των προφορικών απαντήσεών του και κατά συνέπεια αποτελεί ένα εργαλείο αξιολόγησης της μαθησιακής αλλά και διδακτικής διαδικασίας. Στην παρούσα έρευνα λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της ταξινομίας SOLO όπως το ευρύ πεδίο εφαρμογής της (Jackson 1998) και την ερμηνευτική της αξιοπιστία (Keeves 2002), θεωρήθηκε ότι αποτελεί το κατάλληλο εργαλείο για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου.

Με εργαλείο την ταξινομία SOLO, αξιολογούνται οι απαντήσεις του φοιτητή σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια και η γνώση του μπορεί να καταταχθεί σε κάποιο από τα πέντε ιεραρχικά επίπεδα της ταξινομίας (Γεωργόπουλος κ.α. 2009, Τσιρογιάννη 2011). Τα βασικά κριτήρια αφορούν στον εντοπισμό και την αναφορά των στοιχείων που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο υπό μελέτη φαινόμενο, στους συσχετισμούς των δεδομένων, στην εξαγωγή τεκμηριωμένου συμπεράσματος κ.α. Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε μια καλύτερη προσέγγιση του αντικειμένου από τους διδάσκοντες.

Τα επίπεδα ταξινομίας SOLO και τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία τους παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 1. Στον ίδιο πίνακα παρατίθενται ενδεικτικές απαντήσεις ανά επίπεδο ταξινομίας, σε συγκεκριμένη ερώτηση.

Πίνακας 1: Περιγραφή των γενικών χαρακτηριστικών των επιπέδων της ταξινομίας SOLO και ενδεικτικές απαντήσεις ανά επίπεδο στην ερώτηση: «Αγοράζουμε από το κυλικείο ένα μπουκάλι νερό. Η στάθμη του νερού μέσα στο κλειστό μπουκάλι είναι σταθερή. Γιατί; Τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο;»

Επίπεδο SOLO	**Περιγραφή επιπέδου και ενδεικτική απάντηση**

1ο (προδομικό)	Ο φοιτητής είτε αποφεύγει την ερώτηση, είτε μεταφέρει την ερώτηση καταφατικά, είτε κάνει έναν άσχετο συνειρμό. Δεν εξετάζονται οι διάφοροι παράγοντες που έχουν σχέση με το θέμα. Δεν υπάρχει οργάνωση και αιτιολόγηση.
Ενδεικτική απάντηση	*Διότι το μπουκάλι είναι κλειστό κι έτσι δεν προκαλείται εξάτμιση.*
2ο (μονοδομικό)	Ο φοιτητής επιλέγει ένα από τα στοιχεία και επικεντρώνεται σε αυτό. Σπάνια συνδέει τμήματα πληροφοριών. Δεν καταδεικνύεται (δεν δηλώνεται) η σημασία των συνδέσεων.
Ενδεικτική απάντηση	*Διότι τα μόρια του νερού που εξατμίζονται μέσα στο μπουκάλι δεν μπορούν να βγουν από αυτό.*
3ο (πολυδομικό)	Ο φοιτητής επιλέγει κάποια από τα στοιχεία και τα παραθέτει. Συνήθως δεν καταλήγει σε συμπέρασμα. Ο τόνος στο λόγο του παρουσιάζεται περιγραφικός, δηλωτικός.
Ενδεικτική απάντηση	*Διότι έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ νερού και υδρατμών.*
4ο (συσχετιστικό)	Ο φοιτητής χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, τις συνδέει με συνεπή τρόπο και τις ενσωματώνει σε ένα εννοιολογικό σχήμα. Δίνει εξηγήσεις συνδυάζοντας τα στοιχεία και αναζητώντας σχέσεις αιτίου – αποτελέσματος και καταλήγει σε επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα. Ο τόνος στο λόγο του είναι επεξηγηματικός.
Ενδεικτική απάντηση	*Κάποια μόρια συνεχώς διαφεύγουν από τη μάζα του νερού και γίνονται αέρια και κάποια άλλα επιστρέφουν στην υγρή φάση. Όταν οι ρυθμοί των δύο αυτών φαινομένων γίνου ίσοι, η ποσότητα του νερού δεν μεταβάλλεται.*
5ο (θεωρητικής γενίκευσης)	Ο φοιτητής χρησιμοποιεί πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα και κάνει νέες υποθέσεις. Γενικεύει και μεταφέρει τους νόμους-σχέσεις από το συγκεκριμένο στο γενικό (αφαιρετικό). Ο τόνος στο λόγο του εμφανίζεται συμπερασματικός.
Ενδεικτική απάντηση	*Το γεγονός ότι η στάθμη του νερού παραμένει σταθερή δεν σημαίνει ότι δεν πραγματοποιείται σε μικροσκοπικό επίπεδο κάποια αλλαγή μεταξύ των δύο φάσεων του νερού. Αντίθετα επικρατεί μια δυναμική ισορροπία μεταξύ των δύο φάσεων (αέρια-υγρή). Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός των μορίων που μεταβαίνουν από την υγρή στην αέρια φάση είναι ίσος με τον αριθμό των μορίων που μεταβαίνει από την αέρια στην υγρή κατάσταση ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας. Τα παραπάνω ισχύουν είτε το μπουκάλι ήταν στο ψυγείο είτε όχι.*

Αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι απαντήσεις των φοιτητών σε ορισμένες από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (δειγματοληπτικά). Επιπλέον παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση τους σε κάθε ένα από τα πέντε επίπεδα της ταξινομίας SOLO.

Ερώτηση 6η: «Τοποθετούμε ένα ποτήρι με νερό θερμοκρασίας 25°C μέσα σε ένα ψυγείο θερμοκρασίας 5°C. Πιστεύετε ότι πραγματοποιείται εξάτμιση;

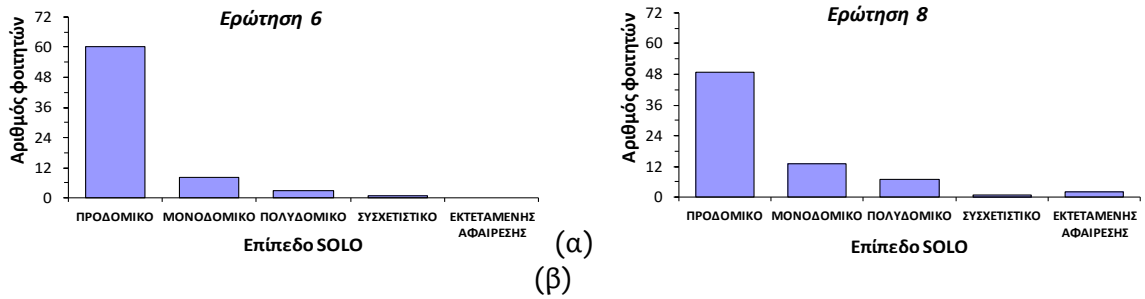
Από τη μελέτη των απαντήσεων διαπιστώνεται ότι το 63% των φοιτητών δεν θεωρεί πως πραγματοποιείται εξάτμιση επειδή το περιβάλλον είναι ψυχρότερο από το νερό. Το 24% των φοιτητών πιστεύει ότι πραγματοποιείται εξάτμιση εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ του νερού και του περιβάλλοντος αέρα και ορισμένοι από αυτούς επιπλέον επισημαίνουν πως η εξάτμιση παύει να πραγματοποιείται μόλις επέλθει θερμική ισορροπία. Τη σωστή απάντηση, ότι δηλαδή το φαινόμενο της εξάτμισης πραγματοποιείται πάντα και δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος έδωσε μόνο ένας φοιτητής. Ο αριθμός των φοιτητών που εντάχθηκε σε κάθε ένα από τα επίπεδα SOLO φαίνεται στο Σχήμα 1(α).

Ερώτηση 8η: «Τοποθετούμε ένα μικρό δοχείο με νερό πάνω σε ένα τραπέζι που βρίσκεται μέσα σε ένα μεγάλο δωμάτιο. Θα μεταβληθεί η στάθμη του νερού καθώς περνά ο χρόνος; (η θερμοκρασία του νερού, του δοχείου και του δωματίου είναι η ίδια και σταθερή)».

Στην πλειοψηφία τους οι φοιτητές θεωρούν πως για να πραγματοποιείται εξάτμιση απαιτείται είτε θέρμανση του νερού είτε να προϋπάρχει μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ νερού και περιβάλλοντος. Αφού οι θερμοκρασίες είναι ίσες δεν αντιλαμβάνονται κάποιο λόγο για τον οποίο να μπορούν κάποια από τα μόρια του υγρού να μεταβούν απ' την υγρή στην αέρια φάση. Δηλαδή, δεν γνωρίζουν ότι τα μόρια του υγρού που έχουν την απαιτούμενη κινητική ενέργεια θα μεταβούν στην αέρια φάση και αφού ο χώρος του δωματίου είναι πολύ μεγάλος δεν πρόκειται να αποκατασταθεί κάποια δυναμική ισορροπία μεταξύ των δύο φάσεων του νερού κι έτσι το δοχείο θα αδειάσει (Σχήμα 1β).

Ερώτηση 13η: «Όταν πάνω από μία λίμνη πνέει άνεμος με ταχύτητα 10km/h 20lt νερού μεταβαίνουν από την υγρή στην αέρια φάση ανά ώρα. Αν η ταχύτητα του ανέμου αυξηθεί, το ποσό του νερού που μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση ανά ώρα θα μεταβληθεί (η θερμοκρασία του αέρα και του νερού δεν μεταβάλλονται)».

Η πλειοψηφία των φοιτητών θεωρεί λανθασμένα πως η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου οδηγεί σε αύξηση του ρυθμού αλλαγής φάσης των μορίων από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Στην πραγματικότητα ο ρυθμός αυτός δεν θα μεταβληθεί διότι εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του νερού και η οποία παραμένει σταθερή. Ο άνεμος δεν επηρεάζει το ρυθμό αλλαγής φάσης (από την υγρή στην αέρια), απλά απομακρύνει τους υπερκείμενους από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού υδρατμούς, ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα μόρια νερού στην αέρια φάση να επιστρέψουν στην υγρή, επηρεάζει δηλαδή το ρυθμό αλλαγής φάσης από την αέρια στην υγρή κατάσταση, (Σχήμα 2α).



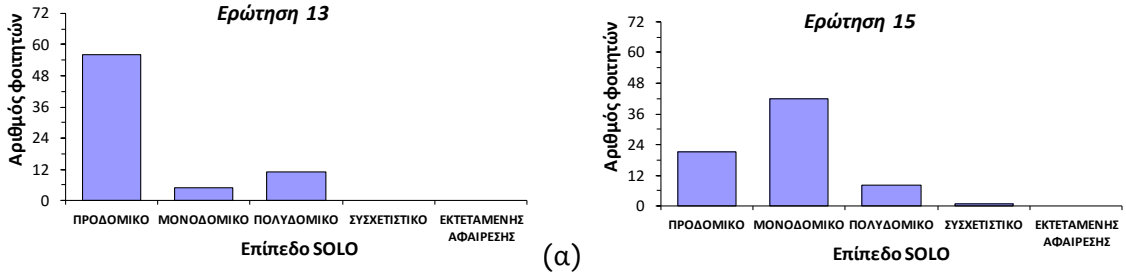
Σχήμα 1: Ταξινόμηση των απαντήσεων των φοιτητών στα πέντε επίπεδα της ταξινομίας SOLO:
(α) ερώτηση 6, (β) ερώτηση 8.

Ερώτηση 15η: «Στο χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεστε αυτή τη στιγμή υπάρχουν υδρατμοί;

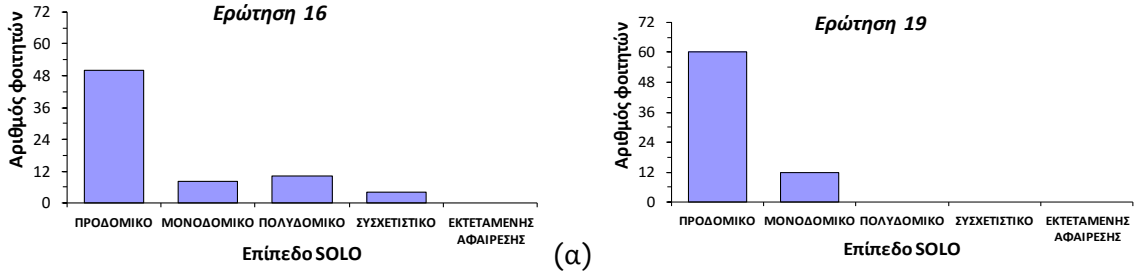
α) Ναι. Που βρίσκονται; Τους βλέπετε; Εξηγήστε.

β) Όχι. Αν υπήρχαν που θα βρίσκονταν; Θα τους βλέπατε; Εξηγήστε.»

Γενικά οι φοιτητές δυσκολεύονται να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους για τα αέρια στην περίπτωση των υδρατμών. Στην πλειοψηφία τους αντιλαμβάνονται πως μπορεί να βρίσκονται διάσπαρτοι σε όλο το χώρο αλλά πιστεύουν πως επιπλέον είναι ορατοί κάτι που δεν ισχύει, (Σχήμα 2β).



Σχήμα 2: Ταξινόμηση των απαντήσεων των φοιτητών στα πέντε επίπεδα της ταξινομίας Solo:
(α) ερώτηση 13, (β) ερώτηση 15.



Σχήμα 3: Ταξινόμηση των απαντήσεων των φοιτητών στα πέντε επίπεδα της ταξινομίας Solo:
(α) ερώτηση 16, (β) ερώτηση19.

Ερώτηση 16η: «Αν παρατηρήσετε νερό που βράζει σε ένα δοχείο, θα διαπιστώσετε πως σταδιακά σχηματίζονται φυσαλίδες. Τι περιέχουν αυτές οι φυσαλίδες;».

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε αυτή την ερώτηση, παρουσιάζουν οι απαντήσεις που χαρακτηρίστηκαν ως προδομικού επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα 22 φοιτητές απάντησαν σωστά (είτε ικανοποιητικά είτε όχι, 2ο, 3ο, 4ο επίπεδο) πως οι φυσαλίδες περιέχουν υδρατμούς (Σχήμα 3α). Οι υπόλοιποι έχουν μια από τις παρακάτω απόψεις: 22 φοιτητές πιστεύουν πως οι φυσαλίδες περιέχουν αέρα, 14 φοιτητές θεωρούν πως το νερό έχει διασπαστεί σε οξυγόνο και υδρογόνο, πέντε ισχυρίζονται πως οι φυσαλίδες περιέχουν κενό, τέσσερεις φοιτητές πιστεύουν πως οι φυσαλίδες περιέχουν νερό στην υγρή του κατάσταση, 4 φοιτητές δεν απαντούν, ενώ ένας φοιτητής πιστεύει πως οι φυσαλίδες περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα.

Ερώτηση 19η: «Κοιτάζοντας τα σύννεφα, τι ακριβώς είναι αυτό που βλέπετε;

Η πλειοψηφία των φοιτητών θεωρεί ότι αυτό που βλέπουμε όταν κοιτάμε τα σύννεφα είναι υδρατμοί αντί για σταγονίδια και παγοκρυστάλλους. Συγχέουν δηλαδή τις φάσεις του νερού, έχοντας την πεποίθηση πως ότι μπορεί να αιωρείται πρέπει να είναι αέριο και επιπλέον θεωρούν τον υδρατμό ένα ορατό αέριο, σε αντίθεση με τη δήλωση τους σε προηγούμενη ερώτηση (Σχήμ3β).

Τέλος, με σκοπό να αποκτηθεί μια συνολική εικόνα του επιπέδου των φοιτητών, κάθε φοιτητής κατατάχθηκε σε ένα από τα 5 επίπεδα SOLO με κριτήριο το μέσο επίπεδο των

απαντήσεών του. Η πλειοψηφία των φοιτητών (53%) κατατάχθηκε στο 2ο επίπεδο (μονοδομικό), το 41% των φοιτητών κατατάχθηκε στο 1ο επίπεδο (προδομικό) και το υπόλοιπο 6% στο 3ο επίπεδο (πολυδομικό). Κανένας φοιτητής δεν έδωσε απαντήσεις το μέσο επίπεδο των οποίων να αντιστοιχεί στα δυο ανώτερα επίπεδα SOLO.

Συμπεράσματα

Η μελέτη των απαντήσεων των φοιτητών αναδεικνύει τις λανθασμένες απόψεις τους σχετικά με τα φαινόμενα της εξάτμισης, της συμπύκνωσης και τη φύση των υδρατμών. Οι απόψεις τους, όπως διατυπώθηκαν στις απαντήσεις τους, βρίσκονται γενικά σε συμφωνία με τις καταγεγραμμένες στην βιβλιογραφία απόψεις. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές:

- Δυσκολεύονται να κατανοήσουν και να εξηγήσουν το φαινόμενο της εξάτμισης και της συμπύκνωσης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η πλειοψηφία των φοιτητών αδυνατεί να χρησιμοποιήσει, ή να χρησιμοποιήσει σωστά, μικροσκοπικές έννοιες.
- Δεν έχουν ένα ενιαίο μοντέλο σχετικά με τις αλλαγές της φάσης μιας ουσίας. Ο τρόπος που θα εφαρμόσουν τις γνώσεις τους κάθε φορά διαφοροποιείται και εξαρτάται από το φαινόμενο που καλούνται να περιγράψουν και τις συνθήκες που το συνοδεύουν (εξάτμιση ή συμπύκνωση, κλειστό ή ανοιχτό δοχείο), όπως διαπιστώθηκε και από τους Chamberlain και Dougherty (2006).
- Δεν διακρίνουν τους παράγοντες (θερμοκρασία υγρού/περιβάλλοντος, άνεμος κ.α.) από τους οποίους εξαρτάται κάθε φαινόμενο και τον τρόπο με τον οποίο το επηρεάζει.
- Θεωρούν απαραίτητη τη διαφορά θερμοκρασίας ως την κινητήριο δύναμη, προκειμένου να ξεκινήσει το φαινόμενο της εξάτμισης ή της συμπύκνωσης. Η εικόνα αυτή είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα των Gopal et al. (2004), η μελέτη των οποίων επίσης απευθύνεται σε φοιτητές. Φαίνεται ότι οι εσφαλμένες αντιλήψεις που έχουν εντοπιστεί σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Costu and Ayas 2005) διατηρούνται και κατά τα πρώτα στάδια των σπουδών τους στην τριτοβάθμια.
- Αδυνατούν να διαχωρίσουν την έννοια υδρατμός από την υγρή κατάσταση που παρατηρείται στα σύννεφα ή πάνω από ένα δοχείο με νερό που βράζει. Διαπιστώνεται, σε συμφωνία με συμπεράσματα και άλλων ερευνητών (Chang, 1999), πως έχουν ελλιπή κατανόηση της έννοιας «υδρατμός», παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούν τη λέξη συχνά στις περιγραφές τους.

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Κ.Χ., Μπέλλου, Ι., και Μικρόπουλος, Τ.Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών, στο Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 259-266.

Τσιρογιάννη, Μ.Ι. (2011). Το φαινόμενο της εξάτμισης. Διερεύνηση των αντιλήψεων των Α/ετών φοιτητών Φυσικής πριν και μετά από μία διδακτική παρέμβαση με χρήση νέων τεχνολογιών. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Π.Μ.Σ. Τμήματος Φυσικής «Νέες Τεχνολογίες και Έρευνα στη Διδακτική της Φυσικής», Παν/μιο Ιωαννίνων, 167pp.

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. Science Education 73(4), 481-500.

Biggs, J.B., and Collis, K.F. (1982). Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy. New York, Academic Press.

Chamberlain, A., and Dougherty, K. (2006). Conceptions of relative humidity. Spring 2006. Available online at: http://faculty-staff.ou.edu/L/Daphne.S.LaDue-1. (24/6/2009).Chang, J-Y. (1999). Teachers college Students' conceptions about evaporation, condensation and boiling. Science Education 83(5), 511-526.

Costu, B. and Ayas, A. (2005). Evaporation in different liquids: secondary students' conceptions. Research in Science and Technological Education 23(1), 75-97.

Gopal, H., Kleinsmidt, J. and Case, J. (2004). An investigation of tertiary students' understanding of evaporation, condensation and vapour pressure. International Journal of science education 26(13), 1597-1620.

Hatzinikita, V., and Koulaidis, V. (1997). Pupils' ideas on conservation during changes in the state of water. Research in science and technological education 15(1). 53-70.

Jackson, P. (1998). Evaluation of learning technology implementation. In N. Mogey (ED). LTDI Evaluation Studies: Learning technology dissemination initiative. Available online at: http://www.icbl.hw.ac.uk/ltdi/evalstudies/esevalimp.htm. (7/2/2003).

Keeves, J. (2002). Learning in Schools: A modeling Approach. International Educational Journal, 3(2), 114-124.

Knight, R. (2006). Πέντε Εύκολα Μαθήματα. Στρατηγικές για την Επιτυχή Διδασκαλία της Φυσικής. Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα.

Novick, S., and Nussbaum, J. (1981). Pupils understanding of the particulate nature of matter. A cross–age study. Science education 65(2). 187-196.

Osborne**,** R.J., and Cosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. Journal of research in science teaching. 20(9), 825-838.

Papageorgiou, G., Johnson, P., and Fotiadis, F. (2007). Teaching natural phenomena by using appropriate software in the context of the particulate consideration of matter. Proceedings of the 5th Panhellenic Conference for Science Education (15–18 March 2007). University of Ioannina.

Russell, T., Harlen, W., and Watt, D. (1989). Children's ideas about evaporation. International Journal of Science Education 11(5). 566-576.

Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των αριστούχων μαθητών της Γ΄ Λυκείου στην έννοια του βάρους

Χριστίνα Ηλ. Κωσταρά[1], Κων/νος Θ. Κώτσης[2]
1. Ιατρική Σχολή Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, chkostara@cc.uoi.gr
2. ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας κατά την οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των αριστούχων μαθητών της Γ' Λυκείου, σχετικά με την έννοια του βάρους- της μάζας, τις οποίες έχουν διδαχθεί κατά τη φοίτησή τους στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο των ακαδημαϊκών ετών 2010-2011 και 2011-2012 και έλαβαν μέρος πρωτοετείς φοιτητές της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ένα σημαντικό μέρος των φοιτητών συνεχίζει και διατηρεί εσφαλμένες αντιλήψεις για τις παραπάνω έννοιες.

Abstract

The current study presents the results of a research where investigated the perceptions of excellent students of training system concerning the concepts of weight and mass, which have been taught during their studies in the Secondary School and Lyceum. The study was conducted in autumn of academic years 2010-2011 and 2011-2012 and students of Medical School of University of Ioannina were participated. The results shown that a significant number of students have the alternative conceptions for the above concepts.

Εισαγωγή

Ένα μεγάλο μέρος της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ασχολείται με την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών/ αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών προσθέτοντας συνεχώς νέα ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο αυτό. Έρευνες που έχουν γίνει σε συγκεκριμένες έννοιες των φυσικών επιστημών μεταξύ των οποίων οι έννοιες του βάρους- της μάζας τόσο σε μαθητές όσο και σε φοιτητές έδειξαν ότι παρατηρούνται οι ίδιες εναλλακτικές αντιλήψεις. Οι ιδέες των παιδιών για τη βαρύτητα και το βάρος παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς δε φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένη στους μαθητές η αντίληψη ότι το βάρος ενός αντικειμένου είναι η δύναμη της βαρύτητας στο αντικείμενο αυτό (Driver R et al. 1998). Έρευνες έχουν καταγράψει πως τα παιδιά πιστεύουν ότι όλα τα σώματα πέφτουν και ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα (Osborne 1980). Η αντίληψη αυτή φαίνεται να είναι πολύ συνηθισμένη και μεταξύ των φοιτητών που σπουδάζουν φυσική οι οποίοι πιστεύουν ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα στη Γη διότι έχουν μεγαλύτερη επιτάχυνση εξαιτίας της βαρύτητας. Σε μια ενδιαφέρουσα δημοσιευμένη μελέτη προέκυψε ότι το 40% των φοιτητών που βρίσκονταν στο προπαρασκευαστικό έτος για να σπουδάσουν φυσική πίστευε ότι ένα αντικείμενο με μεγαλύτερο βάρος έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση κατά την πτώση (Cunstone and White 1980). Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί ότι μαθητές συνδέουν την έννοια της βαρύτητας μόνο με τη Γη και όχι με τη Σελήνη (Stead and Osborne 1980) καθώς θεωρούν ότι η βαρύτητα σχετίζεται με τον αέρα και εκεί που δεν υπάρχει αέρας δεν υπάρχει βαρύτητα. Η παρούσα εργασία στοχεύει να συμβάλλει στη διερεύνηση των αντιλήψεων των πρωτοετών φοιτητών της Ιατρικής Σχολής που είναι οι αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού μας συστήματος, σε έννοιες του βάρους - της μάζας που έχουν διδαχθεί κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο Γυμνάσιο και το Λύκειο.

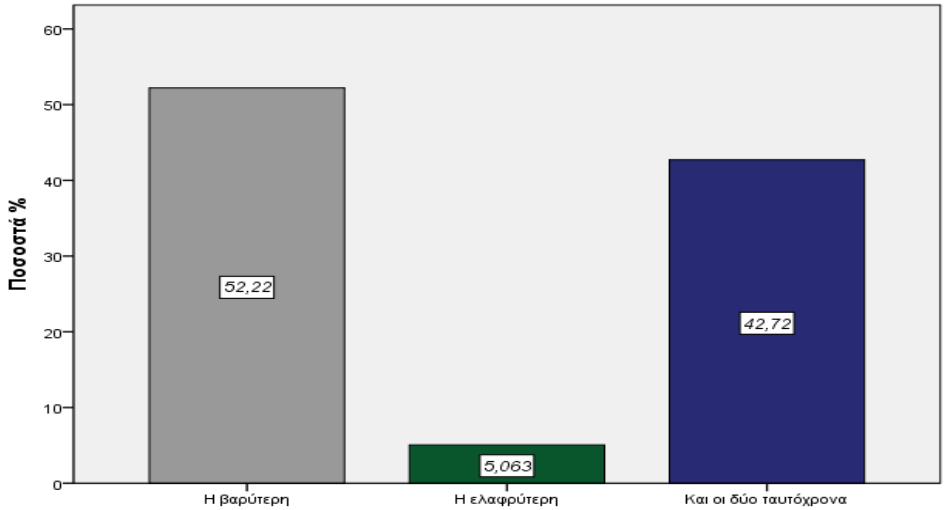
Μεθοδολογία της Έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 316 πρωτοετείς φοιτητές της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, όλοι αριστούχοι μαθητές που ακολούθησαν Θετική κατεύθυνση στη Γ Λυκείου. Στο σύνολο των φοιτητών οι 169 (53.5%) ήταν αγόρια και οι 147 (46.5%) ήταν κορίτσια. Σχετικά με τη βαθμολογία στο μάθημα της Φυσικής Θετικής Κατεύθυνσης που έγραψαν στις

Πανελλαδικές εξετάσεις έχουμε τα εξής δεδομένα: 107 φοιτητές (33.9%) έγραψαν μεταξύ 19.5-20, 104 (32.9%) μεταξύ 19-19.5, 39 (12.3%) μεταξύ 18.5-19, 34 (10.8%) μεταξύ 18-18.5 και 32 (10.1%) φοιτητές κινήθηκαν σε βαθμολογία μικρότερη από 18. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 19. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους πρωτοετείς φοιτητές είναι συνδεδεμένες με απλά φαινόμενα και καταστάσεις που συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή και όχι ερωτήσεις με τις οποίες θα γινόταν στείρος έλεγχος των γνώσεων των φοιτητών που αποκόμισαν κατά τη διάρκεια των χρόνων τους στο Γυμνάσιο και το Λύκειο. Ορισμένες ερωτήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες (Στύλος και Κώτσης 2009, Κώτσης 2011). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας παρουσιάζονται ανά ενότητα με τη μορφή ραβδογραμμάτων με τις απαντήσεις των φοιτητών. Για κάθε ερώτηση γίνεται ανάλυση, σχολιασμός των απαντήσεων και παρουσίαση των ανάλογων αντιλήψεων των φοιτητών.

Αποτελέσματα και συζήτηση

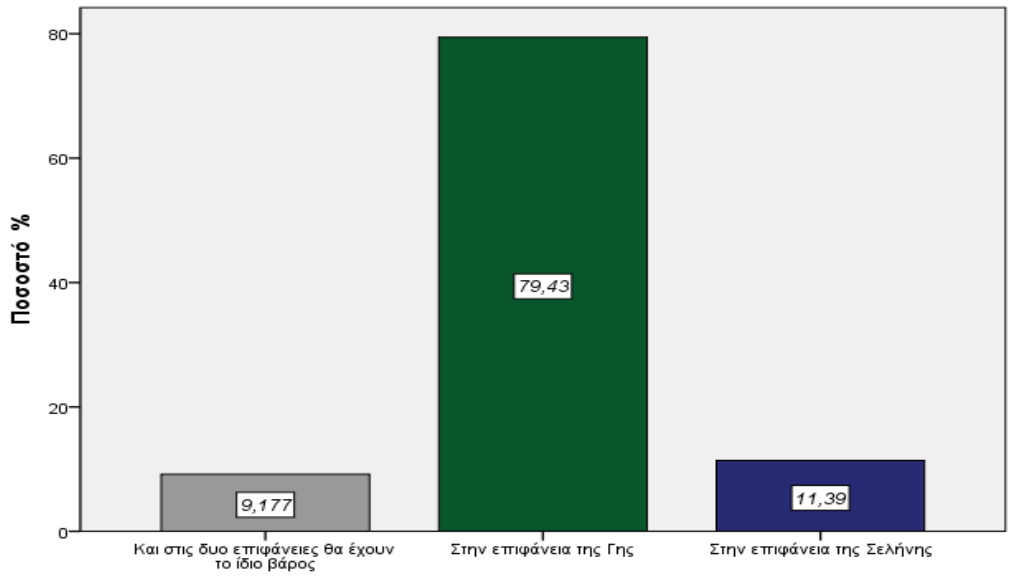
Ερώτηση 1: *«Όταν ο Γαλιλαίος άφησε ελεύθερες τις δυο σφαίρες από την κορυφή του κεκλιμένου πύργου της Πίζα, η αντίσταση του αέρα δεν ήταν πραγματικά αμελητέα. Υποθέτοντας πως οι σφαίρες είχαν το ίδιο μέγεθος, αλλά η μια ήταν πολύ βαρύτερη από την άλλη, ποια χτύπησε πρώτη στο έδαφος;…»*



Σχήμα 1: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 1

Στην προηγηθείσα ερώτηση το 52,22% των φοιτητών (Σχήμα 1) απαντά ότι η βαρύτερη σφαίρα θα χτυπήσει πρώτη στο έδαφος, ενώ το 42.72% αυτών ότι θα φτάσουν και οι δυο ταυτόχρονα. Βιβλιογραφικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι μεταξύ μαθητών και φοιτητών είναι πολύ συνηθισμένη η άποψη ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα στη Γη, καθώς έχουν μεγαλύτερη επιτάχυνση εξαιτίας της βαρύτητας (Gunstone and White 1980)).

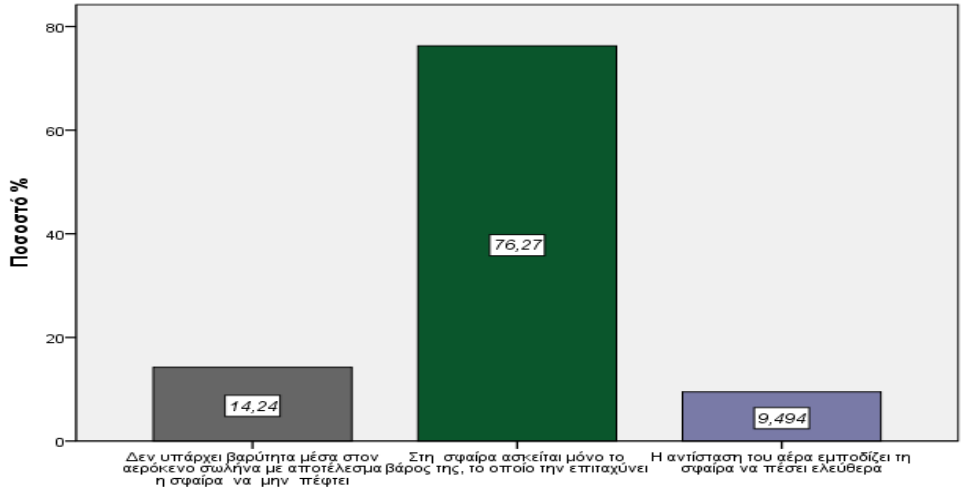
Ερώτηση 2: *«Μια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Γης και η ίδια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Σελήνης. Που έχει το μεγαλύτερο βάρος;…»*



Σχήμα 2: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 2

Από το Σχήμα 2 φαίνεται ότι το 79.43% των φοιτητών δηλώνουν ότι η πέτρα έχει μεγαλύτερο βάρος στην επιφάνεια της Γης, ενώ ένα μικρό ποσοστό φοιτητών (11.39%) είχε την άποψη ότι η πέτρα έχει μεγαλύτερο βάρος στην επιφάνεια της Σελήνης.

Ερώτηση 3: *«Στο πάνω άκρο ενός αερόκενου σωλήνα αφήνουμε μια σφαίρα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;…»*

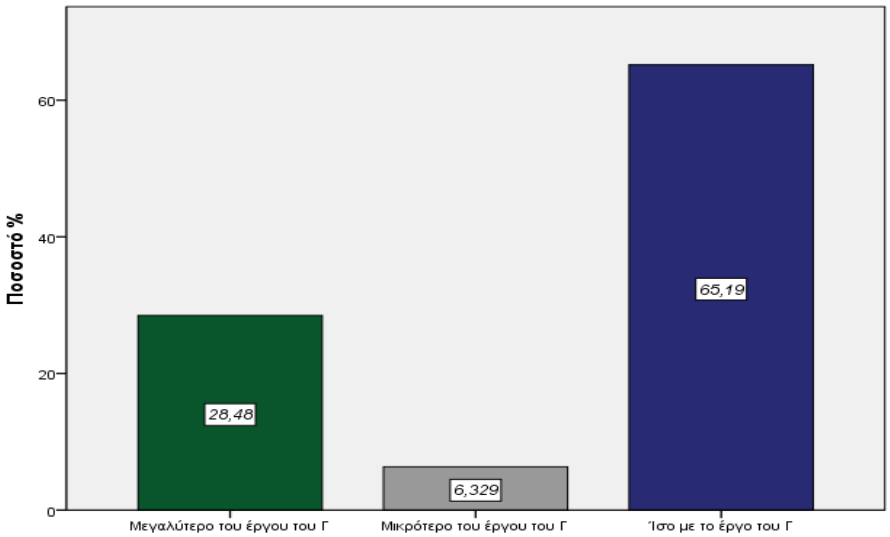


Σχήμα 3: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 3

Οι φοιτητές πιστεύουν ορθά σε σχετικά μεγάλο ποσοστό ότι στη σφαίρα ασκείται μόνο το βάρος της, το οποίο και την επιταχύνει, καθώς δεν υπάρχουν αντιστάσεις. Παρόλα αυτά υπάρχει ένα ποσοστό φοιτητών περίπου 25% που απάντησε λάθος, είτε διότι θεωρούσε ότι στον αερόκενο σωλήνα υπάρχουν αντιστάσεις λόγω του αέρα οι οποίες εμποδίζουν τη σφαίρα να πέσει ελεύθερα, είτε διότι πίστευε ότι δεν υπάρχει βαρύτητα η οποία θα προκαλούσε την πτώση της σφαίρας. Η προαναφερθείσα άποψη των φοιτητών ότι δεν υπάρχει βαρύτητα λόγω απουσίας αέρα έχει αναφερθεί στη διεθνή βιβλιογραφία (Stead and Osborne 1980).

Το τέταρτο ερώτημα αναφέρεται σε 2 ανθρώπους με ίσες μάζες που ανεβαίνουν μια σκάλα με διαφορετικές όμως ταχύτητες. Για το ποιο άτομο έχει μεγαλύτερο έργο του βάρους οι φοιτητές έδωσαν τις απαντήσεις που φαίνονται στο Σχήμα 4.

Ερώτηση 4: *«Δυο άνθρωποι Α και Γ με ίσες μάζες ανεβαίνουν μια σκάλα. Ο Α ανεβαίνει την σκάλα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον Γ. Το έργο του βάρους του Α όταν και οι δυο φτάσουν στην κορυφή της σκάλας είναι…»*

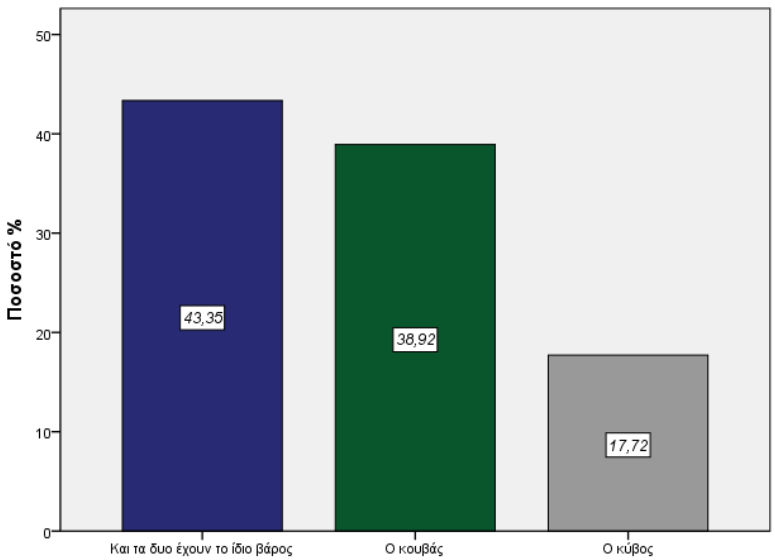


Σχήμα 4: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 4

Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι το 65.19% των φοιτητών θεωρεί ότι οι δυο άνθρωποι ανεξάρτητα από την ταχύτητα που ανεβαίνουν τη σκάλα θα έχουν το ίδιο έργο του βάρους, ενώ το 28.48% πιστεύει πως το έργο του βάρους εξαρτάται από την ταχύτητα που ανεβαίνει ο άνθρωπος τη σκάλα.

Ερώτηση 5: *«Ο κουβάς και ο κύβος έχουν ίσες μάζες, αλλά αιωρούνται (ισορροπούν) σε διαφορετικά ύψη πάνω από το πάτωμα. Ποιο από τα δυο έχει μεγαλύτερο βάρος;…»*

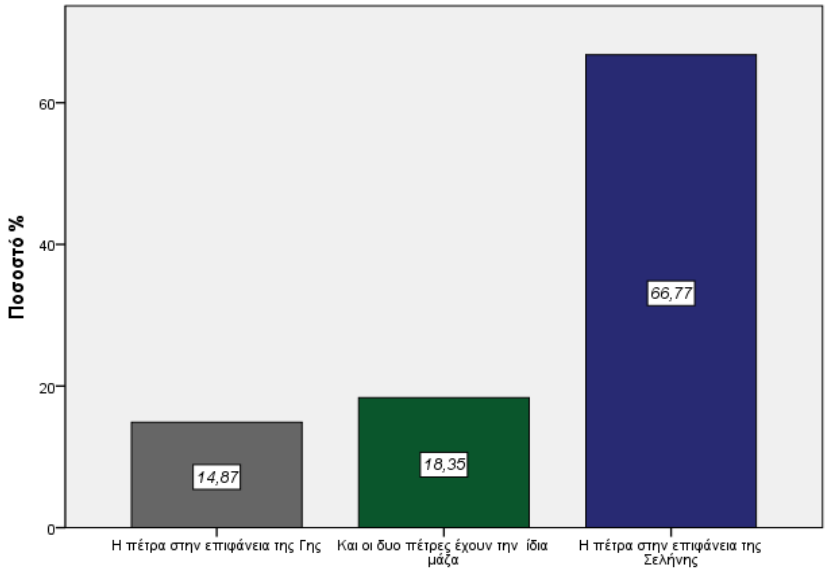
Σύμφωνα με τη Φυσική, η παραπάνω περίπτωση είναι κατάσταση «ασύμμετρης» ισορροπίας, για την οποία ισχύει η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέ. Οι απαντήσεις των πρωτοετών φοιτητών είναι πραγματικά εντυπωσιακές. Οι φοιτητές θεωρούν ότι ενεργεί συνισταμένη δύναμη διάφορη του μηδενός, ίδιου «προσανατολισμού» με το παρατηρούμενο αποτέλεσμα, η οποία και το δικαιολογεί (Κουμαράς κ.α. 1994). Ανάλογα ευρήματα έχουν δημοσιευτεί παλαιότερα (Gunstone and White 1981) σε διεθνές επίπεδο.



Σχήμα 5: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 5

Επίσης, έρευνες έχουν δείξει πως όχι μόνο φοιτητές που προορίζονται να γίνουν εκπαιδευτικοί στη μέση εκπαίδευση (Trumper 2001) αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχουν παρανοήσεις σε αυτό το πεδίο (Kikas 2004).

Ερώτηση 6: *«Μια πέτρα πάνω στην επιφάνεια της Γης και μια άλλη στην επιφάνεια της Σελήνης ζυγίζονται και προκύπτει και για τις δυο το ίδιο βάρος. Ποια από τις δυο πέτρες έχει μικρότερη μάζα;…»*



Σχήμα 6: Κατανομή απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 6

Γνωρίζοντας ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι μικρότερη στη Σελήνη σε σχέση με τη Γη είναι εντυπωσιακό ότι το 66.77% των φοιτητών απάντησε εσφαλμένα ότι η πέτρα θα έχει μικρότερη μάζα στην επιφάνεια της Σελήνης. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το 14.87% των φοιτητών απάντησε πως μικρότερη μάζα θα έχει η πέτρα στην επιφάνεια της Γης, ενώ το 18.35% ότι και οι δυο πέτρες θα έχουν την ίδια μάζα. Με βάση τις απαντήσεις των φοιτητών στο ερώτημα αυτό προκύπτει πως οι φοιτητές δυσκολεύονται να ξεχωρίσουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών της μάζας και του βάρους, σε επίπεδο ορισμού.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, αναδεικνύει ότι ένας πολύ σημαντικός αριθμός πρωτοετών φοιτητών της Ιατρικής Σχολής, που αξίζει να σημειωθεί ότι πρόκειται για τους αριστούχους μαθητές του εκπαιδευτικού συστήματος με ιδιαίτερα υψηλές βαθμολογικές επιδόσεις στο μάθημα της Φυσικής Κατεύθυνσης, συνεχίζει να διατηρεί τις παρανοήσεις για τις έννοιες του βάρους – της μάζας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι σύμφωνα με αντίστοιχες μελέτες που έχουν δημοσιευτεί στο παρελθόν.

Γενικά, προκύπτει ότι οι απαντήσεις των φοιτητών στην παρούσα μελέτη, όπως και σε άλλες παρόμοιες έρευνες εμφανίζουν τα δυο γνώριμα χαρακτηριστικά, που διακρίνονται και στις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης σε έννοιες της Φυσικής. Στηρίζονται αφενός σε δικά τους νοητικά σχήματα που έχουν διαισθητικό ή εμπειρικό χαρακτήρα και αφετέρου σε επιστημονικές γνώσεις που αποκόμισαν από τη διδασκαλία, οι οποίες έχουν δημιουργήσει σύγχυση αυτών των εμπειριών. Επειδή όμως αναφερόμαστε σε φοιτητές, δηλαδή άτομα που έχουν περάσει από όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης το χαρακτηριστικό που επικρατεί είναι το δεύτερο, δηλαδή οι αντιλήψεις τους, έχουν διαμορφωθεί στα χρόνια της εκπαίδευσής τους, με γνώσεις από το επιστημονικό μοντέλο (Κώτσης 2002).

Φαίνεται ότι το νέο αναλυτικό πρόγραμμα της φυσικής και οι κατευθύνσεις του στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν έχουν αναπτυχθεί στα ελληνικά σχολεία. Προκύπτει λοιπόν ότι

σε πολλές περιπτώσεις, οι εκπαιδευτικοί τείνουν να εισάγουν θέματα στη φυσική με επιφανειακό τρόπο, όπου δίνεται έμφαση μόνο σε ποσοτικά προβλήματα. Οι παραδοσιακοί, δασκαλο-κεντρικοί τρόποι διδασκαλίας δεν είναι αποτελεσματικοί στο να επιφέρουν εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou και Ioannides 1998). Τα μαθήματα φυσικής και οι διδακτικές δραστηριότητες θα πρέπει να απορρέουν μέσα από ένα πλαίσιο ποιοτικής προσέγγισης των διαφόρων εννοιών έτσι ώστε να προωθήσουν την ενεργή εμπλοκή των μαθητών (Jimoyiannis και Komis 2003). Στη μέση εκπαίδευση συνεχίζεται η γνωστή παραδοσιακή διδασκαλία, η οποία έχει αποδειχθεί ότι δεν μπορεί να προκαλέσει εννοιολογικές αλλαγές στις παρανοήσεις των μαθητών. Η συμμετοχή των εν ενεργεία εκπαιδευτικών σε ουσιαστικά και ουσιώδη επιμορφωτικά σεμινάρια και η χρήση προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή και κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά εργαλεία, για να στηρίξουν τη διδασκαλία του εποικοδομητικού μοντέλου διδασκαλίας (Jimoyiannis και Komis 2001, Tao και Gunstone 1999).

Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π., Καριώτογλου Π., & Φύλλος Δ. (1994). Αιτιακοί Συλλογισμοί των Μαθητών: Η Περίπτωση της Μηχανικής. Σύγχρονη Εκπαίδευση, Τ 79

Κώτσης, Κ. (2002). Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα. Θέματα στην Εκπαίδευση 3: 2-3, 201-211.

Κ.Θ. Κώτσης, (2011), Ερευνητική Προσέγγιση του Διαχρονικού Χαρακτήρα των Εναλλακτικών Ιδεών στη Διδακτική της Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα

Στύλος Γ., Κώτσης Κ., (2009), Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 1ετών και 2ετών φοιτητών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με έννοιες τις Νευτώνειας Μηχανικής, στο «Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών», Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (επ.), Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 487-494.

Driver R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson V. 1998. Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Ελλ. Εκδ. Τυπωθήτω / Δαρδανός.

Gunstone, R.F & White, R. (1980). «A matter of gravity», Paper given at a meeting of the Australian Science Education Research Association, May, Melbourne, Australia.

Gunstone, R.F & White, R. (1981). Understanding of Gravity. Science Education. 65 (3), 291-299.

Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. J Res Sci Teach 41 (5): 432-448.

Jimogiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning A case study on students' understanding of trajectory motion. Computers & Education, 36, 183-204.

Jimogiannis, A., & Komis, V. (2003). Investigating Greek Students' Ideas about Forces and Motion. Res Sci Educ 33: 375-392.

Osborne, R. (1984) «Children's dynamics», The Physics Teacher 22(8): 504-8.

Stead, K. and Osborne, R. (1980) Gravity , LISP Working Paper 20, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand

Tao, P.K., & Gunstone, R. (1999). A process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. Journal of Research in Science Teaching, 36(7), 859-882.

Trumper, R. (2001). A cross-college age study of science and nonscience students; conceptions of basic astronomy concepts in pre-service training for high-school teachers. J Sci Edu Technol, 10: 189-195.

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view, International Journal of Science Education, 20 (10), 1

Οι αντιλήψεις των μαθητών του Γυμνασίου για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια

Αναστασία Πανταζοπούλου[1], Μιχαήλ Σκουμιός[2]
[1]*Εκπαιδευτικός Δ.Ε., anastasiapf@gmail.com*
[2]*Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr*

Περίληψη

Μολονότι έχουν διερευνηθεί συστηματικά οι αντιλήψεις των μαθητών για την άνωση στα υγρά, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις αντιλήψεις των μαθητών για την άνωση στα αέρια. Η εργασία αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών του Γυμνασίου για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια. Ως ερευνητικό εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από 213 μαθητές του Γυμνασίου. Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε τον εντοπισμό των αντιλήψεων των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια. Στους παράγοντες αυτούς συμπεριλαμβάνονται η μάζα/βάρος, ο όγκος και η πυκνότητα του σώματος, το ύψος και τη πυκνότητα του αερίου αλλά και η θέση στην οποία βρίσκεται το σώμα μέσα στο αέριο.

Abstract

Although students' conceptions of buoyancy in liquids have been widely investigated, research that studies students' conceptions about buoyancy in gases is very limited. This study focuses on high school students' conceptions about buoyancy in gases. As a research tool for data collection, was used written questionnaire which was completed by 213 high school students. The analysis of the results allowed the identification of students' conceptions about the factors that affect buoyancy in gases. Such factors include the mass / weight, volume and density of an object, the size and density of the gas and the position at which an object lays in the gas.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο χώρο μελέτης των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών που τα τελευταία σαράντα χρόνια έχει συγκεντρώσει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Driver, Guesne & Tiberghien 1993).

Η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας για τις αντιλήψεις των μαθητών απορρέει από τρεις θέσεις που υιοθετούνται από την παρούσα εργασία. Η πρώτη θέση συνδέεται με την εποικοδομητική άποψη για τη μάθηση, σύμφωνα με την οποία η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά αλλά οικοδομείται από το μαθητή (Driver 1983, Osborne & Freyberg 1985, Scott 1987). Η παραδοχή ότι ο μαθητής οικοδομεί τη γνώση συνεπάγεται ότι ο μαθητής είναι αυτός που θα αποφασίσει να αλλάξει τις αντιλήψεις του. Η δεύτερη θέση αφορά στη διαπίστωση ότι οι μαθητές πριν ξεκινήσουν την εκπαίδευση τους στο σχολικό πλαίσιο, έχουν ήδη διαμορφώσει τις δικές τους αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al. 1993, Driver et al. 1998). Η τρίτη θέση αναφέρεται στη σχέση των αντιλήψεων με τη διδασκαλία. Η γνώση των αντιλήψεων των μαθητών επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση μιας περισσότερο αποτελεσματικής διδασκαλίας (Driver & Oldham 1986).

Το θέμα της εργασίας είναι καταρχήν ενδιαφέρον γιατί ένα από τα θεμελιώδη ερωτήματα που θέτει η Φυσική είναι το ερώτημα των δυνάμεων που επιδρούν σε ένα σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα ρευστό. Η άνωση αποτελεί μια τέτοια δύναμη. Επίσης, η άνωση συνδέεται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Παράλληλα, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα στο αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου έχει ενταχθεί η έννοια της άνωσης αναγνωρίζοντας προφανώς την αναγκαιότητα μελέτης της.

Η έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών επιστημών σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για την άνωση έχει εστιάσει κυρίως το ενδιαφέρον της στην άνωση που δέχονται τα σώματα όταν

τοποθετούνται σε υγρά. Πιο συγκεκριμένα, στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις για την έννοια της άνωσης στα υγρά και τους παράγοντες από τους οποίους αυτή εξαρτάται (Alurralde & Salinas 2006, Γκαρτζονίκα & Κώτσης 2004, Καρανίκας, Κόκκοτας & Καριώτογλου 1996, Μολοχίδης 2006, Wong, et al. 2008, Χαλκιά & Καλκάνης 1998), και για το ρόλο της άνωσης στη πλεύση και βύθιση των σωμάτων στα υγρά (ενδεικτικά: Biddulph & Osborne 1984, Butts, Hofman & Anderson 1993, Dentici et al 1984, Havu-Nuutinen 2005, Joung 2009, Stepans, Dyche & Beiswenger 1988, Θασίτης, Φασουλόπουλος & Καριώτογλου 2004). Αναφορικά με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα υγρά, από τις έρευνες που έχουν αναφερθεί, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η άνωση στα υγρά εξαρτάται από ένα μόνο παράγοντα (που σχετίζεται με το σώμα ή με το υγρό). Στους παράγοντες που έχουν εντοπιστεί συμπεριλαμβάνονται η μάζα/βάρος, η πυκνότητα, ο όγκος και η θέση του σώματος στο υγρό, καθώς επίσης και η πυκνότητα και ο όγκος του υγρού.

Μολονότι έχουν διερευνηθεί συστηματικά οι αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την άνωση στα υγρά, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τις αντιλήψεις που εκδηλώνουν οι μαθητές για την άνωση στα αέρια. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια. Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών των δύο τελευταίων τάξεων του γυμνασίου για την άνωση στα αέρια. Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την άνωση που δέχονται τα σώματα όταν βρίσκονται μέσα σε αέρια σώματα.

Μεθοδολογία της έρευνας

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Αρχικά, συγκροτήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια. Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε εφαρμόστηκε σε μαθητές Γυμνασίου. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στην έρευνα συμμετείχαν 213 μαθητές του Γυμνασίου από δύο σχολεία της Θεσσαλονίκης. Από αυτούς 106 ήταν μαθητές της Β΄ Γυμνασίου και 107 ήταν μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου. Οι μαθητές προέρχονταν από οικογένειες από διάφορες οικονομικές και κοινωνικές τάξεις. Το δείγμα στην έρευνα επιλέχθηκε τυχαία. Συνολικά από τους 106 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου, 48 ήταν κορίτσια και 58 αγόρια, ενώ από τους 107 μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου, 41 ήταν κορίτσια και 66 αγόρια.

Το ερωτηματολόγιο

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο. Οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής. Το κείμενο των ερωτήσεων συνοδεύονταν από κατάλληλες εικόνες. Οι ερωτήσεις στόχευαν να διερευνήσουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια. Οι πιθανές απαντήσεις των ερωτήσεων που υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο συγκροτήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την άνωση στα υγρά.

Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε περιλάμβανε έξι ερωτήσεις. Ειδικότερα, ζητήθηκαν από τους μαθητές προβλέψεις και αιτιολογήσεις αναφορικά με τη σχέση των ανώσεων που δέχονται δύο αερόστατα Α και Β που: (α) έχουν τον ίδιο όγκο και αιωρούνται στο ίδιο αέριο, όταν το αερόστατο Β έχει διπλάσια μάζα σε σχέση με το Α (ερώτηση 1), (β) έχουν την ίδια μάζα και αιωρούνται στο ίδιο αέριο, αλλά το Β έχει διπλάσιο όγκο σε σχέση με το Α (ερώτηση 2), (γ) έχουν τον ίδιο όγκο και αιωρούνται στο ίδιο αέριο, αλλά είναι γεμισμένα με αέρια διαφορετικής πυκνότητας (ερώτηση 3), (δ) έχουν ίδιο όγκο και μάζα και αιωρούνται στο ίδιο ύψος στο ίδιο αέριο, αλλά το Α βρίσκεται μέσα σε χώρο με μικρότερο ύψος συγκριτικά με το Β (ερώτηση 4), (ε) έχουν ίδιο όγκο και μάζα και αιωρούνται στο ίδιο αέριο αλλά το Α αιωρείται σε μικρότερο

ύψος συγκριτικά με το Β (ερώτηση 5) και (στ) έχουν τον ίδιο όγκο και αιωρούνται στο ίδιο ύψος, αλλά το Α αιωρείται σε αέριο μικρότερης πυκνότητας σε σχέση με το Β (ερώτηση 6).

Αρχικά το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε δέκα μαθητές. Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές αυτούς για να αποκομισθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε δύο ερευνητές του πεδίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που προέκυψαν, έγιναν διορθώσεις κι έτσι το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε δόθηκε προς συμπλήρωση στους μαθητές. Ο χρόνος που χρειάστηκαν οι μαθητές για να απαντήσουν μέσα στις τάξεις τους στο ερωτηματολόγιο ήταν μια διδακτική ώρα. Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιμέρους απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση.

Αποτελέσματα

Σχέση ανώσεων και μαζών/βαρών σωμάτων (ίσου όγκου) που βρίσκονται στον αέρα

Από τη μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 1 (Πίνακας 1), προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα δέχεται μεγαλύτερη άνωση (44,6%), ενώ είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι η άνωση είναι μεγαλύτερη για το σώμα με τη μικρότερη μάζα (27,23%). Είναι πιο περιορισμένο το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι η άνωση είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος (23,94%).

Πίνακας 1: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων και μαζών των σωμάτων: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Το σώμα με τη μικρότερη μάζα δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	58	27,23
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	95	44,60
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις.	51	23,94
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης.	9	4.23

Σχέση ανώσεων και όγκων σωμάτων (ίσων μαζών) που βρίσκονται στον αέρα

Η μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 2 (Πίνακας 2) κατέδειξε ότι οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο δέχεται μεγαλύτερη άνωση (35,21%) ή ότι η άνωση που δέχεται ένα σώμα δεν σχετίζεται με τον όγκο και είναι ίση για τα δύο σώματα (35,21%). Είναι συγκριτικά λιγότεροι οι μαθητές που θεωρούν ότι όταν ο όγκος είναι μικρότερος τότε η άνωση είναι μεγαλύτερη (19,25%).

Πίνακας 2: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων και όγκων των σωμάτων: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Το σώμα με το μικρότερο όγκο δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	41	19,25
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	75	35,21
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από τον όγκο του σώματος. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις.	75	35,21
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης.	22	10,33

Σχέση ανώσεων και πυκνοτήτων σωμάτων (ίσου όγκου) που βρίσκονται στον αέρα

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 3 (Πίνακας 3) διαπιστώθηκε ότι η αντίληψη «το σώμα με τη μεγαλύτερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση» είναι δημοφιλέστερη (44,60%) συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες αντιλήψεις. Ακολουθούν σε συχνότητα εμφάνισης οι αντιλήψεις «το σώμα με τη μικρότερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση» (27,23%) και «η άνωση δεν εξαρτάται από την πυκνότητα του σώματος και έτσι τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις» (23,94%).

Πίνακας 3: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων και πυκνοτήτων των σωμάτων: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από την πυκνότητα του σώματος. Το σώμα με τη μεγαλύτερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	63	29,58
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από την πυκνότητα του σώματος. Το σώμα με την μικρότερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	95	44,60
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από την πυκνότητα του σώματος. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις.	41	19,25
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης.	14	6,58

Σχέση ανώσεων των σωμάτων (ίσου όγκου και μάζας) και υψών του χώρου του αέρα μέσα στον οποίο βρίσκονται τα σώματα

Η μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 4 (Πίνακας 4) κατέδειξε ότι οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι το σώμα που αιωρείται μέσα σε χώρο αέρα με μεγαλύτερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση (41,31%). Είναι συγκριτικά μικρότερα τα ποσοστά των μαθητών που θεωρούν ότι το σώμα που αιωρείται μέσα σε χώρο αέρα με συγκριτικά μικρότερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση (24,88%) και ότι η άνωση δεν σχετίζεται με το ύψος του χώρου μέσα στον οποίο αιωρούνται τα σώματα (23,47%).

Πίνακας 4: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων των σωμάτων και υψών του χώρου του αέρα μέσα στον οποίο βρίσκονται τα σώματα: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από το ύψος του χώρου μέσα στον οποίο αυτό βρίσκεται. Το σώμα στο χώρο με το μικρότερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	53	24,88
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από το ύψος του χώρου μέσα στον οποίο αυτό βρίσκεται. Το σώμα στο χώρο με το μεγαλύτερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση.	88	41,31
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από το ύψος του χώρου. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις.	50	23,47
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης.	22	10,32

Σχέση ανώσεων και υψών των σωμάτων (ίσου όγκου και μάζας) που βρίσκονται στον αέρα

Αναφορικά με τη σχέση ανάμεσα στην άνωση και το ύψος (θέση) του σώματος μέσα στον αέρα (Πίνακας 5) διαπιστώθηκε ότι η αντίληψη «το σώμα που είναι σε μεγαλύτερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση» είναι δημοφιλέστερη (47,42%) συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες αντιλήψεις. Ακολουθούν σε συχνότητα εμφάνισης οι αντιλήψεις «το σώμα που είναι σε μικρότερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση» (24,88%) και «τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις» (16,90%).

Πίνακας 5: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων και υψών των σωμάτων: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από το ύψος του σώματος μέσα στο αέριο. Το σώμα σε μικρότερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση	53	24,88
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από το ύψος του σώματος μέσα στο αέριο. Το σώμα σε μεγαλύτερο ύψος δέχεται μεγαλύτερη άνωση	101	47,43
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από το ύψος του σώματος μέσα στο αέριο. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις	36	16,90
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης	23	10,79

Σχέση ανώσεων των σωμάτων (ίσου όγκου) και πυκνοτήτων των αερίων μέσα στα οποία βρίσκονται τα σώματα

Από τη μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 6 (Πίνακας 6) προέκυψε ότι οι μισοί σχεδόν μαθητές θεωρούν ότι το σώμα που αιωρείται στο αέριο με τη μεγαλύτερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση (46,01%), ενώ είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι η άνωση είναι μικρότερη για το σώμα που αιωρείται στο αέριο με τη μικρότερη πυκνότητα (29,11%). Είναι λιγότεροι οι μαθητές που θεωρούν ότι η πυκνότητα του αερίου μέσα στο οποίο αιωρούνται τα σώματα δεν επηρεάζει την άνωση και κατά συνέπεια τα σώματα δέχονται την ίδια άνωση (12,68%).

Πίνακας 6: Απαντήσεις των μαθητών για τη σχέση ανώσεων των σωμάτων και πυκνοτήτων των αερίων: συχνότητες (N & N%)

Αντιλήψεις	Μαθητές	
	N	N%
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από την πυκνότητα του αερίου. Το σώμα μέσα στο αέριο με τη μικρότερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση	62	29,11
Η άνωση των αερίων εξαρτάται από την πυκνότητα του αερίου. Το σώμα μέσα στο αέριο με τη μεγαλύτερη πυκνότητα δέχεται μεγαλύτερη άνωση	98	46,01
Η άνωση των αερίων δεν εξαρτάται από την πυκνότητα του αερίου. Τα σώματα δέχονται ίσες ανώσεις	27	12,68
Άλλες απαντήσεις/Απουσία απάντησης	26	12,21

Συζήτηση και συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής συνάγεται ότι, σύμφωνα με τους μαθητές, στους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση των σωμάτων στα αέρια, συμπεριλαμβάνονται η μάζα/βάρος, ο όγκος και η πυκνότητα του σώματος, καθώς επίσης και το ύψος και η πυκνότητα του αερίου αλλά και η θέση στην οποία βρίσκεται το σώμα μέσα στο αέριο. Πιο συγκεκριμένα, προέκυψε ότι σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές θεώρησαν ότι η άνωση στα αέρια εξαρτάται από τη μάζα και την πυκνότητα του σώματος. Όμως, μόνο τρεις στους δέκα μαθητές εκδήλωσαν την αντίληψη ότι η άνωση στα αέρια εξαρτάται από τον όγκο του σώματος και μάλιστα ότι το σώμα μεγαλύτερου όγκου δέχεται μεγαλύτερη άνωση. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές θεώρησαν ότι η άνωση που δέχεται ένα σώμα που βρίσκεται στον αέρα εξαρτάται από το ύψος του χώρου του αέρα και από τη θέση του σώματος μέσα στον αέρα, ενώ σχεδόν πέντε στους δέκα μαθητές εκδήλωσαν την αντίληψη ότι η άνωση εξαρτάται από την πυκνότητα του αερίου και μάλιστα ότι το αέριο με τη μεγαλύτερη πυκνότητα θα ασκεί μεγαλύτερη άνωση στο σώμα.

Αναφορικά λοιπόν με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια, οι αντιλήψεις των μαθητών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές εξαρτούν την άνωση που δέχεται ένα σώμα το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα αέριο αποκλειστικά από χαρακτηριστικά του σώματος. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις αντιλήψεις εκείνες όπου οι μαθητές εξαρτούν την άνωση που δέχεται ένα σώμα το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα αέριο αποκλειστικά από χαρακτηριστικά του αερίου. Στην τρίτη κατηγορία εντάσσονται οι αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές εξαρτούν την άνωση που δέχεται ένα σώμα το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα αέριο από το ύψος (τη θέση) του σώματος μέσα στο αέριο.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας σχετικά με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια συνάδουν με τα αποτελέσματα των ερευνών που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα υγρά (Alurralde & Salinas 2006, Γκαρτζονίκα & Κώτσης 2004, Καρανίκας, Κόκκοτας & Καριώτογλου 1996, Μολοχίδης 2006).

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια είναι δυνατόν να αποδοθούν σε ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά του τρόπου σκέψης των μαθητών, την περιορισμένη εστίαση και τη μη διάκριση των εννοιών (Driver, Guesne & Tiberchien 1993). Οι μαθητές εμφανίζουν την τάση να επικεντρώνουν την προσοχή τους και να λαμβάνουν υπόψη τους ορισμένες μόνο όψεις των καταστάσεων που μελετούν, αγνοώντας κάποιες άλλες (Driver, Guesne & Tiberchien 1993). Αναφορικά με την άνωση στα αέρια, είναι

πιθανόν οι μαθητές να εστιάζονται αποκλειστικά σε χαρακτηριστικά του σώματος είτε σε χαρακτηριστικά του αερίου και να εξαρτούν την άνωση από αυτά τα χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα, οι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν αδιακρίτως έννοιες, οι οποίες έχουν διαφορετική σημασία σύμφωνα με την επιστημονική γνώση (Driver, Guesne & Tiberchien 1993). Η μετάβαση μάλιστα από τη μια σημασία στην άλλη γίνεται χωρίς οπωσδήποτε να το συνειδητοποιούν οι μαθητές (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου 2001). Έτσι, οι μαθητές που δεν διακρίνουν τις έννοιες του όγκου, της μάζας, της πυκνότητας, του βάρους και της άνωσης, εκδηλώνουν αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες αν δύο σώματα έχουν ίδιο όγκο/βάρος/μάζα/πυκνότητα τότε θα δέχονται ίσες ανώσεις από το αέριο, ενώ αν έχουν διαφορετικό όγκο/βάρος/μάζα/πυκνότητα τότε θα δέχονται διαφορετικές ανώσεις.

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της ήταν μαθητές από δύο Γυμνάσια της Θεσσαλονίκης και αυτό σε συνδυασμό με τη χρήση μόνο ερωτηματολογίου για τη συλλογή των δεδομένων αποτελούν περιορισμούς για την έρευνα αυτή. Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η εργασία αυτή προσφέρει μια επαρκή εικόνα των αντιλήψεων των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα. Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής έχουν επιπτώσεις τόσο στον τομέα των ερευνητικών δραστηριοτήτων όσο και στον τομέα της εκπαιδευτικής πράξης. Στον τομέα των ερευνητικών δραστηριοτήτων μπορούν να συνεισφέρουν στη καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας των αντιλήψεων των μαθητών για την άνωση. Στον τομέα της εκπαιδευτικής πρακτικής μπορούν να συμβάλλουν στο σχεδιασμό διδακτικού υλικού για τους μαθητές που να διαπραγματεύεται τις αντιλήψεις τους για την άνωση.

Ωστόσο, η εμπειρική έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για μια ποικιλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών έχει αναδείξει τον ιδιαίτερο σταθερό και ανθεκτικό χαρακτήρα τους (Giordan & Vecchi 1990, Χατζηνικήτα & Χρηστίδου 2001). Προτείνεται λοιπόν να διερευνηθεί συστηματικά η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση στα αέρια, καθώς οι μαθητές ανέρχονται την εκπαιδευτική κλίμακα από το Δημοτικό στο Λύκειο. Επιπρόσθετα, οι μαθητές συχνά ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις προκειμένου να ερμηνεύσουν καταστάσεις που θεωρούνται ισοδύναμες σύμφωνα με την επιστημονική γνώση (Driver, Guesne & Tiberchien 1993, Χατζηνικήτα & Χρηστίδου 2001). Όμως, στην παρούσα εργασία δεν διερευνήθηκε η εξάρτηση των αντιλήψεων των μαθητών για την άνωση από παράγοντες του πλαισίου. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να εντοπιστούν παράγοντες του πλαισίου που επηρεάζουν τις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για την άνωση.

Βιβλιογραφία

Γκαρτζονίκα, Α. & Κώτσης, Κ. Θ. (2004). Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη δύναμη της άνωσης των υγρών. Στο: Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, Μ. Πατσαδάκης (επιμ.), Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 435-443.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1993). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα, Τροχαλία.

Driver, R., Squires,A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών: μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών, Αθήνα, Τυπωθήτω.

Θασίτης, Μ., Φασουλόπουλος, Γ. & Καριώτογλου, Π. (2004). Μελέτη της (α)συνέπειας των συλλογισμών των μαθητών: εφαρμογή στην πλεύση- βύθιση των σωμάτων στο: Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, Μ. Πατσαδάκης (επιμ.), Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις νέες τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα 399-405.

Καρανίκας, Γ., Κόκκοτας Π. & Καριώτογλου, Π. (1996). Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 4ετών φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. και μαθητών Ε΄ και ΣΤ΄ Τάξης του Δημοτικού σχετικά με την έννοια της Άνωσης στα υγρά, Παιδαγωγική Επιθεώρηση, 24, 239-259.

Μολοχίδης, Α. (2005). Ανάπτυξη και διερεύνηση διδακτικής μαθησιακής σειράς για την αυτοεπιμόρφωση των δασκάλων σε φαινόμενα και έννοιες των ρευστών, Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Χαλκιά, Κ. & Καλκάνης, Γ. (1998). Άνωση: μια έννοια τόσο «εύκολη» και τόσο «δύσκολη» στην προσέγγισή της, στο: Π. Κουμαράς, Π. Καριώτογλου, Β. Τσελφές, & Δ. Ψύλλος (επιμ.), Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνέδριου: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη: Χριστοδουλίδης.

Χατζηνικήτα, Β. & Χρηστίδου, Β. (2001). Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών. Στο: J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδης, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα & Β. Χρηστίδου (επιμ.), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Τόμος Α΄, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Alurralde, E. & Salinas, J. (2006, August). A methology to Study Students´Eexplanatory Models for Buoyant Force: spiraled explanatory Inquiry and Hypotheses Testing. Proceedings of the GIREP Conference "Modeling in Physics and Physics Education" (p. 222-226). Amsterdam, Netherlands.

Biddulph, F. & Osborne, R. (1984). Pupils´ ideas about floating and sinking, Research in Science Education, 14, 114-124.

Butts, D.P., Hofmann, H. & Anderson, M. (1993). Is hands-on experience enough? A study of young children´s views of sinking and floating objects, Journal of Elementary Science education, 5(1), 50-64.

Dentici, O.A., Grossi, M.G.,Borghi, L., De Ambrosis, A. & Massara, C.I. (1984). Understanding floating: a study of children aged six and eight years, European Journal of Education, 6(3), 235-243.

Driver, R. (1983). The Pupil as Scientist? Milton Keynes, Open University Press.

Driver, R., and Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development. Studies in Science Education, 13, 105-122.

Giordan, A. & De Vecchi, (1987), Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.

Havu-Nuutinen, S. (2005). Examing young children´s conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. International Journal of Science Education, 27(3), 259-279.

Joung, Y.J. (2009). Children's typically perceived situations of floating and sinking, International Journal of Science Education, 31(1), 101-127.

Osborne, R., and Freyberg, P. (1985). Learning in Science. Auckland, Heinemann.

Scott, P. (1987). A Constructivist View of Teaching and Learning. Leeds, Children's Learning in Science Project, University of Leeds.

Stepans, J., Dyche, S. & Beiswenger, R. (1988). The effect of two instructional models in bringing about o conceptual change in the understanding of science concepts by prospective elementary teachers, Science Education, 72(2), 185-195.

Wong, D., Lim, C.C., Munirah, S.K., & Foong, S.K. (2010, July). Student and Teacher Understanding of Buoyancy. Paper presented at AIP Conference Proceedings. Physics Education Research Conference. Portland, Oregon (USA), 21-22 July 2010, Oregon.

Συνεδρία 20: Διδασκαλία και Μάθηση στη Φυσική ΙΙΙ

Διδασκαλία βασικών εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση διδακτικών μοντέλων κατασκευασμένων από μαθητές Επαγγελματικών Λυκείων

Τσιχουρίδης Χ.[1], Βαβουγυιός Δ.[1], Ιωαννίδης Γ. Σ.[2]

[1] *Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής,*
hatsihour@uth.gr, dvavou@uth.gr
[2] *Πανεπιστήμιο Πατρών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, gsioanni@upatras.gr*

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει κατά πόσον η ενεργός εμπλοκή μαθητών Επαγγελματικών Λυκείων στο σχεδιασμό και την κατασκευή μοντέλων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο σχολικό τους εργαστήριο, σε συνδυασμό με κατάλληλη θεωρητική εξήγηση, βελτιώνει την κατανόησή τους σχετικά με βασικές έννοιες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, σε σύγκριση με τους μαθητές που προσεγγίζουν τις ανωτέρω έννοιες με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Στη έρευνα συμμετείχαν 71 μαθητές χωρισμένοι σε δυο ομάδες, την πειραματική ομάδα, που συμμετείχε στο σχεδιασμό και την κατασκευή μοντέλων ηλεκτρικών κυκλωμάτων χρησιμοποιώντας υλικά του σχολικού εργαστηρίου, και την ομάδα ελέγχου. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με το ερωτηματολόγιο DIRECT (v. 1.0) που περιέχει 29 συνολικά ερωτήσεις κατάλληλα διαμορφωμένες. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι ακόμη και τα πρόχειρα κατασκευασμένα πειραματικά μοντέλα Φυσικής έχουν παιδαγωγική αξία καθότι οι εμπλεκόμενοι μαθητές παρουσίασαν υψηλοτέρα ποσοστά σωστών απαντήσεων από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου, αλλά μόνον στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου που σχετίζονται άμεσα με το κατασκευασμένο μοντέλο τους, ενώ στα υπόλοιπα ερωτήματα δεν διαπιστώθηκε αξιοσημείωτη διαφορά.

Abstract

The present research aims at investigating the extent to which Vocational School learners' active involvement in the design and modelling of electric circuits in their school laboratory, accompanied by the appropriate theoretical explanations, improves their understanding of basic concepts of electric circuits, as opposed to the understanding of those learners that approach the above concepts after traditional teaching. A number of 71 Vocational School learners participated in the research. The students were divided into two groups, the experimental one who took part in the design and modelling of electric circuits using school-lab materials, and the control group. The data were collected with the DIRECT (v. 1.0) questionnaire, which contains 29 questions, properly formulated. The analysis of the data revealed that even simple models of Physics experiments hold some educational value, as the participating learners obtained higher rates of correct response, as opposed to the answers of the students in the control group. Higher success rates correspond only to those questions to which the experimental model previously created is applicable, whereas no significant differences were observed for the rest of the questions.

Εισαγωγή

Τα διδακτικά εργαλεία αποτελούν τα μέσα τα οποία μας βοηθούν να επιτύχουμε τους επιθυμητούς μαθησιακούς μας στόχους. Ως διδακτικά εργαλεία μπορούμε να ορίσουμε όλα εκείνα τα έξυπνα τεχνάσματα και εργαλεία σκέψης που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί για να βοηθήσουν τους μαθητές τους να μάθουν γρήγορα και αποτελεσματικά (Κασσωτάκης & Φλουρής, 2006). Το μαθησιακό περιβάλλον το οποίο στηρίζεται και οργανώνεται με βάση τα σύγχρονα διδακτικά εργαλεία (μοντέλα, μεταφορές, αναλογίες, πειράματα, προσομοίωση και οπτικοποίηση με την βοήθεια των Η/Υ) ενθαρρύνει και μεγιστοποιεί τη συνεργασία και γενικότερα την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών. Ενισχύει τις δεξιότητες τους,

βοηθά να μάθουν πώς να μαθαίνουν ενώ συμβάλλει στην ενεργοποίηση όλων των μαθητών και ιδιαίτερα εκείνων που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες διευκολύνοντας την εννοιολογική κατανόηση και προάγοντας τη μάθηση.

Τα μοντέλα αποτελούν χρήσιμα και αποτελεσματικά διδακτικά εργαλεία τα οποία βοηθούν τον μαθητή να ερμηνεύσει τα φαινόμενα που μελετά και να φτάσει στην εννοιολογική τους κατανόησή (Borges, 1999· Davidson et al., 1999· Jansoon et al., 2009· Justi & Gilbert, 2000· McClay & Talanquer, 2011· Coll, 2008). Διακρίνονται σε *νοητικά, εννοιολογικά, επιστημονικά* και *διδακτικά* μοντέλα (Σωτηράκου & Χαλκιά, 2002). Τα νοητικά μοντέλα που επινοούν οι μαθητές για την κατανόηση /ερμηνεία του φυσικού κόσμου έχουν ποικίλη προέλευση (οικογενειακό, σχολικό ή και ευρύτερο περιβάλλον) και καλλιεργούνται μεταλλασσόμενα δυναμικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Βασίζονται σε προϋπάρχουσες ιδέες, αντιλήψεις και εμπειρίες και βοηθούν τους μαθητές να κάνουν προβλέψεις. Κατά κανόνα είναι ασταθή, υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές, συγχέονται εύκολα και δεν βασίζονται σε επιστημονικές αναλύσεις παίζουν όμως ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη γνωστική αλλαγή, περισσότερο λόγω της λειτουργικότητάς και λιγότερο λόγω της ακρίβειά τους Αν και πολλές φορές τα προσωπικά μοντέλα που οικοδομούν και χρησιμοποιούν οι μαθητές δεν είναι και τόσο επιτυχημένα, ωστόσο παραμένουν εξίσου χρήσιμα με εκείνα που πετυχαίνουν ακριβή πρόβλεψη και επεξήγηση των παρατηρούμενων φαινομένων (Gentner, 1982· Χαλκιά, 2010). Το πιο διαδεδομένο μοντέλο στη διδακτική του ηλεκτρισμού και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι το υδραυλικό μοντέλο και το μοντέλο των κινούμενων ατόμων. Τα αποτελέσματα έρευνας σε ένα δείγμα 36 μαθητών και φοιτητών έδειξαν ότι το υδραυλικό μοντέλο βοήθησε τους συμμετέχοντες να κατανοήσουν την έννοια της μπαταρίας ενώ το μοντέλο των κινούμενων ατόμων βελτίωσε την κατανόηση της έννοιας των αντιστατών (Gentner & Gentner, 1983).

Εξίσου σημαντικά διδακτικά εργαλεία με τα μοντέλα θεωρούνται και τα πειράματα με ιδιοκατασκευές (Σάββας, 1996· Κουμαράς, 2002· Michaelides & Tsigris 2004· Gardner, 1981). Τα πειράματα αυτά προωθούν την συνεργασία και την κοινωνικοποίηση επειδή χρησιμοποιούν τον βιωματικό τρόπο. Αυτό που προέχει κατά την εκτέλεσή τους δεν είναι τόσο η ακρίβεια στις μετρήσεις όσο η εξοικείωσή των μαθητών με την επιστημονική μεθοδολογία και τελικά την κατανόηση του φαινομένου που μελετάται. Η χρήση των απλών και καθημερινών υλικών τους βοηθά να εστιάσουν την προσοχή τους όχι στην διάταξη αυτή καθαυτή, αλλά στο ίδιο το φαινόμενο, αποκτώντας τελικά θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες. Ακόμα, η συμμετοχή τους στην κατασκευή των πειραματικών διατάξεων τους βοηθά να γνωρίσουν καλύτερα την χρήση των εργαστηριακών οργάνων και να εξασκηθούν στην συναρμολόγηση εξαρτημάτων. Επιπλέον, τους δίνεται η ευκαιρία να εκδηλώσουν την εφευρετικότητά τους και να έλθουν σε επαφή με το πραγματικό περιεχόμενο και τις αιτίες που γεννούν τα φυσικά φαινόμενα στο καθημερινό τους περιβάλλον. Μια ακόμη σημαντική παράμετρος για την αξία των πειραμάτων με ιδιοκατασκευές, που υλοποιούνται με την χρήση απλών μέσων και υλικών, αναφέρεται στην ενθάρρυνση ακόμα και των πλέον «αδύνατων» μαθητών να συμμετέχουν στην πειραματική διαδικασία.

Σημαντικό διδακτικό εργαλείο αποτελεί και η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, ως αναπόσπαστο μέρος της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας. Για τους σκοπούς της αξιολόγησης υιοθετούνται διάφορες τεχνικές ή δοκιμασίες /τεστ. Ένα από αυτά είναι και το τεστ αξιολόγησης, καθορισμού και ερμηνείας των εννοιών των ωμικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων (The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test) DIRECT, το οποίο δημιουργήθηκε από τους Engelhardt and Beichner (2004) με σκοπό την αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (DC) και τον εντοπισμό τυχόν δυσκολιών ή/ και παρερμηνειών των εννοιών για τα κυκλώματα αυτά. Οι δημιουργοί του ανέπτυξαν δύο εκδόσεις τις 1.0 και 1.1 όπου κάθε μια από αυτές αποτελείται από 29 ερωτήσεις. Οι ερευνητές που χρησιμοποίησαν το DIRECT (Tarekegn, 2009· Baser, 2006· Baser & Durmus, 2009· Rosenthal & Henderson, 2006· Sangam et al., 2010) το περιγράφουν ως ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο αξιολόγησης και εντοπισμού του βαθμού κατανόησης των εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από τους μαθητές/φοιτητές. Ιδιαίτερα την έκδοση 1.0 η

οποία είναι περισσότερο ποιοτική και φαίνεται πως εκμαιεύει αμεσότερα τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών

Η ερευνητική προσπάθεια

Α. Η Λογική της

Ερευνητικές προσπάθειες που έχουν υλοποιηθεί διαπιστώνουν ότι, η πλειοψηφία των μαθητών που φοιτούν στα Επαγγελματικά Λύκεια παρουσιάζει ένα χαμηλό υπόβαθρο γνώσεων σε όλες σχεδόν τις γνωστικές περιοχές (Δαφέρμος & Πισπινής, 2007). Σημαντικότεροι από τους λόγους που ωθούν τους μαθητές σε χαμηλές επιδόσεις είναι η αδιαφορία τους για τα διδασκόμενα μαθήματα γενικής παιδείας όπως επίσης και η μορφή της διδασκαλίας, που έχουν ως αποτέλεσμα την παθητική συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Felder & Silverman, 1988). Ωστόσο, οι μαθητές αυτοί έχουν σημαντικές τεχνικές δεξιότητες, τις οποίες καλλιεργούν περαιτέρω, με τη βοήθεια εξειδικευμένου εκπαιδευτικού, προσωπικού στα σχολικά εργαστηριακά κέντρα[36] γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα για την διδασκαλία. Η χρήση τόσο του εξειδικευμένου βοηθητικού προσωπικού όσο του διαθέσιμου τεχνολογικού εξοπλισμού των εργαστηρίων για την σχεδίαση, δοκιμασία και τελικώς υλοποίηση αποτελεσματικών διδακτικών προσεγγίσεων, οι οποίες λαμβάνουν υπόψιν τους τις ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα του συγκεκριμένου σχολικού περιβάλλοντος αποτελεί διαρκεί πρόκληση για τους διδάσκοντες αλλά και τους ερευνητές.

Β. Η ερευνητική υπόθεση

Έχοντας κατά νου τα προηγούμενα δεδομένα διεξήχθη η ερευνητική αυτή προσπάθεια, κατά την χρονική περίοδο 2011-12, της οποίας η ερευνητική υπόθεση ήταν η ακόλουθη : Η ενεργός εμπλοκή μαθητών των Επαγγελματικών Λυκείων στο σχεδιασμό και την κατασκευή μοντέλων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο σχολικό τους εργαστήριο, σε συνδυασμό με κατάλληλη θεωρητική διδασκαλία, βελτιώνει την κατανόησή τους σχετικά με βασικές έννοιες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Γ. Το Δείγμα και η διαδικασία της έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν 71 μαθητές του Μηχανολογικού τομέα Επαγγελματικών Λυκείων ηλικίας 16-20 ετών, οι οποίοι διαχωρίστηκαν σε δυο ομάδες, την πειραματική ομάδα (Π.Ο) και την ομάδα ελέγχου (Ο.Ε) αποτελούμενες αντίστοιχα από 37 και 34 μαθητές. Η Π.Ο. συμμετείχε τόσο στον σχεδιασμό όσο και στη κατασκευή πειραματικών μοντέλων ηλεκτρικών κυκλωμάτων υλοποιώντας ένα υδραυλικό μοντέλο αλλά και παρόμοια μοντέλα με χρήση αέρα. Τα μοντέλα κατασκευάστηκαν στο σχολικό εργαστήριο, στο οποίο εκτός του ερευνητών ήταν παρόντες και οι εργαστηριακοί καθηγητές, με υλικά του εργαστήριου αλλά και άλλα που επέλεξαν και έφεραν οι ίδιοι οι μαθητές. Μετά την κατασκευή των μοντέλων έγινε η θεωρητική επεξεργασία των εννοιών (μηχανικών και ηλεκτρικών) και ο προσδιορισμός και η αντιστοίχιση των μηχανικών μεγεθών και μετρητικών συσκευών με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά μεγέθη και όργανα μετρήσεων. Οι μαθητές της Ο.Ε. ακολούθησαν το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας των εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στην σχολική τάξη. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη χρήση του ερωτηματολογίου DIRECT (Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test) Version 1.0.

[36] Για την δομή, τον εξοπλισμό και την λειτουργία των σχολικών εργαστηριακών κέντρων βλέπε : Νόμος 1566/85 (ΦΕΚ 167Α΄/1985)

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 5 διαδοχικές φάσεις συνολικής διάρκειας 11 διδακτικών ωρών και μιας 6ης φάσης διάρκειας 1 ώρας για ανίχνευση της πιθανής αλλαγής των αρχικών ιδεών των μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Αναλυτικότερα:

1η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Στους μαθητές και των δυο ομάδων δόθηκε το ερωτηματολόγιο DIRECT με την βοήθεια του οποίου ανιχνεύθηκαν οι προϋπάρχουσες γνώσεις τους σχετικά με τις βασικές έννοιες των ηλεκτρικών κυκλωμάτων καθώς και των συνδεσμολογιών τους. Ακολούθησε συζήτηση και προφορικές συνεντεύξεις για να διευκρινιστούν αναλυτικότερα οι απόψεις τους

2η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Έγινε από τον διδάσκοντα παρουσίαση της διαδικασίας που επρόκειτο να ακολουθηθεί στα πλαίσια της οποίας ζητήθηκε στους μαθητές της Π.Ο να προβληματιστούν και να προτείνουν τρόπους κατασκευής υδραυλικού μοντέλου ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Οι μαθητές πρότειναν διάφορα υδραυλικά μοντέλα και αυτενεργώντας πρότειναν να κατασκευάσουν και παρόμοια μοντέλα με χρήση αέρα αντί του νερού ως ρευστού, καθώς και ένα μανόμετρο σε σχήμα U για να μετρούν μικρές διαφορές πίεσης.

3η Φάση παρέμβασης-Φάση κατασκευής (4 ώρες): Οι μαθητές της Π.Ο σε ομάδες των 4-5 μαθητών, μετά από σύντομη συζήτηση μεταξύ τους και με τους ερευνητές κατέληξαν στο μοντέλο που θα υλοποιούσαν και αυτενέργησαν κατασκευάζοντας πρώτα το υδραυλικό ανάλογο του ηλεκτρικού κυκλώματος και της ηλεκτρικής πηγής, και κατόπιν το αντίστοιχο μοντέλο με χρήση του αέρα ως ρευστού, χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του εργαστηρίου τους.

4η Φάση παρέμβασης (4 ώρες): Οι μαθητές της Π.Ο., αφού συζήτησαν τις αντιστοιχίες των μηχανικών μεγεθών και συσκευών και των ηλεκτρικών αντιστοίχων τους πραγματοποίησαν απλές μετρήσεις και παρατηρήσεις με τα μοντέλα που είχαν κατασκευάσει. Πειραματίστηκαν με αυτά αλλάζοντας διάφορες παραμέτρους, κατέγραψαν τα δεδομένα των μετρήσεών τους, τις επεξεργάστηκαν και παρουσίασαν τα αποτελέσματά τους.

5η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Ακολούθησε ανοιχτή συζήτηση και καταγραφή των ιδεών τους σχετικά με την συνολική διαδικασία που ακολούθησαν καθώς και την αξιολόγησή της. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν προφορικές συνεντεύξεις με κάθε έναν από τους μαθητές.

6η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Τρεις εβδομάδες αργότερα ζητήθηκε από τους ίδιους μαθητές να συμπληρώσουν και πάλι το αρχικό ερωτηματολόγιο για να ανιχνευθούν τυχόν αλλαγές ιδεών των μαθητών αναφορικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Φάση	Παραδοσιακή διδασκαλία ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		Πρότυπη διδασκαλία με ιδιοκατασκευασμένα μοντέλα ηλεκτρικών κυκλωμάτων ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Ώρες	**Θέμα παρέμβασης**	**Ώρες**	**Θέμα παρέμβασης**
1η	**1**	Pre-Test: Ανίχνευση προϋπαρχουσών γνώσεων (ΤΕΣΤ DIRECT)	**1**	Pre-Test: Ανίχνευση προϋπαρχουσών γνώσεων (ΤΕΣΤ DIRECT)
2η	**1**	Εισαγωγικές έννοιες Ηλεκτρισμού. Αναφορά στα ηλεκτρικά στοιχεία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων-πηγές, αντιστάτες, καλώδια, διακόπτες, ασφάλειες	**1**	Παρουσίαση εισαγωγικών εννοιών ηλεκτρισμού και ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Αναφορά στα μοντέλα ηλεκτρικών κυκλωμάτων – προτάσεις κατασκευές μοντέλων
3η	**4**	• Η έννοια του ηλεκτρικού κυκλώματος, παραδείγματα. • Μέτρηση τάσης –Έντασης Παραδείγματα • Νόμος του Ohm-Παραδείγματα	**4**	Κατασκευή των μοντέλων στα σχολικά εργαστήρια και εισαγωγική αναφορά στις αναλογίες υδραυλικών και ηλεκτρικών μεγεθών
4η	**4**	• Σύνδεση αντιστατών σε σειρά- Παραδείγματα • Παράλληλη σύνδεση αντιστατών - Παραδείγματα • Ενέργεια και ισχύ στο ηλεκτρικό κύκλωμα-Παραδείγματα	**4**	Ανάλυση των αναλογιών υδραυλικών και ηλεκτρικών μεγεθών και μεταξύ τους συσχέτιση Συσχέτιση με των μεγεθών με αναφορά στην ηλεκτρική πηγή, αντίσταση, τάση, ένταση, ενέργεια και ισχύ. Συσχέτιση του νόμου Ohm με τα μηχανικά μεγέθη Ανάλυση της αναλογίας της σειράς και παράλληλης συνδεσμολογίας
5η	**1**	Ανακεφαλαίωση-Ανατροφοδότηση	**1**	Ανάλυση παρέμβασης – Ανακεφαλαίωση-Ανατροφοδότηση
6η	**1**	Post-test	**1**	Post-test

Πίνακας 1: Φάσεις της παρέμβασης για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου

Αποτελέσματα

Οι στόχοι της παρέμβασης ως προς το αντικείμενο διδασκαλίας καθορίζονται με την βοήθεια του ερωτηματολογίου DIRECT, όπως αναφέρονται από τους συγγραφείς του και δίνονται στο παρακάτω πίνακα, μαζί με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια.

Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στα διαγράμματα 1 και 2, απεικονίζουν το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν σωστή απάντηση στο Pre-test και το Post-test αντίστοιχα. Για κάθε πειραματικό σημείο δίνονται ράβδοι σφάλματος που αντιστοιχούν στις τυπικές αποκλίσεις για τα συνολικά πειραματικά σφάλματα (στατιστικά και συστηματικά συνδυαστικά) και υπολογίζονται για κάθε πειραματικό σημείο ξεχωριστά. Το συστηματικό σφάλμα

προσδιορίστηκε σε 2,00 % μετά από προσεκτική εξέταση για πιθανές μεροληψίες ή προκαταλήψεις ή μη αντιπροσωπευτικότητα κλπ. Η διαφορά στο αποτέλεσμα (που εμφανίζεται ως ποσοστό) μεταξύ των πράσινων τετραγώνων και των μπλε τριγώνων αντιπροσωπεύει την επίδραση της πειραματικής διδασκαλίας.

Στόχοι	Αριθμός ερώτησης	Μέσος όρος σωστών απαντήσεων			
		PRE-TEST		POST-TEST	
		Ο.Ε	Π.Ο	Ο.Ε	Π.Ο
Α. Χαρακτηριστικά των DC Κυκλωμάτων (στόχοι 1–5)					
Σ1. Προσδιορισμός και επεξήγηση βραχυκυκλώματος	10, 19, 27	42.2 (± 5.3%)	43.2 (± 5.1%)	58.8 (± 5.3%)	64.9 (± 5.0%)
Σ2. Σύνδεση ηλεκτρικού στοιχείου σε κύκλωμα	9, 18	36.8 (± 6.2%)	37.8 (± 6.0%)	51.5 (± 6.4%)	63.5 (± 6.0%)
Σ3. Προσδιορισμός και επεξήγηση πλήρους κυκλώματος	27	50.0 (± 8.9%)	48.6.0 (± 8.6%)	70.6 (± 8.2%)	73.0 (± 7.7%)
Σ4. Η έννοια της ηλεκτρικής αντίστασης	5, 14, 23	35.3 (± 5.2%)	34.2 (± 4.9%)	57.8 (± 5.3%)	67.6 (± 4.9%)
Σ5. Συνδεσμολογίες αντιστατών	4,13,22	35.3 (± 5.2%)	36.0 (± 5.0%)	53.2 (± 5.4%)	59.5 (± 5.1%)
Β. Ηλεκτρική ενέργεια (Στόχοι **6–7**)					
Σ6. Η έννοια της ηλεκτρικής ισχύος	2, 12	25.0 (± 5.7%)	25.7 (± 5.5%)	42.6 (± 6.4%)	43.8 (± 6.1%)
Σ7. Η έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας και η μπαταρία ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας	3, 21	38.2 (± 6.3%)	36.5 (± 6.0%)	44.1 (± 6.4%)	58.1 (± 6.1%)
Γ. Ηλεκτρικό ρεύμα (Στόχοι 8–9)					
Σ8. Η έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος	8, 17	39.7 (± 6.3%)	45.9 (± 6.2%)	54.4 (± 6.4%)	67.6 (± 5.8%)
Σ9. Το ηλεκτρικό ρεύμα από μικροσκοπική άποψη	1, 11, 20	30.9 (± 6.0%)	27.0 (± 5.6%)	35.3 (± 6.2%)	52.7 (± 6.2%)
Δ. Διαφορά Δυναμικού – Τάση (Στόχοι 10–11)					
Σ10. Νόμος του Ohm	7, 16, 25	42.2 (± 5.3%)	50.5 (± 5.2%)	62.7 (± 5.2%)	69.4 (± 4.8%)
Σ11. Η έννοια της διαφοράς δυναμικού σε διάφορες συνδεσμολογίες αντιστατών	6, 15, 24, 28, 29	22.2 (± 3.8%)	25.4 (± 3.8%)	34.1 (± 4.2%)	38.9 (± 4.1%)
Ε. Ρεύμα και τάση Σ12. Ρεύμα τάση	26	32.3 (± 8.4%)	27.0 (± 7.7%)	38.2 (± 8.7%)	54.0 (± 8.5%)

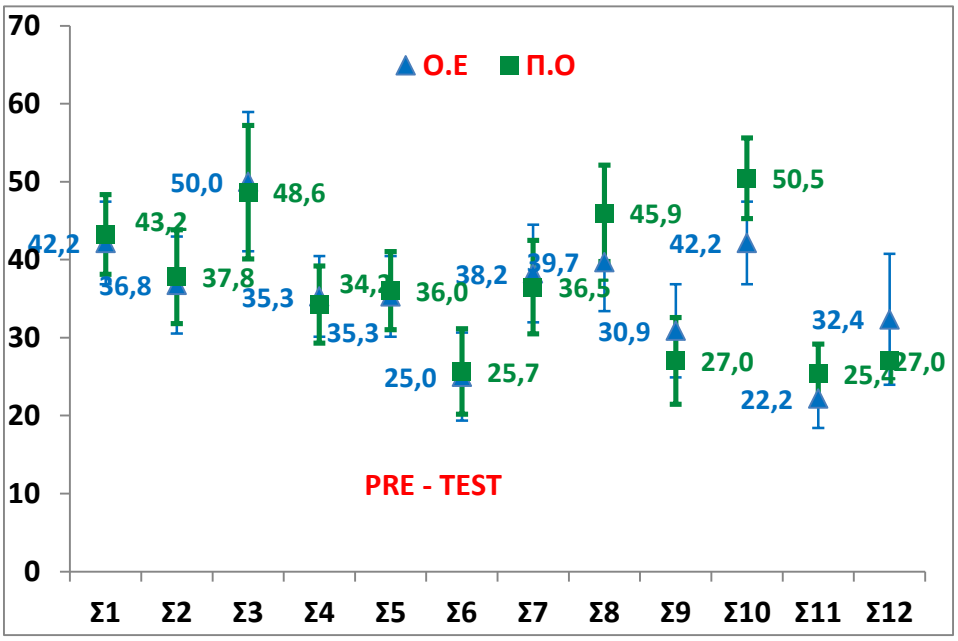
Πίνακας 1. Μετρήσιμοι στόχοι της παρέμβασης με τη βοήθεια του ερωτηματολογίου DIRECT και τα αποτελέσματα.

Συμπεράσματα

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο Pre-Test τόσο της ομάδας ελέγχου όσο και της πειραματικής ομάδας πριν διδακτική παρέμβαση, έδειξε ότι, μεταξύ των δυο ομάδων, δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη διαφορά σε όλους τους ομαδοποιημένους στόχους της παρέμβασης, που αναφέρονται αναλυτικά στον πίνακα 1, γεγονός που δείχνει ότι οι

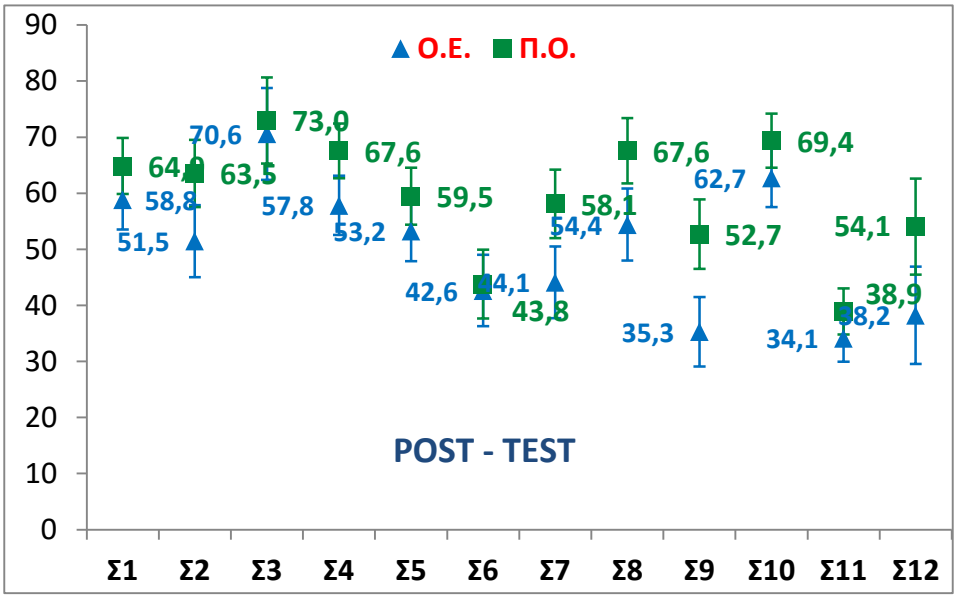
συμμετέχουσες ομάδες είχαν αρχικά παρόμοιο γνωστικό επίπεδο σε θέματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Επίσης, τα στοιχεία του πίνακα 1 δείχνουν ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των μαθητών είχε συγκεχυμένες απόψεις για τις έννοιες του ρεύματος, της διαφοράς δυναμικού, της έντασης της ενέργειας και της ηλεκτρικής ισχύος καθώς και στις συνδεσμολογίες στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Οι ερευνητές διαπίστωσαν, ότι οι μαθητές προσέγγιζαν τα μεγέθη και τις έννοιες του ηλεκτρισμού και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων λεκτικά, επιφανειακά και συγκεχυμένα, γεγονός που απέκλειε οποιαδήποτε βαθύτερη επιστημονική κατανόηση.

Μια άλλη διαπίστωση που προέκυψε από την παρατήρηση της πειραματικής ομάδας ήταν ότι, αν δοθεί στους μαθητές η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τις πρακτικές κατασκευαστικές δεξιότητές τους, τότε ωθούνται σε δημιουργική παραγωγική σκέψη, συνεργάζονται αρμονικά μεταξύ τους, βρίσκουν πρότυπες κατασκευαστικές λύσεις, αναπτύσσουν και βελτιώνουν τόσο τις δεξιότητές τους, όσο και την ικανότητα τους να διατυπώνουν και να ελέγχουν υποθετικούς συλλογισμούς, που αφορούν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της κατασκευής



Διάγραμμα 1: Ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά διδακτικό στόχο όπως δίνονται στον πίνακα 1 για το Pre – test

Η ανάλυση των απαντήσεων στο Post-Test, όπως αναφέρονται στο πίνακα 1 και παρουσιάζονται στο διάγραμμα 2, έδειξε ότι υπήρξε αξιοσημείωτη διαφορά στους στόχους Σ2: Σύνδεση ηλεκτρικού στοιχείου σε κύκλωμα, Σ4: Η έννοια της ηλεκτρικής αντίστασης, Σ7: Η έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας και η μπαταρία ως πηγή ηλεκτρικής ενέργειας Σ8: Η έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, Σ9: Το ηλεκτρικό ρεύμα από μικροσκοπική άποψη και Σ12: Ρεύμα τάση.



Διάγραμμα 2: Ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά διδακτικό στόχο όπως δίνονται στον πίνακα 1 για το Post – test

Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται κυρίως στο ότι, (παρά την προσοχή κατά την διδασκαλία που επιβάλλεται ώστε να αποφευχθούν εννοιολογικές παρανοήσεις σχετιζόμενες με το υποβόσκων νοητικό μοντέλο) η αναλογία μεταξύ των βασικών μεγεθών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τα «υδραυλικά» μεγέθη (ηλεκτρική πηγή→ αντλία, ρεύμα → παροχή, διαφορά δυναμικού → διαφορά πίεσης) είναι απλή, κατανοητή και οικεία για τους μαθητές και παίζουν σημαντικό ρόλο στην γνωστική αλλαγή βασικών εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Επιπρόσθετα, η ενεργός ομαδοσυνεργατική εμπλοκή των μαθητών στη διδακτική διαδικασία, τους κάνει να αναπτύσσουν έντονη ερευνητική και μαθησιακή διάθεση, πνεύμα ομαδικής συνεργασίας, να διατυπώνουν πληθώρα γόνιμων αποριών, γεγονός που διευκολύνει την επίτευξη των διδακτικών στόχων, αφού ενεργοποιεί την έμφυτη δημιουργικότητα τους, μετατρέποντάς τους από παθητικούς παρατηρητές, εμμέσως ελεγχόμενων πολύπλοκων διαδικασιών, σε «ενεργούς ερευνητές».

Γενικότερα οι κατάλληλα διαμορφωμένοι και εξοπλισμένοι εργαστηριακοί χώροι των Σχολικών Εργαστηριακών Κέντρων (Σ.Ε.Κ.), η διοικητική στήριξη, το βοηθητικό εκπαιδευτικό προσωπικό, μπορούν να διατεθούν, ώστε να δίνεται η δυνατότητα υλοποίησης τόσο εναλλακτικών ενεργητικών διδακτικών πρακτικών, όσο και διαθεματικών συνεργατικών-συμμετοχικών προσεγγίσεων. Η εναλλαγή των διδακτικών μεθόδων και εργαλείων ανανεώνει το ενδιαφέρον των μαθητών για τα διδακτικά αντικείμενα και γενικότερα για την μάθηση, διευκολύνοντας την εκπαιδευτική διαδικασία, αλλά ταυτόχρονα δίνει έμφαση στο επιστημονικό κύρος του εκπαιδευτικού μέσω των επικοινωνιακών του δεξιοτήτων και των διδακτικών του προσεγγίσεων. Η διδασκαλία με μοντέλα αναγκαστικά λόγω της φύσης της δημιουργεί ως ένα βαθμό σύγχυση μεταξύ του μοντέλου και του πραγματικού συσχετιζόμενου διδακτικού αντικειμένου. Ο βαθμός σύγχυσης εξαρτάται και από τον εκπαιδευτικό (έλλειψη παιδαγωγικής γνώσης και περιεχομένου) αλλά πολλές φορές και από τα σχολικά εγχειρίδια και διδακτικά εργαλεία που εισαγάγουν παρερμηνείες εννοιών. Παρόλα αυτά η χρήση μοντέλων διευκολύνει τους μαθητές να «μεταφέρουν» γνώσεις σε νέα διδακτικά αντικείμενα, να λειτουργήσουν δηλαδή ως νοητικές γέφυρες, αρκεί να γίνει η κατάλληλη επιλογή, σαφής σύνδεση των συσχετιζόμενων μεγεθών καθώς και επισήμανση τυχών διαφορών τους.

Συνοψίζοντας, το κύριο συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι ότι, υπάρχει μια ιδιαίτερη βελτίωση στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών σχετικά με τις βασικές έννοιες των

ηλεκτρικών κυκλωμάτων, που ενισχύεται από τη λειτουργικότητα του μοντέλου (και όχι τόσο από την ακρίβειά του).

Βιβλιογραφία

Δαφέρμος Ο. και Πισπίνης Β. (2007). Επιδόσεις μαθητών που επιλέγουν να εγγραφούν στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση. Έρευνα ΥΠΕΠΘ. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Τμήμα Τεχνικής & Επαγγελματικής Εκπαίδευσης. Μηχανολογικός Τομέας.

Κασσωτάκης Μ. & Φλουρής Γ. (2006). *Μάθηση & Διδασκαλία. Τόμος Β΄. Θεωρία, Πράξη και Αξιολόγηση της Διδασκαλίας*. Αθήνα, 2006.

Κουμαράς, (2002). Μια πρόταση για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Ρέθυμνο. 9-11 Μαΐου, 2002

Σάββας Σ. (1996). Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα, 1996

Σωτηράκου Μ. και Χαλκιά Κ. (2002). Τα μοντέλα στις εικόνες των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής του Γυμνασίου. *Συνέδριο της ΕΔΙΦΕ με θέμα: Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της Πληροφορίας*, Αθήνα, 18-21 Απριλίου, 2002.

Αναρτήθηκε στο: *asel.primedu.uoa.gr/PAPERS/models_3.pdf*

Χαλκιά (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Α΄ Τόμος. Εκδόσεις Πατάκη

Baser, M. (2006) Effects of Conceptual Change and Traditional Confirmatory Simulations on Pre-Service Teachers' Understanding of Direct Current Circuits. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 15 (5), pages 367-381, 2006

Baser, M., and Durmus, S. (2010). The Effectiveness of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments on the Understanding of Direct Current Electricity among Pre-Service Elementary School Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education,* Vol. 6 (1), pages 47-61, 2010

Borges A., T. (1999). Mental models of electricity. International Journal of Science Education, Vol. 21 (1), pages 95-117

Coll, R., K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Turkish Science Education*, Vol. 5 (1), pages 22-47, April 2008

Davidson, M., J., Dove L. & Weltz, J. (1999). *Mental Models and Usability*, November 15, 1999.Αναρτήθηκε στο: http://www.lauradove.info/reports/mental%20models.htm

Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2003). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys*. Vol. 72 (1), pages 98-115, 2003

Felder R., M., & Silverman L., K. (1988). "Learning and Teaching Styles In Engineering Education". *Engineering Education*, 78 (7), pp. 674-681 (1988).

Gardner, M. (1981) *Entertaining Science experiments with everyday objects*. New York: Dover Publications, Inc.

Gentner, D. (1982). Are Scientific Analogies Metaphors? Chapter 7 (106-132), In David S. Miall (Ed.), *Metaphor: Problems and perspectives*, Harvester Press Ltd., 1982

Gentner D. & Gentner D., R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A., L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 99-129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (Reprinted in M. J. Brosnan (Ed.), *Cognitive functions: Classic readings in representation and reasoning*. Eltham, London: Greenwich University Press).

Jansoon, N., Coll R., K. & Somsook, E. (2009) Understanding Mental Models of Dilution in Thai Students. *International Journal of Environmental & Science Education*, Vol. 4 (2), pages 147-168, 2009

Justi, R. & Gilbert, J. (2000) History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. International Journal of Science Education, Vol. 22 (9), pages 993-1009

Michaelides, P., G., & Tsigris M. (2004) Science Teaching with Self-made Apparatus, *1st International Conference on Hands on Science Hsci2004* – Teaching and Learning Science in the XX1 Century, 5-9 July 2004, Ljubljana, Slovenia, Proceedings pp.47-52

McClary, L. & Talanquer, V. (2011) College Chemistry Students' Mental Models of Acids and Acid Strength. *Journal of research in science teaching*, Vol. 48 (4), pages 396-413, 2011

Sangam, Deepika, and Brent K. Jesiek. (2010) "Circuits Concept Inventories: A Comparative Analysis." *Proceedings of the 2010 ASEE Annual Conference and Exposition*, Louisville, KY, June 20-23, 2010

Rosenthal, A.S. & Henderson C. (2006). Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference. *Am. J. Phys.* Vol. 74 (4), pages 324-328, 2006

Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus? Lat. Am. J. Phys. Educ., Vol. 3 (3), pages 506-517, September, 2009

Μελέτη της επίδρασης του πειράματος επίδειξης στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος στους Μαθητές της Β Λυκείου και σύγκριση αυτής με την παραδοσιακή διδασκαλία

Κοτσίνας Γεώργιος, Παπακώστας Αλέξανδρος
1ο ΓΕΛ. Ηγουμενίτσας, gkotsinas@gmail.com
Γ/σιο Φιλιατών, alexanderpapakostas@gmail.com

Περίληψη

Ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι το κατ' εξοχήν κεφάλαιο της Φυσικής που αναπτύχθηκε μέσα από ιστορικά πειράματα και ασφαλώς η κυρίαρχη διδακτική στρατηγική στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση πρέπει να εστιάζει στο πείραμα, που αποτελεί τον πυλώνα της επιστημονικής μεθοδολογίας. Η παρούσα εργασία, παρουσιάζει τα αποτελέσματα της σύγκρισης ανάμεσα στην διδασκαλία με πείραμα επίδειξης και το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας σε μαθητές της Β λυκείου, στο γνωστικό πεδίο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αναδεικνύεται ο σημαντικός ρόλος του πειράματος επίδειξης, ως διδακτικού εργαλείου, αφού όπως δείχνουν τα αποτελέσματα οι μαθητές φαίνεται να κατανοούν καλύτερα τις έννοιες και να αποκτούν περαιτέρω γνώσεις, σε σχέση με το παραδοσιακό μοντέλο.

Abstract

It is widely known that electromagnetism is the most representative chapter of physics developed through historical experiments and certainly the most dominant teaching strategy in primary and secondary Education should focus on experiments, which is the milestone of the scientific methodology. This paper presents the results of the comparison between experiment teaching demonstration and traditional teaching model applied on students of high school in the field of electrical circuits.

The analysis of the results demonstrates the indisputably important role of experiment as a teaching tool, but also as a teaching component which can be used by the teachers to stimulate the interest of students by adopting a different approach from the traditional teacher-centered methodology.

Εισαγωγή

Το θέμα του ηλεκτρισμού εισάγεται στους μαθητές αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στο πεδίο αυτό, σημαντική έρευνα έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, σχετικά με το πώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται ιδέες που σχετίζονται με τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα (Osborne, 1985, Duit et al, 1985, Κώτσης κ.α 2011). Η πλειοψηφία της ήδη υπάρχουσας έρευνας, ασχολείται με τα πρώτα στάδια της διδασκαλίας των πολύ απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων και ειδικά με τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να περιγράψουν το ηλεκτρικό ρεύμα (Duit, 1985, Shipstone et al, 1988). Λιγότερη ερευνητική προσπάθεια έχει πραγματοποιηθεί σχετικά με πιο δυσνόητες έννοιες του ηλεκτρισμού, όπως είναι η τάση ή ο συσχετισμός μεταβλητών σε πιο πολύπλοκα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Αρκετές μελέτες, (Μπάρμπας 2005, Κώτσης κ.α 2011) δείχνουν ότι ακόμη και ύστερα από εκτεταμένη διδασκαλία, οι μαθητές δεν αποκτούν επαρκή γνώση για μερικά βασικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών εστιάζει μόνο στην έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, παρά στην τάση, συγχέοντας έτσι συχνά το αίτιο με το αποτέλεσμα. Ένα σημαντικό εύρημα που αναφέρεται από αρκετούς ερευνητές είναι ότι οι μαθητές τείνουν να σκέφτονται διαδοχικά και τοπικά, όσον αφορά την αντιμετώπιση των προβλημάτων στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Μπάρμπας 2005). Εκείνοι που κάνουν χρήση της διαδοχικής θεώρησης, αναλύουν το κύκλωμα με όρους πριν και μετά, αφότου το ηλεκτρικό ρεύμα ¨περάσει¨ από ένα

συγκεκριμένο σημείο και πάντα κατά τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος (Duit & Rhoneck, 1985). Από την άλλη πλευρά, οι μαθητές που κάνουν χρήση της τοπικής θεώρησης, θεωρούν ότι η αλλαγή σε ένα σημείο επηρεάζει τοπικά και όχι κατ' ανάγκη ολόκληρο το κύκλωμα (Kuiper et al ,1985, Κώτσης κ.α 2011). Η δυσκολία που οι μαθητές αντιμετωπίζουν, φαίνεται να προέρχεται από την αδυναμία να οπτικοποιήσουν τα φαινόμενα και κατ' επέκταση να κατασκευάσουν κατάλληλες αναπαραστάσεις και νοητικά σχήματα, που θα τους βοηθήσουν να κατανοήσουν τις βασικές δομές και τις δυσνόητες έννοιες του ηλεκτρισμού (Arnold & Miller, 1997). Τέλος η γνώση των μαθητών γύρω από την περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο τέλος της λυκειακής μόρφωσής τους δεν είναι ικανοποιητική (Knight 2006). Αυτοί υπήρξαν και οι κύριοι λόγοι επιλογής της μελέτης του συγκεκριμένου πεδίου.

Γενικότερος σκοπός μας, είναι η ανάδειξη της ποιοτικής αντιμετώπισης και ανάλυσης των προβλημάτων του ηλεκτρισμού, με στόχο να αποκτήσει ο μαθητής την ικανότητα να αναγνωρίζει τη δυναμική των συστημάτων και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών. Πολλοί μαθητές που δεν κατάφεραν να εξηγήσουν ποιοτικά, προηγουμένως είχαν αντιμετωπίσει επιτυχώς πιο πολύπλοκα προβλήματα χρησιμοποιώντας εκτεταμένους αλγεβρικούς υπολογισμούς (McDermott & Shaffer, 1992). Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχει βαθιά κατανόηση των φυσικών μεταβλητών, προτού κανείς εκτιμήσει τις μαθηματικές εξισώσεις και τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους. Για τον σκοπό της έρευνας, επιλέχθηκε η χρήση γραπτού ερωτηματολογίου, κάτι που έχει παρατηρηθεί και βιβλιογραφικά (Salih, 2005, Παρασκευάς, Π. ,2007). Ειδικότερα στην περίπτωσή μας, κρίθηκε ως το πιο κατάλληλο εργαλείο με στόχο να αντιμετωπίσουμε μεγάλο δείγμα μαθητών, σε ποικιλία φυσικών καταστάσεων. Από την άλλη πλευρά, η στρατηγική για την ακολουθούμενη διδασκαλία, που έχει ως βάση αυτές τις ιδέες, στηρίχθηκε στο πείραμα επίδειξης με τη χρήση φύλλων εργασίας.

2. Μεθοδολογία – Σχεδιασμός της έρευνας

2.1 Το ερωτηματολόγιο πριν το μάθημα (pre-test)

Η μεθοδολογία της έρευνας αναπτύχθηκε με σκοπό τη παρακολούθηση και τη καταγραφή της εξέλιξης της εννοιολογικής αλλαγής των μαθητών στο πεδίο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και της αποτελεσματικότητας του παραδοσιακού μοντέλου διδασκαλίας, έναντι εκείνου του πειράματος επίδειξης, ως μαθησιακής διαδικασίας.

Αρχικά ζητήσαμε από τους μαθητές των σχολείων που συμμετείχαν στην έρευνα, να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο που είχε κατασκευαστεί για το σκοπό αυτόν. Στη φάση αυτή, το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε ως διαγνωστικό εργαλείο, με σκοπό να αναδείξει τον τρόπο με τον οποίον σκέφτονται οι μαθητές για τα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος και τις έννοιες αυτού, προτού διδαχθούν τα αντίστοιχα μαθήματα (αποτελέσματα pre-test).

2.2 Πραγματοποίηση των μαθημάτων κατά τις δυο διδακτικές παρεμβάσεις

Μετά το πέρας της πρώτης ενότητας της έρευνας, ξεκίνησε η διδασκαλία του δεύτερου κεφαλαίου των τμημάτων των σχολείων από τους αντίστοιχους εκπαιδευτικούς. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στο συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα και εστιάζει σε έννοιες των κλειστών ηλεκτρικών κυκλωμάτων, που αποτελούν την ύλη αναφοράς (Φυσική Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας). Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, έγινε τυχαίος διαχωρισμός όλων των τμημάτων των σχολείων της έρευνας σε δυο ομάδες, των πέντε τμημάτων η κάθε μια.

Στην πρώτη ομάδα (τμήματα ελέγχου), ακολουθήθηκε το μοντέλο της δασκαλοκεντρικής προσέγγισης της διδασκαλίας, ενώ στην δεύτερη ομάδα (εργαστηριακά τμήματα), πραγματοποιήθηκε διδασκαλία από τους ερευνητές, η οποία στηρίχθηκε σε πειράματα επίδειξης. Για το σκοπό αυτόν κατασκευάστηκαν φύλλα πειραματικής εργασίας με κατάλληλες ερωτήσεις.

2.3 Το ερωτηματολόγιο μετά το μάθημα (post και post delay test)

Ύστερα από τη συμπλήρωση των μαθημάτων κατά τις δυο διδακτικές παρεμβάσεις, ακολούθησε η παράδοση των ίδιων αρχικών ερωτηματολογίων σε όλα τα τμήματα των σχολείων (εργαστηριακά τμήματα και τμήματα ελέγχου). Η παράδοση πραγματοποιήθηκε μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα (έως πέντε ημέρες), μετά το πέρας όλων των μαθημάτων. Σκοπός μας ήταν η άμεση καταγραφή της εξέλιξης της γνώσης των μαθητών, ύστερα από την επίδραση των δυο μοντέλων διδασκαλίας (αποτελέσματα post-test).

Η έρευνά μας τελειώνει με την εκ νέου τελική παράδοση των ερωτηματολογίων σε όλα τα τμήματα, ύστερα από την πάροδο περίπου δυο μηνών, ώστε να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο η κατακτηθείσα γνώση (αποτελέσματα post-test) μεταβάλλεται για τα τμήματα που ακολούθησαν διαφορετική προσέγγιση στην διδασκαλία (αποτελέσματα post delay-test).

3. Ερωτηματολόγια έρευνας – Φύλλα Πειραματικής Εργασίας

3.1 Ποιότητα ερωτηματολογίου

Το μέτρο για την εκτίμηση της ποιότητας του ερωτηματολογίου είναι η δυσκολία του. Η δυσκολία, συνήθως, μετριέται βρίσκοντας το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά σε κάθε ερώτηση. Οι ερωτήσεις ποικίλουν σε δυσκολία από 0 έως 59, που είναι ένα λογικό εύρος τιμών. Μια μέση τιμή δυσκολίας γύρω στο 40, συνήθως θεωρείται ιδανική, χωρίς βεβαίως να αποκλείονται και μικρότερες τιμές (Maloney et al, 2000). Παρόλα αυτά, λίγες μόνο ερωτήσεις (η 1α και η 14) φτάνουν ή ξεπερνούν το όριο του 40, κάτι που σημαίνει ότι η συνολική εκτιμώμενη δυσκολία είναι σαφώς μεγαλύτερη του ιδανικού. Συνολικά, ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών όλων των τμημάτων φθάνει το 17% (αποτελέσματα pre-test).

3.2 Ανάλυση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου

Χαρακτηριστικό της μεθόδου ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών, είναι ότι δεν περιορίζεται μόνο στην ταξινόμησή τους σε σωστές και λανθασμένες, αλλά αναλύονται συστηματικά οι αιτιολογήσεις των απαντήσεων, διότι με αυτές πιστεύουμε ότι αποκαλύπτεται ο τρόπος που οι μαθητές σκέφτονται και αναπτύσσουν τα νοητικά μοντέλα, με σκοπό να κάνουν προβλέψεις για τα φυσικά φαινόμενα. Φαίνεται ότι τα λάθη των μαθητών δεν είναι συμπτωματικά, αλλά ακολουθούν μια κοινή δομή (Licht, 1991). Η ανάλυση στηρίχθηκε στην προσέγγιση, η οποία απαιτεί τον ορισμό της επιστημονικά ολοκληρωμένης απάντησης και τη διαβάθμιση των εξηγήσεων σε συγκεκριμένες κατηγορίες (Driver και Erickson, 1983).

3.3 Το δείγμα

Η έρευνά μας πραγματοποιήθηκε σε τρία αντιπροσωπευτικά γενικά λύκεια της πόλης των Ιωαννίνων και το γραπτό ερωτηματολόγιο 18 ερωτήσεων, παραδόθηκε συνολικά σε:

211 μαθητές δευτέρας τάξης [2ο Λύκειο (Τέσσερα τμήματα, σύνολο 79 μαθητές), 3ο Λύκειο (Τέσσερα τμήματα, σύνολο 85 μαθητές) και Ζωσιμαία σχολή (Δυο τμήματα, σύνολο 47 μαθητές)]

Βάσει του αναλυτικού προγράμματος, οι μαθητές της δευτέρας τάξης (ηλικίες 16, 17 χρονών), είχαν παρακολουθήσει τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων προ δυο ετών, στην Γ΄ τάξη του Γυμνασίου.

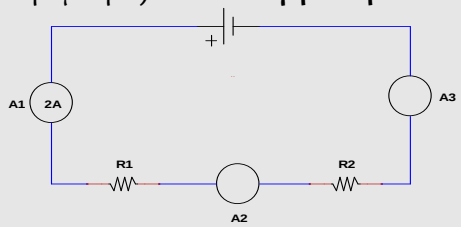
3.4 Ανάπτυξη του ερωτηματολογίου

Από την μελέτη της βιβλιογραφίας έγινε ένας κατάλογος των εννοιών που έχουν και χρησιμοποιούν οι μαθητές για την πρόβλεψη και την ερμηνεία φαινομένων από την περιοχή των κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, των χαρακτηριστικών που τους αποδίδουν, καθώς και των συλλογισμών που χρησιμοποιούν. Με βάση αυτή τη μελέτη, κατασκευάστηκε το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε.

Καμία από τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν δεν είναι ποσοτικές, δηλαδή δε δίδονται τιμές σε παραμέτρους, ώστε να απαντηθούν με τη βοήθεια μαθηματικών σχέσεων. Εν συνεχεία παραθέτουμε αυτούσιες κάποιες από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

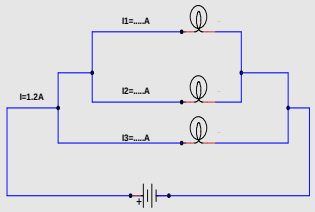
ΕΡΩΤΗΣΗ 6

Το παρακάτω κύκλωμα περιλαμβάνει μια πηγή, δυο αντιστάτες διαφορετικής ωμικής αντίστασης και τρία αμπερόμετρα. Η ένδειξη του αμπερομέτρου A_1 είναι 2Α. Ποιες πιστεύεις ότι θα είναι οι ενδείξεις των υπολοίπων αμπερομέτρων; (*Σημείωσε τις ενδείξεις μέσα στα αμπερόμετρα*). **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**



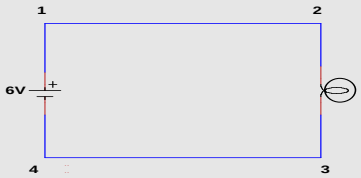
ΕΡΩΤΗΣΗ 7

Στο κύκλωμα που ακολουθεί όλες οι λάμπες είναι όμοιες. Συμπλήρωσε πάνω στο σχήμα τις τιμές των ηλεκτρικών ρευμάτων στους επιμέρους κλάδους. **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**



ΕΡΩΤΗΣΗ 10

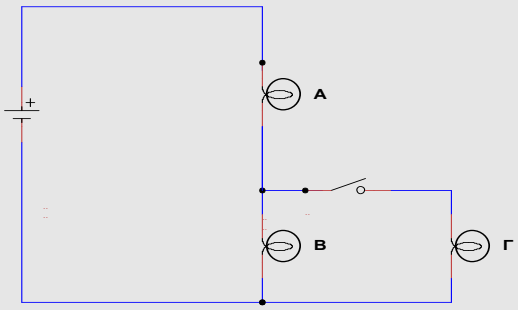
Στο παρακάτω κύκλωμα, που περιλαμβάνει μια ιδανική μπαταρία και μια λάμπα, να σημειώσεις τις τιμές της τάσης ανάμεσα στα σημεία που δίνονται:



1 και 2:_____V, 2 και 3:_____V, 3 και 4:_____V

ΕΡΩΤΗΣΗ 13

Το παρακάτω κύκλωμα περιλαμβάνει τρεις πανομοιότυπες λάμπες και μια ιδανική μπαταρία (*r=0*). Υποθέτουμε ότι η αντίσταση του διακόπτη είναι αμελητέα. (*Τοποθέτησε ένα Χ στο αντίστοιχο κουτάκι*)



Α) *Πως μεταβάλλεται η φωτεινότητα της λάμπας Α, όταν ο διακόπτης κλείνει:*

I. Παραμένει σταθερή όπως ήταν με τον διακόπτη ανοικτό

II. Αυξάνεται η φωτεινότητα της

III. Μειώνεται η φωτεινότητά της

Β) <u>Όταν ο διακόπτης είναι κλεισμένος, τότε:</u>

I.Οι λάμπες Β και Γ φωτοβολούν το ίδιο

II. Οι λάμπες Α, Β, Γ φωτοβολούν το ίδιο

III. Οι λάμπες Α και Β φωτοβολούν το ίδιο

3.5 Φύλλα πειραματικής εργασίας

Στα φύλλα πειραματικής εργασίας, σχεδιάστηκαν με προσοχή δυο πειράματα (στο Παράρτημα που ακολουθεί δείχνεται το ένα πείραμα) και στοιχειοθετήθηκαν ομάδες ερωτήσεων, με γνώμονα να βοηθήσουν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις λάθος αντιλήψεις, όπως αυτές προέκυψαν ως πορίσματα με τη χρήση των ερωτηματολογίων πριν τη διδασκαλία (αποτελέσματα pre-test).

Η συνολική ανάλυση στηρίχτηκε στην καθοδήγηση των μαθητών σε μεθοδευμένες εργασίες που απαιτούν δικαιολόγηση. Αρχικά οι μαθητές παρατηρούν, εν συνεχεία προβλέπουν και καταγράφουν τις απόψεις τους και τέλος αναλύουν τις πειραματικές επιδείξεις με τη βοήθεια του ερευνητή. Καμία από τις ερωτήσεις των φύλλων εργασίας δεν απαιτεί αριθμητικούς υπολογισμούς. Κάθε δραστηριότητα δίνει έμφαση σε μια βασική ιδέα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος.

4. Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

4.1 Εισαγωγή

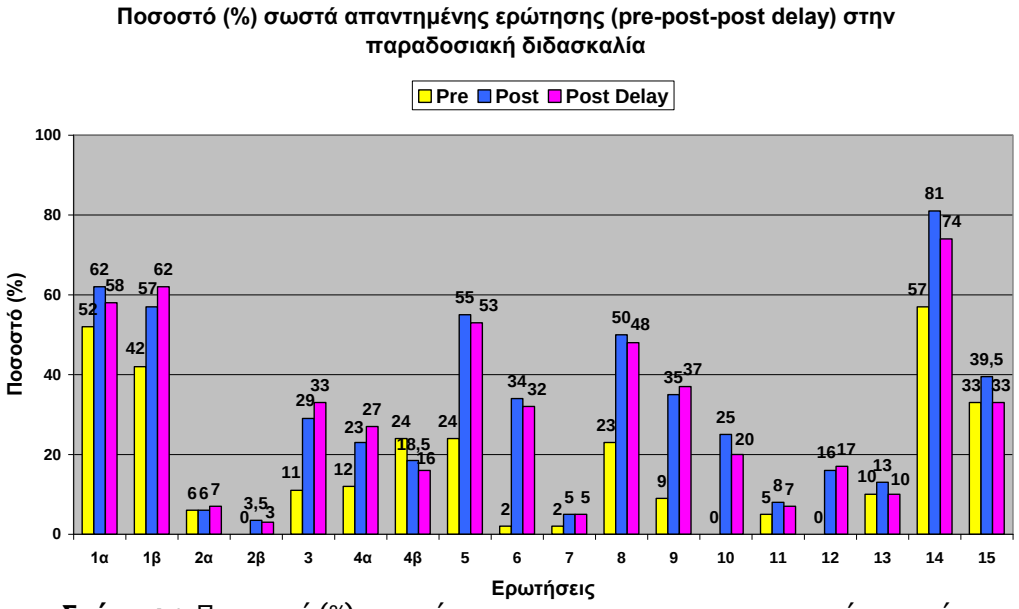
Για να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των δυο διδακτικών παρεμβάσεων, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από t-test και τεχνικών ANOVA (μη συσχετισμένη ανάλυση διακύμανσης), με σκοπό να καθορισθεί εάν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ομάδων των μαθητών. Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε χρήση συσχετισμένου ελέγχου t (correlated t-test) για την σύγκριση των αποτελεσμάτων του ίδιου τμήματος (pre-post-post delay), καθώς και μη συσχετισμένου ελέγχου t (uncorrelated ή unrelated t-test) για την σύγκριση των διαφορετικών τμημάτων μεταξύ τους.

Όλα τα ποσοτικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, προέρχονται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας στηρίχθηκε στη μεταβολή του ποσοστού της σωστά απαντημένης ερώτησης, όπως αυτή εκφράζεται από τους μέσους όρους για κάθε τμήμα και για κάθε ερώτηση. Για την ποσοτική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, καθώς και για τις γραφικές αναπαραστάσεις, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SPSS FOR WINDOWS VER. 10 και το πρόγραμμα MICROSOFT EXCEL.

4.2 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων των τμημάτων ελέγχου

Αρχικά μελετήσαμε τα αποτελέσματα των τμημάτων των σχολείων, στα οποία πραγματοποιήθηκε το μάθημα σύμφωνα με το μοντέλο της παραδοσιακής διδασκαλίας.

Στο σχήμα 4.1 που ακολουθεί, αποτυπώνεται το ποσοστό της βελτίωσης ή όχι για κάθε ερώτηση σε όλα τα στάδια της έρευνας (pre, post, post delay). Τα αναγραφόμενα ποσοστά, αντιπροσωπεύουν τις μέσες τιμές συνολικά και για τα πέντε τμήματα των σχολείων.

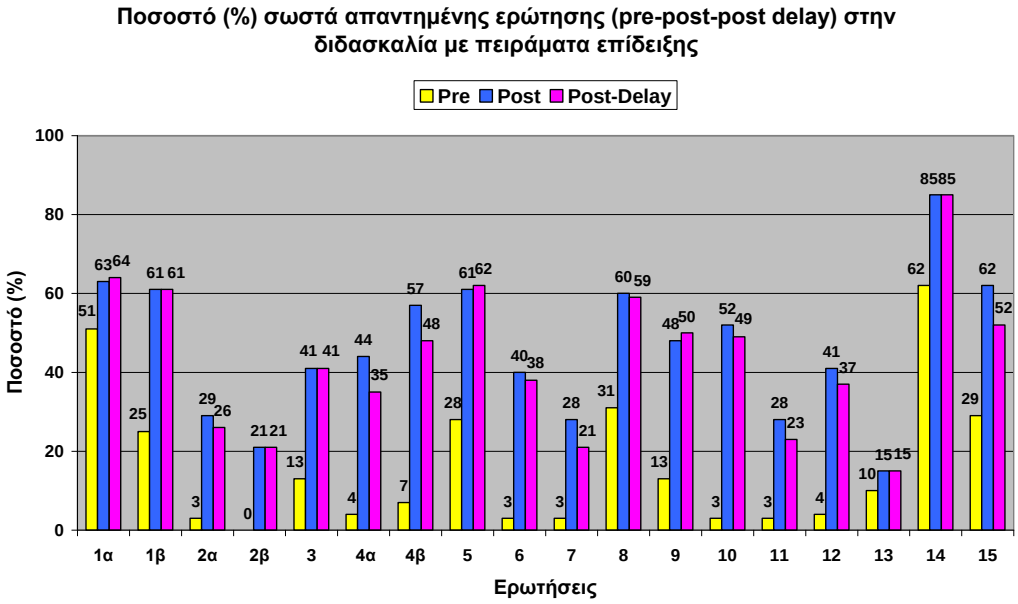


Σχήμα 4.1: Ποσοστό (%) σωστά απαντημένης ερώτησης Πριν, Αμέσως Μετά και Αρκετά Αργότερα (Pre-Post-Post Delay) τη παραδοσιακή διδασκαλία

Η μέση συνολική επίδοση πριν από την παραδοσιακή διδασκαλία ήταν 17,3%, ενώ η μέση συνολική επίδοση αμέσως μετά την παραδοσιακή διδασκαλία ήταν 31,1%. Η διαφορά αυτή (13,8%), αντιπροσωπεύει και τη συνολική μέση βελτίωση της επίδοσης των μαθητών αμέσως μετά τη διδασκαλία. Από την άλλη πλευρά, η μέση συνολική επίδοση αρκετά αργότερα της διδασκαλίας, ανήλθε στο ποσοστό του 30,1% και η αντίστοιχη μέση βελτίωση έφτασε το ποσοστό του 12,8%. Από τον έλεγχο του συσχετισμένου t-test, προκύπτει ότι ο μέσος όρος του pre-test (*M=17,30, S.D.=1,80*) και εκείνος του post-test (*M=31,14, S.D.=8,76*) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (*t=-3,34, df=4, p=0,029, δίπλευρη*). Επίσης στατιστικά σημαντικά (*t=-4,48, df=4, p=0,011, δίπλευρη*) διαφέρουν και οι μέσοι όροι του pre-test και του post delay-test (*M=30,04, S.D.=5,81*).

4.3 Στατιστική ανάλυση των δεδομένων των εργαστηριακών τμημάτων

Στη συνέχεια μελετάμε τα αποτελέσματα των τμημάτων των σχολείων, στα οποία πραγματοποιήθηκε το μάθημα με πειράματα επίδειξης. Στο σχήμα 4.2, αποτυπώνεται το ποσοστό της βελτίωσης ή όχι για κάθε ερώτηση σε όλες τις φάσεις της έρευνας (pre, post, post delay). Τα αναγραφόμενα ποσοστά, αντιπροσωπεύουν τις μέσες τιμές συνολικά και για τα πέντε τμήματα των σχολείων.



ΣΧΗΜΑ 4.2: Ποσοστό (%) σωστά απαντημένης ερώτησης Πριν, Αμέσως Μετά και Αρκετά Αργότερα (Pre-Post-Post Delay) από τη διδασκαλία με πειράματα επίδειξης

Η μέση συνολική επίδοση πριν τη διδασκαλία ήταν 16,1%, ενώ η μέση συνολική επίδοση αμέσως μετά τη διδασκαλία με πειράματα επίδειξης έφτασε το 46,4%. Η διαφορά αυτή (30,2%), αντιπροσωπεύει και τη συνολική μέση βελτίωση της επίδοσης των μαθητών.

Από την άλλη πλευρά, η μέση συνολική επίδοση αρκετά αργότερα της διδασκαλίας, ανήλθε στο ποσοστό του 43,7% και η αντίστοιχη μέση βελτίωση έφτασε το ποσοστό του 27,5%. Από τον έλεγχο του συσχετισμένου t-test (correlated t-test-Paired Samples), προκύπτει ότι ο μέσος όρος του pre-test (*M=16,06, S.D.=2,07*) και εκείνος του post-test (*M=46,38, S.D.=10,68*) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (*t=-7,14, df=4, p=0,002, δίπλευρη*). Επίσης στατιστικά σημαντικά (*t=-5,86, df=4, p=0,004, δίπλευρη*) διαφέρουν και οι μέσοι όροι του pre-test και του post delay-test (*M=43,77, S.D.=11,27*).

4.4 Συμπεράσματα

Κάνοντας μια γενική αποτίμηση των ευρημάτων της έρευνας, ελέγχοντας ταυτόχρονα τις ερευνητικές μας υποθέσεις, διαπιστώνουμε ότι η διδασκαλία με πειράματα επίδειξης, ως εκπαιδευτική διαδικασία, μπορεί να αξιοποιηθεί για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αφού όπως δείχνουν τα αποτελέσματα οι μαθητές φαίνεται να κατανοούν καλύτερα τις έννοιες και να αποκτούν περαιτέρω γνώσεις, σε σχέση με το παραδοσιακό μοντέλο. Τέτοιου είδους εκπαιδευτικές διαδικασίες, αν και δεν περιλαμβάνουν την άμεση ενεργό συμμετοχή των μαθητών, αναγνωρίζονται ότι συμβάλλουν στην καλύτερη διατήρηση της προσοχής, καθώς και στην αμεσότητα της επικοινωνίας τους με το διδάσκοντα. Με τον τρόπο αυτόν διευκολύνεται η απρόσκοπτη παρουσίαση των διδακτικών περιεχομένων. Επίσης, η σαφήνεια διατύπωσης των διδακτικών στόχων από τον ερευνητή και η όσο το δυνατόν προσαρμογή της διδασκαλίας στο επίπεδο των μαθητών, φαίνεται να ικανοποίησε σε μεγάλο βαθμό τους μαθητές και κατ΄ επέκταση τις μαθησιακές τους ανάγκες. (Knight 2006). Αξίζει τέλος να τονιστεί πως πέραν των οποιονδήποτε αποτελεσμάτων, εκφράστηκε διάχυτη η επιθυμία από πολλούς μαθητές για συνέχιση των πειραμάτων επίδειξης. (Μπάρμπας 2005). Για το λόγο αυτόν πιστεύουμε πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εφαλτήριο και να βοηθήσουν σημαντικά ώστε το μάθημα της Φυσικής να γίνει πιο φιλικό ιδιαίτερα απέναντι στους δύσπιστους μαθητές.

Προτείνουμε να υπάρξει μια βαθμιαία μεταστροφή από την παραδοσιακή περιγραφή της γνώσης προς μια διδασκαλία που θα είναι παιδαγωγικά έγκυρη, με τη χρήση κατάλληλων

διδακτικών τεχνικών, που θα ικανοποιούν τις σύγχρονες εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών. Μια τέτοια αλλαγή βέβαια απαιτεί αναπροσαρμογές, όχι μόνο από τους εκπαιδευτικούς, αλλά και από τους σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων. Ελπίζουμε τα ευρήματά μας να ρίξουν φως στην κατασκευή ακόμη πιο αποτελεσματικών στρατηγικών διδασκαλίας και μαθησιακών διαδικασιών, που θα ανταποκρίνονται πλήρως στις ανάγκες ενός σύγχρονου σχολείου, σε μια δυναμικά εξελισσόμενη κοινωνία.

Βιβλιογραφία

Κώτσης Κ, Κοτσίνας Γ,(2010) Κοινές Αντιλήψεις Μαθητών Β Λυκείου και Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε έννοιες του ηλεκτρισμού. 7ο συνέδριο ΔΙ.ΦΕ.ΝΤ Αλεξανδρούπολη.

Μπάρμπας Α,(2005). Μελέτη της κατανόησης φαινόμενων και εννοιών στατικού-δυναμικού ηλεκτρισμού από μαθητευόμενους διδακτορική διατριβή, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Παρασκευάς, Π. (2007). Σχεδιασμός και πραγματοποίηση ημιδομημένης συνέντευξης προκειμένου να ελεγχτούν οι ιδέες ενός μαθητή/μιας μαθήτριας για το ηλεκτρικό ρεύμα.5ο συνέδριο Ιωάννινα 2007

Duit R., Jung W., & Rhoneck, C. (eds) (1985) *Aspects of understanding Electricity.* Proceedings of an International Workshop (Vertrieb Schmidt & Klaunig, Kiel).

Driver R., & Erickson G. (1983) Theories-in action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education, 10, 37-60.*

Duit R., (1985) The meaning of current and voltage in everyday language and consequences for understanding the physical concepts of the electric circuit. *Aspects of understanding Electricity.* Proceedings of an International Workshop. Ludwisburg 1984 (IPN, Kiel) 331-341.

Kuiper J., Dulfer G. H., Licht P., & Thijs G. D., (1985) Students' conceptual problems in the understanding of simple electric circuits. Internal report (Free University, Amsterdam).

Knight R. (2006). Πέντε Εύκολα Μαθήματα. Στρατηγικές για την Επιτυχή Διδασκαλία της Φυσικής. Δίαυλος, Αθήνα.

Licht P. (1991). Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach. *Phys. Educ., 26 (5), 272-277.*

Maloney D. O' Kuma T., Hieggelke C. J., & Heuvelen A. V., (2000) Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Am. J. Phys., 69, 212-223.*

McDermott L. C. & Shaffer P. S. (1992) Research as a guide for curriculum development: an example from introductory electricity, Part I: Investigation of student understanding. *Am. J. Phys., 60, (11) 1003-1013.*

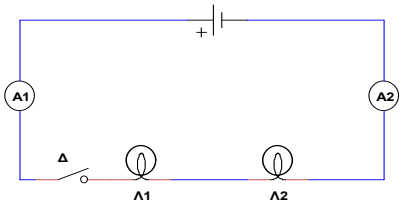
Osborne R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *J. Res. Sci. Technol. Educ., 1(1), 73-83.*

Salih A.,(2005) The effectiveness of the learning-cycle method on teaching DC circuits to prospective female and male science teachers. *J. Res. Sci. Tech. Educ. 23 (2), 213-227.*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

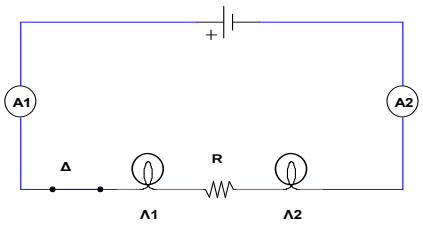
ΦΥΛΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το κύκλωμα που ακολουθεί αποτελείται από μια μπαταρία, έναν διακόπτη, δυο λαμπτήρες (*Λ1 και Λ2*) και δυο αμπερόμετρα (*Α1 και Α2*). Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός, όπως φαίνεται και στο σχήμα. (Για τα ερωτήματα ΙΙ, ΙΙΙ και ΙV, ο διακόπτης είναι κλειστός)



I. Εάν κλείσω τον διακόπτη, ποια είναι η πρόβλεψή σας για τις ενδείξεις των αμπερομέτρων και για τις φωτεινότητες των δυο λαμπών.
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΩΝ: Α1=Α2, Α1>Α2, Α1<Α2
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΕΣ ΛΑΜΠΩΝ: Λ1=Λ2, Λ1>Λ2, Λ1<Λ2, **Δικαιολόγησε την απάντησή σου**

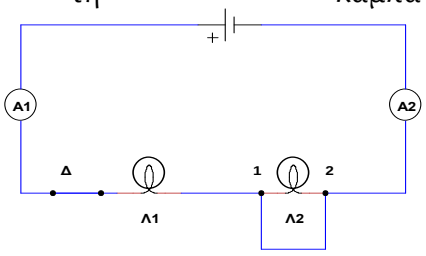
II. εισάγω μια ωμική αντίσταση R, (βλέπε το παρακάτω σχήμα) ανάμεσα και εν σειρά με τις δυο λάμπες, τι πιστεύετε ότι θα συμβεί στις ενδείξεις των αμπερομέτρων και στις φωτεινότητες των δυο λαμπών.



ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΩΝ: Αυξάνονται, Μειώνονται, Δεν μεταβάλλονται
ΕΠΙΣΗΣ ΘΑ ΙΣΧΥΕΙ: Α1=Α2, Α1>Α2, Α1<Α2
ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΕΣ ΛΑΜΠΩΝ: Αυξάνονται, Μειώνονται, Δεν μεταβάλλονται
ΕΠΙΣΗΣ ΘΑ ΙΣΧΥΕΙ: Λ1=Λ2, Λ1>Λ2, Λ1<Λ2, **Δικαιολόγησε την απάντησή σου**

III. Εάν ξεβιδώσω και αφαιρέσω μια από τις δυο λάμπες, τι θα συμβεί στις ενδείξεις των αμπερομέτρων: Αυξάνονται, Μειώνονται, Μηδενίζονται, **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

IV. Αφαιρούμε την ωμική αντίσταση. Ενώνουμε τα σημεία 1 και 2 με ένα σύρμα (βραχυκυκλώνουμε τη λάμπα 2), όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Πως μεταβάλλονται στην περίπτωση αυτή:
Η φωτεινότητα της λάμπας 1 (Λ1): Αυξάνεται, Μειώνεται, Δεν μεταβάλλεται
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:

Το ρεύμα που διαρρέει την μπαταρία : Αυξάνεται, Μειώνεται, Δεν μεταβάλλεται
Δικαιολόγησε την απάντησή σου:
Η συνολική αντίσταση του κυκλώματος: Αυξάνεται, Μειώνεται, Δεν μεταβάλλεται

Τα ρολόγια quartz ως αφορμή για τη διδασκαλία της δομής της ύλης μέσω της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου

Βλάσση Μ.,[1] Καραλιώτα Α.[2]
[1]*Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, mvlassi@yahoo.com*
[2]*Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, akaraliota@chem.uoa.gr*

Περίληψη

Στην εργασία αυτή προτείνεται και παρουσιάζεται ένα σχέδιο μαθήματος που βασίζεται στην καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο με σκοπό να διαπιστωθεί πώς η αλλαγή στη δομή της ύλης μπορεί να αλλάξει τις ιδιότητες των υλικών. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές διερευνούν τον τρόπο με τον οποίο μία παραμόρφωση στους κρυστάλλους του χαλαζία που βρίσκονται στα ρολόγια quartz επηρεάζει τη λειτουργία τους. Ο χαλαζίας είναι ένα πιεζοηλεκτρικό υλικό που εμφανίζει ηλεκτρικό πεδίο υπό την επίδραση μηχανικής πίεσης. Επίσης μπορεί να ταλαντωθεί με συγκεκριμένη συχνότητα αν εφαρμοστεί σε αυτόν ηλεκτρική τάση. Αυτή η ταλάντωση σε διάφορες συχνότητες είναι αποτέλεσμα της αλλαγής της δομής του κρυστάλλου χαλαζία που βρίσκεται στα περισσότερα ρολόγια quartz. Το προτεινόμενο σχέδιο μαθήματος περιλαμβάνει αναλυτικά τα βήματα που απαιτούνται σύμφωνα με τις αρχές της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου.

Abstract

In this study we present a guided inquiry teaching plan aiming to reveal the role of the chemical structure to the properties of the substances. Students investigate how the deformation of the quartz crystal in the watches affects their operation. Quartz crystal is a piezoelectric material that generates an electrical charge when mechanical pressure is applied. These crystals also vibrate when a voltage from an outside source, such as a battery, is applied. This vibration is caused due to the deformation of the crystal. The most common quartz crystals inside watches today are miniature encapsulated tuning forks which vibrate in various frequencies. The proposed teaching plan includes the analytical steps, according to the principles of guided inquiry method.

Εισαγωγή

Ελληνικές και διεθνείς βιβλιογραφικές αναφορές περιλαμβάνουν πλήθος ερευνών για παρανοήσεις που εμφανίζονται στους μαθητές και σχετίζονται με τη δομή και τη σύσταση της ύλης καθώς και το χημικό δεσμό (Peterson 1993, Furio & Calatayud 1996, Taber 1998, Levy Nahum et al. 2007). Η μελέτη των ευρημάτων της έρευνας που πραγματοποιήσαμε (Vlassi & Karaliota 2008) σε 142 φοιτητές έδειξε ότι δεν μπορούν εύκολα να συνδέσουν το μικρόκοσμο με το μακρόκοσμο καθώς και να συσχετίσουν τις ιδιότητες σωμάτων που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή με τη δομή της ύλης και τα είδη του χημικού δεσμού. Επίσης τα αποτελέσματα φανέρωσαν την ανάγκη της εφαρμογής μίας μεθόδου διδασκαλίας που βασίζεται στον εποικοδομητισμό και στη διερευνητική μάθηση.

Οι διερευνητικές μέθοδοι εμπλέκουν τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία και δεν τους καθιστούν απλούς δέκτες πληροφοριών, κάτι που συμβαίνει κατά τη διάρκεια μίας διάλεξης σύμφωνα με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Ο Ausubel (Sozbilir 2002) υποστηρίζει ότι η διδασκαλία πρέπει να βασίζεται σε αυτά που ήδη γνωρίζουν οι μαθητές. Επίσης, σύμφωνα με τη θεωρία του εποικοδομητισμού η γνώση οικοδομείται μέσω μιας διαδικασίας αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε εξωτερικά ερεθίσματα και σε ιδέες που ήδη κατέχει ο μαθητής.

Για να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου ως προς την κατανόηση των εννοιών των σχετικών με τη σύσταση, τη δομή της ύλης και το χημικό δεσμό πραγματοποιήσαμε περεταίρω έρευνα στην οποία γίνεται σύγκριση μεταξύ της καθοδηγούμενης διερευνητικής και της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας. Στην έρευνα συμμετείχαν 357 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου και 180 μαθητές της Α΄ Λυκείου. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε υπεροχή της διερευνητικής έναντι της παραδοσιακής

μεθόδου διδασκαλίας και για τις δύο τάξεις. Οι ποσοστιαίες διαφορές των μέσων όρων μεταξύ των δύο τεστ (πριν και μετά την παρέμβαση) για τη Β' Γυμνασίου ήταν 43,99% για την παραδοσιακή και 70,67% για τη διερευνητική μέθοδο ενώ για την Α΄ Λυκείου ήταν 26,71% για την παραδοσιακή και 34,78% για τη διερευνητική μέθοδο. (Βλάσση 2008, Βλάσση & Καραλιώτα 2009, Vlassi & Karaliota 2012).

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής προτείνεται η εφαρμογή του σχεδίου μαθήματος που παρουσιάζεται σε αυτήν την εργασία. Σκοπός της διδακτική πρότασης που βασίζεται στην καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι να μελετηθεί η σχέση μεταξύ της λειτουργίας των ρολογιών quartz και της μεταβολής της δομής του χαλαζία, ως πιεζοηλεκτρικού υλικού. Το σχέδιο μαθήματος σχετίζεται με το 1ο κεφάλαιο της Χημείας Β' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης το οποίο αναφέρεται στις διαμοριακές δυνάμεις, τις μεταβολές των φυσικών καταστάσεων και τις προσθετικές ιδιότητες.

Χαρακτηριστικά της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου

Ερευνητές εισήγαγαν τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας στις τάξεις φυσικών επιστημών από την εποχή του Dewey (1938) και του Schwab (1960). Σύμφωνα με το εθνικό συμβούλιο ερευνών (NRC 1996) η διερεύνηση μπορεί να θεωρηθεί ως μία στρατηγική που χρησιμοποιεί αξιώματα και αποδείξεις ώστε να προκύψουν επιχειρήματα και εξηγήσεις. Η διερεύνηση αποτελεί μία βασική εκπαιδευτική επιστημονική προσέγγιση καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους και για διαφορετικούς σκοπούς και στόχους. Γενικά αυτό που επιτυγχάνεται είναι να παρακινούνται οι μαθητές να εξερευνούν και να αντιλαμβάνονται τα φαινόμενα γύρω τους προβαίνοντας σε διαδικασίες όμοιες με αυτές που εκτελεί ένας επιστήμονας. Χαρακτηριστικό της σχολικής τάξης στην οποία εφαρμόζονται τέτοια μοντέλα είναι η επικράτηση ενός ψυχολογικού κλίματος ανοικτού στη συζήτηση (Zachos 2000; Duschl 2004, Lee et al. 2004).

Η μάθηση με χρήση έρευνας (learning science by inquiry) εμπλέκει τον εκπαιδευόμενο σε διαδικασίες όπου δημιουργεί ερευνητικές ερωτήσεις, σχεδιάζει πειράματα, κατασκευάζει, αναλύει και αξιολογεί καταστάσεις με επιχειρήματα που βασίζονται στην απόδειξη (Bybee 2000, Tamir 1985).

Μια πιο πρόσφατη αναφορά έθεσε εκ νέου τους στόχους στην εκπαίδευση των Επιστημών σήμερα (Rocard 2007). Σύμφωνα με αυτή έχει αποδειχτεί η αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών μέσω της διερεύνησης, και στις δύο εκπαιδευτικές βαθμίδες (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια). Η αποτελεσματικότητα σχετίζεται με την αύξηση του ενδιαφέροντος αλλά και της επίδοσης των μαθητών και ταυτόχρονα με την αύξηση της παροχής κινήτρων στους εκπαιδευτικούς.

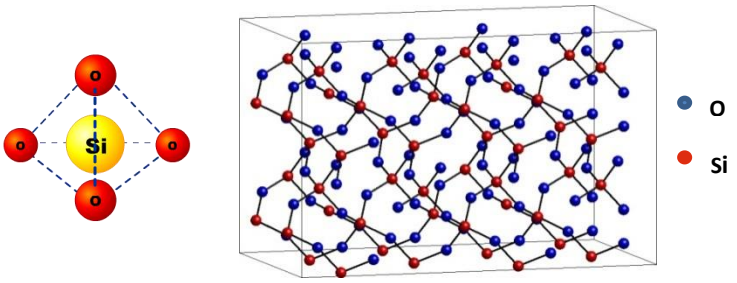
Η διερεύνηση επίσης είναι αποτελεσματική σε όλα τα μαθησιακά επίπεδα των μαθητών από τους πιο αδύνατους στους πιο ικανούς. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ευνοεί περισσότερο από άλλες μεθόδους τη συμμετοχή των κοριτσιών στις φυσικές επιστήμες. Βέβαια δεν πρέπει να αποκλείεται η χρήση και άλλων πιο συμβατικών μεθόδων διδασκαλίας αλλά πρέπει να υπάρχει συνδυασμός και αλληλοεπικάλυψη (Osborne 2008, Rocard 2007).

Η καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος αυτή περιλαμβάνει πέντε βήματα, κάθε ένα από τα οποία μπορεί να χωρίζεται σε επιμέρους φάσεις. Τα βήματα αυτά, που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία ως «5Ε» είναι τα εξής: **Ε**ngagement: **Ε**μπλοκή με το πρόβλημα, **Ε**xploration: **Ε**ξερεύνηση, **Ε**xplanation: **Ε**ξήγηση, **Ε**laboration: **Ε**πεξεργασία εκτενέστερη, **Ε**valuation: **Ε**κτίμηση-Αξιολόγηση (Bybee 2006).

Ο χαλαζίας ως πιεζοηλεκτρικό υλικό

Ως προς τη χημική του σύσταση ο χαλαζίας είναι κρυσταλλική μορφή του διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2). Τα άτομα του πυριτίου στο πλέγμα του κρυστάλλου του χαλαζία βρίσκονται στο κέντρο ενός τετραέδρου στις κορυφές του οποίου βρίσκονται τέσσερα άτομα οξυγόνου. Κάθε άτομο πυριτίου ενώνεται με τέσσερα άτομα οξυγόνου, ενώ κάθε άτομο οξυγόνου στο πλέγμα συνδέεται με δύο άτομα πυριτίου (σχήμα 1). Έτσι προκύπτει ο εμπειρικός τύπος SiO_2.

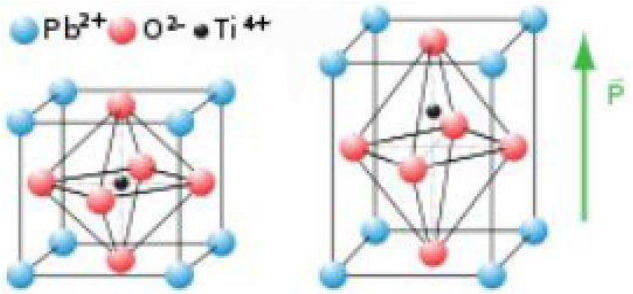
Συχνά αναφέρεται και ως κρύσταλλος, ή ορεία κρύσταλλος, ή σύμφωνα με την διεθνή ονομασία του, ως quartz. Τη λέξη quartz την ακούμε και σαν χαρακτηρισμό για τα σύγχρονα ηλεκτρονικά ρολόγια. Αυτό συμβαίνει γιατί στην κατασκευή του μηχανισμού των ηλεκτρονικών ρολογιών, χρησιμοποιείται χαλαζίας.



Σχήμα 1: Τετραεδρική δομή και πλέγμα SiO_2.
(http://volga.eng.yale.edu/sohrab/grouppage/STE.html)

Υλικά όπως ο χαλαζίας είναι πιεζοηλεκτρικά δηλαδή έχουν την ικανότητα να εμφανίζουν ηλεκτρική διπολική ροπή εάν μηχανικά παραμορφωθούν προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις ανάλογα με τη διευθέτηση των ατόμων στον κρύσταλλο. Επίσης μπορεί να συμβεί και το αντίστροφο φαινόμενο, δηλαδή η ίδια παραμόρφωση μπορεί να επιτευχθεί και με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου στο στερεό.

Η βασική θεωρία που βρίσκεται πίσω από το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο βασίζεται στη δημιουργία του ηλεκτρικού διπόλου λόγω της σχετικής θέσης των ατόμων του πιεζοηλεκτρικού υλικού δηλαδή της γεωμετρίας του. Στο μοριακό επίπεδο, η δομή ενός πιεζοηλεκτρικού υλικού είναι τυπικά, ένας ιοντικός κρυσταλλικός δεσμός.



Σχήμα 2: Εμφάνιση διπολικής ροπής κατά την παραμόρφωση του κρυστάλλου του τιτανικού μολύβδου. (http://www.answers.com/topic/piezoelectricity)

Στην κατάσταση ισορροπίας, τα δίπολα που σχηματίζονται από τα θετικά και τα αρνητικά ιόντα αλληλοεξουδετερώνονται λόγω της συμμετρίας της κρυσταλλικής δομής και έτσι, δεν παρατηρείται ηλεκτρικό πεδίο. Υπό την επίδραση μηχανικής πίεσης, ο κρύσταλλος παραμορφώνεται, η συμμετρία διαταράσσεται και η συνολική διπολική ροπή δεν είναι πια μηδενική. Αυτή η διπολική ροπή είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία του ηλεκτρικού πεδίου κατά μήκος του κρυστάλλου. (Ellis et al. 1993)

Στο παραπάνω σχήμα 2 δίνεται η δομή ενός κρυστάλλου, του τιτανικού μολύβδου ($PbTiO_3$), το οποίο εμφανίζει επίσης πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο και αντίστοιχη εμφάνιση της διπολικής ροπής.

Σχέδιο μαθήματος

Τάξη: Β' Λυκείου Θετική Κατεύθυνση

Προηγούμενες γνώσεις των μαθητών: Τάση ηλεκτρικού ρεύματος - Συχνότητα ταλάντωσης - περιοδικά φαινόμενα (Φυσική Γ΄ Γυμνασίου), διοξείδιο του πυριτίου (Χημεία Γ΄ Γυμνασίου), διπολική ροπή (Χημεία Β΄ Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης).

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Μέθοδος: Καθοδηγούμενη διερεύνηση

Τρόπος εκτέλεσης: Εργασία σε ομάδες

Εποπτικά μέσα: Υπολογιστές ανά 4 μαθητές ή βιντεοπροτζέκτορας

Στόχοι

Επιδιώκεται οι μαθητές να αναπτύξουν τις ακόλουθες γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις.

Α. Γνώσεις

1. Να διαπιστώσουν ότι η ταλάντωση του χαλαζία προέρχεται από την τάση που εφαρμόζεται σε αυτόν.
2. Να εξηγήσουν το φαινόμενο με βάση την αλλαγή στη δομή του χαλαζία.
3. Να συμπεράνουν αν μπορεί να συμβεί και το αντίθετο φαινόμενο.

Β. Ικανότητες - Δεξιότητες

1. Να αποκτήσουν ικανότητες σχετικές με διερευνητικές διεργασίες, όπως να προβληματιστούν, να υποθέσουν, να σχεδιάσουν υποθετικό πείραμα, να εκτελέσουν το πείραμα, να επεξεργαστούν τα αποτελέσματα, να επαληθεύσουν ή να διορθώσουν τις υποθέσεις τους, να απαντήσουν σε ερωτήσεις αξιολόγησης.
2. Να συσχετίσουν τις φυσικές επιστήμες με φαινόμενα της καθημερινής τους ζωής.
3. Να εξοικειωθούν με τη χρήση πολυμεσικών εφαρμογών και γενικά με τις νέες τεχνολογίες.

Γ. Στάσεις

1. Να αποκτήσουν πνεύμα συνεργασίας.
2. Να αποκτήσουν θετική στάση απέναντι στο μάθημα της χημείας.
3. Να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εργασίας.

Βήμα Α (Εμπλοκή με το πρόβλημα)

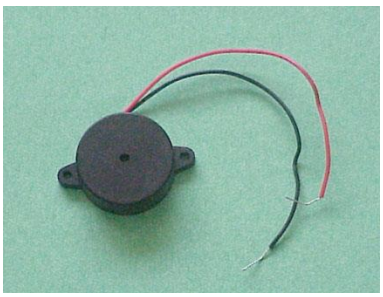
Αρχικά γίνεται η ψυχολογική και γνωσιολογική προετοιμασία των μαθητών στους οποίους ο εκπαιδευτικός περιγράφει ποιο είναι το πρόβλημα που καλούνται να διερευνήσουν. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εμπλοκή των μαθητών στο προς λύση πρόβλημα, το οποίο σχετίζεται με το ρόλο του χαλαζία στα ρολόγια quartz. Αφού προηγηθεί συζήτηση για την περιοδική κίνηση των δεικτών του ρολογιού, η οποία προέρχεται από την ταλάντωση του χαλαζία, τίθεται το ερώτημα στους μαθητές: **«Τι προκαλεί την ταλάντωση του χαλαζία στα ρολόγια quartz που είναι υπεύθυνη για την κίνηση των δεικτών του ρολογιού;»**

Βήμα Β (Εξερεύνηση)

Στην πρώτη φάση της εξερεύνησης ζητείται από τους μαθητές να κάνουν μία υπόθεση για το πρόβλημα που πρέπει να επιλύσουν. Στη συνέχεια δίνεται στους μαθητές μία μπαταρία, και ένας **βομβητής (**buzzer**)** που συναντάται στα ηλεκτρικά κουδούνια και αποτελείται από **χαλαζία**, (σχήμα 3), και τους ζητείται να προτείνουν έναν τρόπο με τον οποίο μπορούν να διερευνήσουν αν η υπόθεσή τους ήταν σωστή, ενώ αμέσως μετά καλούνται να εκτελέσουν αυτό που πρότειναν και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους.

Η παρατήρηση που κάνουν οι μαθητές είναι ότι η συσκευή που βρίσκεται στα κουδούνια παράγει ήχο όταν εφαρμοστεί σε αυτήν ηλεκτρική τάση. Στο σημείο αυτό, για να επιτευχθεί η ομαλή μετάβαση από το μακροσκοπικό στο μικροσκοπικό επίπεδο, ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήματα σχετικά με το τι είναι ο ήχος (μηχανικό κύμα) και ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός κύματος (ένα από αυτά είναι και η συχνότητα). Έτσι οι μαθητές με τη βοήθεια καθοδηγούμενων

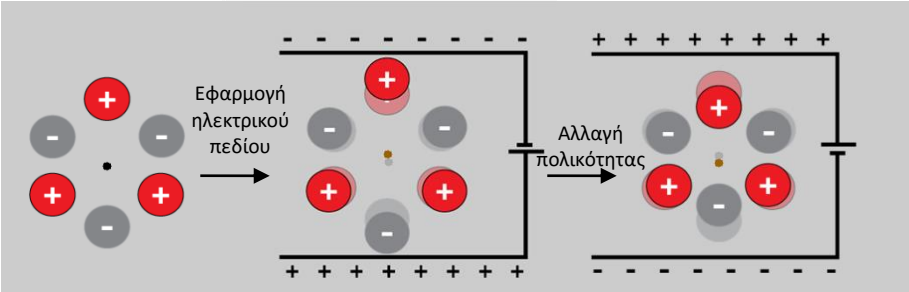
ερωτήσεων βγάζουν το συμπέρασμα ότι και στα ρολόγια quartz ο χαλαζίας ταλαντώνεται με συγκεκριμένη συχνότητα με την επίδραση της τάσης της μπαταρίας. Με βάση αυτό οι μαθητές θα πρέπει να επαληθεύσουν ή να διορθώσουν την αρχική τους υπόθεση.



Σχήμα 3: Το buzzer παράγει ήχο όταν εφαρμοστεί σε αυτό ηλεκτρική τάση. (Φωτογραφία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος).

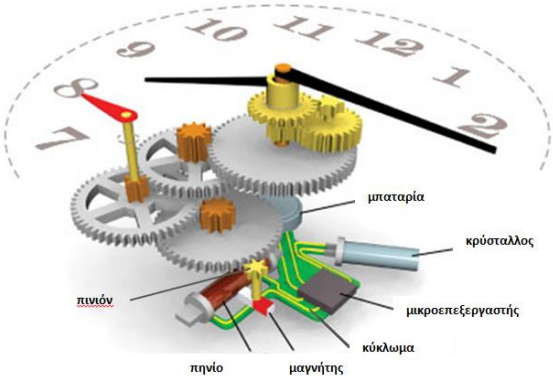
Βήμα Γ (Εξήγηση)

Το βήμα αυτό ξεκινάει με την εξήγηση που καλούνται να δώσουν οι μαθητές για το φαινόμενο που παρατήρησαν και να διατυπώσουν το γενικό συμπέρασμα. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρατήρηση μίας προσομοίωσης που κατασκευάσαμε (σχήμα 4), η οποία παρουσιάζει την αλλαγή της δομής ενός κρυστάλλου όταν εφαρμόζεται σε αυτόν ηλεκτρική τάση. Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές να δώσουν εξήγηση του φαινομένου, η οποία βασίζεται στην αλλαγή της σχετικής θέσης των φορτίων.



Σχήμα 4: Επιμήκυνση και συμπίεση του κρυστάλλου μέσω της εφαρμογής ηλεκτρικού πεδίου. (Στιγμιότυπο της προσομοίωσης)

Περιγραφή προσομοίωσης: Εάν η τάση εφαρμοστεί με τον τρόπο που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα τότε τα κατιόντα θα κινηθούν προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο και τα ανιόντα προς το θετικό. Έτσι ο κρύσταλλος επιμηκύνεται. Εάν αλλάξει η πολικότητα της πηγής ο κρύσταλλος συμπιέζεται. Στο σημείο αυτό μπορεί να γίνει συνοπτική περιγραφή από τον εκπαιδευτικό της ολοκληρωμένης λειτουργίας του ρολογιού (Σχήμα 5).



Σχήμα 5: Εσωτερικό του ρολογιού quartz. (http://dict.youdao.com/w/quartz_clock)

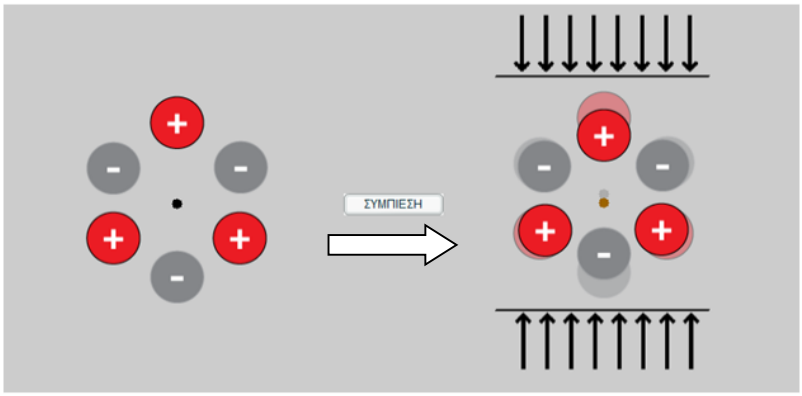
Στα ρολόγια, το ηλεκτρικό πεδίο που εφαρμόζεται στον κρύσταλλο του χαλαζία από τη μπαταρία αναγκάζει τον κρύσταλλο να ταλαντώνεται σε μία συχνότητα που εξαρτάται από το μέγεθος του κρυστάλλου. Η υψηλή συχνότητα διαιρείται με τη βοήθεια ενός μικροεπεξεργαστή σε μία πολύ μικρότερη που αντιστοιχεί σε έναν πιο αργό ηλεκτρικό παλμό που διαβιβάζεται σε ένα πηνίο. Ο συνεχόμενος παλμός μέσω του πηνίου ενεργοποιεί έναν μικροσκοπικό μαγνήτη, ο οποίος μετακινείται πολύ γρήγορα προς δύο αντίθετες κατευθύνσεις με τη συχνότητα του παλμού. Καθώς ο μαγνήτης εκτελεί αυτήν τη γρήγορη κίνηση, αναγκάζει ένα μικρό πινιόν (είδος γραναζιού) που ελέγχει τον οδηγό του κεντρικού γραναζιού να γυρίζει, ολοκληρώνοντας τη μετατροπή της δόνησης του κρυστάλλου σε μηχανική κίνηση.

Βήμα Δ (εκτενέστερη επεξεργασία)

Σαν εκτενέστερη επεξεργασία ζητείται από τους μαθητές να εξακριβώσουν αν μπορεί να συμβεί και το αντίθετο φαινόμενο από αυτό που παρατήρησαν. Για το σκοπό αυτό τους δίνεται το μέρος του χαλαζία που βρίσκεται μέσα σε ένα buzzer, καθώς και ένα λαμπτήρα led που για να ανάψει απαιτείται πολύ χαμηλή τάση (σχήμα 6). Οι μαθητές καθοδηγούνται να παραμορφώσουν ελαφριά ή να ταλαντώσουν το χαλαζία με ένα αντικείμενο (π.χ. στυλό ή κλειδί) για να διαπιστώσουν αν θα παραχθεί τάση ικανή ώστε να ανάψει το λαμπτήρα.

Σχήμα 6: Κρύσταλλος χαλαζία από το εσωτερικό του buzzer συνδεδεμένος με λαμπτήρα led. (Φωτογραφία κατά τη διεξαγωγή του πειράματος).

Για να μπορέσουν οι μαθητές με βάση την εμφάνιση διπολικής ροπής να δώσουν εξήγηση στο φαινόμενο που παρατήρησαν παρουσιάζεται σε αυτούς προσομοίωση η οποία παριστάνει έναν κρύσταλλο που παραμορφώνεται και έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση διπολικής ροπής σε αυτόν (σχήμα 7). Όταν ο κρύσταλλος βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση, τα γεωμετρικά κέντρα (μαύρη κουκίδα) των τριών ανιόντων και των τριών κατιόντων συμπίπτουν και η συνολική διπολική ροπή είναι μηδέν. Εάν όμως ο κρύσταλλος συμπιεστεί τα ιόντα μετατοπίζονται προς την κατεύθυνση που δείχνει το σχήμα και τα γεωμετρικό κέντρο των κατιόντων (κόκκινη κουκίδα) δεν ταυτίζεται με το γεωμετρικό κέντρο των ανιόντων (γκρι κουκίδα) με συνέπεια να εμφανίζεται διπολική ροπή.



Σχήμα 7: Παραμόρφωση του κρυστάλλου με αποτέλεσμα της εμφάνισης διπολικής ροπής. (Στιγμιότυπο της προσομοίωσης)

Η μετατόπιση της ηλεκτρονικής πυκνότητας έχει σαν αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ηλεκτρική τάση στις δύο επιφάνειες του κρυστάλλου που οδηγεί την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος εάν οι δύο επιφάνειες συνδεθούν με ένα μεταλλικό αγωγό.

Στο βήμα αυτό γίνεται και η μεταφορά των νέων γνώσεων σε παρόμοιες περιπτώσεις της καθημερινής ζωής των μαθητών, όπως η χρήση χαλαζία στους πιεζοηλεκτρικούς αναπτήρες, στους διακόπτες ανάφλεξης των συσκευών μπάρμπεκιου, στα κρυσταλλικά μικρόφωνα (σχήμα 8).

Σχήμα 8: Πιεζοηλεκτρικός αναπτήρας (http://www.planete-sfactory.com/p5030/BRIQUET-ALLUME-GAZ-TURBO-UNILITE/product_info.html), διακόπτης ανάφλεξης (http://home.howstuffworks.com/question383.htm), κρυσταλλικό μικρόφωνο (http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk/audio/advice/microphone-guide).

Βήμα Ε (Αξιολόγηση)

Το βήμα αυτό προτείνεται να πραγματοποιηθεί σαν ατομική εργασία στο σπίτι.

Συμπεράσματα

Το παρόν σχέδιο μαθήματος τονίζει την ιδιαίτερη σημασία που έχει η δομή των ουσιών από τις οποίες αποτελούνται τα υλικά στις ιδιότητες που αυτά εμφανίζουν. Με τις κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις και τροποποιήσεις μπορεί το σχέδιο αυτό να εφαρμοστεί εκτός από τη Β΄ Λυκείου και στη Γ΄ Γυμνασίου, εφόσον δε δοθεί η μικροσκοπική εξήγηση της ταλάντωσης του χαλαζία. Επίσης σε ένα υψηλότερο επίπεδο είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Βιβλιογραφία

Βλάσση Μ., Καραλιώτα Α. (2009). Σύγκριση της καθοδηγούμενης διερευνητικής και της παραδοσιακής διδακτικής προσέγγισης του ετεροπολικού δεσμού. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Φλώρινα, 7-10 Μαΐου 2009.

Βλάσση Μ. (2008). Σύγκριση δύο διδακτικών μεθόδων: της καθοδηγούμενης διερευνητικής-ανακαλυπτικής και της παραδοσιακής ως προς τη σύσταση της ύλης και το χημικό δεσμό στη Β/θμια εκπαίδευση. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ.

Bybee, R. (2000). Teaching Science as Inquiry: In Minstrell, J. and van Zee, E. H. (eds), Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science. AAAS, Washington, D.C.

Bybee, R. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. Flick & N. Lederman (eds.), Scientific Inquiry and Nature of Science. (pp. 1-14). Netherlands: Springer.

Dewey, J. (1938). Experience and Education. Collier Books, New York.

Duschl, R. (2004). International perspectives on inquiry in science education: A commentary. Science Education, 88, 411-414.

Ellis, A., Geselbracht, M., Johnson, B., Lisensky, G., Robinson, W. (1993). Teaching general chemistry: A material science companion. American Chemical Society, Washington, DC.

Furio, C. & Calatayud, L. (1996). Difficulties with geometry and polarity of molecules: Beyond misconceptions. Journal of Chemical Education, 73, 36-41.

Lee, O., Hart, J., Cuevas, P., & Enders, C. (2004). Professional development in inquiry-based science for elementary teachers of diverse student groups. Journal of Research in Science Teaching, 41, 1021-1043.

Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Krajcik, J. (2007). Developing a New Teaching Approach for the Chemical Bonding Concept Aligned With Current Scientific and Pedagogical Knowledge. Science Education, 91, 579-603.

National Research Council (Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ). (1996). The National Science Education Standards. National Academy Press, Washington.

Osborne, J., Dillon, J. (2008). Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation. King's College London.

Peterson , R. F. (1993). Tertiary students understanding of covalent bonding and structure concepts. Australian Journal of Chemical Education, 23, 11-15.

Rocard, M. (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

Schwab, J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. The School Review, 68, 176-195.

Sozbilir, M. (2002). Turkish Chemistry Undergraduate Students Misunderstandings of Gibbs Free Energy. University Chemistry Education, 6, 73-83.

Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. International Journal of Science Education, 20, 597-608.

Tamir, P. (1985). Content analysis focusing on inquiry. Journal of Curriculum Studies, 17(1), 87-94.

Vlassi, M., & Karaliota, A. (2008). Students' difficulty in connecting the properties of the compounds with chemical bonding; misconceptions of Greek students. 9th ECRICE, Instabul-Turkey, 6-9 July 2008, pp. 49.

Vlassi, M., & Karaliota, A. (2012). The comparison between guided inquiry and traditional teaching method. A case study for the teaching of the structure of matter to 8th grade Greek students. 3rd World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership, Brusells, Belgium, 25-28 October 2012

Zachos, P., Hick, T.L., Doane, W.E. J. & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirial foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. Journal of Research in Science Teaching, 37, 938-962.

Χρήση βιντεοσκοπημένου πειράματος σε μάθημα για τις ακτινοβολίες, τη ραδιενέργεια και την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη

Μυροφόρα Πηλακούτα, Χρίστος Βαρσάμης
Τμήμα Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών, ΤΕΙ Πειραιά
mpilak@teipir.gr, cvars@teipir.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται σύντομα ένα βίντεο του πειράματος για την εξασθένηση της ακτινοβολίας γ μέσα από την ύλη, που δημιουργήθηκε για να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό υλικό στη διδασκαλία συναφών θεμάτων Φυσικής, αλλά και ως υποστηρικτικό υλικό για την προετοιμασία των σπουδαστών πριν το εργαστήριο. Το βίντεο καθοδηγεί τον χρήστη να πάρει τις απαραίτητες μετρήσεις ώστε να υπολογίσει το συντελεστή εξασθένησης της γ ακτινοβολίας μέσα από την ύλη. Περιγράφεται η πιλοτική χρήση του βιντεοσκοπημένου πειράματος σε ένα ημιπειραματικό μάθημα για τη ραδιενέργεια, τις ακτινοβολίες και την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη συνοδευόμενη με μια πρώτη αξιολόγηση από τους σπουδαστές. Από την αξιολόγηση προκύπτει θετική στάση των σπουδαστών στη χρήση βιντεοσκοπημένου πειράματος κυρίως ως βοηθητικού εκπαιδευτικού εργαλείου για την προετοιμασία τους πριν το εργαστήριο

Abstract

A video of the experiment for the attenuation of gamma radiation through matter is presented. The video is developed to be used as supplementary educational material for physics education as well as supporting material for the students' pre lab preparation. The video guides the user to measure data and use them to calculate the attenuation coefficient of gamma radiation through matter. The pilot implementation of the video recorded experiment in a semi experimental course on radioactivity, radiation and its interaction with matter is described. From the first students assessment for the educational use of the video recorded experiment follows that they prefer the use of video mainly as a supplementary tool for their pre lab preparation.

Εισαγωγή

Το βίντεο και τα πολυμέσα έχουν εδραιωθεί ως βασική τεχνολογία για την εξ αποστάσεως εκπαίδευση, αλλά επίσης και για τη διδασκαλία στην τάξη. Ένας εντυπωσιακός αριθμός βιντεοδιαλέξεων, εκπαιδευτικών βίντεο και άλλες εφαρμογές πολυμέσων είναι ελεύθερα διαθέσιμα στις ιστοσελίδες πολλών πανεπιστημίων και άλλων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων σε όλο τον κόσμο (Berg 2012, videolectures.net, academicearth.org, refseek.com), ενώ το ενδιαφέρον για εκπαιδευτικά αρχεία βίντεο και σχετικών υπηρεσιών εξακολουθεί να είναι μεγάλο (Kaufman & Mohan 2009 , Ψηφιακές Δράσεις Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης 2011)

Στην Ελλάδα, γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, με στόχο την ένταξη και αφομοίωση των τεχνολογιών πολυμέσων στη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Αξίζει να αναφερθεί και η πιο πρόσφατη πράξη, «Ψηφιακές Δράσεις Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης» που στοχεύει στην ανάπτυξη μιας εθνικής βάσης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης και της χρήσης βίντεο που σχετίζονται με την εκπαιδευτική διαδικασία. Γενικά όμως στη χώρα μας, η μέχρι σήμερα παραγωγή και χρήση εκπαιδευτικού υλικού σε μορφή βίντεο και πολυμέσων στην εκπαιδευτική διαδικασία εξακολουθεί να είναι χαμηλή.

Ειδικότερα στον τομέα της πειραματικής φυσικής, υπάρχουν διαθέσιμα βίντεο σχεδόν μόνο από ξένα εκπαιδευτικά ιδρύματα, που δείχνουν κυρίως φυσικά φαινόμενα ή επίδειξη πειραμάτων φυσικής ενώ μόνο λίγα, αυτά που σχετίζονται κυρίως με ανάλυση της κίνησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ποσοτική εκτίμηση φυσικών παραμέτρων (Brown & Cox 2009).

Στον Τομέα Φυσικής του Γενικού Τμήματος Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών (ΓΤΦΧ&ΤΥ) του ΤΕΙ Πειραιά, στο πλαίσιο της προσπάθειας εκσυγχρονισμού της διδασκαλίας και βελτίωσης της διαδικασίας μάθησης, έχει ξεκινήσει και βρίσκεται σε εξέλιξη η ανάπτυξη βιβλιοθήκης από εκπαιδευτικά βίντεο πειραμάτων φυσικής τα οποία δίνουν την δυνατότητα στους χρήστες να λαμβάνουν μετρήσεις και να κάνουν ποσοτικές εκτιμήσεις για τις αντίστοιχες φυσικές ποσότητες. Τα συγκεκριμένα βίντεο* μπορούν να χρησιμοποιηθούν α) ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό υλικό στη διδασκαλία συναφών θεμάτων Φυσικής, β) ως υποστηρικτικό υλικό για την προετοιμασία των σπουδαστών πριν το εργαστήριο ή γ) να υποκαταστήσουν το πείραμα στο εργαστήριο αν ο απαραίτητος εξοπλισμός δεν είναι διαθέσιμος ή οι μετρήσεις είναι χρονοβόρες.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα δείγμα από τη συλλογή αυτή, που αφορά βίντεο για την πειραματική διαδικασία μέτρησης του συντελεστή εξασθένησης της γ- ακτινοβολίας μέσα από την ύλη (ΒΕΓΑ). Περιγράφεται η πιλοτική εφαρμογή του βιντεοσκοπημένου πειράματος σε ένα ημιπειραματικό μάθημα σχετικό με την ραδιενέργεια, τις ακτινοβολίες και την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη, που σχεδιάστηκε και παρουσιάστηκε στο εργαστήριο φυσικής. Τέλος σχολιάζονται η στάση και οι απόψεις των σπουδαστών ως προς τη χρήση του βίντεο για τη συλλογή δεδομένων και την χρησιμότητά του ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό υλικού όπως καταγράφηκαν με τη χρήση κατάλληλου ερωτηματολογίου.

Μεθοδολογία

Πείραμα για τη μέτρηση του συντελεστή εξασθένησης της γ ακτινοβολίας μέσα από την ύλη - Δημιουργία του βίντεο

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιείται μια ραδιενεργός πηγή, συνήθως ^{60}Co η οποία τοποθετείται μπροστά από ένα μικρό ανιχνευτή (Geiger Muller) σε μία κατάλληλη απόσταση. Παρεμβάλλοντας πλάκες Pb (ή άλλου υλικού) μεταξύ τους, καταγράφεται ο αριθμός κρούσεων/min ως συνάρτηση του πάχους του ακτινοβολούμενου υλικού. Κάνοντας χρήση του εκθετικού νόμου:

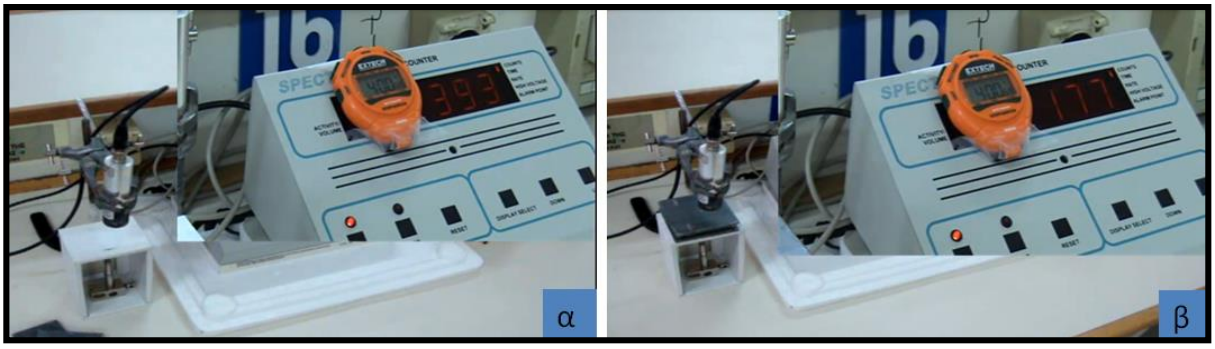
$J(x) = J_o e^{-\mu x}$

(όπου J_o: αρχική ένταση ακτινοβολίας, x: το πάχος του υλικού και μ: ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης της γ ακτινοβολίας), υπολογίζεται ο γραμμικός/μαζικός συντελεστής εξασθένησης μ, του απορροφητή καθώς και το πάχος υποδιπλασιασμού $x_{1/2}$.

Η βιντεοσκόπηση του πειράματος έγινε στο εργαστήριο Φυσικής του ΓΤΦΧ&ΤΥ στο πλαίσιο πτυχιακής εργασίας σπουδαστών (Μητριτσάκης και Φραγκεδάκης, 2012) και είχε μηδενικό κόστος.

Το πλήρες βίντεο (ΒΕΓΑ) είναι ένα αρχείο 25 λεπτών στο οποίο καταγράφεται πλήρως η πειραματική διαδικασία για την μέτρηση του συντελεστή της εξασθένησης της ακτινοβολίας γ καθώς διέρχεται μέσα από πλάκες μολύβδου διαφορετικού πάχους. Περιλαμβάνει συνολικά 6 τετράλεπτες μετρήσεις: μία μέτρηση χωρίς πλακίδια, τέσσερεις μετρήσεις με διαφορετικά πάχη του απορροφητή (Pb) καθώς και μέτρηση υποβάθρου.

Το βίντεο, μετά από επεξεργασία, με ένα απλό πρόγραμμα επεξεργασίας, περιορίστηκε ώστε να εστιάζει στην ένδειξη του μετρητή σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, δεύτερο, τρίτο και τέταρτο λεπτό από την έναρξη της μέτρησης (Εικ. 1), για κάθε ένα από τα τέσσερα διαφορετικά πάχη του απορροφητή (Pb) καθώς και για τη μέτρηση αναφοράς (χωρίς πλακίδια). Η συνολική διάρκεια του τελικού βίντεο είναι 5,25 λεπτά και περιλαμβάνει, σύντομο εισαγωγικό μέρος με τη σχετική θεωρία, την «επεξεργασμένη» πειραματική διαδικασία λήψης μετρήσεων και κατάλληλες οδηγίες για τη λήψη και επεξεργασία μετρήσεων.



Εικόνα: 1 Η πειραματική διάταξη για τη μέτρηση του συντελεστή εξασθένησης γ ακτινοβολίας μέσα από την ύλη (Pb). Στιγμιότυπα α) ένδειξη μετρητή 393 κρούσεις σε 4 λεπτά (χωρίς απορροφητή), β) ένδειξη μετρητή 177 κρούσεις σε 4 λεπτά (πάχος απορροφητή 12.62 mm)

Δυνατές χρήσεις του βίντεο εξασθένησης ακτινοβολίας

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην τάξη όπου ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει το βίντεο για επίδειξη της διαδικασίας μέτρησης και να επιλέγει συγκεκριμένες σκηνές του πειράματος, να δείξει τη στατιστική φύση των μετρήσεων και γενικά να σχολιάσει την εξέλιξη του. Μπορεί επίσης να καταγράψει την ένδειξη του μετρητή στα 4 λεπτά για κάθε πάχος και να προχωρήσει στον υπολογισμό του συντελεστή εξασθένησης του Pb (από την κλίση της γραφικής παράστασης $\ln J = f(x)$).

Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εργαστήριο ή στην τάξη χωρίζοντας τους μαθητές σε τρείς ομάδες όπου η κάθε ομάδα να λαμβάνει μετρήσεις στο δεύτερο, τρίτο ή τέταρτο λεπτό αντίστοιχα. Έτσι, κάθε ομάδα μπορεί να αναλύσει διαφορετικές μετρήσεις και στη συνέχεια οι μαθητές να συγκρίνουν και να συζητήσουν τα αποτελέσματα σε σχέση με τις πειραματικές αβεβαιότητες.

Ενσωμάτωση του ΒΕΓΑ σε ημιπειραματικό μάθημα στο εργαστήριο φυσικής

Γνωρίζοντας τις δυσκολίες και τις παρανοήσεις των σπουδαστών μας στα θέματα ακτινοβολιών, ραδιενέργειας και των σχετικών εφαρμογών (Πηλακούτα κ.α 2012, Pilakouta 2011) σχεδιάστηκε ένα ημιπειραματικό μάθημα για τη ραδιενέργεια, τις ακτινοβολίες και την αλληλεπίδρασή τους με την ύλη.

Ο στόχος του μαθήματος ήταν να βελτιώσει τις γνώσεις των σπουδαστών στα θέματα που προαναφέρθηκαν εστιάζοντας πάνω στις καταγεγραμμένες παρανοήσεις τους. Σημειώνεται ότι το μάθημα Θεωρίας Φυσικής, στη Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ Πειραιά, σχεδόν για όλες τις ειδικότητες είναι εξαμηνιαίο και τα ανωτέρω θέματα δεν περιλαμβάνονται στην διδακτέα ύλη. Υπάρχει μόνο η δυνατότητα στο εργαστήριο Φυσικής μέσω του συγκεκριμένου πειράματος.

Το μάθημα διάρκειας 90 λεπτών πραγματοποιήθηκε πιλοτικά σε τρία εργαστηριακά τμήματα στο εργαστήριο φυσικής του ΤΕΙ Πειραιά κατά τη διάρκεια του εαρινού εξαμήνου 2012 (Μάρτιος-Ιούνιος). Το μάθημα παρακολούθησαν συνολικά 51 σπουδαστές του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών δεύτερου εξαμήνου. Οι σπουδαστές ήταν ενημερωμένοι ότι συμμετέχουν σε μια πιλοτική εφαρμογή του βιντεοσκοπημένου πειράματος.

Στο θεωρητικό μέρος του μαθήματος παρουσιάστηκαν και συζητήθηκαν τα παρακάτω:

- Σύντομη ανάλυση του όρου ακτινοβολία. Διαφορά μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας
- Βασικές γνώσεις για τη ραδιενέργεια και την αλληλεπίδρασή της με την ύλη εστιάζοντας στην εξασθένηση της ακτινοβολίας γάμμα.

- Κίνδυνοι - Βιολογικές επιδράσεις αλλά και ωφέλιμες εφαρμογές. Αναφορά στο πρόσφατο ατύχημα στη Φουκουσίμα.
- Έννοια του χρόνου υποδιπλασιασμού των πυρήνων
- Τι είναι το πάχος υποδιπλασιασμού ενός απορροφητή
- Στατιστική φύση του πειράματος και πειραματική αβεβαιότητα.
- Πειραματικοί περιορισμοί. Γιατί υπάρχουν διαφορές μεταξύ των θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων.
- Η ύπαρξη Φυσικής ραδιενέργειας και η επίδρασή της στις μετρήσεις μας

Το πειραματικό μέρος περιελάμβανε τρείς τετράλεπτες πραγματικές μετρήσεις της ακτινοβολίας υποβάθρου - οι οποίες πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας την ίδια πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε και στο βίντεο -, καθώς και μετρήσεις της έντασης της ακτινοβολίας ως συνάρτηση του πάχους του απορροφητή οι οποίες λήφθηκαν χρησιμοποιώντας το βίντεο ΒΕΓΑ. Σημειώνεται ότι οι μετρήσεις υποβάθρου άρχισαν κατά την συζήτηση για την «φυσική ραδιενέργεια και την επίδραση της στις μετρήσεις μας» και συνεχίζονταν ταυτόχρονα με τη λήψη μετρήσεων με το βίντεο ΒΕΓΑ.

Οι σπουδαστές είχαν χωριστεί σε τρείς ομάδες. Για κάθε πάχος του απορροφητή η κάθε ομάδα κατέγραφε από το βίντεο την ένδειξη του μετρητή σε καθορισμένη χρονική στιγμή (δηλαδή: η πρώτη ομάδα κατέγραφε αριθμό κρούσεων ανά 2 min, η δεύτερη ομάδα ανά 3 min και η τρίτη ομάδα ανά 4 min). Έτσι κάθε ομάδα είχε να επεξεργαστεί διαφορετικές μετρήσεις. Όλοι οι σπουδαστές αφαίρεσαν από τις μετρήσεις τους τον μέσο αριθμό κρούσεων/min της ακτινοβολίας υποβάθρου, που προέκυψε από τις πραγματικές μετρήσεις.

Ερωτηματολόγιο

Μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας – και τη. λήψη μετρήσεων από το βίντεο, οι σπουδαστές είχαν την υποχρέωση να αναλύσουν τα δεδομένα τους και να παρουσιάσουν την εργασία τους όπως σε κάθε κανονική δραστηριότητα στο εργαστήριο. Η αξιολόγησή των εργασιών τους έγινε κανονικά όπως σε όλες τις εργαστηριακές ασκήσεις. Στο τέλος του μαθήματος οι σπουδαστές κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο που είχε στόχο την αξιολόγηση της χρήση του βίντεο στο εργαστήριο και τη στάση τους απέναντι στη χρήση του βιντεοσκοπημένου πειράματος ως εκπαιδευτικό εργαλείο.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείτο από 6 προτάσεις (Πίνακας 1) για τις οποίες οι σπουδαστές έπρεπε να σημειώσουν το βαθμό συμφωνίας τους χρησιμοποιώντας πεντάβαθμη κλίμακα (Συμφωνώ απόλυτα, συμφωνώ, ίσως, διαφωνώ, διαφωνώ απόλυτα). Οι δύο πρώτες προτάσεις (Π1, Π2) αξιολογούν την χρήση του βίντεο για συλλογή πειραματικών δεδομένων. Οι προτάσεις (Π3, Π4) αξιολογούν τον τρόπο που το ημιπειραματικό μάθημα παρουσιάστηκε και εκτελέστηκε ενώ οι τελευταίες δύο προτάσεις καταγράφουν τη στάση των σπουδαστών απέναντι στη χρήση του βίντεο ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό εργαλείο.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε μόνο από 33 φοιτητές. Δεδομένου ότι ο αριθμός των απαντήσεων είναι περιορισμένος, τα αποτελέσματα «συμφωνώ» ομαδοποιήθηκαν με τα «συμφωνώ απόλυτα» και τα «διαφωνώ» ομαδοποιήθηκαν με τα «διαφωνώ απόλυτα». Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Αξιολόγηση και αντιμετώπιση της χρήσης του βιντεοσκοπημένου πειράματος από τους σπουδαστές

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ %		
	ΣΥΜΦΩΝΩ	ΙΣΩΣ	ΔΙΑΦΩΝΩ
Π1.Η εμπειρία που αποκτά ένας σπουδαστής εκτελώντας ένα πείραμα στο εργαστήριο δεν μπορεί να υποκατασταθεί με λήψη μετρήσεων από βιντεοσκοπημένη άσκηση.	79	12	9
Π2. Η λήψη μετρήσεων από βιντεοσκοπημένο πείραμα μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη για περιπτώσεις μετρήσεων που δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθούν στο χρόνο που είναι διαθέσιμος για ένα εργαστήριο.	88	12	0
Π3. Ο τρόπος που παρουσιάστηκε και εκτελέστηκε η εργαστηριακή άσκηση (με χρήση βιντεοσκοπημένου πειράματος) επέτρεψε να συζητηθούν και να διευκρινιστούν περισσότερα θέματα σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο εκτέλεσης της άσκησης.	58	30	12
Π4. Θεωρώ ότι ο τρόπος που παρουσιάστηκε και εκτελέστηκε η εργαστηριακή άσκηση (με χρήση βιντεοσκοπημένου πειράματος) με ωφέλησε περισσότερο σε σχέση με το αν εκτελούσα το πραγματικό πείραμα με την ομάδα μου.	18	26	54
Π5. Θεωρώ ότι το βιντεοσκοπημένο πείραμα θα με βοηθούσε στην προετοιμασία μου για το πείραμα	79	15	6
Π6. Θεωρώ ότι η επίδειξη ενός βιντεοσκοπημένου πραγματικού πειράματος στο μάθημα Θεωρίας θα με βοηθούσε περισσότερο στην κατανόηση των υποεξέταση θεμάτων σε σχέση με την συνήθη σχηματική παρουσίαση.	55	21	24

Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι η πλειοψηφία των σπουδαστών, 79%, πιστεύει ότι η εμπειρία από την εκτέλεση ενός πραγματικού πειράματος δεν μπορεί να υποκατασταθεί με τη λήψη μετρήσεων από ένα βιντεοσκοπημένο πείραμα κάτι που αποτελεί και δική μας πεποίθηση. Ωστόσο, ένα σημαντικό ποσοστό σπουδαστών, 88%, θεωρεί ότι η λήψη μετρήσεων από βιντεοσκοπημένο πείραμα θα μπορούσε να είναι χρήσιμη στην περίπτωση χρονοβόρων μετρήσεων. Η αξιολόγηση των σπουδαστών σχετικά με τον τρόπο που παρουσιάστηκε και εκτελέστηκε το ημιπειραματικό μάθημα δείχνει ότι η πλειοψηφία, 58%, συμφωνεί ότι είχε την ευκαιρία να συζητήσει και να αποσαφηνίσει περισσότερα ζητήματα σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο εκτέλεσης μιας πειραματικής άσκησης, αλλά μόνο το 18% από αυτούς θεωρούν ότι ο τρόπος αυτός ήταν περισσότερο ωφέλιμος σε σύγκριση με την κανονική άσκηση στο εργαστήριο. Τέλος, από τις απαντήσεις στις Π5 και Π6 προκύπτει ότι η πλειοψηφία των σπουδαστών, 79%, θεωρεί ότι το βιντεοσκοπημένο πείραμα θα μπορούσε να είναι χρήσιμο για την προετοιμασία τους πριν από εργαστήριο ενώ το 55% θεωρεί ότι η χρήση ενός σύντομου βίντεο από ένα πραγματικό πείραμα στο πλαίσιο του μαθήματος θα μπορούσε να τους βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των σχετικών θεμάτων σε σχέση με μια σχηματική παρουσίαση.

Γενικά οι σπουδαστές παρακολούθησαν με ενδιαφέρον το όλο εγχείρημα και συμμετείχαν με ερωτήσεις και παρατηρήσεις σε όλη τη διάρκεια του μαθήματος. Με την χρήση του ΒΕΓΑ για λήψη μετρήσεων εξοικονομήθηκε χρόνος για να συζητήσουμε με περισσότερες λεπτομέρειες τα προς μελέτη θέματα καθώς και πτυχές της θεωρίας και της πειραματικής διαδικασίας που με άλλο τρόπο δεν θα ήταν δυνατόν να γίνει λόγω των χρονικών περιορισμών που υπάρχουν. Γενικά η χρήση του βίντεο για λήψη μετρήσεων υπερτερεί σε σχέση με «έτοιμες μετρήσεις» γιατί

δείχνει στον σπουδαστή και την πειραματική διαδικασία με την οποία λαμβάνονται οι μετρήσεις.

Σχεδόν όλοι οι σπουδαστές επεξεργάστηκαν τις μετρήσεις τους στα χρονικά πλαίσια του μαθήματος και έγινε σύγκριση και σχολιασμός των πειραματικών τους αποτελεσμάτων.

Συμπεράσματα

Το βίντεο ΒΕΓΑ μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε μια διάλεξη ή να χρησιμοποιηθεί σε μια δραστηριότητα στην τάξη για λήψη μετρήσεων για τον υπολογισμό του συντελεστή εξασθένησης της ακτινοβολίας - γ στον μόλυβδο. Το ΒΕΓΑ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί από τους σπουδαστές για την προετοιμασία τους πριν από εργαστήριο για να έχουν μια πρώτη αίσθηση του πραγματικού πειράματος και να είναι εξοικειωμένοι με τη διαδικασία και τους υπολογισμούς που εμπλέκονται στην υλοποίηση του πειράματος.

Από την πρώτη αξιολόγηση που έγινε από τους σπουδαστές προέκυψε ότι οι σπουδαστές έχουν θετική στάση απέναντι στη χρήση του βίντεο ως συμπληρωματικό εκπαιδευτικό εργαλείο για την προετοιμασία πριν από εργαστήριο ή για επίδειξη στην τάξη και όχι ως εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να υποκαταστήσει την εμπειρία που αποκτάται κατά την εργαστηριακή άσκηση.

***Πρόσθετες Πληροφορίες**

Άλλα βίντεο πειραμάτων φυσικής που περιλαμβάνονται στην υπό εξέλιξη βιβλιοθήκη εκπαιδευτικών βίντεο φυσικής είναι:

Μέτρηση ιξώδους υγρών, Μέτρηση της ταχύτητας του ήχου στον αέρα, Εξασθένηση της ακτινοβολίας με την απόσταση, Επίδειξη μέτρησης ραδιενέργειας περιβάλλοντος και επίδειξη λειτουργίας μικρομέτρου.

Τα βίντεο μπορείτε να τα βρείτε στη διεύθυνση:
http://eclass.gunet.gr/modules/video/video.php?course=TESTGU220

Σε περίπτωση προβλήματος επικοινωνήστε μαζί μας mpilak@teipir.gr

Βιβλιογραφία

Μητριτσάκης Κ. & Φραγκεδάκης Ε.(2012 σε εξέλιξη) Πτυχιακή εργασία «Κατασκευή ιστοσελίδας και εκπαιδευτικών Βίντεο για τον Τομέα Φυσικής»

Πηλακούτα Μ., Σινάτκας Ι., Ζαχαριάδου Α., Αραβαντινός Α. (2012) «Διερεύνηση των γνώσεων και των αντιλήψεων σπουδαστών και γενικού πληθυσμού σχετικά με θέματα εφαρμογών Πυρηνικής Φυσικής και Ακτινοβολιών». Πρακτικά 14ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής «Ανιχνεύοντας το τοπίο της Σύγχρονης Φυσικής» 350-354.

«Ψηφιακές Δράσεις Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης (2011)
http://www.edulll.gr/wp-content/uploads/2011/12/eclassepikair.pdf

Berg R. (2012), "Resource Letter PhD-2: Physics Demonstrations", American. Journal of Physics. 80, 181

Brown, D. & Cox, A. (2009) " Innovative Uses of Video Analysis", The Physics Teacher, 47, 145–150

Kaufman P. and Mohan J. (2009). "Video Use and Higher Education"
http://library.nyu.edu/about/Video_Use_in_Higher_Education.pdf

Pilakouta M. (2011) «Statistical uncertainty in educational experiment on the attenuation of gamma radiation» (Physics session pp 13-20) International Scientific Conference eRA-6 - ISSN-1791-1133 TEI Piraeus, Greece.

http://videolectures.net

http://www.academicearth.org/

RefSeek's guide to the 25 best online resources for finding free educational videos http://www.refseek.com/directory/educational_videos.html

Συνεδρία 21: Διδασκαλία και μάθηση της Γεωγραφίας –Γεωλογίας

Ερμηνεία του φυσικού αναγλύφου με τη χρήση χαρτών από μαθητές Δημοτικού

Αποστολοπούλου Αικατερίνη,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, *aikap@sch.gr*
Κλωνάρη Αικατερίνη,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, *aklonari@geo.aegean.gr*

Περίληψη

Η ικανότητα των παιδιών να χρησιμοποιούν γεωμορφολογικούς χάρτες και η μελέτη των παρανοήσεων που αποτυπώνονται κατά τη χρήση διαφορετικών τύπων χαρτών αποτελεί αντικείμενο διαπραγμάτευσης της παρούσας εργασίας. Στην έρευνα συμμετείχαν 718 μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού με πανελλαδική αντιπροσώπευση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ένας στους τρεις μαθητές αναγνωρίζει ως απότομες ακτές τα ακρωτήρια και ως απότομες πλαγιές βουνά ή κορυφές βουνών. Οι βόρειες ακτές χαρακτηρίζονται ως απότομες, ενώ οι νότιες ως ομαλές. Υπάρχει ένδειξη ότι το μήκος της ακτογραμμής καθορίζει το χαρακτηρισμό των ακτών ως απότομες ή ομαλές. Το περιβάλλον διαβίωσης επηρεάζει την αναγνώριση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών στους χάρτες. Μαθητές αγροτικών περιοχών εντοπίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα ομαλές και απότομες ακτές και πλαγιές σε σχέση με μαθητές αστικών περιοχών. Ωστόσο η εντοπιότητα δεν επιδρά στην αναγνώριση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών. Τέλος οι τρισδιάστατοι χάρτες ενισχύουν την αντίληψη του αναγλύφου σε σχέση με τους δισδιάστατους χάρτες. Προτείνεται η ενσωμάτωση των τρισδιάστατων χαρτών στη πρωτοβάθμια γεωγραφική εκπαίδευση και η συστηματική μελέτη του τοπικού περιβάλλοντος.

Absract

In this paper we investigate the ability of children to use relief maps and the misconception they arise when using different types of maps. A total of 718 pupils attending the 5th grade of Elementary School representative of the Greek population participated in the research. According to the results, one out of three pupils identifies capes as steep coasts and mountains or mountain peeks as steep slopes. Northern coasts are characterized as steep, while southern coasts as gentle. There is an indication that the length of the coastline determines the characterization of coasts as steep or gentle. The living environment influences the identification of geomorphologic features on maps. Rural pupils identify more frequently steep and gentle coasts and slopes in comparison with city pupils. However locality does not affect identification of geomorphologic features. Finally, 3D maps enforce relief understanding in comparison to 2D maps. We suggest the incorporation of 3D maps in primary geography education and the systematic study of the local environment.

Εισαγωγή

Χωρική σκέψη χαρακτηρίζεται το σύνολο των γνώσεων και δεξιοτήτων χρήσης εννοιών του χώρου και εργαλείων αναπαράστασής του, όπως οι χάρτες και τα γραφήματα, καθώς επίσης και οι λογικές διεργασίες οργάνωσης και επίλυσης προβλημάτων (Downs & DeSouza, 2005). Η σημασία της χωρικής σκέψης στη γεωγραφική εκπαίδευση υποδεικνύεται από τον ίδιο τον τίτλο του Συνεδρίου της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης στην Τσουκούμπα της Ιαπωνίας το 2009, όπου παρουσιάστηκαν πάνω από είκοσι ερευνητικές εργασίες με θέμα τη χωρική σκέψη και εκπαιδευτικές εφαρμογές.

Η διαμόρφωση των στοιχείων πάνω στους χάρτες μεταφέρει σημαντικές πληροφορίες και λειτουργεί ως βοηθός, ώστε οι άνθρωποι να οργανώνουν τις πληροφορίες ανεξαρτήτως του βαθμού αποτελεσματικής απεικόνισης μιας περιοχής (Winn, 1991). Οι χάρτες μας βοηθούν να αντιληφθούμε τον κόσμο πέρα από την άμεση εμπειρία, διευκολύνουν την ανακάλυψη νέων πληροφοριών και ενισχύουν τη μάθηση πολλαπλών σχέσεων μεταξύ πολλών αντικειμένων (Uttal, 2000, Chiodo, 1993).

Όταν τα παιδιά χρησιμοποιούν χάρτες, πρέπει να συσχετίζουν την κάτοψη μιας περιοχής με το περιβάλλον που εκείνη αναπαριστά (Blades & Spencer, 1987). Οι μαθητές σύμφωνα με τον Kemp (2008) πρέπει να μετατοπίσουν την προοπτική τους από την όψη στην κάτοψη προκειμένου να διαβάσουν ένα χάρτη. Επομένως η θέαση του αναγλύφου με τη χρήση του χάρτη και η κατανόηση του φυσικού αναγλύφου δεν είναι ούτε αυτονόητη ούτε προφανής (Wiegand, 2006, Leinhardt et al. 1998). Η αναπαράσταση του αναγλύφου στους χάρτες είναι μια σημαντική, αλλά συνάμα δύσκολη ιδέα για να αναλογιστούν τα παιδιά. Στην ύπαιθρο, οι μαθητές έχουν περισσότερες ευκαιρίες να αποκτήσουν βιωματικές εμπειρίες του φυσικού περιβάλλοντος (Lude, 2005) και οι εμπειρίες με τη φύση έχουν ερμηνευτική αξία για την περιβαλλοντική αντίληψη (Zecha, 2009). Αυτό υποδεικνύει ότι η εγγύς επαφή με τη φύση μπορεί να οδηγήσει σε πληρέστερη κατανόηση του αναγλύφου που απεικονίζεται πάνω σε χάρτες.

Από τις αρχές του 19ου αιώνα οι χαρτογράφοι καταφέρνουν να απεικονίζουν μια τρισδιάστατη επιφάνεια σε δύο διαστάσεις χρησιμοποιώντας τις ισοϋψείς καμπύλες (Wiegand, 2006). Στους χάρτες χρωματικής διαφοροποίησης η χρωματική διαβάθμιση μεταξύ ζωνών με διαφορετικό υψόμετρο αποδίδεται ως σταδιακή αλλαγή αποχρώσεων του πράσινου για την πεδιάδα, αποχρώσεων του μπλε για τη θάλασσα κ.ο.κ. (Λαμπρινός, 2009). Το υψόμετρο διακρίνεται από το χρώμα και από σημειακά σύμβολα (π.χ. ▲845). Η πρόοδος των ΤΠΕ και οι δορυφορικές εικόνες την τελευταία δεκαετία έχουν κάνει δυνατή μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση του αναγλύφου μέσω των διεπιφανειών των ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση Ψηφιακών Μοντέλων Εδάφους χωρίς όμως να έχει διερευνηθεί σε βάθος κατά πόσον οι τρισδιάστατες απεικονίσεις ενισχύουν τη μάθηση του αναγλύφου (Wiegand, 2006).

Σε αυτή τη γραμμή προβληματισμού κινείται η παρούσα έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές Δημοτικού με σκοπό να διερευνήσει την κατανόηση του φυσικού αναγλύφου με τη χρήση δισδιάστατων και τρισδιάστατων χαρτών.

Αναφέρεται ότι η μελέτη των ισοϋψών καμπύλων δεν περιγράφεται μεμονωμένα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες και τη Γεωγραφία. Ωστόσο το ζήτημα γίνεται αντικείμενο διαπραγμάτευσης από τους εκπαιδευτικούς σε χαρτογραφικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τα κεφάλαια: «Τα βουνά της Ελλάδας», «Οι πεδιάδες της Ελλάδας, «Η ζωή στα βουνά και στις πεδιάδες», «Οι ποταμοί της Ελλάδας, «Οι λίμνες της Ελλάδας» του σχολικού εγχειριδίου Γεωγραφίας της Ε' τάξης (Κουτσόπουλος κ.ά., 2007). Επιπρόσθετα, αναφορές στις ισοϋψείς καμπύλες και στο υψόμετρο γίνονται συχνά σε σχολικούς άτλαντες και χάρτες τοίχου που αξιοποιούνται συμπληρωματικά στο μάθημα της Γεωγραφίας.

Ως δισδιάστατοι χάρτες αναφέρονται οι χάρτες χρωματικής διαφοροποίησης και ως τρισδιάστατοι χάρτες αναφέρονται οι χάρτες όπου αξιοποιήθηκε Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους. Σύμφωνα με τις ερευνητικές μας υποθέσεις οι μαθητές αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά πάνω σε 3Δ παρά σε 2Δ χάρτες. Επίσης διερευνήσαμε την επιρροή του περιβάλλοντος διαβίωσης και υποθέσαμε ότι οι μαθητές αγροτικών περιοχών έχουν καλύτερη αντίληψη του αναγλύφου σε σχέση με τους μαθητές αστικών περιοχών. Η εντοπιότητα υποθέσαμε ότι έχει θετική επίδραση στην αναγνώριση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών σε χάρτες του τοπικού περιβάλλοντος, δηλαδή ότι οι μαθητές της Σάμου και της Λέσβου αντίστοιχα αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα στοιχεία του αναγλύφου στο χάρτη του νησιού τους σε σχέση με μαθητές άλλων περιοχών στους ίδιους χάρτες. Τέλος μαθητές ορεινών περιοχών υποθέσαμε ότι θα αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα στοιχεία του κάθετου διαμελισμού σε σχέση με τους μαθητές ημιορεινών και πεδινών περιοχών με βάση την βιωματική τους εμπειρία. Οι λανθασμένες επιλογές των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν και αναλύθηκαν παρέχοντας ένα πλαίσιο παρανοήσεων.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

718 μαθητές ηλικίας 11 ετών που φοιτούσαν στην Ε' τάξη Δημοτικού από 36 διαφορετικά δημόσια Δημοτικά Σχολεία της Ελλάδας έλαβαν μέρος στην έρευνα. Το δείγμα ήταν αντιπροσωπευτικό του γενικού μαθητικού πληθυσμού και της αναλογίας αστικών - αγροτικών πληθυσμών[37] (Καραγεώργος, 2002). Το 76,8% των μαθητών διαβιούσαν σε αστικές και ημιαστικές περιοχές και το 23,2% σε αστικές περιοχές. Το 67% των μαθητών διαβιούσε σε παράκτιες και πεδινές περιοχές (υψόμετρο < 250 μ.), το 16% σε ημιορεινές περιοχές (υψόμετρο < 500 μ.) και το 17% σε ορεινές περιοχές (υψόμετρο > 500 μ.). Υπήρξε ισοκατανομή αγοριών και κοριτσιών (50,6% αγόρια και 49,4% κορίτσια).

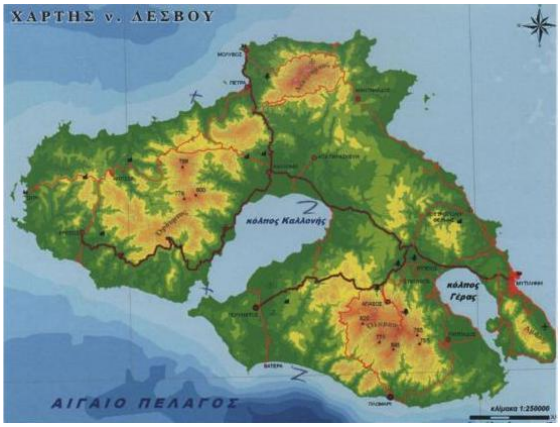
Εργαλείο

Οι μαθητές συμπλήρωσαν ατομικά ένα ερωτηματολόγιο με δύο δισδιάστατους και δύο τρισδιάστατους χάρτες των νήσων Λέσβου και Σάμου. Οι δισδιάστατοι χάρτες (διανυσματικού τύπου) δημιουργήθηκαν με δεδομένα από το εργαστήριο Χαρτογραφίας και Γεωπληροφορικής του Πανεπιστημίου Αιγαίου με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS 9.2 (Εικόνα 1). Οι τρισδιάστατοι χάρτες επιλέχθηκαν από το εκπαιδευτικό λογισμικό «Ταξιδεύοντας με τους χάρτες στην Ελλάδα και τον Κόσμο» (Πηγή: Talent S.A) (Εικόνα 2).

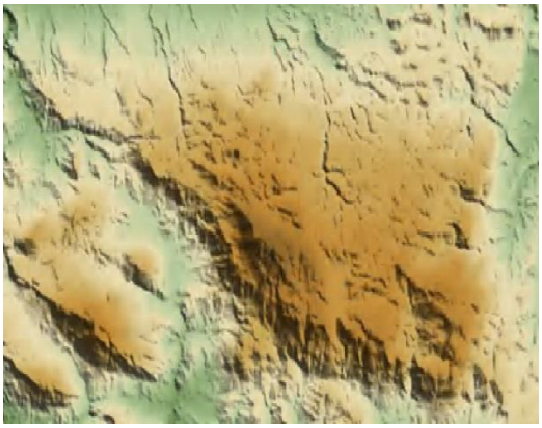
Διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το τρίτο τρίμηνο σπουδών σε μαθητές που φοιτούσαν στην Ε' τάξη Δημοτικού κατόπιν σχετικής άδειας από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής και των Διευθυντών των σχολικών μονάδων. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε στα πλαίσια μιας διδακτικής ώρας κατά τη διάρκεια του μαθήματος της Γεωγραφίας. Στα 18 σχολεία το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε παρουσία της ερευνήτριας, ενώ στα υπόλοιπα σχολεία ταχυδρομήθηκε και συμπληρώθηκε παρουσία των εκπαιδευτικών των τάξεων. Μαθητές και εκπαιδευτικοί ενημερώθηκαν για το σκοπό της έρευνας και οι μαθητές διαβεβαιώθηκαν ότι οι επιδόσεις τους δεν θα επηρεάσουν τους βαθμούς του τριμήνου.

Αφού παρατήρησαν τους χάρτες οι μαθητές κλήθηκαν να σημειώσουν με Χ δύο απότομες ακτές και με Ζ δύο ομαλές ακτές σε ένα δισδιάστατο και έναν τρισδιάστατο χάρτη. Αντίστοιχα σημείωσαν με Χ δύο απότομες πλαγιές και με Ζ δύο ομαλές πλαγιές σε έναν δισδιάστατο και έναν τρισδιάστατο χάρτη.



Εικόνα 1. Δείγμα δισδιάστατου χάρτης



Εικόνα 2. Δείγμα τρισδιάστατου χάρτη

Ανάλυση Δεδομένων

[37] Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2008.

Οι επιδόσεις των μαθητών εντάχθηκαν σε πέντε κατηγορίες με κριτήριο τη μεγαλύτερη προσέγγιση στην ορθή απάντηση, όπως καθορίστηκε από τον ερευνητή και αθροίστηκαν, ώστε να προκύψει ένα τελικό σκορ για κάθε δοκιμασία (Hartwood & Rawlings, 2001). Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στις εν λόγω δοκιμασίες είναι 1. Άλλο, άσχετο (Χ για μεγάλα βάθη, Ζ για μικρά βάθη), 2. Μη επιστημονική (λανθασμένοι εντοπισμοί), 3. Μερικώς επιστημονική (1 σημείο ορθά εντοπισμένο), 4. Επιστημονική (2 σημεία ορθά εντοπισμένα) και Δ.Α.

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι τυχαίοι σχεδιασμοί, οι μαθητές κλήθηκαν να σημειώσουν δύο σημεία για κάθε δραστηριότητα πάνω στους χάρτες (δύο ομαλές ακτές, δύο απότομες ακτές, δύο ομαλές πλαγιές, δύο απότομες πλαγιές). Πραγματοποιήθηκε μέτρηση συχνοτήτων (Trend et al. 2000) των λανθασμένων σχεδιασμών που οδήγησαν στη διαμόρφωση οκτώ κατηγοριών (Πίνακας 2), που περιγράφουν παρανοήσεις (Bartz, 1971) που εμφανίζουν τα παιδιά κατά τη χρήση χαρτών στην αναγνώριση του αναγλύφου.

Αποτελέσματα

Σύγκριση δισδιάστατων – τρισδιάστατων χαρτών

Στις απότομες ακτές η πλειοψηφία των μαθητών παρουσιάζουν αδυναμίες (κατηγορίες απαντήσεων 1 και 2) εντοπισμό με τη χρήση δισδιάστατων χαρτών (2Δ: 58,3%). Είναι περισσότεροι οι μαθητές που εντοπίζουν σωστά τις απότομες ακτές στους τρισδιάστατους παρά στους δισδιάστατους χάρτες (2Δ: 23,7%, 3Δ: 44,2%).

Η πλειοψηφία των μαθητών εντοπίζουν σωστά ομαλές ακτές σε σχέση με τις απότομες ακτές στους χάρτες. Οι ομαλές ακτές εντοπίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα από τους μαθητές στους τρισδιάστατους παρά στους δισδιάστατους χάρτες (2Δ: 51,4%, 3Δ: 61,7%). Υψηλότερο είναι ποσοστό των μαθητών που δεν δίνουν καμία απάντηση στους δισδιάστατους παρά στους τρισδιάστατους χάρτες (ΔΑ 2Δ: 7,8%, 3Δ: 0,0%).

Οι μαθητές αντιμετώπισαν προβλήματα στον εντοπισμό απότομων πλαγιών στο δισδιάστατο χάρτη. Είναι περισσότεροι οι μαθητές που εντοπίζουν σωστά τις απότομες πλαγίες στους τρισδιάστατους, παρά στους δισδιάστατους χάρτες (Επιστημονική: 2Δ: 9,3%, 3Δ: 67%).

Η ίδια εικόνα με τις απότομες πλαγιές διατηρείται και στις ομαλές πλαγιές. Πιο πολλοί μαθητές κάνουν λάθος εντοπισμό με τη χρήση δισδιάστατων χαρτών (Μη επιστημονικό 2Δ: 50,8%, 3Δ: 14,1%). Είναι περισσότεροι οι μαθητές που εντοπίζουν σωστά τις ομαλές πλαγίες στους τρισδιάστατους παρά στους δισδιάστατους χάρτες (Επιστημονικό: 2Δ: 26,5%, 3Δ: 68,1%), καθώς επίσης μειώνεται το ποσοστό των μαθητών που δεν δίνουν καμία απάντηση (ΔΑ 2Δ: 8,6%, 3Δ: 6%).

Επιρροή τοπικού περιβάλλοντος

Το περιβάλλον διαβίωσης επιδρά στην αναγνώριση γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών πάνω στους χάρτες. Οι μαθητές αγροτικών περιοχών εμφανίζουν υψηλότερα ποσοστά αναγνώρισης στοιχείων του αναγλύφου σε σύγκριση με μαθητές αστικών περιοχών (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Εντοπισμός απότομων ακτών σε τρισδιάστατους χάρτες από μαθητές αστικών και αγροτικών περιοχών

Κατηγορίες απαντήσεων	Αστικός	Αγροτικός
1. Άλλο, άσχετο	15,3%	17,1%
2. Μη επιστημονική	24,6%	17,1%
3. Μερικώς επιστημονική	13,7%	15,9%
4. Επιστημονική	42,7%	48,8%
ΔΑ	3,6%	1,2%
Σύνολο	100,0%	100,0%

Η εντοπιότητα δεν φαίνεται να επηρεάζει την αναγνώριση των ομαλών και απότομων ακτών των νησιών. Ούτε οι μαθητές της Σάμου (N=52) είχαν καλύτερες επιδόσεις στις δοκιμασίες που σχεδιάστηκαν στο χάρτη του νησιού της Σάμου (Πίνακας 2) ούτε οι μαθητές της Λέσβου (N=48) εμφάνισαν καλύτερες επιδόσεις στις δοκιμασίες που σχεδιάστηκαν στο νησί της Λέσβου (Πίνακας 3) συγκριτικά με τους μαθητές σχολείων με παρόμοια χαρακτηριστικά (Καλαμάτας, Ηρακλείου, Αλεξανδρούπολης, Λογγά) (N=56) (Πίνακας 4).

Πίνακας 2. Επιδόσεις μαθητών της Σάμου στη δοκιμασία εντοπισμού απότομων και ομαλών ακτών

Κατηγορία απάντησης	Τύπος χάρτη	Απότομες ακτές	Ομαλές ακτές
4. Επιστημονικό	2Δ ΧΑΡΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ	17,3%	36,5%
	3Δ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΜΟΥ*	46,2%	57,7%

Πίνακας 3. Επιδόσεις μαθητών της Λέσβου στη δοκιμασία εντοπισμού απότομων και ομαλών ακτών

Κατηγορία απάντησης	Τύπος χάρτη	Απότομες ακτές	Ομαλές ακτές
4. Επιστημονικό	2Δ ΧΑΡΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ*	6,3%	27,1%
	3Δ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΜΟΥ	39,6%	62,5%

Πίνακας 415. Επιδόσεις μαθητών εκτός Λέσβου και Σάμου στη δοκιμασία εντοπισμού απότομων και ομαλών ακτών

Κατηγορία απάντησης	Τύπος χάρτη	Απότομες ακτές	Ομαλές ακτές
4. Επιστημονικό	2Δ ΧΑΡΤΗΣ ΛΕΣΒΟΥ	28,6%	60,7%
	3Δ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΜΟΥ	48,2%	57,1%

Η αναγνώριση απότομων και ομαλών πλαγιών με τη χρήση δισδιάστατων και τρισδιάστατων χαρτών δεν παρουσιάζει διαφορές μεταξύ των μαθητών ορεινών, ημιορεινών και πεδινών περιοχών (απότομες πλαγιές σε 2Δ χάρτες: πεδινά: 9,9%, ορεινά: 9,2%, σε 3Δ χάρτες: πεδινά 68,3%, ορεινά: 56,6%, ομαλές πλαγιές σε 2Δ χάρτες: ορεινά: 30,3%, πεδινά: 23,8%, σε 3Δ χάρτες: πεδινά: 67,9%, ορεινά: 64,2%).

Παρανοήσεις

Οι παρανοήσεις των μαθητών στους δισδιάστατους χάρτες ομαδοποιήθηκαν σε οκτώ κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται κατά φθίνουσα κατάταξη στον Πίνακα 5. Διαπιστώνουμε ότι πρώτη σε συχνότητα κατηγορία παρανοήσεων είναι η ταύτιση ορεινών με απότομα και ομαλών με πεδινά (42,9%). Ακολουθεί η ταύτιση απότομων ακτών με ακρωτήρια (27,9%),

αδιευκρίνιστες παρανοήσεις (12,7%), ταύτιση απότομων με μεγάλο βάθος και ομαλών με μικρό βάθος (2,8%), αντιστροφή (2,9%), κενά (2,1%), ταύτιση απότομων με βορινά και ομαλών με νότια (1,1%) και ταύτιση απότομων ακτών με μικρό μήκος ακτής και ομαλών ακτών με μεγάλο μήκος ακτής (1%). Οι παρανοήσει των μαθητών και στις δύο ερωτήσεις ακολουθούν την ίδια σειρά κατάταξης στις τρεις πρώτες κατηγορίες σε χαμηλότερα ποσοστά στους τρισδιάστατους χάρτες.

Πίνακας 5. Τυπολογία παρανοήσεων στην επιλογή ομαλών και απότομων ακτών και ομαλών και απότομων πλαγιών στους δισδιάστατους χάρτες

Τυπολογία παρανοήσεων	2Δ	3Δ
Α. Ταύτιση ορεινά με απότομα και ομαλά με πεδινά	42,9%	28,3%
Δ. Ταύτιση απότομων ακτών με ακρωτήρια	27,9%	15,3%
Ζ. Αδιευκρίνιστο	12,7%	11,1%
ΣΤ. Αντιστροφή	2,9%	2,4%
Γ. Ταύτιση απότομα με βαθιά και ομαλά με ρηχά	2,8%	1,3%
ΔΑ	2,1%	1,4%
Β. Ταύτιση απότομα με βορινά και ομαλά με νότια	1,1%	0,4%
Ε. Ταύτιση απότομων ακτών με μικρό μήκος ακτής και ομαλών ακτών με μεγάλο μήκος ακτής	1,0%	1,3%

Συζήτηση

Σε αυτή την έρευνα μελετήθηκαν οι ικανότητες των μαθητών να αναγνωρίζουν γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά σε δισδιάστατους και τρισδιάστατους χάρτες.

Η χρήση τρισδιάστατων χαρτών συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση του αναγλύφου, επιβεβαιώνοντας την πρώτη ερευνητική μας υπόθεση. Τα αποτελέσματα συνάδουν με προηγούμενες έρευνες για το σχεδιασμό ροής ποταμού και διαδρομών (Apostolopoulou & Klonari, 2011a, Apostolopoulou & Klonari, 2011b).

Οι μαθητές αγροτικών περιοχών αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερη συχνότητα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά επιβεβαιώνοντας τη δεύτερη ερευνητική υπόθεση. Τα δεδομένα της έρευνας συνάδουν με ευρήματα ερευνών σύμφωνα με τα οποία οι αντιλήψεις των μαθητών για την τρίτη διάσταση επηρεάζονται από το φυσικό περιβάλλον διαβίωσης (Klonari, 2011, Λαμπρινός, 2009, Trend et al. 2000). Τα προβλήματα που εντοπίζονται αποδίδονται σε γλωσσικούς περιορισμούς. Ο Wiegand (2006) αναφέρει ότι συχνά τα παιδιά αστικών περιοχών χρησιμοποιούν τον όρο «λόφος» για να περιγράψουν έναν δρόμο με μεγάλη κλίση, παρά ένα στοιχείο του αναγλύφου.

Η εντοπιότητα δεν φαίνεται να επηρεάζει την αναγνώριση γεωμορφολογικών στοιχείων σε τοπικούς χάρτες. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην ελλιπή μελέτη του τοπικού περιβάλλοντος και στις περιορισμένες επισκέψεις στο πεδίο. Μαθητές που έχουν παρακολουθήσει προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης αξιοποίησαν με επιτυχία τρισδιάστατους χάρτες ερμηνεύοντας το ανάγλυφο (Klonari & Tzoura, 2011).

Αρκετοί μαθητές ταύτισαν την έννοια της κλίσης του εδάφους με την έννοια του υψόμετρου. Η παρανόηση αυτή συνάδει με τα ευρήματα των Trend et al. (2000) σε μαθητές 7-11 ετών οι οποίοι σχεδίαζαν οξυγώνια βουνά με μυτερές κορυφές επηρεασμένα από την εικονογράφηση παιδικών βιβλίων. Η ταύτιση απότομων ακτών με ακρωτήρια αποτελεί οριζόντια προβολή της παραπάνω παρανόησης. Η επιλογή απότομων ακτών στις βόρειες ακτές του νησιού συνδέεται με την στερεοτυπική απεικόνιση των βουνών στο πάνω μέρος της σελίδας και επηρεάζεται από την εικονογράφηση βιβλίων και κινούμενων σχεδίων (Trend et al., 2000). Όπως επισημαίνει ο

Wiegand (2006) ακόμα και μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δυσκολεύονται να οπτικοποιήσουν γεωμορφές χωρίς τη χρήση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επικεντρωθούν στην καλλιέργεια χαρτογραφικών δεξιοτήτων με τη χρήση πολλαπλών τύπων χαρτών και να παρέχουν εμπλουτισμένες μαθησιακές ευκαιρίες στους μαθητές. Οι Wiegand & Stiell (1997) βρήκαν ότι οι προσπάθειες των μαθητών έγιναν πιο χαρτογραφικά εκλεπτισμένες, καθώς προχωρούσαν σε εργασίες αυξανόμενης πολυπλοκότητας.

Ο χωρικός γραμματισμός είναι έννοια κλειδί για τη γεωγραφική εκπαίδευση και σύμφωνα με τη Διακήρυξη της Λουκέρνης (Haubrich et al., 2009) η γεωγραφική γνώση και κατανόηση χωρικών εννοιών είναι θεμελιώδεις για τη Γεωγραφία και την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη.

Βιβλιογραφία

Καραγεώργος, Δ. (2002). *Μεθοδολογία έρευνας στις επιστήμες της αγωγής. Μία διδακτική προσέγγιση.* Σαββάλας, Αθήνα.

Κουτσόπουλος, Κ., Σωτηράκου, Μ. & Ταστσόγλου, Μ. (2007). *Γεωγραφία Ε΄ Δημοτικού. Μαθαίνω την Ελλάδα.* Ο.Ε.Δ.Β., Έκδοση Α΄, Αθήνα

Λαμπρινός, Ν. (2009) *Σχετικά με τη Διδασκαλία της Γεωγραφίας στο σχολείο*. Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Λαμπρινός, Ν., Αρχοντόγλου, Α., Γιαννούση, Κ., Εμμανουηλίδης, Χ., Ευθυμίου, Χ., Θεοδωράκη, Κ., Ιωάννου, Α., Καρανταϊδου, Ρ., Κατσάρκας, Α., Κοτσακώστα, Μ., Κουτσομιχάλη, Γ., Παπαστεργίου, Τ., Πετρακίδης, Ν. (2002). Η γεωγραφική θεώρηση του χώρου από τους μαθητές του Δημοτικού σχολείου. *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Σύγχρονες Τεχνολογίες»*, Τόμος 1, σελ. 330-341, 3-5 Μαΐου 2000, Λευκωσία, Κύπρος.

Apostolopoulou E. & Klonari, A. (2011a). Pupils' representations of rivers on 2D and 3D maps. *Procedia - Social and Behavioural Sciences,* 19, 443-449.

Apostolopoulou, E. & Klonari, A. (2011b). Children's map reading abilities in relation to distance perception, travel time and landscape. *European Journal of Geography*, 2 (2), 35-47.

Bartz, B. S. (1971). Designing maps for children. In H. W. Castner and G. McGrath (eds) *Map Design and the Map User on Map Design.* Cartographica Monograph No. 2, Kingston, Canada.

Blades, M. & Spencer, C. (1987). Young children's strategies when using maps with landmarks. *Journal of Environmental Psychology,* 7, 201-217.

Chiodo, J. (1993) Mental Maps: Preservice Teachers' Awareness of the World. *Journal of Geography*, 92 (3), 110-117.

Downs, R. & De Souza, A. (2005). *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K–12 Curriculum*. National Research Council and National Academies Press, Washington, D.C.

Hartwood, D. & Rawlings, K. (2001). Assesing young children's freehand sketch maps of the world. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 10 (1), 20-45.

Haubrich, H., Reinfeld, S. & Schleicher, Y. (2009). Appendix A: The Lucerne Declaration on Geographical Education for Sustainable Development. *The New Geography,* 57 (A Special Issue), 9-13.

Kemp, J. (2008). Lost in Space: On Becoming Spatially Literate. *Knowledge Quest*, 36 (4), 32-39.

Klonari, A. (2011). Primary school pupils' ability to use aerial photographs and maps in the subject of Geography. *European Journal of Geography*,3 (2), 42-53.

Klonari, K. & Tzoura, M. (2011). The use of GIS for understanding geographical and environmental concepts.-creating teaching material. In Jekel, T., Koller, A., Donert, K., Vogler, R. (Eds). *Learning with GIS 2011 Implementing Digital Earth in Education,* Berlin: Wichman. 38-47.

Leinhardt, G., Stainton, C. & Bausmith, J. M. (1998). Constructing Maps Collaboratively. *Journal of Geography*, 97 (1), 19-30.

Lude, A. (2005). Naturerfahrungen und Umwelthandeln-Neue Ergebnisse aus Untersuchungen mit Jugendlichen. In: U. Unterbrenner (Hrsg.): *Natur erleben; Neues aus Forschung & Praxis zur Naturerfarung,* Innsbruck, 65-84.

Trend, R., Everet, L. & Dove, J. (2000). Interpreting primary children's representations of mountains and mountainous landscapes and environments. *Research in Science & Technological Education*, 18 (1), 85-112.
Uttal, D. (2000). Seeing the big picture: map use and the development of spatial cognition. *Developmental Science*, 3 (3), 247-286.
Wiegand, P. & Stiell, B. (1997). Children's relief maps of model landscapes. *British Educational Research Journal.* 23, 179-192.
Wiegand, P. (2006). *Learning and Teaching with Maps.* Routledge, London.
Winn, W. (1991). Learning from maps and diagrams. *Educational Psychology Review*, 3, 211–247.
Zacha, S. (2009). Which nature experiences do pupils from Asturias and Bavaria wish for?-A comparative study between Bavarian and Asturian pupils of the 9th grade. *The New Geography*, 57 (A Special Issue), 56-67.

Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στο νέο Πρόγραμμα Σπουδών Γεωγραφίας

Κλωνάρη Αικ., Μανδρίκας Αχ., Μελίστα Αν., Τζουρά Μ., Χαλκίδης Άνθ., Καραμπάτσα Αθ.
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, aklonari@geo.aegean.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το νέο Πρόγραμμα Σπουδών (Π.Σ.) Γεωγραφίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση και αναλύεται η σημασία των Νέων Τεχνολογιών για την αποτελεσματική διδασκαλία του μαθήματος. Βασικός άξονας του περιεχομένου του νέου Π.Σ. Γεωγραφίας είναι η έμφαση που δίνεται στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης και στην καλλιέργεια αντίστοιχων χωρικών ικανοτήτων των μαθητών μέσα από συγκεκριμένες δραστηριότητες. Οι βασικές γεωγραφικές έννοιες που διατρέχουν το Π.Σ. επανέρχονται από τάξη σε τάξη εξετάζονται όμως σε διαφορετική χωρική κλίμακα. Για την κατανόηση των βασικών γεωγραφικών εννοιών σημαντικό ρόλο παίζουν οι Νέες Τεχνολογίες, μέσω των οποίων συγκεκριμενοποιούνται αφηρημένες έννοιες και διαδικασίες, εμπλουτίζεται η διδασκαλία, διευκολύνονται οι μαθητές στην αναζήτηση πληροφοριών, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να αποκτούν άμεση αντίληψη των συνεπειών που έχουν για τον άνθρωπο φαινόμενα ή γεγονότα και διευκολύνεται η σύνδεση γεωγραφικών θεμάτων με άλλες γνωστικές περιοχές. Τέλος, στην εργασία παρουσιάζονται παραδείγματα χρήσης διάφορων ψηφιακών εφαρμογών για την κατανόηση συγκεκριμένων γεωγραφικών εννοιών και διαδικασιών.

Λέξεις κλειδιά: Πρόγραμμα Σπουδών, Γεωγραφία, υποχρεωτική εκπαίδευση, χωρική σκέψη, νέες τεχνολογίες

Abstract

This paper presents the new Geography curriculum in compulsory education and deals with the importance of new technologies for effective teaching of the subject as well as students' learning. This curriculum places the emphasis on the development of students' spatial thinking and skills, through specific activities. Those fundamental geographic concepts and competences that have been inserted in the new curriculum from one grade to another are examined at different spatial scales. For the better understanding of competences, such as abstract concepts and processes, important role play new technologies that enhance teaching, facilitate students to acquire information, give them the opportunity to gain immediate perception of the effects on humans' features or events and facilitate linking geographical topics/ issues with other disciplines. Finally, the paper presents the use of different digital applications as examples so that the specific geographic concepts and processes can be understood better.

Keywords: curriculum, Geography, compulsory education, spatial thinking, new technologies

Εισαγωγή

Το μάθημα της Γεωγραφίας αποτελεί ένα γνωστικό διεπιστημονικό αντικείμενο μάθησης, το οποίο αντλεί το περιεχόμενό του τόσο από τις Φυσικές επιστήμες (Γεωλογία, Κλιματολογία, Ωκεανογραφία κτλ) όσο και από τις Κοινωνικές (Ιστορία, Οικονομία, Κοινωνιολογία κτλ). Ωστόσο ο βασικός άξονας του περιεχομένου του είναι ***ο χώρος***, εντός του οποίου κατοικεί ο άνθρωπος, ο οποίος οργανώνει αυτό το χώρο, αναπτύσσει σε αυτόν τις δραστηριότητές του και δημιουργεί τον πολιτισμό του. Επίσης, μετασχηματίζει το χώρο ή τον αλλάζει με βάση τις ανάγκες του, αλλά και αντίστροφα διαφοροποιεί τις ανάγκες του και προσαρμόζεται σε αυτόν με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τόπου.

Επομένως, σκοπός της Γεωγραφίας είναι να βοηθήσει τους μαθητές να οικοδομήσουν βασικές έννοιες προκειμένου να κατανοήσουν τις σχέσεις και τις αλληλεξαρτήσεις ανθρώπου και χώρου. Υπ' αυτήν την έννοια, η Γεωγραφία εξηγεί **πού** βρίσκονται οι τόποι, **πώς** οι τόποι και τα τοπία σχηματίστηκαν, **πώς** άνθρωποι και περιβάλλοντα αλληλεπιδρούν, **πώς** αλλάζουν και **πώς** μια σειρά από διαφορετικές οικονομίες, κοινωνίες και περιβάλλοντα συνδέονται μεταξύ τους.

Επιπλέον, με το μάθημα της Γεωγραφίας οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ασκηθούν σε μεθόδους έρευνας για θέματα που αφορούν το χώρο σε όλες τις κλίμακες από τον πολύ οικείο και κοντινό μέχρι τον παγκόσμιο. Η γεωγραφική έρευνα ενθαρρύνει τους μαθητές να θέτουν ερωτήματα, να σκέφτονται κριτικά και να διερευνούν ζητήματα που επηρεάζουν τον κόσμο και τη ζωή των ανθρώπων όχι μόνο στο παρόν αλλά και στο μέλλον.

Ωστόσο, είναι γνωστό ότι η Γεωγραφία ως σχολικό αντικείμενο υποφέρει από την προκατάληψη ότι πρόκειται για ένα βαρετό, εγκυκλοπαιδικής φύσης περιγραφικό αντικείμενο διδασκαλίας, που περιεχόμενό του είναι έννοιες, αριθμοί και τοπωνύμια που χρειάζεται να απομνημονευτούν και να εντοπιστούν σε χάρτες (Κατσίκης 2001, Λαμπρινός, Χατζηπαντελής & Γρατσωνίδης 2002, Κατσίκης 2004, Klonari & Koutsopoulos 2005). Αυτή η αντίληψη ξεκινά από την πρώτη σχολική ηλικία και δυστυχώς δεν αποσβένεται με το πέρασμα του χρόνου. Όμως, σήμερα πολύ περισσότερο από άλλοτε η ανθρωπότητα αντιπαρατίθεται με ένα πλήθος θεμάτων-προβλημάτων που έχουν έντονη τη γεωγραφική διάσταση, όπως δυναμική του πληθυσμού, ανισότητα στη διατροφή, αστικοποίηση, κοινωνικές-οικονομικές διαφορές, αναλφαβητισμός, φτώχεια, ανεργία, προβλήματα προσφύγων, παραβίαση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, ασθένειες, εγκληματικότητα, φυλετικές διακρίσεις, μετανάστευση, περιβαλλοντική υποβάθμιση, μείωση των φυσικών πόρων, πολεμικές συρράξεις, θέματα τοπικιστικού ή ηθικού χαρακτήρα, εθνικισμός και παγκοσμιότητα στον πλανήτη Γη. Τα θέματα-προβλήματα αυτά, που διαμορφώνουν έντονα τη σύγχρονη ζωή, αναδεικνύουν τη δυναμική σχέση και αλληλεπίδραση ανάμεσα στο χώρο και τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Επιπλέον, δείχνουν με σαφήνεια ότι η Γεωγραφία ως κατεξοχήν χωρική επιστήμη συνδέεται άμεσα με την ανάπτυξη χωρικής σκέψης και την καλλιέργεια χωρικών ικανοτήτων των μαθητών πράγμα απαραίτητο και χρήσιμο για την καθημερινή ζωή τους αλλά και για το μέλλον τους ως πολίτες.

Χωρική Σκέψη και Π.Σ. Γεωγραφίας

Τα νέα Προγράμματα Σπουδών Γεωγραφίας δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης και στην καλλιέργεια αντίστοιχων χωρικών ικανοτήτων των μαθητών μέσα από συγκεκριμένες δραστηριότητες.

Σύμφωνα με τους Hespanha, Goodchild, & Janelle (2009), μαθαίνω να σκέπτομαι χωρικά σημαίνει ότι πρέπει να έχω γνώση των χωρικών εννοιών, να μπορώ να σκέπτομαι και να δρω στο χώρο π.χ. να γνωρίζω πώς, πού και πότε πρέπει να χρησιμοποιήσω διάφορες στρατηγικές, κατάλληλα εργαλεία και τεχνολογίες, ώστε να λύσω προβλήματα ή να πάρω αποφάσεις σχετικές με θέματα που σχετίζονται με αυτόν.

Ο Goodchild (2006) ισχυρίζεται ότι η επικοινωνία ενός ατόμου εξαρτάται από το χωρικό γραμματισμό του, δηλαδή από ικανότητες που σχετίζονται με τον τρόπο που δουλεύει και σκέφτεται σε ένα χωρικό κόσμο και που του επιτρέπει να κατανοεί χάρτες, εικόνες και χωρικά δεδομένα, με τον ίδιο τρόπο που κατανοεί αριθμούς και κείμενα.

Επίσης, οι Linn & Petersen (1985) θεωρούν ότι οι χωρικές ικανότητες είναι γενικές ικανότητες που σχετίζονται με «την αναπαράσταση, τη μετατροπή, την παραγωγή και τη συμβολική ανάκληση σε μη λεκτικές πληροφορίες», ενώ οι Eliot και Smith (1983) ορίζουν τη χωρική ικανότητα ως «την αντίληψη και τη διατήρηση των οπτικών μορφών και την νοητική επεξεργασία και την ανακατασκευή οπτικών σχημάτων».

Επιπρόσθετα, οι Lee & Bednarz (2009) θεωρούν ως χωρικές ικανότητες τη χωρική απεικόνιση μέσα από την επεξεργασία χωρικών πληροφοριών, το χωρικό προσανατολισμό, τις χωρικές σχέσεις, δηλαδή τις ερμηνείες των χωρικών κατανομών και των προτύπων, τη σύνδεση και τη συσχέτιση θέσεων και τόπων, την κατανόηση χωρικών ιεραρχιών και τον προσανατολισμό στον πραγματικό κόσμο. Επίσης, οι χωρικές ικανότητες των μαθητών καλλιεργούνται εξίσου μέσω διαδικασιών/ δραστηριοτήτων που αναφέρονται σε νοητικούς χάρτες, σχεδίαση χαρτών, συγκρίσεις διαφορετικών θεματικών επιπέδων σε χάρτες. Σύμφωνα με τις έρευνές τους, η χωρική σκέψη συνδέεται με την πραγματική ζωή, με τον αποτελεσματικότερο χειρισμό πραγματικών καταστάσεων και μάλιστα τα Γεωγραφικά

Συστήματα Πληροφοριών (GIS) είναι ένα εργαλείο που υποστηρίζει δραστηριότητες για την ανάπτυξή της.

Οι Kastens & Ishikawa (2006), υποστηρίζουν ότι ανάπτυξη χωρικής σκέψης σημαίνει ότι οι μαθητές έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν, να παρατηρούν, να καταγράφουν, να περιγράφουν, να ταξινομούν, να ανακαλούν στη μνήμη τους και να επικοινωνούν με δισδιάστατα και τρισδιάστατα σχήματα. Επιπλέον, να αναγνωρίζουν δομές στο χώρο, τον προσανατολισμό και τις θέσεις των αντικειμένων, καθώς επίσης τις ιδιότητές τους ή τις διαδικασίες που σχετίζονται με αυτά. Να μπορούν να επεξεργάζονται νοητικά όλα τα παραπάνω, μετά από περιστροφή, αφαίρεση, αλλαγή, μερική παραμόρφωση και να είναι ικανοί να ερμηνεύουν κατανομές διεργασιών, τις ιδιότητες και τον προσανατολισμό, που έχουν συγκεκριμένα σχήματα, αντικείμενα και δομές στο χώρο. Τέλος, να αναζητούν λόγους/ αίτια για τις θέσεις τόπων και δομών και να κάνουν προβλέψεις για τις συνέπειες που κάποιες ιδιότητες και διαδικασίες μπορεί να έχουν.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε επομένως να πούμε ότι τρεις είναι οι κύριες συνιστώσες της χωρικής σκέψης: α) η φύση του χώρου, β) οι μέθοδοι που παρουσιάζουν χωρικές πληροφορίες και γ) οι διαδικασίες των χωρικών συλλογισμών (National Research Council, 2006).

Βασικά στοιχεία του Π. Σ. Γεωγραφίας

Το γεωγραφικό περιεχόμενο που αναπτύσσεται στο νέο Π.Σ. Γεωγραφίας περιλαμβάνει:

α) μια ποικιλία επιπέδων ανάλυσης των εννοιών του χώρου και των διαδικασιών που εξετάζονται από την πολύ οικεία, τοπική και περιοχής έως την εθνική, ευρωπαϊκή και παγκόσμια κλίμακα.

β) μια σειρά από έρευνες που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένους τόπους, θέματα και ζητήματα/προβλήματα (π.χ. ερημοποίηση, μετανάστευση, άνιση ανάπτυξη, κ.α).

γ) τις θέσεις των τόπων και των περιβαλλόντων στον χώρο, δηλαδή τη γνώση του πού βρίσκονται οι τόποι και τα τοπία ή διαφορετικά περιβάλλοντα, δημιουργώντας έτσι ένα συνεκτικό πλαίσιο γεωγραφικής γνώσης.

δ) τη διαπραγμάτευση βασικών θεμάτων για την Ελλάδα και για τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στη φυσική γεωγραφία και στην ανθρωπογεωγραφία τους.

ε) θέματα φυσικής γεωγραφίας, φυσικών διαδικασιών και φυσικά τοπία, όπως για παράδειγμα τη μελέτη του καιρού και του κλίματος, χαρακτηριστικών γεωμορφών στην επιφάνεια της γης και των διαδικασιών που τις δημιούργησαν κ.ά.

ζ) θέματα που αναφέρονται σε δομημένα και διακριτά περιβάλλοντα και ανθρώπινες διαδικασίες, όπως για παράδειγμα οι αλλαγές στις πόλεις, οι μετακινήσεις, η αειφόρος ανάπτυξη, κ.ά.

η) αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων και του περιβάλλοντός τους, συμπεριλαμβανομένων και των συνεπειών τους, αλλά και τρόπους διαχείρισης μελλοντικών αλλαγών και επιδράσεων (αειφόρος ανάπτυξη) σε διαφορετικές κλίμακες.

Το παραπάνω γεωγραφικό περιεχόμενο διατρέχεται από έναν αριθμό βασικών εννοιών, οι οποίες επανέρχονται από τάξη σε τάξη εξετάζονται όμως σε διαφορετική χωρική κλίμακα, όπου εμπλουτίζονται και συστηματοποιούνται. Οι έννοιες αυτές, που θα πρέπει να γνωρίσουν και να κατανοήσουν οι μαθητές, ώστε να εμβαθύνουν σε αυτές και να αναπτύξουν αντίστοιχες ικανότητες είναι:

1) *Η Θέση*

Η τοποθέτηση στοιχείων/γεγονότων πάνω στην επιφάνεια της Γης (απόλυτη, σχετική θέση, και η σημασία της)

2) *Ο Τόπος*

Η έννοια «τόπος» περιλαμβάνει: α) την κατανόηση των φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών των πραγματικών τόπων και β) την ανάπτυξη «γεωγραφικών απόψεων» για τους τόπους και τα τοπία

3) *Ο Χώρος*

Η μελέτη του χώρου αποτελεί μια κατεξοχήν γεωγραφική διαδικασία. Έτσι οι μαθητές πρέπει να αναπτύξουν χωρική αντίληψη και κατανόηση. Επομένως μέσα από την έννοια «χώρος» αναπτύσσεται: α) η κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ τόπων και δικτύων που δημιουργούνται από τις ροές των πληροφοριών, των ανθρώπων και των αγαθών και β) η γνώση για το **πού** βρίσκονται τόποι, **γιατί** βρίσκονται εκεί, **τα πρότυπα και οι κατανομές** που δημιουργούν, **πώς και γιατί** αυτά αλλάζουν και **ποιες επιπτώσεις** έχουν για τους ανθρώπους.

4) Η Κλίμακα

Η χωρική κλίμακα, δηλαδή η έκταση του χώρου όπου εκτυλίσσονται σχέσεις και αλληλεπιδράσεις, επηρεάζει τον τρόπο που σκεπτόμαστε για αυτό το οποίο βλέπουμε και ζούμε. Άρα είναι ουσιώδες να υπάρχει: α) εκτίμηση για διαφορετικές χωρικές κλίμακες – από το προσωπικό και τοπικό στο εθνικό και παγκόσμιο και β) δημιουργία συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών χωρικών κλιμάκων για την ανάπτυξη κατανόησης των γεωγραφικών εννοιών.

5) Η Περιφέρεια

Οι περιφέρειες αναφέρονται σε τόπους πάνω στη Γη στο πώς σχηματίζονται και πώς μεταβάλλονται (π.χ. περιοχές της γης χωρίζονται και εξετάζονται με διάφορα κριτήρια π.χ. φυσικά, πολιτικά πολιτιστικά, οικονομικά, κτλ.)

6) Η Αλληλεξάρτηση

Είναι η εξέταση των κοινωνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών και πολιτικών συνδέσεων μεταξύ των τόπων.

7) Οι φυσικές και ανθρωπογενείς διαδικασίες

Έννοιες κλειδιά για τη γεωγραφική μελέτη είναι αυτές που αναφέρονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς διαδικασίες, γιατί η κατανόησή τους αποτελεί βασικό άξονα στη μελέτη αλλαγών και ανάπτυξης των τόπων, τοπίων και κοινωνιών. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν τα χωρικά πρότυπα και τις χωρικές κατανομές, ώστε οι μαθητές να βοηθηθούν να φανταστούν εναλλακτικούς τρόπους για το μέλλον των τόπων και για τους ανθρώπους που ζουν και εργάζονται σε αυτούς.

8) Οι περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις και αειφόρος ανάπτυξη

Οι έννοιες αυτές αφορούν στην: α) κατανόηση ότι οι φυσικές και ανθρώπινες διαστάσεις του περιβάλλοντος αλληλοσχετίζονται και αλληλοεπηρεάζουν την περιβαλλοντική αλλαγή β) έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη και τις επιδράσεις της στο περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή.

9) Η πολιτισμική κατανόηση και διαφοροποίηση

Οι έννοιες αυτές αναφέρονται στην: α) εκτίμηση των διαφορών και ομοιοτήτων μεταξύ των ανθρώπων, των τόπων, των περιβαλλόντων και του πολιτισμού β) εκτίμηση πως οι αξίες των ανθρώπων και οι συμπεριφορές τους διαφέρουν και μπορεί να επηρεάζουν κοινωνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά, πολιτικά ζητήματα καθώς επίσης και την ανάπτυξη των δικών τους αξιών και συμπεριφορών για αντίστοιχα θέματα.

Η διδασκαλία της γεωγραφίας και η αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών

Βασικά εργαλεία για την αποτελεσματική διδασκαλία του μαθήματος της Γεωγραφίας είναι ο χάρτης, οι άτλαντες, οι φωτογραφίες, οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες, τα οποία παρουσιάζουν πληροφορίες αναφορικά με το χώρο, τους τόπους και την ανθρώπινη δραστηριότητα. Έτσι, το νέο ΠΣ Γεωγραφίας δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να εφαρμόσουν μια ποικιλία γεωγραφικών διαδικασιών μέσα από προτεινόμενες **γεωγραφικές έρευνες** και **εργασίες πεδίου**. Επίσης, προωθεί τον **χαρτογραφικό, οπτικό και ψηφιακό γραμματισμό** προτείνοντας τη χρήση Νέων Τεχνολογιών, η χρήση των οποίων απαιτείται σε ένα σύγχρονο τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος της Γεωγραφίας.

Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμοι για εκπαιδευτική χρήση διάφοροι τύποι εφαρμογών τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών, όπως τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

(GIS), η τηλεπισκόπηση, εργαλεία και εφαρμογές του διαδικτύου, εκπαιδευτικά λογισμικά, εφαρμογές υπερμέσων, εικονικά περιβάλλοντα, προσομοιώσεις-οπτικοποιήσεις κτλ.

Η σημασία των Νέων Τεχνολογιών για το μάθημα της Γεωγραφίας είναι σημαντική για τους εξής λόγους:

- ✓ Συγκεκριμενοποιούν αφηρημένες έννοιες και διαδικασίες που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψη των μαθητών
- ✓ Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν τη γενική εικόνα αλλά και λεπτομέρειες μιας μεγάλης περιοχής ή ολόκληρης της Γης
- ✓ Εμπλουτίζουν τη διδασκαλία, την κάνουν πιο ενδιαφέρουσα και δίνουν κίνητρα ενασχόλησης με διάφορα γεωγραφικά θέματα.
- ✓ Διευκολύνουν τους μαθητές στην αναζήτηση πληροφοριών για ποικίλα γεωγραφικά θέματα.
- ✓ Διευκολύνουν τη σύνδεση γεωγραφικών θεμάτων με άλλες γνωστικές περιοχές και υπ' αυτήν την έννοια εξυπηρετούν τη διεπιστημονικότητα.
- ✓ Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να αποκτούν άμεση αντίληψη των συνεπειών που έχουν για τον άνθρωπο φαινόμενα ή γεγονότα (π.χ. οι συνέπειες των πλημμυρών στη ζωή των ανθρώπων).

Παραδείγματα αξιοποίησης των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Γεωγραφίας στα νέα ΠΣ

Η σημασία των Νέων Τεχνολογιών για μια αποτελεσματική, ενδιαφέρουσα και με νόημα διδασκαλία Γεωγραφίας αναδεικνύεται από τα παρακάτω παραδείγματα.

Γ΄ τάξη Δημοτικού

Στη Γ΄ Δημοτικού η Γεωγραφία διδάσκεται στο πλαίσιο του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Μία από τις βασικές έννοιες που εισάγεται στην τάξη αυτή είναι ο χάρτης. Η έννοια αυτή είναι πολύ δύσκολη για τα παιδιά, επειδή παρουσιάζει την αναπαράσταση του χώρου σε δύο διαστάσεις και επιπλέον χρησιμοποιεί σύμβολα για να αναπαραστήσει μία περιοχή/έναν τόπο. Προκειμένου να βοηθήσουμε τα παιδιά να κατανοήσουν τα βασικά στοιχεία της έννοιας του χάρτη παρουσιάζουμε την εφαρμογή http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM102/524/3457,13994/extras/mtpc_b05_map/index.html

Στην εφαρμογή αυτή φαίνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση ενός τόπου, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε απεικόνιση δύο διαστάσεων, να εμφανιστούν οι ονομασίες των οδών, να γίνει σύνδεση με την εφαρμογή Google Maps και να εμφανιστεί σταδιακά η μετατροπή της περιοχής σε χάρτη. Επίσης, μπορούν να παρουσιαστούν αεροφωτογραφίες, ώστε τα παιδιά να αναγνωρίσουν συγκεκριμένα σημεία, όπως π.χ. κτίρια, περιοχές πρασίνου, βουνά, δρόμους κτλ, και να τα αντιστοιχίσουν με σύμβολα στο χάρτη, ενώ δεν παραλείπουμε να δείξουμε τα σημεία του ορίζοντα. Εκτός, όμως από την κατανόηση της βασικής έννοιας του χάρτη, τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να ασκηθούν σε συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως π.χ. να περιγράψουν μία διαδρομή στη συγκεκριμένη περιοχή με τη χρήση των όρων «βόρεια, νότια, ανατολικά, δυτικά».

Δ΄ τάξη Δημοτικού

«Οι νομοί της Ελλάδας» αποτελούν αντικείμενο διδασκαλίας στην Δ΄ Δημοτικού, όπου η Γεωγραφία διδάσκεται στο πλαίσιο της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Σκοπός είναι οι μαθητές να εντοπίζουν τη θέση των νομών σε ένα χάρτη της Ελλάδας και να αντιστοιχούν νομούς με γεωγραφικά διαμερίσματα. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω στόχων παρουσιάζουμε στα παιδιά την εφαρμογή http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ ebook/show.php/DSDIM-D108/558/3662,15883/extras/mtpd_a04_nomoi_game/index.htm, στην οποία εμφανίζεται «λευκός» χάρτης της Ελλάδας με τα όρια των νομών. Ζητείται από τους μαθητές με γραπτό μήνυμα να εντοπίσουν συγκεκριμένο νομό και βαθμολογούνται με σταδιακά μειούμενο αριθμό πόντων ανάλογα με την επιτυχή υπόδειξη-απάντηση. Επίσης, η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα «περιήγησης» στην Ελλάδα με τη μετακίνηση του ποντικιού σε κάθε νομό της Ελλάδας και την ταυτόχρονη εμφάνιση του ονόματος του νομού. Τέλος, με την παρουσία πυξίδας στο χάρτη

δίνεται και πάλι η ευκαιρία προσανατολισμού και με την παρουσία χιλιομετρικής κλίμακας δίνεται η δυνατότητα διαισθητικής αναφοράς στην κλίμακα. Έτσι, η εκμάθηση των νομών μπορεί να γίνει με ευχάριστο και παιγνιώδη τρόπο, ενώ μπορεί να συνδυαστεί με επικόλληση σε «λευκό» πολιτικό χάρτη των ονομάτων των νομών κάθε γεωγραφικού διαμερίσματος, με ιχνογράφηση κάθε γεωγραφικού διαμερίσματος με τους νομούς του, με κατασκευή παζλ με κομμάτια τους νομούς της Ελλάδας και με παιχνίδια αντιστοίχησης νομών-γεωγραφικών διαμερισμάτων.

Ε΄ τάξη Δημοτικού

«Ο κατακόρυφος διαμελισμός της Ελλάδας και η ζωή σε ορεινές και πεδινές περιοχές» είναι αντικείμενο μάθησης στην Ε΄ Δημοτικού, όπου διδάσκεται η Ελλάδα (φυσικά στοιχεία, ανθρωπογεωγραφία, σχέσεις και αλληλεπιδράσεις). Βασικά στοιχεία της ενότητας είναι τα ελληνικά βουνά, με έμφαση στους δύο κύριους ορεινούς όγκους της Ελλάδας, Πίνδο και Ροδόπη, καθώς και η επίδρασή τους στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η εφαρμογή http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSDIM102/524/3457,13995/extras/mtpc_b06_vouna-flv/index.html, η οποία είναι ένα τρίλεπτο βίντεο της εκπαιδευτικής τηλεόρασης, παρουσιάζει δυο παιδιά ως επιβάτες ενός δορυφόρου να ταξιδεύουν πάνω από την Ελλάδα και να σχολιάζουν τις οροσειρές της. Έτσι, οι μαθητές της Ε΄ δημοτικού έχουν τη δυνατότητα μέσω τρισδιάστατων μοντέλων να πληροφορηθούν για την οροσειρά της Πίνδου και της Ροδόπης (θέση στην Ελλάδα, κατεύθυνση), να μάθουν μέσω ενσωματωμένων εικονιδίων βασικά είδη χλωρίδας και πανίδας και να δουν μέσω ενσωματωμένων βίντεο τις βασικές ασχολίες των κατοίκων στις ορεινές περιοχές.

Έτσι μέσω της εφαρμογής αυτής τα παιδιά συγκεκριμενοποιούν στοιχεία που δεν υποπίπτουν άμεσα στην αντίληψή τους, ενώ σε συνδυασμό με φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες μπορούν να ασκηθούν σε συγκεκριμένες διαδικασίες μάθησης (παρατήρηση της φυσιογνωμίας των βουνών, περιγραφή, σύγκριση, εύρεση σχέσεων και αλληλεπιδράσεων). Τέλος, σε συνδυασμό με το χάρτη μπορούν να κατανοήσουν την έννοια του συμβολισμού και της αφαίρεσης, δηλαδή παρά το ότι τα βουνά παρουσιάζονται με καφέ χρώμα στο χάρτη, στην πραγματικότητα όμως διαφέρουν ως προς το υψόμετρο, τη φυσιογνωμία κτλ.

ΣΤ΄ τάξη Δημοτικού

Η διαδοχή ημέρας – νύχτας είναι ένα αντικείμενο μάθησης ιδιαίτερα ενδιαφέρον αλλά και δύσκολο για τα παιδιά της ΣΤ΄ δημοτικού, αφού η κίνηση της Γης γύρω από τον άξονά της αποτελεί μία αφηρημένη έννοια, ενώ πολλές φορές δημιουργούνται παρανοήσεις αναφορικά με το φαινόμενο.

Η εφαρμογή http://www.mathima.gr/education/yliko/files_yliko/swf/DayNight.swf είναι μία προσομοίωση του φαινομένου. Σε αυτή εμφανίζεται ένας παγκόσμιος χάρτης με φωτεινό μέρος το μέρος των χωρών που έχουν μέρα σε πραγματικό χρόνο και με σκιασμένο μέρος το μέρος των χωρών που έχουν νύχτα. Στο χάρτη υπάρχουν αριθμητικές τιμές γεωγραφικού πλάτους και μήκους, ενώ ο χρήστης μπορεί να τοποθετεί την πόλη του δίνοντας τις αντίστοιχες τιμές, καθώς και να εμφανίζει τον ήλιο στο μέρος της Γης που είναι μεσημέρι.

Με ρυθμό ανανέωσης «ανά λεπτό» και πατώντας «συνέχεια» ή «επανεκκίνηση» φαίνεται το ρολόι να κινείται μπροστά και ταυτόχρονα το σκιασμένο μέρος να κινείται δυτικά υποδηλώνοντας ποια μέρη της Γης έχουν διαδοχικά νύχτα με την πάροδο του 24ωρου, ενώ από την ανατολή έχει αρχίσει πάλι να «φωτίζεται - ξημερώνει». Επίσης, ο μαθητής μπορεί να γυρίζει τους δείκτες στο ρολόι, να παρατηρεί την ίδια κίνηση και να σημειώνει την ακριβή ώρα ανατολής και δύσης του ήλιου στην πόλη του. Με τον εποπτικό αυτό τρόπο αυτό οι μαθητές βοηθούνται να κατανοήσουν τη διαδοχή μέρας-νύχτας, να συζητήσουν για την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της και να εφαρμόσουν τη γνώση αυτή σε άλλες αναπαραστάσεις με τη χρήση τη υδρογείου σφαίρας κι ενός φακού.

Με ρυθμό ανανέωσης «ανά ημέρα» και πατώντας «συνέχεια» ή «επανεκκίνηση» φαίνεται με τη μορφή φωτεινού μέρους πάνω στον παγκόσμιο χάρτη η διάρκεια της ημέρας σε κάθε ημισφαίριο κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους και με τη μορφή σκιασμένου μέρους η διάρκεια της νύχτας. Από τη διαδοχική αλλαγή ημερομηνίας για μια συγκεκριμένη τοπική ώρα,

ο μαθητής μπορεί να διαπιστώσει τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στον τόπο του για κάθε εποχή. Μπορούν, επίσης, να εντοπιστούν οι ημερομηνίες για τις ισημερίες, το εαρινό ηλιοστάσιο και το θερινό ηλιοστάσιο για κάθε ημισφαίριο, καθώς και η αλλαγή μεταξύ θερινής και χειμερινής ώρας. Έτσι, οι μαθητές εισάγονται στην αλλαγή των εποχών και συζητούν για την περιφορά της Γης γύρω από τον ήλιο, ένα άλλο θέμα για το οποίο υπάρχει πλήθος προτεινόμενων διαδραστικών εφαρμογών στο ΠΣ Γεωγραφίας.

Α΄ τάξη Γυμνασίου

Οι «Μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον» και συγκεκριμένα τα κεφάλαια με τίτλο «Λιθόσφαιρα» και «Σεισμοί» διδάσκονται στην Α΄ Γυμνασίου. Βασική έννοια των θεμάτων αυτών είναι η σχέση της κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών με τη δημιουργία σεισμών.

Η εφαρμογή http://www.staff.amu.edu.pl/~zbzw/glob/glob34f.htm περιέχει μια σειρά από χάρτες των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης και χάρτες σεισμών και ηφαιστείων. Οι μαθητές με τη βοήθεια της εφαρμογής παρατηρούν σε σχεδιάγραμμα παγκόσμιου χάρτη τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, εντοπίζουν περιοχές με έντονη σεισμικότητα, καθώς και τις εστίες σεισμών και τα ηφαίστεια. Επίσης, η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα εμβάθυνσης και αναζήτησης στοιχείων, όπως τα μεγέθη των σεισμών σε παγκόσμια κλίμακα, το εστιακό τους βάθος, η διασπορά τους ανά ήπειρο ή ανά γεωγραφικό πλάτος. Ως αποτέλεσμα, οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν χωρική σκέψη και να καλλιεργήσουν αντίστοιχες χωρικές δεξιότητες, όπως ο εντοπισμός της θέσης ενεργών ηφαιστείων και εστιών σεισμών σε παγκόσμια, ευρωπαϊκή και εθνική κλίμακα, η εξήγηση του τρόπου δημιουργίας των ηφαιστείων και των σεισμών και η συσχέτιση του σχηματισμού τους με την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών.

Β΄ τάξη Γυμνασίου

Μία από τις βασικές επιλογές του περιεχομένου του μαθήματος στη Β΄ Γυμνασίου είναι η δυνατότητα ανάγνωσης των γεγονότων και των φαινομένων του χώρου με την οπτική της χωρικής κατανομής, της χωρικής διαφοροποίησης και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικού περιβάλλοντος και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε σχέση με τις δυνατότητες των μαθητών της συγκεκριμένης ηλικίας. ΄Ετσι, θέματα όπως «Η Ευρώπη στον κόσμο», «Τομείς παραγωγής», «Πληθυσμός – πολιτισμικά στοιχεία», καθώς και οι «Συνθετικές δραστηριότητες – εργασίες» απαιτούν αναζήτηση, αξιολόγηση και σύνθεση πληροφοριακών στοιχείων. Η εφαρμογή http://europa.eu/index_el.htm, η οποία είναι η επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην ελληνική γλώσσα, μπορεί να είναι χρήσιμη στις παραπάνω ενότητες. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια της εφαρμογής οι μαθητές μπορούν να αναζητήσουν πολλά στοιχεία για την Ευρώπη ανάλογα με τα ενδιαφέροντά τους. Στη «Γωνιά του παιδιού» οι μαθητές μπορούν να παίξουν διάφορα παιχνίδια και να λύσουν γλωσσικά κουίζ σχετικά με το ευρώ, με σημαίες κρατών, με κτήρια και μνημεία, με την ιστορία, την οικονομία και το φυσικό περιβάλλον της Ευρώπης. Στη «Γωνιά των εκπαιδευτικών» υπάρχει διαθέσιμη πληθώρα διδακτικού υλικού για παιδιά Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου. Η θεματολογία απλώνεται από τη γνωριμία με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τον πολιτισμό τους μέχρι τη φυσική γεωγραφία, την οικονομία και τα δικαιώματα των πολιτών. Η εφαρμογή συμβάλλει στην επίτευξη πολλών μαθησιακών στόχων, όπως να αναγνωρίζουν το ρόλο των ευρωπαϊκών χωρών στο παγκόσμιο τοπίο, σε σχέση με το εμπόριο, τις μετακινήσεις και την παραγωγή αγαθών, να αναγνωρίζουν τη διαφοροποίηση στο βιοτικό επίπεδο ανάμεσα σε χώρες της Ευρώπης και να αναγνωρίζουν ότι η επιλογή της Ευρώπης ως ηπείρου στηρίζεται περισσότερο σε ιστορικά-πολιτισμικά κριτήρια και όχι μόνο σε γεωμορφολογικά.

Συμπέρασμα

Η ποικιλία των παραπάνω παραδειγμάτων καταδεικνύει το εύρος των ικανοτήτων που μπορεί να αναπτύξουν οι μαθητές με την αξιοποίηση των ΤΠΕ στο μάθημα της Γεωγραφίας. Η ανάπτυξη της χωρικής σκέψης διευρύνεται, καθώς οι μαθητές αντιλαμβάνονται καλύτερα το χώρο μελέτης, πράγμα που δεν είναι πάντα εφικτό με τις ανθρώπινες αισθήσεις. Η σχετική και απόλυτη θέση ενός τόπου καταγράφονται ακριβέστερα. Οι μαθητές αποκτούν καλύτερη

εποπτεία ενός χώρου, καθώς οπτικοποιούνται τα πρότυπα και οι κατανομές του. Η κλίμακα γίνεται πολύ πιο μετρήσιμο μέγεθος. Οι αλληλεξαρτήσεις φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος γίνονται εμφανέστερες και μπορούν να αυξήσουν την κριτική ικανότητα των μαθητών. Η πληροφορία γίνεται πιο προσβάσιμη προσφέροντας μια ακόμα ευκαιρία για την ανάπτυξη της ικανότητας επιλογής και αξιοποίησης. Τέλος, οι ΤΠΕ φέρνοντας τον κόσμο πιο κοντά έστω και μόνο μέσω της εικόνας συμβάλλουν στην πολιτισμική κατανόηση μεταξύ των λαών. Ασφαλώς, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να μπορέσει να τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητα της παρούσας προσέγγισης στη Γεωγραφία με εκείνη της στείρας απομνημόνευσης ή της χρήσης μόνο του χάρτη.

Βιβλιογραφία

Κατσίκης, Α. (2001). Γεωγραφία και Γεωγραφική Εκπαίδευση: Αιτιολογία της Κρίσης: Πρόταση Ανανεωτικής Παρέμβασης. *Γεωγραφίες, 2*, 15–29.

Κατσίκης, Α. (2004). Διεθνές Πρόγραμμα Αξιολόγησης της Γεωγραφικής Εκπαίδευσης: Διαπιστώσεις Προοπτικές. *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου,* 523-530, Μυτιλήνη, Λέσβος.

Λαμπρινός, Ν., Χατζηπαντελής, Θ., & Γρατσωνίδης, Α. (2002). Η άποψη των μαθητών της ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου για το μάθημα της Γεωγραφίας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση, 122*, 102–108.

Gersmehl, P.J. & Gersmehl, C.A. (2007). Spatial Thinking by Young Children: Neurologic Evidence for Early Development and "Educability". *Journal of Geography,* 106: 5, 181-191.

Hespanha, S.R., Goodchild, F. & Janelle, D.G. (2009). Spatial Thinking and Technologies in the Undergraduate Social Science Classroom. *Journal of Geography in Higher Education,* 33: S1, S17-S27.

Ishikawa, T. & Kastens, K.A. (2005). Why students have trouble with maps and other spatial representations. *Journal of Geoscience Education,* 53(2),184-187. http://www.nagt.org/nagt/jge/abstracts/mar05.html)

Klonari, A. & Koutsopoulos, K. (2005). Primary and secondary educators' attitudes on school geography. In K. Donert & P. Charzynski (Ed.), *Changing horizons in geography education,* 151–155. Torun, Poland: Herodot Network.

Lee, J. & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS Learning on Spatial Thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(2), 183-198.

Linn, M. & Petersen, A.C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis, *Child Development,* 56:1479-1498.

National Research Council (2006). *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K–12 Curriculum.* Washington, D.C.: The National Academies Press.

Αντιλήψεις, στάσεις και απόψεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής. Μελέτη περίπτωσης.

Παρασκευάς Παρασκευάς
Σχολικός Σύμβουλος Π.Ε. Ν. Σερρών pparaskeya@sch.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας που αφορούσε την καταγραφή και διερεύνηση των αντιλήψεων, στάσεων και απόψεων εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 166 εκπαιδευτικοί δημόσιων δημοτικών σχολείων που υπηρετούσαν τη σχολική χρονιά 2010-2011 στους νομούς Ροδόπης και Έβρου. Για τη συλλογή του εμπειρικού υλικού της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο με 18 κλειστές ερωτήσεις, άλλες με θετική και άλλες με αρνητική διατύπωση, με πιθανές απαντήσεις σύμφωνα με την πεντάβαθμη κλίμακα Likert και κατανεμημένες σε τυχαία σειρά. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν θετική στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, κάτι το οποίο αποτελεί ιδιαίτερα αισιόδοξο στοιχείο για την ανάπτυξη και εφαρμογή της επιστήμης στη σχολική πραγματικότητα, καθώς αποτελεί βασική επιδίωξη της εκπαίδευσης για τις φυσικές επιστήμες στο σχολείο σήμερα.

Abstract

This paper presents the results of a research that investigated the perceptions and attitudes of primary school teachers on teaching physics in primary school. The survey was conducted in a school year (2010-2011) and involved 166 primary school teachers of Rodopi and Evros prefectures, North Greece. For the purpose of this study a Likert type questionnaire was used. The survey results showed that primary school teachers hold a positive view on teaching physics in primary school, which is an inviting element for the development of science education.

Εισαγωγή

Τόσο διεθνώς όσο και στην Ελλάδα αποτελεί ερευνητικό αντικείμενο κατά τα τελευταία χρόνια η καταγραφή και διερεύνηση των αντιλήψεων και στάσεων των εκπαιδευτικών για μια σειρά ζητημάτων που αφορούν το γνωστικό και παιδαγωγικό περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών. Η σημαντικότητά τους οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή τους στο σχολικό πλαίσιο, προσδιορίζοντας έτσι την επιτυχία της εφαρμογής των αντίστοιχων προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών (Δημητρίου 2010).

Διάφοροι ερευνητές έχουν διαπιστώσει (Κοτσίνας & Κώτσης 2011) ότι οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης έχουν αρνητική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και εξαιτίας της αρνητικής στάσης δεν διδάσκουν καθόλου τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, είτε τα διδάσκουν πρόχειρα και βαρετά, ώστε το όφελος για τους μαθητές τους να είναι ελάχιστο. Επιπρόσθετα, η συμπεριφορά και η στάση του εκπαιδευτικού ως προς το μάθημα των Φυσικών Επιστημών επηρεάζει ειδικότερα το μάθημα της Φυσικής.

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, η έννοια της «στάσης» καθορίζεται ως η συναισθηματική τάση ενός ατόμου να αντιδρά θετικά ή αρνητικά απέναντι στο μάθημα της Φυσικής. Η «στάση» περιέχει το στοιχείο της υποκειμενικότητας, προέρχεται από προηγούμενες εμπειρίες (θετικές ή αρνητικές) του ατόμου, επηρεάζοντας τα συναισθήματα και τη συμπεριφορά του. Ως «αντιλήψεις» ενός ατόμου μπορούν να θεωρηθούν οι πεποιθήσεις οι σχετικές με το μάθημα της Φυσικής, οι οποίες όμως έχουν έντονο το στοιχείο της υποκειμενικότητας. Κάθε άτομο, ανάλογα με τις εμπειρίες που κουβαλάει από το παρελθόν, έχει τις δικές του αντιλήψεις (Φιλίππου & Χρίστου 2001).

Είναι κοινή διαπίστωση ότι οι αντιλήψεις επηρεάζουν τις στάσεις και ότι οι στάσεις διαμορφώνουν τις πρακτικές των ατόμων. Έτσι, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η

διερεύνηση των γνώσεων και η μελέτη των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, καθώς από τις γνώσεις και τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η αποτελεσματικότητα της προσέγγισής τους (Τζαμπερής & Παπαβασιλείου 2011).

Ειδικότερα οι στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών απέναντι στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής είναι πολύ σημαντικές, καθώς αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τόσο τη διδασκαλία όσο και την ίδια τη μάθηση. Στη διεθνή βιβλιογραφία οι συχνότερα αναφερόμενοι παράγοντες που διαμορφώνουν τις στάσεις των εκπαιδευτικών έχουν να κάνουν με τα προσωπικά χαρακτηριστικά, το βαθμό εμπειρίας και ικανότητας, τα τεχνικά προβλήματα, την αντίσταση στην αλλαγή σε συνδυασμό με το άγχος που αυτές οι αλλαγές επιφέρουν (Γκούφας 2011).

Οι στάσεις αυτές διαμορφώνουν σχέδια δράσης, τα οποία καθορίζουν το καθημερινό πλαίσιο των εκπαιδευτικών ενεργειών, αποφάσεων και συμπεριφορών στην τάξη. Κατά συνέπεια, οι παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αποτελούν ισχυρές ενδείξεις των παιδαγωγικών σχεδιασμών, των διδακτικών επιλογών και των πρακτικών τους στην τάξη (Pajares 1992, όπως αναφέρεται στο Τζιμογιάννης & Σιόρεντα 2007).

Οι στάσεις και αντιλήψεις των εκπαιδευτικών απέναντι στη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό (Χαλκιά 1999, Δημητρίου 2010):

- Το «πώς» και «πόσο» διδάσκεται το μάθημα της Φυσικής στη σχολική αίθουσα.
- Τη στάση που οι μαθητές αναπτύσσουν ως προς το μάθημα της Φυσικής.
- Τη στάση που οι μαθητές αναπτύσσουν ως προς την επιστημονική μεθοδολογία.
- Την επιτυχία πολλών εκπαιδευτικών καινοτομιών που αποτολμούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.
- Τη συμπεριφορά των ίδιων των εκπαιδευτικών μέσα στη σχολική αίθουσα κατά τη διδασκαλία της Φυσικής.
- Την προσωπική ικανοποίηση ή δυσαρέσκεια που οι εκπαιδευτικοί αποκομίζουν από το επάγγελμά τους.

Το φύλο των εκπαιδευτικών παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της στάσης τους και λειτουργεί καθοριστικά στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές/τριες προσλαμβάνουν το μάθημα, ενώ τα χρόνια υπηρεσίας δεν φαίνεται να παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση στάσης ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής (Χαλκιά 1999).

Το μάθημα της Φυσικής κρίνεται καθοριστικό στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση για τον καθορισμό της εικόνας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών, καθώς επίσης και για τη δημιουργία στάσης των μαθητών και εκπαιδευτικών ως προς αυτό. Η Φυσική κυριαρχεί έναντι των άλλων μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών όσον αφορά την ποσότητα του περιεχομένου που επεξεργάζεται, καθώς επίσης και από άποψη διδακτικών ωρών. Ως εκ τούτου, το μάθημα της Φυσικής διαμορφώνει κατά ένα μεγάλο μέρος την εικόνα που έχουν οι μαθητές/τριες για όλες τις Φυσικές Επιστήμες.

Μεθοδολογία

Είδος έρευνας

Πρόκειται για εκπαιδευτική περιγραφική έρευνα με εφαρμογή της μεθόδου της επισκόπησης.

Σκοπός και στόχοι

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει τη σχέση των εκπαιδευτικών του δείγματος με τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στη σχολική τάξη. Ειδικότεροι στόχοι της έρευνας είναι να ανιχνεύσει τις αντιλήψεις, τις στάσεις και τις απόψεις τους ως προς τη διδασκαλία των θεματικών ενοτήτων της Φυσικής, που διδάσκονται στα πλαίσια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών στην Ε' και Στ' Δημοτικού. Τα νέα δεδομένα που υπάρχουν σε σχέση με προηγούμενη

αντίστοιχη έρευνα (Χαλκιά 1999), όπως Δ.Ε.Π.Π.Σ., νέα Α.Π.Σ. Φυσικών Επιστημών, νέα σχολικά εγχειρίδια, καθώς και το ενδιαφέρον των ερευνητών για την καταγραφή της ειδικότερης εικόνας της συγκεκριμένης περιοχής, αποτελούν τους λόγους για την αναγκαιότητα διεξαγωγής της συγκεκριμένης έρευνας.

Ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας αποτέλεσαν ο βαθμός συμφωνίας, διαφωνίας και αναποφασιστικότητας των εκπαιδευτικών με διατυπώσεις που σχετίζονται με τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής σε σχέση: α) με το φύλο των εκπαιδευτικών και β) με τα χρόνια υπηρεσίας τους στην εκπαίδευση.

Πληθυσμός και δείγμα

Ο πληθυσμός στον οποίο απευθύνθηκε η έρευνα είναι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν σε δημόσια Δημοτικά Σχολεία των νομών Ροδόπης και Έβρου κατά τη σχολική χρονιά 2010-2011.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 166 εκπαιδευτικοί. Από το σύνολο του δείγματος οι 55 (33%) ήταν άντρες και οι 111 (67%) γυναίκες. Αναφορικά με τα χρόνια υπηρεσίας οι 125 εκπαιδευτικοί (75%) είχαν έως 10 έτη υπηρεσίας, οι 20 (12%) από 11 έως 20, οι 21 (13%) πάνω από 21 έτη υπηρεσίας.

Ερευνητικό εργαλείο

Για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο[38] το οποίο περιελάμβανε: α) 18 «κλειστές» ερωτήσεις, άλλες με θετική και άλλες με αρνητική διατύπωση, με πιθανές απαντήσεις σύμφωνα με την πεντάβαθμη κλίμακα Likert και κατανεμημένες σε τυχαία σειρά, και β) δύο ερωτήσεις που αφορούσαν το φύλο και τα έτη υπηρεσίας των εκπαιδευτικών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS ν.17 των Windows.

Αποτελέσματα

Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των υποκειμένων στις 18 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κατέδειξε τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Βαθμός συμφωνίας με τις 18 διατυπώσεις που εκφράζουν αντίστοιχες στάσεις

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι από τους εκπαιδευτικούς του δείγματος:

Το 83,1% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Προτιμώ να μη διδάσκω Φυσική, γιατί η Φυσική είναι μια επιστήμη που καλύπτει ένα τεράστιο εύρος θεμάτων και δεν μπορώ να έχω τον έλεγχο της γνώσης όλων αυτών των θεμάτων*» (ερ. 1).

Το 85% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Όταν διδάσκω Φυσική αισθάνομαι ότι με το μάθημα αυτό συμβάλλω άμεσα στη διαμόρφωση κοινωνικά ενεργών πολιτών*» (ερ. 2).

Το 62,6% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Όταν διδάσκω Φυσική αισθάνομαι ανασφαλής, γιατί υπάρχουν αρκετές έννοιες της Φυσικής που είτε δεν έχω κατανοήσει είτε αγνοώ*». Το 34,9% συμφωνεί με την παραπάνω πρόταση (ερ. 3).

Το 93,4% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Μου αρέσει να διδάσκω Φυσική, γιατί με το μάθημα αυτό μπορώ να συνδέω τα φυσικά φαινόμενα και τις σχετικές έννοιες που διδάσκω με την καθημερινή ζωή των μαθητών μου*» (ερ. 4).

Το 85,6% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Από τα διάφορα μαθήματα που έχω τη δυνατότητα να διδάξω, περισσότερο βαριέμαι να διδάξω Φυσική*» (ερ. 5).

[38] Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα σχεδιάστηκε από την Κρυσταλλία Χαλκιά το 1999 ειδικά για να ανιχνεύσει τις στάσεις των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής.

Πίνακας 1: Κατανομή συχνότητας των τιμών των μεταβλητών (ερωτήσεων)[39]

Ερωτήσεις	Συμφωνώ πολύ	Συμφωνώ λίγο	Είμαι αναποφάσιστος - Δεν με αφορά	Διαφωνώ λίγο	Διαφωνώ πολύ
1	9 (5,5%)	14 (8,4%)	5 (3%)	38 (22,9%)	100 (60,2%)
2	72 (43,4%)	69 (41,6%)	4 (2,4%)	13 (7,8%)	8 (4,8%)
3	14 (8,5%)	44 (26,5%)	4 (2,4%)	51 (30,7%)	53 (31,9%)
4	120 (72,3%)	35 (21,1%)	2 (1,2%)	6 (3,6%)	3 (1,8%)
5	6 (3,6%)	13 (7,8%)	5 (3%)	35 (21,1%)	107, (64,5%)
6	46 (27,7%)	64 (38,6%)	10 (6%)	32 (19,3%)	14 (8,4%)
7	10 (6%)	13 (7,8%)	3 (1,8%)	39 (23,5%)	101 (60,9%)
8	18 (10,8%)	58 (34,9%)	2 (1,2%)	43 (25,9%)	45 (27,2%)
9	88 (53%)	50 (30,1%)	3 (1,9%)	18 (10,8%)	7 (4,2%)
10	11 (6,6%)	28 (16,9%)	3 (1,8%)	56 (33,7%)	68(41%)
11	117 (70,5%)	41 (24,7%)	4 (2,4%)	3 (1,8%)	1 (0,6%)
12	18 (10,8%)	16 (9,6%)	2 (1,2%)	38 (22,9%)	92 (55,5%)
13	20 (12%)	68 (41%)	20 (12%)	40 (24,1%)	18 (10,9%)
14	22 (13,3%)	58 (34,9%)	7 (4,2%)	52 (31,3%)	27 (16,3%)
15	54 (32,5%)	78 (47%)	8 (4,8%)	22 (13,3%)	4 (2,4%)
16	18 (10,8%)	40 (44,1%)	9 (5,5%)	50 (30,1 %)	49 (29,5%)
17	3 (1,8%)	21 (12,7%)	4 (2,4%)	49 (29,5%)	89 (53,6%)
18	5 (3%)	16 (9,6%)	3 (1,9%)	46 (27,7%)	96 (57,8%)

Το 66,3% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Προκειμένου να εφαρμοστούν νέες μέθοδοι διδασκαλίας της Φυσικής, ευχαρίστως θα διέθετα 3-5 ώρες εβδομαδιαίως από τον ελεύθερο χρόνο μου για να προετοιμαστώ*». Το 27,7% διαφωνεί, ενώ αναποφάσιστο δηλώνει το 6% (ερ. 6).

Το 84,3% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Δεν μου αρέσει το μάθημα της Φυσικής και γι' αυτό δυσκολεύομαι να το διδάξω σωστά*». Το 13,8% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 7).

Το 53% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Εκείνο που με φοβίζει στη διδασκαλία της Φυσικής είναι ότι, ειδικά στο μάθημα αυτό, οι ερωτήσεις των παιδιών μπορεί να είναι απρόβλεπτες και συχνά δεν μπορώ να τις απαντήσω*». Το 45,7% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 8).

Το 83,1% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Δεν υπάρχουν θέματα Φυσικής που να μην μπορώ να τα κατανοήσω. Όταν αισθανθώ ότι έχω κενά θα αναζητήσω πρόσθετη βοήθεια ώστε τελικά να καλύψω τις αδυναμίες μου*». Το 15% διαφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 9).

Το 74,7% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Δεν έχω κατανοήσει τη Φυσική σε τέτοιο βαθμό, ώστε πραγματικά να διδάσκω τους μαθητές μου με απλό τρόπο τις διάφορες έννοιες και φαινόμενα που μελετά η Φυσική*». Το 23,5% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 10).

[39] Για την ποσοτική μέτρηση του ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκε η πεντάβαθμη κλίμακα Likert και με βαθμολογία από 1 έως 5. Συγκεκριμένα, το 5 αποδίδεται στο «συμφωνώ πολύ», το 4 στο «συμφωνώ λίγο», το 3 στο «είμαι αναποφάσιστος» ή «δε με αφορά», το 2 στο «διαφωνώ λίγο» και το 1 στο «διαφωνώ πολύ», όταν η ερώτηση εκφράζει θετική στάση. Αντίστροφα βαθμολογείται η ερώτηση όταν εκφράζει αρνητική στάση, δηλαδή το 1 αποδίδεται στο «συμφωνώ πολύ», το 2 στο «συμφωνώ λίγο» κ.ο.κ.

Το 95,2% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Η διερεύνηση φυσικών φαινομένων μαζί με τους μαθητές μου στο μάθημα της Φυσικής με ευχαριστεί γιατί συχνά με πλουτίζει με πρόσθετες γνώσεις και εμπειρίες*» (ερ. 11).

Το 78,3% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Έχω την αίσθηση ότι αυτά που διδάσκω στο μάθημα τη Φυσικής, αφορούν πολύ λίγο τη ζωή των μαθητών μου και τον κόσμο τους*». Το 20,4% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 12).

Το 53% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Από όλα τα μαθήματα που μπορούν να διδάξω, η Φυσική είναι το μάθημα που μου αρέσει περισσότερο*». Το 34,8% διαφωνεί με τη θέση αυτή, ενώ αναποφάσιστο δηλώνει το 12% (ερ. 13).

Το 48,2% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Οι περιορισμένες ώρες του μαθήματος της Φυσικής κάθε εβδομάδα και κυρίως ο αυστηρός χαρακτήρας του περιεχομένου της Φυσικής, δεν αφήνουν περιθώρια στον/στην εκπαιδευτικό να αγγίξει με αυτά που λέει τον ψυχικό κόσμο των μαθητών του*». Το 47,6% διαφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 14).

Το 79,5% συμφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Μου αρέσει να διδάσκω το μάθημα της Φυσικής, διότι με το μάθημα αυτό, ίσως περισσότερο από κάθε άλλο μάθημα, καλλιεργείται η κριτική ικανότητα των μαθητών*». Το 15,7% διαφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 15).

Το 59,6% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Η έλλειψη χρόνου για την κατάλληλη προετοιμασία μου στο μάθημα της Φυσικής, έχει σαν αποτέλεσμα να μη διδάσκω «σωστά» το μάθημα αυτό*». Το 34,9% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 16).

Το 83,1% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Όποτε αισθάνομαι ότι οι γνώσεις μου για να διδάξω ορισμένα θέματα Φυσικής δεν είναι επαρκείς, προτιμώ να τα παρακάμπτω ή να τα προσπερνώ γρήγορα*». Το 14,5% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 17).

Το 85,5% διαφωνεί, είτε πολύ είτε λίγο, με την πρόταση: «*Όταν διδάσκω Φυσική, δυσκολεύομαι να συνδέσω τα θέματα που διδάσκω με την καθημερινή ζωή*». Το 12,6% συμφωνεί με τη θέση αυτή (ερ. 18).

Συζήτηση

Η διερεύνηση των στάσεων και απόψεων των εκπαιδευτικών Π.Ε., ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι μας παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο διδασκαλίας και για το «κλίμα» που δημιουργείται στη σχολική αίθουσα. Κατά συνέπεια, μας πληροφορεί για τη στάση που οι μαθητές διαμορφώνουν ως προς το μάθημα της Φυσικής, καθώς και για την «ποιότητα» των γνώσεων που αποκομίζουν.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσης με τα αποτελέσματα της έρευνας που έγινε το 1994 (Χαλκιά 1999) μετά και τη μεσολάβηση αλλαγών στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) και τη συγγραφή νέων σχολικών εγχειριδίων για το μάθημα της Φυσικής με βάση τα δεδομένα σύγχρονων ερευνών που αναφέρονται γενικότερα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος ισχυρίζεται πως δεν αντιμετωπίζει ιδιαίτερες δυσκολίες κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής που έχουν να κάνουν με τη γνώση του περιεχομένου της (ερ. 1,3,7). Αυτό τους δημιουργεί εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να διδάσκουν Φυσική και μια ψυχολογική ασφάλεια κατά τη διδασκαλία της. Οι γυναίκες και οι νέοι (έως 10 έτη υπηρεσίας) εκπαιδευτικοί το εκφράζουν αυτό σε μικρότερο βαθμό. Τα παραπάνω δείχνουν ότι, σε σχέση με προηγούμενη έρευνα (Χαλκιά 1999), έχουμε διαφοροποίηση των στάσεων και απόψεων των εκπαιδευτικών προς μία θετικότερη κατεύθυνση, σε μικρότερο όμως βαθμό των γυναικών και των νεότερων εκπαιδευτικών του δείγματος.

Οι γυναίκες και οι νεότεροι εκπαιδευτικοί (έως 10 έτη υπηρεσίας) φαίνεται να έχουν μια δασκαλοκεντρική και παραδοσιακή εικόνα του επιτυχημένου δασκάλου, η οποία προϋποθέτει ότι ο ικανός δάσκαλος πρέπει να μπορεί να απαντήσει στο οποιοδήποτε ερώτημα των μαθητών του (ερ. 8), κάτι το οποίο δεν φαίνεται να συμμερίζονται οι άνδρες και οι έχοντες εμπειρία άνω των 10 ετών εκπαιδευτικοί.

Οι εκπαιδευτικοί (ιδιαίτερα οι άνδρες και οι εκπαιδευτικοί άνω των 10 ετών υπηρεσίας)

ισχυρίζονται πως αισθάνονται ότι μπορούν να διδάσκουν τους μαθητές με απλό και κατανοητό τρόπο τις έννοιες και τα φαινόμενα της Φυσικής (ερ. 10). Σε συνδυασμό δε με τη θετική στάση των εκπαιδευτικών ως προς τη δυνατότητα του μαθήματος της Φυσικής να ασκεί την κριτική ικανότητα των μαθητών (ερ. 15) και ότι με το μάθημα αυτό συμβάλλουν άμεσα στη διαμόρφωση κοινωνικά ενεργών πολιτών (ερ. 2), φανερώνει ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν επαρκή γνώση της μεθοδολογίας και της διδακτικής προσέγγισης της Φυσικής.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις δείχνουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση στις στάση και στις απόψεις των εκπαιδευτικών του δείγματος σε σχέση με τα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας (Χαλκιά 1999), στην οποία οι εκπαιδευτικοί πολύ συγκρατημένα, διστακτικά και απρόθυμα ανέφεραν ότι αναλαμβάνουν να διδάξουν το μάθημα της Φυσικής, καταφεύγοντας συνήθως σε μια επιφανειακή και επιπόλαιη κάλυψη της «ύλης» του μαθήματος.

Οι εκπαιδευτικοί του δείγματος εκτιμούν το γεγονός ότι το μάθημα της Φυσικής τους επιτρέπει να συνδέουν τα φυσικά φαινόμενα και τις σχετικές έννοιες που διδάσκουν με την καθημερινή ζωή των μαθητών τους (ερ. 4), αφού θεωρούν ότι αυτά που διδάσκουν αφορούν τη ζωή των μαθητών τους και του κόσμου τους (ερ. 12) και ότι έχουν την ικανότητα να κάνουν εύκολα (όχι με την ίδια ευκολία οι γυναίκες) αυτή τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη (ερ. 18). Οι αλλαγές τόσο στα Α.Π.Σ. όσο και στα σχολικά εγχειρίδια φαίνεται ότι δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής να κάνει τις απαραίτητες αναγωγές (από τη θεωρία) στον καθημερινό κόσμο των μαθητών, όπως επίσης με αφορμή ένα φαινόμενο της καθημερινότητας να προχωρεί με τις κατάλληλες αφαιρέσεις και γενικεύσεις προς τη θεωρία της Φυσικής.

Αισθάνονται όμως παράλληλα ότι ο χαρακτήρας του μαθήματος της Φυσικής και οι συνθήκες διδασκαλίας του δεν τους επιτρέπουν να έχουν μια γενικότερη επαφή με τους μαθητές τους (ερ. 14). Οι αιτίες των περιορισμών αυτών θα πρέπει να αναζητηθούν στη δομή της «ύλης» του μαθήματος της Φυσικής, στην επιλογή των θεματικών ενοτήτων του, στον τρόπο επεξεργασίας του, στα σχολικά εγχειρίδια και εν γένει στο Α.Π.Σ. του μαθήματος της Φυσικής.

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος υποστηρίζει ότι κατανοεί τα θέματα της Φυσικής, ενώ όταν αισθανθούν ότι έχουν κενά δηλώνουν ότι θα αναζητήσουν πρόσθετη βοήθεια, ώστε τελικά να καλύψουν τις αδυναμίες τους (ερ. 9) και δεν θα προτιμήσουν να τα παρακάμψουν ή να τα προσπεράσουν στα γρήγορα (ερ. 17). Ο χρόνος όμως δεν τους είναι αρκετός για κατάλληλη προετοιμασία τους, ώστε να διδάξουν «σωστά» το μάθημα (ερ. 16), κάτι το οποίο φαίνεται να τους πιέζει καθοριστικά και να περιορίζει ενδεχομένως τις απαιτήσεις τους για μια αξιοπρεπή διδασκαλία σε μια αρκετά τυπική προετοιμασία για το μάθημα.

Η Φυσική είναι το μάθημα που αρέσει περισσότερο στους μισούς από τους εκπαιδευτικούς του δείγματος (ερ. 13) και κυρίως στους άνδρες και στους έχοντες εμπειρία άνω των 10 ετών υπηρεσίας. Παρόλα αυτά όμως δηλώνουν ότι δεν βαριούνται να διδάξουν το μάθημα της Φυσικής (ερ. 5), εκτιμώντας θετικά την διερεύνηση εννοιών και φυσικών φαινομένων από κοινού με τους μαθητές τους, κάτι το οποίο τους ευχαριστεί διότι τους δίνει τη δυνατότητα να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους και τις εμπειρίες τους (ερ. 11). Γίνεται φανερό ότι οι εκπαιδευτικοί συγκρατημένα και διστακτικά αναλαμβάνουν τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, όταν όμως αυτό γίνει τότε το διδάσκουν χωρίς να βαριούνται και να καταφεύγουν σε μια επιφανειακή και επιπόλαιη κάλυψη της "ύλης". Αντίθετα μάλιστα βλέπουν ότι με τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής κερδίζουν και οι ίδιοι, αφού εμπλουτίζουν και οι ίδιοι τις γνώσεις τους μαζί με τους μαθητές τους, κάτι το οποίο κρίνεται ως ιδιαίτερα θετικό στοιχείο, καθώς θεωρείται ότι επιτρέπει την άμεση σύνδεση μεταξύ θεωρίας και πράξης.

Ταυτόχρονα αποδέχονται να διαθέσουν, εφ' όσον χρειαστεί, ώρες από τον ελεύθερο χρόνο τους και να συμμετέχουν σε προγράμματα που εφαρμόζουν νέες μεθόδους διδασκαλίας της Φυσικής (ερ. 6). Είναι προφανές ότι οι εκπαιδευτικοί είναι διατεθειμένοι και με την προσφορά του ελεύθερου χρόνου τους να επιμορφωθούν σε θέματα μεθοδολογίας και διδακτικής προσέγγισης της Φυσικής. Αυτό πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη από τους υπευθύνους ώστε να οργανώνουν τέτοιου είδους προγράμματα, τα οποία σε συνδυασμό με τις παρεμβάσεις σε ύλη, Α.Π.Σ. και σχολικά εγχειρίδια θα συμβάλλουν θετικά στην ενδυνάμωση τόσο της

εμπιστοσύνης των εκπαιδευτικών στην ικανότητά τους να διδάσκουν Φυσική όσο και της ψυχολογικής ασφάλειάς τους κατά τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής.

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, τα οποία δεν μπορούν να γενικευτούν εξαιτίας των περιορισμών της που τίθενται από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του δείγματος, υπάρχει διαφοροποίηση των στάσεων και απόψεων των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής σε σχέση με προηγούμενη έρευνα που έγινε πριν από 15 χρόνια (Χαλκιά 1999) με το ίδιο ερωτηματολόγιο.

Η στάση των εκπαιδευτικών του δείγματος κρίνεται ικανοποιητική με περιθώρια επιπλέον βελτίωσης (ιδιαίτερα των γυναικών και των νεότερων εκπαιδευτικών με έως 10 έτη υπηρεσίας) προκειμένου να επιτύχουμε θετικότερα αποτελέσματα από τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στο δημοτικό σχολείο. Επειδή ο εκπαιδευτικός είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία ή την αποτυχία της διδασκαλίας, θα πρέπει να αισθάνεται την ασφάλεια ότι κατέχει ουσιαστικά το αντικείμενο που διδάσκει, ότι είναι σε θέση να απαντήσει ικανοποιητικά στις ερωτήσεις των μαθητών, απλοποιώντας τις έννοιες χωρίς όμως να αλλοιώνει τη λογική τους. Η πληρότητα της επιστημονικής κατάρτισης δίνει στον εκπαιδευτικό την αυτοπεποίθηση που είναι απαραίτητη για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής.

Η αναδιοργάνωση των προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης της γνώσης και των δεξιοτήτων για την αντιμετώπιση των καταστάσεων της επιστήμης στην καθημερινή ζωή, η περαιτέρω βελτίωση των σχολικών εγχειριδίων, ώστε να υποστηρίζουν τις προσπάθειες των εκπαιδευτικών να υιοθετήσουν και να ενσωματώσουν στην τάξη τους σύγχρονες διδακτικές πρακτικές και η υποστήριξη του έργου των εκπαιδευτικών σε κάθε επίπεδο τόσο στη διάρκεια των σπουδών τους όσο και στην επαγγελματική τους πορεία με την επιμόρφωσή τους στην εφαρμογή νέων μεθόδων διδασκαλίας της Φυσικής, είναι προτάσεις που μπορούν να συμβάλουν στην αποτελεσματική διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στο δημοτικό σχολείο ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σύγχρονης μεταβαλλόμενης κοινωνίας.

Βιβλιογραφία

Δημητρίου, Α. (2010). Οι αντιλήψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Διαπιστώσεις και προοπτικές. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, 32-33, 7-28.

Κόκκοτας, Π. (1998). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αυτοέκδοση. Αθήνα.

Κοτσίνας, Γ., Κώτσης, Κ. (2011). Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε έννοιες της θερμότητας. Στο Γ. Παπαγεωργίου, Γ. Κουντουριώτη (επιμ.) Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών - Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, 542-550.

Κουμαράς, Π. (2000). Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Κώτσης, Κ, Μπασιάκος, Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσει; της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 479-486. Στο http://www.uom.gr/kodifeet (προσπελάστηκε στις 24-2-2010).

Παρασκευάς, Π. (2007). Ηλεκτρικό Κύκλωμα: Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων μαθητών

έκτης τάξης δημοτικού σχολείου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και της παρουσίασης των σχετικών εννοιών από το σχολικό εγχειρίδιο. Αυτοέκδοση. Θεσσαλονίκη.

Τζαμπερής, Ν., Παπαβασιλείου, Β. (2011). Γνώσεις, απόψεις και αντιλήψεις εκπαιδευτικών σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον και την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Στο Γ. Παπαγεωργίου, Γ. Κουντουριώτη (επιμ.) Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών - Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, 630-638.

Φιλίππου, Γ., Χρίστου, Κ (2001). Κείμενα παιδείας «Συναισθηματικοί παράγοντες και μάθηση των μαθηματικών». ΑΤΡΑΠΟΣ, Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (1999). Στάσεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 106,47-56.

Αξιοποίηση των ΤΠΕ για τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» στη Β΄ Γυμνασίου. Καινοτομία «εξ ανάγκης» ή κάλυψη νέων αναγκών των μαθητών;

Χαρίκλεια Ρεκούμη[1], Παναγιώτης Μαυραγάνης[2], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[3]
[1]*Γεωλόγος, Εκπαιδευτικός Β΄/θμιας Εκπαίδευσης - Msc ΕΑΠ, xararekou@sch.gr*
[2]*Κοινωνιολόγος - Μεταπτυχιακός φοιτητής Τμήματος Κοινωνικής & Εκπαιδευτικής Πολιτικής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, tmavraganis@gmail.com*
[3]*Λέκτορας, Σχολή Επιστημών Αγωγής, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης, mkalogian@edc.uoc.gr*

Περίληψη

Η έρευνα αυτή έχει ως στόχο να μελετήσει την αποδοχή από τους μαθητές/τριες των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος Γεωγραφίας-Γεωλογίας της Β΄ Γυμνασίου. Σ' ένα πρώτο επίπεδο επιχειρείται η διερεύνηση, καταγραφή και ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για τη διδασκαλία του μαθήματος, η οποία σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε υποστηριζόμενη αποκλειστικά από τις ΤΠΕ. Αυτή η εναλλακτική διδακτική πρόταση εφαρμόστηκε κατά το Α΄ τρίμηνο του σχολικού έτους 2011-12 στο 1ο Γυμνάσιο Κιάτου Κορινθίας. Αφορμή και ανάγκη για τη συγκεκριμένη επιλογή, υπήρξε η καθυστερημένη άφιξη και αντίστοιχα παραλαβή από τους μαθητές των σχολικών βιβλίων. Σ' ένα δεύτερο επίπεδο εξετάζονται οι στάσεις των μαθητών/τριών σ' ένα νέο τρόπο πρόσληψης της γνώσης μέσω των ΤΠΕ, αλλάζοντας τη σχέση εκπαιδευτή-εκπαιδευόμενου. Τα ευρήματα αποδεικνύουν ότι οι μαθητές/τριες έχουν θετική στάση απέναντι στη χρήση των ΤΠΕ θεωρώντας ότι διαμορφώνεται ένα καινούργιο μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο ουσιαστικά «μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν».

Abstract

This research attempts to study the acceptance of ICT (Information and Communication Technologies) by students in the framework of the course Geography-Geology in the second class of Gymnasium. At a first level, the aim is to record, analyse and extend students' perceptions, in relation with the teaching of the course which was designed and implemented exclusively supported by ICT. This alternative teaching intervention was implemented in the first trimester of the school year 2011-12, in the first Gymnasium of Kiato in Corinth. The occasion and necessity to perform this research was the delay in receiving the school textbooks. At a second level, the students' attitudes of acquisition knowledge are examined, using a new way of learning through ICT, changing the relation between trainer and trainee. The findings prove that students have a positive attitude towards the use of ICT considering that ICT form a new learning environment in which they learn "how to learn".

Εισαγωγικά στοιχεία - Οι ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία

Η αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε) αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα εκπαιδευτικά ζητήματα. Στην εποχή μας, οι ΤΠΕ προσφέρουν καινούργιες ευκαιρίες μάθησης και η αξιοποίησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία θεωρείται ότι μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά ώστε να υπάρξει μετατόπιση από τη γνώση ως κατοχή, στη γνώση ως οικοδόμηση. Το στοιχείο αυτό συνεπάγεται μια νέα αντίληψη για τη διδασκαλία που δίνει έμφαση όχι στην απλή μετάδοση γνώσεων αλλά στην εξερεύνηση σ' ένα περιβάλλον πλούσιο σε νοήματα (Σέρογλου, 2006) στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για τα αντικείμενα της γεωγραφίας και της γεωλογίας (Klonari & Koutsopoulos 2005, Favier & Van der Schee 2012).

Η εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα προσέγγιση. Οι ΤΠΕ προσφέρουν νέες δυνατότητες αλληλεπίδρασης (Greenfield & Cocking 1996, Vavougios & Karakasidis 2008) και δημιουργηθούν ευκολότερα περιβάλλοντα στα οποία οι μαθητές μπορούν να μαθαίνουν μέσα από την πράξη, να λαμβάνουν ανατροφοδότηση και να οικοδομούν τη νέα γνώση (Bereiter & Scardamalia 1993, Barron et al. 1998). Με την εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία παρέχονται σημαντικά εργαλεία που προστίθενται στις

εμπειρίες και στα ενδιαφέροντα από την καθημερινή ζωή των παιδιών. Επίσης, όπως έχει αναφερθεί από παλιά, λειτουργούν ως νοητικά εργαλεία, ικανά να χρησιμεύσουν «ως *αντικείμενα με τα οποία σκέπτονται*» (Papert 1980). Η οπτικοποίηση που προσφέρεται από τις ΤΠΕ αποτελεί συχνά ένα καθοριστικό σημείο στην υποστήριξη της ανάπτυξης των συλλογισμών των παιδιών και ευνοεί τη μετάβαση από τα συγκεκριμένα «οπτικοποιημένα» αντικείμενα στο συλλογισμό με αφηρημένες έννοιες (Teodoro 1997, Vavougios & Karakasidis 2008). Στις μέρες μας, η υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης διαμεσολαβείται από εφαρμογές εκπαιδευτικού λογισμικού και τις ψηφιακές τεχνολογίες που αναφέρονται ως πληροφορικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Κόμης 2004) καθώς και από τις σύγχρονες εφαρμογές του web 2.0.

Με την έναρξη του σχολικού έτους 2011-12, η ελληνική εκπαιδευτική κοινότητα βρέθηκε αντιμέτωπη με μια πρωτόγνωρη κατάσταση, την απουσία σχολικών εγχειριδίων, η οποία δημιούργησε μια γενικότερη αναστάτωση και ανασφάλεια σ' όλους τους εμπλεκομένους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η αναστάτωση αυτή ήταν δικαιολογημένη γνωρίζοντας τη σημασία που δίνεται στο έντυπο εκπαιδευτικό υλικό στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα αφού καθοδηγεί το μαθητή στη μελέτη του, προάγει την ιδιαίτερα σημαντική για τη μάθηση αλληλεπίδραση του μαθητή με το μαθησιακό υλικό και επεξηγεί δύσκολα σημεία και έννοιες της ύλης (Καψάλης & Χαραλάμπους 2008). Στο πλαίσιο αυτό υλοποιήθηκε η παρούσα έρευνα, με τη συστηματική εισαγωγή των ΤΠΕ για τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» στη Β΄ Γυμνασίου.

Θεωρητικό πλαίσιο

Παραδοσιακά, η εκπαίδευση στις Φ.Ε παραμένει στην προοπτική της παροχής ασύνδετων πληροφοριακών εγκυκλοπαιδικών γνώσεων τις οποίες ο μαθητής πρέπει να «μάθει» απομνημονεύοντας για παράδειγμα τη σειρά των πλανητών, τα σύνορα και τις εκτάσεις χωρών, ονόματα οροσειρών, ποταμών, λιμνών, κ.ά. Η αναγκαιότητα μιας τέτοιου είδους γνώσης γίνεται ολοένα και περισσότερο αμφισβητούμενη καθώς ανάγονται σε δεξιότητες ζωής η δυνατότητα του μελλοντικού πολίτη να επιλέγει, να ταξινομεί, να αξιολογεί την πληροφορία καθώς και να τη χρησιμοποιεί κατάλληλα (Σέρογλου 2006).

Η γεωγραφία μοιράζεται μαζί με τις Φ.Ε και κυρίως με τη γεωλογία ένα κοινό αντικείμενο, την επιφάνεια της γης. Η μελέτη αυτού του αντικειμένου εξετάζει τη γη ως περιβάλλον της ανθρωπότητας το οποίο επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ζουν και οργανώνουν την κοινωνία τους ενώ ταυτόχρονα οι άνθρωποι συντελούν στις μεταβολές του. Επί πλέον, η γεωγραφία εστιάζει το ενδιαφέρον της στην ανθρώπινη χωρική οργάνωση και την οικολογική σχέση της με το περιβάλλον (Καραμπάτσα κ.ά. 1997).

Το μάθημα «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» της Β΄ Γυμνασίου που μελετάμε αποτελεί ουσιαστικά την τελευταία επαφή του μαθητή με τα αντικείμενα της γεωλογίας και της γεωγραφίας. Βασικός σκοπός της διδασκαλίας του είναι να αποκτήσουν οι μαθητές μια συνολική εικόνα, του σημερινού κόσμου. Επιδιώκεται να εξοικειωθούν με μεθόδους που συμβάλλουν στην κατανόηση της δομής του χώρου και διευκολύνουν την ερμηνεία των αλληλεπιδράσεων και αλληλεξαρτήσεων που αναπτύσσονται μεταξύ του ανθρώπου και του φυσικού περιβάλλοντος. Παράλληλα, γίνεται συστηματική προσπάθεια να υιοθετηθούν πανανθρώπινες αξίες καθώς και να διαμορφωθούν θετικές στάσεις τόσο απέναντι στο άμεσο περιβάλλον τους όσο και απέναντι στους άλλους λαούς του πλανήτη (Χαλκιά 2004).

Στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, δημιουργήθηκαν μια σειρά από περιορισμούς και ελλείψεις πρόσβασης στη γεωπεριβαλλοντική γνώση (Rekoumi, Chazipapas & Kalogiannakis 2010). Με την εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση φαίνεται να αναιρούνται κάποιοι από τους περιορισμούς. Τα ψηφιακά μέσα αφενός εμπλουτίζουν την εκπαιδευτική διαδικασία για τη διδασκαλία της «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» με ανεξάντλητες πηγές εκπαιδευτικού υλικού και εργαλεία επικοινωνίας και αφετέρου βελτιώνουν την ποιότητα της διδακτικής διαδικασίας (Favier & Van der Schee 2012). Αναλυτικότερα, φέρνουν μέσα στην τάξη μακρινούς τόπους ή τον πραγματικό κόσμο (εικόνες, διαδραστικοί χάρτες,

διαδραστικά ταξίδια, βίντεο, ήχοι), παρέχουν ευκαιρίες για έμμεση παρατήρηση γεωλογικών φαινομένων και αποτελούν σημαντική πηγή αναζήτησης πληροφοριών.

Στις γεωεπιστήμες, οι ΤΠΕ μπορούν να συμβάλλουν στον εμπλουτισμό των βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών, στην αντιμετώπιση γνωστικών εμποδίων και στο μετασχηματισμό των προϋπαρχουσών ιδεών τους. Οι ΤΠΕ προσφέρουν την απαραίτητη οπτικοποίηση σε γεωλογικά φαινόμενα όπως τα ηφαίστεια που δεν ανήκουν στο άμεσο περιβάλλον των μαθητών και δεν μπορούν να τα παρατηρήσουν άμεσα (Klonari & Koutsopoulos 2005). Τα οπτικοποιημένα αυτά εργαλεία μπορούν να λειτουργήσουν ως αφετηρία οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης και της μετάβασης στο συλλογισμό με αφηρημένες έννοιες. Επίσης, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα για περαιτέρω έρευνα στο σπίτι, ώστε να μυηθεί στη διερευνητική μάθηση με τρόπο αβίαστο και ευχάριστο.

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση - Μεθοδολογικά στοιχεία

Για την αντιμετώπιση της δύσκολης κατάστασης που δημιουργήθηκε με την έλλειψη των σχολικών εγχειριδίων κατά την έναρξη της σχολικής χρονιάς μελετήσαμε τις παρακάτω δύο βασικές επιλογές:

(α) Τη φωτοτυπική αναπαραγωγή και διανομή στους μαθητές των σχολικών βιβλίων. Η λύση αυτή ήταν δύσκολο να υλοποιηθεί λόγω του μεγάλου αριθμού των μαθητών (στην αρχή του σχολικού έτους ήταν 125 παιδιά) και του μεγέθους των σχολικών εγχειριδίων.

(β) Να διαμορφώσουμε ένα κατάλληλο εναλλακτικό μαθησιακό περιβάλλον υποστηριζόμενο εξ ολοκλήρου από τις ΤΠΕ μέσω του οποίου θα υλοποιούνταν η διδασκαλία του μαθήματος της «Γεωγραφίας-Γεωλογίας». Η αίθουσα που θα διεξάγονταν τα μαθήματα πληρούσε αυτή την προϋπόθεση αφού υπήρχε η κατάλληλη υλικοτεχνική υποδομή, με διαδραστικό πίνακα και σύνδεση στο διαδίκτυο και όλα τα τμήματα έκαναν μάθημα στην ίδια αίθουσα Γεωλογίας-Γεωγραφίας, επειδή το σχολείο λειτουργούσε με το πρόγραμμα αναδιάρθρωσης αιθουσών ΣΕΠΠΕ (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης). Ο διαδραστικός πίνακας ανήκει στην κατηγορία των τεταρτογενών μέσων τα οποία αναλαμβάνουν και υποκαθιστούν τις λειτουργίες των κλασικών μέσων επικεντρώνοντας την προσοχής και τονώνοντας το ενδιαφέρον των μαθητών (Sofos 2005).

Μετά από διεξοδική συζήτηση και προβληματισμό της ερευνητικής ομάδας μας, θεωρήσαμε τη συγκεκριμένη κατάσταση ως σημαντική πρόκληση και επιλέξαμε τη δεύτερη λύση υπερβαίνοντας κάποιους συμβατικούς περιορισμούς που επιβάλλει το εκπαιδευτικό σύστημα. Βασική μας θέση ήταν να χρησιμοποιηθεί το διαδίκτυο απλά ως ένα γρήγορο μέσο παροχής πολλαπλών γνώσεων και πληροφοριών. Σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε ένα πλαίσιο οργανωμένου και δομημένου τρόπου διδασκαλίας με εκπαιδευτικά σενάρια καθένα από τα οποία αντιστοιχούσε σε μια ενότητα του σχολικού βιβλίου «Γεωγραφίας-Γεωλογίας». Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού παρέχει αυτοδυναμία στον εκπαιδευτικό, διότι τον βοηθάει να ελέγχει και να κατευθύνει την εκπαιδευτική διαδικασία σύμφωνα με τις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών του (Χαλκιά 2004) αλλά και τις επικρατούσες συνθήκες.

Τα σενάρια διδασκαλίας σχεδιάστηκαν στη βάση που ορίζει το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ 2003) σύμφωνα με τις αρχές των εποικοδομητικών, κοινωνιογνωστικών, ομοδοσυνεργατικών και κοινωνικοπολιτισμικών προσεγγίσεων μάθησης. Αποφασίσαμε για τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» ότι θα ήταν σημαντικό να εμπλακούν δημιουργικά οι ίδιοι οι μαθητές στην παραγωγή του εκπαιδευτικού υλικού. Όπως έχει αναφερθεί από σχετικές έρευνες, οι αναπαραστάσεις και δημιουργίες από τον ίδιο το μαθητή έχουν ακόμη μεγαλύτερη παιδαγωγική αξία, γιατί βοηθούν όχι μόνο στην κατανόηση ενός προβλήματος, αλλά συχνά συνιστούν και ένα σπουδαίο βήμα προς την επίλυσή του (Jonassen 2000).

Βασικός στόχος ήταν να παροτρυνθούν οι μαθητές για το μάθημα της «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» να εργαστούν σε ομάδες και ουσιαστικά να αλλάξουμε το παιδαγωγικό κλίμα της τάξης. Για τους Έλληνες μαθητές το σχολείο είναι ένας χώρος ανταγωνισμού όπου είναι ζωτικής σημασίας να βρίσκεται κανείς μεταξύ των καλύτερων στην τάξη και να υπερισχύει σε επιδόσεις

των άλλων συμμαθητών του. Όμως, εάν δεν κυριαρχούσαν στη σχολική πραγματικότητα ανταγωνιστικά και ατομικά περιβάλλοντα μάθησης και η συνεργατική μάθηση ήταν μια πιο συνηθισμένη σχολική πρακτική, οι μαθητές θα μάθαιναν περισσότερα για τις Φ.Ε από ότι μαθαίνουν σήμερα και θα είχαν θετικότερη στάση απέναντι στο μάθημα (Σταυρίδου 2000). Γενικότερα, στην εκπαιδευτική διαδικασία τα τελευταία χρόνια αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο η σημασία της συνεργατικής μάθησης, ως παιδαγωγικής στρατηγικής που οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, ενώ συγχρόνως ευνοεί την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της κοινωνικότητας των παιδιών (Σταυρίδου 2000).

Προβληματισμοί - Ερωτήματα

Ο γενικότερος σκοπός της διδακτικής παρέμβασης, ήταν να καταστούν οι μαθητές κριτές, μελετητές και ερευνητές του περιβάλλοντός τους και να ευαισθητοποιηθούν ως προς την ανάγκη προστασίας του πλανήτη και εξασφάλισης όρων αξιοπρεπούς διαβίωσης για όλους τους κατοίκους. Ένας βασικός πρώτος προβληματισμός που τίθεται είναι εάν μέχρι σήμερα η θεμελιώδης προϋπόθεση της διδασκαλίας σε μια σχολική τάξη ήταν η ύπαρξη του σχολικού βιβλίου (τετράδιο και βιβλίο μαθητή) και αν η απουσία του θα μπορούσε να καλυφθεί μέσω των ΤΠΕ. Οι μαθητές, συνηθισμένοι στον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας ήταν έτοιμοι να δεχθούν μια καινούργια εναλλακτική διδακτική πρόταση και να ενεργοποιηθούν προς αυτή την κατεύθυνση; Ένα δεύτερος προβληματισμός είναι εάν η υποστήριξη του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» από τις ΤΠΕ μπορεί να στοχεύσει στη ριζική αναβάθμιση του ρόλου του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, δίνοντας κίνητρα στους μαθητές και ωθώντας τους ουσιαστικά στην ενεργητική αναζήτηση της γνώσης μέσω των ΤΠΕ.

Ένας τρίτος προβληματισμός είναι εάν το σύγχρονο μορφωτικό-τεχνολογικό περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει το μαθητή στο ποιοτικό εκείνο άλμα, για να είναι σε θέση καλλιεργώντας νέες ικανότητες στις ΤΠΕ να αυτενεργεί, να εξερευνά, να συνεργάζεται και να αξιολογεί τις πληροφορίες για την κατανόηση των γεωπεριβαλλοντικών εννοιών. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, η οποία αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης, θα εξετάσουμε τις απόψεις των μαθητών στους οποίους εφαρμόστηκε ουσιαστικά από ανάγκη λόγω της έλλειψης των σχολικών εγχειριδίων μια καινοτόμα διδακτική παρέμβαση με χρήση των ΤΠΕ βάσει των προαναφερόμενων προβληματισμών.

Υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης - Αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας

1η φάση

Με την έναρξη της σχολικής χρονιάς, προσπαθήσαμε να καθησυχάσουμε τους μαθητές υποστηρίζοντας ότι η απουσία των σχολικών βιβλίων δεν θα αποτελέσει εμπόδιο στη μάθησή τους. Ως βασικό επιχείρημα προβλήθηκε η συμβολή των ΤΠΕ στην αίθουσα της διδασκαλίας. Στη συνέχεια, δείξαμε τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να αναζητήσουν και να αποθηκεύουν το διδακτικό υλικό του μαθήματος. Το ηλεκτρονικό υλικό του μαθήματος αποτελούνταν από: (α) το βιβλίο του μαθητή, (β) το τετράδιο εργασιών του μαθητή, (γ) τους χάρτες και το υλικό σε ψηφιακή μορφή (CD) παραγωγής του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Έπειτα, επιλέχθηκε να προβληθεί στο διαδραστικό πίνακα της τάξης λόγω του συμβολισμού του τίτλου αλλά και του περιεχομένου, το video *«κάνε άλμα πιο γρήγορο από τη φθορά»*, μια δημιουργία του Λούκα Λελόβα μαθητή Γυμνασίου, το οποίο βραβεύτηκε με το 1ο βραβείο του πανελληνίου διαγωνισμού της ΕΡΤ το 2010 (Λελόβας, 2010). Σκοπός ήταν να παρακινηθούν οι μαθητές βλέποντας συνομηλίκους τους να δημιουργούν μικρά «τεχνολογικά θαύματα» και να κατανοήσουν ότι μπορούν να συμβάλουν και αυτοί στα μαθήματα με τις δικές τους ομαδικές δημιουργίες.

Στο επόμενο βήμα, διανεμήθηκε στους μαθητές ένα αρχικό ερωτηματολόγιο με το οποίο διερευνήθηκε το προφίλ τους καθώς και η σχέση και εξοικείωσή τους με τις ΤΠΕ. Αναλυτικότερα, το τελικό δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 119 μαθητές (64 αγόρια και 55 κορίτσια) ηλικίας 13-14 ετών του δημόσιου γυμνασίου του Κιάτου που φοιτούσαν στη δευτέρα

τάξη. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τη σχολική χρονιά 2011-12 και το 57,1% των παιδιών διέμενε στο κέντρο της πόλης του Κιάτου, το 29,4% γύρω από την πόλη και το 20,1% σε χωριά του δήμου Σικιωνίων. Από τα δεδομένα που συλλέξαμε 59,7% των μαθητών είχε πολύ καλή γνώση χειρισμού των υπολογιστών, το 39,4% μέτρια γνώση και 1 μόνο μαθητής (0,8%) δήλωσε ότι δεν γνώριζε υπολογιστές αν και όλα τα παιδιά είχαν διδαχθεί σχετικά μαθήματα πληροφορικής. Επίσης, από τους μαθητές του δείγματος το 89,1% διέθετε ηλεκτρονικό υπολογιστή στο σπίτι ενώ είναι αξιοσημείωτο το ποσοστό του δείγματος (77,3%) που διέθετε σύνδεση στο διαδίκτυο. Από τα παραπάνω στοιχεία διαπιστώνεται η επάρκεια όσον αναφορά το τεχνολογικό υπόβαθρο των μαθητών γύρω από τις ΤΠΕ, την πρόσβασή τους στο διαδίκτυο. Επίσης, όπως προέκυψε η πλειονότητα των μαθητών (72,3%) είχε παρακολουθήσει κάποιο μάθημα με χρήση των ΤΠΕ είτε στο δημοτικό σχολείο είτε στο φροντιστήριο είτε στο γυμνάσιο.

2η φάση

Με βάση τη διαμορφωμένη κατάσταση και το σύνολο των παραπάνω στοιχείων προτείναμε στους μαθητές να δημιουργήσουν διαθεματικές εργασίες (projects) κατά ομάδες, δίνοντας την ευκαιρία συμμετοχής σ' ολόκληρη την τάξη καθώς και τη σχετική υλικοτεχνική υποδομή. Οι εργασίες αυτές θα παρουσιάζονταν στην αίθουσα, θα είχαν μορφή video ή παρουσιάσεων στο powerpoint. Δόθηκε ένας βασικός κατάλογος θεμάτων του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» για να επιλέξουν και παράλληλα προτάθηκαν και σχετικές πηγές αναζήτησης στο διαδίκτυο για την ανεύρεση του κατάλληλου υλικού. Ο περιορισμός που τέθηκε ήταν οι ομάδες να μην υπερβαίνουν τον αριθμό των 5 ατόμων και η διάρκεια κάθε παρουσίασης να μην υπερβαίνει τα 4 λεπτά. Ως βασικά εργαλεία για τις εργασίες προτάθηκαν το διαδίκτυο, ο διαδραστικός πίνακας, τα video στο YouTube, οι χάρτες από το Google Earth, η ηλεκτρονική μορφή του σχολικού βιβλίου, οι διαφάνειες στο Powerpoint, κ.ά. Η παρουσίαση των πρώτων εργασιών σε κάθε τμήμα είχε θερμή αποδοχή από τους υπόλοιπους μαθητές, οι οποίοι μέσα από την ανάπτυξη του σχετικού διάλογου πρότειναν, σε μια λογική συνεργατικού πνεύματος, τη βελτίωση των εργασιών. Το στοιχείο αυτό αποτέλεσε κίνητρο συμμετοχής σε μαθητές που δυσπιστούσαν για τις ικανότητές τους για να ασχοληθούν με κάποιο θέμα και να ενταχθούν και αυτοί στις ομάδες της τάξης.

3η Φάση

Μετά το τέλος του πρώτου τριμήνου και αφού τελικά διανεμήθηκαν τα σχολικά βιβλία, τέθηκε το ζήτημα για τον τρόπο που θα συνεχίζαμε τη διδασκαλία του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία». Για αυτό το σκοπό ήταν απαραίτητη η άποψη των μαθητών οπότε διανεμήθηκε ένα δεύτερο ερωτηματολόγιο το οποίο αποτελούνταν από κλειστού και ανοικτού τύπου ερωτήσεις για τη διερεύνηση των απόψεώς τους για την εργασία με τις ΤΠΕ στα πλαίσια του μαθήματος. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 117 ερωτηματολόγια.

Στην 1η ερώτηση, για το αν πιστεύουν ότι η διδασκαλία του μαθήματος με χρήση των ΤΠΕ βοήθησε να μάθουν αποτελεσματικότερα, οι απαντήσεις των μαθητών που απάντησαν θετικά κωδικοποιήθηκαν στις παρακάτω 5 βασικές κατηγορίες:

- 24% των μαθητών υποστήριξαν ότι κατανοούν καλύτερα και μαθαίνουν ευκολότερα και γρηγορότερα γιατί: «*το μάθημα είναι πιο ενδιαφέρον και μπορούμε εύκολα και γρήγορα να μάθουμε κάτι παραπάνω για τα θέματα που εξετάζουμε*», «*βλέποντας εικόνες και βίντεο μας βοηθάει να μαθαίνουμε πιο εύκολα*»,
- 40% των μαθητών υποστήριξαν ότι διασκεδάζουν και απολαμβάνουν ένα πιο ζωντανό μάθημα: «*πιστεύω ότι με βοηθάει γιατί είναι πιο διασκεδαστικό και μαθαίνουμε περισσότερα πράγματα*», «*κάνει το μάθημα ευχάριστο και ενδιαφέρον*»,
- 16,3% των μαθητών υποστήριξαν ότι ενδιαφέρονται περισσότερο οι μαθητές λόγω της ύπαρξης πολλών πηγών-ερεθισμάτων: «*επειδή σε αυτό δίνουμε σημασία ενώ στο μάθημα το κανονικό οι πιο πολλοί βαριούνται*», «*δεν είναι βαρετό και έτσι μαθαίνω καλύτερα με ευχάριστο τρόπο*»,

- 15,6% των μαθητών υποστήριξαν ότι ανακάλυψαν με τις ΤΠΕ τις δυνατότητες για την αναζήτηση της γνώσης: «*με τους υπολογιστές μπορείς να βρεις τα πάντα ή ότι θες*», «*δεν είναι το βιβλίο ο μόνος τρόπος να μαθαίνεις*», «*με βοήθησε γιατί κατά τη διάρκεια του video μπορώ να μάθω αποτελεσματικότερα με τη χρήση εικόνων παρά με τη βαρετή ανάγνωση του βιβλίου*»,

- 3,7% των μαθητών απάντησαν αρνητικά και υποστήριξαν ότι δεν είναι αποτελεσματικό εργαλείο οι ΤΠΕ και ότι είναι καλύτερα το βιβλίο χωρίς να δώσουν κάποια αιτιολόγηση.

Στη 2η ερώτηση για το αν υλοποίησαν και παρουσίασαν στην τάξη κάποια εργασία με χρήση των ΤΠΕ για το μάθημα «Γεωγραφία-Γεωλογία» καθώς και για τα στοιχεία που απεκόμισαν, οι 60 μαθητές που απάντησαν θετικά (51,3%) εξήγησαν ότι έμαθαν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα στοιχεία από όλη αυτή τη διαδικασία, τα οποία συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- αναζήτησαν πληροφορίες πέρα από το σχολικό βιβλίο και διαπίστωσαν τη χρησιμότητα των ΤΠΕ στη διαδικασία αναζήτησης της γνώσης: «*έμαθα πολλά από την εργασία μου και τα θυμάμαι όλα ακόμα…*»,

- η εργασία στην τάξη συνέβαλλε στη δημιουργία ενός ευχάριστου κλίματος και συνεργατικότητας: «*έμαθα να συνεργάζομαι καλά με τους συμμαθητές μου και να μπορώ να επικοινωνώ καλύτερα για να βγει μια δημιουργική χρονιά*»,

- έμαθαν καλύτερα τα προγράμματα και τις χρήσεις του υπολογιστή,

- επίσης, λίγοι μαθητές υλοποίησαν την εργασία αλλά δεν πρόλαβαν να την παρουσιάσουν στη τάξη και δεν επισήμαναν κάποιο ιδιαίτερο σχόλιο.

Από την άλλη πλευρά, οι 57 μαθητές (48,7%) του δείγματος που απάντησαν αρνητικά στη 2η ερώτηση του ερωτηματολογίου αιτιολόγησαν την άποψή τους υποστηρίζοντας ότι:

- δεν είχαν τον απαραίτητο χρόνο και δεν συντονίστηκε ικανοποιητικά η ομάδα τους,

- ουσιαστικά οι ίδιοι δεν προσπάθησαν αρκετά και αδιαφόρησαν,

- δεν γνώριζαν ικανοποιητικά τη χρήση υπολογιστή και δεν είχαν τα κατάλληλα μέσα,

- οι ΤΠΕ δεν ωφελούν ουσιαστικά στη γνώση.

Η 3η ερώτηση με τις προτάσεις των παιδιών για τη συνέχιση της διδασκαλίας του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» με τις ΤΠΕ, οι μαθητές του δείγματος υποστήριξαν σε ποσοστό:

- 78,6% ότι θα επιθυμούσαν να συνεχιστεί η εκπαιδευτική διαδικασία με τον ίδιο τρόπο: «*προτείνω να συνεχίσουμε αυτό το εξαίρετο πλάνο και να μας δώσετε περισσότερες ιδέες για video όπως περιβάλλον, διαδίκτυο, ανθρώπινες σχέσεις, σεισμοί και άλλα θέματα μέσα από το βιβλίο*», «*το μήκος των ταινιών να είναι μεγαλύτερο*», «*να χρησιμοποιήσουμε τους υπολογιστές περισσότερο, διότι το μάθημα γίνεται πιο ενδιαφέρον και συμμετέχουν όλοι οι μαθητές*»,

- 8,5% ότι είναι καλύτερα να περιοριστούμε κυρίως στη χρησιμοποίηση των βιβλίων: «*να κάνουμε τα μαθήματα από τα βιβλία και με πιο απλά λόγια*»,

- 12,8% δεν απάντησαν στην παραπάνω ερώτηση.

Για την 4η ερώτηση του ερωτηματολογίου, για τους τρόπους με τους οποίους σκεφτόταν κάθε μαθητής να βοηθήσει την εκπαιδευτική διαδικασία του μαθήματος «Γεωγραφία-Γεωλογία» στο μέλλον, απάντησαν ως εξής:

- 58,9% των μαθητών ήταν πρόθυμοι να αναλάβουν τη δημιουργία νέων εργασιών: «*θα είμαι προσηλωμένος στο μάθημα, θα κάνω εργασίες, γιατί οι υπολογιστές είναι η μελλοντική μέθοδος διδασκαλίας στα σχολεία και μου αρέσει η Γεωγραφία*», «*μπορώ να κάνω εργασίες έτσι ώστε να καλλιεργώ το ενδιαφέρον των συμμαθητών μου και να επεκτείνω τις γνώσεις μου*».

- 12,8% των μαθητών απάντησαν ότι θα δείχνουν μεγαλύτερη προσοχή και προσήλωση στο μάθημα,

- 28,2% των μαθητών δεν απάντησαν κάτι συγκεκριμένο στην παραπάνω ερώτηση.

Συνοπτικά, με βάση τις παραπάνω απαντήσεις και τις σχετικές αιτιολογήσεις των μαθητών αλλά και από τις γενικότερες εκτιμήσεις από τη συστηματική παρατήρηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι μαθητές μέσα από τη χρήση των ΤΠΕ εμπλούτισαν τις εμπειρίες τους και διερεύνησαν ικανοποιητικά ένα πλήθος θεματικών από τη «Γεωγραφία-Γεωλογία». Επίσης, ανέπτυξαν αυτονομία, συνεργάστηκαν ως μέλη μιας ομάδας ή της τάξης, έδωσαν μεγαλύτερη προσοχή στη γνώμη των άλλων, μοιράστηκαν εργαλεία και ιδέες, απέκτησαν ουσιαστικό έλεγχο των δράσεων τους, βοηθήθηκαν αλλά και προσέφεραν τις

γνώσεις τους στους άλλους, ενίσχυσαν την αυτοπεποίθησή τους και ανέκτησαν τον αυτοσεβασμό τους.

Συμπεράσματα

Από την παρουσίαση των ποιοτικών αυτών αρχικών αποτελεσμάτων της έρευνας προκύπτει ότι η υποστήριξη της μάθησης με χρήση των ΤΠΕ για το μάθημα «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» φάνηκε να έχει σημαντική επίδραση στους μαθητές, τόσο ως προς την ίδια τη διαδικασία της μάθησης όσο και ως προς τον τρόπο εισαγωγής και χρήσης των ΤΠΕ. Οι μαθητές, με τη βοήθεια των ΤΠΕ θεώρησαν ότι εμπλούτισαν τις εμπειρίες τους, ενθαρρύνθηκαν να δείχνουν μεγαλύτερη περιέργεια και να ερευνούν. Επίσης, παρότι ανέπτυξαν την αυτονομία τους, στην προσπάθειά τους να εντάξουν τις ΤΠΕ στη σχολική πράξη, έμαθαν να συνεργάζονται ως μέλη μιας ομάδας και σεβάστηκαν την παρουσία και την προσφορά του άλλου στο κοινό έργο. Ουσιαστικά έγιναν κριτές, ερευνητές και μελετητές αποκτώντας ταυτόχρονα δεξιότητες οπτικοακουστικής αγωγής. Επίσης, ενίσχυσαν την αυτοπεποίθησή τους, ανέκτησαν τον αυτοσεβασμό τους διεκδικώντας έναν άλλο ρόλο στην σχολική διαδικασία. Η συγκεκριμένη προσπάθεια εισαγωγής των ΤΠΕ στο μάθημα «Γεωγραφία-Γεωλογία» υλοποιήθηκε με αφορμή τις ιδιαιτέρες συγκυρίες που επικράτησαν τη δεδομένη περίοδο και της ιδιαίτερης φύσης του μαθήματος, πιθανότατα όμως μπορεί να αποτελέσει τη βάση στο άμεσο μέλλον ενός διαφορετικού τρόπου διδακτικής προσέγγισης.

Η παρούσα έρευνα είχε ένα τοπικό και κατά συνέπεια αρκετά περιορισμένο χαρακτήρα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επαγωγικά για γενικεύσεις. Όμως, με βάση τα αρχικά αυτά αποτελέσματα μπορούν να δοθούν αφορμές και ενδεχομένως δυνατότητες σημαντικής μελλοντικής βοήθειας ή αξιοποίησης των ΤΠΕ στη διδακτική πρακτική για το μάθημα της «Γεωγραφίας-Γεωλογίας» αλλά και γενικότερα. Περαιτέρω έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα παιδιών απαιτείται για να προσδιοριστούν αναλυτικότερα οι παράγοντες για τη διατύπωση συγκεκριμένων μεθοδολογικών επιλογών για τη χρήση των ΤΠΕ για την κάλυψη των νέων αναγκών των μαθητών οι οποίοι αποτελούν τη γενιά η οποία μεγαλώνει με τις ΤΠΕ. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να συντελέσουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση ενός αποτελεσματικού πλαισίου στήριξης του έργου των εκπαιδευτικών.

Η χρήση των ΤΠΕ ανοίγει νέες δυνατότητες και μπορεί να κάνει περισσότερο αποτελεσματική τη διδασκαλία σύγχρονων αλλά και διαχρονικών εννοιών, τεχνικών και μεθόδων της επιστήμης και της τεχνολογίας. Με τις δυνατότητες που παρέχουν οι ΤΠΕ, είναι δυνατή η διδακτική προσέγγιση της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας με υψηλές προσδοκίες μάθησης σε επίπεδα πιο σύνθετα από το επίπεδο της απλής πληροφορίας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνόγλωσση

Δ.Ε.Π.Π.Σ. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

Καραμπάτσα, Α., Κλωνάρη, Κ., Κουτσόπουλος, Κ. & Τσουνάκος, Θ. (2004). *Γεωγραφία Β΄ Γυμνασίου: Βιβλίο Καθηγητή*. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Καψάλης, Α. & Χαραλάμπους, Δ. (2008). *Σχολικά Εγχειρίδια, Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική*. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

Λελόβας Λ. (2010). *Κάνε άλμα πιο γρήγορο από τη φθορά*. http://www.youtube.com/watch?v=Za3VmufijXY&feature=related (τελευταία πρόσβαση 15/01/2013).

Σέρογλου, Φ. (2006). *Φυσικές Επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη*. Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη.

Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Χαλκιά, Κρ. (2004). Εκπαιδευτικό υλικό: Ευκαιρίες για έκφραση και δημιουργική παρέμβαση των εκπαιδευτικών. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.). *Πρακτικά του 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή. Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση, (Τόμος Α΄)*. Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΤΕΑΠΗ), Αθήνα, 26-28 Νοεμβρίου 2004, 27-30.

Ξενόγλωσση

Barron, B.-J., Schwartz, D.-L., Vye, J.-N., Moore, A., Petrsino, A., Zech., L. & Bransford, J.-D. (1998). The Cognition and Technology Group at Vanderbilt. *The Journal of Learning Sciences*, 7(3/4), 271-311.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1993). *Surpassing ourselves: An inquiry into the nature and implications of expertise.* Open Court, Chicago, IL.

Favier, T. &Van der Schee, J. (2012). Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems. *Computers & Education,* 58, 666-677.

Greenfield, M. & Cocking, R. (Eds.) (1996). *Interacting with Video*. Greenwich, Ablex, CT.

Jonassen, D. (2000). *Computers as Mindtools for Schools: Engaging Critical Thinking* (2nd edition). New Jersey, Merrill.

Klonari, Aik. & Koutsopoulos, K. (2005). Primary and Secondary Educators' Attitudes on School Geography**.** In K. Donert & P. Chrzynski (Eds). *Changing Horizons in Geography Education.* Herodot Thematic Network. Torun, Poland, 151-155.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. Basic books, New York.

Rekoumi, Ch., Chazipapas, C. & Kalogiannakis, M. (2010). Geoenviromental Knowledge as Frame Foundation of Environmental Conscience. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou & P. Michaelidis (Eds.) *Proceedings of the 7th International Conference on Hands-on Science*, Rethymno-Crete, 25-31 July 2010, 222-230.

Sofos, A. (2005). Theoretische Perspektiven zur Begründung des Medienbegriffs. *Pädagogische Rundschau*, 59, 719-726.

Teodoro, V.-D., Vieira, J.-P. & Clérigo, F.-C. (1997). *Modellus, interactive modelling with mathematics*. San Mateo, Knowledge Revolution, CA.

Vavougios, D. & Karakasidis, T. (2008). Application of ICT Technology in Physics Education: Teaching and Learning Elementary Oscillations with the Aid of Simulation Software. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3(2), 53-58.

Συνεδρία 22: Εκπαίδευση Ατόμων με Ειδικές Ανάγκες

Εποικοδομητισμός και ΤΠΕ στις Φυσικές Επιστήμες στο πλαίσιο της Παράλληλης Στήριξης

Όλγα Μαλεζά[1] & Μιχαήλ Καλογιαννάκης[2]
[1]*Φυσικός-Καθηγήτρια Ειδικής Αγωγής Β/θμιας Εκπαίδευσης, omaleza@yahoo.gr*
[2]*Λέκτορας, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης, mkalogian@edc.uoc.gr*

Περίληψη

Σύγχρονες μελέτες έχουν καταδείξει αφενός ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε) σύμφωνα με τον εποικοδομητισμό βοηθά τα παιδιά ειδικής και γενικής αγωγής να κατακτήσουν τη γνώση ανασκευάζοντας τις ιδέες τους, αφετέρου ότι η παιδαγωγική αξιοποίηση των ΤΠΕ με τη χρήση των εννοιολογικών χαρτών είναι η νέα διδακτική προσέγγιση της γνώσης στην εκπαίδευση. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να αναγνωριστεί ο ρόλος και η σημασία της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας των Φ.Ε. με τη χρήση ΤΠΕ στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης μαθητών γυμνασίου, γενικής και ειδικής αγωγής. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2011-12 σε γυμνάσιο της περιφέρειας της Αθήνας. Ως βασικό μεθοδολογικό εργαλείο επιλέχθηκε η έρευνα δράσης. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ημερολογίου, των φύλλων εργασίας και των συνεντεύξεων φανερώνουν ότι η εποικοδομητική διδασκαλία των Φ.Ε με τη χρήση των ΤΠΕ στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης ενισχύει την ενεργή συμμετοχή όλων των μαθητών χωρίς να αποκλείεται κανείς από τη διδασκαλία.

Abstract

Recent studies have demonstrated that the teaching of sciences according to constructivism helps children of special and general education to acquire knowledge reconstructing their ideas, moreover, that the pedagogical use of Information Communication Technology (ICT) through the use of concept maps is a new didactic approach to learning in education. The purpose of this research is to identify the role and importance of a constructive approach to the teaching of sciences using ICT in the framework of parallel support of junior high school students, of general and special education. The study was conducted during the school year 2011-12 in an Athens district junior high school. As a basic methodological tool were selected the action research. The results of the analysis of the log, worksheets and the interviews indicate that constructive sciences teaching using ICT in the framework of parallel support enhances the active participation of all students without excluding anyone from teaching.

Εισαγωγικά στοιχεία

Η τάση να εκπαιδεύονται μαζί στο παραδοσιακό σχολείο τα παιδιά με και χωρίς ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες είναι γνωστή ως σχολική ενσωμάτωση, ένταξη ή συνεκπαίδευση με πρωταρχικό μέλημα τη δημιουργία ενός «σχολείου για όλους», το οποίο χτίζεται στην αρχή των ίσων δικαιωμάτων. Η εκπαιδευτική και κοινωνική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποστηρίζει τη σχολική ενσωμάτωση, διότι παρέχει στα παιδιά ίσες ευκαιρίες για εκπαίδευση (Πολυχρονοπούλου-Ζαχαρογεώργα 1995). Η Σταυρίδου (2011) συζητώντας επισκοπήσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για τη συνεργατική διδασκαλία των Φ.Ε θεωρεί ότι η εποικοδομητική μέθοδος βοηθάει όλα τα παιδιά και ιδιαίτερα αυτά με τις χαμηλότερες επιδόσεις, να κατακτήσουν τη γνώση ανασκευάζοντας τις ιδέες τους.

Διαφορετικοί τύποι μαθητών μπορούν να ωφεληθούν από τη συνεργατική και εποικοδομητική μέθοδο διδασκαλίας, όπως εκείνοι που προέρχονται από την ειδική εκπαίδευση ή που πάσχουν από διάφορες αναπηρίες (Baudrit 2007, Φερεντίνου Παπαλεξόπουλος & Βαβουγυιός 2009), οι οποίοι συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες για την κατάκτηση της σχολικής γνώσης (Baudrit 2007, σ.88). Η διερεύνηση του εποικοδομητικού τρόπου διδασκαλίας στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης αποτελεί ένα ιδιαίτερα επίκαιρο και

ενδιαφέρον εκπαιδευτικό θέμα και για τη σύγχρονη ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, γίνεται προσπάθεια να αναγνωριστεί ο ρόλος και η σημασία της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας των Φ.Ε με τη χρήση των ΤΠΕ στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1 Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και παράλληλη στήριξη

Σύμφωνα με τον Κουλαϊδή (2001, σ.51) οι πρακτικο-βιωματικές αντιλήψεις των μαθητών αλληλεπιδρούν με τη σχολική γνώση και τους βοηθούν να κατασκευάζουν τις νέες γνώσεις. Στην περίπτωση όμως που η διδασκαλία αφορά και μαθητές με ειδικές ανάγκες παρουσιάζεται έντονα η αναγκαιότητα της καταγραφής των ιδεών αυτών των μαθητών, αφού οι ιδέες τους δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται στην κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από τον τρόπο με το οποίο τα παιδιά αυτά αντιλαμβάνονται τι συμβαίνει γύρω τους, επειδή δε διαθέτουν όλους τους αισθητηριακούς και αντιληπτικούς μηχανισμούς του περιβάλλοντος (Κόκκοτας 1998, σ.16).

Οι μαθητές με ειδικές ανάγκες παρουσιάζουν συχνά δυσκολίες να χειριστούν πληροφορίες λόγω της περιορισμένης προϋπάρχουσας σχολικής γνώσης (Mastropieri et al. 1996, Τσελφές κ.ά. 2006). Για αυτό το λόγο εστιάζουν συνήθως σε μερικές μόνο διαστάσεις ενός φαινομένου. Οι μαθητές αυτοί συνηθίζουν να εξάγουν συμπεράσματα βασισμένοι σχεδόν αποκλειστικά στην αισθητηριακή αντίληψη αν και διαθέτουν ένα σύστημα εναλλακτικών αναπαραστάσεων για τον εμπειρικό τους κόσμο, ανάλογο μ' αυτό που συναντάται και στους υπόλοιπους μαθητές (Τσελφές κ.ά. 2006). Αναλυτικότερα, μπορούν να συλλογιστούν επαγωγικά και να δομήσουν νοητικά τις επιστημονικές έννοιες εφόσον έχουν παρακολουθήσει κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Scruggs & Mastropieri 1994). Επομένως, γίνεται σαφές ότι ο βασικός σκοπός της διδασκαλίας στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης πρέπει να είναι η απόκτηση από τους μαθητές αφενός της απαραίτητης γνώσης για την πραγματικότητα και αφετέρου η πεποίθηση ότι είναι ικανοί να χειρίζονται αυτή την πραγματικότητα.

Η μάθηση για τα παιδιά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες ενισχύεται όταν οι καθηγητές μπορούν να αναγνωρίζουν το διαφορετικό και να διδάσκουν σε διαφορετικά στυλ μάθησης (Grumbine & Alden 2006). Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω θα πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος σχεδιασμός της διδασκαλίας ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη τις ιδιαίτερες ανάγκες, αλλά και τις υπάρχουσες εμπειρίες του μαθητή με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και συχνά η υποστήριξη από τις ΤΠΕ είναι καθοριστικής σημασίας.

1.2 Εποικοδομητική διδασκαλία με τη χρήση των ΤΠΕ στις Φ.Ε και τη Παράλληλη Στήριξη

Με τον όρο εποικοδομητική προσέγγιση στη γνώση, στο πλαίσιο της εκπαίδευσης και συνεκπαίδευσης παιδιών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, εννοούμε το να λειτουργούν, να χειρίζονται ή να χρησιμοποιούν γενικά με κατάλληλο τρόπο εκπαιδευτικά υλικά (Τάφα 2008, σ.80). Επομένως, στο πλαίσιο της εποικοδόμησης ο καθηγητής, τόσο της παράλληλης στήριξης όσο και της γενικής τάξης, δεν περιορίζεται στο χαρτί και το μολύβι, αλλά εισέρχεται και σ' άλλα περιβάλλοντα όπως είναι το εργαστήριο ή το περιβάλλον άλλων μαθημάτων όπως είναι η τεχνολογία (Βλάχος 2004, σ.263). Στην παραπάνω κατεύθυνση οδηγούν και οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί καταδεικνύοντας τον τρόπο με τον οποίο η εφαρμογή της εποικοδομητικής μάθησης μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική διδακτική πρακτική που θα επιτρέψει σημαντικά γνωστικά οφέλη, ιδιαίτερα σε απαιτητικά μαθήματα, όπως αυτό των Φ.Ε για την εφαρμογή κατάλληλων μαθησιακών στρατηγικών και την ετοιμασία σύγχρονων μαθησιακών περιβαλλόντων (Fall & Webb 2000, Schulz-Zander et al. 2002).

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τους Schulz-Zander et al. (2002) η εποικοδομητική μάθηση με τη βοήθεια των ΤΠΕ μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά αφού ο υπολογιστής ως μέσο ανταποκρίνεται τόσο στις ατομικές ανάγκες κάθε παιδιού όσο και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων κοινωνικής αποδοχής, ηθικής και αξιών. Για το λόγο αυτό, η εποικοδομητική μάθηση με τη

χρήση των ΤΠΕ φαίνεται να αποκτά μια νέα δυναμική που της προσδίδει ιδιαίτερη σημασία για την εκπαίδευση και ειδικά για τις Φ.Ε στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης (Eskicioglu & Kopec 2003).

Ο εκπαιδευτικός της παράλληλης στήριξης, λαμβάνοντας υπόψη τις φάσεις και τα στάδια της εποικοδομητικής διδασκαλίας που προτείνουν οι Driver & Oldham (1986) όπως αναφέρονται στο Βλάχο (2004 σσ.265-283) μπορεί να χρησιμοποιήσει για το μαθητή με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες κατάλληλα εργαλεία τα οποία συμβάλλουν στην εποικοδομητική προσέγγιση, όπως εννοιολογικούς χάρτες, φύλλα εργασίας, διαδραστικές προσομοιώσεις και ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό. Γενικότερα, υιοθετώντας την άποψη ότι η προσαρμογή της διδασκαλίας για τους μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες πρέπει να στηρίζεται στην επιλογή μιας γνωστικής περιοχής με την οποία θα καλλιεργηθεί η κριτική σκέψη και θα διδαχθούν στρατηγικές μάθησης και οργάνωσης - επεξεργασίας πληροφοριών, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η χρήση των εννοιολογικών χαρτών μέσω υπολογιστή (Παντελιάδου κ.ά. 2004). Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι η εποικοδομητική προσέγγιση της γνώσης είναι σημαντική, γιατί όταν ο μαθητής με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες απασχολείται στην τάξη έχει λιγότερες πιθανότητες να εκδηλώσει στερεότυπη ή διασπαστική συμπεριφορά επειδή μεγιστοποιούνται οι ευκαιρίες να αποκτήσει νέες δεξιότητες (Τάφα 2008, σ.80). Με τη χρήση των ΤΠΕ οι μαθητές με ειδικές ανάγκες μπορούν να αναπτύξουν στρατηγικές οι οποίες αυξάνουν τον ενθουσιασμό της συμμετοχής και παράλληλα προωθούν τους στόχους της κοινωνικο-συναισθηματικής αποδοχής των συμμαθητών, ενισχύοντας το κοινωνικό κέρδος της εποικοδομητικής μάθησης (Murphy, Grey & Honan 2005).

1.3 Αξιοποίηση των ΤΠΕ και των εργαλείων του Web 2.0

Με τη χρήση του Web 2.0 η διδασκαλία επικεντρώνεται στο μαθητή, ο οποίος δομεί και κατακτά μόνος του τη γνώση υποβοηθούμενος από τον εκπαιδευτικό. Μέσω των Web 2.0 εργαλείων, οι μέθοδοι παραγωγής της γνώσης αλλάζουν και οι μαθητές τόσο ειδικής όσο γενικής αγωγής παρακινούνται από δραστηριότητες που είναι περισσότερο συνεργατικές (Conole & Alevizou 2010). Γίνεται σαφές ότι το Web 2.0 προσφέρει την πλατφόρμα για την ανάπτυξη ενός καινοτόμου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, το οποίο συνδέει άμεσα εκπαιδευόμενους, με εκπαιδευτικές πηγές εκπαιδευτικού υλικού. Επομένως, αξιοποιώντας τις ΤΠΕ οι μαθητές είναι σε θέση να διερευνήσουν τις δυνατότητες των εννοιολογικών χαρτών μέσω της δημιουργίας, της χρήσης και της ανταλλαγής τους, προκειμένου να δημιουργήσουν γνωστικές αναπαραστάσεις καθώς και να συνδέσουν τις δυνατότητες αυτών των γνωστικών εργαλείων με τις τεχνολογίες του διαδικτύου (Jonassen & Reeves 1996, Jonassen et al. 1997). Το λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης αφορά μια εξειδικευμένη μορφή νοητικού εργαλείου, αυτή του «διερευνητικού λογισμικού». Σήμερα, υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά εργαλεία ηλεκτρονικής εννοιολογικής χαρτογράφησης, τα οποία παρέχουν σημαντική στήριξη στη διαδικασία κατασκευής, επεξεργασίας και διαμοιρασμού ενός εννοιολογικού χάρτη όπως το «Mind42» και το «Cmap-tools».

Μια άλλη δυνατότητα του Web 2.0 είναι τα Wikis, όπου οι χρήστες λειτουργούν με το διπλό ρόλο του αναγνώστη και του συγγραφέα και μέσω των Wikis, επιτυγχάνεται ο διαμοιρασμός περιεχομένου, η οικοδόμηση της γνώσης ατομικά και συλλογικά με τη συνεργασία και τη συνδημιουργία (Moskaliuk, Kimmerle & Cres 2012), οδηγώντας τους μαθητές με ειδικές μαθητικές ανάγκες στην οικοδόμηση της γνώσης και στην ένταξη τους στο περιβάλλον της τάξης και κατ' επέκταση στο περιβάλλον του σχολείου.

2. Μεθοδολογία της έρευνας

2.1Ερευνητικοί ερωτήματα

Η παρούσα μελέτη, η οποία αποτελεί μια έρευνα δράσης την περίπτωση ενός αυτιστικού μαθητή και είναι προσανατολισμένη στα παρακάτω βασικά ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Ποιά είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Φ.Ε με τη χρήση ΤΠΕ σε μαθητές γυμνασίου ειδικής και γενικής αγωγής;

(β) Με ποιούς τρόπους αναπτύσσεται η αυτενέργεια των μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης και πώς τις αξιοποιούν;

2.2 Ερευνητική διαδικασία

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσε ένας αυτιστικός μαθητής Γ΄ Γυμνασίου, ο οποίος είχε παράλληλη στήριξη στο μάθημα των Φ.Ε και τα μεθοδολογικά εργαλεία της έρευνας δράσης παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 1. Σε πρώτη φάση καταγράψαμε συστηματικά τα συμβάντα, τις ανησυχίες, τα προβλήματα και τα επιτεύγματα του μαθητή σ' ένα εκπαιδευτικό ημερολόγιο, το οποίο μας βοήθησε στη φάση του αναστοχασμού. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήσαμε τα φύλλα εργασίας του μαθητή, τα οποία συμπλήρωνε με τη μορφή τεστ στο τέλος της διδακτικής πράξης. Τα φύλλα αυτά υποβοηθούν στη διαγνωστική διαδικασία για την ανακάλυψη συγκεκριμένων δυνατών σημείων, αδυναμιών και δυσκολιών που βιώνει ένας μαθητής (Cohen, Manion & Morrison 2008, σ.541).

Επιπρόσθετα, υλοποιήσαμε ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους εμπλεκόμενους στην εκπαιδευτική διαδικασία (καθηγητές θετικών επιστημών της τάξης, διευθυντή της σχολικής μονάδας, γονείς του μαθητή) για τη συλλογή του ερευνητικού υλικού. Όλες, οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλιο του 2012, απομαγνητοφωνήθηκαν και πραγματοποιήθηκε θεματική ανάλυση περιεχόμενου.

Σχήμα 1: Το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας - Έρευνα δράσης

3. Αποτελέσματα

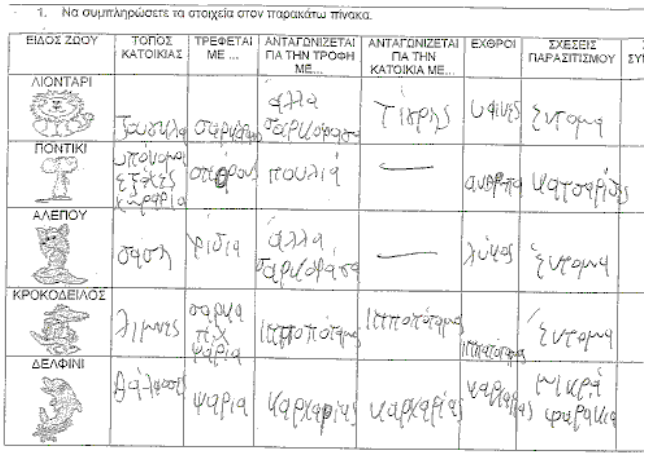
3.1 Βασικά χαρακτηριστικά της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Φ.Ε με τη χρήση ΤΠΕ σε μαθητές ειδικής και γενικής αγωγής (1ο ερευνητικό ερώτημα)

Όπως προέκυψε για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα όταν ο μαθητής έχει ενεργητικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να αναπτύξει τις ικανότητες και τις δεξιότητές του τόσο σε γνωστικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο αλλά και σε επίπεδο ένταξης. Ο ενεργητικός ρόλος των μαθητών μέσα από παιχνίδια ρόλων ή πειράματα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Φ.Ε. Γίνεται σαφές ότι η έμφαση στην ενεργό μάθηση και

στις εποικοδομητικές προσεγγίσεις γενικότερα, μπορεί να συμβάλει στην καλλιέργεια μεγαλύτερης ευαισθησίας στα σχολεία, ώστε εκεί οι μαθητές με αυτισμό να έχουν εξατομικευμένη φροντίδα (Τάφα 2008, σ.39).

Αναλυτικότερα, ο συγκεκριμένος αυτιστικός μαθητής με τη βοήθεια των ΤΠΕ και συγκεκριμένα υλικού από το «Cmap-tools», κατάφερε να κατασκευάσει ένα χάρτη που αφορούσε σε μια κεντρική έννοια (τροφική αλυσίδα και μεταλλαγμένα προϊόντα), να διορθώσει ένα χάρτη (π.χ. τροποποιήσεις, διαγραφές στις έννοιες που απεικονίζονται και στις μεταξύ τους συνδέσεις) και τέλος να επεκτείνει ένα χάρτη, δηλαδή να προσθέσει στο δοσμένο χάρτη νέες έννοιες/συνδέσμους, μόνος του αλλά και μαζί με τους συμμαθητές του. Με τη βοήθεια των ΤΠΕ επιτεύχθηκε η συνεργατική μάθηση σ' ένα εποικοδομητικό πλαίσιο διδασκαλίας. Το εύρημα αυτό ενισχύεται και από την άποψη των Conole & Alevizou (2010) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η χρήση των ΤΠΕ και συγκεκριμένα του web 2.0 κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης έχει ως αποτέλεσμα την εξατομίκευση της διδασκαλίας από τη μία και την αυτενέργεια του μαθητή από την άλλη.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι ο αυτιστικός μαθητής βοηθήθηκε ιδιαίτερα μέσα από τις εικόνες και τα σκίτσα αλλά και τους εννοιολογικούς χάρτες που έδειχναν οι καθηγητές του ή δημιούργησε ο ίδιος. Αξιοποιώντας γνωστές μεθόδους και τεχνικές όπως είναι οι ερωτήσεις, η συζήτηση σε ομάδες, τα πειράματα, η γνωστική σύγκρουση, ο σωκρατικός διάλογος, η χαρτογράφηση εννοιών (εικόνα 1), η λύση προβλημάτων και ειδικοί τρόποι χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού, αυξήθηκε η αλληλεπίδραση των μαθητών με τα υλικά, μεταξύ τους καθώς και με τον καθηγητή.


1. Να συμπληρώσετε τα στοιχεία στον παρακάτω πίνακα.

ΕΙΔΟΣ ΖΩΟΥ	ΤΟΠΟΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΤΡΕΦΕΤΑΙ ΜΕ ...	ΑΝΤΑΓΩΝΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΡΟΦΗ ΜΕ...	ΑΝΤΑΓΩΝΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑ ΜΕ...	ΕΧΘΡΟΙ	ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΣΙΤΙΣΜΟΥ	ΣΥ
ΛΙΟΝΤΑΡΙ							
ΠΟΝΤΙΚΙ							
ΑΛΕΠΟΥ							
ΚΡΟΚΟΔΕΙΛΟΣ							
ΔΕΛΦΙΝΙ							

Εικόνα 1. Ο μαθητής συμπληρώνει έναν εννοιολογικό χάρτη - πίνακα στο μάθημα της Βιολογίας

Κατά τη διάρκεια της παραπάνω αλληλεπίδρασης ενεργοποιείται η προϋπάρχουσα γνώση, εκδηλώνεται λειτουργικά και σταδιακά οικοδομούνται οι έννοιες (Βλάχος 2004 σ.208). Η διαπίστωσή μας αυτή ενισχύεται και από την άποψη των Jonassen & Reeves (1996) και Jonassen et al. (1997) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι αξιοποιώντας τις ΤΠΕ οι μαθητές είναι σε θέση να διερευνήσουν τις δυνατότητες των εννοιολογικών χαρτών μέσω της δημιουργίας, της χρήσης και της ανταλλαγής τους για να δημιουργήσουν γνωστικές αναπαραστάσεις.

Όπως προέκυψε από τα στοιχεία της παρούσας έρευνας υπήρξε σημαντική διαφορά στο γνωστικό επίπεδο του αυτιστικού μαθητή και τη σχέση του με τους συμμαθητές του εξαιτίας της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φ.Ε με τη χρήση των ΤΠΕ. Το εύρημα αυτό ταυτίζεται με την άποψη του Κυπριωτάκη (2001, σ.107) ο οποίος υποστηρίζει ότι αν η διδασκαλία βασίζεται στην κατασκευή της γνώσης από το μαθητή μέσα από τις δικές του ψυχολογικές διεργασίες και ιδιαιτερότητες, τότε ο μαθητής μπορεί να αναπτύξει στο μέγιστο βαθμό τις δυνατότητες του και να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του σχολείου.

3.2 Τρόποι ανάπτυξης της αυτενέργειας των μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης (2ο ερευνητικό ερώτημα)

Σχετικά με το αν και πώς ο εποικοδομητισμός με τη χρήση ΤΠΕ καλλιεργεί την αυτενέργεια των μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης, προκύπτει ότι όταν ο μαθητής έχει ενεργό ρόλο στη διδακτική πράξη και αντιλαμβάνεται ότι τόσο ο καθηγητής της παράλληλης όσο και ο καθηγητής της τάξης, ακολουθούν έναν τρόπο διδασκαλίας, τον παρακινούν, τον υποστηρίζουν και του δίνουν χρόνο και χώρο για να απαντήσει και φυσικά τον επιβραβεύουν, είναι σε θέση να αυτενεργεί. Γίνεται αντιληπτό ότι οι μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες μπορούν να ωφεληθούν από τη συνεργατική και εποικοδομητική μέθοδο διδασκαλίας όπως αναφέρει και ο Baudrit (2007, σ.88). Η αυτενέργεια του μαθητή της συγκεκριμένης έρευνας διαπιστώθηκε από τη διάθεση και την πρόθεσή του να λύσει μόνος του μια άσκηση στη χημεία ή να απαντήσει στις ερωτήσεις του καθηγητή της τάξης ή να ζητήσει διευκρινήσεις από τον καθηγητή της παράλληλης στήριξης και μ' αυτό τον τρόπο αισθάνθηκε ότι εντάχθηκε μέσα στην ομάδα, όπως σημειώθηκε πολλές φορές στο εκπαιδευτικό ημερολόγιο που τηρήσαμε κατά τη διάρκεια της έρευνας

Παράλληλα, όπως προέκυψε από τις συνεντεύξεις της έρευνας, ο εποικοδομητισμός μπορεί να συμβάλλει στην αυτενέργεια του μαθητή με αυτισμό αφού το παιδί μπορεί να καταλάβει καλύτερα το γνωστικό αντικείμενο και να καλλιεργήσει σημαντικές δεξιότητες. Αν δηλαδή η διδασκαλία βασίζεται στη θέση ότι ο μαθητής κατασκευάζει τη γνώση μέσα από τις δικές του ψυχολογικές διεργασίες και ιδιαιτερότητες, τότε ο μαθητής μπορεί να αναπτύξει στο μέγιστο βαθμό τις δυνατότητές του και να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του σχολείου (Κυπριωτάκης, 2001, σ.107). Όπως ανέφερε χαρακτηριστικά ο καθηγητής της χημείας, ο μαθητής μπόρεσε να αντιληφθεί τις βάσεις και τα οξέα από παραδείγματα της καθημερινής του ζωής τα οποία τα κατέγραφε στον υπολογιστή συμπληρώνοντας έναν εννοιολογικό πίνακα με βάσεις και οξέα που συναντά στην καθημερινότητά του.

Γενικότερα, στο εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης οι μαθητές, κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούρια γνώση, ανάλογα με τις δεξιότητες, τα ταλέντα και τις ιδιαιτερότητές τους, μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών (Κολιόπουλος 2001, σ.217). Έτσι, η διδασκαλία των Φ.Ε αντιμετωπίζεται ως μια ενεργητική διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης, καθώς αυτό που πρόκειται να διδαχθεί ο μαθητής συνδέεται με το χειρισμό των ιδεών του, σε συνάρτηση με τους στόχους, τις υιοθετούμενες διδακτικές στρατηγικές και τις επιλογές διαδικασιών μάθησης (Κουλαϊδής 1994). Επιπλέον, με τη χρήση ΤΠΕ οι μαθητές γενικής και ειδικής αγωγής καταφέρνουν να ανακαλύψουν τη γνώση ατομικά και συλλογικά με τη συνεργασία και τη συν-δημιουργία και οδηγούνται στην οικοδόμηση της γνώσης και στην ένταξη τους στο περιβάλλον της τάξης και κατ' επέκταση στο περιβάλλον του σχολείου.

Ειδικότερα, ο συγκεκριμένος αυτιστικός μαθητής κατάφερε να γράφει άριστα σε διαγωνίσματα και να αισθάνεται ισότιμο μέλος της τάξης, όταν πριν από την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, ήταν αδύνατο να συμπληρώσει με επιτυχία έναν εννοιολογικό χάρτη, να λύσει άσκηση χωρίς λάθη ή να πάρει μέρος σε μια ομαδική εργασία χωρίς να υπάρχουν προβλήματα συμπεριφοράς. Δεν άλλαξε μόνο η επίδοση του μαθητή αλλά μέσα από τις ΤΠΕ διαπίστωσε ότι αυτά που μαθαίνει βασίζονται σε γνωστά για αυτόν πράγματα και έννοιες. Για αυτό το λόγο σταμάτησε να αισθάνεται μειονεκτικά και έγινε ενεργητικότερο μέλος της τάξης, παίρνοντας μέρος σε ομάδες, συμπληρώνοντας τα φύλλα εργασίας αλλά και το υλικό από τη διαδικτυακή πλατφόρμα. Επομένως, διαπιστώθηκε ότι η εκπαιδευτική διαδικασία για να τον βοηθήσει να αυτενεργεί είναι σημαντικό να οικοδομηθεί μέσα από διαδικασίες οι οποίες θα έχουν την αφετηρία τους στο πεδίο της εμπειρίας, δηλαδή την εκπαιδευτική πραγματικότητα, να εκφράζει την αλληλεπίδρασή με τους παράγοντες που εμπλέκονται στη διδασκαλία και να πραγματοποιηθεί σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα (Βλάχος 2004, σ.121).

4. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Τα ζητήματα που συζητήθηκαν στην εργασία αφορούσαν τα βασικά χαρακτηριστικά της

εποικοδομητικής διδασκαλίας Φ.Ε στο πλαίσιο της παράλληλης στήριξης με τη χρήση ΤΠΕ και την εποικοδομητική διδασκαλία και αυτενέργεια των μαθητών στην παράλληλη στήριξη. Η εποικοδομητική διδασκαλία των Φ.Ε μέσα από τη χρήση ΤΠΕ σε μαθητές γυμνασίου ειδικής και γενικής αγωγής, βασίζεται στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών, στη συνεργασία τους αλλά κυρίως στο γεγονός ότι οι ίδιοι μαθητές, κατασκευάζουν μια καινούρια γνώση, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητές τους, τις ικανότητες και τις δεξιότητές τους, στο πλαίσιο της αλληλεπίδρασης των απόψεων, της συζήτησης και της προσπάθειας να χτίσουν τη γνώση, την οποία αντιλαμβάνονται όχι ως κάτι ξένο και πέρα από αυτούς, αλλά ως ιδέα που μπορεί να την έχουν ακούσει και κάπου αλλού.

Η εποικοδομητική προσέγγιση επομένως επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν όλοι, αφού δεν αποκλείει τη διαφορετική γνωστική αφετηρία κανενός. Με τον τρόπο αυτό οι γνώσεις για τις Φ.Ε οικοδομούνται ενεργά, καθώς αυτό που πρόκειται να διδαχθεί ο μαθητής συνδέεται με το χειρισμό των ιδεών του, σε συνάρτηση με τους στόχους, τις υιοθετούμενες διδακτικές στρατηγικές και τις επιλογές διαδικασιών μάθησης. Ο μαθητής με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες γίνεται ενεργό και δρων πρόσωπο καθώς του παρέχεται η δυνατότητα να αυτενεργήσει στο πλαίσιο μιας ομάδας, να συμπληρώσει έναν εννοιολογικό πίνακα, να συζητήσει με παραδείγματα από την καθημερινότητά του να λύσει ένα πρόβλημα σ' ένα φύλλο εργασίας με τις ιδέες που ανασκεύασε.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Βλάχος, Ι. (2004). *Εκπαίδευση στις φυσικές Επιστήμες, Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Γρηγόρης, Αθήνα.

Baudrit, A. (2007). *Η Ομαδοσυνεργατική Μάθηση*. Κέδρος, Αθήνα.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. (1998). *Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Αυτοέκδοση, Αθήνα.

Κολιόπουλος, Δ. (2001). Από την Πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης: Η εποικοδομητική αντίληψη στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο J. Bliss, G.., Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαίδης, Κ. Ραβάνης, J., Solomon, A., Τσατσαρώνη, Β., Χατζηνικήτα, & Β. Χρηστίδου (επιμ.) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (τόμος Α΄)*, 217-251, ΕΑΠ, Πάτρα.

Κουλαϊδής, Β. (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 75, 22-29.

Κυπριωτάκης, Α. (2001). *Μια Παιδαγωγική ένα σχολείο για όλα τα παιδιά, Σύγχρονες αντιλήψεις αγωγής και εκπαίδευσης των παιδιών με εμπόδια στη ζωή και στη μάθηση*, Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Παντελιάδου, Σ., Πατσιοδήμου, Α. & Μπότσας, Γ. (2004). *Οι Μαθησιακές Δυσκολίες στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Βόλος.

Πολυχρονοπούλου-Ζαχαρογεώργα, Σ. (1995). *Παιδιά και έφηβοι με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και δυνατότητες*, Αυτοέκδοση, Αθήνα.

Σταυρίδου, Ε. (2011). *Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό (Τόμος Β: Ειδικό Μέρος ΠΕ04). «Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών»*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

Τάφα, Ε. (επιμ.) (2008). *Συνεκπαίδευση παιδιών με και χωρίς προβλήματα μάθησης και συμπεριφοράς*, Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Τσελφές, Β., Φασουλόπουλος, Γ., Βαβουγιός, Δ. & Παντελιάδου, Σ. (2006). Εναλλακτικές αναπαραστάσεις μαθητών με Μαθησιακές Δυσκολίες για το ζήτημα της σχέσης δύναμης και κίνησης, Στο Ε. Σταυρίδου (Επιμ.), *Διδακτική Φυσικών Επιστημών: μέθοδοι και τεχνολογίες*

μάθησης, *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ε.ΔΙ.ΦΕ*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 740-747.

Φερεντίνου, Α., Παπαλεξόπουλος, Π. & Βαβουγυιός, Δ. (2009). Προσαρμογές στη διδασκαλία της Φυσικής για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες με τη βοήθεια εννοιολογικών χαρτών. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επιμ.) *Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των φυσικών επιστημών*, Φλώρινα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 7-10 Μαΐου 2009, 903-910.

Ξενόγλωσση

Conole, G. & Alevizou, P. (2010). *A literature review of the use of Web 2.0 tools in Higher Education,* In http://www.heacademy.ac.uk/assets/EvidenceNet/Conole_Alevizou_2010.pdf (last access 12/11/2012).

Eskicioglu, A. & Kopec, D. (2003). The ideal multimedia-enabled classroom: Perspectives from psychology, education, and information science. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia,* 12, 199-221.

Fall, R. & Webb, N. (2000). Group discussion and large-scale language arts assessment: Effects on students' comprehension. *American Educational Research Journal,* 37, 911-941.

Grumbine, R. & Alden, P. (2006). Teaching science to students with learning disabilities: Guiding principles and practices for adapting instruction for students with learning disabilities. *The Science Teacher*, 73(3), 26-31.

Jonassen, H., Reeves, C., Hong, N., Harvey, D. & Peters, K. (1997). Concept Mapping as Cognitive Learning and Assessment Tools. *Journal of Interactive Learning Research*, 8(3/4), 289-308.

Jonassen, H. & Reeves, C. (1996). Learning with technology: using computers as cognitive tools. In H. Jonassen (Ed.). *Handbook of research for educational communications and technology*, 693-719.

Mastropieri, M.-A., Scruggs, T.-E., Bakken, J.-P. & Whedon, C. (1996). Reading comprehension: A synthesis of research in learning disabilities. In T.-E. Scruggs & M.-A. Mastropieri (Eds.) *Advances in learning and behavioral disabilities: Intervention research (vol. 10, part B)*, 201-227, Elsevier, Oxford, UK.

Moskaliuk, J., Kimmerle, J. & Cres, U. (2012). Collaborative knowledge building with wikis: The impact of redundancy and polarity. *Computers & Education*, 58(4), 1049-1057.

Murphy, E., Grey, M. & Honan, R. (2005). Co-operative learning for students with difficulties in learning: a description of models and guidelines for implementation. *British Journal of Special Education,* 32(3), 157-164.

Schulz-Zander, R., Büchter, A. & Dalmer, R. (2002). The role of ICT as a promoter of students' cooperation. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 438-448.

Scruggs, T. & Mastropieri, M. (1994). The construction of scientific knowledge by students with mild disabilities. *The journal of Special Education*, 28(3), 307-321.

Η εκπαίδευση των παιδιών με κώφωση στα μαθήματα των φυσικών επιστημών.

Παναγιώτης Φ. Παπαλεξόπουλος[1], Αναστασία Φερεντίνου[2], Διονύσιος Βαβουγυιός[3].
1. *Δρ. Παιδαγωγικής, papalex@uth.gr,*
2. *Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, Τμήματα ένταξης, aferentinou@uth.gr,*
3. *Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας dvavou@uth.gr*

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας που αφορούν τις προϋποθέσεις και τη διαμόρφωση κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος για τη διδασκαλία των μαθημάτων των φυσικών επιστημών σε προγλωσσικά κωφούς μαθητές. Σύμφωνα με τα ευρήματα η νοηματική γλώσσα φαίνεται να είναι αποτελεσματική στη διδασκαλία και στη κατασκευή νοημάτων για έννοιες των φυσικών επιστημών. Επίσης, οι αντιλήψεις των κωφών μαθητών για τα φαινόμενα στα οποία αναφέρονται οι φυσικές επιστήμες δεν διαφέρουν σημαντικά από τους ακούοντες συμμαθητές τους. Όσον αφορά τις διδακτικές στρατηγικές υπάρχουν αποτελεσματικές προσεγγίσεις για τα θέματα ανάγνωσης, γραφής, δραστηριοτήτων στη σχολική τάξη, εξάσκησης στο εργαστήριο των φυσικών επιστημών και αξιοποίησης του σύγχρονου εκπαιδευτικού λογισμικού. Συνοψίζοντας, το αίτημα για την ένταξη των παιδιών με κώφωση και για την απρόσκοπτη παρακολούθηση του αναλυτικού προγράμματος για τις φυσικές επιστήμες μπορεί να υλοποιηθεί και στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα εφόσον συνεχιστούν και επεκταθούν οι επιστημονικές έρευνες στο συγκεκριμένο πεδίο.

Abstract

In this paper we present the results of the literature research regarding the conditions and the learning environment for teaching science to students with deafness. As shown by the results of the surveys, sign language seems to be effective in teaching and construction of meanings for the concepts of science. As for the misconceptions of the deaf students for the phenomena of the natural world they do not seem to differ significantly from their peers. Regarding the instructional strategies there are effective approaches for reading and writing in the classroom, for the laboratory activities and for the use of modern educational software. Summarizing we believe that the demand for the inclusion of children with deafness in the Greek educational system could be realized provided the scientific research in this field is continued and expanded.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στους προγλωσσικά κωφούς μαθητές, δηλαδή στους μαθητές που έχασαν την ακοή τους σε μικρή ηλικία πριν από την απόκτηση της γλώσσας (Λαμπροπούλου, 1999α), στο πλαίσιο της ένταξης των μαθητών με ειδικές ανάγκες στο γενικό σχολείο. Η ένταξη των μαθητών με ειδικές ανάγκες αποτελεί αίτημα των τελευταίων δεκαετιών (UNESCO, 1994), έχει θεσμοθετηθεί επίσης και στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα (Νόμος 2817, 2000). Πιο συγκεκριμένα η εργασία εξετάζει την εκπαίδευση των κωφών μαθητών στις φυσικές επιστήμες καθώς η διδασκαλία των φυσικών επιστήμων δίνει πολλές δυνατότητες μάθησης μέσα από διαφορετικές αισθητικές οδούς όπως η οπτική οδός (πειραματική διαδικασία, χρήση οργάνων, πειραματικών διατάξεων κ.α.) και η απτική οδός (εξοικείωση με υλικά, συνδεσμολογία διατάξεων κ.α.) που είναι σημαντικές για τους μαθητές που στερούνται την αίσθηση της ακοής (Νικολαραΐζη 2007). Με βάση το παραπάνω πλαίσιο μελετήσαμε τις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιούνται και τη διαμόρφωση ενός κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος που είναι αναγκαία ώστε οι μαθητές με κώφωση να μπορούν να εκπαιδευτούν στις φυσικές επιστήμες σύμφωνα με το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα και να διδαχθούν στο ίδιο επίπεδο με τους ακούοντες μαθητές ώστε να υλοποιείται ο επιστημονικός και τεχνολογικός εναλφαβητισμός όλων των νέων ανθρώπων (Vavougios et al, 2003). Για τις ανάγκες της μελέτης αυτής πραγματοποιήσαμε ανασκόπηση της ελληνικής και της ξένης βιβλιογραφίας σε θέματα

που αφορούν τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε μαθητές με κώφωση.

Αντιλήψεις μαθητών με κώφωση για τα φυσικά φαινόμενα

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε εκπαιδευτικά συστήματα άλλων χωρών όσον αφορά τις αντιλήψεις των μαθητών με κώφωση για φαινόμενα που μελετώνται από τις φυσικές επιστήμες, έδειξαν ότι οι αντιλήψεις τους δεν διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό από τις αντιλήψεις των ακουόντων, στοιχείο το οποίο είναι αρκετά ενθαρρυντικό για την εκπαίδευσή τους. Πιο συγκεκριμένα, οι Roald & Mikalsen (2000, 2001) μελέτησαν σε νορβηγικό σχολείο τις αντιλήψεις των μαθητών με κώφωση για έννοιες που αναφέρονται στο σχήμα και το εσωτερικό της γης και άλλων ουρανίων σωμάτων και φαινόμενα που παρατηρούνται απευθείας όπως η εναλλαγή της ημέρας και της νύχτας, των εποχών κ.λ.π. Την πειραματική ομάδα της έρευνας αποτελούσαν κωφοί μαθητές 7, 9, 11 και 17 ετών και την ομάδα ελέγχου μαθητές χωρίς κώφωση ηλικίας 9 ετών. Τα ερευνητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς τις ερμηνείες μεταξύ των κωφών και ακουόντων μαθητών, με τα μεγαλύτερα σε ηλικία κωφά παιδιά να ερμηνεύουν περισσότερο ικανοποιητικά τα φαινόμενα σε σχέση με τα μικρότερης χρονολογικής ηλικίας. Επίσης, οι ερευνητές αναφέρουν ότι οι χειρομορφές, οι κινήσεις και οι θέσεις των νοημάτων που αντιπροσωπεύουν ουράνια σώματα πιθανόν να επηρεάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών με κώφωση, όπως για παράδειγμα τα νοήματα κατά τα οποία σχεδιάζεται «κύκλος» φαίνεται να δημιουργούν αντιλήψεις στους μαθητές για σφαιρικά σχήματα.

Οι Molander, Pedersen, & Norell (2001) πραγματοποίησαν πιλοτική έρευνα με σκοπό να εντοπίσουν διαφορές μεταξύ των παιδιών με και χωρίς κώφωση, 15-17 ετών, που φοιτούσαν στην όγδοη και δέκατη τάξη του σουηδικού σχολείου όσον αφορά τον τρόπο αιτιολόγησης διαφόρων φαινομένων που μελετώνται από τις φυσικές επιστήμες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές με κώφωση δεν χρησιμοποιούσαν τις έννοιες και τα μοντέλα των φυσικών επιστημών για να ερμηνεύσουν τα διάφορα φαινόμενα (π.χ. δεν χρησιμοποιούσαν τη διατήρηση της μάζας για να περιγράψουν χημικά φαινόμενα). Σύμφωνα με τους ερευνητές αυτό το εύρημα δεν σημαίνει ότι τα παιδιά με κώφωση έχουν γνωστικές ικανότητες χαμηλότερου επιπέδου από τα τυπικά παιδιά, διότι ανάλογα αποτελέσματα έχουν αναφερθεί σε παρόμοιες έρευνες για ακούοντες μαθητές.

Οι δύο παραπάνω έρευνες υποστηρίζουν ότι οι διαφορές οφείλονται μάλλον στις διαφορετικές εκπαιδευτικές και κοινωνικές εμπειρίες που αποκτούν τα κωφά παιδιά εξαιτίας των δυσκολιών που συναντούν κατά την πρόσβαση σε πληροφορίες βιβλίων, περιοδικών, συζητήσεων κ.λπ. οι οποίες απευθύνονται σε ακούοντα άτομα και στο γεγονός ότι τα παιδιά με κώφωση -σε αντίθεση με εκείνα χωρίς ανάλογα προβλήματα- έρχονται ουσιαστικά σε επαφή με τα θέματα των φυσικών επιστημών κατά τη διάρκεια της φοίτησης τους στο σχολείο.

Διδακτικές στρατηγικές

Ερευνητές που έχουν μελετήσει την εκπαίδευση των παιδιών με κώφωση έχουν προτείνει διάφορες στρατηγικές για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Αρχικά θεωρείται απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί που θα διδάξουν τα αντίστοιχα αντικείμενα να σχεδιάζουν το ατομικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για κάθε μαθητή με κώφωση. Το ατομικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα (Λαμπροπούλου 1999β, Νικολαραΐζη 2007) είναι ένα ετήσιο πρόγραμμα στο οποίο περιγράφονται, εκτός των άλλων, οι προς κατάκτηση μακροπρόθεσμοι και βραχυπρόθεσμοι στόχοι, με βάση την επίδοση του μαθητή στα μαθήματα των φυσικών επιστημών και σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα από το οποίο αντλούνται οι γενικοί στόχοι. Το πρόγραμμα αυτό συντάσσεται στην αρχή της σχολικής χρονιάς και περιέχει διαδικασίες αξιολόγησης της προόδου του μαθητή. Το εξατομικευμένο πρόγραμμα διδασκαλίας πρέπει να περιέχει στοιχεία από τις δύο κουλτούρες, των κωφών και των ακουόντων (Λαμπροπούλου 1999γ), αφού στην διαμόρφωση της ταυτότητας των κωφών μαθητών παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο (Νικολαραΐζη 2007). Η Λαμπροπούλου (1999γ) σημειώνει επίσης ότι για τη διδασκαλία μαθημάτων όπως τα Μαθηματικά, η Ιστορία, οι Φυσικές Επιστήμες, θα πρέπει να γίνεται χρήση

της πρώτης (συνήθως νοηματικής) και της δεύτερης γλώσσας. Τα παραπάνω αναφέρονται στο γενικότερο πλαίσιο εκπαίδευσης των κωφών μαθητών, που έχει επικρατήσει τις τελευταίες δεκαετίες και αντιμετωπίζει τα παιδιά με κώφωση ως δίγλωσσα (Λαμπροπούλου 1999γ, Κουρμπέτης κ.ά. 2007) καθώς φαίνεται από τις έρευνες ότι η προφορική μέθοδος και η ολική επικοινωνία, ως μέθοδοι επικοινωνίας κατά την διδασκαλία των κωφών μαθητών, δεν έχουν φέρει τα αναμενόμενα αποτελέσματα και παρόλο που οι επιδόσεις των παιδιών με κώφωση έχουν βελτιωθεί σε σχέση με το παρελθόν, υπολείπονται σταθερά από τους ακούοντες συνομήλικους τους στις σχολικές επιδόσεις (Λαμπροπούλου 1999β, Κουρμπέτης κ.ά. 2007).

Όσον αφορά την ενίσχυση της γνωστικής ανάπτυξης των παιδιών με κώφωση ο Lang (1994) υποστηρίζει ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να ενθαρρύνουν την ενεργό μάθηση, να κάνουν διάλογο σε όλες τις φάσεις της διδασκαλίας, να πραγματοποιούν δραστηριότητες με απλά και πολυαισθητηριακά και μέσα (multisensory and "hands-on") και να είναι ενήμεροι για τις γνωστικές, γλωσσικές, ακουστικές κ.ά. εμπειρίες των μαθητών τους.

Επίσης, ο Σαρρής (2002), ο οποίος διερεύνησε τον ρόλο του σωματικού σχήματος των παιδιών με ακουστική μειονεξία ως μαθησιακή εμπειρία στην εκπαίδευση τους, πραγματοποιώντας έρευνα δράσης με τη χρήση του θεατρικού παιγνιδιού ως διδακτικό μέσο, υποστηρίζει ότι το θεατρικό παιγνίδι αποτελεί ένα εργαλείο που βελτιώνει τις εκφραστικές ικανότητες των παιδιών με κώφωση και προσδίδει σε ικανοποιητικό βαθμό δεξιότητες αφαιρετικού και μεταγνωστικού τύπου π.χ. κατάκτηση χωροχρονικών και λογικομαθηματικών εννοιών, μετάβαση από την κυριολεκτική στη μεταφορική και συμβολική σημασία των λέξεων κ.λπ.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές αναφέρουν ιδιαίτερα το θέμα της γλώσσας διότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών βασίζεται σε μεγάλο βαθμό σε κείμενα όπου ο επιστημονικός λόγος και η ορολογία δυσκολεύουν ιδιαίτερα, τα κωφά παιδιά (Wang, 2011). Άλλωστε, γενικότερα τα κωφά παιδιά λόγω των ελλειπών γλωσικών τους εμπειριών δυσκολεύονται να παρακολουθήσουν το αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου και των υψηλών γλωσσικών απαιτήσεων του (Νικολαραΐζη 2007). Ειδικότερα λοιπόν για το θέμα της γλώσσας (Wang, 2011, Λαμπροπούλου, 1999β), όπως αναφέρεται σε αναλυτικά προγράμματα φυσικής για κωφά παιδιά, κυρίως χωρών του εξωτερικού, αρχικά οι μαθητές πρέπει να εξοικειώνονται με δραστηριότητες της φυσικής που στηρίζονται σε γνωστή για αυτά γλώσσα (συνήθως σε νοηματική) και στη συνέχεια να μαθαίνουν τις φυσικές έννοιες. Η Roald (2002) κατέληξε σε ανάλογα συμπεράσματα ύστερα από έρευνα που έκανε για τις απόψεις των κωφών δασκάλων φυσικής, όσον αφορά τις διαδικασίες μάθησης των φυσικών εννοιών όταν οι ίδιοι ήταν φοιτητές. Συμπληρωματικά, ο Wang (2011) τονίζει τη σημασία της νοηματικής γλώσσας κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αλλά και τις ελλείψεις της γλώσσας σε νοήματα επιστημονικής ορολογίας. Ο Lang et al. (2007) επίσης αναφέρει ότι για μεγάλο ποσοστό σημαντικών εννοιών στις φυσικές επιστήμες δεν υπάρχει το αντίστοιχο νόημα. Αξιοσημείωτη είναι η προσπάθεια που έγινε στη Νορβηγία από μία δασκάλα Φυσικής (Roald, 2000), η οποία δοκίμασε να κατασκευάσει σε νοηματική γλώσσα βασικές έννοιες που περιγράφονται στο μάθημα της Φυσικής για την πρώτη τάξη της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επιπέδου Λυκείου (Upper Secondary School). Στη διαδικασία συμμετείχαν κωφοί μαθητές της τάξης της και παρόλο που απουσίαζε γλωσσολόγος, τηρήθηκαν οι αρχές της Νορβηγικής Νοηματικής Γλώσσας (ΝΒΓ), δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο περιεχόμενο της κάθε έννοιας και η διαδικασία σχηματισμού ενός νοήματος, το οποίο αναφερόταν σε συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος ήταν παρόμοια με αυτή που ακολουθείται στο σχηματισμό νέων όρων (π.χ. στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.λ.π.).

Ως προς το θέμα της ανάγνωσης και της γραφής σύμφωνα με τα αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας και εμπειρικών δεδομένων ο Yore (2000) διατύπωσε ορισμένες προτάσεις σχετικά με την ανάγνωση και τη γραφή κειμένων με επιστημονικά θέματα από μαθητές με κώφωση που γνωρίζουν τη νοηματική γλώσσα. Ο Yore προτείνει στους εκπαιδευτικούς να ενσωματώσουν στη διδακτική πρακτική τους δραστηριότητες που σχετίζονται την ανάγνωση και τη γραφή κειμένων με επιστημονικά θέματα, να υλοποιούν αυτές

τις ενέργειες για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους και να χρησιμοποιούν τις δυνατότητες που παρέχει η σύγχρονη τεχνολογία όπως πολυμέσα κ.ά. Πιο συγκεκριμένα προτείνει τρεις διδακτικές πρακτικές οι οποίες θεωρεί ότι συνεισφέρουν στην κριτική κατανόηση των κειμένων με επιστημονικά θέματα και τη γραφή αντίστοιχων κειμένων από τους μαθητές. Η πρώτη πρακτική είναι η κατασκευή εννοιολογικών χαρτών από τους μαθητές για δυσνόητες έννοιες των φυσικών επιστημών ώστε να ενισχυθεί η κατανόηση των αντιστοίχων κειμένων. Η δεύτερη πρακτική είναι η συγγραφή άρθρων από τους μαθητές στα οποία συνοψίζουν ή/και διατυπώνουν τις απόψεις τους σχετικά με το περιεχόμενο των άρθρων που τους είχαν δοθεί για μελέτη. Η τρίτη πρακτική είναι η συγγραφή άρθρων από τους μαθητές στα οποία, συνεργαζόμενοι μεταξύ τους, εξηγούν τη σχέση ανάμεσα σε θέματα και έννοιες των φυσικών επιστημών και τις τεχνολογικές εφαρμογές τους. Τέλος, προτείνει οι μαθητές να κατασκευάζουν ερωτήσεις που θεωρούν ότι θα αποτελέσουν αντικείμενα εξέτασης από τους εκπαιδευτικούς που τους διδάσκουν.

Για τη γραφή οι Lang & Albertini (2001) διερεύνησαν τους τρόπους με τους οποίους μαθητές με κώφωση που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δομούν νοητικά έννοιες των φυσικών επιστημών κατά τη διάρκεια συγγραφής κειμένων με αντίστοιχο περιεχόμενο. Οι πρακτικές της γραφής που χρησιμοποιήθηκαν φάνηκε ότι ήταν χρήσιμες στους μαθητές για να εστιάσουν την προσοχή τους σε επιστημονικές έννοιες και στους εκπαιδευτικούς για να εκτιμήσουν το επίπεδο κατανόησης των εννοιών από τους μαθητές. Η πρακτική της δημιουργικής γραφής βοήθησε τους μαθητές να εκφραστούν γραπτά με προσωπικό τρόπο, να εστιάσουν την προσοχή τους τις περισσότερες φορές με επιτυχία σε μια έννοια ή ένα φαινόμενο και να κατασκευάσουν ένα σενάριο σχετικά με αυτό. Η πρακτική της διπλής γραφής βοήθησε τους μαθητές που ήταν ικανοί αναγνώστες, στη δόμηση εννοιών και στη γραπτή έκφραση με προσωπικό τρόπο, είτε γράφοντας απόψεις που ήταν σύμφωνες με το περιεχόμενο του κειμένου που διάβασαν, είτε ισχυριζόμενοι αντίθετες όπως π.χ. διατύπωσαν γραπτά τις απόψεις τους για το περιεχόμενο ενός κειμένου που αναφερόταν στη γονεϊκή υποστήριξη προς έναν επιστήμονα με κώφωση κατά τη διάρκεια της ζωής του. Η πρακτική της καθοδηγούμενης αυθόρμητης γραφής φάνηκε ότι ήταν χρήσιμη για τη διδασκαλία της επιστημονικής διαδικασίας, κατά την οποία ζητήθηκε από τους μαθητές αρχικά να προβλέψουν την εξέλιξη ενός φαινομένου, στη συνέχεια να περιγράψουν τις παρατηρήσεις που πραγματοποίησαν κατά τη διάρκεια του φαινομένου και τέλος, να εξάγουν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις παρατηρήσεις. Συνολικά, η αποτελεσματικότητα των προαναφερθέντων πρακτικών γραφής επηρεάστηκε από τον γενικότερο σχεδιασμό και τρόπο διδασκαλίας των εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, όπως π.χ. η εστίαση κατά τη διδασκαλία σε ορισμένες μόνο επιστημονικές έννοιες, η αξιολόγηση της διδακτικής πορείας από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς κ.λπ. Γενικότερα η στάση των παιδιών για τη γραφή κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των φυσικών επιστημών γινόταν περισσότερο θετική καθώς αυξανόταν η χρήση της.

Προσαρμογές στο εργαστήριο φυσικών επιστημών

Όσον αφορά την εργαστηριακή δραστηριότητα των μαθητών με κώφωση, σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνει η Επιτροπή της Αμερικανικής Ένωσης Χημικών για τη διδασκαλία της Χημείας (Miner et al 2001), οι προσαρμογές που χρειάζεται να γίνουν στο εργαστήριο είναι περιορισμένες και συνήθως φθηνές σε χρηματικό κόστος (π.χ. προσθήκη φωτεινών δεικτών στις διάφορες συσκευές, προσθήκη ενδείξεων οι οποίες πρέπει να φαίνονται από όλα τα σημεία του εργαστηρίου για την περίπτωση πυρκαγιάς και άλλων επικίνδυνων καταστάσεων κ.α.). Επιπλέον, όπως και στις υπόλοιπες διδακτικές δραστηριότητες έτσι και στο εργαστήριο η σωστή επικοινωνία είναι απαραίτητη ώστε οι μαθητές με κώφωση να κατανοούν το σύνολο των λεκτικών οδηγιών, να τους παρέχεται ο απαραίτητος χρόνος και να συνεργάζονται με εκείνους τους συμμαθητές τους οι οποίοι επικοινωνούν ικανοποιητικά μαζί τους (Miner et al 2001).

Ο Storm (1994) υποστηρίζει ότι οι ομάδες εργασίας των παιδιών θα πρέπει να ανταλλάσσουν μεταξύ τους τα φύλλα των πειραματικών μετρήσεων και επεξεργασιών, ώστε να συγκρίνουν και να συζητούν τις πειραματικές δραστηριότητες που πραγματοποίησαν. Επιπλέον,

υποστηρίζει ότι οι μαθητές με κώφωση θα πρέπει να ενθαρρύνονται για συνεχή εξάσκηση σε δραστηριότητες που σχετίζονται με την επιστημονική μέθοδο, όπως να πραγματοποιούν παρατηρήσεις, να διατυπώνουν υποθέσεις κ.λπ. Ιδιαίτερα συμβουλεύει να γίνεται συχνή εξάσκηση των παιδιών με τις μετρήσεις ώστε να κατανοούν περισσότερο τις διαφορετικές τιμές των διαφόρων φυσικών μεγεθών.

Επιπρόσθετα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν πολλά εργαστηριακά όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να γίνουν κατανοητά διάφορα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με θέματα του ήχου (Lang 1994), π.χ. α) η δεξαμενή με νερό όπου τα ηχητικά κύματα μεταβάλλουν την επιφάνεια του νερού, β) ο τροχός του Savart, γ) ο παλμογράφος κ.λπ. Με αυτά τα όργανα τα παιδιά με κώφωση μπορούν να έχουν οπτική αναπαράσταση των ηχητικών φαινομένων.

Εκπαιδευτικό λογισμικό για τους μαθητές με κώφωση.

Παλιότερα, οι Braden & Shaw (1987) αμφισβητούσαν τα θετικά αποτελέσματα στη σχολική επίδοση των κωφών/βαρήκοων παιδιών από τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών κατά τη διδακτική πρακτική, διότι ισχυρίζονταν ότι μειώνεται η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών ή μεταξύ εκπαιδευτικών και παιδιών. Σύγχρονες όμως ερευνητικές προσεγγίσεις έδωσαν περισσότερο ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Οι Dowaliby & Lang (1999) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα στη μάθηση εννοιών των φυσικών επιστημών με τη χρήση επεξηγηματικών μέσων (adjunct aids) και με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε σπουδαστές κολεγίου με κώφωση και με διάφορα επίπεδα αναγνωστικής ικανότητας, τα δε επεξηγηματικά μέσα ήταν: α) επεξηγηματικές ερωτήσεις οι οποίες αναφέρονταν σε τμήματα του κειμένου, β) κινούμενες εικόνες σε μορφή ταινίας, οι οποίες παρουσίαζαν οπτικά παραδείγματα των εννοιών του κειμένου και γ) ταινίες σε νοηματική γλώσσα για τις αντίστοιχες διδασκόμενες έννοιες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι σπουδαστές χαμηλής αναγνωστικής ικανότητας είχαν καλύτερες μαθησιακές επιδόσεις με τη χρήση των προαναφερθέντων μέσων, σε σύγκριση με τους σπουδαστές υψηλής αναγνωστικής ικανότητας οι οποίοι είχαν διδαχθεί τις έννοιες μόνο με τη χρήση κειμένου. Ειδικότερα με τις επεξηγηματικές ερωτήσεις φάνηκε να διατηρούνται για κάποιο χρονικό διάστημα οι σχετικές πληροφορίες στη βραχυπρόθεσμη μνήμη των σπουδαστών και στη συνέχεια να μεταφέρονται στη μακροπρόθεσμη, σε αντίθεση με τα δύο άλλα μέσα, εικόνες και νοήματα, τα οποία παρουσίαζαν στους σπουδαστές μόνο τις πληροφορίες του κειμένου με διαφορετική μορφή και δεν είχαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Γενικότερα η χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών έχει διερευνηθεί σε ποικίλες έρευνες με μικρό όμως αριθμό παιδιών με κώφωση που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και χωρίς να έχει γίνει συστηματική αξιολόγηση αυτών των διδακτικών παρεμβάσεων (Lang & Steely, 2003). Οι Lang & Steely (2003) σχεδίασαν και ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα διδασκαλίας για θέματα περιβάλλοντος (earth science), φυσικής και χημείας με χρήση πολυμέσων και με συνδυασμό κειμένου, νοηματικής γλώσσας, διαγραμμάτων οργάνωσης και κινουμένων σχεδίων για την παρουσίαση των διδασκομένων εννοιών και με παρεμβολή επεξηγηματικών ερωτήσεων, ώστε να ενθαρρυνθούν οι μαθητές να αλληλεπιδράσουν με το συγκεκριμένο υλικό. Η εφαρμογή του προγράμματος διδασκαλίας έγινε σε μεγάλο αριθμό μαθητών με κώφωση και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο παραπάνω συνδυασμός κατά τη χρήση πολυμέσων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών βοήθησε την επιτυχή πορεία της μαθησιακής διαδικασίας.

Επίσης, οι Barman & Stockton (2002) ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα διδασκαλίας θεμάτων περιβάλλοντος για μαθητές με κώφωση που φοιτούσαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Βασικός σκοπός του προγράμματος ήταν οι μαθητές να αποκτήσουν τις βασικές δεξιότητες που απαιτούνται για την πραγματοποίηση επιστημονικής εργασίας όπως η παρατήρηση των φαινομένων, η συγκέντρωση και η επεξεργασία των μετρήσεων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Οι μαθητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα φοιτούσαν σε διαφορετικά

σχολεία και για τις ανάγκες της συνεργασίας μεταξύ τους χρησιμοποίησαν εφαρμογές των σύγχρονων τεχνολογιών όπως είναι το διαδίκτυο και η τηλεδιάσκεψη. Για να πραγματοποιήσουν τις εργασίες που είχαν αναλάβει χρησιμοποίησαν και άλλες εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών όπως είναι η ψηφιακή φωτογράφηση και βιντεοσκόπηση, η επεξεργασία εικόνων και γραφικών μέσω ψηφιακών σαρωτών κ.ά. Από τα αποτελέσματα του προγράμματος φάνηκε ότι πολλοί μαθητές έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την πραγματοποίηση των ενεργειών του προγράμματος, έγιναν τεχνολογικά αλφαβητισμένοι και απέκτησαν δεξιότητες επιστημονικής εργασίας και αυτονομίας κατά τη μαθησιακή διαδικασία (independent learning).

Όσον αφορά την ελληνική γλώσσα οι Panselina, Sigalas, & Tzougraki (2002) σχεδίασαν και ανέπτυξαν μια εφαρμογή με πολυμέσα η οποία λειτουργεί ως δίγλωσσο εκπαιδευτικό εργαλείο για τη διδασκαλία ενοτήτων της Χημείας σε μαθητές με κώφωση. Στο λογισμικό που σχεδίασαν οι προαναφερόμενοι ερευνητές η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε α) με κείμενο που εμφανιζόταν σε γραπτή ελληνική γλώσσα β) με βίντεο όπου οι διάλογοι του γραπτού κειμένου παρουσιάζονταν με τη χρήση της ελληνικής νοηματικής γλώσσας και γ) με εικόνες οι οποίες αναφέρονταν στο περιεχόμενο των διδασκομένων εννοιών. Η επιστημονική ομάδα αποτελούμενη από χημικούς, εξειδικευμένο γλωσσολόγο, εκπαιδευτικούς κωφών ατόμων και δάσκαλο της ελληνικής νοηματικής γλώσσας σχεδίασε και καταχώρησε στο λογισμικό 114 χημικούς όρους στην ελληνική νοηματική γλώσσα. Σημειώνεται ότι κατά τη σχεδίαση και ανάπτυξη του λογισμικού πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση από μαθητές με κώφωση και εκπαιδευτικούς που εργάζονταν σε ειδικά σχολεία για κωφούς μαθητές ώστε να βελτιωθούν τα επιμέρους τμήματα του λογισμικού όπως το βίντεο, οι εικόνες κ.λπ.

Συζήτηση

Τα ευρήματα της βιβλιογραφικής διερεύνησης για τον εντοπισμό των προϋποθέσεων και την ανάπτυξη κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος στη διδασκαλία των μαθημάτων των φυσικών επιστημών σε κωφούς μαθητές έδειξαν ότι οι αντιλήψεις αυτών των μαθητών για φαινόμενα που μελετώνται από τις φυσικές επιστήμες δεν διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό από τις αντιλήψεις των ακουόντων, στοιχείο το οποίο είναι αρκετά ενθαρρυντικό για την εκπαίδευσή τους. Ως προς τη γλώσσα επικοινωνίας με τους κωφούς μαθητές από τα βιβλιογραφικά ευρήματα φάνηκε ότι η νοηματική γλώσσα μάλλον είναι αποτελεσματική και επομένως η κατασκευή νοημάτων για έννοιες των φυσικών επιστημών στη γλώσσα με την οποία επικοινωνούν οι μαθητές με κώφωση κρίνεται απαραίτητη. Σε αυτό το πλαίσιο, τις τελευταίες δεκαετίες, κρίνεται αναγκαίο ένα δίγλωσσο πρόγραμμα διδασκαλίας ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία με την πλειοψηφική κοινωνία των ακουόντων ατόμων. Όσον αφορά στις διδακτικές στρατηγικές που μπορεί να ακολουθήσουν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, από τη βιβλιογραφική διερεύνηση φάνηκε ότι υπάρχουν διάφορες αποτελεσματικές προσεγγίσεις για τα θέματα ανάγνωσης, γραφής και πραγματοποίησης δραστηριοτήτων μέσα στη σχολική τάξη και στο εργαστήριο των φυσικών επιστημών. Επιπρόσθετα, το σύγχρονο εκπαιδευτικό λογισμικό παρέχει ποικίλες δυνατότητες για εξάσκηση των μαθητών με κώφωση στα στάδια της επιστημονικής εργασίας, την καλλιέργεια της επικοινωνίας με τους συμμαθητές τους, την αναζήτηση πληροφοριών κ.λπ..

Παρόλο που τα ευρήματα της βιβλιογραφικής διερεύνησης είναι μάλλον ενθαρρυντικά για την προοπτική της εκπαίδευσης των κωφών μαθητών στις φυσικές επιστήμες θεωρούμε ότι το αίτημα για την ένταξη τους και την απρόσκοπτη παρακολούθηση του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών μπορεί να υλοποιηθεί και στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα εφόσον, συνεχιστούν και επεκταθούν οι επιστημονικές έρευνες που έχουν στόχο την βελτίωση των προϋποθέσεων που πρέπει να υπάρξουν ώστε να έχει επιτυχή αποτελέσματα η εκπαίδευση όλων των παιδιών.

Βιβλιογραφία

Κουρμπέτης, Β., Χατζοπούλου, Μ., Σαβαλίδου, Φ., & Σίμψα, Θ. (2007). Διαναπηρικός Οδηγός

Επιμόρφωσης. Κατηγορία Αναπηρίας: Κώφωση, «Προσεγγίζοντας την Κώφωση». Πάντειο Πανεπιστήμιο Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών (Τμήμα Ψυχολογίας).

Λαμπροπούλου, Β. (1999α) (Επ.). Διάγνωση-Αποκατάσταση Βαρηκοΐας- Συμ-βουλευτική Γονέων και Έγκαιρη Παρέμβαση. 2ο Εκπαιδευτικό Πακέτο. Πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ-ΥΠ.Ε.Π.Θ. Πάτρα: Μονάδα Αγωγής Κωφών, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Πατρών.

Λαμπροπούλου, Β. (1999β) (Επ.). Εκπαίδευση και Κωφό Παιδί. 3ο Εκπαιδευτικό Πακέτο. Πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ-ΥΠ.Ε.Π.Θ. Πάτρα: Μονάδα Αγωγής Κωφών, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Πατρών.

Λαμπροπούλου, Β. (1999γ) (Επ.). Γλωσσική Ανάπτυξη και Κωφό Παιδί. 4ο Εκπαιδευτικό Πακέτο. Πρόγραμμα ΕΠΕΑΕΚ-ΥΠ.Ε.Π.Θ. Πάτρα: Μονάδα Αγωγής Κωφών, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Πατρών.

Νικολαραΐζη, Μ. (2007). Η προσαρμογή του μαθησιακού περιβάλλοντος και της διδασκαλίας στις ανάγκες των κωφών παιδιών. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ειδικής Αγωγής με Διεθνή συμμετοχή: Η ειδική Αγωγή στην κοινωνία της γνώσης. Αθήνα: Γρηγόρης, 278-286.

Νόμος 2817/2000 (Φ.Ε.Κ. 78/τ.Α΄/14-3-2000) «Εκπαίδευση των ατόμων με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες».

Σαρρής, Δ. (2002). Το θεατρικό παιχνίδι ως επικοινωνιακό διάμεσο για παιδιά με ακουστική μειονεξία: η διαμεσολαβητική λειτουργία του σωματικού σχήματος. Θέματα Ειδικής Αγωγής, (16), 10-25.

Barman, C., Stockton, J. (2002). An Evaluation of the SOAR-High Project: A Web-Based Science Program for Deaf Students. American Annals of the Deaf, 147(3), 5-10.

Braden, J. P. & Shaw, S. R. (1987). Computer assisted instruction with deaf children: Panacea, placebo or poison? American Annals of the Deaf, 132 (3), 189-193.

Dowaliby, F. & Lang, H. (1999). Adjunct Aids in Instructional Prose: A Multimedia Study With Deaf College Students. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 4(4), 270-282.

Lang, H. (1994). A demonstration lecture in physics for deaf and hard-of-hearing students in a mainstream settings. "The Doppler Effect". In conference proceedings Improving Science Instruction for Students with Disabilities: Working Conference on Science for Persons with Disabilities. Anaheim, California, 28-29 March 1994, 49-58.

Lang, H., & Albertini, J. (2001). Construction of Meaning in the Authentic Science Writing of Deaf Students. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 6(4), 258-284.

Lang, H., & Steely, D. (2003). Web-Based Science Instruction for Deaf Students: What Research Says to the Teacher. Instructional Science, 31(4-5), 277-298.

Lang, H., Hupper, M., Monte, D., Brown, S., Babb, I., & Scheifele, P. (2007). A study of technical signs in science: Implications for lexical database development. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 12, 65-79.

Miner, D. L., Nieman, R., Swanson, A.B. & Woods M. (eds.) (2001). Teaching Chemistry to Students with Disabilities: A Manual for High Schools, Colleges, and Graduate Programs, American Chemical Society Committee on Chemists with Disabilities, The American Chemical Society (4th Edition).

Molander, B. O., Pedersen, S., & Norell, K. (2001). Deaf Pupils' Reasoning about Scientific Phenomena: School Science as a Framework for Understanding or as Fragments of Factual Knowledge. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 6(3), 200-211.

Panselina, M., Sigalas, M. & Tzougraki C. (2002). Design and Development of a Bilingual Multimedia Educational Tool for Teaching Chemistry Concepts to Deaf Students in Greek Sign Language. Education and Information Technologies, 7(3), 225-235.

Roald, I. (2000). Terminology in the making: physics terminology in norwegian sign language. http://www.signwriting.org/forums/linguistics/ (Πρόσβαση 27-10-2012)

Roald, I., & Mikalsen, O. (2000). What are the Earth and the heavenly bodies like? A study of objectual conceptions among Norwegian deaf and hearing pupils. International Journal of Science Education, 22(4), 337-355.

Roald, I., & Mikalsen, O. (2001). Configuration and Dynamics of the Earth-Sun-Moon System: An Investigation into Conceptions of Deaf and Hearing Pupils. International Journal of Science Education, 23(4), 423-440.

Roald, I. (2002). Norwegian Deaf Teachers' Reflections on Their Science Education: Implications for Instruction. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 7(1), 57-73.

Storm, R. (1994). Heat conduction (A science lesson for junior high school students who are deaf or hard-of-hearing). In conference proceedings Improving Science Instruction for Students with Disabilities: Working Conference on Science for Persons with Disabilities. Anaheim, California, March 28-29, 59-69.

UNESCO (1994). «Διακήρυξη της Σαλαμάνκα και Πλαίσιο Δράσης για την Ειδική Αγωγή». Ελληνική Εθνική Επιτροπή για την UNESCO, Αθήνα.

Vavougios D., Xanthakou Y, Chionidou M., Kaila M. (2003). Physics and Didactics: A creativity based proposal for primary teachers' in service training. In Issues on Teachers' In-service training and further education, P. Fokiali, V. Triarchi-Herrmann, M. Kaila (Eds), 907-928.

Wang, Y. (2011). Inquiry-based science instruction and performance literacy for students who are deaf or hard of hearing. American Annals of the Deaf 156(3), 239-254.

Yore, L. D. (2000). Enhancing science literacy for all students with embedded reading instructions and writing-to-learn activities. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 5(1), 105-122.

Εκπαιδεύοντας άτομα με κινητικές δυσκολίες στην Φυσική με την βοήθεια ρομποτικού εργαστηρίου

Τσαβλή Σταματίνα[1], Βαβουγυιός Διονύσιος[1], Καραγιαννίδης Χαράλαμπος[1], Κοψιδάς Σπύρος[2], Παπαλεξόπουλος Παναγιώτης[1], Νησιώτου Ιουλία[1]

[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

{sttsavli, dvavou, karagian, papalex, nisiotou} @uth.gr

[2] Τμήμα Μηχ. Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, spyros@uth.gr

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται η μελέτη σχεδίαση και υλοποίηση ενός ρομποτικού εργαστηρίου για την διδασκαλία της φυσικής σε μαθητές με κινητικές δυσκολίες. Αναλύονται αρχικά τα προβλήματα που δυσχεραίνουν την κατάκτηση της γνώσης από τα άτομα με κινητικές δυσκολίες. Οι ανάγκες για ενεργή συμμετοχή των ατόμων με κινητικές δυσκολίες στις διδακτικές διαδικασίες και η άρση του αποκλεισμού τους από δραστηριότητες που υλοποιούνται από την πλειοψηφία των μαθητών οδήγησαν στο σχεδιασμό και την μερική υλοποίηση ενός ρομποτικού εργαστηρίου, μέσω του οποίου μπορούν να πειραματιστούν αποκτώντας πρόσβαση σε ένα «προσωπικό εργαστήριο φυσικής» και νιώθοντας λιγότερο αποκλεισμένοι λόγω της αναπηρίας τους. Το ρομποτικό εργαστήριο που περιγράφεται υποστηρίζει τη διδασκαλία της Φυσικής μέσω της διενέργειας πειραμάτων και της λήψης και ανάλυσης των πειραματικών αποτελεσμάτων με τρόπο αυτοματοποιημένο και επιβοηθούμενο από ένα ρομποτικό βραχίονα ώστε ο μαθητής να υπερνικά την σωματική του δυσλειτουργία και να συγκεντρώνεται στην κριτική μελέτη των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Abstract

The present study describes the design and implementation of a robot laboratory for teaching physics to students with disabilities. Initially we analyzed the problems that hinder the acquisition of knowledge by individuals with disabilities. The need for active participation of people with disabilities in teaching procedures and the removal of their exclusion from activities implemented by the majority of students resulted in the design and partial implementation of a robotic laboratory through which they can experiment by accessing a "personal physics laboratory" and feeling less excluded because of their disability. The robotic laboratory described supports the teaching of physics by conducting experiments and making the analysis and experimental results with an automated manner and assisted by a robotic arm that the student overcomes physical dysfunction and concentrates on critical study of the results.

Εισαγωγή

Από την γέννηση και μέχρι το πέμπτο έτος της ηλικίας του ένα τυπικά αναπτυσσόμενο παιδί κατακτά σταδιακά την ικανότητα της βάδισης, αποκτά κινητική ελευθερία, εμπλουτίζει και τελειοποιεί τόσο την αδρή όσο και την λεπτή κινητικότητα, και τέλος βελτιώνει τον συντονισμό και την ισορροπία του. Μέσω αυτής της εξελικτικής πορείας κατακτά σύνθετες κινητικές δεξιότητες, επεκτείνει το πεδίο των εμπειριών του και αναπτύσσει μια διαρκώς ακριβέστερη γνώση των δεδομένων που προέρχονται από το περιβάλλον του (Kamil & Devries 1978, Wickstrom 1977, Τσαπακίδου, 1997).

Ο μαθητής και η μαθήτρια χωρίς προβλήματα κίνησης φθάνουν στο σχολείο έχοντας ήδη κατακτήσει γνώσεις και δεξιότητες που τους επιτρέπουν να δρουν και να πειραματίζονται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Τσιαντζή 1992). Τι γίνεται όμως με ένα μαθητή ή μαθήτρια με κινητικές δυσκολίες; Η μη φυσιολογική στάση και κίνηση δημιουργεί λανθασμένη εικόνα του σώματος, παρεμποδίζοντας την ελεύθερη κίνηση, το παιχνίδι και την εξερεύνηση του περιβάλλοντος και περιορίζοντας την αλληλεπίδρασή του με τους συνομηλίκους και τους μεγαλύτερους. Η κατάσταση αυτή επιδρά καταλυτικά στην ικανότητα επεξεργασίας των πληροφοριών από το παιδί, επηρεάζει γενικά τη γνωστική και ψυχολογική του εξέλιξη και

περιορίζει και δυσχεραίνει μεταξύ άλλων την κατανόηση και εμπέδωση εννοιών του φυσικού κόσμου (Παντελιάδης & Συρίγου-Παπαβασιλείου 2002).

Ανατρέχοντας ο ερευνητής στην σύγχρονη βιβλιογραφία βρίσκει πως τα κινητικά προβλήματα των παιδιών σχολικής ηλικίας ταξινομούνται κυρίως σε δύο κύριες κατηγορίες αναφορικά με τις αιτίες που τα προκαλούν, οι οποίες είναι βλάβες του κεντρικού νευρικού συστήματος είτε βλάβες του μυοσκελετικού συστήματος (Κρουσταλάκης, 1997). Ως αποτέλεσμα των νευρομυοσκελετικών δυσλειτουργιών έχουμε την εμφάνιση κινήσεων οι οποίες δυσχεραίνουν έως και καθιστούν αδύνατη την συμμετοχή στις καθημερινές σχολικές αλλά και εξωσχολικές δραστηριότητες. Παράλληλα παρατηρούνται έλλειψη κινήτρων για μάθηση, περιορισμένη κοινωνικοποίηση, χαμηλή αυτοεκτίμηση, έλλειψη ανάληψης πρωτοβουλιών, μαθησιακές δυσκολίες. Πρέπει να σημειωθεί ότι η σωματική δυσλειτουργία δεν έχει επιπτώσεις στη νοητική ικανότητα, ενώ λεκτικές δυσκολίες μπορεί να οφείλονται σε απώλεια του ελέγχου της αντίστοιχης κινητικότητας.

Όποια κι αν είναι η αιτία που στέρησε τις κινητικές εμπειρίες στα παιδιά αυτά, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι θα πρέπει να ακολουθηθεί ιδιαίτερη στρατηγική διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, μέσω της εξασφάλισης κατάλληλου περιβάλλοντος, του σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού και της χρήσης των νέων τεχνολογιών. Θα πρέπει να αντιμετωπιστεί η δυσκολία πρόσβασης τους στον χώρο του σχολείου, ο βραδύτερος ρυθμός προσαρμογής και εκτέλεσης μιας εργασίας σε σχέση με τα υπόλοιπα παιδιά, η εύκολη κόπωση και έλλειψη αυτοπεποίθησης. Θα πρέπει επίσης να βρεθεί ο βαθμός στον οποίο η δυσλειτουργία των άκρων επηρεάζει ή ακόμη και δεν επιτρέπει καθ' ολοκληρία την ανάπτυξη των δεξιοτήτων λεπτής κινητικότητας. Αν επομένως ο τελικός σκοπός μας είναι η ένταξη των παιδιών με κινητικά προβλήματα στο γενικό σχολείο, θα πρέπει να σχεδιάσουμε κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις προβλέποντας και τις απαραίτητες προσαρμογές στο σχολικό εργαστήριο όπου θα επιτρέψουν την επιτυχή παρακολούθηση των μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Keller 1994).

Στην παρούσα εργασία αναφερόμαστε στη διδασκαλία της Φυσικής σε μαθητές με κινητική δυσλειτουργία, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν σοβαρή νοητική καθυστέρηση ή άλλες διαταραχές σε βαθμό που να εμποδίζεται η εκπαίδευσή τους στο γενικό σχολείο. Άλλωστε, η κινητική αναπηρία δε σημαίνει αναγκαστικά και νοητική καθυστέρηση, διότι στις περιπτώσεις που επηρεάζεται μόνο η κινητικότητα, το άτομο διαθέτει όλες τις διανοητικές ικανότητες που διακρίνουν και τα χωρίς κινητικά προβλήματα άτομα. Η επιλογή ως στόχου να επιτευχθεί η ισότιμη συμμετοχή των παιδιών αυτών στα μαθήματα της Φυσικής προϋποθέτει την καλλιέργεια της παρατηρητικότητας, της κριτικής σκέψης και του ενδιαφέροντος για το περιβάλλον, τα φαινόμενα και τους νόμους του φυσικού κόσμου, την εμπέδωση εννοιών και γνώσεων, την ενδυνάμωση της αυτοπεποίθησής τους και την ευόδωση της αλληλεπίδρασης με τους συμμαθητές και τους δασκάλους τους.

Σχεδιασμός της διδασκαλίας

Βασική προϋπόθεση, για την επίτευξη του στόχου που τέθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, αποτελεί ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης, ο οποίος θα πρέπει να λάβει υπόψη τις κιναισθητικές εμπειρίες του παιδιού που προέρχονται συνήθως από ποικίλες πηγές (Brualdi 1996, Bernhard & Bernhard 1999) η οποία μπορεί να οδηγήσει στην κατάλληλη για την περίπτωση προσαρμογή της διδακτικής παρέμβασης. Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης κατάλληλα σχεδιασμένες διατάξεις (Domelen 1999) οι οποίες εξουδετερώνουν σε ένα βαθμό την δυσκολία, η εργασία σε ομάδες, η βιωματική προσέγγιση των διαφόρων φαινομένων και τέλος η καταλληλότητα από πλευράς υλικοτεχνικής δομής των χώρων διδασκαλίας και άσκησης (Keller 2002).

Η ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης της επίδοσης των παιδιών με κινητικά προβλήματα εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο της ανάπτυξης μεθόδων αξιολόγησης παιδιών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (Ginsburg & Golbeck 2004). Ειδικότερα, για την αξιολόγηση των μαθητών με κινητικά προβλήματα και την εκτίμηση του επιπέδου γνώσεων των μαθητών σε σχέση με τη δυσκολία που συναντούν κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων (Dobbins & De la Mare 1997),

προτείνεται η χρησιμοποίηση κάθε εναλλακτικού τρόπου υπό την απαραίτητη προϋπόθεση ότι δόθηκε ο απαραίτητος χρόνος για να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους (Keller 2002)

Η αναφορά τέλος σε επιτεύγματα επιστημόνων με κινητικά προβλήματα, τα οποία δεν τους εμπόδισαν να έχουν μία επιτυχημένη σταδιοδρομία, στην σχετική γνωστική περιοχή που διδάσκεται, μπορεί να αποτελέσει μία αποτελεσματική στρατηγική για να κινηθεί το ενδιαφέρον των παιδιών για τις επιστήμες και να τονωθεί η αυτοπεποίθησή τους (White 1992).

Προσαρμογές στο εργαστήριο

Η διδασκαλία της Φυσικής χαρακτηρίζεται εκτός των άλλων από την πειραματική μεθοδολογία της, η οποία επιτρέπει στα παιδιά να εξερευνήσουν το περιβάλλον τους και να αλληλεπιδράσουν άμεσα με αυτό. Η πρακτική και θεωρητική εργασία για την σχεδίαση και την διεξαγωγή του πειράματος προσφέρει εμπειρίες, αλλά και ικανοποίηση από την επιτυχημένη έκβασή του και την κατανόηση που την συνοδεύει, όπως αυτή προκύπτει από την σύνδεση της θεωρίας με την πράξη και συνακόλουθα με τον πραγματικό κόσμο (Lowenfeld 1974, Hofstein & Lunetta 2004).

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει αρχικά να υπερνικήσουν τις δυσκολίες πρόσβασης των μαθητών με κινητικά προβλήματα στις διάφορες δραστηριότητες και να τους εξασφαλίσουν την δυνατότητα να συμμετέχουν στις ομάδες εργασίας όπως και οι υπόλοιποι συμμαθητές τους (Kucera 1993, Miner et al 2001, Keller 2002).

Οι εφαρμογές της υποστηρικτικής τεχνολογίας (Μαρτάκος et al., 2002), όπως υπολογιστές, συσκευές προσομοίωσης κ.ά. μπορούν να διευκολύνουν τους μαθητές με κινητικά προβλήματα να συμμετέχουν στις πειραματικές διαδικασίες που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών. Επιπλέον οι μαθητές με κινητικά προβλήματα μπορεί να βοηθηθούν εφόσον τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων (Kucera 1993, Miner et al 2001, Keller 2002) λειτουργούν περισσότερο με ηλεκτρονικά και λιγότερο με μηχανικά μέσα, αποθηκεύονται σε μέρη του εργαστηρίου που είναι εύκολα προσβάσιμα, έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις όταν λειτουργούν χειροκίνητα και τέλος έχουν εξουδετερωθεί οι πιθανοί κίνδυνοι από την χρήση τους.

Βοηθά ιδιαίτερα ή εκ των προτέρων επίσκεψη στο εργαστήριο και η εξοικείωση με τα όργανα, τις συσκευές και τα βοηθήματα όπως επίσης και η επιλογή της θέσης εργασίας. Ολοκληρώνοντας σημαντικό είναι η λήψη μέτρων ασφαλείας όπως η πρόβλεψη του εργαστηριακού βοηθού που παρεμβαίνει επιβλέποντας και βοηθώντας όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση ατόμων με κινητικές δυσκολίες στην Φυσική

Η ένταξη των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία βοηθά στη διαμόρφωση ολοκληρωτικά νέων και καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων και βοηθά στην πρόταση καινοτόμων εκπαιδευτικών εργαλείων που χρησιμοποιούν τις ΝΤ μέσω των οποίων η διαδικασία της μάθησης γίνεται ενδιαφέρουσα και αποδοτική. Τα τελευταία χρόνια σε αυτή την κατεύθυνση έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα εκπαιδευτικών εφαρμογών που υποστηρίζουν την διαδικασία της μάθησης (Κουλαΐδής, 2007).

Τα σύγχρονα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην υποστήριξη της διδασκαλίας των ατόμων με κινητικές δυσκολίες είναι πολλά και ποικίλα (Δαδαμόγια, 2009). Αρχίζοντας από Η/Υ με ειδικές δυνατότητες, τροποποιημένα και ειδικά πληκτρολόγια, joysticks, touchpads, light pens, μηχανήματα αναγνώρισης φωνής, και σαρωτές, βιντεοκάμερες, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και διαδραστικούς πίνακες, φθάνει κανείς ως τα συστήματα μεικτής πραγματικότητας. Από πλευράς λογισμικού τα συστήματα προσομοιώσεων και μοντελοποίησης πειραμάτων, το λογισμικό πρακτικής εξάσκησης, τα εκπαιδευτικά παιχνίδια και οι ιστοσελίδες ειδικού τύπου είναι μερικά μόνο από όσα χρησιμοποιούνται.

Πέραν των χρησιμοποιουμένων εργαλείων η εφευρετικότητα και δημιουργικότητα του εκπαιδευτικού είναι ο άλλος απαραίτητος πόλος που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν μια αίσθηση αυτονομίας σε σχέση με την αναπηρία, τη δική τους ή των άλλων και

να προσεγγίσουν τη διαφορά με τρόπο θετικό. Αν θεωρούμε απαραίτητο να επιτύχουμε μία εκπαίδευση για όλους, βασισμένη στις αρχές της πλήρους συμμετοχής και ισότητας, η προσφορά των εργαλείων που δίνουν οι ΝΤ και ιδιαίτερα η βοήθεια των ΤΠΕ θεωρείται καταλυτική.

Σχεδιασμός και υλοποίηση ρομποτικού εργαστηρίου για την άσκηση μαθητών με κινητικές δυσκολίες

Ας φανταστούμε στην συνέχεια άτομα με κινητικές δυσκολίες τα οποία δεν έχουν την δυνατότητα, ακόμα και αν προσαρμόσουμε το εργαστήριο ή/και τα πειράματα μέσα σε αυτό, να συμμετάσχουν στην πειραματική διαδικασία[40]. Οι μαθητές αυτοί αδυνατούν να συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία και αυτό τους εμποδίζει να φθάσουν στη γνώση. Για να βοηθήσουμε μαθητές γυμνασίου και λυκείου από τέτοιες ευαίσθητες κοινωνικές ομάδες να συμμετέχουν ενεργά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, σχεδιάστηκε[41] (Fragakis et al., 2009a, 2009b, 2010, Tsavli, 2009a, 2009b, 2009c) ένα ρομποτικό εργαστήριο το οποίο έχει την δυνατότητα να αναγνωρίζει το προφίλ του χρήστη. Ο χρήστης του μπορεί να εκτελέσει πειράματα φυσικής επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία όσες φορές επιθυμεί ενώ με τη χρήση κατάλληλου βοηθητικού λογισμικού είναι σε θέση να έχει πλήρη στοιχεία για τα πειραματικά αποτελέσματα, όπως και τις απαραίτητες γραφικές παραστάσεις, μέσους όρους κ.λπ. Τα πειράματα αυτά αρχικά αφορούν την μηχανική και συνδέονται με τις τρέχουσες δυνατότητες του ρομποτικού εργαστηρίου. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε στάδια της σχεδίασης που έχουν υλοποιηθεί και άλλα που απομένουν.

Α. Στάδια που έχουν υλοποιηθεί

1. Το ρομποτικό εργαστήριο

Το ρομποτικό εργαστήριο αποτελείται από:

- ένα ρομποτικό μηχανισμό,
- έναν ειδικά χαρτογραφημένο χώρο για την διεξαγωγή των πειραμάτων,
- μια δεξαμενή με αντικείμενα που θα συμμετέχουν στο πείραμα,
- έναν κεντρικό υπολογιστή,
- κατάλληλο βοηθητικό λογισμικό και
- μια διεπαφή χρήστη, μέσω της οποίας ο χρήστης διαχειρίζεται τη διαδικασία διεξαγωγής του πειράματος.

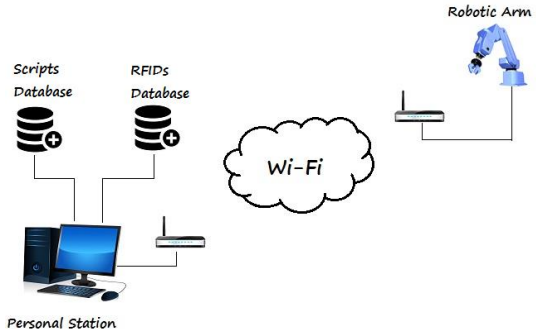
Ο μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι από τη σειρά της εκπαιδευτικής ρομποτικής της Lego Mindstorms. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν:

- Ο εξοπλισμός Lego Mindstorms NXT 2.0
- Συμπληρωματικά δομικά στοιχεία της Lego Mindstorms
- Ένας πολυπλέκτης για τους κινητήρες
- Ένα RFID Reader και τα RFIDs
- Αντικείμενα που συμμετέχουν στο πείραμα (δυναμόμετρο, ελατήριο κ.α.)
- Ένας υπολογιστής

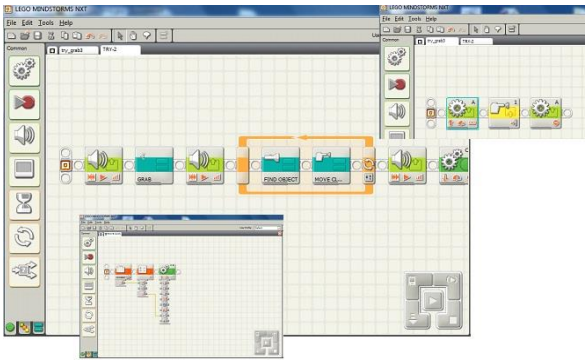
[40] Μιλάμε για άτομα με τέτοιου είδους κινητικές δυσκολίες όπου θα μπορούσαν ίσως να ενεργοποιήσουν αισθητήρες και μέσω αυτών τον Η/Υ αλλά γενικά είναι καθηλωμένα σε ακινησία και άλλες παρόμοιες περιπτώσεις.

[41] Για τις ανάγκες της σχεδίασης έγινε διεξοδική μελέτη σχετικά με τον τρόπο υλοποίησης και τους πόρους που θα χρησιμοποιηθούν. Η μελέτη περιλάμβανε αναζήτηση μηχανισμών, τεχνολογιών, πόρων, καθώς και οικονομικών δεδομένων ώστε το σύστημα να είναι δυνατό να υλοποιηθεί από αυτόν που θα ήθελε να το κατασκευάσει όπως πχ ένα ειδικό σχολείο ή κάποιον ιδιώτη. Επίσης, συζητήθηκε διεξοδικά το ελάχιστο επίπεδο λειτουργιών και υπηρεσιών που θα παρέχεται από το ολοκληρωμένο σύστημα.

Το Lego Mindstorms NXT 2.0 συνδέεται είτε μέσω USB, είτε μέσω Bluetooth με τον κεντρικό Η/Υ ελέγχου οπότε δεν υπάρχουν καλώδια να δυσχεραίνουν την κίνηση του ρομποτικού μηχανισμού.



Εικόνα 1. Το ρομποτικό εργαστήριο



Εικόνα 2. Ένα σενάριο πειράματος

Χρησιμοποιήθηκαν τρία μοτέρ για την κίνησή του, τα δύο στους τροχούς που το κινούν στο επίπεδο και το τρίτο χρησιμοποιήθηκε για κίνηση σε ύψος και για να ανοιγοκλείνει τον βραχίονα. Ο ρομποτικός βραχίονας έχει δυνατότητα να ανοίγει αρκετά ώστε να μπορεί να πιάνει ογκώδη αντικείμενα. Έχει τέσσερις βαθμούς ελευθερίας: μπρος-πίσω, δεξιά-αριστερά, ανύψωση του βραχίονα πάνω-κάτω και άνοιγμα-κλείσιμο της χειρολαβής. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετακινεί τον ρομποτικό μηχανισμό είτε μέσω κάποιας διεπαφής χρήστη (joystick, touchpad κ.α.), είτε μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επιλέγει τα αντικείμενα που θέλει να συμμετέχουν στο πείραμα, ελέγχει τον ρομποτικό μηχανισμό και εκτελεί το πείραμα.

2. Η βάση Δεδομένων

Παράλληλα έχει δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων η οποία περιέχει αποθηκευμένα σενάρια πειραμάτων. Στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να εκτελέσει ένα πείραμα με αυτοματοποιημένο τρόπο θα πρέπει να ανασύρει το σενάριο του πειράματος από την ειδική βάση δεδομένων. Κατά την εκτέλεση, ελέγχονται τα αντικείμενα που συμμετέχουν στο πείραμα, ο ρομποτικός μηχανισμός τα πλησιάζει και τα τοποθετεί κατάλληλα και ξεκινάει το πείραμα. Μετά την εκτέλεση του πειράματος ο ρομποτικός μηχανισμός επιστρέφει όλα τα αντικείμενα που συμμετείχαν στο πείραμα στη δεξαμενή από την οποία τα πήρε.

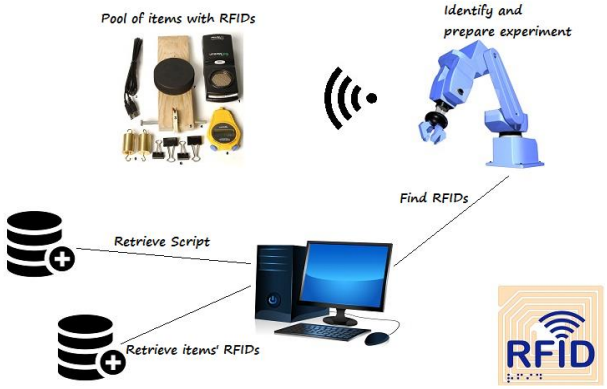
Σε περίπτωση που ο χρήστης είναι εξοικειωμένος με τον προγραμματισμό στο βοηθητικό λογισμικό μπορεί να δημιουργήσει από το μηδέν το δικό του πείραμα και να το εκτελέσει είτε αυτόματα (στήσιμο του πειράματος και εκτέλεση) είτε χειροκίνητα (βήμα προς βήμα). Το προγραμματιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται είναι το NXT-G (NeXT Generation) και περιλαμβάνει δυνατότητες άμεσης επικοινωνίας - ασύρματης και ενσύρματης - με τον ρομποτικό μηχανισμό.

Β. Στάδια σε εξέλιξη

Ένα από τα στάδια που απομένουν για ολοκλήρωση είναι η δημιουργία μιας νέας, βελτιστοποιημένης γλώσσας προγραμματισμού, η οποία θα αποτελείται από block εντολών, ώστε οποιοσδήποτε χρήστης να μπορεί να προγραμματίσει εκ νέου ένα πείραμα. Στα στάδια αυτά επίσης ανήκουν: η χρήση RFID λειτουργικοτήτων ώστε να εντοπίζονται από απόσταση τα αντικείμενα που θα συμμετέχουν στο πείραμα, η ανάπτυξη ειδικού λογισμικού το οποίο θα

επεξεργάζεται τα πειραματικά αποτελέσματα και θα εξάγει στατιστικά στοιχεία και γραφικές παραστάσεις, και η εφαρμογή του ολοκληρωμένου ρομποτικού συστήματος σε σχολεία ειδικής αγωγής και καταγραφή αποτελεσμάτων για την παρούσα έρευνα.

Ειδικά όσον αφορά στο τελευταίο στάδιο, το ρομποτικό εργαστήριο πρόκειται να στηθεί σε ένα ειδικό σχολείο όπου οι μαθητές που θα το χρησιμοποιήσουν θα συμπληρώσουν ερωτηματολόγια πριν και μετά τη χρήση του ρομποτικού μηχανισμού. Τα ερωτηματολόγια αυτά θα δώσουν πληροφορίες αναφορικά με το μαθησιακό τους προφίλ τους, τις αρχικές ιδέες τους για τις φυσικές έννοιες που αναφέρονται στο υπό εκτέλεση πείραμα, τις γνώσεις που απέκτησαν μετά τον πειραματισμό, όπως επίσης και το αν αυξήθηκε το ενδιαφέρον τους, και το κατά πόσο έμειναν ικανοποιημένοι από τη χρήση του ρομποτικού εργαστηρίου. Ένα παρόμοιο ερωτηματολόγιο θα πρέπει να συμπληρώσει και ο εκπαιδευτικός που θα εργαστεί μαζί με τους μαθητές.



Εικόνα 3. Αναγνώριση των αντικειμένων μέσω RFIDs

Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των ερωτηματολογίων θα δώσει τις κατάλληλες διορθώσεις των προβλημάτων που θα παρουσιαστούν στην πράξη όπως και τις μεταβολές και τροποποιήσεις του συστήματος στην κατεύθυνση της βελτιστοποίησής του. Μέσα από αυτή την διαδικασία οι υπάρχουσες λειτουργικότητες θα βελτιωθούν και νέες λειτουργικότητες περισσότερο καινοτόμες και αποδοτικές θα προστεθούν. Παράλληλα στο χώρο του Πανεπιστημίου, και ειδικότερα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής θα στηθεί ένα ρομποτικό εργαστήριο. Αναλυτικότερα η εφαρμογή θα είναι εγκατεστημένη σε έναν κεντρικό server, στον οποίο οι χρήστες θα μπορούν να συνδέονται εξ αποστάσεως, να ανασύρουν το προσωπικό τους προφίλ και να τρέχουν το πρόγραμμα εξασφαλίζοντας επέκταση των λειτουργιών του συστήματος για χρήση από απόσταση (remote control) και διεξαγωγή πειραμάτων in vitro. Επιπρόσθετα οδηγίες κατασκευής του συστήματος θα αναρτηθούν στην ιστοσελίδα του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής, για όσους επιθυμούν να προμηθευτούν τον εξοπλισμό και να υλοποιήσουν το εργαστήριο στο χώρο τους.

Συμπεράσματα

Οι ανάγκες για συμμετοχή των ατόμων με κινητικές δυσκολίες στις διαδικασίες που οδηγούν στην κατάκτηση της γνώσης και η άρση του αποκλεισμού τους από δραστηριότητες που είναι δεδομένες για την πλειοψηφία των μαθητών (πειραματικές δραστηριότητες) οδήγησαν στο σχεδιασμό και την μερική υλοποίηση ενός ρομποτικού εργαστηρίου, μέσω του οποίου μπορούν να πειραματιστούν αποκτώντας πρόσβαση σε ένα «προσωπικό εργαστήριο φυσικής» και νιώθοντας λιγότερο αποκλεισμένοι λόγω της αναπηρίας τους. Το ρομποτικό εργαστήριο που περιγράφεται υποστηρίζει τη διδασκαλία της Φυσικής μέσω της διενέργειας πειραμάτων και της λήψης και ανάλυσης των πειραματικών αποτελεσμάτων με τρόπο αυτοματοποιημένο και επιβοηθούμενο από ένα ρομποτικό βραχίονα ώστε ο μαθητής να υπερνικά την σωματική του δυσλειτουργία και να συγκεντρώνεται στην κριτική μελέτη των αποτελεσμάτων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι τόσο η παροχή πρόσβασης σε ρομποτικό εργαστήριο από απόσταση όσο και γενικότερα η παροχή πρόσβασης σε μαθησιακό υλικό από απόσταση και η

υλοποίηση των πειραμάτων που είναι ενσωματωμένα στην βάση του δεν συνεπάγονται αυτόματα μαθησιακά οφέλη. Για να προκύψουν μαθησιακά οφέλη θα πρέπει τα πειράματα που μπορούν να εκτελεστούν, και στην παρούσα φάση καλύπτουν θέματα μηχανικής (νόμος του Hooke, άνωση, κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, κρούσεις κ.ά.), να ενσωματωθούν στο κατάλληλο διδακτικό σενάριο το οποίο ετοιμάζει ο διδάσκων του μαθήματος σε συνεργασία με τον ειδικό παιδαγωγό. Το σενάριο αυτό με την σειρά του στηρίζεται στην επιλεγμένη διδακτική προσέγγιση (ανακαλυπτική εποικοδομητική κ.ά) και περιλαμβάνει τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθεί το πείραμα όσα και άλλες δραστηριότητες και μαθησιακά έργα κατάλληλα για την διδακτική περίσταση και τον επιλεγέντα μαθητή.

Μερικά πλεονεκτήματα του ρομποτικού εργαστηρίου όπως προκύπτει από μια πρώτη πιλοτική χρήση του από μαθητές οι οποίοι το χρησιμοποίησαν στην παρούσα υλοποιημένη μορφή του και συζήτησαν με τους ερευνητές δείχνει ότι:

- Οι μαθητές παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για μάθηση και αναπτύσσουν περισσότερο την κριτική τους σκέψη,
- Έχουν την αίσθηση ότι «εκτέλεσαν το πείραμα» όπως και οι υπόλοιποι μαθητές,
- Οι μαθητές με κινητικές δυσκολίες συμμετέχουν ενεργά χωρίς να αισθάνονται ότι μειονεκτούν έναντι των υπολοίπων μαθητών,
- Οι μαθητές με κινητικές δυσκολίες εξοικειώνονται εύκολα και γρήγορα με την χρήση των ΝΤ και αισθάνονται ικανοποίηση.

Βιβλιογραφία

Δαδαμόγια, Θ. (2009). «Η αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στην εκπαίδευση και την ένταξη των παιδιών με Κινητικές Αναπηρίες στο σχολικό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον», 5ο Συνέδριο ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, Σύρος.

Κουλαΐδής, Β. (2007). Επιμέλεια «Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις για την Ανάπτυξη της Κριτικής και Δημιουργικής Σκέψης για τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση», ΟΕΠΕΚ, Αθήνα.

Κρουσταλάκης, Γ. (1997). Παιδιά με ιδιαίτερες ανάγκες. Στην οικογένεια και το σχολείο. Ψυχοπαιδαγωγική παρέμβαση. Αθήνα.

Μαρτάκος, Δ., Τριανταφύλλου, Σ., Χαρίτος, Δ., Οικονόμου, Β. & Βούλγαρη, Α. (2002). Εφαρμογές Υποστηρικτικής Τεχνολογίας. Ανακοίνωση στο 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση. Ελληνική Επιστημονική Ένωση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση. Πανεπιστήμιο Αιγαίου: Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής. www.rhodes.aegean.gr/LTEE/ETPE-2002/greek/tutorial1.htm. Τελευταία πρόσβαση στις 23-1-2008.

Παντελιάδης Χρ. & Συρίγου-Παπαβασιλείου Α. (2002). Εγκεφαλική Παράλυση. Σύγχρονη Παρέμβαση. Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Πιαζέ, Ζ. (1972). Επιστημολογία των Παιδιών του Ανθρώπου. Ράππα, Αθήνα.

Τσαπακίδου, Α., (1997). Κινητικές Δεξιότητες. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Τσιαντζή, Μ. (1992). Διδακτική Μεθοδολογία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Bernhard, K. & Bernhard, J. (1999). Mechanics in a Wheelchair. Physics Teacher, 37(9), 555-556.

Brualdi, A.C. (1996). Multiple Intelligences: Gardner's Theory. Education Resources Information Center (ED410226).

Dobbins, A. & De la Mare, T.J. (1997). Η μέτρηση της ακαδημαϊκής προόδου των μαθητών με ειδικές ανάγκες που φοιτούν σε γενικά σχολεία: ένα δύσκολο πρόβλημα. Στο ανθολόγιο: Τάφα, Ε., (Επιμέλεια έκδοσης), Συνεκπαίδευση παιδιών με και χωρίς προβλήματα μάθησης και συμπεριφοράς. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Domelen, Van, D.J. (1999). Artificial Right-Hand Rule Device. Physics Teacher, 37(8), 500-501.

Fragakis J., Kopsidas S., Tsavli M., Zisiadis D., Vavougios D.. (2009)a. "New Trends in Physics Education: Performing Experiments in a Robotic Laboratory", In Proceedings of the 6th

International Conference "New Horizons in Industry, Business and Education" (NHIBE09), Santorini, Greece.

Fragakis J., Kopsidas S., Tsavli M., Zisiadis D., Vavougios D., Karagiannidis C. and Tassiulas L. (2009)b. "Teaching Physics to Individuals with Kinetic Disabilities Using Robotics: A-State-of-the-Art", In Proceedings of the International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN09), Barcelona, Spain.

Fragakis J., Tsavli M., Kopsidas S., Zisiadis D., Vavougios D. (2010). "Using Technology to Measure Experimental Results in a Physics Robotic Laboratory: A State-Of-The-Art", International Technology, Education and Development Conference (INTED2010), Valencia, Spain.

Ginsburg, H. & Golbeck, S. (2004). Thoughts on the Future of Research on Mathematics and Science Learning and Education. Early Childhood Research Quarterly, 19(1), 190-200.

Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88(1), 28-54.

Kamil, C. & Devries, Rh. (1978). Η θεωρία του Jean Piaget και η προσχολική αγωγή. Μετάφραση Ε. Βασιλειάδου, Δίπτυχο, Αθήνα.

Keller, E. (1994). Science Education for Motor/Orthopedically Impaired Students. In conference proceedings A Futures Agenda: Proceedings of a Working Conference on Science for Persons with Disabilities. Kansas City, Missouri, 11-48.

Keller, E. (2002). Tips for Science Teachers Having Students with Disabilities. West Virginia University.

Kucera, T., (1993). Teaching Chemistry to Students with Disabilities. Third Edition. Education Resources Information Center (ED 383131).

Lowenfeld, B. (1974). The Visually Handicapped Child in School. Constable, London.

Miner, D. L., Nieman, R., Swanson, A.B. & Woods M. (eds.) (2001). Teaching Chemistry to Students with Disabilities: A Manual for High Schools, Colleges, and Graduate Programs. 4th Edition, American Chemical Society Committee on Chemists with Disabilities, The American Chemical Society.

Tsavli M., Fragakis J., Kopsidas S., Zisiadis D., Vavougios D. (2009)a. "Integrated ICT System for Teaching Physical Sciences in a Robotic Laboratory", International Journal on Emerging Technologies in Learning.

Tsavli M., Kopsidas S., Fragakis J., Zisiadis D., Vavougios D., Karagiannidis C. and Tassiulas L. (2009)b. "Automating the Preparation and the Execution of Physics Experiments in a Robotic Laboratory" , In Proceedings of the International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN09), Barcelona, Spain.

Tsavli M., Kopsidas S., Fragakis J., Zisiadis D., Vavougios D., Karagiannidis C. and Tassiulas L. (2009)c. "Embedding Remote Control Functionalities into a Robotic Physics Laboratory", In Proceedings of the International Conference on ICT in Teaching and Learning (ICT2009), Hong Kong.

White, P.E. (1992). Women and Minorities in Science and Engineering: An Update. Education Resources Information Center (ED359034).

Wickstrom, R.L. (1977) Fundamental Motor Pattterns. Philadelphia: Lea and Febiger.

Ειδική Συνεδρία 23: Διδασκαλία κα μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

Προσεγγίζοντας επαναστατικές θεωρίες της Φυσικής με εννοιολογική χαρτογράφηση σε υπολογιστικό περιβάλλον

Κυριακή Τσιλίκα και Σουλτάνα Μάνεση
Λέκτορας με το Π.Δ. 407/80 Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ktsilika@uth.gr
Νηπιαγωγός, Med, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια στο Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου,
taniakourou@gmail.com

Περίληψη

Η θεωρία της κοσμογένεσης αν και απασχολεί το σύνολο των ανθρώπων, δε διδάσκεται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση λόγω της πολυπλοκότητάς της. Η επιστημονική εξήγηση της συμπαντικής δημιουργίας είναι προνόμιο λίγων ειδικοτήτων επιστημόνων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα επιστημονικά επιτεύγματα του 20ου αιώνα στη Φυσική μέσα από ένα καινούργιο εργαλείο ΤΠΕ, την εννοιολογική χαρτογράφηση σε Η/Υ. Ο εννοιολογικός χάρτης που παρουσιάζεται, συνοψίζει με απλό τρόπο τα νέα δεδομένα της Φυσικής και εξηγεί με υποστηρικτικό πολυμεσικό υλικό, τις θεωρίες που απελευθέρωσαν τη Φυσική από την αιτιοκρατική αντίληψη και θεμελίωσαν επιστημονικά το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης. Ο εννοιολογικός χάρτης κατασκευάστηκε στο περιβάλλον του ελεύθερου λογισμικού IHMC Cmap Tools, συνδυάζοντας αρχεία κειμένου, ήχου, εικόνας καθώς και υπερσυνδέσμους. Η όλη προσέγγιση προτείνεται για διδακτική αξιοποίηση στο μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και ως εργαλείο παρουσίασης σύνθετων επιστημονικών θεωριών σε κοινό με γνώσεις Φυσικής Λυκείου.

Abstract

The theory of cosmogenesis is not included in Physics' curriculum in Greek secondary education. The scientific explanation of the creation of the universe is known to few categories of scientists. In this work, the theoretical framework that changed the deterministic view of the classical theories is presented, through a new tool of Information Technology in Education, concept mapping with computer software. By means of a concept map, we present scientific knowledge of the 20th century in the fields of Physics, using graphical representation, text and, internet resources. Thus, the theories that established the Bing Bang model are explained with simplicity and through a didactical innovation. They are made using software IHMC Cmap Tools, combining different types of (external) files, multimedia and hyperlinks.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία έχει στόχο να σκιαγραφήσει τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της εννοιολογικής χαρτογράφησης καθώς και τα πλεονεκτήματα της χρήσης εννοιολογικών χαρτών στον χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Με την υλοποίηση συγκεκριμένου διδακτικού παραδείγματος-εφαρμογής σχετικά με την δημιουργία του Σύμπαντος σε λογισμικό πρόγραμμα εννοιολογικής χαρτογράφησης, επιδιώκεται να αναδειχθεί ο τρόπος, με τον οποίο η οπτική απεικόνιση δύναται να καταστήσει την απόδοση των κεντρικών θεωριών που εξηγούν το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης. Η κβαντομηχανική, η θεωρία της σχετικότητας, τα νέα δεδομένα για τη δομή της ύλης, παρουσιάζονται μέσα από έναν εννοιολογικό χάρτη.

Ορισμός και διδακτική αξιοποίηση της εννοιολογικής χαρτογράφησης

Οι εννοιολογικοί χάρτες (concept maps) ανήκουν στους γραφικούς οργανωτές (graphic organizers) (Fisher 1995), και αποτελούν ένα σαφές μέσο αναπαράστασης δεδομένων και πληροφοριών με τρόπο που είναι οπτικά ενδιαφέρων και κατανοητός (Σοφός & Λιάπη 2009). Πορίσματα ερευνητικών προσπαθειών καταδεικνύουν ότι οι εννοιολογικοί χάρτες αποτελούν εργαλεία μάθησης με πολύπλευρη χρηστικότητα αλλά και εξαιρετικά μεταγνωστικά εργαλεία

ενεργούς και αποτελεσματικότερης μάθησης: βοηθούν εκπαιδευτικούς και μαθητές να αναγνωρίσουν και να αναπαραστήσουν εικονικά τις απόψεις και γνώσεις τους, να διακρίνουν και να περιγράψουν σχέσεις και συνδέσεις ανάμεσα σε ιδέες και έννοιες, ενώ παράλληλα παρέχουν ένα οπτικό μέσο επικοινωνίας, κατανόησης και αξιολόγησης της μαθησιακής δράσης, υποστηρίζοντας τους μαθητές να αναπτύξουν υψηλές γνωστικές δεξιότητες ανάλυσης, κατηγοριοποίησης και σύνθεσης (Fisher 1995).

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές του εποικοδομισμού, ο τρόπος οργάνωσης της γνώσης σε γνωστικά σχήματα ή γνωστικές δομές αποτελεί συστατικό στοιχείο για την καλύτερη και ευκολότερη κατανόηση των εννοιών. Ως εκ τούτου, η οπτική αναπαράσταση φαίνεται να έχει διπλό όφελος: α) βοηθά τον εκπαιδευτικό να οργανώσει, να συνθέσει και να συνδέσει βασικά στοιχεία μια έννοιας, και β) υποστηρίζει τους μαθητές στην αποτελεσματικότερη πρόσληψη και οργάνωση της γνώσης (Yin & Shavelson 2008). Με την γραφική απεικόνιση μιας ιδέας, έννοιας ή θεωρίας σε τρία συστατικά μέρη – έννοια, συνδετική λέξη/κόμβος, έννοια – ο μαθητής αντιλαμβάνεται την ύπαρξη της συνδετικής λέξης ως μια οντότητα που μεταφέρει κάθε φορά ένα μοναδικό μήνυμα (Cassata-Widera 2008), λειτουργώντας ως συνδετικός κρίκος για την δημιουργία νοηματικών-λογικών συνδέσεων και επιτρέποντας παράλληλα τον έλεγχο της σχέσης «αιτίου-αιτιατού». Η εννοιολογική χαρτογράφηση ως στρατηγική διδασκαλίας στον χώρο της εκπαίδευσης παρουσιάζεται και αναπτύσσεται στις αρχές της δεκαετίας του '80 από τον J.D.Novak και στοχεύει πρωτίστως στη δημιουργία νοήματος με την οικοδόμηση σαφών συνδέσεων μεταξύ των ιδεών (Σοφός & Λιάπη 2009). Πρόκειται επί της ουσίας για ένα σημασιολογικό δίκτυο, το οποίο αποτελείται από κόμβους (όρους ή έννοιες), συνδετικές γραμμές (κατευθυντικούς συνδέσμους) και συνδετικές φράσεις που περιγράφουν την σχέση ανάμεσα στους κόμβους, ενώ ο τρόπος σύνδεσης και η διάταξη των εννοιών καθορίζουν την ιεραρχική ή μη ιεραρχική δομή του χάρτη (Yin & Shavelson 2008).

Η αξιοποίηση των εννοιολογικών χαρτών στην εκπαιδευτική πράξη στηρίχθηκε στο θεωρητικό πλαίσιο των εποικοδομητικών μαθησιακών θεωριών και πιο συγκεκριμένα στις βασικές αρχές της νοηματικής-προσληπτικής μάθησης του Ausubel (Safdar et al. 2012). Κεντρική θέση στη θεωρία του Ausubel κατέχει η έννοια του προκαταβολικού οργανωτή (advance organizer) και της υπαγωγής (subsumption): ο προκαταβολικός οργανωτής είναι μια γνωστική στρατηγική που λειτουργεί ως «γέφυρα ανάμεσα σε αυτό που ήδη γνωρίζει ο μαθητευόμενος και στη γνώση που χρειάζεται να αποκτηθεί πριν την υλοποίηση μιας εκπαιδευτικής δράσης» (Mohammadi, Moenikiab & Zahed-Babelanc 2010:4668). Σύμφωνα με τις βασικές αρχές της θεωρίας του Ausubel, τα πεδία των πληροφοριών που προσλαμβάνει ένας μαθητής οργανώνονται με τις γενικότερες έννοιες στην κορυφή και τις πιο συγκεκριμένες υπαγόμενες σε αυτές (Γεωργίου 2009), ενώ η νέα γνώση, για να λάβει νόημα και να ενταχθεί οργανικά στην μακροπρόθεσμη μνήμη, θα πρέπει να ενσωματωθεί στις προϋπάρχουσες γνωστικές δομές (Schwartz et al. 1998).

Ως εκ τούτου, για να διαμορφωθεί το νοητικό οικοδόμημα, πάνω στο οποίο θα στηριχθεί η νέα γνώση, επιτελούνται δύο πολύ σημαντικές διαδικασίες-λειτουργίες: α) η προοδευτική διαφοροποίηση (progressive differentiation) των γενικών εννοιών σε ειδικότερες και λεπτομερέστερες έννοιες, και β) η οργανική ένταξη ή ενσωμάτωση (integrative reconciliation), κατά την οποία η νέα γνώση, με την ενεργό συμμετοχή και συνεργασία του μαθητή και μέσα από νοηματικές συσχετίσεις, συνδέεται με τα γνωστικά αντικείμενα που έχουν ήδη διδαχθεί (Daley, Cañas & Stark-Schweitzer 2007). Αν και η τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης δημιουργήθηκε αρχικά χρησιμοποιώντας χαρτί και μολύβι, τα τελευταία χρόνια η χρήση σύγχρονων εκπαιδευτικών λογισμικών εννοιολογικής χαρτογράφησης, με κυριότερα τα λογισμικά *Inspiration* για τις μικρότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες, και *Cmap Tools* για τους μεγαλύτερους ηλικιακά μαθητές, επιτρέπει στους μαθητές και στους εκπαιδευτικούς να αναδιατάξουν, να τονίσουν χρωματικά, να προσθέσουν ή να αφαιρέσουν κεντρικές έννοιες (κόμβους) ή συνδέσμους με μεγάλη ευκολία και ταχύτητα (Hilbert & Renkl 2009).

Τα λογισμικά προγράμματα εννοιολογικής χαρτογράφησης στο πλαίσιο της δυναμικής εισαγωγής των Νέων Τεχνολογιών στον χώρο της εκπαίδευσης φαίνεται να «συμβάλλουν

καταλυτικά στην καλλιέργεια μιας νέας παιδαγωγικής αντίληψης, προωθώντας νέους ενεργητικούς και βιωματικούς τρόπους πρόσληψης της γνώσης». Πιο συγκεκριμένα, μέσα στο πλαίσιο της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας, οι μαθητές μπορούν να συνεργαστούν, να ανταλλάξουν απόψεις σχετικά με μια έννοια ή κεντρική ιδέα, να αναπαραστήσουν με εικόνες ή λέξεις τις ιδέες τους και να τις οργανώσουν, δημιουργώντας από κοινού τον δικό τους εννοιολογικό χάρτη που θα είναι αποτέλεσμα συνεργασίας και κοινής προσπάθειας (Correia, Infante-Malachias & Godoy 2008, Haugwitz, Nesbit & Sandmann 2010).

Είναι, επομένως, σημαντικό ο εννοιολογικός χάρτης να αντανακλά τον τρόπο που σκέφτονται οι μαθητές και τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών, δίνοντάς τους παράλληλα την ευκαιρία να διορθώσουν πιθανές εσφαλμένες εκτιμήσεις (Scagnelli 2002). Όταν ο εννοιολογικός χάρτης σχεδιάζεται και παίρνει την τελική του μορφή λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρίες, τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των μαθητών, τότε δύναται να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην κατάκτηση της «μάθησης με νόημα» (Σοφός & Λιάπη 2009), της ουσιαστικής, δηλαδή, μάθησης σε αντιδιαστολή με την μηχανιστική μάθηση μέσω στείρας απομνημόνευσης. Επιπλέον, με δεδομένο ότι η τεχνολογία από μόνη της δεν εξυπηρετεί κάποιο συγκεκριμένο παιδαγωγικό στόχο (Tsitouridou & Vryzas 2004, στο Μπέτση & Μάνεση 2012), η εννοιολογική χαρτογράφηση αποτελεί εξαιρετικό εκπαιδευτικό εργαλείο δημιουργικού συνδυασμού των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) με την εκπαιδευτική δράση.

Η εννοιολογική χαρτογράφηση στις Φυσικές Επιστήμες

Όπως αποδεικνύεται στη σχετική βιβλιογραφία, οι εννοιολογικοί χάρτες είναι ένα διδακτικά αποδοτικό και καθιερωμένο εργαλείο για παρουσιάσεις εννοιών ή συνδέσεις μεταξύ εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Novak 1990, Pankratius 1990, Hegarty-Hazel, Prosser & Prosser 1991, Van Zele, Lenaerts & Wieme 2004, İngeç 2009, Karakuyu 2010, Stoica, Moraru & Miron, 2011).

Οι μαθητές διδάσκονται στο Λύκειο τις ενότητες της δομής της ύλης, της Κβαντομηχανικής και της θεωρίας της Σχετικότητας, χωρίς ωστόσο να έχουν συνδυάσει τις θεωρίες αυτές για την εξήγηση της κοσμογένεσης. Με το σχέδιο εννοιολογικού χάρτη που προτείνουμε, παρουσιάζουμε αφενός μια βάση για την εννοιολογική χαρτογράφηση της κάθε θεωρίας ξεχωριστά, αλλά κυρίως, αποδίδουμε τη δομή του κοσμολογικού μοντέλου για τη δημιουργία και την εξέλιξη του σύμπαντος με βάση αυτές τις θεωρίες.

Οι επιμέρους «φωλιασμένοι κόμβοι», δηλαδή οι ομάδες εννοιών που δημιουργούμε, μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά ως εποπτικό εργαλείο για την συνολική παρουσίαση της αντίστοιχης θεωρίας μετά τη διδασκαλία της με τον παραδοσιακό τρόπο (διδακτικά σενάρια και προτεινόμενες δραστηριότητες με εννοιολογικούς χάρτες στις φυσικές επιστήμες μπορούν να αναζητηθούν σε Αντωνίου & Καλογερία 2008, Nousiainen & Koponen 2010, Nousiainen 2012, Mistades 2009, Pankratius & Keith 1987, Κουφού 2011). Ο κάθε φωλιασμένος κόμβος αποτελεί έναν (ενδεικτικό) εννοιολογικό χάρτη της αντίστοιχης θεωρίας της Φυσικής. Ο πλήρης εννοιολογικός χάρτης εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο οι θεωρίες αυτές συντελούν στο κοσμολογικό μοντέλο της δημιουργίας και της εξέλιξης του σύμπαντος. Δεδομένου ότι το καίριο ερώτημα της κοσμογένεσης και προφανώς και η επιστημονική απάντησή του δεν έχει συμπεριληφθεί στην ύλη της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, μια τέτοιου είδους προσέγγιση θα μπορούσε να δώσει επιστημονικά ορθές και προσιτές απαντήσεις σε αναζητήσεις σχετικά με τη σημασία και επιστημονική αξιοποίηση των θεωριών που χαρακτηρίστηκαν/καθιερώθηκαν ως επαναστατικές στην ιστορία των Ιδεών της Φυσικής.

Η οπτική αναπαράσταση μπορεί να γίνει με τεχνολογίες προβολής στην τάξη ή με εγκατάσταση του IHMC Cmap Tools στο σχολικό εργαστήριο Η/Υ και διάθεση του αρχείου με τον εννοιολογικό χάρτη στο τοπικό δίκτυο υπολογιστών. Το υπολογιστικό περιβάλλον που προτείνουμε υπερέχει σε σχέση με άλλα λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης ως προς τα εξής σημεία: 1) είναι ένα ελεύθερο λογισμικό, διαθέσιμο δωρεάν στο διαδίκτυο, 2) είναι φιλικό στη χρήση από μαθητές και από καθηγητές, 3) είναι ελκυστικό στους μαθητές λόγω των διαδραστικών δυνατοτήτων του και της δυνατότητας δημιουργίας χαρτών με εικόνες,

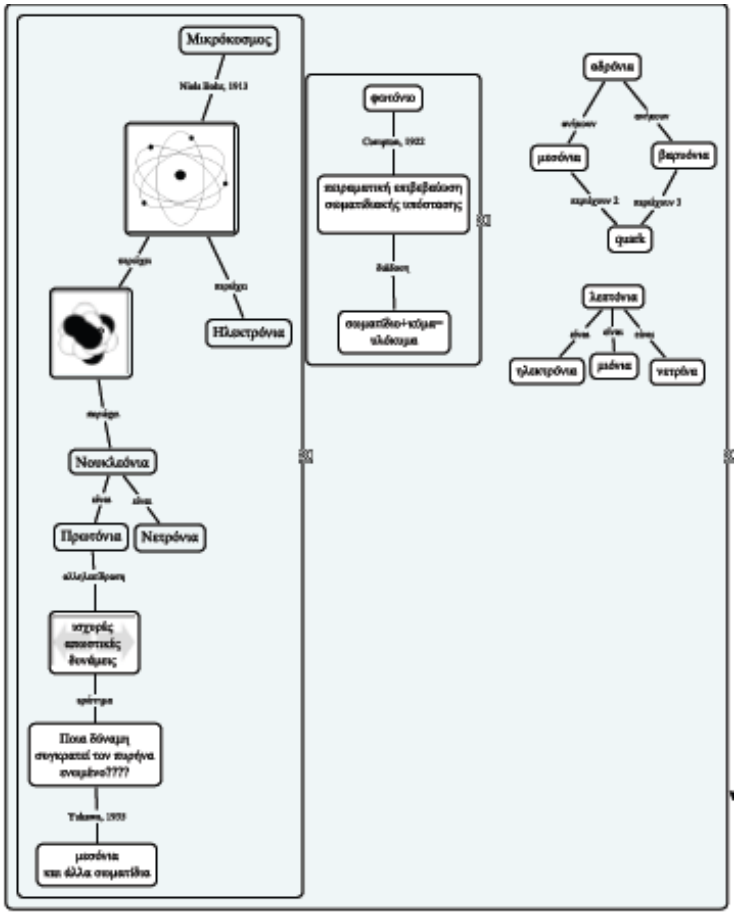
χρώματα, υπερσυνδέσμους, ήχους, βίντεο, 4) έχει δυνατότητες εισαγωγής αρχείων ποικίλης προέλευσης για την πληρέστερη απόδοση του θέματος, 5) παρέχει καλή διαχείριση μεγάλων σε έκταση εννοιολογικών χαρτών καθώς διαθέτει ειδικό παράθυρο «πλοήγησης» 6) τα προϊόντα του IHMC Cmap Tools εξάγονται σε διάφορες μορφές αρχείων (αρχείο εικόνας, pdf, postscript, ιστοσελίδα, αρχείο CXL, XTM/XCM, IVML, LifeMap, SVG κ.λ.π.)

Οι επαναστατικές θεωρίες της Φυσικής του 20ου αιώνα με εννοιολογικούς χάρτες[42]

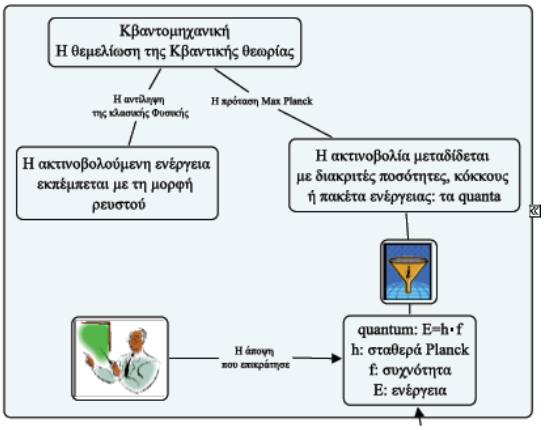
Ο 20ος αιώνας σημαδεύτηκε από την εμφάνιση δύο σπουδαίων επιστημονικών θεωριών, της Κβαντομηχανικής και της Σχετικότητας, οι οποίες άλλαξαν πολλά από τα δεδομένα της Φυσικής. Μετέβαλαν ριζικά την άποψή μας για το χώρο, το χρόνο, την ύλη και την ενέργεια αλλά και την ίδια την πραγματικότητα, όπως την αντιλαμβανόμασταν έως τότε. Η Κβαντομηχανική είναι η θεωρία του μικρόκοσμου. Μας έκανε γνωστή τη δομή του Ατόμου και τον τρόπο λειτουργίας του. Μας αποκάλυψε πλήθος υποατομικών σωματιδίων και τον τρόπο αλληλεπίδρασης αυτών. Έδωσε άλλη εικόνα απ' αυτή που είχαμε για την παραγωγή, τη μεταφορά και την απορρόφηση της ενέργειας, καθιερώνοντας νέες έννοιες, όπως φωτόνια, quanta, υλοκύματα.

Η θεωρία της Σχετικότητας, το επιστημονικό επίτευγμα του Einstein, επεκτείνει την εικόνα που έχει ο άνθρωπος για τον κόσμο και το σύμπαν. Με τους δύο κλάδους της, την ειδική θεωρία και τη γενική θεωρία, ανέτρεψε παγιωμένες απόψεις για τις βασικές έννοιες της Φυσικής. Η μάζα και η ενέργεια, για τη Σχετικότητα, αποτελούν μία οντότητα η οποία εμφανίζεται με τις δύο μορφές της. Η μετατροπή της μάζας σε ενέργεια δεν είναι μόνο θεωρητικό κατασκεύασμα της Σχετικότητας αλλά πραγματικότητα που βρίσκει σήμερα εφαρμογή στα πυρηνικά εργοστάσια. Ο «απόλυτος χώρος που μένει πάντα όμοιος και ακίνητος και ο απόλυτος χρόνος που ρέει ομαλά και ανεξάρτητα από οποιοδήποτε εξωτερικό αίτιο» κατά το Νεύτωνα, δεν ισχύουν στη θεωρία της Σχετικότητας. Ο χώρος και ο χρόνος είναι ενιαίος και αποτελεί το χωρόχρονο. Η παρουσία μάζας «παραμορφώνει» το χωρόχρονο. Για παράδειγμα, γύρω από τη γη ή τον ήλιο ο χωρόχρονος είναι καμπυλωμένος και στην καμπυλότητα αυτή οφείλονται οι κινήσεις των σωμάτων και όχι στη βαρυτική έλξη που ασκούν η Γη ή ο Ήλιος, σύμφωνα με τη θεωρία του Νεύτωνα.

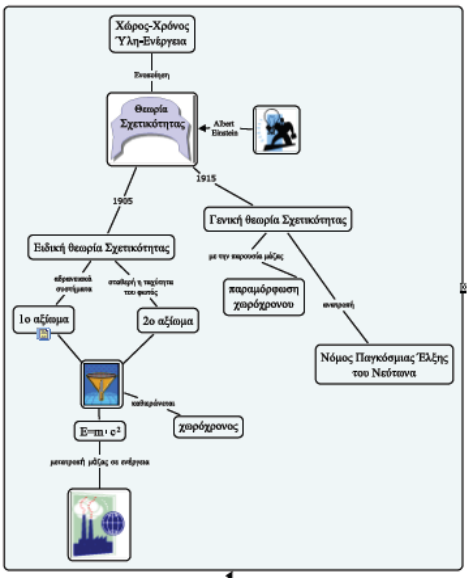
[42] Ο εννοιολογικός χάρτης που παρουσιάζεται στις εικόνες 1-4 κατασκευάστηκε στο περιβάλλον του ελεύθερου πακέτου λογισμικού IHMC Cmap Tools. Το ηλεκτρονικό αρχείο είναι διαθέσιμο εφόσον ζητηθεί.



Εικόνα 1α: Η δομή της ύλης

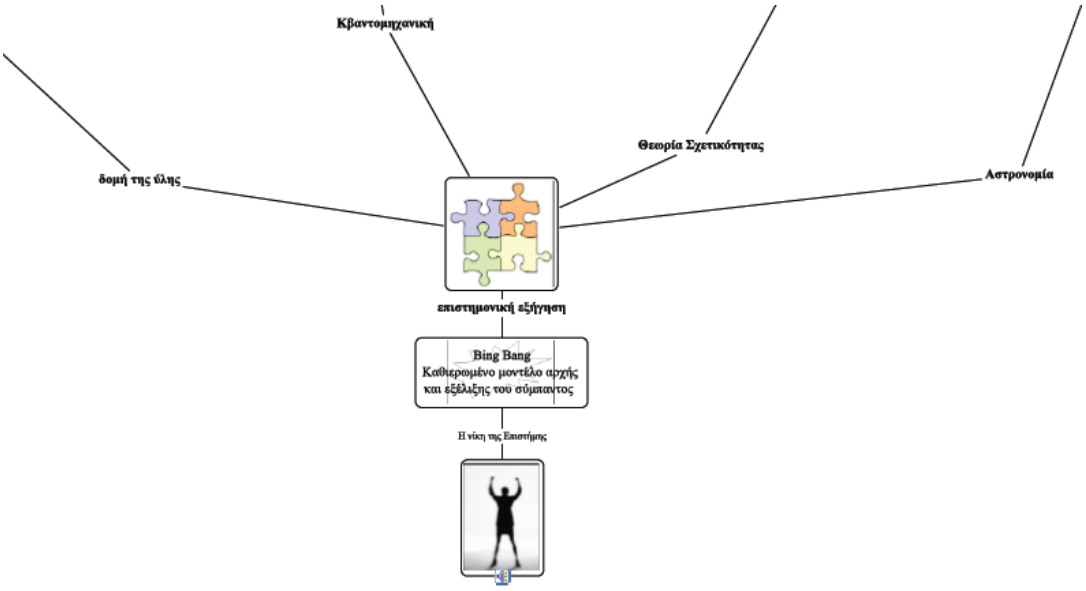


Εικόνα 1β: Κβαντομηχανική

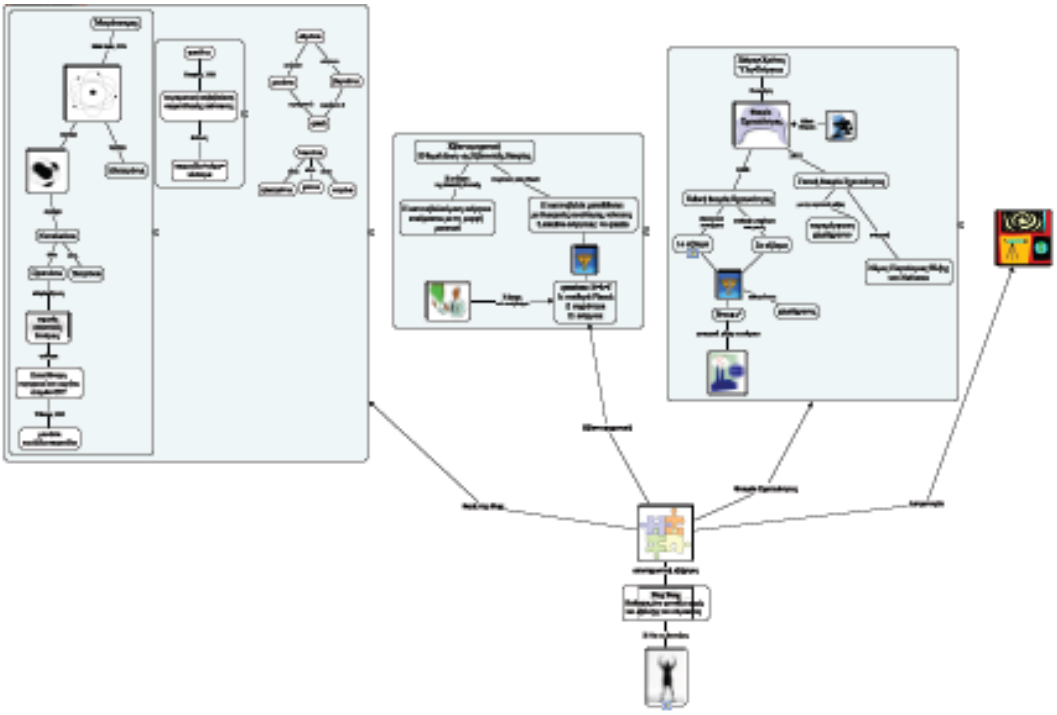


Εικόνα 2: Η θεωρία της Σχετικότητας

Η μεγάλη έκρηξη (Bing Bang) είναι το κοσμολογικό μοντέλο της δημιουργίας και της εξέλιξης του σύμπαντος. Έγινε αποδεκτό από την πλειονότητα του επιστημονικού κόσμου, επειδή στηρίζεται σε πολλά από τα τεκμηριωμένα δεδομένα της Κβαντομηχανικής, της Σχετικότητας και της Αστρονομίας. Χωρίς την υποστήριξη των θεωριών αυτών το μοντέλο της μεγάλης έκρηξης θα ήταν «μια ιστορία επιστημονικής φαντασίας».



Εικόνα 3: Η συμβολή των θεωριών του 20ου αιώνα στην εξήγηση της κοσμογένεσης



Εικόνα 4: Η συνολική εικόνα του εννοιολογικού χάρτη

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε στόχο να αποδώσει σχηματικά και να περιγράψει έναν εννοιολογικό χάρτη που παρουσιάζει τις επαναστατικές θεωρίες της Φυσικής του 2ου αιώνα. Ως σημαντικό διδακτικό και μεταγνωστικό εργαλείο αλλά και ως δυναμική στρατηγική εναλλακτικής αξιολόγησης (*alternative assessment*) (Rice κ.ά. 1998), ο εννοιολογικός χάρτης δύναται να απλοποιήσει μέσω της οπτικής αναπαράστασης, σύνθετες έννοιες και θεωρίες των Φυσικών Επιστημών με μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον. Η σύνδεση της νέας γνώσης με τις πρότερες

εμπειρίες, τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες του, βοηθούν τον μαθητή να οργανώσει αποτελεσματικά τις πληροφορίες που λαμβάνει και να οδηγηθεί σταδιακά σε αυτό που ο Ausubel ονόμασε «μάθηση με νόημα». Στο σύγχρονο περιβάλλον μάθησης και με την ευρύτερη χρήση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας, ο σχεδιασμός εννοιολογικών χαρτών ακόμα και για έννοιες κατεξοχήν πολύπλοκες, όπως είναι αυτές που επιχειρούν να δώσουν απαντήσεις στα ερωτήματα σχετικά με την δημιουργία του Σύμπαντος, μπορεί να αποτελέσει στοιχείο πρωτοποριακής διδασκαλίας με σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Α. & Καλογερία, Ε. (2008). Διδακτική Αξιοποίηση των Εννοιολογικών Χαρτών με χρήση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού CMap Tools σε Μαθηματικά-Φυσική. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας, Νάουσα 9-11 Μαΐου.

Γεωργίου, Μ. (2009). Εφαρμογή και Ζητήματα Ένταξης των Εννοιολογικών Χαρτών στο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:http://invenio.lib.auth.gr/record/114033/files/GEORGIOU.pdf?version=1

Κουφού, Α. (2011). Μελέτη της Ατομικής και Συνεργατικής Οικοδόμησης της Γνώσης Μαθητών Μέσω της Εννοιολογικής Χαρτογράφησης σε Υπολογιστικό Περιβάλλον. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Μπέτση, Σ. & Μάνεση, Σ. (2012). Μαθησιακά στυλ και Νέες Τεχνολογίες: Ο δυναμικός ρόλος της Αναστοχαστικής Διαδικασίας και της Έρευνας Δράσης, i-teacher.gr, 4, 140-152.

Σοφός, Α. & Λιάπη, Β. (2009). Η Εννοιολογική Χαρτογράφηση σε Ηλεκτρονικά Περιβάλλοντα: Μια Εναλλακτική Στρατηγική Μάθησης, Πανεπιστημιακά Ρεύματα στο Αιγαίο, 4, 59-76.

Τσιλίκας Δ. (2009). Η Ιστορία των Ιδεών στη Φυσική, Εκδόσεις Ζήτη.

Cassata-Widera, A.E. (2008). Concept Mapping and Early Literacy: A promising crossroads. In: A. J. Cañas, P. Reiska, M. Ahlberg, & J. D. Novak (Eds.), Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping, Tallin (Estonia) & Helsinki (Finland).

Correia, P.R.M., Infante-Malachias, M.E. & Godoy, C.E.C. (2008). From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative concept maps. In: A. J. Cañas, P. Reiska, M. Ahlberg, & J. D. Novak (Eds.), Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping Tallin (Estonia) & Helsinki (Finland).

Daley, B.J., Cañas, A.J., & Stark-Schweitzer, T. (2007). Cmap tools: integrating teaching, learning, and evaluation in online courses. New Directions for Adult and Continuing Education, 113, 37-47.

Fisher, R. (1995). Teaching Children to Learn, Cheltenham: Nelson Thornes Limited.

Haugwitz, M., Nesbit, J.C. & Sandmann, A. (2010). Cognitive ability and the instructional efficacy of collaborative concept mapping. Learning and Individual Differences, 20, 536-543.

Hegarty E., Prosser H. & Prosser M. (1991). Relationship between students'conceptual knowledge and study strategies-part 1: student learning in physics. International Journal of Science Education, 13(3), 303-312.

Hilbert, T. & Renkl, A. (2009). Learning how to use a computer-based concept-mapping tool: Self-explaining examples helps, Computers in Human Behavior, 25, 267-274.

İngeç, Ş. K. (2009). Analysing Concept Maps as an Assessment Tool in Teaching Physics and Comparison with the Achievement Tests. International Journal of Science Education, 31(14), 1897-1915.

Karakuyu, Y. (2010). The effect of concept mapping on attitude and achievement in a physics course. International Journal of the Physical Sciences 5(6), 724-737.

Mistades, V. M. (2009). Concept Mapping in Introductory Physics. Journal of Education and Human Development 3(1), 1-6.

Mohammadi, M., Moenikiab, M. & Zahed-Babelanc, A. (2010). The role of advance organizer on English language learning as a second language. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2, 4667-4671.

Nousiainen, M. & Koponen, I. (2010). Concept Maps Representing Knowledge of Physics: Connecting the Structure and Content in the Context of Electricity and Magnetism. NorDina : Nordisk tidsskrift i naturfagdidaktikk. 6(2), 155-172.

Nousiainen, M. (2012). Making Concept Maps Useful for Physics Teacher Education: Analysis of Epistemic Content of Links. Journal of Baltic Science Education. 11(1), 29-42.

Novak, J. D. (1990). Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education. Journal of Research in Science Teaching 27(10), 937-949.

Pankratius, W.J. & Keith, T.M. (1987). Building an organized knowledge base: Concept mapping in secondary school science. Paper presented at the 35th Annual Convention of the National Science Teachers Association, Washington, D.C., March 1987.

Pankratius, W.J. (1990). Building an organized knowledge base: concept mapping and achievement in secondary school physics. Journal of Research in Science Teaching, 27(4), 315-333.

Safdar, M., Hussain, A., Shah, I. & Rifat, Q. (2012). Concept Maps: An Instructional Tool to Facilitate Meaningful Learning. European Journal of Educational Research, 1(1), 55-64.

Scagnelli, L. (2002). Using Concept Maps to Promote Meaningful Learning. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://chiron.valdosta.edu/are/vol1no2/PDF%20article%20manuscript/Scagnelli.pdf

Schwartz, N., Ellsworth, L., Graham, L. & Knight, B. (1998). Accessing Prior Knowledge to Remember Text: A Comparison of Advance Organizers and Maps. Contemporary Educational Psychology, 23, 65-89.

Stoica I., Moraru, S. & Miron, C. (2011). Concept Maps, a Must for the Modern Teaching-Learning Process. Romanian Reports in Physics, 63(2), 567–576.

Tsitouridou, M. & Vryzas, K. (2004). The prospect of integrating ICT into the education of young children: the views of Greek early childhood teachers. European Journal of Teacher Education, 27(1), 29-45.

Yin, Y. & Shavelson, R. J. (2008). Application of Generalizability Theory to Concept Map Assessment Research. Applied Measurement in Education, 21(3), 273-291.

Van Zele, E., Lenaerts, J. & Wieme, W. (2004). Improving the usefulness of concept maps as a research tool for science education. International Journal of Science Education, 26(9), 1043-1064.

Μετά τη διδασκαλία… αντιλήψεις μαθητών Β & Γ Λυκείου σε έννοιες της δύναμης τριβής

Κοτσίνας Γεώργιος
1ο Γενικό Λύκειο Ηγουμενίτσας gkotsinas@gmail.com

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι ιδέες/αντιλήψεις μαθητών Β & Γ τάξεων Λυκείου σε έννοιες και νόμους της δύναμης της τριβής. Όλοι οι μαθητές , είχαν διδαχθεί την ενότητα της τριβής στην Α Λυκείου με την παραδοσιακή διδασκαλία κατά τις προηγούμενες σχολικές χρονιές από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Α΄ Λυκείου «Φυσική Γενικής Παιδείας ». Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 224 μαθητές της περιφέρειας της Ηπείρου. Η επιλογή των απαντήσεων των μαθητών ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: α) απαντήσεις σε συμφωνία με τις επιστημονικά αποδεκτές, β) εναλλακτικές απαντήσεις, και γ) άλλες. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα της βιβλιογραφίας για τις ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών δείχνει ότι τα ευρήματα εναρμονίζονται με τα αντίστοιχα άλλων ερευνών. Από την επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές γίνεται φανερό ότι αρκετά μεγάλος αριθμός μαθητών δεν έχουν κατανοήσει τις σχετικές με τη δύναμης της τριβής έννοιες και αναδεικνύεται ο ιδιαίτερα σταθερός και ανθεκτικός χαρακτήρας των εναλλακτικών αντιλήψεών τους.

Abstract

This paper presents a research on the way the students of the last classes in high school understand the concepts and laws of the force of friction. All these students were taught the unity of friction at the first class of high school by following a traditional teaching approach of the previous years based on the "General Physical Education", the school textbook of Natural Sciences. The sample of the research consisted of 224 students in the region of Epirus, Greece. The responses were classified in three categories: a) scientifically accepted responses, b) alternative responses and c) other responses. The comparison of results with other bibliography researches on the same subject show a balance on the ideas / perceptions of students. Judging from the analysis of the answers given by the students is quite obvious that many of them do not sufficiently understand the relative concepts of the frictional force, while at the same time, the research highlights the stable and resistant nature of their alternative conceptions.

Εισαγωγή

Οι ιδέες των μαθητών είναι καλά ριζωμένες γιατί τις ενισχύουν οι καθημερινές εμπειρίες και οι αισθήσεις τους . Η προσέγγιση των μαθητών στην ερμηνεία των φυσικών φαινομένων γίνεται με την βοήθεια των εμπειριών τους . Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες που δεν εκριζώνονται με τη διδασκαλία. Έτσι παρόλο που μερικά παιδιά μπορούν να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αποτυγχάνουν να τις εφαρμόσουν εκτός του σχολείου για να ερμηνεύσουν μερικά φαινόμενα. Οι ιδέες των παιδιών είναι δυνατό να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία, αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους (Π. Β. Κόκκοτας 2001).

Οι έρευνες για την δύναμη της τριβής στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι περιορισμένες . Σε έρευνες των (Stead et al 1981, Κουκουτσάκη κ.ά. 2004,Ευαγγελοπούλου κ.ά.2011) υπήρξαν μαθητές που ταύτισαν την τριβή με την δύναμη αντίδρασης . Επί πλέον συσχέτισαν την τριβή με την κίνηση «αν δεν υπάρχει κίνηση δεν υπάρχει τριβή». Ακόμη συνέδεσαν την τριβή με το τρίψιμο. Οι μαθητές θεώρησαν ότι η δύναμη τριβής συνδέεται με την ενέργεια και ιδίως με την θερμότητα. Τέλος εκφράστηκαν για την δύναμη τριβής σαν να ήταν κάποιο αντικείμενο (η τριβή κάνει αυτό, κι εκείνο, ή προσπαθεί να κάνει κάτι κλπ)

Από διαφορετικές έρευνες που έγιναν (Halloun κ.ά. 1985, Black κ.ά. 1993, Caldas et al 1995) προέκυψε ότι οι μαθητές σπάνια αναγνωρίζουν την «τριβή» ως μία δύναμη. Επομένως σπάνια αναγνωρίζεται στην δύναμη τριβής η ιδιότητα να επιβραδύνει ή να επιταχύνει την κίνηση ενός σώματος με τη δράση της. Αυτό που οι περισσότεροι μαθητές πιστεύουν είναι ότι η δύναμη

τριβής επιβραδύνει κάποια κίνηση επειδή έχει ιδιότητες ανθρώπινες (ανθρωποκεντρική θεώρηση στην επιστήμη)

Ακόμη έρευνα της (Viennot 2001) αποκαλύπτει πολλά στοιχεία σε σχέση με την αντίληψη που έχουν για την φυσική προέλευση της δύναμης τριβής ή και τη σωστή τοποθέτηση του διανύσματος της δύναμης τριβής στα διάφορα προβλήματα έτσι ώστε να μην υπάρχουν παρερμηνείες κυρίως σχετικά με τον προσδιορισμό της δύναμης που εκφράζει την αντίδραση στην δράση της δύναμης τριβής (3° αξίωμα του Νεύτωνα).

Σε έρευνα των (Κουκουτσάκη κ.ά. 2004) οι μαθητές δεν μπόρεσαν να εφαρμόσουν τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα όταν ασκείται οριζόντια δύναμη F σε ακίνητο σώμα, ή ανέφεραν ότι η στατική τριβή είναι μεγαλύτερη από την F και ακόμη ανέφεραν ότι δεν ασκείται άλλη δύναμη εκτός από την F. Επίσης θεωρούσαν ότι για να μετακινήσουν οριζόντια ένα σώμα πρέπει να ασκήσουν οριζόντια δύναμη μεγαλύτερη από το βάρος του σώματος .

Σε έρευνα των (Ευαγγελοπούλου & Μίχα 2011) οι σημαντικότερες εναλλακτικές ιδέες που αναφέρουν είναι, σε ένα σώμα που του ασκούμε δύναμη, α) εάν είναι ακίνητο παραμένει ακίνητο γιατί η τριβή είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική δύναμη, β) εάν εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, τότε δεν του ασκείται τριβή δηλαδή αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα και στις δυο περιπτώσεις. Ακόμη σε περίπτωση σώματος (παθητικό) τοποθετημένου πάνω σε άλλο (κινητήριο) το οποίο δέχεται δύναμη F και παραμένει ακίνητο ως προς το κινητήριο, δεν σχεδιάζουν καθόλου την δύναμη της τριβής ή την σχεδιάζουν αντίθετης κατεύθυνσης από την δύναμη F

Μεθοδολογία της Έρευνας

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 224 μαθητές της Β Λυκείου την Άνοιξη του 2012 στους νομούς Θεσπρωτίας και Ιωαννίνων. Όσον αφορά το φύλο, για μεν τους μαθητές το 51,8% αποτελούνταν από μαθήτριες και το 48,2% από μαθητές. Η δειγματοληπτική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου και η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 16.0.

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν είναι συνδεδεμένες, ως επί το πλείστον, με απλά φαινόμενα και καταστάσεις της καθημερινής ζωής και όχι ερωτήσεις με τις οποίες θα γινόταν στείρος έλεγχος των γνώσεων των μαθητών.

Στόχος της παρούσης εργασίας είναι η διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για την τριβή (στατική και ολίσθησης), για τους νόμους της τριβής και για την προέλευση της., ώστε να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις.

Οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής και διερευνούσαν τις ιδέες των μαθητών (οι ερωτήσεις βρίσκονται στο παράρτημα) πιο συγκεκριμένα : Στην πρώτη ερώτηση και την πέμπτη ερώτηση αν η δύναμη τριβής είναι μία δύναμη η οποία αντιστέκεται πάντοτε σε οποιαδήποτε κίνηση του σώματος στο οποίο ασκείται. Στην δεύτερη και τρίτη ερώτηση διερευνώνται οι παράγοντες από τους οποίους δεν εξαρτάται η τριβή ολίσθησης (εμβαδόν επιφάνειας συνεπαφής και ταχύτητα)

Στην τέταρτη ερώτηση η σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη δύναμη με την οποία σπρώχνει ο μαθητής το θρανίο και στην στατική τριβή που αντιστέκεται στην κίνηση.

Στην έκτη ερώτηση αν γνωρίζουν οι μαθητές σε ποια κατηγορία δυνάμεων κατατάσσετε η δύναμη της τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Στην έβδομη ερώτηση εκτός από την φύση της δύναμης της τριβής διερευνάται αν η τριβή είναι μία και μοναδική δύναμη που ασκείται σ ένα σημείο ή είναι συνισταμένη δύναμη.

Στην όγδοη ερώτηση αν οι μαθητές γνωρίζουν ότι το μέτρο της στατικής τριβής είναι μεταβλητού μέτρου μέχρι μιας μέγιστης τιμής την Τσ(max).

Στην τελευταία ερώτηση , διερευνάται αν οι μαθητές έχουν κατανοήσει ότι η δύναμη τριβής είναι μία κλασική δύναμη όπως όλες οι υπόλοιπες που εμφανίζονται στη φύση και ότι πρέπει να ικανοποιεί όλους τους φυσικούς νόμους.

Αποτελέσματα και συζήτηση.

Η κατεύθυνση του διανύσματος της δύναμης της τριβής μπορεί να διαφέρει από περίπτωση σε περίπτωση και άλλοτε να υποβοηθά την κίνηση του σώματος (όπως στην περίπτωση του ανθρώπινου βαδίσματος ή στην περίπτωση της κύλισης ενός κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο, ποδήλατο), ενώ άλλοτε να αντιστέκεται σε αυτήν όπως στην περίπτωση που ένα σώμα προσπαθεί να ολισθήσει ή ολισθαίνει σε μία επιφάνεια) (Ohanian 1991). Αυτό φαίνεται ότι δεν είναι αποσαφηνισμένο στους μαθητές, αφού στην πρώτη ερώτηση δίνουν σωστή απάντηση μόλις σε ποσοστό 37,5 %. Οι υπόλοιπες απαντήσεις υποδηλώνουν ότι το διάνυσμα της δύναμης τριβής έχει πάντοτε ορισμένη κατεύθυνση η οποία δεν έχει να κάνει με το πρόβλημα.

Στην δεύτερη ερώτηση οι μαθητές δεν μπορούν να διαχωρίσουν τους απλούς παράγοντες που επηρεάζουν το μέτρο του διανύσματος της δύναμης τριβής από αυτούς που δεν το επηρεάζουν, όπως είναι το εμβαδόν της επιφάνειας συνεπαφής ,η ταχύτητα κίνησης του, ή η οριζόντια δύναμη που ασκείται στο σώμα . Το 51,7% απαντά σωστά σε αυτή την ερώτηση.

Στην τρίτη ερώτηση απαντούν σωστά το 58,9% των μαθητών . Προφανώς πολλοί μαθητές δεν μπορούν να αναγνωρίσουν ότι η δύναμη τριβής είναι, σε μακροσκοπική κλίμακα, ανεξάρτητη από το εμβαδόν της επιφάνειας που βρίσκεται σε επαφή, όπως επίσης και από την ταχύτητα με την οποία κινείται το σώμα ως προς το επίπεδο (Ohanian 1991).

Επίσης στη τέταρτη ερώτηση απαντούν σωστά το 42% των μαθητών. Ένα 23,2% συμφώνησε με την επιλογή ότι η οριζόντια δύναμη θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το βάρος , ενώ 17,9% επέλεξε την απάντηση ότι η δύναμη πρέπει να είναι μεγαλύτερη γενικά από τη στατική τριβή και το 16,9% μεγαλύτερη από αυτή που ασκεί το κιβώτιο στον άνθρωπο.

Για να εμφανιστεί δύναμη τριβής, το σώμα πρέπει να κινείται ή να τείνει να κινηθεί ως προς άλλο σώμα με το οποίο βρίσκεται σε επαφή (Bowden and Tabor, 1973).

Σωστή απάντηση στην πέμπτη ερώτηση, δίνουν οι μαθητές σε ποσοστό 38,8%. Ένας μεγάλος αριθμός μαθητών 42,4% έχουν την άποψη ότι η δύναμη τριβής μπορεί να υπάρξει ακόμη κι αν δεν υπάρχει καν τάση για κίνηση και άρα για απομάκρυνση επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Ενώ το 18,8 % των παιδιών θεωρούν ότι η τριβή εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχει κίνηση του σώματος.

Ακολούθως στην έκτη ερώτηση σωστά απαντούν μόλις το 8,5%. Το μικρό ποσοστό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν διδαχθεί ποτέ κάποιο αντίστοιχο μάθημα για το αίτιο εμφάνισης της τριβής στις επιφάνειες συνεπαφής των δύο σωμάτων, στα πλαίσια του μαθήματος της φυσικής. (Ringlein et al 2004). Έτσι δεν ήταν σε θέση να διακρίνουν την συσχέτιση μεταξύ δύναμης τριβής και ηλεκτροστατικών δεσμών (δυνάμεις συνάφειας). Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των μαθητών 60,7% απαντούν ότι η δύναμη τριβής υπάρχει για να παίζει το ρόλο της αντίδρασης, με βάση το τρίτο νόμο του Νεύτωνα, στην κινούσα δύναμη που διατηρεί την κίνηση του σώματος. Αυτή είναι μία ακόμη από τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν ενστερνισθεί οι μαθητές και την κουβαλούν μαζί τους και ως φοιτητές στο πανεπιστήμιο (Καράογλου κ.ά. 2011).

Στο σημείο αυτό φανερώνεται μία ακόμη δυσκολία των μαθητών, η δυσκολία να αναγνωρίσουν τα ζεύγη δράσης-αντίδρασης στη φύση (Viennot 2001, Viennot 2003).

Τέλος το 30,8 % θεωρεί ότι η τριβή εμφανίζεται επειδή οι επιφάνειες έχουν ανωμαλίες και τρίβονται μεταξύ τους.

Μόνο το 39,3% των μαθητών απαντούν σωστά και στην έβδομη ερώτηση για τον ίδιο λόγο όπως και στην προηγούμενη ερώτηση. Πολλοί λοιπόν από τους μαθητές δεν γνωρίζουν καν σε ποιο σημείο ασκείται η δύναμη τριβής και δεν αναγνωρίζουν ότι το διάνυσμα με το οποίο απεικονίζεται η δύναμη αντιπροσωπεύει την συνισταμένη πολλών δυνάμεων στα επιμέρους σημεία επαφής των επιφανειών που τρίβονται. Ενώ το 21,4% απαντά ότι η δύναμη τριβής ασκείται σε ένα μόνο σημείο. Ακόμη το 23,7% θεωρούν ότι ασκείται στο κέντρο μάζας. Τέλος το 15,6 % των μαθητών έχουν την άποψη ότι το διάνυσμα της τριβής απεικονίζει τα την συνιστάμενη δύναμη που ασκείται στα δύο σημεία που έρχονται σε επαφή τοπικά δηλαδή στο ένα σημείο της επιφάνειας και στο άλλο σημείο του σώματος που ακουμπούν μεταξύ τους.

Ακόμη σωστά απαντούν στην όγδοη ερώτηση το 28,1% των μαθητών. Το 33,9% απαντούν μηδέν γιατί η τριβή ασκείται μόνο στα σώματα που κινούνται. Ενώ το 21% απαντούν μεγαλύτερη από 100 Ν, αφού η δύναμη που ασκούμε δεν καταφέρνει να μετακινήσει το σώμα. Τέλος το 17 % μικρότερη από 100 Ν. Από τις παραπάνω απαντήσεις φαίνεται ότι οι μαθητές αδυνατούν να κατανοήσουν ότι, όταν ασκούμε μια οριζόντια δύναμη σε ένα σώμα και αυτό παραμένει ακίνητο, τότε η δύναμη που ασκούμε δεν είναι μικρότερη από την τιμή της στατικής τριβής εκείνη τη στιγμή, αλλά ίση με αυτήν αφού το σώμα ισορροπεί σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα.

Τέλος στην ένατη ερώτηση αποδεικνύεται ότι πολλοί μαθητές δεν μπορούν να κατανοήσουν ότι η δύναμη τριβής είναι μία κλασική δύναμη όπως όλες οι υπόλοιπες που εμφανίζονται στη φύση και ότι πρέπει να ικανοποιεί όλους τους φυσικούς νόμους, αφού μόλις το 29 % των μαθητών απαντούν σωστά. Ακόμη το 42,9 % απαντούν ότι η τριβή είναι ολίσθησης και ασκείται προς τα αριστερά .Ενώ το 28,1 % απαντούν ότι δεν ασκείται δύναμη τριβής σε αυτό αφού δεν τείνει να κινηθεί ως προς το βαγόνι.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα μπορούμε να κάνουμε ορισμένες διαπιστώσεις για τις αντιλήψεις των παιδιών σε σχέση με την δύναμη της τριβής και κατά πόσο τις τροποποίησε η διδασκαλία τους στο σχολείο.

Μία εναλλακτική ιδέα των μαθητών που καταγράφεται για την δύναμη τριβής, έχει να κάνει με την κατεύθυνση του διανύσματος της δύναμης τριβής. από τα ποσοστά των αντίστοιχων απαντήσεων διαπιστώνεται ότι οι μαθητές θεωρούν, ότι η τριβή είναι μία δύναμη η οποία αντιστέκεται πάντοτε στην κίνηση του σώματος στο οποίο ασκείται. Πρέπει λοιπόν να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η δύναμη τριβής είναι ένα είδος «παθητικής δύναμης» πράγμα που σημαίνει ότι προσαρμόζεται ανταποκρινόμενη στην ενεργητική δράση (Arons, 1992).

Επίσης οι μαθητές δεν γνωρίζουν ποια είναι η φύση της δύναμης της τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο . Οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ότι η δύναμης τριβής υφίσταται επειδή οι επιφάνειες που τρίβονται μεταξύ τους, έχουν ανωμαλίες και έτσι η μία επιφάνεια εμποδίζει την κίνηση της άλλης. Δεν γνωρίζουν δηλαδή ότι οι δυνάμεις τριβής είναι μοριακής φύσης και γι' αυτόν τον λόγο στις περιοχές αλληλοδιείσδυσης των ανωμαλιών τα μόρια των επιφανειών απέχουν ελάχιστα, οπότε αναπτύσσονται ισχυρές ελκτικές δυνάμεις συνοχής και συνάφειας. Με άλλα λόγια συμβαίνουν πολυάριθμες συγκολλήσεις «ψυχρές» οι οποίες παρεμποδίζουν τη σχετική κίνηση των δύο σωμάτων. Έτσι, όταν ένα σώμα ολισθαίνει πάνω σε ένα άλλο, η δύναμη τριβής ουσιαστικά σχετίζεται με το σπάσιμο των χιλιάδων συγκολλήσεων, οι οποίες συνεχώς αναδομούνται, καθώς δημιουργούνται νέες τυχαίες επαφές κατά την ολίσθηση του σώματος. (Γαροφαλάκης κ.ά 1999).

Επόμενη εναλλακτική ιδέα των μαθητών, έχει να κάνει με τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το μέτρο του διανύσματος της.(Stead et al 1981) Παρόλο που οι μαθητές έχουν διδαχθεί τον εμπειρικό νόμο της δύναμης τριβής, θεωρούν ότι το μέτρο του διανύσματος της τριβής εξαρτάται και από το εμβαδόν επαφής του σώματος με το επίπεδο καθώς και από την ταχύτητα με την οποία κινείται το σώμα.

Ακόμη οι μαθητές δεν φαίνονται να κατανοούν ότι η δύναμη τριβής στην πραγματικότητα ασκείται κατά μήκος όλης της επιφάνειας μεταξύ όλων των σημείων που έρχονται σε επαφή και όχι μόνο σε ένα σημείο (το κέντρο μάζας του σώματος ή ένα σημείο της επιφάνειας).

Επίσης μια εναλλακτική ιδέα αναφέρεται και στο γεγονός ότι η δύναμη τριβής εμφανίζεται και όταν δεν υπάρχει κίνηση ούτε τάση για κίνηση.

Επιπλέον, οι μαθητές δεν γνωρίζουν ποια είναι τα σώματα που εμπλέκονται στο φαινόμενο της ύπαρξης δύναμης τριβής. Θεωρούν ότι η δύναμη εφαρμόζεται σε ένα μοναδικό κάθε φορά σώμα και δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν το σώμα στο οποίο εφαρμόζεται η αντίδραση στην δύναμη αυτή, με βάση το τρίτο αξίωμα του Νεύτωνα. Θεωρούν ακόμη ότι η δύναμη της τριβής είναι η αντίδραση στην κινούσα δύναμη κάθε φορά. (Viennot 2001).

Αρκετοί μαθητές θεωρούν ότι η στατική τριβή είναι σταθερή δύναμη και ότι, αν ασκούμε οριζόντια δύναμη σε ένα σώμα που εξακολουθεί να είναι ακίνητο, τότε η δύναμη που ασκούμε είναι μικρότερη από την τιμή της στατικής τριβής εκείνη τη στιγμή.

Είναι μία σημαντική παρανόηση και στόχος της διδασκαλίας θα είναι να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η στατική τριβή που ασκεί το δάπεδο σε ένα σώμα δεν έχει καθορισμένο μέτρο, αλλά μπορεί να αυξομειώνεται από μηδέν μέχρι κάποιο ανώτατο όριο. (Δόσης κ.ά. 2007) Ακόμη θεωρούν ότι για να μετακινήσουμε ένα σώμα πρέπει να του ασκήσουμε οριζόντια δύναμη μεγαλύτερη από το βάρος του. (Ευαγγελοπούλου κ.ά. 2010)

Τέλος οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν την «τριβή» ως δύναμη η οποία υπακούει όπως οι συνηθισμένες δυνάμεις στα αξιώματα του Νεύτωνα και έτσι άλλες φορές επιβραδύνει την κίνηση του σώματος αλλά ενίοτε μπορεί και να το επιταχύνει (Caldas et al 1995, Besson et al 2010).

Τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει η παρούσα έρευνα συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με εκείνα στα οποία έχουν καταλήξει προηγούμενες έρευνες όπως αυτές που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή.

Για όλα τα παραπάνω αναφερθέντα, θα πρέπει οι διδάσκοντες να κατανοήσουν ότι οι μαθητές , ερχόμενοι στην σχολική αίθουσα έχουν διαμορφώσει άποψη σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες που εμπλέκονται σε αυτά μέσα από την καθημερινή τους ζωή. Έτσι, δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένο ότι μπορούν εύκολα οι μαθητές να αποδεχθούν τις εννοιολογικές αλλαγές για τα ζητήματα της τριβής και μάλιστα με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας ,εκτοπίζοντας έτσι απλά την πρότερες αντιλήψεις τους. (Besson et al. 2007).

Συμπερασματικά λοιπόν, είναι εύλογο να υποθέσει κάποιος ότι η διδασκαλία της δύναμης τριβής, πρέπει να γίνεται κατόπιν στοχευμένης διδασκαλίας και με σαφώς ορισμένη και μελετημένη μέθοδο, (Θεοδωρόπουλος κ.ά 1997), ώστε πολλές από τις πρότερες αντιλήψεις να αναθεωρηθούν και να εμπεδωθούν οι επιστημονικές (Besson & Vienot 2004). Μόνο έτσι μπορεί να καλλιεργηθεί σταδιακά η ορθή αντίληψη σχετικά με την έννοια της δύναμης τριβής που τόσο μεγάλο ρόλο παίζει στις καθημερινές μας δραστηριότητες καθώς άλλοτε προσπαθούμε να απαλλαγούμε απ' αυτήν και άλλοτε μας είναι απαραίτητη.

Βιβλιογραφία

Γαροφαλάκης Ι., Παγώνης Κ., Σπυροπούλου,Δ., Φυσική: Τεχνικά και Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια Α' Τάξη Γ Κύκλου, Αθήνα: ΟΕΔΒ 1999.

Δόσης, Σ., Σωτηρίου, Σ., Καρανίκας, Γ., (Εισήγηση στο 4ο Συνέδριο για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη με θέμα "Μελέτη της στατικής τριβής" .Σύρος, Μάιος 2007.

Ευαγγελοπούλου Α, Μίχας Π,(2011) Αντιλήψεις των μαθητών της Α Λυκείου για την τριβή και τους νόμους της. Πρόταση για διδακτική παρέμβαση σ' ένα συνεργατικό και 982εποικοδομητικό περιβάλλον μάθησης**.** Πανελλήνιο συνέδριο Δ.Φ.Ε&Ν.Τ στην Εκπαίδευση Αλεξανδρούπολη 2011

Θεοδωρόπουλος Ε., Κανδεράκης Ν., Καριώτογλου Π., Κολιόπουλος Δ., Μπαγάκης Γ., Φασουλόπουλος Γ. *(1997) Τριβή-Διδακτική διερεύνηση,* Αθήνα: εκδόσεις Πνευματικού.

Καράογλου, Γ., Κώτσης ,Κ., Ρίζος ,Ι.,(2011) Συγκριτική μελέτη μαθητών Α Λυκείου και πρωτοετών φοιτητών Τμημάτων Φυσικής κι Π.Τ.Δ.Ε. στους νόμους του Νεύτωνα. Πανελλήνιο συνέδριο Δ.Φ.Ε&Ν.Τ στην Εκπαίδευση Αλεξανδρούπολη 2011.

Κόκκοτας Π. (2001). Διδακτική των φυσικών επιστημών. Εκδ. Γρηγόρης, Αθήνα.

Κουκουτσάκης, Α., Μητρόπουλος, Δ., Σαμαράκου, Μ., Γρηγοριάδου,Μ.,Βοσνιάδου,Σ.,(2004) Διδασκαλία της Τριβής με τη Χρήση του Εκπαιδευτικού Λογισμικού «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» 4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Αθήνα 2004.

Arons A. (1992), Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής, 142, Τροχαλία.

Besson & Vienot 2004 Using models at the mesoscopic scale in teaching physics: tow experimental interventions in solid friction and fluid statics. International journal of Science Education 26 (9).

Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P. (2010). A Three- Dimensional Approach and Open Source Structure for the Design and Experimentation of Teaching-Learning Sequences: The case of friction. International Journal of Science Education, 32 (10), 1289-1313.

Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P. (2007). How to teach friction: Experiments and models. American Journal of Physics, 75(12), 1106-1113.

Black P.J., Lucas A.M., (1993), Children's informal ideas in science, N.Y. Rouledge.

Bowden F.P., Tabor D., (1973), Friction : an introduction to tribology., Garden City, N.Y.: Andor Press.

Caldas, H & Saltiel, E 1995) Le frottment cinettique: analyse des raisonnements des etudiants. Didaskalia, 6.

Driver, R., Oldham, V. (1986), A constructivist approach to curriculum development, Studies in Science Education, 13.

Fullan, M.F., (2001). The New Meaning of Educational Change. 4th Ed. London: Routledge Falmer.

Halloun I., Hestenes D., (1985), Common sense concepts about motion., American Journal pf Physics, 53, pp. 1056-1065.

Ohanian H.C., (1991), Φυσική, (μετάφραση-επιστημονική επιμέλεια: Φίλιππας Α.), Αθήνα: Συμμετρία.

Ringlein J., O Robbins M., (2004), Understanding and illustrating the atomic origins of friction., American Journal of Physics, Vol. 72, No 7, pp. 884-891.

Stead K.E., Osborne R.J., (1981), What is friction? Some children's ideas., Australian Science Teachers' Journal, Vol. 27, No.3, pp.51-57.

Viennot L., (2001), Reasoning in Physics. The part of common sense., Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Viennot L., (2003), Teaching Physics. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Παράρτημα Οι ερωτήσεις της έρευνας

ΕΡ: 1. Πολλοί συμμαθητές σας πιστεύουν, ότι η δύναμη της τριβής έχει κατεύθυνση πάντοτε αντίθετη της κατεύθυνσης της κίνησης του σώματος πάνω στο οποίο δρα. Πώς θα χαρακτηρίσετε αυτήν την πρόταση;

Α**) Σωστή** Β**) Λάθος** Γ**) Άλλοτε σωστή και άλλοτε λάθος.**

ΕΡ:2 Δύο σώματα σχήματος κύβου **Α** και **Β,** είναι ακριβώς όμοια (σε διαστάσεις και μάζα). Το σώμα Α κινείται με ταχύτητα υ ενώ το σώμα Β κινείται με ταχύτητα 2υ. Σε ποιο νομίζετε ότι ασκείται τριβή μεγαλύτερου μέτρου;

1) **στο Α.** 2) **στο Β.** 3) **ίσου μέτρο και στα δύο.**

ΕΡ:3 Δύο σώματα **Α** και **Β** σχήματος παραλληλεπιπέδου είναι ακριβώς όμοια (σε διαστάσεις και μάζα) και βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Στα σώματα Α και Β ασκείται η ίδια οριζόντια δύναμη F προκειμένου να μετακινηθούν προς τα δεξιά. Το σώμα Α ακουμπάει στο οριζόντιο επίπεδο με τη μεγάλη έδρα του ενώ το Β με την μικρή έδρα του. Ποιο σώμα νομίζετε ότι θα μετακινηθεί πιο εύκολα; (δηλαδή σε ποιο σώμα θα ασκηθεί τριβή μεγαλύτερου μέτρου;)

1) **Το Α** 2**) Το Β** 3**) Δεν έχει καμία διαφορά**

ΕΡ:4 Ένας άνθρωπος ασκώντας οριζόντια δύναμη σπρώχνει ένα ακίνητο κιβώτιο, σχήματος παραλληλεπιπέδου και τελικά καταφέρνει να το μετακινήσει. Αυτό συμβαίνει γιατί η δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος στο κιβώτιο είναι:

Α) Μεγαλύτερη από αυτή που ασκεί το κιβώτιο στον άνθρωπο

Β) Μεγαλύτερη από το βάρος του σώματος.

Γ) Μεγαλύτερη από τη στατική τριβή του κιβωτίου

Δ) Μεγαλύτερη από τη μέγιστη στατική τριβή που ασκείται στο σώμα από το δάπεδο.

ΕΡ:5 Πότε εμφανίζεται δύναμη τριβής σε ένα σώμα;

Α) Εμφανίζεται ακόμη και όταν το σώμα δεν κινείται

Β) Εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχει κίνηση του σώματος σε σχέση με μία επιφάνεια πάνω στην οποία
κινείται το σώμα

Γ) Εμφανίζεται όταν το σώμα κινείται ως προς μία επιφάνεια ή τείνει να κινηθεί ως προς αυτήν.

ΕΡ:6 Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητα υ η μόνη δύναμη που ασκείται είναι η
τριβή . Η δύναμη τριβής υπάρχει επειδή:

Α) στις περιοχές αλληλοδιείσδυσης των ανωμαλιών, τα μόρια των επιφανειών επαφής απέχουν ελάχιστα, οπότε αναπτύσσονται μεταξύ τους ισχυρές ελκτικές δυνάμεις δηλαδή αναπτύσσονται ηλεκτροστατικοί δεσμοί .

Β) η επιφάνεια και το σώμα έχουν ατέλειες και έτσι τα κοντινά σημεία τρίβονται μεταξύ τους

Γ) Είναι η αντίδραση στην κινούσα δύναμη που διατηρεί το σώμα σε κίνηση (εξ αιτίας του 3ου
νόμου του Νεύτωνα)

ΕΡ :7 Η δύναμη τριβής απεικονίζεται με ένα διάνυσμα το οποίο είναι παράλληλο στην επιφάνεια πάνω στην οποία βρίσκεται το σώμα που μελετάμε και έχει σημείο εφαρμογής ένα σημείο επαφής του σώματος και της επιφάνειας. Το διάνυσμα αυτό απεικονίζει:

Α) Την δύναμη τριβής που ασκεί η επιφάνεια στο κέντρο μάζας του σώματος

Β) Την δύναμη που ασκείται σε αυτό μόνο το σημείο

Γ) Την συνισταμένη δύναμη που ασκεί η επιφάνεια σε όλα τα σημεία επαφής της με το σώμα

Δ) Την συνιστάμενη δύναμη που ασκείται στα δύο σημεία που έρχονται σε επαφή τοπικά, δηλαδή στο ένα σημείο της επιφάνειας και στο ένα σημείο του σώματος που ακουμπούν μεταξύ τους.

ΕΡ:8 Θέλοντας να μετακινήσουμε ένα βαρύ αντικείμενο, το οποίο βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο, του ασκούμε μια σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 100 Ν. Το σώμα όμως παραμένει ακίνητο. Πόσο πιστεύετε ότι μπορεί να είναι το μέτρο της στατικής τριβής που ασκείται στο σώμα;

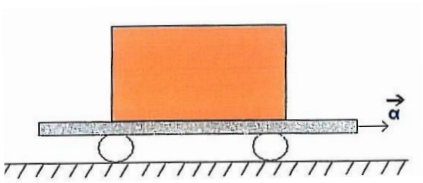
Α. Μηδέν γιατί η τριβή ασκείται μόνο στα σώματα που κινούνται.

Β. Μικρότερη από 100 Ν, αφού η στατική τριβή έχει κάποιο ανώτατο όριο.

Γ. Ακριβώς 100 Ν, αφού το σώμα ισορροπεί.

Δ. Μεγαλύτερη από 100 Ν, αφού η δύναμη που ασκούμε δεν καταφέρνει να μετακινήσει το σώμα.

ΕΡ:9 Στο διπλανό σχήμα βλέπετε ένα κουτί να βρίσκεται ακίνητο πάνω σε βαγόνι το οποίο κινείται με σταθερή επιτάχυνση **α.** Τι πιστεύετε για την κατεύθυνση της δύναμης τριβής που ασκείται στο κουτί;.



Α) Δεν ασκείται δύναμη τριβής σε αυτό αφού δεν τείνει να κινηθεί ως προς το βαγόνι

Β) Ασκείται δύναμη τριβής ολίσθησης με κατεύθυνση προς τα αριστερά, δηλαδή αντίθετα από την κίνηση.

Γ) Ασκείται δύναμη στατικής τριβής με κατεύθυνση προς τα δεξιά, ώστε να ικανοποιείται το 2° αξίωμα του Νεύτωνα.

Παρουσίαση Διδακτικών Εργαλείων, που Υποστηρίζουν τη Διδασκαλία του Κεφαλαίου «Οξέα – Βάσεις – Ιοντική Ισορροπία», στη Χημεία της Γ' Λυκείου

Αλεξάνδρα Λιθοξοΐδου
Πρότυπο Πειραματικό Σχολείο Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, alithoxo@gmail.com

Περίληψη

Στη βιβλιογραφία γίνεται συχνά λόγος για την παιδαγωγική και χρηστική αξία των κατάλληλων Διδακτικών Εργαλείων για την κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή με την αλματώδη ανάπτυξη των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) σημειώνονται σημαντικές αλλαγές στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια ποικιλία διδακτικών εργαλείων, που αφορούν τη διδασκαλία του κεφαλαίου των «Οξέων – Βάσεων – Ιοντικής Ισορροπίας», της Χημείας Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης, με σκοπό να παρέχουν αυτά τον καταλυτικό τους ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί εξάλλου το «κλειδί» στην επιτυχή εξέταση των μαθητών στη Χημεία των Πανελλαδικών εξετάσεων, γεγονός που αποτελεί άλλο ένα λόγο αξιοποίησης πολλαπλών διδακτικών εργαλείων. Ωστόσο, παρά την μεγάλη πληθώρα, η ορθή επιλογή από το διδάσκοντα σε συνδυασμό με της αλληλεπίδραση με τους μαθητές πιστεύουμε πως θα αναδείξει την αξία τους.

Abstract

It is often assumed that the pedagogical and the utilitarian value of appropriate teaching tools is a critical point in the understanding of science. Especially today, with the rapid development of Information and Communication Technologies (ICT), significant changes take place in the teaching of science at various educational levels. In this paper, a variety of teaching tools is presented, related to the chapter "Acid - Base - Ion Equilibria" of the Chemistry instruction in the high school (third class), in order to provide their catalytic role in the educational process. This chapter is a crucial one for the Greek students, because the national exams are based on it, so this is another reason for using multiple teaching tools. However, despite the variety of these chemical tools, it is the correct choice of the teacher in conjunction with the interaction with the students that will highlight their value.

Εισαγωγή

Η χρησιμοποίηση Διδακτικών Εργαλείων, σε συνδυασμό με την αλματώδη ανάπτυξη και διάδοση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ), έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη δομή και στον προσανατολισμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Δημητρακοπούλου, 1999). Στις φυσικές επιστήμες η πειραματική εξοικείωση των μαθητών αποτελεί έναν βασικό σκοπό της διδασκαλίας. Κάποιες φορές αυτό μπορεί να επιφέρει δυσκολίες χειρισμού των πειραματικών διατάξεων και μείωση της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας (Niedderer et. al., 2003), ωστόσο με βάση τη διεθνή εμπειρία η χρήση των ΤΠΕ μπορεί να ξεπεράσει, ως ένα βαθμό, τεχνικούς και διδακτικούς περιορισμούς του πραγματικού εργαστηρίου (Sassi, 2001). Η παρούσα πρόταση διδασκαλίας έχει ως στόχο να επισημάνει την δυναμική των Διδακτικών Εργαλείων και θα μπορούσε να έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους Έλληνες εκπαιδευτικούς και μαθητές, καθώς αυτά παίζουν το ρόλο του καταλύτη κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

Η επιλογή του κεφαλαίου των «Οξέων – Βάσεων – Ιοντικής Ισορροπίας», της Χημείας Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης (Λιοδάκης, 2002) έγινε επειδή: α) ανακαλεί έννοιες, αποτελεί μεγάλο μέρος της διδακτέας ύλης της Γ' Λυκείου και εφοδιάζει θέματα πανελληνίων εξετάσεων, γ) περιέχει χημικές έννοιες, που απαιτούν τη χρήση μαθηματικών εξισώσεων και χειρισμό γραφημάτων, για τη μελέτη, πρόβλεψη και εξαγωγή συμπερασμάτων, δ) περιέχει χημικές έννοιες, που άπτονται του μικρόκοσμου και καταλήγουν σε μακροσκοπικές ιδιότητες, ε)

περιέχει έννοιες, που απαιτούν πειραματική μελέτη. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου η διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι δύσκολη και απαιτητική, λόγω του ελάχιστου διαθέσιμου χρόνου (1 ώρα στο Γυμνάσιο) και της απουσίας ή ελάχιστης ύπαρξης πειραματικής εξάσκησης των μαθητών (Georgiadou, 2000). Αυτοί οι λόγοι ενισχύουν ακόμη παραπάνω την αξία της επιλογής εργαλείων στη διδασκαλία της χημείας στο Λύκειο.

Μεθοδολογία

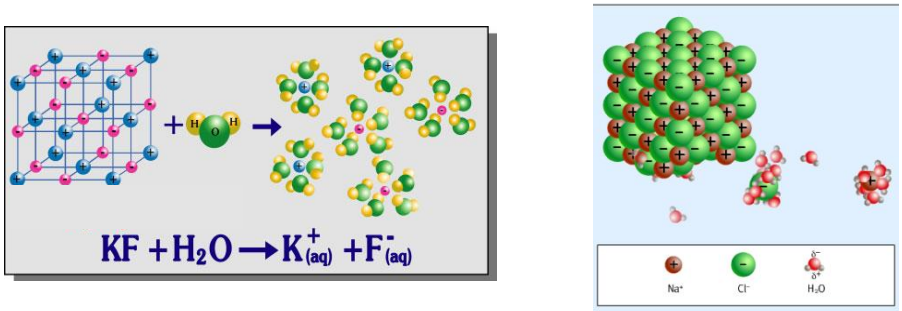
Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια ποικιλία Διδακτικών Εργαλείων, όπως σχήματα, διαγράμματα, σκίτσα, εννοιολογικοί χάρτες, μοντέλα, αναλογίες, προσομοιώσεις και πειράματα. Στην παρουσίασή τους κρίθηκε σκόπιμο να ακολουθηθεί η διδακτέα ύλη, με τη σειρά που παρουσιάζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Λιοδάκης, 2002). Η επιλογή τους έγινε με σκοπό να ενισχυθεί η διδασκαλία ενός κεφαλαίου, στο οποίο συχνά οι μαθητές εμφανίζουν παρανοήσεις, τις οποίες μπορούμε να αποφύγουμε ή και να διορθώσουμε μέσω της χρήσης των ποικίλων αυτών εργαλείων.

Τα εικονικά εργαστήρια και οι προσομοιώσεις (simulation) αποδίδουν με εικονικό τρόπο εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, οντότητες και διαδικασίες, αντικείμενα, όργανα και πειράματα (Ψύλλος & Μπισδικιάν, 2004) και ενσωματώνουν κατά κανόνα διασυνδεδεμένες πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης ενός φαινομένου καθώς και συμβολικές γραφικές παραστάσεις των μεταβολών των εμπλεκομένων μεγεθών (Kocijiancic & O΄Sullivan, 2004). Παρέχουν τις ευκαιρίες στους μαθητές με τα διαδραστικά χαρακτηριστικά τους να τροποποιήσουν τα νοητικά τους μοντέλα συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων στο εικονικό εργαστήριο με τις προσδοκίες τους (Jackson et al., 1996). Επίσης, η χρήση ερωτήσεων, σωκρατικών διάλογων, λύση προβλημάτων, γνωστικής σύγκρουσης, εννοιολογικών χαρτών, δραματικού παιχνιδιού, μεταφορών, αναλογιών και μοντελοποιήσεων ενισχύουν το μαθησιακό αποτέλεσμα (Γεωργιάδου κ.α., 2005). Ιδίως για την κατανόηση αφηρημένων εννοιών το «ξένο» γίνεται πιο εύκολα «οικείο» μέσω της χρήσης αναλογιών, μοντέλων και παραδειγμάτων, τα οποία διευκολύνουν υποδεικνύοντας ομοιότητες με τον πραγματικό κόσμο και οπτικοποιώντας την αφηρημένη έννοια (Reinders 1991). Όμοια, οι ανθρωπομορφικές αναλογίες βρίθουν στη Χημεία (Ingham & Gilbert 1991), καθώς η απόδοση ανθρώπινων συμπεριφορών σε άψυχα αντικείμενα ή αφηρημένες έννοιες, τις κάνει περισσότερο εύληπτες.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Ηλεκτρολύτες – Ηλεκτρολυτική διάσταση

Η ηλεκτρολυτική διάσταση κατά Arrhenius έχει διδαχθεί από την Α' Λυκείου, οπότε την ανακαλούμε με την ***Εικόνα 1(α)*** (http://users.sch.gr/konal/). Σ' αυτή, επεξηγούμε την έννοια εφυδατωμένο ιόν γράφοντας την ***Χημική Εξίσωση*** του φαινομένου απλουστευμένη με το δείκτη $_{(aq)}$ στα ιόντα.



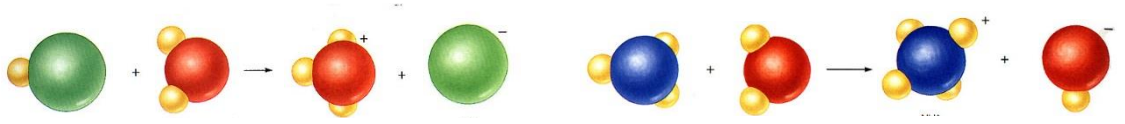
Εικόνα 1: (α) Διάσταση της ιοντικής ένωσης KF και χημική εξίσωση του φαινομένου, **(β)** Στιγμιότυπο του animation της διάλυσης του NaCl στο νερό

Το φαινόμενο παρουσιάζεται πιο εποπτικά με χρήση ενός ***animation*** (Εικόνα 1β), που παρουσιάζει τη διάσταση του NaCl στο νερό.

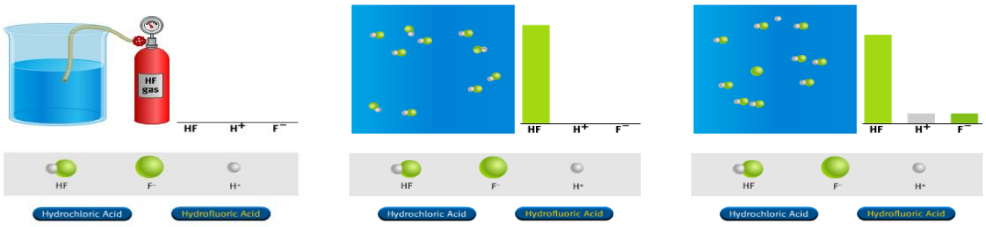
(http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/molvie1.swf) Η εφαρμογή «ζουμάρει» στο εσωτερικό του διαλύματος και αναλύει το σχηματισμό των εφυδατωμένων ιόντων, λόγω πολικότητας των μορίων του νερού. Τα οφέλη της χρήσης του είναι πολλαπλά: η απεικόνιση της κρυσταλλικής δομής και η σχάση του πλέγματος της ιοντικής ένωσης, η απεικόνιση των εφυδατωμένων ιόντων, η οπτικοποίηση του μικρόκοσμου ενός καθημερινού μακροσκοπικά φαινομένου, όπως η διάλυση του αλατιού στο νερό, κ.α.

Πλήρης – Μερικός Ιοντισμός

Το φαινόμενο του πλήρους και του μερικού ιοντισμού απεικονίζεται με ***μοριακά μοντέλα σφαιρών*** στην Εικόνα 2.



ιστοσο, η παρουσιαση του ιοντισμού μπορεί να γίνει με ένα **animation,** (http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/acid13.swf), που αποδίδει τόσο το μικροσκοπικό επίπεδο της ύλης όσο και το ποσοτικό, με **ραβδογράμματα** των συγκεντρώσεων όλων των σωμάτων (Εικόνα 3).

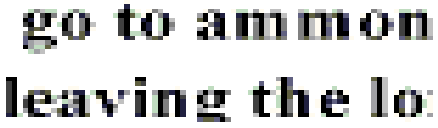


Εικόνα 3: Μερικός ιοντισμός του HF στο νερό, σε μικροσκοπικό και σε ποσοτικό επίπεδο, σε τρία στιγμιότυπα του animation

Ορισμός Οξέων-Βάσεων κατά Arrhenius, κατά Brönsted-Lowry

Για τον ορισμό των οξέων και βάσεων κατά Brönsted-Lowry μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την **Εικόνα 4, των μοριακών μοντέλων** και γράφοντας τη **χημική εξίσωση** να ορίσουμε το ρόλο της κάθε ένωσης, ώστε να φανεί η ύπαρξη δυο συζυγών ζευγών.

Οξύ + Βάση ⇄ Συζυγές Οξύ + Συζυγής Βάση



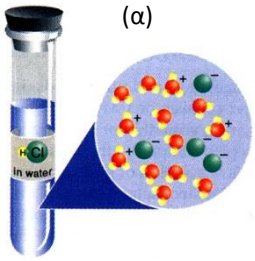
Εικόνα 4: Συζυγή ζεύγη οξέων-βάσεων κατά Brönsted-Lowry

Ισχύς των ηλεκτρολυτών

Η έννοια του βαθμού ιοντισμού α, μπορεί να εισαχθεί ως ανάκληση της γνωστής, από τη Β' Λυκείου, απόδοσης αντίδρασης. Η **Εικόνα 5** εστιάζει στο **μικροσκοπικό επίπεδο** τόσο όταν α = 1 (HCl) όσο και όταν α < 1 (HCN).

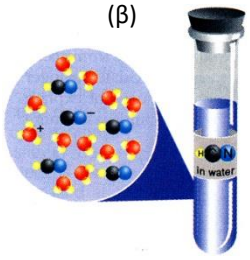
$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

(α)



$HCN + H_2O \rightleftarrows H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$

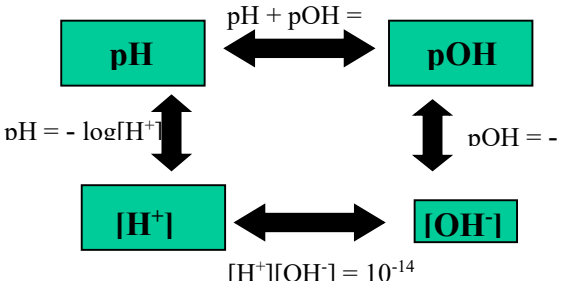
(β)



Εικόνα 5: Αναπαράσταση σε μικροσκοπικό επίπεδο: **(α)** του βαθμού ιοντισμού α = 1, στο ισχυρό οξύ HCl, και **(β)** του βαθμού ιοντισμού α < 1, στο ασθενές οξύ HCN.

Κλίμακα pH και οξύτητα – βασικότητα

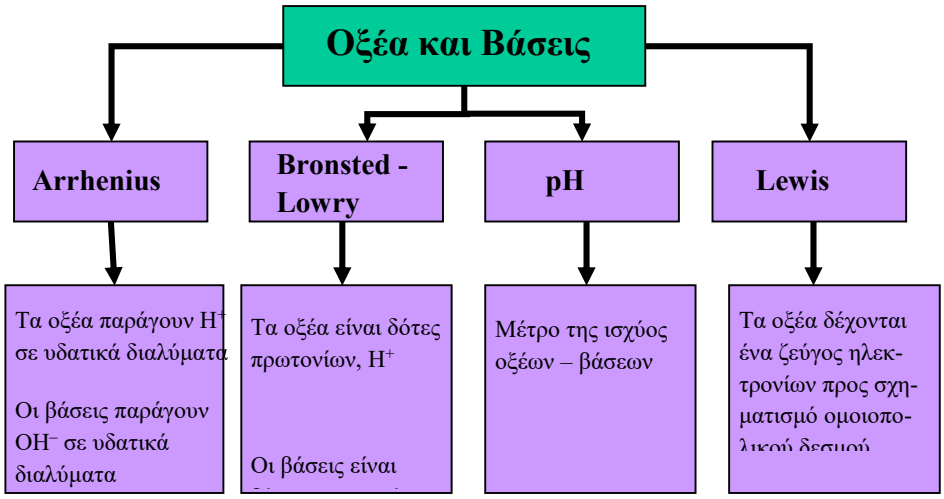
Η κλίμακα pH αν και γνωστή στους μαθητές από το Γυμνάσιο, εδώ εισάγεται με τη μαθηματική της διάσταση. Με τον **Χάρτη Εννοιών** (Εικόνα 6) μπορούμε να δώσουμε τις μαθηματικές εξισώσεις ορισμού του pH και pOH, καθώς και αλληλεξαρτήσεις τους. Ο χάρτης εννοιών συνδυάζει έννοιες και βοηθά στην ταξινόμηση νέων γνώσεων στο μυαλό των μαθητών, καθώς αποτελεί έναν εποπτικό, οπτικά ευπαρουσίαστο και μνημονικό τρόπο παρουσίασης των εννοιών.



Εικόνα 6: Χάρτης εννοιών με τις εξισώσεις ορισμού και τις αλληλεξαρτήσεις pH/pOH

Επειδή αναμφισβήτητα το **πείραμα** είναι το καθεαυτό εργαλείο στη διδασκαλία της Χημείας, αξίζει μέσω **πεχαμέτρου** (ηλεκτρονικό ή τσέπης) να μετρηθούν οι τιμές pH διαλυμάτων (χυμός, νερό, γάλα), ακόμα και μέσα στην τάξη σε ελάχιστα δευτερόλεπτα. Κλείνοντας την ενότητα του pH προτείνουμε τη χρήση ενός συνοπτικού **χάρτη εννοιών**, με σκοπό να «ανακεφαλαιώσουμε» με τις παρούσες έννοιες (Εικόνα 7).

Μια εναλλακτική ιδέα, που προσφέρει τη δυνατότητα ενεργής συμμετοχής των μαθητών και αξιολόγησης της πορείας μάθησης είναι η χρήση ενός **διαδικτυακού παιχνιδιού.** Ο μαθητής μπορεί να συμμετέχει σε ένα διαδραστικό κουίζ ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής μέσω της ιστοσελίδας: «http://www.quia.com/shared/chemistry/». Τα πλεονεκτήματα είναι: έλεγχος ορθής επιλογής, αιτιολόγηση της λανθασμένης, επαναληψιμότητα, συντομία, και διαδραστικότητα, που «σπάει» τη μονοτονία ενός μαθήματος, λειτουργώντας ταυτόχρονα ως ένα εργαλείο αξιολόγησης. Στην ίδια ιστοσελίδα υπάρχουν παιχνίδια, αντίστοιχα γνωστών τηλεπαιχνιδιών, τύπου κρεμάλας».



Εικόνα 7: Χάρτης Εννοιών, που συνοψίζει βασικές έννοιες των οξέων/βάσεων

Διαλύματα ασθενών οξέων – βάσεων - Νόμος αραιώσεως του Ostwald

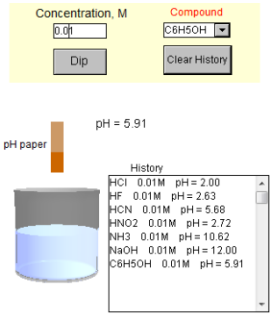
Για να εισάγουμε την ποσοτική έκφραση της ισχύος ενός ασθενούς οξέος/βάσης μέσω της μαθηματικής έκφρασης της σταθεράς ιοντισμού K_a/K_b μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα **σκίτσο** (Εικόνα 8) (Gonick, 2005). Τα σκίτσα, ως διδακτικά εργαλεία προσφέρουν μια οικειότητα στα παιδιά, καθώς τους παραπέμπουν σε ευχάριστα αναγνώσματα και μεταφέρουν ένα χαρούμενο κλίμα στο μάθημα.

Εικόνα 8: (α) Σκίτσο περιγραφής της ισχύος ενός ασθενούς οξέος και έκφραση $K_α$
(β) Σκίτσο περιγραφής της μετατόπισης μιας αντίδρασης προς τον ασθενέστερο

Άλλο ένα διδακτικό εργαλείο, που μεταφέρει ζωντανό κλίμα στα παιδιά, αν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα, είναι η **αναλογία** (Vosniadou, 1989). Για παράδειγμα, προκειμένου να αποδειχθεί ότι στις αντιδράσεις οξέος – βάσης η ισορροπία μετατοπίζεται προς το ασθενέστερο οξύ και την ασθενέστερη βάση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αναλογία δύο μαθητών, που «*βάζουν χέρια*» προκειμένου να φανεί ότι τα «*δεμένα χέρια τους*» θα μετατοπιστούν προς την πλευρά του ασθενέστερου σε δύναμη μαθητή. Το ίδιο εκφράζεται μέσω ενός **σκίτσου** (Εικόνα 8β), που συνδυάζεται με την προτεινόμενη αναλογία (Gonick, 2005).

Η ενότητα των ασθενών ηλεκτρολυτών μπορεί να κλείσει με τη χρήση μιας **προσομοίωσης** του προγράμματος *Chemland Shockwave* (*Acid-BasepH2.dcr*), που συνδυάζει την επίλυση

ασκήσεων του νόμου Ostwald και τον υπολογισμό του pH (*http://www.people.okanagan.bc.ca/cdoige/chemland/*).

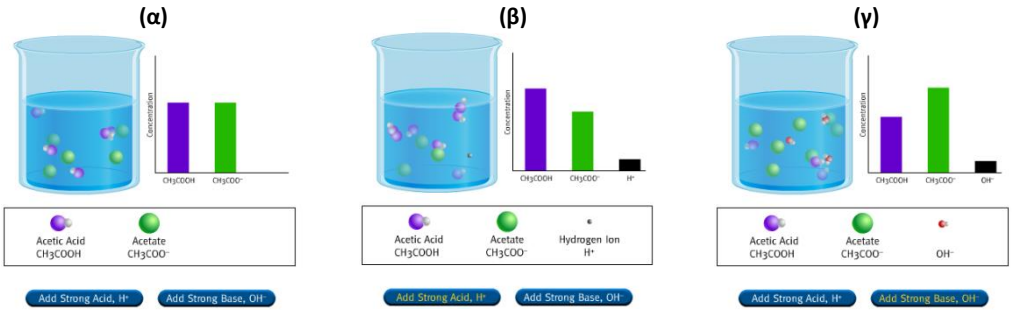


Εικόνα 9: Στιγμιότυπο της προσομοίωσης εύρεσης του pH ασθενών/ισχυρών ηλεκτρολυτών

Η αξία της διαδραστικής αυτής εφαρμογής, πέρα από την ενεργό συμμετοχή που προσφέρει στο μαθητή, αναδεικνύεται στην περίπτωση επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν το pH κάποιων διαλυμάτων ασθενών και ισχυρών οξέων 0,01M, με δεδομένη την τιμή της Ka του καθενός.

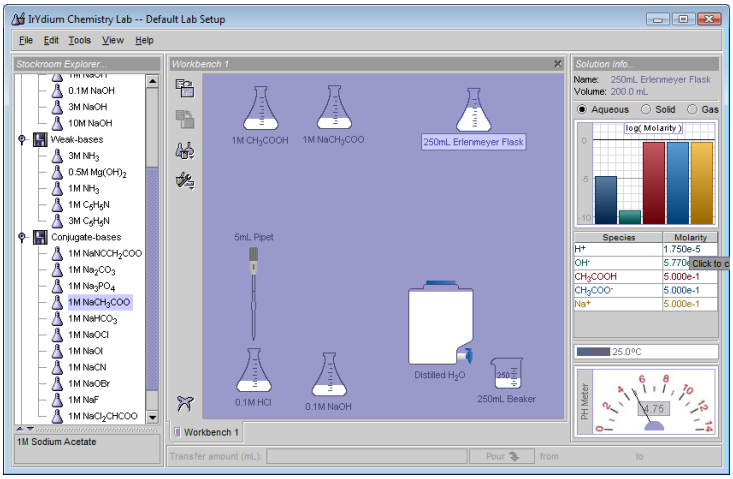
Ρυθμιστικά Διαλύματα

Για την επίδειξη της δράσης του ρυθμιστικού διαλύματος κατά την προσθήκη μικρής ποσότητας ισχυρού οξέος ή βάσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα **animation** (*http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/buffer12.swf*), που παρουσιάζει τόσο το μικροσκοπικό όσο και το ποσοτικό επίπεδο, με ραβδογράμματα των συγκεντρώσεων των σωμάτων (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Στιγμιότυπα του animation σε μικροσκοπικό και ποσοτικό επίπεδο για: **(α)** Ρυθμιστικό διάλυμα CH_3COOH/CH_3COO^-, **(β)** Προσθήκη ποσότητας ισχυρού οξέος, H^+, **(γ)** Προσθήκη ποσότητας ισχυρής βάσης, OH^-

Η παρασκευή ρυθμιστικού διαλύματος και η μέτρηση της μεταβολής του pH του με την προσθήκη ισχυρού ηλεκτρολύτη ή με την αραίωση προτείνουμε να εκτελεστεί είτε **πειραματικά** είτε μέσω της **προσομοίωσης** του λογισμικού Virtual Lab**.** Στο εικονικό πείραμα παρασκευάζουμε ρυθμιστικό διάλυμα CH_3COOH 1M/CH_3COONa 1M, και υπολογίζουμε τη μεταβολή του pH με την προσθήκη μικρών ποσοτήτων HCl και NaOH (0,1M), καθώς και με την αραίωση (Εικόνα 11).



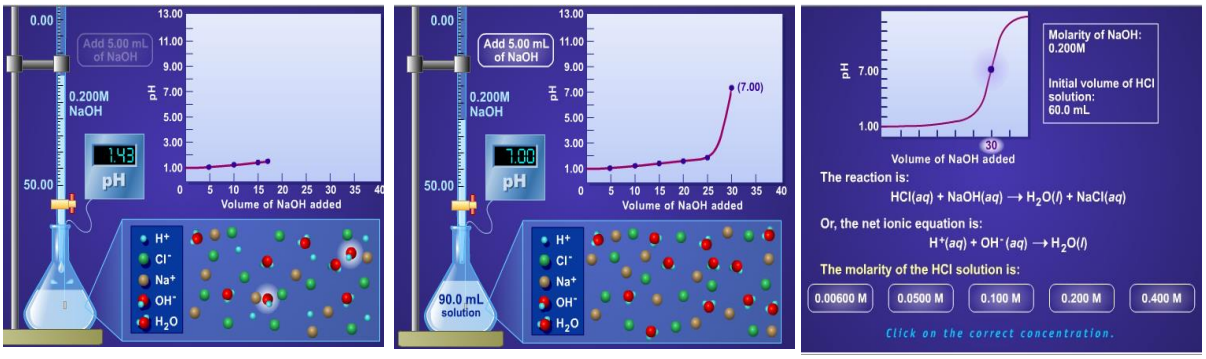
Εικόνα 11: Προσομοίωση της παρασκευής ενός ρυθμιστικού διαλύματος και της μέτρησης της μεταβολής του pH του, στο εικονικό εργαστήριο του Virtual Lab.

Δείκτες – Ογκομέτρηση

Οι δείκτες και η ογκομέτρηση κρίνεται σκόπιμο να διδαχθούν μέσω της εκτέλεσης **πειράματος**. Ακόμη και υπό την αναμφισβήτητη πίεση χρόνου, οι μαθητές εντυπωσιάζονται από τον πραγματικό κόσμο της χημείας των χρωμάτων και των αλλαγών. Η επαναληψιμότητα της ογκομέτρησης, ως μέρος της επιστημονικής μεθοδολογίας γίνεται μέσω της ομαδοποίησης των μαθητών. Το προτεινόμενο πείραμα αφορά την αντίδραση μικρού κομματιού νατρίου με νερό και την ογκομέτρησή του με πρότυπο διάλυμα HCl και φαινολοφθαλεΐνη. Ζητείται ο υπολογισμός της μάζας του νατρίου, καθώς και ο σχεδιασμός της καμπύλης ογκομέτρησης, με το ισοδύναμο και το τελικό σημείο, ώστε να γίνει αντιληπτή η διαφορά μεταξύ τους.

Αν οι συνθήκες δεν ευνοούν την εκτέλεση πειράματος, μπορεί να γίνει χρήση ενός **animation,** που παρουσιάζει σε μικροσκοπικό επίπεδο τη εξουδετέρωση, χαράσσει την καμπύλη ογκομέτρησης και υπολογίζει την άγνωστη συγκέντρωση. Η συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και πριν ή μετά το πραγματικό πείραμα, καθώς αναδεικνύει ιδιαίτερα σημεία της ογκομέτρησης

(*http://auth.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/crm3s5_5.swf*)



Εικόνα 12: Στιγμιότυπα του animation της ογκομέτρησης διαλύματος HCl με NaOH

Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν κάποια διδακτικά εργαλεία, που στηρίζουν τη διδασκαλία των «Οξέων – Βάσεων – Ιοντικής Ισορροπίας», κεφαλαίου της Χημείας Γ' Λυκείου. Σε κάποιες περιπτώσεις προτάθηκαν περισσότερα από ένα εργαλεία για τη διδασκαλία των ίδιων εννοιών-υποκεφαλαίων, ώστε να φανεί η πληθώρα με την οποία είναι διαθέσιμα, αλλά ταυτόχρονα να διακριθεί η διαφορετική πτυχή, που μπορεί το καθένα από αυτά να καλύψει, στο ίδιο θέμα μελέτης.

Σ' αυτή την παρέμβαση τα εργαλεία επιβεβαίωσαν το σχήμα "πρόβλεψη – πειραματικός έλεγχος – γνωστική σύγκρουση – επαλήθευση – εξήγηση", καθώς η χρήση τους σε συνδυασμό με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών έδρασαν υπέρ της εποικοδομητικής προσέγγισης. Οι μαθητές εμπέδωσαν τη νέα γνώση εφαρμόζοντας τις αρχές του εποικοδομητισμού και της διαψευσιμότητας, ακολουθώντας τα στάδια της επιστημολογικής μεθοδολογίας. Αποδείχτηκε ότι ξεκινώντας με τις προβλέψεις τους και εφαρμόζοντας τα διδακτικά εργαλεία, που τους φάνηκαν πολύ ελκυστικά, κατάφεραν με έναν ευχάριστο τρόπο μάθησης να κατανοήσουν τη νέα γνώση και να ερμηνεύσουν τους νόμους και τα φαινόμενα που εισάχθηκαν στο κεφάλαιο αυτό, φθάνοντας ο καθένας στη γνωστική του σύγκρουση.

Τα διδακτικά εργαλεία θεωρούμε πως μπορούν κάλλιστα να αποτελέσουν τον καταλύτη στην αμφίδρομη χημική αντίδραση της διδασκαλίας/αλληλεπίδρασης καθηγητή και μαθητών, αλλά σίγουρα ο καθηγητής, με τον ιδιαίτερο ρόλο που έχει, είναι αυτός που θα επιλέξει ποιόν εξειδικευμένο καταλύτη-ένζυμο θα χρησιμοποιήσει, ανάλογα με το αντικείμενο της διδασκαλίας.

Βιβλιογραφία

Γεωργιάδου Α., Γράβος Ν. και Σπυρέλλης Ν. (2005). Ψηφιοποίηση μηχανικών αναλογιών που αντιπροσωπεύουν φυσικοχημικές έννοιες και φαινόμενα με χρήση των προγραμμάτων Flash και Dreamweaver. 3ο Συνέδριο ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, Σύρος, 258-263.

Δημητρακοπούλου Α. (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών - Τι προσφέρουν και πώς τις αξιοποιούμε;. Ειδικό αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση. Επιθεώρηση Φυσικής, Vol Η', No 30, 48-58

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ και Θεοδωρόπουλος, Π. (2002). Χημεία Γ΄ Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Παπαδόπουλος Γ., Σατρατζέμη Μ. και Ψύλλος Δ. (επιμ.). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην Ελληνική Εκπαίδευση: Απολογισμός και Προοπτικές, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

Ψύλλος, Δ. και Μπισδικιάν, Γ. (2004). Τεχνολογίες Πληροφόρησης στο διερευνητικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. στο Βλαχάβας, Ι., Δαγδιλέλης Β., Ευαγγελίδης Γ., Ingham A. and Gilbert J., (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. Science Education, Vol. 13, No 2, 193-202.

Georgiadou, A. and Tsaparlis, G. (2000). Chemistry Teaching in Lower Secondary School with methods based on: A) Psychological theories; B) The Macro, Representational, and sub-micro levels of Chemistry. CERAPIE Chemistry Education: Research and Practice in Europe, Vol.1, No.2 pp.

Gonick, L. and Criddle, C., (2005). The Cartoon Guide to Chemistry. HarperColllins Publications, New York

Jackson, S. L., Stratford, S. J., Krajcik, J. and Soloway, E. (1996). A learner-centered tool for students building models. Communications of the ACM, 39(4), 48-49.

Kocijancic, S. and O'Sullivan, C. (2004). Real or virtual laboratories in science teaching – is this actually a dilemma?. Informatics in Education, 3(2), 239- 249.

Niedderer, H., Sander, F., Goldberg, F., Otero, V., Jorde, D., Slotta, J., Stroemme, A., Fisher, H.E., Hucke, L., Tiberghien, A. and Vince, J. (2003). Research about the use of information technology in Science Education. Science Education Research in the Knowledge Based Society (pp. 300-312), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Reinders D. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. Science Education, 75(6), 649-672.

Sassi, E. (2001). Computer supported lab-work in physics education: advantages and problems. Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000, CD Production Calidos, Barcelona.

Vosniadou S. (1989). Similarity and Analogical Reasoning, Cambridge University Press

Εφαρμογή των γνώσεων της χημείας και της βιολογίας του λυκείου για μετατροπή τηγανέλαιου σε βιοντίζελ.

Αδαμίδης Αδάμ
Γενικό λύκειο Βουκολιών, Χανιά Κρήτης
adpelad@gmail.com

Περίληψη

Μέσα στον κυκεώνα της σύγχρονης ελληνικής και παγκόσμιας πραγματικότητας, το σχολείο καλείται να ενεργοποιήσει τη σκέψη, τη δημιουργικότητα και την πρωτοβουλία των μαθητών και αυριανών πολιτών, με την άμεση και ενεργό συμμετοχή τους σε όλες τις φάσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Ένας λοιπόν, τρόπος για να πραγματωθεί αυτός ο στόχος, είναι να συνδεθούν οι γνώσεις που παρέχει το αναλυτικό πρόγραμμα, τόσο με ανάγκες της καθημερινότητας όσο και με τις επιμέρους δεξιότητες και ενδιαφέροντα των παιδιών. Με αυτές τις σκέψεις στα πλαίσια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας της Β΄ τάξης του γενικού λυκείου, επιλέξαμε να ερευνήσουμε την αναγκαιότητα των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, και συγκεκριμένα την μετατροπή των τηγανέλαιων σε βιοντίζελ.

Abstract

In the maze of modern Hellenic and global reality, the school is required to trigger the thought, creativity and initiative of students and future citizens, by enabling their direct and active participation in each and every phase of the educational process. In order to realize this goal a connection needs to be established between the knowledge provided by the curriculum and the modern everyday needs as well as the student's individual skills and interests.

Taking the above into consideration, a group of 2nd year Senior High School students, under the supervision of their chemistry teacher chose, within the scope of their project course, to investigate the necessity of alternative energy sources, and particular the conversion of frying oil into biodiesel.

1. Εισαγωγή

Στο αναλυτικό πρόγραμμα της Β΄ λυκείου έχει ενταχθεί από το σχολικό έτος 2012-2013 το μάθημα της ερευνητικής εργασίας. στο οποίο προωθούνται τέσσερις παιδαγωγικές αρχές, που είναι :

1. Η αρχή της διερευνητικής προσέγγισης της μάθησης,
2. Η αρχή της διεπιστημονικής -διαθεματικής συνεργασίας των καθηγητών
3 Η αρχή της διαφοροποίησης του περιεχομένου, της διαδικασίας και του πλαισίου της μάθησης
4. Η αρχή της ομαδικής συνεργασίας των μαθητών.

Οι παραπάνω παιδαγωγικές αρχές, όταν εφαρμόζονται συντονισμένα, αποδεδειγμένα αλλάζουν τους διδακτικούς ρόλους των εκπαιδευτικών, τους μαθησιακούς ρόλους των μαθητών, καθιερώνουν νέες εκπαιδευτικές πρακτικές διερεύνησης και συνεργασίας και, εν γένει, δημιουργούν μια εκπαιδευτική κουλτούρα που ενθαρρύνει ακόμη περισσότερο την πρωτοβουλία, την επιλογή, τον πειραματισμό και την ατομική και ομαδική ευθύνη.

Στο μάθημα της χημείας οι μαθητές μαθαίνουν για τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα (πετρέλαιο, λιγνίτης) αλλά και καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα (ακετυλένιο, αιθανόλη), διδάσκονται την χημική δομή και την αντίδραση της καύσης των υδρογονανθράκων, τις ενεργειακές μεταβολές που την συνοδεύουν, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους, ενώ και στην χημεία και στην βιολογία μαθαίνουν για την δομή και τον ρόλο των λιπών και των ελαίων.

Στην προσπάθεια μας, λοιπόν, τα παιδιά να αγαπήσουν και να κάνουν κτήμα τους τη νέα γνώση θέσαμε ως στόχο να συνδέσουμε τις ανάγκες της κοινωνίας τα καθημερινά τους

ενδιαφέροντα και τις προοπτικές που ανοίγονται από την αξιοποίηση της χημείας για την παραγωγή εναλλακτικών καυσίμων.

2. Αρχική ιδέα και μέθοδος εργασίας

Μετά από συζήτηση με τους μαθητές, για την επιλογή του θέματος της ερευνητικής εργασίας αναδείχθηκαν δύο επίκαιρα προβλήματα. Το ενεργειακό, η ελάττωση, δηλαδή των αποθεμάτων καυσίμων, παγκοσμίως, αλλά και της αναμενόμενης απαγορευτικής τιμής του πετρελαίου θέρμανσης ενόψει του επερχόμενου χειμώνα.

Μέσα από αυτόν τον προβληματισμό και δεδομένου ότι στη μελέτη θεμάτων του φυσικού κόσμου η ερευνητική εργασία χρησιμοποιεί ως μεθοδολογικά εργαλεία την παρατήρηση και τον πειραματισμό σε συνθήκες εργαστηρίου αποφασίσαμε να μελετήσουμε το γενικότερο θέμα των βιοκαυσίμων και μάλιστα αν μπορούσαμε και πειραματικά.

Ακολούθησε μια βιβλιογραφική έρευνα για το θέμα των βιοκαυσίμων τόσο στο χώρο της σχολικής βιβλιοθήκης όσο και στο διαδίκτυο, η οποία στην επόμενη συνάντηση ανατροφοδότησης μας οδήγησε στο θέμα της παραγωγής βιοντίζελ από τηγανέλαια. Τα παιδιά είχαν δει στο Youtube ένα τηλεοπτικό αφιέρωμα στους μαθητές ενός σχολείου του Δήμου Συκεών Θεσσαλονίκης, οι οποίοι συνέλλεξαν αρκετά κιλά τηγανέλαια, και σε συνεργασία με το ΤΕΙ Κοζάνης εξασφάλισαν μία ποσότητα βιοντίζελ για την θέρμανση του σχολείου τους. Η πληροφορία αυτή ήταν η αφορμή για να αναδειχθεί ένα πρόβλημα τοπικού χαρακτήρα και ένα ειδικότερο θέμα έρευνας. Το πρόβλημα ήταν περιβαλλοντικής φύσης και αφορούσε την διάθεση των χρησιμοποιημένων φυτικών ελαίων (τηγανέλαιων) που είναι προβληματική, ειδικά τους θερινούς μήνες, κατά τους οποίους λειτουργούν πολλά καταστήματα εστίασης στο νησί και οι ποσότητες του εν' λόγω απόβλητου είναι μεγάλες. Το νέο πεδίο για έρευνα που απασχολούσε τους μαθητές ήταν τι ακριβώς είναι το εναλλακτικό αυτό καύσιμο πώς μπορεί να μετατραπεί το τηγανέλαιο σε βιοντίζελ αλλά και. να προσπαθήσουμε στο σχολικό εργαστήριο να μετατρέψουμε το τηγανέλαιο σε βιοντίζελ.

3. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ως βιοντίζελ ορίζεται το σύνολο των καθαρών καυσίμων των οποίων η πηγή είναι φυσική και ανανεώσιμη και τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν το συμβατικό πετρέλαιο ντίζελ ή να προστεθούν σε αυτό και να αποδώσουν καύσιμα μίγματα. (K. Shaine Tyson 2001). Ο όρος βιοντίζελ επικράτησε όχι γιατί το καύσιμο αυτό έχει ομοιότητες ως προς την χημική δομή με το ντίζελ αλλά διότι τα δύο υλικά έχουν παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες και μπορούν αφού αναμιχθούν σε διάφορες αναλογίες από 20 έως και 50 % βιοντίζελ / ντίζελ να χρησιμοποιηθούν σε κάθε πετρελαιοκινητήρα χωρίς καμία μετατροπή. Η ιδέα της χρήσης τέτοιων καυσίμων δεν είναι πρωτότυπη, καθώς ο ίδιος ο Ρούντολφ Ντίζελ, όταν σχεδίασε την πρώτη μηχανή , είχε κατά νου τη λειτουργία της με καύσιμα από φυτικά έλαια. Η επικράτηση της χρήσης πετρελαίου ντίζελ οφείλεται στη στην χαμηλότερή τιμή του, έως πρόσφατα Όμως η ελάττωση των αποθεμάτων πετρελαίου και τα νέα οικονομικά δεδομένα έχουν οδηγήσει στην αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας. Μεταξύ των προτάσεων βρίσκεται και η χρήση του βιοντίζελ, σενάριο το οποίο είναι και το πιο άμεσα εφαρμόσιμο στην παρούσα ενεργειακή τεχνολογία. Ήδη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το βιοντίζελ παρασκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα από το 1992.

Τα μίγματα βιοντίζελ / ντίζελ χαρακτηρίζονται από το γράμμα "Β" ακολουθούμενο από την επί τοις εκατό κατά όγκο αναλογία του βιοντίζελ στο μίγμα. Π.χ., ως Β100 χαρακτηρίζεται το καθαρό βιοντίζελ, ενώ ως Β20 ένα μίγμα αποτελούμενο κατά 20% από βιοντίζελ και κατά 80% από πετρέλαιο ντίζελ. Τα μίγματα Β20 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν σε κάθε μηχανή ντίζελ, τα μίγματα υψηλότερης περιεκτικότητας σε βιοντίζελ ενδεχομένως να απαιτούν κάποια μικρή τροποποίηση των μηχανών λόγω υψηλού ιξώδους. Η χρήση του βιοντίζελ σε μια συμβατική μηχανή ντίζελ έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη εκπομπή ακαύστων υδρογονανθράκων, μονοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου, πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, και νιτρωμένων πολυκυκλικών υδρογονανθράκων (PAN). Η μείωση αυτή

είναι πιο έντονη όσο αυξάνεται η επί τοις εκατό περιεκτικότητα του βιοντίζελ στο καύσιμο μίγμα. (K. Shaine Tyson 2001)

Πίνακας 1: Διαφορά εκπομπών στην εξάτμιση για βιοντίζελ και ντίζελ πετρελαίου

Εκπομπές	B100	B20
Μονοξείδιο του άνθρακα	-43.2%	-12.6%
Υδρογονάνθρακες	-56.3%	-11.0%
Στερεά	-55.4%	-18.0%
Οξείδια του αζώτου	+5.8%	+1.2%
Τοξικά αέρια	-60% έως –90%	-12% έως –20%
Μεταλλαξιογόνα	-80% έως –90%	-20%
Διοξείδιο του άνθρακα	-78.3%	-15.7%
Πηγή: Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004,September 2001		

3.1 Χημική δομή και παραγωγή βιοντίζελ από τηγανέλαιο

Εξαρχής είπαμε ότι στόχος μας ήταν να συνδέσουμε τις γνώσεις της χημείας και της βιολογίας του λυκείου με τα ζητήματα της καθημερινής ζωής. Το ζητούμενο που είχε προκύψει σ'αυτήν την φάση της εργασίας δεν ήταν να βρεθεί μία μέθοδος παραγωγής βιοντίζελ. Τα παιδιά στην έρευνα τους είχαν βρει πολλές μεθόδους μετατροπής των φυτικών ελαίων σε βιοντίζελ αλλά είχαν διαπιστώσει επίσης ότι αυτό το καύσιμο από έλαια γενικά είναι τελικώς ακριβότερο από το ντίζελ πετρελαίου. Τότε μελετήσαμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψης των τηγανέλαιων τόσο στο έδαφος όσο και στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (Ζουμπούλης ΑΠΘ 2001), και είδαμε πως αυτό το επικίνδυνο απόβλητο θα μπορούσε όχι απλά να μην ρυπαίνει αλλά και να αξιοποιηθεί για παραγωγή βιοντίζελ. Μάθαμε στην Βιολογία και στην χημεία της Β λυκείου ότι τα λίπη και τα έλαια αποτελούνται κυρίως από τριγλυκερίδια και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Τα τριγλυκερίδια, τα οποία ανήκουν σε μια μεγάλη οικογένεια ενώσεων, τα λιπίδια, δεν είναι τίποτε άλλο από τριεστέρες της γλυκερόλης με καρβοξυλικά οξέα μεγάλου μοριακού βάρους, και μπορούν ασφαλώς να αποτελέσουν καύσιμο αλλά όχι για τους συνήθεις κινητήρες λόγω των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους (κυρίως το μεγάλο ιξώδες και σημείο τήξης).

Σχήμα 1: Η γλυκερόλη (1,2,3 προπανοτριόλη) και το γενικό σχήμα των τριεστέρων με λιπαρά οξέα

Γλυκερόλη τριεστέρας με 3 διαφορετικά λιπαρά οξέα

Στη φύση απαντούν 40 περίπου διαφορετικά λιπαρά οξέα. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ο άρτιος αριθμός ατόμων άνθρακα. Τα λιπαρά οξέα μπορεί να είναι κορεσμένα, μονοακόρεστα ή και πολυακόρεστα.

Πίνακας 2 : Συνήθη λιπαρά οξέα και τα σ.τ αυτών

$CH_3(CH_2)_{12}COOH$ (54 °C)	μυριστικό οξύ (δεκατετρανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$ (63 °C)	παλμιτικό οξύ(δεκαεξανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (70 °C)	στεατικό οξύ(δεκαοκτανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$(4°C)	ελαϊκό οξύ (9-δεκαοκτενικό οξύ)

Μετά από νέα βιβλιογραφική μελέτη (Α. Βάρβογλης οργανική χημεία 1998) αλλά και (Επταμηνιτάκης κ.α 2004) βρήκαμε πως το βιοντίζελ από φυτικά έλαια είναι ένα μίγμα εστέρων που προκύπτουν από τα λιπαρά οξέα των τριγλυκεριδίων κατά την αντίδραση της μετεστεροποίησης. Εδώ κρίθηκε απαραίτητο να γίνει μία επέκταση των γνώσεων της χημείας πάνω στο συγκεκριμένο θέμα. Κατά τη μετεστεροποίηση των φυτικών ελαίων, τα περιεχόμενα τριγλυκερίδια αντιδρούν με κάποια αλκοόλη παρουσία καταλύτη, προς σχηματισμό μίγματος αλκυλεστέρων και γλυκερίνης. Αυτό πραγματοποιείται σε μια αλληλουχία τριών ουσιαστικά αντιδράσεων, όπου εμφανίζονται ως ενδιάμεσα προϊόντα διγλυκερίδια και μονογλυκερίδια. Πρόκειται για αντιδράσεις που φτάνουν σε ισορροπία, οπότε προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή απόδοση στο τελικό επιθυμητό μίγμα αλκυλεστέρων, χρησιμοποιείται περίσσεια αλκοόλης.

Σχήμα 2: Γενικό σχήμα μετεστεροποίησης

RCOOR' + R''OH ⇌ RCOOR'' + R'OH

εστέρας αλκοόλη **νέος εστέρας νέα αλκοόλη**

Η αλκοόλη της μετεστεροποίησης μπορεί να ποικίλει κατά περίπτωση, στόχος είναι όμως να μπορεί να αναμιγνύεται με την υδατική φάση, ώστε να απομακρύνεται μαζί με τη γλυκερίνη στο τέλος της διαδικασίας. Έτσι, ως πιθανές αλκοόλες συναντάμε τη μεθανόλη, την αιθανόλη, την προπανόλη ενώ ως καταλύτη το υδροξείδιο του νατρίου με τον οποίο όμως χρειάζεται μεγάλη προσοχή να είναι τελείως άνυδρη για να μην οδηγηθούμε σε αντίδραση σαπωνοποίησης. Έτσι λοιπόν καταλήξαμε στην απόφαση να τροποποιήσουμε μία μέθοδο μετατροπής ηλιέλαιου σε βιοντίζελ (Μαρούλης κ.α ΑΠΘ ΔιΧηΝεΤ 2004) χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη το τηγανέλαιο και ως αλκοόλη απόλυτη αιθανόλη.

4. Πειραματική Διαδικασία

4.1 Όργανα, Σκεύη Και Αντιδραστήρια.

Για την εκτέλεση του πειράματος που υλοποιήθηκε στο σχολικό εργαστήριο τα απαραίτητα όργανα και σκεύη είναι τα εξής:

- Εργαστηριακός ζυγός με ακρίβεια τουλάχιστον δύο δεκαδικών ψηφίων
- Θερμαντικό σώμα ή γκαζάκι
- Θερμόμετρο ικανό για μετρήσεις τουλάχιστον έως 300 ο C
- Κωνική φιάλη των 250mL
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 100mL
- Τρία ποτήρια ζέσεως των 100 mL
- Μεγάλος δοκιμαστικός σωλήνας
- Γυάλινη ράβδος

Τα απαραίτητα αντιδραστήρια για την εκτέλεση του πειράματος είναι τα εξής :

- τηγανέλαιο
- Αιθανόλη - CH3 CH2OH
- Υδροξείδιο του νατρίου - NaOH

Πίνακας 3: Κανόνες Ασφαλείας

Κατά την διάρκεια του πειράματος στο εργαστήριο η θέρμανση του ελαίου γίνεται μακριά από την αλκοόλη ιδίως αν το θερμαντικό σώμα πρόκειται για γκαζάκι διότι οι αλκοόλες είναι εύφλεκτες

Οι μαθητές που συμμετέχουν στο πείραμα φορούν προστατευτικά γυαλιά και γάντια καθώς το υδροξείδιο του νατρίου είναι καυστικό και διαβρωτικό

4.2 Πειραματική Διαδικασία

Αφού ελέγξουμε αν έχουμε στη διάθεσή μας όλα τα απαραίτητα όργανα, σκεύη αντιδραστήρια και τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας, ξεκινούμε:

- Σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml μετράμε 80ml τηγανέλαιου
- Την ποσότητα αυτή τη μεταφέρουμε σε μια κωνική φιάλη των 250ml.
- Τοποθετούμε την κωνική φιάλη πάνω σε θερμαντικό σώμα και με ένα θερμόμετρο ελέγχουμε τη θερμοκρασία, η οποία πρέπει να φτάσει τους 55 °C.
- Ένα άλλο μέλος της ομάδας ασχολείται με τη ζύγιση κατάλληλης ποσότητας καταλύτη. Ο καταλύτης είναι το υδροξείδιο του Νατρίου.
- Ζυγίζουμε **0,4 gr** στερεό υδροξείδιο του Νατρίου (**NaOH**) απευθείας σε ποτήρι ζέσεως των 100 ml, χρησιμοποιώντας σπάτουλα.(Προσέχουμε έτσι ώστε, αφού πάρουμε την ποσότητα που χρειάζεται, να κλείσουμε το δοχείο που περιέχει το υδροξείδιο του Νατρίου, για να μην απορροφήσει υγρασία και διοξείδιο του άνθρακα από το περιβάλλον.)
- Στη συνέχεια, σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο των 50ml, τοποθετούμε 30ml απόλυτης αιθανόλης (CH_3CH_2OH).
- Ρίχνουμε την αιθανόλη στο ποτήρι όπου έχουμε το υδροξείδιο του νατρίου και με τη βοήθεια μιας γυάλινης ράβδου αναδεύουμε μέχρι να διαλυθεί πλήρως.
- Το διάλυμα αυτό προστίθεται στο θερμό τηγανέλαιο.
- Ακολουθεί ανακίνηση της κωνικής φιάλης για δύο περίπου λεπτά.
- Μετά την ανακίνηση, το μίγμα της κωνικής αφήνεται να ηρεμήσει μέσα σε μεγάλο δοκιμαστικό σωλήνα για 15min τουλάχιστον, έτσι ώστε να εμφανιστούν δύο ξεχωριστές στιβάδες.
- Στην πάνω στιβάδα βρίσκεται το βιοντίζελ, ενώ στην κάτω η γλυκερόλη.
- Μετά από 24 ώρες μπορούμε να διαχωρίσουμε τα δύο υλικά.

Στο παράρτημα Α παρατίθενται εικόνες από τα στάδια της πειραματικής διαδικασίας.

4.3 Έλεγχος Προϊόντος

Για τον έλεγχο της επιτυχίας του πειράματος επιλέξαμε δύο απλές δοκιμές που αφορούν τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του βιοντίζελ

Α. Σύγκριση της οσμής τηγανέλαιου - προϊόντος

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήσαμε είχε χαρακτηριστική οσμή από τα τρόφιμα που είχαν τηγανιστεί Το προϊόν έχει οσμή μεταξύ πετρελαίου και ορυκτελαίου.

Β. Σύγκριση της ταχύτητας ανάφλεξης τηγανέλαιου - προϊόντος

Όπως γνωρίζουμε και τα δύο υλικά καίγονται, αλλά το λάδι και ειδικά το τηγανισμένο αργεί να πάρει φωτιά, για αυτό δεν χρησιμοποιείται ως καύσιμο.

Σε δύο ύαλους ωρολογίου βάλαμε βαμβάκι ποτισμένο με τηγανέλαιο και με το προϊόν του πειράματος μας και τα κάψαμε. Στο τηγανέλαιο η ανάφλεξη γίνεται πολύ αργά σε αντίθεση με

το προϊόν μας που αναφλέγεται σχεδόν άμεσα, δίνει μεγαλύτερη φλόγα, λιγότερο καπνό και κρατά περισσότερη ώρα.

Βιοντίζελ **Τηγανέλαιο**

Σχήμα 3: Η καύση του προϊόντος μας

Γ Σύγκριση της εμφάνισης και της ανάμιξης βιοντίζελ και ντίζελ πετρελαίου

Αγοράσαμε ντίζελ πετρελαίου και δοκιμάσαμε να αναμίξουμε τα δύο υλικά για να εξετάσουμε αν προκύπτει ομογενές μίγμα. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών μας. Τι μίγμα παρέμεινε ομογενές ακόμη και 24 ώρες μετά την πρώτη ανάμιξη .

Σχήμα 4: Ανάμιξη βιοντίζελ και πετελαίου

Ντίζελ **Βιοντίζελ**

Μίγμα 20% βιοντίζελ και 80 % ντίζελ 24 ώρες μετά την ανάμιξη

5.Αποτελέσματα - Συζήτηση

Παρουσιάσαμε εδώ την ιδέα και την πειραματική υλοποίηση ενός σχεδίου δράσης στο οποίο εμπλέκονται άμεσα οι φυσικές επιστήμες. Σκοπός της διδακτικής παρέμβασης ήταν η ενεργοποίηση των εφήβων για την αντιμετώπιση ενός σύγχρονου προβλήματος με αξιοποίηση των γνώσεων που παρέχει το σχολείο αφού στις μέρες μας χρειαζόμαστε γνώση και όραμα για να καινοτομήσουμε. Για την επιτυχία της πειραματικής μεθόδου δεν έχουμε ασφαλή και μετρήσιμα αποτελέσματα, πέραν αυτών που αναφέραμε, λόγω των μέσων του σχολικού εργαστηρίου, για το αντίκτυπο όμως που είχε η παρέμβαση στους μαθητές θεωρώ ότι μπορούμε με βεβαιότητα να μιλήσουμε για τα εξής:

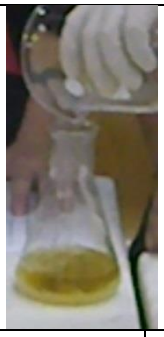
Οι μαθητές που είχαν ασχοληθεί την προηγούμενη χρονιά με τα πειράματα του εργαστηριακού οδηγού , είχαν την ευκαιρία σε ερευνητικό πλέον επίπεδο, για τα δικά τους δεδομένα, να υλοποιήσουν όλα τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου από την παρατήρηση ως την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ασφαλώς, η μέθοδος δεν είναι πρωτότυπη, όμως τα παιδιά εργάστηκαν με ενθουσιασμό, υπευθυνότητα και μεράκι δηλώνοντας πως δεν πρέπει να

ξανακάνουμε το μάθημα της χημείας στην τάξη, αφού ότι έκαναν μόνοι τους στο εργαστήριο το κατανόησαν και δεν θα το ξεχάσουν Στο τέλος της εργασίας όλοι οι μαθητές απάντησαν σε ερωτηματολόγιο που στόχο είχε να αξιολογήσει την επιτυχία της δράσης. Ενδεικτικά οι μαθητές αναφέρουν πως κατάλαβαν ότι και από τα απόβλητα μπορούμε να πάρουμε χρήσιμα υλικά με την βοήθεια της επιστήμης, στο παράρτημα Γ. παραθέτουμε κάποιες από τις απαντήσεις

Τα παιδιά με αυτοπεποίθηση για την κατάκτηση της νέας γνώσης θέλησαν να δράσουν φυγόκεντρα και να ενημερώσουν το οικογενειακό, το σχολικό και το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον για τις δυνατότητες και τις προοπτικές που υπάρχουν και γι'αυτό :

- Οργάνωσαν σφυγμομέτρηση και ενημέρωση της κοινής γνώμης για το θέμα που παρατίθεται στο παράρτημα Β
- Παρουσίασαν την πειραματική διαδικασία και τα αποτελέσματα της στους υπόλοιπους μαθητές του σχολείου αλλά και σε εκδήλωση του ΕΚΦΕ (εργαστηριακό κέντρο φυσικών επιστημών) Χανίων στους καθηγητές ΦΕ του νομού (Παράρτημα Δ) όπου αίσθηση προκάλεσε το γεγονός ότι τα παιδιά που συμμετείχαν ήταν κυρίως της θεωρητικής κατεύθυνσης και
- βιντεοσκόπησαν το πείραμα και το ανάρτησαν στο διαδίκτυο στην διεύθυνση http://www.youtube.com/watch?v=26mhRmcejog αλλά και στο Blog του σχολείου.

Παράρτημα Α: Στάδια της πειραματικής διαδικασίας



Θέρμανση τηγανέλαιου	**Προσθήκη αλκοόλης στον καταλύτη**	**Ανάμιξη των δύο διαλυμάτων**	**Βιοντίζελ και γλυκερίνη**	**Βιοντίζελ και γλυκερίνη μετά απο24 ώρες**

Παράρτημα Β : Σφυγμομέτρηση της κοινής γνώμης για τα βιοκαύσιμα

Ερωτηματολόγια : 35	Ηλικίες : 15 - 65 ετών	
Επαγγέλματα : Μαθητές : 7 , Φοιτητές : 3, Αγρότες : 3,Υπάλληλοι : 11, Ελ. Επαγγελματίες : 5, Άλλο: 5		
Ερώτηση	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Έχετε ακούσει ποτέ την λέξη βιοκαύσιμα	22	13
Αν ΟΧΙ θα θέλατε να μάθετε τι είναι;	35	
Γνωρίζετε για το καύσιμο που ονομάζεται βιοντίζελ;	16	19
Ξέρετε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιδήποτε πετρελεοκινητήρα;	16	19
Θα θέλατε να χρησιμοποιείτε αυτό το φθηνό και εναλλακτικό βιοκαύσιμο	34	1
Γνωρίζατε ότι μπορείτε να παράγετε μόνοι σας βιοντίζελ από άχρηστα προιόντα(π.χ.τηγανέλαια);	15	20

Παράρτημα Γ: Ενδεικτικές **α**παντήσεις σε ερωτήματα αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης

Ερώτηση
Τι νομίζεις ότι κέρδισες με αυτήν την εργασία
Απάντηση
1ος Μαθητής: Κατανόησα καλύτερα την χημεία και την βιολογία και έμαθα πως μπορώ να κάνω βιοκαύσιμα μόνος μου ενώ εργαστήκαμε ομαδικά και περνούσαμε ευχάριστα.
2ος Μαθητής: Έμαθα πως μπορώ να χρησιμοποιώ πολλά άχρηστα πράγματα για να πάρω κάτι χρήσιμο, όπως το βιοντίζελ και η γλυκερίνη που μας προέκυψε.
3ος Μαθητής : Ήταν ένα ωραίο μάθημα επειδή τώρα μπορώ να εξηγήσω και σε άλλους τι είναι και πως γίνεται το βιοντίζελ. Είναι μια επιπλέον γνώση στη ζωή μας και η γνώση είναι δύναμη.
4ος Μαθητής: Πρώτη φορά ασχολήθηκα με την χημεία και μου άρεσε γιατί έκανα ένα πείραμα χωρίς την βοήθεια του καθηγητή και αυτό μου έδωσε αυτοπεποίθηση.
5ος Μαθητής: Έμαθα να φτιάχνω τηγανέλαιο και ποιος ξέρει μπορεί να μου χρειαστεί στο μέλλον. Γνώρισα τον κόσμο της χημείας μέσα από πειράματα και ασχολήθηκα για τέσσερις μήνες με ένα θέμα ώσπου στο τέλος είχα μια ολοκληρωμένη εργασία.

Παράρτημα Δ: Παρουσίαση στο ΄ΕΚΦΕ Χανίων

Βιβλιογραφία

Χημεία Β΄ Λυκείου γενικής παιδείας (2012), Βιβλίο μαθητή, έκδοση ΙΤΥΕ, Αθήνα

Χημεία Β΄ Λυκείου γενικής παιδείας (2012), Βιβλίο καθηγητή, έκδοση ΙΤΥΕ, Αθήνα

Βιολογία Β΄ Λυκείου γενικής παιδείας (2012), Βιβλίο μαθητή, έκδοση ΙΤΥΕ, Αθήνα

Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα κέντρα στήριξης επιμόρφωσης, Γενικό μέρος, (2010), έκδοση ΙΤΥ, Πάτρα

Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα κέντρα στήριξης επιμόρφωσης, Τεύχος 05 : Κλάδος ΠΕ 04, (2010), έκδοση ΙΤΥ, Πάτρα

Ραβάνης Κ. (2003). Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, **Ξωχέλλης, Π.**(2007),

«Σχολική Κοινωνικοποίηση», στο Π. Ξωχέλλης (επιμ.), Λεξικό της Παιδαγωγικής. Θεσσαλονίκη: εκδ. Κυριακίδη

«Ερευνητικές Εργασίες στο Λύκειο» Ηλίας Γ. Ματσαγγούρας Συντονιστής Συγγραφικής ΥΠΔΒΜΘ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ (Ο.ΕΠ.ΕΚ.)

Α. Ι. Μαρούλης, Κ. Χατζηαντωνίου- Μαρούλη, *Πράσινες Ασκήσεις* ,Προπτυχιακό Πρόγραμμα Τμήματος Χημείας Α.Π.Θ.

John McMurry, *Οργανική Χημεία*, Τόμος ΙΙ, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Α. Βάρβογλης, *Χημεία Οργανικών Ενώσεων*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εκδόσεις Παρατηρητής

Επταμηνιτάκης Θεόδωρος, Θεοδώρου Δήμητρα, Ντρέλιας Παναγιώτης, *Χημεία και Καθημερινή Ζωή. Ενέργεια. Η Πράσινη Προσέγγιση*, Δι.Χη.Ν.Ε.Τ., Θεσσαλονίκη 2004

Sukumar Puhan, N. Vedaraman, Boppana V. B. Ram, G., Sankarnarayanan, K. Jeychandran, "Mahua Oil (Madhuca Indica Seed Oil) Methyl Ester as Biodiesel – Preparation and Emission Characterstics", *Biomass and Bioenergy*, 28, pg. 87-93, **2005**

Χημεία αντιρύπανσης, Α.Ζουμπούλης , ΑΠΘ 1998

Biodiesel Handling and Use Guidelines ,K. Shaine Tyson, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-580-30004,September 2001

http://www.all-science-airprojects.com/science_fair_projects_encyclopedia/How_to_make_Biodiesel
http://missvickie.com/howto/spices/oils.html
http://ptcl.chem.ox.ac.uk/MSDS
http://www.chanco.unima.mw/physics/biodieselanaly.html
http://www.chemistry.upatras.gr/greenchemistry/principles%20gr.htm

Τίτλος: Αξιοποίηση κινηματογραφικών ταινιών, αστυνομικών τηλεοπτικών σειρών και γνωστών ιστορικών προσώπων για τη μελέτη του D.N.A. από μαθητές Γ΄ Γυμνασίου: μια εναλλακτική διαθεματική εκπαιδευτική προσέγγιση

Νείλα Ιωάννα
Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων
neila@otenet.gr

Περίληψη

Κατά το σχολικό έτος 2011-2012 εφαρμόστηκε στην Γ΄ Γυμνασίου του Προτύπου Πειραματικού Γυμνασίου Ιωαννίνων μια εναλλακτική προσέγγιση για τη μελέτη του D.N.A. στο μάθημα της Βιολογίας: οι μαθητές συγκρότησαν ομάδες και επεξεργάστηκαν προαιρετικά διάφορα θέματα: διερεύνησαν κινηματογραφικές ταινίες (που αναφέρονται στην κλωνοποίηση του ανθρώπου, στην ευγονική και στους γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς), κατέγραψαν τηλεοπτικές αστυνομικές σειρές (συγκρίνοντας τις μεθόδους ταυτοποίησης του D.N.A. με ενός πραγματικού Εργαστηρίου Βιολογίας), μελέτησαν τη συμβολή της ανάλυσης του D.N.A. στην ιστορική έρευνα για γνωστά πρόσωπα (όπως ο Φαραώ Τουταγχαμών, ο γιος της Μαρίας Αντουανέτας, η οικογένεια του τελευταίου Τσάρου). Κάθε ομάδα παρουσίασε την εργασία της και στους υπόλοιπους μαθητές, ώστε να υπάρξει αλληλοενημέρωση και προβληματισμός. Τέλος, με αφορμή την παγκόσμια "Ημέρα D.N.A." στα τέλη Απριλίου και τη συμπλήρωση 50 χρόνων από το Βραβείο Νόμπελ για την ανακάλυψη της δομής της διπλής έλικας του D.N.A., οργανώθηκε προβολή σχετικής ταινίας και "πάρτι" στο σχολείο μας.

Abstract

During the school year 2011-2012, an alternative approach for the study of DNA has been applied at the "Pilot High School of Ioannina" (Greece). Pupils on third grade (15 years old) worked in small groups on optional subjects: movies, referring to human cloning, eugenics and genetically modified organisms, television series, where DNA identification is a basic element for clarifying criminal cases, the contribution of the DNA analysis in historical research on well known persons (as the Pharaoh Tutankhamen, Marie Antoinette's son, last Tsar's family). When the pupils accomplished the research, each group presented their work to others and interesting conversation occurred. At the end of April, on the occasion of the "DNA day" and the 50th anniversary of the Nobel prize for the discovery of DNA's double-helix structure, a related movie has been shown and a "party" has been organized at school.

Εισαγωγή-Διδακτικοί στόχοι

Η μελέτη του D.N.A. αποτέλεσε τον κύριο άξονα ενός Προγράμματος Αγωγής Υγείας, με τίτλο "Το D.N.A., η έλικα της ζωής", που εφαρμόστηκε κατά το σχολικό έτος 2011-2012 στο Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων.

Τα προγράμματα Αγωγής Υγείας (Γκούβρα, Κυρίδης & Μαυρικάκη 2001, Αθανασίου 2007, Στάππα 2010) και τα άλλα "Προγράμματα Σχολικών Δραστηριοτήτων", όπως Περιβαλλοντικής Αγωγής, Πολιτιστικών Θεμάτων, Αγωγής Σταδιοδρομίας (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη 1993, Φλογαΐτη 1993, Παπαδημητρίου 1998, Μπαγάκης 2000 και 2001, Σπυροπούλου κ.ά. 2008), πραγματοποιούνται στα σχολεία με εθελοντική συμμετοχή των εκπαιδευτικών και των μαθητών, σε δίωρη εβδομαδιαία βάση εκτός σχολικού ωραρίου και διαρκούν τουλάχιστον πέντε μήνες (για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση). Διεξάγονται παράλληλα με το αναλυτικό πρόγραμμα, χωρίς να δεσμεύονται από αυτό, με μια μεγαλύτερη ελευθερία στην επιλογή των προς μελέτη θεμάτων, υποθεμάτων και μεθόδων. Γενικά, πάντως, ακολουθούν συχνά τις αρχές της μεθόδου "project" (Frey 1986), με έμφαση στη διαθεματικότητα (Ματσαγγούρας 2002) και τη συνεργατικότητα (Ματσαγγούρας 2000, Μπαγάκης κ.ά. 2008).

Όσον αφορά το D.N.A., το κυρίως γενετικό υλικό των οργανισμών, πρόκειται για βασική έννοια στο μάθημα της Βιολογίας της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Βιολογίας Γυμνασίου).

Η δομή του, η οργάνωσή του και η σημασία του αναλύονται διεξοδικά στην ενότητα "Διατήρηση και συνέχεια της ζωής" (Γενετική), ενώ οι εφαρμογές των γνώσεών μας γύρω από αυτό εξετάζονται στο κεφάλαιο "Γενετική Μηχανική και Βιοτεχνολογία" (ενότητες 5 και 6, Μαυρικάκη 2009 β).

Ως προς τη διδακτική μεθοδολογία για το μάθημα της Βιολογίας στη Γ΄ τάξη (Μαυρικάκη 2009 α) ακολουθείται το εποικοδομητικό μοντέλο (Βλάχος 2004), ενώ δίνεται έμφαση στη μάθηση μέσω διερεύνησης και κατευθυνόμενης ανακάλυψης. Πιο συγκεκριμένα, για τις ενότητες, που προαναφέραμε, προτείνονται διάφορες διδακτικές ενέργειες, όπως γλωσσικές δραστηριότητες, συμπλήρωση φύλλων εργασίας, υλοποίηση συνθετικών εργασιών από ομάδες μαθητών, πραγματοποίηση απλών πειραμάτων, αξιοποίηση σχετικού εποπτικού υλικού, εκπαιδευτικού λογισμικού και του διαδικτύου, πρόκληση συζήτησης.

Ας επισημάνουμε εδώ ότι κατά τη διδασκαλία των σχετικών ενοτήτων θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Ζόγκζα 2009), η Γενετική έχει πολλές εγγενείς δυσκολίες, στο να γίνει κατανοητή από τους μαθητές. Σαν αιτίες αναφέρονται η πολυπληθής και συχνά ασαφής ορολογία, η μετάβαση σε πολλά επίπεδα βιολογικής οργάνωσης (μόρια, κύτταρο, οργανισμός, πληθυσμός) για τις ανάγκες του μαθήματος, καθώς και η απαίτηση συλλογισμών με πιθανότητες.

Από τη διδακτική εμπειρία προηγουμένων ετών προκύπτει, πάντως, ότι το D.N.A. είναι μια έννοια κάπως οικεία στους μαθητές, γνωστή κυρίως από αστυνομικές τηλεοπτικές σειρές, που προβάλλονται από την τηλεόραση σχεδόν κάθε βράδυ τα τελευταία χρόνια και όπου οι αναλύσεις του D.N.A. βοηθούν στην εξιχνίαση εγκλημάτων. Σε κάποια παιδιά το D.N.A. είναι γνωστό και από κινηματογραφικές ταινίες, όπου εμφανίζονται διάφορα περίεργα όντα, υποτιθέμενα προϊόντα προηγμένων μεθόδων αλλαγής του γενετικού υλικού.

Θέλοντας να αξιοποιήσουμε αυτό το απτό ενδιαφέρον των μαθητών για θέματα σχετικά με το D.N.A. και συγχρόνως να τους ενεργοποιήσουμε σε μια ανακαλυπτική εκπαιδευτική διαδικασία (σύμφωνα και με τη διδακτική μεθοδολογία του μαθήματος της Βιολογίας), αναλάβαμε την οργάνωση ενός προγράμματος Αγωγής Υγείας, με κύριο άξονα τη μελέτη του D.N.A. Έτσι είχαμε περισσότερο χρόνο και μεγαλύτερη ευελιξία για την πραγματοποίηση πολλών δραστηριοτήτων με τους μαθητές, που δεν θα ήταν δυνατόν να γίνουν στα πλαίσια της διδασκαλίας των σχετικών ενοτήτων στο σχολείο.

Η άντληση υλικού από τηλεοπτικές σειρές και κινηματογραφικές ταινίες, (που μάλιστα δεν έχουν τη μορφή ντοκιμαντέρ), η μελέτη και επεξεργασία του από ομάδες μαθητών με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, καθώς και η σύγκριση των ευρημάτων των ομάδων με ότι συμβαίνει στην πραγματική ζωή, θεωρείται σαν μια εναλλακτική εκπαιδευτική προσέγγιση με στοιχεία πρωτοπορίας.

Επιπλέον, εκτός από τη σύνδεση της Βιολογίας με την καθημερινή ζωή των παιδιών, επιχειρήθηκε και η διασύνδεση με άλλες επιστήμες, όπως η Ιστορία και Αρχαιολογία, μέσα από τη μελέτη χαρακτηριστικών περιπτώσεων, όπου οι αναλύσεις D.N.A. βοήθησαν αποφασιστικά στην ταυτοποίηση γνωστών ιστορικών προσώπων.

Καταβλήθηκε επίσης προσπάθεια ώστε οι δραστηριότητες των παιδιών να είναι ευχάριστες και να ανταποκρίνονται στα ενδιαφέροντά τους.

Οι διδακτικοί στόχοι, που τέθηκαν ήταν οι εξής:

-Εμβάθυνση σε έννοιες, μεθόδους και επιτεύγματα της σύγχρονης Βιολογίας, καθώς και προβληματισμός για τα ηθικά ζητήματα, που ανακύπτουν (χρήση των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων, γενετικές ασθένειες και πρόληψή τους, κλωνοποίηση, γενετικό ντόπινγκ, "αποτύπωμα D.N.A." στην αστυνομική και δικαστική έρευνα, προσωπικά δεδομένα)

-Ανάπτυξη ικανότητας συνεργασίας και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των μαθητών στην εργασία κατά ομάδες

-Αποτελεσματική χρήση των νέων τεχνολογιών για διαδικτυακή αναζήτηση του υλικού της εργασίας τους, όπως και για την παρουσίασή της

-Καλλιέργεια της κριτικής και δημιουργικής σκέψης με την αξιολόγηση και οργάνωση των πληροφοριών, που συγκεντρώθηκαν από έντυπες και ψηφιακές πηγές

-Ανάπτυξη δεξιοτήτων διεξαγωγής πειραμάτων κατά τη συμμετοχή των μαθητών σε σχετικά εργαστήρια

-Ενίσχυση της αυτοεκτίμησης και απόκτηση δεξιοτήτων παρουσίασης των ευρημάτων τους ενώπιον των συμμαθητών τους και της σχολικής κοινότητας

-Άντληση και αξιοποίηση γνώσεων από άλλους κλάδους, όπως η Αρχαιολογία, η Ιστορία, το Δίκαιο, η Τέχνη (κινηματογράφος)

Μεθοδολογία-ροή του Προγράμματος

Εφαρμόσαμε τη μέθοδο "project" (Frey 1986), που αναφέρεται και σαν "διεκπεραίωση προγράμματος" ή "μέθοδος των βιωμάτων" (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη 1993). Επειδή είναι μια ανοικτή μαθησιακή διαδικασία, που εξελίσσεται ανάλογα με την εκάστοτε κατάσταση και τα ενδιαφέροντα των συμμετεχόντων, θεωρείται ιδανική για την πραγματοποίηση προαιρετικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων, συμβάλλοντας στην ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος και της πρωτοβουλίας των μαθητών. Επίσης, η μέθοδος "project" αποτελεί μια κατεξοχήν διεπιστημονική και βιωματική μέθοδο, που ευνοεί τις διαθεματικές προσεγγίσεις (Ματσαγγούρας 2002).

Το Πρόγραμμα είχε συνολική διάρκεια οκτώ μηνών (από τον Οκτώβριο του 2011 έως και το Μάιο του 2012) και γινότανε σε δίωρη εβδομαδιαία βάση.

Μετά από σχετική συζήτηση με τους μαθητές της Γ΄ τάξης, 58 μαθητές (σε σύνολο 88) εκδήλωσαν ενδιαφέρον και έλαβαν μέρος στο πρόγραμμα: πρόκειται για 35 κορίτσια και 23 αγόρια, προερχόμενα και από τα 4 τμήματα.

Οι μαθητές συγκρότησαν ομάδες 2-5 ατόμων δικής τους επιλογής και διάλεξαν κάποιο υποθέμα, σχετικό με το D.N.A. (βλέπε πιο κάτω), που τους κίνησε το ενδιαφέρον.

Τα παιδιά κάθε ομάδας συνεργάστηκαν μεταξύ τους σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας τους, που ήταν:

-η εύρεση πληροφοριών και υλικού με διαδικτυακή έρευνα, καθώς και αξιοποίηση των βιβλίων της σχολικής βιβλιοθήκης

-η οργάνωση και συνεχής συμπλήρωση του υλικού (από ταινίες, τηλεοπτικές σειρές, συνεντεύξεις με ειδικούς, ανάλογα με το υποθέμα)

-η ενεργή συμμετοχή σε σχετικά με το D.N.A. πειράματα (Μαυρικάκη 2009 γ), όπως η παρατήρηση μικροσκοπικών παρασκευασμάτων με χρωμοσώματα και πυρήνες κυττάρων, η απομόνωση ινιδίων D.N.A. από εύχρηστα φυτικά υλικά, η μελέτη καρυότυπων (σε φωτοτυπίες), τόσο φυσιολογικών ανθρώπων όσο και πασχόντων από διάφορες ασθένειες

-η παρουσίαση της εργασίας τους στην τάξη, με τη χρήση νέων τεχνολογιών

Όπως προκύπτει και από τα προηγούμενα, η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε περιελάμβανε συζήτηση και συνεχή αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, καθώς και με την υπεύθυνη εκπαιδευτικό για την αξιολόγηση του υλικού και την ανατροφοδότηση των ομάδων, ομαδοσυνεργατική μέθοδο, χρήση νέων τεχνολογιών, κατεξοχήν διαθεματική προσέγγιση, ανακαλυπτική-πειραματική διαδικασία και ενεργητική-βιωματική μέθοδο.

Στα τέλη Απριλίου, με αφορμή την "Ημέρα D.N.A.", που εορτάζεται αυτή την εποχή σε παγκόσμια κλίμακα, οργανώθηκε προβολή σχετικής ταινίας (της ταινίας GATTACA, βλέπε πιο κάτω) στο σχολείο.

Ακόμη, λόγω της συμπλήρωσης 50 χρόνων από την απονομή του Βραβείου Νόμπελ στους Watson και Crick για την ανακάλυψη της δομής της διπλής έλικας του D.N.A. (Watson & Crick 1953), έγινε και "πάρτι" για τα "γενέθλια" του D.N.A (με τούρτα και ...κεράκια) στο χώρο του σχολείου.

Η αξιολόγηση του προγράμματος έγινε με τη συμπλήρωση ανώνυμων γραπτών ερωτηματολογίων από τους συμμετέχοντες μαθητές, μετά την ολοκλήρωσή του.

Στο τέλος του διδακτικού έτους έγινε παρουσίαση μέρους του προγράμματος σε όλο το σχολείο, ενώ σχετικό υλικό αναρτήθηκε και στην ιστοσελίδα του σχολείου (http://gym-zosim.ioa.sch.gr).

Ομάδες εργασίας των μαθητών

Οι μαθητές μελέτησαν κατά ομάδα πολλά υποθέματα, που σχετίζονται με το D.N.A (Γεωργίου 2009), όπως "D.N.A. και κινηματογράφος", "D.N.A. και εξιχνίαση εγκλημάτων", "Το D.N.A. ρίχνει φως στην ιστορική και αρχαιολογική έρευνα", "Γενετικές ασθένειες" (Sack 2002, Gardner & Sutherland 2004, Συλλογικό 2011), "Δομή και χαρτογράφηση του D.N.A." (Κρικ 1988, E.M.B.L. 2006), "Γενετικά τροποποιημένα προϊόντα" (Γκέιτζ 1998, Lewontin 2001), "Γενετικό ντόπινγκ" (Συλλογικό 2011), "Το D.N.A. στη μελέτη της εξέλιξης του ανθρώπου" (Leaky 1996, Sykes 2001) .

Στην παρούσα εισήγηση θα αναφερθούμε στη συνέχεια μόνο στις ομάδες μαθητών, που μελέτησαν τα τρία πρώτα υποθέματα, που θεωρούμε (όπως εξηγήσαμε πιο πάνω) και τα πιο καινοτόμα.

Ι) Ομάδα "D.N.A. και κινηματογράφος"

Η ομάδα αυτή αναζήτησε, μελέτησε και κατέγραψε κινηματογραφικές ταινίες, που έχουν το D.N.A. ως θεματικό κέντρο. Στη συνέχεια τις κατέταξε ανάλογα με το θέμα, που διαπραγματεύεται καθεμιά. Πιο συγκεκριμένα:

α) την κλωνοποίηση, όπως η περιπετειώδης ταινία "Boys from Brazil" του 1978, σε σκηνοθεσία του Franklin J. Schaffner. Σε αυτήν, ο πρωταγωνιστής Gregory Peck υποδύεται τον φανατικό γιατρό των ναζί Dr. Josef Mangele, που είχε -υποτίθεται- καταφέρει να κλωνοποιήσει τον Χίτλερ, δημιουργώντας 94 πιστά του αντίγραφα, που ζούσαν σε όλο τον κόσμο την εποχή μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο. Ένας Αμερικανός προσπαθεί να αποτρέψει τα σατανικά του σχέδια.

β) την μετάλλαξη, όπως η ταινία επιστημονικής φαντασίας "I am a legend", γυρισμένη το 2007 από το σκηνοθέτη Francis Lawrence. Θέμα της, πώς ένας γενετικά τροποποιημένος ιός, που αρχικά προορίζονταν για την θεραπεία του καρκίνου, μεταλλάσσεται προκαλώντας μια θανατηφόρο επιδημία, σκοτώνοντας το 90% της ανθρωπότητας και μετατρέποντας όσους γλίτωσαν από τον θάνατο σε αρπαχτικά όντα. Μοναδικός επιζώντας ο Robert Neville, στρατιωτικός ιολόγος, που ζει στη Νέα Υόρκη προσπαθώντας να βρει μια θεραπεία για να απαλλαχτεί από αυτά.

γ) την ευγονική. Εδώ, εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η ταινία επιστημονικής φαντασίας "GATTACA" του 1998, του σκηνοθέτη Andriou Nicol. Ο τίτλος παραπέμπει στις γνωστές βάσεις του D.N.A. (G για τη γουανίνη, A για την Αδενίνη, T για τη θυμίνη και C για την κυτοσίνη). Η δράση τοποθετείται στο κοντινό μέλλον, όπου η πορεία, το επάγγελμα και η ζωή του κάθε ανθρώπου καθορίζεται αμέσως μετά τη γέννησή του με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης του D.N.A. του νεογέννητου. Έτσι, ο πρωταγωνιστής, με μεγάλη πιθανότητα να νοσήσει από καρδιακό νόσημα και μυωπία, σε αυτήν τη γενετικά καθορισμένη κοινωνία, αποκλείεται να ακολουθήσει το όνειρό του και να γίνει αστροναύτης -ή μήπως θα τα καταφέρει; (Η ταινία αυτή επιλέχθηκε για να την παρακολούθησαν όλοι οι μαθητές, που συμμετείχαν στο Πρόγραμμα σε ειδική προβολή στο σχολείο, όπως προαναφέρθηκε).

δ) την επαναφορά ειδών από την προϊστορία, όπως η ταινία "D.N.A."του 1997 του William Mesa. Η υπόθεση εξελίσσεται στην καρδιά μιας ζούγκλας, όταν μια ομάδα επιστημόνων ανακαλύπτει τα κόκαλα ενός κτήνους, θαμμένα στα ερείπια ενός ξεχασμένου παλιού πολιτισμού . Ο αρχηγός της ομάδας είναι ο Dr Carl Wessinger, που πιστεύει ότι μπορεί να αναγεννήσει το κτήνος με D.N.A. από τα κόκαλα αυτά, αρκεί να βρεί και κάποια ένζυμα . Για αυτό ζητάει την βοήθεια της Ash Mattley, ερευνήτρια ειδικευμένη στα ένζυμα. Μετά από δυο χρόνια, όταν πολλά πτώματα βρίσκονται στην ζούγκλα, στην οποία είχε γίνει η έρευνα, η Claire Sommers της CIA ζητάει την βοήθεια της Ash. Η Claire πιστεύει ότι πίσω από τους θανάτους κρύβεται ο Carl, ο οποίος έχει αναγεννήσει το κτήνος και θέλει να το πουλήσει ως πολεμική μηχανή.

ε) τη γενετική μηχανική, όπως η κλασική ταινία επιστημονικής φαντασίας του 1982, "Blade Runner" σε σκηνοθεσία του Ridley Scot (βασισμένη στο βιβλίο του Philip K. Dick "Do androids

dream of electric sheep?" του 1968), που έχει ως θέμα την περιπέτεια του Rick Dackard, καθώς προσπαθεί να εξολοθρεύσει ρομπότ, που έχουν κατασκευαστεί με συνθετικό D.N.A. και δεν έχουν συναισθήματα.

ζ) τους συνδιασμούς D.N.A. διαφόρων ειδών, όπως στην ταινία "Splice" του 2009, σε σκηνοθεσία Vincenzo Natali. Η Elsa και ο Clive, δύο νεαροί και επαναστατικοί επιστήμονες, αψηφούν τα νομικά και ηθικά όρια διεξάγοντας ένα εξαιρετικά επικίνδυνο πείραμα: χωρίς να έχουν την έγκριση της φαρμακευτικής εταιρίας που τους χρηματοδοτεί, αναμιγνύουν ανθρώπινο και ζωικό D.N.A. προκειμένου να δημιουργήσουν ένα νέο οργανισμό. Το αποτέλεσμα ξεπερνά κάθε φαντασία. Το πλάσμα, ονόματι "Dren", εξελίσσεται γρήγορα από ένα παραμορφωμένο θηλυκό βρέφος σε μια όμορφη αλλά επικίνδυνη φτερωτή ανθρωπόμορφη Χίμαιρα, που αναπτύσσει ισχυρούς δεσμούς με τους δημιουργούς της, μέχρι τη στιγμή που το πείραμα τους μεταμορφώνεται σε απειλή για ολόκληρη την ανθρωπότητα.

Η ομάδα έκανε περιληπτική παρουσίαση των ευρημάτων της στους υπόλοιπους μαθητές και ακολούθησε συζήτηση και προβληματισμός για τις κοινωνικές προεκτάσεις και τα ζητήματα Βιοηθικής (Συλλογικό 1999, Σαρειδάκης 2008, Γεωργίου 2009), που εισήγαγαν αυτές οι ταινίες.

ΙΙ) Ομάδες "D.N.A. και εξιχνίαση εγκλημάτων"

Άλλες 5 ομάδες μαθητών ασχολήθηκαν κυρίως με τηλεοπτικές αστυνομικές σειρές, συγκρίνοντας τις εκεί μεθόδους ταυτοποίησης του D.N.A. με ενός πραγματικού Εργαστηρίου Βιολογίας (Γεωργίου 2009). Αυτό το θέμα αναδείχθηκε ιδιαίτερα δημοφιλές μεταξύ των μαθητών, μάλλον και λόγω της πληθώρας τέτοιων προγραμμάτων στην τηλεόραση, όπως C.S.I., N.C.I.S., Criminal minds κ.ά.

Μια από τις ομάδες μάλιστα, συμπλήρωσε το υλικό της και με πληροφορίες, που συνέλεξε μετά από συνέντευξη με ειδικευμένους αστυνομικούς.

Τα παιδιά, μετά την έρευνά τους, συνειδητοποίησαν ότι μια ανάλυση D.N.A., που στην τηλεοπτική σειρά γίνεται πανεύκολα σε λίγα μόλις λεπτά, στην πραγματικότητα χρειάζεται 48 ώρες και απαιτούνται 11 στάδια, για να ολοκληρωθεί και ότι στη συνέχεια θα πρέπει να επαναληφθεί πολλές φορές και να συγκριθεί με την κατάλληλη βάση δεδομένων, για να είναι αξιόπιστη.

Ακόμη, αντιλήφθηκαν ότι κάθε μέθοδος ανάλυσης έχει τα όριά της, που εξαρτώνται από το είδος και την ποσότητα του δείγματος, τον τρόπο δειγματοληψίας, την θεμιτή χρήση των αποτελεσμάτων (Γεωργίου 2008).

Τέλος, όπως όλες οι ομάδες, παρουσίασαν τις εργασίες τους στους συμμαθητές τους, αντάλλαξαν απόψεις και ευαισθητοποιήθηκαν για την αξία και την προστασία των ανθρώπινων δικαιωμάτων και των προσωπικών δεδομένων (Γεωργίου 2009, Συλλογικό 2011).

ΙΙΙ) Ομάδα "Το D.N.A. ρίχνει φως στην ιστορική και αρχαιολογική έρευνα"

Μια άλλη ομάδα μαθητών μελέτησε τη συμβολή της ανάλυσης του D.N.A. στην αρχαιολογική και ιστορική έρευνα. Συγκέντρωσαν στοιχεία από το διαδίκτυο (el.wikipedia.org) και από σχετικές αναφορές σε βιβλία (Γεωργίου 2009), για περιπτώσεις γνωστών ιστορικών προσώπων, που σημαντικές πτυχές της ζωής τους (και του θανάτου τους) διαλευκάνθηκαν με αναλύσεις D.N.A. Οι μαθητές εντόπισαν πώς και σε τι ακριβώς συνέβαλε η μελέτη του γενετικού υλικού.

Για τις περιπτώσεις αυτές ακολουθεί σύντομη αναφορά:

Φαραώ Τουταγχαμών

Μια από τις πιο αινιγματικές προσωπικότητες της αρχαίας Αιγύπτου είναι ο φαραώ Τουταγχαμών, που έζησε τον 14 αιώνα . π. Χ. και πέθανε μόλις 18 ετών, ενώ ο τάφος του βρέθηκε το 1923. Επειδή ο Τουταγχαμών πέθανε τόσο νέος και δεν άφησε κληρονόμους, υπήρξαν ατέλειωτες εικασίες για τις πιθανές αιτίες του θανάτου του, όπως τραυματισμός, δολοφονία, ή και κληρονομικές ασθένειες.

Όλα αυτά ανέλαβαν να τα αποσαφηνίσουν ο Δρ. Zahi Hawass, επικεφαλής του Ανώτατου Συμβουλίου Αρχαιοτήτων της Αιγύπτου και οι συνεργάτες του. Η έρευνά τους συμπεριέλαβε 11

βασιλικές μούμιες, οι οποίες από τον Σεπτέμβριο του 2007 έως τον Οκτώβριο του 2009, υποβλήθηκαν σε λεπτομερείς ανθρωπολογικές, ακτινολογικές και γενετικές μελέτες (λήφθηκαν δείγματα D.N.A. από 2-4 βιοψίες σε κάθε μούμια).

Ο θάνατός του Φαραώ είναι, τελικά, πολύ πιθανό να επήλθε από ελονοσία από πλασμώδιο Falciparum, καθώς οι γενετικές εξετάσεις εντόπισαν ίχνη του παρασίτου αυτού στις τέσσερις μούμιες της οικογένειας του Τουταγχαμών, συμπεριλαμβανομένης της δικής του.

Κάρολος -Λουδοβίκος ΙΖ

Η ίδια ομάδα μαθητών μελέτησε και την περίπτωση του Καρόλου -Λουδοβίκου ΙΖ, γιου του Γάλλου βασιλιά Λουδοβίκου ΙΣΤ και της Μαρίας Αντουανέτας. Άλλες ιστορικές πηγές μαρτυρούν ότι ο νεαρός πρίγκιπας πέθανε στη φυλακή το 1795, ενώ σύμφωνα με κάποιες άλλες φυγαδεύτηκε και γλίτωσε.

Κάποια στιγμή ήρθαν στην επιφάνεια με τις ανασκαφές στην περιοχή Ντελφτ του Παρισιού σκελετικά υπολείμματα, που πιθανολογήθηκε ότι ανήκαν στον Κάρολο-Λουδοβίκο ΙΖ . Το 1998 απομονώθηκε το D.N.A από τα οστά που βρέθηκαν και έγινε σύγκριση με το D.N.A. μιας τούφας μαλλιών της Αντουανέτας. Το αποτέλεσμα ήταν αρνητικό: τα σκελετικά υπολείμματα δεν μπορούσαν να ανήκουν σε άτομο που ήταν γιος της.

Πάντως, ύστερα από έρευνα άλλων ιστορικών αναφορών, βρέθηκε ότι ο μικρός Λουδοβίκος έπασχε από φυματίωση και ότι ο προσωπικός του γιατρός διατήρησε την καρδιά του. Το 2003 Γάλλοι επιστήμονες βρήκαν, με ανάλυση D.N.A., ότι αυτή η καρδιά ανήκε στον «μικρό Λουδοβίκο». Μπορούσε επιτέλους, με 211 χρόνια καθυστέρηση, να γίνει η ταφή στη βασιλική κρύπτη του Saint Denis. Έκλεισε έτσι ένα κεφάλαιο της Ιστορίας.

Οικογένεια Ρομανόφ

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η περίπτωση της οικογένειας Ρομανόφ, του τελευταίου τσάρου της Ρωσίας.

Οι Μπολσεβίκοι, μετά την άνοδό τους στην εξουσία το 1918, δολοφόνησαν την τσαρική οικογένεια και προσπάθησαν να εξαφανίσουν τις σωρούς τους.

Το 1991, έξω από την πόλη Αικατερίνενμπουργκ της Ρωσίας, βρέθηκαν εννέα σκελετοί μέσα σε ένα λάκκο. Το γεγονός ότι μερικές από τις γνάθους των σκελετών έφεραν δόντια από χρυσό και πορσελάνη υποδείκνυε την αριστοκρατική τους καταγωγή. Οι ερευνητές σύγκριναν το D.N.A. με αυτό του δούκα του Εδιμβούργου, μακρινού συγγενή της ρωσικής βασιλικής οικογένειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πράγματι 5 από τους σκελετούς ανήκαν στην τσαρική οικογένεια.

Ωστόσο, η τύχη των δύο παιδιών που απουσίαζαν ακόμη αγνοείται. Μερικοί υποστήριξαν πως ένα από τα σώματα που λείπανε ήταν αυτό της Αναστασίας. Το ενδιαφέρον του κοινού συγκέντρωσε το 1922 μια γυναίκα, που συστήθηκε αργότερα ως Άννα Άντερσον, εμφανίστηκε στη Γερμανία και υποστήριξε πως ήταν η Αναστασία, προσφεύγοντας και στη δικαιοσύνη το 1938. Το δικαστήριο αποφάνθηκε το 1970, πως η Άντερσον δεν παρείχε αρκετές αποδείξεις για να διεκδικήσει την ταυτότητα της Μεγάλης Δούκισσας Αναστασίας, ωστόσο παρέμειναν αμφιβολίες. Η Άντερσον απεβίωσε το 1984 και το σώμα της απανθρακώθηκε.

Το 1994 διεξήχθη ανάλυση DNA σε δείγμα ιστού της Άντερσον, που υπήρχε σε ένα νοσοκομείο, και σε αίμα του Πρίγκιπα Φιλίππου, στενού συγγενή της Αυτοκράτειρας Αλεξάνδρας. Αποδείχθηκε ότι η Άννα Άντερσον δεν είχε συγγενική σχέση με τον Τσάρο Νικόλαο, ούτε με την Τσαρίνα Αλεξάνδρα. Τέλος, το μιτοχονδριακό DNA της Άντερσον ταυτίστηκε με αυτό ενός απογόνου της Φραντζίσκα Σκάνζκοβκα, μιας εργάτριας εργοστασίου από την Πολωνία, η οποία και αγνοούνταν. Έτσι λύθηκε το μυστήριο της καταγωγής της γυναίκας αυτής.

Η διαθεματική αυτή εργασία παρουσιάστηκε στο σύνολο των μαθητών, που φάνηκε να αποκτούν ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για ιστορικά θέματα. Ακόμη, η μελέτη των πραγματικών αυτών υποθέσεων επέτρεψε στους μαθητές να κατανοήσουν ότι οι Επιστήμονες από διάφορους κλάδους (Βιολογία, Αρχαιολογία, Ιστορία, Δίκαιο) συνεργάζονται για την επίλυση

προβλημάτων και ότι ασφαλή συμπεράσματα προκύπτουν μόνο μετά από ενδελεχή, πολύπλευρη και επίμονη έρευνα.

Αξιολόγηση του προγράμματος-συμπεράσματα

Στο τέλος του Προγράμματος έγινε αξιολόγηση και επανεκτίμησή του από τους μαθητές, που συμμετείχαν εκπονώντας εργασίες (58 μαθητές), με συμπλήρωση γραπτού ανώνυμου ερωτηματολογίου.

Όλοι οι μαθητές έκαναν θετικά σχόλια και προσδιόρισαν τι τους άρεσε περισσότερο: η προβολή κινηματογραφικής ταινίας (78% των μαθητών), η συνεργασία με τους συμμαθητές τους (77%), τα εργαστηριακά πειράματα (75%), το "πάρτι του D.N.A." (66%), η παρουσίαση των εργασιών τους στους συμμαθητές τους (59%).

Τα παιδιά διατύπωσαν και προτάσεις για μελλοντικά προγράμματα, με πιο πολλά πειράματα (20%), τη συμμετοχή ακόμη περισσότερων μαθητών (17%), ενώ μερικοί επισημαίνουν και προβλήματα στη συνεργασία μεταξύ τους (9%).

Το Πρόγραμμα κρίνεται γενικότερα επιτυχημένο. Η μεγάλη προθυμία και ενεργή συμμετοχή των μαθητών στις δραστηριότητες του Προγράμματος ήταν πολύ μεγάλη, ακόμη και κάποιες φορές αργά το απόγευμα. Οι στόχοι επιτεύχθηκαν και μάλιστα με τρόπο δημιουργικό και ευχάριστο. Παρατηρήσαμε μεγάλο ενδιαφέρον για γενετικά θέματα, όπως και για βιοηθικά ζητήματα, εκ μέρους των παιδιών. Τελικά, η διοργάνωση δραστηριοτήτων και εκτός του σχολικού ωραρίου δίνει τη δυνατότητα -σε εμάς τους εκπαιδευτικούς- για μια πιο ουσιαστική και εποικοδομητική σχέση με τους μαθητές μας.

Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (2007). Αγωγή Υγείας. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Βλάχος, Ι. (2004). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Γεωργίου, Μ. (2008). Γενετική Ιατροδικαστική. Εκδόσεις. Παρισιάνου, Αθήνα.

Γεωργίου, Μ. (2009). Τίνος είναι βρε γυναίκα τα παιδιά; Το γενετικό αποτύπωμα D.N.A. Από τη διερεύνηση της πατρότητας μέχρι την εξιχνίαση εγκλημάτων. Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα.

Γεωργόπουλος, Α., Τσαλίκη Ε. (1993). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Γκέιτζ, Φ. (1998). Σχεδιάζοντας με γονίδια. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

Γκούβρα, Μ., Κυρίδης, Α. & Μαυρικάκη, Ε. (2001). Αγωγή Υγείας και Σχολείο. Παιδαγωγική και Βιολογική Προσέγγιση. Εκδόσεις Τυπωθήτω Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Βιολογίας Γυμνασίου (http://digitalschool.minedu.gov.gr/)

Ε.Μ.Β.Ι. (2006). Το μέλλον των βιοεπιστημών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.

Ζόγκζα, Β. (2009). Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Κρικ, Φ. (1988). Το τρελό κυνηγητό, η Διπλή Έλικα και εγώ. Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα.

Leaky, R. (1996). Η απαρχή του ανθρώπινου είδους. Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα.

Lewontin, R. (2001). Δεν είναι απαραίτητα έτσι. Το όνειρο του ανθρώπινου γονιδιώματος και άλλες πλάνες. Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2000). Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2002). Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση. Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη Α. (2009α). Βιολογία Γ' Γυμνασίου. Βιβλίο Εκπαιδευτικού. ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη Α. (2009β). Βιολογία Γ' Γυμνασίου. Βιβλίο Μαθητή. ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη Α. (2009γ). Βιολογία Γ' Γυμνασίου. Εργαστηριακός Οδηγός. ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., Αθήνα.

Μπαγάκης, Γ. (Επιμέλεια) (2000). Προαιρετικά εκπαιδευτικά προγράμματα στη σχολική εκπαίδευση. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Μπαγάκης, Γ. (Επιμέλεια) (2001). Εμπειρίες και σκέψεις εκπαιδευτικών για τα προαιρετικά εκπαιδευτικά προγράμματα. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Μπαγάκης, Γ., Δεμερτζή, Κ., Καίσαρη, Σ., Φακίτσα, Μ., Σταμάτης, Θ. (2008). Πειραματισμός τάξης για διδασκαλία με ομάδες μαθητών. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Παπαδημητρίου, Β. (1998). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Σχολείο: Μια Διαχρονική Θεώρηση. Εκδόσεις Τυπωθήτω Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

Sack, G.H. (2002). Η Γενετική στην Ιατρική. Εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα.

Σαρειδάκης, Ε. (2008). Βιοηθική. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Σπυροπούλου, Δ., Αναστασάκη, Α., Δεληγιάννη, Δ., Κούτρα, Χ., Λουκά, Ε. & Μπούρας, Σ. (2008). Καινοτόμα Προγράμματα στην εκπαίδευση, στο Η ποιότητα στην Εκπαίδευση. ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., Αθήνα.

Στάππα, Μ. (2010). *Αγωγή Υγείας. Βασικές Αρχές-Σχεδιασμός Προγράμματος. Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.*

Συλλογικό (1999). Η ανθρώπινη κλωνοποίηση. Εκδόσεις Καστανιώτης, Αθήνα.

Συλλογικό (2011). Γενετική και Κοινωνία. Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

Φλογαΐτη, Ε. (1993). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα.

Frey, K. (1986). Η Μέθοδος Project. Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη. Εκδοτικός Οίκος Αδερφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Gardner, R.J.M. & Sutherland, G.R. (2004). Chromosome Abnormalities and Genetic Counseling. Oxford Press, U.S.A.

Sykes, B. (2001). The seven daughters of Eve. Corgi Books, Great Britain.

Watson, J.D. & Crick, F.H.C. (1953). Molecular Structure of Nucleic Acids. Nature, 4356, 737-738.

http://el.wikipedia.org/

http://gym-zosim.ioa.sch.gr

Ειδική Συνεδρία 24:Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Το διδακτικό μονοπάτι, μια τεχνική διαθεματικής διδασκαλίας της βιοκοινωνίας του φαραγγιού του Αστριτσίου

Καλαθάκη Μ
Σχολική Σύμβουλος Καθηγητών Φυσικών Επιστημών Δυτικής Κρήτης kalatho4mar@yahoo.gr

Περίληψη

Το διδακτικό μονοπάτι στο φαράγγι του Αστριτσίου σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε από μαθητές και καθηγητές του Λυκείου Μελεσών Ηρακλείου Κρήτης με σκοπό οι μαθητές να εξασκηθούν στην παρατήρηση φυσικών οικοσυστημάτων ώστε να μπορούν να απολαμβάνουν την ομορφιά τους καλύτερα, να την εκτιμούν και να την προστατεύουν, να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον του τόπου τους ώστε να αναπτύξουν θετικές στάσεις γι αυτό να καλλιεργήσουν την ομαδικότητα, να γνωρίσουν και να αναπτύξουν συνεργασίες με τους φορείς του τόπου τους που ασκούν εξουσία και παράγουν πολιτισμό. Θεματικές περιοχές ανάπτυξής του ήταν η μελέτη της φυτοκοινωνίας και ζωοκοινωνίας του φαραγγιού, το νερό των πηγών και η διαχείρισή του, η ρύπανση, η καταγραφή ήχων, η θεατρική αναπαράσταση του μύθου του Νεραϊδόσπηλιου, η συγγραφή δοκιμίων από τους μαθητές του με θέματα από τη φύση του φαραγγιού, η δενδροφύτευση, η κατασκευή ξύλινων επιγραφών αποτρεπτικών για το κυνήγι, η συνδιάσκεψη τοπικών αναπτυξιακών φορέων, η κοινωνική έρευνα, η χάραξη του περιβαλλοντικού μονοπατιού.

Abstract

The educational pathway in Astritsi gorge designed and implemented by students and teachers of the Meleses Lyceum in order to practice observing natural ecosystems and enjoy better their beauty, to develop positive attitudes and raise awareness to the local environment in order to appreciate and protect it in the future. At the same time, to foster teamwork, to learn and to develop partnerships with the local Authorities and the persons who decide the future of the area and produce culture.

Thematic areas of the study were the synthesis of the plant and animal community, the geology of the gorge, the analysis of the spring water and its management, the pollution, recording sounds, playing drama by the theatrical representation of the myth of Neraidospilios, writing essays by students inspired by the nature of the gorge, construction of wooden labels deterrent for hunting, social research, drawing in the field and in brochure the environmental pathway.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προκειμένου η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη να είναι αποτελεσματική πρέπει να ενσωματώνει τα θέματά της σε όλο το φάσμα των σχετικών πεδίων, προγραμμάτων και μαθημάτων με παροχή οργανωμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων και πρωτοβουλιών επί ειδικών αντικειμένων και να χρησιμοποιεί ευρύ φάσμα εκπαιδευτικών μεθόδων, συμμετοχικών και προσανατολισμένων στις διαδικασίες και στην ανεύρεση λύσεων, ειδικά προσαρμοσμένων στους εκπαιδευόμενους (UNECE, 2005). Στην Κριτική Παιδαγωγική (Huckle, 2006), η εκπαίδευση αντιμετωπίζεται ως πράξη. Όλες οι γνώσεις ξεκινούν από τη δραστηριότητα στον υλικό κόσμο και επιστρέφουν εκεί διαλεκτικά. Η θεωρία είναι ένας οδηγός στην πρακτική, και η πρακτική μια δοκιμή της θεωρίας.

Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή στην πράξη του διδακτικού μονοπατιού στο φαράγγι του Αστριτσίου αποτέλεσε μια διδακτική παρέμβαση στο πλαίσιο των προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης «Τρόποι Παρέμβασης των Μαθητών στη Διατήρηση και Ανάδειξη του Φυσικού Περιβάλλοντος στις Πηγές Κάτω Βρύσης Αστριτσίου» και «Ήχος και Φύση» που υλοποίησε το Γενικό Λύκειο Μελεσών Ηρακλείου Κρήτης στην περίοδο 2002-2004. Επιλέξαμε να ακολουθήσουμε ένα διδακτικό περιβαλλοντικό μονοπάτι για να ξεφύγουμε από τα

συνηθισμένα και να εφαρμόσουμε στην πράξη καινοτόμες μεθόδους διαθεματικής διδασκαλίας, οι οποίες ικανοποιούν πολλαπλούς διδακτικούς στόχους αρκετών μαθημάτων, όπως της Βιολογίας, των Αρχών Περιβαλλοντικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Πληροφορικής, της Φυσικής, της Χημείας, της Ιστορίας, της Λογοτεχνίας, της Κοινωνιολογία, τη Γυμναστικής, και οι οποίοι στις αίθουσες διδασκαλίες είναι δύσκολο να επιτευχθούν (Nicol et al, 2011). Συνήθως, οι εκπαιδευτικοί, στα προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης δεν επιλέγουν τη μελέτη-εργασία πεδίου, τη μέθοδο επίλυσης προβλήματος και τα περιβαλλοντικά μονοπάτια (Μπατσή, 2007; Ρούσου, 2007).

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Το φαράγγι αντιμετωπίστηκε ως Εθνικός Δρυμός για τον οποίο μελετώνται οι παράμετροι που αφορούν το γενικό καθεστώς λειτουργίας εθνικών δρυμών, την χλωρίδα και πανίδα του, το κλίμα, τους γεωλογικούς σχηματισμούς, την ανθρώπινη δράση με έμφαση στη χρήση νερού, την Ιστορία, την παράδοση, τον πολιτισμό, τις περιβαλλοντικές πιέσεις που δέχεται (Αθανασάκης κά, 2001). Η ιστορία του και η χρήση του από τους κατοίκους της περιοχής θέλαμε να προκύψει μέσα από τις πληροφορίες και τα λαογραφικά στοιχεία μας που θα αντλούσαμε από τους ντόπιους. Στις επισκέψεις, μας ενδιέφερε να βρούμε τη σύνθεση της φυτοκοινωνίας και ζωοκοινωνίας, να καταγράψουμε εικόνες και ήχους τους από το φαράγγι στις 4 εποχές, να καταγράψουμε επιδράσεις ρύπανσης, με συνεπή υποβάθμιση της βιοποικιλότητας, και να παρέμβουμε αισθητικά όπου χρειαζόταν. Το βασικό ζήτημα που θέλαμε να εστιάσουμε αφορούσε στην επάρκεια των υδάτινων πόρων στην περιοχή μας, την ενημέρωσή μας πάνω στην χαρτογράφηση της υδρολογικής κατάστασης της περιοχής μας, την ευαισθητοποίηση των ντόπιων στην ορθολογική χρήση των υδάτινων αποθεμάτων στη βάση της υπευθυνότητας, της αλληλεγγύης, του σεβασμού και συνεργασίας των μαθητικών ομάδων και των ντόπιων κοινωνιών. Επιθυμούσαμε να βιώσουμε την αξία του συνεργατικού ομαδικού πνεύματος στη βάση της ισοτιμίας, της κατανόησης, της αλληλοβοήθειας και της ανοικτής επικοινωνίας και επειδή το φαράγγι είναι τμήμα του χώρου που ζουν οι μαθητές και οι οικογένειές τους, τμήμα της ζωής τους από δω και πέρα, στοχεύαμε, να αποτελέσει ένα εργαλείο δια βίου μάθησης και εκμάθησης της ενεργού συμμετοχής στα κοινά.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο διαθεματικός και διεπιστημονικός σχεδιασμός του διδακτικού μονοπατιού στηρίχτηκε στο συνδυασμό πολλών γνωστικών αντικειμένων του Λυκείου και των διαφορετικών ειδικοτήτων εκπαιδευτικών και φορέων που ενεπλάκησαν. Ο σχεδιασμός του έχει την ίδια βασική φιλοσοφία με αυτή του "The Natural Europe Educational Pathway" στα στάδια που ακολουθεί pre-visit, visit, post visit καθώς και με αυτή του πολύ επιτυχημένου εκπαιδευτικού μοντέλου Open Science Resources European Project (OSR, 2011). Οι δραστηριότητες βασίστηκαν στο εκπαιδευτικό υλικό του Σχολικού Περιβαλλοντικού Δικτύου «Ήχος και Φύση» που συντόνιζε το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ποροΐων Σερών (Τάτση & Κεχαγιόγλου, 2000).

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες, εφοδιάστηκαν με σημειωματάρια και μολύβια, θερμόμετρα, ρΗμετρα, χημικά υλικά για ανάλυση του νερού, λαβίδες, λεκάνες, μεγεθυντικούς φακούς, φωτογραφικές μηχανές, βιντεοκάμερες, έντυπο υλικό, κουστούμια, έτοιμοι να παίξουν τους ρόλους του μικρού επιστήμονα, του ενήλικα συνειδητοποιημένου πολίτη που γνωρίζει το παρελθόν του και σχεδιάζει το μέλλον του.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Αρχική Κατατοπιστική Επίσκεψη στο Φαράγγι

Στην αρχική κατατοπιστική επίσκεψη, η γνωριμία με το φαράγγι και την ευρύτερη περιοχή, και ιδίως με την ιστορία του και τη σημασία του στην κοινωνική ζωή του τόπου, έγινε με περιήγηση και ξενάγηση από τον Πρόεδρο του Πολιτιστικού Συλλόγου Αστριτσίου και ένα τοπογράφο μηχανικό, καταγωγής Αστριτσίου, ο οποίος στο παρελθόν είχε κάνει το τοπογραφικό διάγραμμα του φαραγγιού, το οποίο και μας έδωσε.

Μελέτη της Φυτοκοινωνίας και Ζωοκοινωνίας του Φαραγγιού

Στις επόμενες επισκέψεις, παρατηρήθηκαν φυτά και ζώα σε μεγάλη ποικιλία. Η προσοχή των μαθητών εστιάστηκε με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στους σπάνιους για τον τόπο και αιωνόβιους Δρύες και Πλατάνια στην περιοχή Δρυάδες. Προσπαθήσαμε να εκτιμήσουμε την ηλικία των δένδρων, να εντοπίσουμε πιθανόν ασθένειες και διαταραχές που έχουν υποστεί, να εκτιμήσουμε την οικονομική και πολιτιστική τους αξία και γενικά η συνειδητοποίηση της συνεχώς αυξανόμενης υποβάθμισης της βιοποικιλότητας των βιοτόπων των φαραγγιών. «*Η καταστροφή των πλατανιών πώς να μας διαφύγει, εφόσον ασχολούμαστε με περιβαλλοντικά θέματα; Προσέξαμε ότι κοντά στα αμπέλια , τα πλατάνια είναι αραιά. Ο λόγος; Οι ασυνείδητοι άνθρωποι, που τα κόβουν διότι δημιουργούν σκιά στα αμπέλια έτσι ώστε να ξεραίνονται!*» (Μαθήτρια της ΠΟ). Δεν μπήκαμε στη διαδικασία της αναγνώρισης με κλείδες προσδιορισμού των λατινικών τους ονομάτων γιατί όπως λέει και ο Joseph Cornel (1994), τα ονόματα των φυτών και των ζώων είναι απλά ετικέτες, διότι, όπως το είναι μας δεν αποδίδεται από το όνομά μας, ή ακόμη από το παρουσιαστικό μας, έτσι και μία βελανιδιά είναι κάτι πολύ περισσότερο από το όνομα και κάποια χαρακτηριστικά της… Πολλά και διαφορετικά είδη συνθέτουν τη φυτοκοινωνία και ζωοκοινωνία του φαραγγιού, όπως υπέπεσε στην αντίληψή μας και καταγράφηκε σε εικόνες και ήχους. Οι οργανισμοί τοποθετήθηκαν στα επίπεδα μιας τροφικής πυραμίδας και επιχειρήθηκε η δημιουργία τροφικών αλυσίδων και πλέγματος με αυτούς (Αδαμαντιάδου κ.ά, 2001).

Το Νερό των Πηγών και η Διαχείρισή του

«*Ο Δήμαρχος είπε ότι δεν πρέπει να γίνεται συστηματική εκμετάλλευση του νερού στις καλλιέργειες και πως η δημιουργία φραγμάτων έχει μεγάλο κόστος και δεν συμφέρει οικονομικά τον Δήμο*» (Μαθητής ΠΟ).

Σε ότι αφορά τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού, ασχοληθήκαμε με τη μέτρηση της σκληρότητάς του (Total Hardness Test, Sum of the alkaline earth ions) στις πηγές και στον ποταμό Καρτερό που το διασχίζει καθώς και με ποιοτικό και ημι-ποσοτικό έλεγχο νιτρικών και φωσφορικών ιόντων (Nitrate, Nitrite, Ammonium and Phosphate Tests). Ο έλεγχος αυτός έγινε με ειδικούς χημικούς δείκτες εμποτισμένους σε λωρίδες χαρτιού (Merck KGaA, 2002). Επιλέξαμε τα παραπάνω ιόντα επειδή σχετίζονται με παράγοντες ρύπανσης, πρόβλημα που επισήμανε στη συνέντευξή του ο Δήμαρχος, το οποίο εντόπισαν και οι μαθητές στις επισκέψεις τους.

Η Ρύπανση στο Φαράγγι

Η ρύπανση, αισθητική και οικολογική, γίνεται αισθητή με πολλούς τρόπους στον επισκέπτη. «*Η άσφαλτος που υπάρχει στην πλατεία του Αγίου Ιωάννη στην Κάτω Βρύση αλλά και γενικότερα στον δρόμο που διασχίζει το φαράγγι είναι υπερβολική. Δεν πρέπει να επεκταθεί σε άλλες περιοχές αν και εξυπηρετεί την εύκολη πρόσβαση στο φαράγγι. Ο θόρυβος από τα αυτοκίνητα θα επηρεάζει τη ζωή των ζωικών οργανισμών στο φαράγγι. Πολλά μονοπάτια περιηγητών θα χαθούν*» (Μαθήτρια ΠΟ). «*Τα πεταμένα ελαστικά αυτοκινήτων μέσα στο ποτάμι αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης και πρέπει να απομακρυνθούν άμεσα*» (Μαθητής ΠΟ). Κύρια αιτία ρύπανσης των νερών των πηγών και του ποταμού είναι τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούν οι γεωργοί στις γύρω καλλιέργειες καθώς και τα απόβλητα των ελαιουργείων (κατσιγάρους), πρόβλημα δύσκολο να αντιμετωπιστεί άμεσα, ακόμα και να περιοριστεί, γιατί συνεπάγεται οικονομική ζημιά των γεωργών. «*Έτσι για να γίνει πιο ενδιαφέρον ο γυρισμός ακολουθούμε άλλη πορεία. Και ποια η έκπληξη; Ένα ρυάκι ανάμεσα στο Αστρίτσι και την Βόννη ! Όχι ένα απλό τρεχούμενο ρυάκι αλλά ένα ρυάκι με μαύρο στάσιμο νερό , χωρίς ζωή! Μοιάζει με την Μαύρη Θάλασσα. Απογοήτευση και απελπισία, το μόνο που αισθανόμαστε. Με σκυμμένο το κεφάλι φύγαμε*» (Μαθήτρια ΠΟ). Όσο προχωρούσε η έρευνα, οι μαθητές συνειδητοποιούσαν όλο και καλύτερα πόσο σύνθετα και πολυπαραγοντικά είναι, τελικά, τα περιβαλλοντικά προβλήματα και πως απαιτούν συλλογική προσπάθεια για να αντιμετωπιστούν αφού μας αφορά όλους από τις αιτίες ως τις συνέπειές τους, αφού είναι κοινωνικά προβλήματα (Φλογαΐτη & Λιαράκου, 2009).

Καταγραφή Ήχων στο Σχολείο με Φύλλο Εργασίας

Για να μάθουμε στα παιδιά να ακούν από τους πιο ανεπαίσθητους ως τους πιο δυνατούς ήχους, ξεκινάμε με τη σιωπή. Με τη σιωπή, η ακοή οξύνεται στην αντίληψη των ήχων. Το κάθε

παιδί στέκεται στο προαύλιο, συγκεντρώνεται, αφουγκράζεται και συμπληρώνει σε πίνακα τους ήχους που αντιλήφθηκε. Μέσα από αυτή την δραστηριότητα, μας δίνεται η ευκαιρία να μιλήσουμε για συνοχή της ομάδας, για την ανάγκη καθοδήγησης, για το πόσο προσεκτικά πρέπει να ακούμε εάν θέλουμε να εργαστούμε ομαδικά.

Θεατρική Αναπαράσταση του Μύθου του Νεραϊδόσπηλιου

Τον Μάιο του 2003 οργανώθηκε μια αναπαράσταση του μύθου του Νεραϊδόσπηλιου από μαθητές της Περιβαλλοντικής Ομάδας μέσα στο φαράγγι με αυτοσχεδιασμό πάνω σε ένα υποτυπώδες σενάριο (Παπαστεφανάκη & Καλαθάκη, 2012). Τα σκηνικά ήταν η ίδια η φύση, τα μουσικά όργανα φτιάχτηκαν με φυσικά υλικά από το φαράγγι, προϊόντα του έμβιου και άβιου κόσμου του. Οι ήχοι παράχθηκαν από καλάμια και ξυλαράκια, χαρούπια, σπόρους, κουκουνάρια, πέτρες, από το θρόισμα των φύλλων, το φύσημα του ανέμου, το κελάδημα των πουλιών, το βούισμα των εντόμων. Το κελάρυσμα του νερού επένδυσε τις σκηνές που εκτυλίχτηκαν στις όχθες του ποταμού, στο γεφυράκι. Το δρώμενο αυτό ήταν η συνάντηση της Τέχνης με την Ιστορία, την Οικολογία και το Περιβάλλον για να διευρύνει την επιστημονική γνώση, να διερευνήσει την αλήθεια και να αναδείξει την ομορφιά. Το αέρινο, το μεταφυσικό, το ανεξήγητο, το ξωτικό αναπτύχθηκε μαζί με τη γνώση, την επιστήμη, την πραγματικότητα.

Συγγραφή δοκιμίων από τους μαθητές του με θέματα από τη Φύση

Στο πλαίσιο του εθνικού δικτύου «Μαθαίνω για τα Δάση», συμμετείχαμε στον κύκλο σεμιναρίων και εκδηλώσεων με γενικό θέμα «Λογοτεχνία και Περιβάλλον» που οργάνωσε η Ελληνική Εταιρία για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Προτάθηκε στους μαθητές του Γυμνασίου και του Λυκείου Μελεσών να γράψουν ένα παραμύθι και ένα διήγημα με θέμα από το δάσος. Η ανταπόκριση των μαθητών του Γυμνασίου ήταν καλή, ενώ αυτών του Λυκείου μηδαμινή. Επιλέχθηκε ένα παραμύθι με τίτλο «Ένα παραμύθι στο Δάσος» μιας μαθήτριας της Α Γυμνασίου, το οποίο στάλθηκε υποψήφιο για βράβευση.

Δενδροφύτευση

Στην αυλή του σχολείου, τη Δευτέρα 5 Μαΐου 2003, μαθητές από το Γυμνάσιο και το Λύκειο Μελεσών φύτεψαν 3Φοίνικες, 3Ελιές, 1 Κυδωνιά, 4 Μανταρινιές, 2 Πορτοκαλιές, 1 Χαρουπιά, 2 Καρυδιές. Στο φαράγγι του Αστριτσίου, στις 9 Μαΐου 2003, κοντά στο παλιό υδραγωγείο, φυτεύτηκαν 2 Ροδιές, 1 Κυδωνιά, 2 Καρυδιές, 2 Χαρουπιές. Εκεί τοποθετήθηκε και αναμνηστική επιγραφή.

Ξύλινες Επιγραφές Αποτρεπτικές για το Κυνήγι

Καθημερινά, αρκετά ζώα αφήνουν τη τελευταία τους πνοή στην άσφαλτο κάτω από τα λάστιχα αγχωμένων και νευρικών οδηγών που έχουν παρασυρθεί από τους εντατικούς ρυθμούς της ζωής. «*Πρέπει να κάνουμε αυτούς τους οδηγούς να προσέξουν τα προειδοποιητικά σήματα που θα εγκαταστήσουμε σε διάφορα σημεία-περάσματα των ζώων για να συναισθανθούν τη θανατηφόρα δύναμη της συχνά απαράδεκτης οδικής τους συμπεριφοράς*» (Μαθητής ΠΟ). Οι μαθητές ζωγράφισαν και τοποθέτησαν ξύλινες επιγραφές με εικόνες και μαντινάδες αποτρεπτικές για το κυνήγι μέσα στο φαράγγι του Αστριτσίου. «*Πουλί που μπαίνει σε κλουβί, να μπόριε να μιλήσει, θα' λεγε πως καλιά νεκρό, παρά σκλαβιά να ζήσει. Μη παίξεις καθιστού λαγού, και πέρδικας στο χώμα, μα δώσε ντος να φύγουνε, μια ευκαιρία ακόμα, Όντε θα δω μαύρο πουλί, ποτέ δε το σκοτώνω, γιατί και αυτό για να φορεί, μαύρα, θα έχει πόνο. Ποιος κυνηγός σου χάλασε, πουλί μου τη φωλιά σου, και αφήκε το παράπονο, σημάδι στη λαλιά σου, Ανάθεμα σε, κυνηγέ, που σκότωσες τ 'αηδόνι, και μαυροντύθηκ' η αυγή, κι αργεί να ξημερώνει….*».

Η διατήρηση της ποικιλίας των οργανισμών σε κάθε φυσικό οικοσύστημα είναι βασική μας υποχρέωση, είναι επωφελής για την επιβίωση των όλων των οργανισμών αλλά και για τον άνθρωπο, αφού η ζωή του εξαρτάται άμεσα και έμμεσα από τα φυτά και τα ζώα. Η διατήρηση της υψηλής αισθητικής από τη μεγάλη ποικιλία των φυτών και των ζώων βελτιώνει την ποιότητα της ζωής μας (Λυκάκης, 2012).

Συνδιάσκεψη Τοπικών Φορέων για την Ανάπτυξη του Φαραγγιού του Αστριτσίου

Η θεμελίωση της δια βίου μάθησης υλοποιείται, εκτός από την εκπαιδευτική διαδικασία στην τυπική εκπαίδευση, και μέσα από τις αλληλεπιδράσεις με γονείς, άλλους μαθητές, τους εκπροσώπους της κοινότητας και γενικά μέσω της επαφής και συνεργασίας με πρόσωπα που

σχετίζονται με την πολιτική (Μυλωνάκου-Κεκέ, 2006). Την 1η Μαρτίου του 2003, στο σχολείο, οργανώθηκε Συνδιάσκεψη τοπικών φορέων για τη διαχείριση και ανάπτυξη του φαραγγιού του Αστριτσίου, στην οποία μετείχαν όλοι οι τοπικοί φορείς, ειδικοί και κάτοικοι που σχετίζονται με τη διαχείριση και ανάπτυξη της περιοχής. Συζητήθηκαν τρόποι βελτίωσης των επεμβάσεων που είχαν ήδη γίνει και τις οποίες είχαν εντοπίσει οι μαθητές στις επισκέψεις τους και οι συμμαθητές τους και οι κάτοικοι του χωριού Αστριτσίου είχαν δηλώσει σε σχετικό Ερωτηματολόγιο που είχαν συμπληρώσει.

Αρθρογραφία

Οι μαθητές μας, ως μικροί δημοσιογράφοι δημοσίευσαν άρθρο στο διαδίκτυο στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού δικτύου Young Reporters for the Environment της Ελληνικής Εταιρίας Προστασίας της Φύσης.

Παρουσίασαν τα αποτελέσματα του προγράμματος στο 6ο Μαθητικό Συνέδριο με θέμα «Αειφορικά Σχολεία» που οργανώθηκε από την Περιβαλλοντική Οργάνωση «Ελλάδα Καθαρή» στο Ηράκλειο της Κρήτης την 1η Μαρτίου 2005 (Καλαθάκη & Παπαστεφανάκη, 2005α).

Η Χάραξη του Περιβαλλοντικού Μονοπατιού

Η διαδρομή που προτείνεται να ακολουθήσει ο επισκέπτης, η οποία περιγράφεται σε ειδικό έντυπο, αρχίζει και τελειώνει στο χωριό Αστρίτσι. Έχει μήκος 2 Km και περνά από τις Πηγές της Κάτω Βρύσης, την πλατεία του Αη Γιάννη, το Νεραϊδόσπηλιο, τις Δρυάδες, την ερειπωμένη εκκλησία της Αγίας Μαρίνας, την εκκλησία Άξιον Εστί 15ου αιώνα, την αρχαία Νήρα, τόπος λατρείας της θεάς Ήρας, το Νερόμυλο του Φανούργιου, ηλικίας 300 ετών, τα Καβούσια, (βυζαντινά υδραγωγεία). Περνώντας το ξύλινο γεφυράκι βρισκόμαστε στην απέναντι όχθη, ξανά στην Κάτω Βρύση, την πιο πολυσύχναστη περιοχή του φαραγγιού, η οποία, λόγω των πηγών και των πολιτιστικών εκδηλώσεων, δέχεται συχνά πολλούς επισκέπτες. Στο πλάτωμα υπάρχει λιμνούλα, αναψυκτήριο, τουαλέτες και πάπιες.

Η βλάστηση στο φαράγγι ποικίλει και αλλάζει σταδιακά όσο απομακρυνόμαστε από τις όχθες του ποταμού και προχωρούμε προς το εσωτερικό των καλλιεργημένων εκτάσεων. Ο αριθμός των πλατανιών είναι μεγάλος, περίπου 800 λένε οι ντόπιοι, όπως και η πυκνότητά τους. Σε ορισμένα σημεία, οι πλαγιές έχουν κατολισθήσει επειδή κόπηκαν τα πλατάνια για να μη στερούν νερό και φως από τα αμπέλια που καλλιεργούνται. Μεγάλες εκτάσεις του φαραγγιού έχουν αποψιλωθεί για να καλλιεργηθούν. Αμπέλια, ελιές, οπωροφόρα δένδρα και λαχανικά είναι οι συνηθέστερες καλλιέργειες, οι περισσότερες αρδευόμενες από τον ποταμό με υποτυπώδη παραδοσιακά συστήματα. Μέσα στο φαράγγι εκτρέφονται σε μικρή κλίμακα όρνιθες, χοίροι, μοσχάρια και αιγοπρόβατα. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει περίφραξη στις ιδιοκτησίες αλλά αυτές οριοθετούνται με φυσικούς τρόπους (θάμνους, δένδρα, άσκαφες λωρίδες κλπ). Στη διαδρομή κάνοντας διάφορες στάσεις η θέα αποζημιώνει, οι ήχοι πουλιών, βατράχων και εντόμων, το θρόισμα του αέρα στα φύλλα, η μεγάλη ποικιλία ζωής που υπάρχει, το περπάτημα ανάμεσα σε τόσα ζώα και φυτά προσφέρουν στον περιπατητή μοναδικά βιώματα..

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη διδακτική έρευνα, οι μαθητές εμπλέκονταν στη συλλογή δεδομένων, στη χαρτογράφηση και ταξινόμησή τους, στην επιστημονική ανάλυση, στην αξιολόγηση και χρήση τεχνικών ελέγχου υλικών και διαδικασιών (Gough, 2005). Οι μαθητές εξασκήθηκαν στην επιστημονική παρατήρηση των φυσικών οικοσυστημάτων και στη λήψη μετρήσεων φυσικοχημικών παραμέτρων, έγιναν κοινωνικοί αναλυτές, πολίτες που από νωρίς νοιάζονται και εργάζονται για το αύριο, εφαρμόζοντας τη μέθοδο Project (Katz G. L. & Chard C. S., 2004). Η διαθεματικότητα στην εκπαιδευτική πρακτική βασίζεται στην αναζήτηση συσχετίσεων, πολλαπλών επιρροών και αμοιβαίων επιδράσεων (Breiting, Mayer, Mongensen, 2005). Εξετάζει τα φαινόμενα ολόπλευρα, διευκολύνοντας τη μάθηση, συντελώντας στην ποιοτική αναβάθμισή της, αφού έχει στόχο τη συστημική προσέγγιση με μεταφορά γνώσεων και τεχνογνωσίας (Maingain & Dufour, 2002).

Μέσα από τη συζήτηση με ανάλογα θέματα της βιβλιογραφίας, δίνεται η ευκαιρία να αξιολογηθούν τα πεπραγμένα σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα και να σχεδιαστούν καλύτερα τα επόμενα. Ένα ανάλογο περιβαλλοντικό μονοπάτι οργανώθηκε ανάμεσα σε δυο χωριά του Κισσάβου, τη Μελιβοία και Σωτηρίτσα με τη συντονισμένη δράση Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και Τοπικής αυτοδιοίκησης στο οποίο ενθαρρύνθηκε η ανάπτυξη πρωτοβουλιών για τη βιωματική προσέγγιση της φύσης και το άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία (Γκανάς & Παναγιωτίδου, 2005). Το διδακτικό μονοπάτι ξεκινά από τη σχολική αίθουσα, ακολουθεί η επίσκεψη, τα στοιχεία που προκύπτουν επεξεργάζονται στο τέλος του μονοπατιού ή/και στο σχολείο. Στην Κέρκυρα, οι Περιβαλλοντικές Ομάδες των Γυμνασίων Λευκίμμης και Καστελλάνων, στο ταξίδι τους στο χρόνο μέσα από τα μονοπάτια των αιωνόβιων ελιών, βιντεοσκόπησαν το οδοιπορικό, τέντωσαν τις αισθήσεις τους, όξυναν τη φαντασία τους, ανακάλεσαν στη μνήμη τους γνώσεις, αναζήτησαν ιστορικά ντοκουμέντα, προσέγγισαν με συναίσθημα τα αιωνόβια δένδρα (Βλάσσης & Σιταρίδου, 2006).

Αξιολόγηση του σχεδιασμού του παρόντος προγράμματος έγινε από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου το 2004 και χρηματοδοτήθηκε ως πρώτο πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, πανελλαδικά, για εφαρμογή. Διαμορφωτική αξιολόγηση γινόταν σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης του με αναστοχασμό και ανατροφοδότηση μέσω συζητήσεων μαθητών και καθηγητών. Η τελική αξιολόγηση δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη, καθόσον, κάθε φορά που κάποια κομμάτια της δουλειάς μας ανακοινώνουμε σε επιστημονικά συνέδρια ή τα συζητάμε και τα εφαρμόζουμε αλλού ως καλές εκπαιδευτικές πραχτικές, αξιολογούμε, αποτιμούμε και συναισθανόμαστε την αξία που είχε αυτή η εκπαιδευτική παρέμβαση στην επαγγελματική και προσωπική μας ανάπτυξη. Η εμπειρία μας ήταν μοναδική αφού συνειδητοποιήσαμε το πόσο σημαντικό είναι να γνωρίζουμε από κοντά τη σύνθεση των βιοκοινωνιών που ζουν σε ένα βιότοπο, όπως αυτό του φαραγγιού, τις αλληλεξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις τους, τις συνέπειες από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στις αλυσίδες ισορροπίας τους, τη διατύπωση προτάσεων για την επιβίωσή τους στο μέλλον. «*Είδαμε ξεκάθαρα πως, πολλές φορές, η απερισκεψία , το συμφέρον και η άγνοια μας οπλίζουν το χέρι για να εξοντώσουμε είδη που μας ωφελούν και κινδυνεύουν να εξαφανιστούν*» (Μαθητής ΠΟ). Αντιληφθήκαμε πως η ισορροπία στα φυσικά οικοσυστήματα είναι καθοριστική για τη δική μας ισόρροπη ζωή (Λυκάκης, 2012). Όλοι πρέπει να συμβάλλουμε στη διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματός μας και το πρώτο σκαλοπάτι είναι η γνώση (Καλαθάκη & Παπαστεφανάκη, 2005β).

Η ζωή μας είναι συναρτημένη και συνυφασμένη με το νερό, και ειδικότερα με τη διαλυτική του ικανότητα, την οποία φωτίσαμε με τις δραστηριότητες των χημικών αναλύσεων και τη διδακτέα ύλη στο μάθημα της Χημείας Α τάξης (Λιοδάκης, κά, 2001). Οι μαθητές συναντούν δυσκολίες στην κατανόηση των υδατικών διαλυμάτων, γεγονός που δυσχεραίνει τη διδασκαλία πολλών θεμάτων Χημείας στο Λύκεια επειδή τα προαπαιτούν. Επίσης, πολλά από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα συνδέονται με το νερό και η έννοια του νερού ως διαλύτη είναι απαραίτητη για την κατανόησή τους (Κουκά κά, 2011).

Η εργασία σε ομάδες είναι εκπαιδευτική στρατηγική που απολαμβάνουν πολύ μαθητές και καθηγητές επειδή αναπτύσσει την προσωπική επικοινωνία και την κοινωνική ικανότητα (Gough, 2005). Αναπτύχθηκε επιστημονική συζήτηση, για πολλές ώρες, σε θέματα που διδάσκονται στα σχολικά μαθήματα, αναπτύσσοντας διαστάσεις που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή. Η αξιολόγηση διαδικασιών και του παραγόμενου έργου γινόταν με ομαδικές συζητήσεις, σε όλη τη διάρκεια της υλοποίησης του προγράμματος αλλά και στο τέλος πιο εκτεταμένες, όπου επιχειρήσαμε να βρούμε θέματα και οπτικές που φώτιζαν περισσότερο το θέμα μας, να δούμε τι μας άρεσε και τι όχι, τι έπρεπε να βελτιώσουμε και τι να καταργήσουμε. Οι δράσεις χρειάζεται να αξιολογούνται κυρίως με βάση την εκπαιδευτική και/ή την επιστημολογική τους αξία. Για τους μαθητές, οι δράσεις είναι περιβαλλοντικές ενώ για τους εκπαιδευτικούς είναι εκπαιδευτικές (Φλογαΐτη & Λιαράκου, 2009). Η εμπλοκή των μαθητών σε δράση έχει αντίκτυπο σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, συνδέοντας κινδύνους και δυνατότητες εναλλακτικών επιλογών (Breiting, Mayer & Mogensen, 2005). Όλες οι δραστηριότητες στο πεδίο και στην τάξη μας αποζημίωσαν με το παραπάνω, μας λιγόστεψαν

το άγχος και την πίεση του σύγχρονου Λυκείου. «*Μας έκαναν πιο φρόνιμους, πιο μορφωμένους, να αγαπάμε το περιβάλλον που κληρονομήσαμε από τους προγόνους μας και δανειστήκαμε από τους απογόνους μας*» (Μαθήτρια ΠΟ).

Ο επιστήμονας, ο καλλιτέχνης και ο εκπαιδευτικός ήταν άτομα των οποίων οι ρόλοι ταυτίστηκαν και ενσαρκώθηκαν από μαθητές και καθηγητές, σε εναλλαγή. Ο ρόλος τους και η ευθύνη τους απορρέουν και καταλήγουν στο κοινωνικό σύνολο. Στη σύγχρονη εκπαίδευση επιλέγουμε κοινή πορεία επιστήμης και τέχνης για να επαναπροσδιορίζουμε παλαιότερες και νεότερες έννοιες και αρχές που αφορούν την επιστημονική και καλλιτεχνική παιδεία του ανθρώπου. Ευελπιστούμε πως οι εγειρόμενες στάσεις, θα αποδώσουν στο μέλλον πιο φιλικές συμπεριφορές προς το μεγάλο αυτό φυσικό και πολιτιστικό κεφάλαιο της περιοχής μας.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Αδαμαντιάδου κ.ά. (2001). Βιολογία, Οδηγός Εργαστηριακών Ασκήσεων Γ τάξης Ενιαίου Λυκείου Γενικής Παιδείας

Αθανασάκης Α., Κουσουρής Θ., Κονταράτος Σ. (2001). Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών, ΟΕΔΒ

Βλάσσης Α. & Σιταρίδου Δ. (2006). Ταξίδι στο χρόνο μέσα από τα μονοπάτια των αιωνόβιων ελιών της Κέρκυρας, Πρακτικά 2ου Συνεδρίου ΣΠΠΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Αθήνα, Δεκέμβριος 2005

Γκανάς Α. & Παναγιωτίδου Β. (2005). Βιωματική-επικοινωνιακή προσέγγιση στην Περιβαλλοντική Αγωγή με την ευκαιρία της δημιουργίας του περιβαλλοντικού μονοπατιού Μελιβοίας-Σωτηρίτσας, Πρακτικά 1ου Συνεδρίου ΣΠΠΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ισθμός Κορίνθου, Σεπτέμβριος 2005

Καλαθάκη Μ. & Παπαστεφανάκη Α. (2005α). Η μαθητική παρέμβαση στη διαχείριση και ανάδειξη του φυσικού οικοσυστήματος στο φαράγγι του Αστριτσίου, σε ηλεκτρονική μορφή στο CD-ROM «Πρακτικά 6ου Μαθητικού Συνεδρίου για το Περιβάλλον Αειφορικά Σχολεία» στο πλαίσιο του Προγράμματος Life-Sustainable Buildings in the Mediterranean Region, Ελλάδα Καθαρή

Καλαθάκη Μ. & Παπαστεφανάκη Α. (2005β). Τρόποι παρέμβασης των μαθητών στη διατήρηση και ανάδειξη του φυσικού περιβάλλοντος στις πηγές Κάτω Βρύσης Αστριτσίου»-Από τον σχεδιασμό στην υλοποίηση, σε έντυπη μορφή στο «Πρακτικά 1ου Συνέδριου Σχολικών Προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, Τόμος Περιλήψεων, Εκδότης Θ.Δ. Λέκκας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ισθμός Κορίνθου 23-25 Σεπτεμβρίου 2005, ISBN 960-7475-34-8, σε ηλεκτρονική μορφή στο CD-ROM των Πρακτικών και στην ιστοσελίδα
http://kpe-kastor.kas.sch.gr/kpe/yliko/sppe1/sppe/PDFs/1027-1033_sppe.pdf

Κουκά Α., Βοσνιάδου Σ., Τσαπαρλής Γ. (2011). Γιατί το νερό δεν διαλύει ορισμένες ουσίες; Εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών από το Δημοτικό μέχρι το Λύκειο, Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 15-17 Απριλίου, Αλεξανδρούπολη

Λιοδάκης κά (2001). Χημεία Α τάξης Ενιαίου Λυκείου. ΟΕΔΒ, Αθήνα

Λυκάκης Ι. (2012). Βιοποικιλότητα, Οικολογική και Εξελικτική Θεώρηση, Ανθρωπογενείς Μεταλλαγές και Μέτρα Προστασίας, Εκδόσεις Γιάννης Πικραμένος, Αθήνα

Μπατσή Θ. (2006) Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και εκπαιδευτικοί. Η περίπτωση των
εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης του νομού Ρεθύμνης. Διπλωματική Εργασία, ΕΑΠ, Πάτρα

Μυλωνάκου-Κεκέ Η. (2006) Σύγχρονες θεωρητικές προσεγγίσεις στην επικοινωνία σχολείου, οικογένειας και κοινότητας, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα

Παπαστεφανάκη Α. & Καλαθάκη Μ. (2012). Ο Μύθος του Νεραϊδόσπηλιου στο Φαράγγι του Αστριτσίου, μια Διδακτική Παρέμβαση στο Πλαίσιο Προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, σε ηλεκτρονική μορφή στο CD-ROM «Πρακτικά 6ου Συνεδρίου ΠΕΕΚΠΕ», Θεσσαλονίκη 30 Νοεμβρίου έως 2 Δεκεμβρίου 2012, διαθέσιμο στην ιστοσελίδα http://www.peekpe.gr

Ρούσου Σ. (2007) Η υλοποίηση προαιρετικών προγραμμάτων στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και η συμβολή της στην επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών. Η σκοπιά του εκπαιδευτικού, Διπλωματική Εργασία ΕΑΠ, Πάτρα

Τάτση Κ. & Κεχαγιόγλου Στρ. (2000). Το Μονοπάτι της Αλεπούς, στο Εκπαιδευτικό Πακέτο του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ποροΐων «Ήχος και Φύση», ΥΠΕΠΘ-ΕΙΝ, Πορόια Σερών.

Φλογαΐτη Ε & Λιαράκου Γ. (επιμ). (2009). Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη, Από τη Θεωρία στην Πράξη. Εκδόσεις ΚΠΕ Αρχανών

Breiting S., Mayer M. and Mogensen F. (2005), Quality Criteria for ESD-Schools, Guidelines to enhance the quality of Education for Sustainable Development, SEED, Socrates/Comenius Project, Austria, http://www.seed-eu.net , ανασύρθηκε 20-7-2007

Cornell J. (1994). Ας Μοιραστούμε τη Φύση με τα Παιδιά. Μετάφραση Στέλλα Δημητριάδου, Χρυσούλα Αθανασίου, Αλεξία Παπαγιάννη, Αριστοτέλης Κωτίτσας, Εκδοτικός Οίκος Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη

Gough A. (2005) Sustainable Schools: Renovating Educational Processes, Applied Environmental Education and Communication, 4:339-351, Routledge, Taylor & Francis Group

Huckle J. (2006) Pedagogical critical method, inquiry, project work, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Workshop 4-8 Δεκεμβρίου, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση», ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος

Katz G. L. & Chard C. S. (2004). Η Μέθοδος Project: η Ανάπτυξη της Κριτικής Σκέψης και της Δημιουργικότητας των Παιδιών της Προσχολικής Ηλικίας, Μετάφραση Λαμπρέλλη Ρίτα, Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα

Maingain A., Dufour B. (2002) Διδακτικές προσεγγίσεις της διαθεματικότητας, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα

Merck KGaA, (2002). Analytical Test Strips for the determination of the water Hardness and the detection and semi-quantitative determination of Nitrate, Nitrite, Ammonium and Phosphate Ions, Merckquant 1.10046.0001, Darmstadt, Germany

Nicol R. et al. (2011). Outdoor environmental and sustainability education, personal and social development and outdoor education-revalidation of existing programmes, University of Edinburgh, Moray house school of education, available at
http://www.ed.ac.uk/polopoly_fs/1.79542!/fileManager/BoS-PaperB2-161111.pdf

OSR. (2011). Open Science Resources Project.Retrieved June, 2011, from http://www.openscienceresources.eu

UNECE (2005) Στρατηγική της UNECE για την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη, Συνάντηση Υψηλού Επιπέδου των Υπουργών Περιβάλλοντος και Παιδείας, Vilnius, 17-18 Μαρτίου

Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση - Περιβαλλοντική εκπαιδευτική προσέγγιση με χρήση νέων τεχνολογιών. Το παράδειγμα περιβαλλοντικού προγράμματος «Ανθρώπινες παρεμβάσεις σε καμένη περιοχή»

Γεράσιμος Αντύπας M.ed
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, τ. Συνεργάτης Τ.Ε.Ι. Πατρών, antyger@gmail.com

Περίληψη

Τα περιβαλλοντικά προγράμματα και οι καινοτόμες δράσεις των Κέντρων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης αποτελούν βασικό στοιχείο στήριξης των προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Οι νέες τεχνολογίες αποτελούν βασικές τεχνικές και μέσα που εφαρμόζονται και χρησιμοποιούνται για να στηρίξουν και να ενισχύσουν την υλοποίηση και ανάδειξη των δράσεων. Με τον τρόπο αυτό αναδεικνύεται το έργο των εκπαιδευτικών και συμβάλουν ενεργά στο άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία και στη σύγχρονη πραγματικότητα παρέχοντας υψηλού επιπέδου γνωστική και κυρίως βιωματική εκπαίδευση. Μέσω των νέων τεχνολογιών οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί μαθαίνουν πως οι νέες τεχνολογίες αποτελούν εργαλείο μάθησης και επικοινωνίας και όχι αυτοσκοπός. Η ορθή χρήση της τεχνολογίας μπορεί αποδεδειγμένα να οδηγήσει στην ευαισθητοποίηση των νέων σε θέματα ορθολογικής χρήσης των πόρων αλλά και να ανοίξει το σχολείο στην τοπική κοινωνία και τη ζωή χωρίς να δημιουργεί ένα εικονικό εκτός πραγματικότητας περιβάλλον. Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιαστεί ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα με χρήση νέων τεχνολογιών (π.χ internet, συσκευές GPS) από μαθητές. Η δυνατότητα σύμπραξης - ανταλλαγής δεδομένων με άλλα σχολεία μπορεί να ανοίξει τους ορίζοντες των μαθητών τόσο σε γνωστικό όσο και σε συναισθηματικό επίπεδο.

Abstract

Environmental programs and innovative actions of environmental education centers are a key element to support environmental education programs. New technologies are key techniques and tools implemented and used to support and strengthen the implementation and promotion actions. Thereby becoming teachers' work and actively contribute to the opening of school in society and the modern reality by providing high-level cognitive and experiential education mainly. Through new technologies students and teachers learn how new technologies are a tool for learning and communication, not an end. The proper use of technology can demonstrably lead to the awareness of young people about the rational use of resources and to open the school in the local community and life without creating a virtual reality environment outside. The purpose of this paper is to present an environmental program using new technologies (e.x. internet, GPS devices) by students. The potential partnership - data exchange with other schools can open the horizons of students in both cognitive and emotional level.

Εισαγωγή

Κάθε χρόνο στο Ν. Ηλείας, ένα από τους πλέον πυρόπληκτους νομούς σε όλη την Ελλάδα, καίγονται άνω των 34.968 στρεμμάτων (δασικών, γεωργικών και λοιπών εκτάσεων). Ο δε αριθμός των πυρκαγιών ξεπερνά τα 75 περιστατικά.

Για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου των πυρκαγιών και την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων έγινε μελέτη των στοιχείων που υπάρχουν στο αρχείο τον Πυροσβεστικών Υπηρεσιών του Ν. Ηλείας καθώς και των Δασικών Υπηρεσιών.

Το φαινόμενο των πυρκαγιών στο Ν. Ηλείας οφείλεται, τόσο στις κλιματολογικές συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη πυρκαγιών (υψηλές θερμοκρασίες - παρατεταμένη ξηρασία - ισχυροί άνεμοι) όσο και στη συσσώρευση καύσιμης ύλης επί το εδάφους που αποτελεί και την κύρια αιτία έναρξης και ανάπτυξης πυρκαγιών, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην σύνθεση, δομή και διαχείριση των κυριότερων δασών του Ν. Ηλείας (δάση χαλεπίου πεύκης). Στο Ν. Ηλείας που βρίσκεται στην Ν.Δ. Ελλάδα, επικρατούν οι βιοκλιματικές συνθήκες των δασών της Μεσογείου που ευνοούν την έναρξη της φωτιάς και την γρήγορη ανάπτυξη και εξάπλωση των πυρκαγιών

Βιοκλιματικές συνθήκες

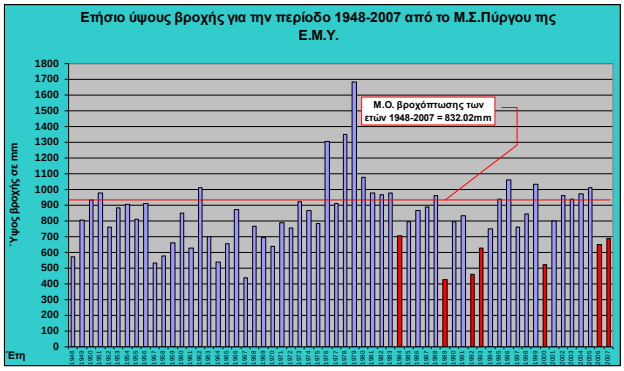
Σύνθεση - δομή και διαχείριση δασών

Τα δάση του Ν. Ηλείας είναι δάση χαλεπίου πεύκης που έχουν υψηλή περιεκτικότητα της βιομάζας τους σε ρητίνη (εύφλεκτα δάση). Ο συνδυασμός δε με πλουσιότατο υποόροφο από αείφυλλους πλατύφυλλους θάμνους (πουρνάρι, φυλίκι, κουμαριά, ρείκι, αφάνα) η αναφλεξιμότητα των οποίων είναι πολύ μεγάλη (περιέχουν αιθέρια έλαια σε μεγάλο βαθμό) δίνει υψηλό θερμικό δυναμικό (μεγάλη θερμοκρασία κατά την καύση) και την έκλυση μεγάλης ποσότητας θερμότητας (Γιακουμής, Βαβλίαρας 1994).

Ο τρόπος χρήσης - διαχείρισης των δασών χαλεπίου πεύκης μετά το 1960 συμβάλλει στη συσσώρευση καύσιμης ύλης στην επιφάνεια του εδάφους και αυτό γιατί:

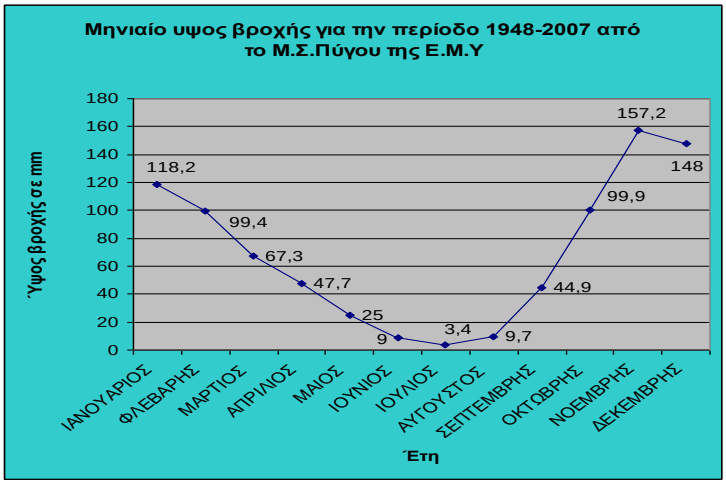
- Έχει μειωθεί δραστικά και σε μερικές περιπτώσεις έχει σταματήσει η συγκομιδή καύσιμης ύλης (κυρίως θάμνων) από τους περιοίκους των δασών για ατομικές ανάγκες θέρμανσης. Ο ηλεκτρισμός και τα ορυκτά καύσιμα έχουν αντικαταστήσει τη δασική φυτομάζα ως πηγή θερμικής ενέργειας.
- Έχει μειωθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια ο δασόβιος και παραδασόβιος πληθυσμός που θα μπορούσε να επέμβει άμεσα με την εκδήλωση φωτιάς.
- Έχει μειωθεί σε μεγάλο βαθμό η κατανάλωση φυτομάζας του υπορόφου των δασών από τον περιορισμό της βόσκησης κτηνοτροφικών ζώων λόγω μείωσης ή έλλειψης αυτών. Η σωστή και λελογισμένη βόσκηση ωφελεί και δεν βλάπτει το δασικό οικοσύστημα και το καθιστά ανθεκτικότερο στις πυρκαγιές.
- Υπάρχει μεγάλη έλλειψη δασικού και Γεωτεχνικού προσωπικού το οποίο θα μπορούσε να απασχοληθεί και να μελετήσει το πρόβλημα τον δασών χαλεπίου πεύκης, για την ορθολογικότερη λειτουργία και εξέλιξή τους, γεγονός που θα σήμαινε καλύτερη και αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των πυρκαγιών.
- Η έλλειψη αναγκαίων πιστώσεων για την εφαρμογή κάποιων μακροχρόνιων προγραμμάτων στον προληπτικό τομέα των πυρκαγιών.

Η μακρά ξηρή θερινή περίοδος



Σχήμα 1: Ετήσιο ύψος βροχής περιόδου 1948-2007 από το Μετεωρολογικό Σταθμό Πύργου της Ε.Μ.Υ.

Στο σχήμα 1 παρατηρούμε ότι ο Ν. Ηλείας χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό βροχών σε σχέση με τη υπόλοιπη Ελλάδα (μέχρι το 1989 έφθανε τα 900-1200 mm βροχής ετησίως. Μετά το 1989 κυμάνθηκε γύρω στα 800 mm βροχής) το οποίο όμως πέφτει από τον Οκτώβρη έως τον Απρίλη που παρατηρούμε μία άνομβρη θερινή περίοδο, 5-6 μηνών (σχήμα 2).



Σχήμα 2: Μηναίο ύψος βροχής για την περίοδο 1948-2007 από το Μετεωρολογικό Σταθμό Πύργου της Ε.Μ.Υ.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την καλή γονιμότητα του εδάφους δημιουργεί άφθονη βλάστηση η οποία μετατρέπεται σε εύφλεκτη ύλη την περίοδο του καλοκαιριού λόγω της χαμηλής υγρασίας που παρατηρείται τόσο στα φυτά του υποροόφου των δασών χαλεπίου πεύκης όσο και στα ίδια τα πεύκα. Έτσι είναι εμφανή μία συσσώρευση εύφλεκτης ζώσας (θάμνων υποροόφου) και νεκρής (ξηροί κλάδοι, βελόνες, φύλλα κ.λ.π.) βιομάζας.

Με κόκκινο χρωματισμό είναι τα έτη που έχουν ύψος βροχής κάτω από 7.000 mm βροχής, και όπως θα δούμε παρακάτω είναι και χρονιές που έχουμε μεγάλο αριθμό πυρκαγιών ή καμένων εκτάσεων.

Υψηλές θερμοκρασίες

Κατά την θερινή περίοδο οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές με αποτέλεσμα η υγρασία της νεκρής παρά το έδαφος φυτομάζας να είναι πολύ κάτω του 10% η δε ζώσα φυτική ύλη έχει χάσει μεγάλο ποσοστό υγρασίας με αποτέλεσμα να γίνεται πιο εύφλεκτη. Οι συνθήκες των υψηλών θερμοκρασιών σε συνδυασμό με την παρατεταμένη ξηρασία επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που θα αποσυνθέσουν την νεκρή ύλη με συνέπεια τη συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων καύσιμης ύλης ενώ μοναδικός τρόπος για τη μείωση της είναι η πυρκαγιά.

Οι ισχυροί άνεμοι

Οι ισχυροί άνεμοι που επικρατούν σε σχέση με τις υψηλές θερμοκρασίες και τη μικρή σχετική υγρασία, είναι αυτοί που έχουν δώσει τις μεγαλύτερες καταστροφές των δασών του Ν. Ηλείας από πυρκαγιές. Οι ισχυροί άνεμοι κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς δημιουργούν συνεχώς νέες εστίες με μία σπίθα ή με τα καρπόφυλλα που αποσπούνται από τους κώνους των πεύκων ή ακόμα και με μικρά αναμμένα κομμάτια φλοιού - ξύλου.

Μορφή των δασών

Η εμφάνιση των δασών υπό μορφή μωσαϊκού σε σχέση με τις αγροτικές εκτάσεις (συνεχής εναλλαγή δασών και αγροτικών εκτάσεων) έχει θετικά και αρνητικά στοιχεία στις πυρκαγιές των δασών του Ν. Ηλείας. Το μωσαϊκό αυτό αυξάνει τις πιθανότητες δημιουργίας πυρκαγιών από αμέλεια (αγροτικές εργασίες) αλλά μπορεί να λειτουργήσει και ως αντιπυρική ζώνη.

Πίνακας 1: Αριθμός πυρκαγιών καμένη έκταση και μέση καμένη έκταση ανά πυρκαγιά.

ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ Ν. ΗΛΕΙΑΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2008			
ΕΤΗ	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ**	**ΚΑΕΙΣΑ ΕΚΤΑΣΗ [στρέμματα]**	**ΜΕΣΗ ΚΑΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ ΑΝΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑ [στρέμματα]**
1980	59	513	9
1981	48	108.773	2.266
1982	54	2.546	47
1983	64	1.177	18
1984	78	2.939	37
1985	93	61.592	662
1986	77	18.222	236
1987	61	1.168	19
1988	106	11.610	109
1989	84	35.287	420
1990	73	3.350	45
1991	57	1.828	32
1992	121	5.845	48
1993	115	10.355	90
1994	61	4.188	68
1995	81	652	8
1996	46	466	10
1997	93	27.396	294
1998	35	163.482	4.670
1999	25	203	8
2000	63	17.135	271
2001	91	872	10
2002	59	634	11
2003	103	2.123	21
2004	97	3.008	31
2005	88	1.016	11
2006	72	719	10
2007	122	524.916	4.303
2008	52	2.069	40
ΣΥΝΟΛΟ	**2.178**	**1.014.084 στρέμματα**	**Μέσος όρος περιόδου: 476 στρ.**

Στατιστικά στοιχεία των πυρκαγιών στο Ν. Ηλείας

Αριθμός πυρκαγιών και καμένη έκταση

Ο συνολικός αριθμός των πυρκαγιών που κατεγράφησαν την χρονική περίοδο 1980-2008, στην Ηλεία ανέρχεται σε 2.178 περιστατικά, τα οποία κατέστρεψαν 1.014.084 στρέμματα (Πίνακας 1). Τα στοιχεία συγκεντρώθηκαν από τα βιβλία στατιστικής πυρκαγιών των τριών Δασαρχείων (Πύργου, Αμαλιάδας και Ολυμπίας) του Ν. Ηλείας.

Εξάρσεις παρατηρούνται στον αριθμό των πυρκαγιών τα έτη 1988, 1992, 1993, 2003 και φυσικά το 2007. Από τα έτη που παρουσιάζονται εξάρσεις πυρκαγιών το 1993 και το 2007 τυγχάνει να είναι έτη εκλογικών αναμετρήσεων. Ειδικότερα το 2007 συνοδεύτηκε και με μεγάλο

αριθμό καμένων εκτάσεων, που φυσική αιτία φαίνεται να είναι η μεγάλη ξηρασία της περιόδου 2006-2007.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέση ετήσια καμένη έκταση ανά πυρκαγιά για την περίοδο 1980-2008. Η έκταση αυτή παρουσιάζει τεράστια αύξηση ανά πυρκαγιά τα έτη 1981, 1998 και το 2007 με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η μείωση που παρατηρείται από το 2001 έως το 2006.

Συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών κατά την διάρκεια του έτους

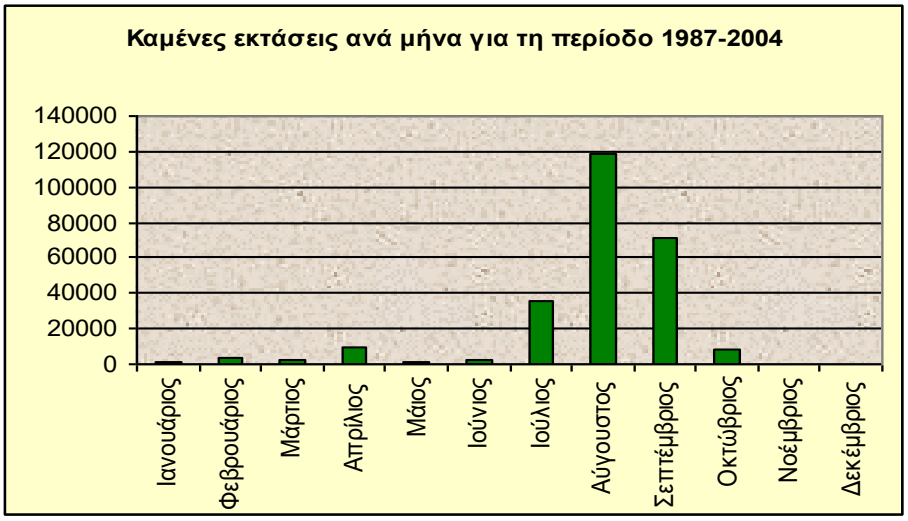
Από το παρακάτω σχήμα 3 διαπιστώνεται ότι, τα λιγότερα περιστατικά πυρκαγιών παρουσιάζονται τους μήνες Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο και Μάιο ενώ τα περισσότερα εμφανίζονται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και ακολουθούν με μικρότερο αριθμό πυρκαγιών, οι υπόλοιποι μήνες της ξηρής περιόδου. Αυτό θα πρέπει να αποδοθεί στην ανάπτυξη της ποώδους βλάστησης, μετά την παρέλευση του χειμώνα στις δασικές εκτάσεις και κυρίως στα βοσκοτόπια, η οποία συνήθως αποτελεί την κύρια τροφοδότηση των δασικών πυρκαγιών με καύσιμη ύλη.

Σχήμα 3: Κατανομή πυρκαγιών στο Ν. Ηλείας ανά μήνα για την περίοδο 1980-2008.

Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου (Απρίλιο μέχρι Οκτώβριο), καθιστούν τη καύσιμη ύλη πολύ εύφλεκτη. Έκπληξη αποτελεί το γεγονός ότι ο Μάρτιος, ο Απρίλιος και ο Φεβρουάριος εμφανίζουν αυξημένο αριθμό πυρκαγιών. Μια ερμηνεία που θα μπορούσε να δοθεί είναι η ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει ο νομός σε ότι αφορά τα σημεία επαφής γεωργικών και δασικών εκτάσεων (μορφή μωσαϊκού). Την περίοδο των μηνών που αναφέραμε ενεργούνται εργασίες καθαρισμών με καύση.

Στο σχήμα 4 εμφανίζεται η καμένη έκταση/μήνα όπου παρατηρείτε πως ο μήνας με τις περισσότερες καταστροφές είναι ο Αύγουστος και ακολουθεί ο Σεπτέμβριος και ο Ιούλιος όπως και ο αριθμός των πυρκαγιών. Οι μήνες Φεβρουάριος, Μάρτιος και Απρίλιος δεν ακολουθούν τον αυξημένο αριθμό των πυρκαγιών, αναμενόμενο λόγω των μετεωρολογικών παραμέτρων των θερινών περιόδων (Καούκης, 2008).

Συνδυάζοντας τα σχήματα 3 και 4, διαπιστώνουμε ότι κατά τους μήνες της υγρής περιόδου οι καταστροφές είναι αμελητέες, που σημαίνει ότι, ακόμη κι όταν εμφανίζονται πυρκαγιές, είναι άμεση η καταστολή τους, λόγω των καιρικών συνθηκών που επικρατούν. Άρα, γίνεται άμεσα αντιληπτή η συμβολή του καιρού στην εμφάνιση των δασικών πυρκαγιών και στο τρόπο εξάπλωσής τους.



Σχήμα 4: Καμένες εκτάσεις ανά μήνα για την περίοδο 1987-2004.

Κατανομή πυρκαγιών κατά τη διάρκεια του 24ώρου

Το μεγαλύτερο ποσοστό πυρκαγιών σύμφωνα με το σχήμα 5 εκδηλώνεται κατά την διάρκεια της ημέρας 90% και το ελάχιστο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι πλέον επικίνδυνες ώρες εκδήλωσης πυρκαγιάς είναι 10:30 έως 18:30, διότι επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλές σχετικές υγρασίες, γεγονός που ευνοεί την γρήγορη εξάπλωση της φωτιάς. Στο Ν. Ηλείας οι καταστροφικές πυρκαγιές έχουν εκδηλωθεί κατά το διάστημα από ώρα 13:00 έως 16:00.

Σχήμα 5: Κατανομή πυρκαγιών του Ν. Ηλείας εντός του 24ώρου για την περίοδο 1980-2008.

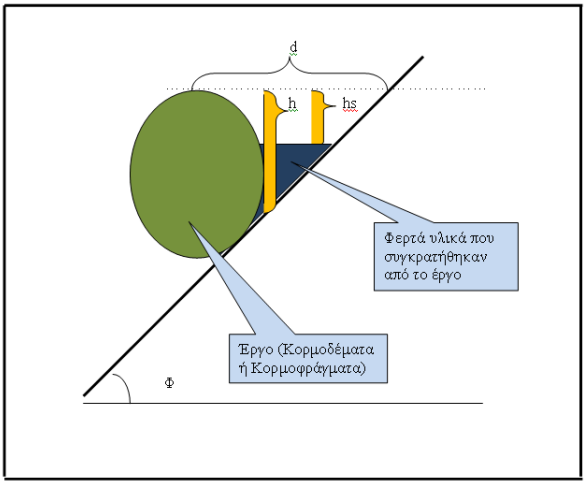
Αντιδιαβρωτικά έργα - έρευνα

Το κάψιμο ενός δάσους στις περισσότερες περιπτώσεις επιφέρει αντικατάσταση της φυτοκλίμακας με άλλη πιο οπισθοδρομική φυτοκλίμακα και συγχρόνως σε πολλές περιπτώσεις τέλεια παράσυρση του επιφανειακού εδάφους και βραχοποίηση της καμένης περιοχής (Καραπιδάκης, 2007).

Από την πυρκαγιά επηρεάζονται η χλωρίδα και η πανίδα της περιοχής, η συγκράτηση και στη συνέχεια η κατανομή της βροχής που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους, η πλημμυρική απορροή και οι παροχές των υδατορευμάτων της, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους της καθώς επίσης η ποιότητα του νερού και του αέρα (Μπαλούτσος, Οικονόμου & Καούκης, 2001).

Από έρευνα που υλοποιήθηκε (Οκτώβριο 2008 - Μάρτιο 2009) στις περιοχές Σμέρνας, Αρχαίας Ολυμπίας και Χειμαδιού του Ν. Ηλείας ελήφθησαν 858 μετρήσεις (648 σε πλαγιές και 210 σε υδατορέματα), με οριοθέτηση ζώνης 2,5 μέτρων και μετρήσεις από τα κατάντη προς τα ανάντη.

Μετρήθηκαν και καταγράφηκαν: α) το ύψος του αντιδιαβρωτικού έργου (h) σε m, β) το πλάτος του (w) σε m, γ) η απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου του έργου και της προβολής του στο έδαφος προς τα ανάντη (d) σε m, δ) το ύψος του κατακρατηθέντος εδαφικού υλικού (h_s) σε m,ε) η κλίση πλαγιάς σε μοίρες (°). Υπήρξε και φωτογραφική τεκμηρίωση με 4.873 φωτογραφίες.



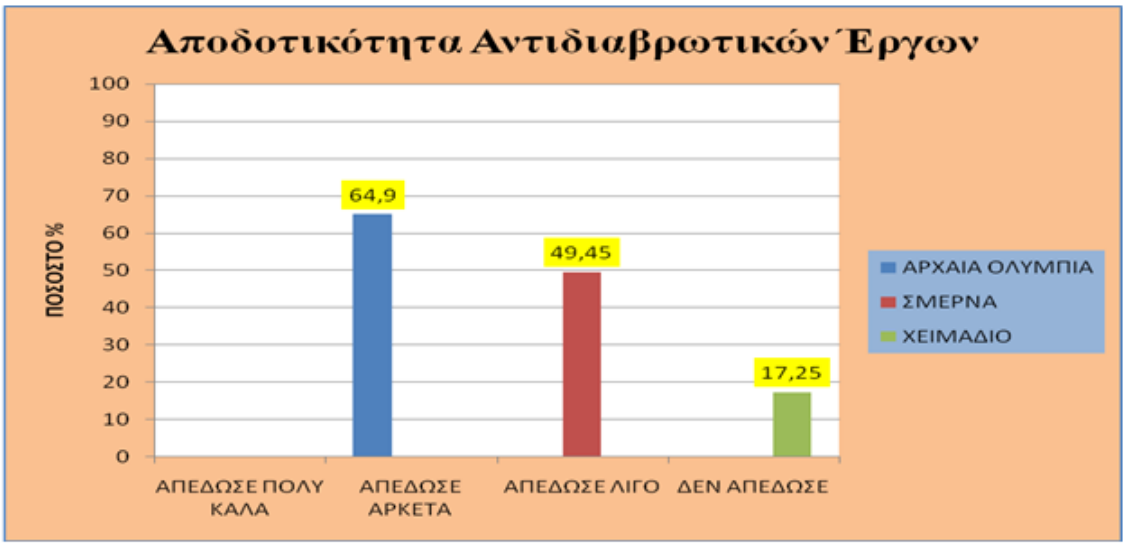
Σχήμα 6: Υπολογισμός απόδοσης πλήρωσης έργου (%).

Οι μετρήσεις του εδαφικού υλικού και των τεχνικών χαρακτηριστικών των έργων αξιοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς: α) του όγκου του συγκρατηθέντος εδαφικού υλικού ανά έργο (V_s) σε m^3, β) του μέγιστου όγκου του εδαφικού υλικού που δυνητικά θα μπορούσε να συγκρατηθεί ανά έργο ($V_{s(max)}$) σε m^3 και γ) της αποδοτικότητας - δηλαδή του λόγου $V_s/V_{s(max)}$ επί τοις εκατό - κάθε έργου. Ακολούθως δημιουργήθηκαν 4 κλάσεις αποδοτικότητας των έργων.

Αποτελέσματα

Ο βαθμός αποδοτικότητας των αντιδιαβρωτικών έργων δηλαδή το κλάσμα όγκου του εδάφους που συγκρατήθηκε, παρουσιάζεται στο σχήμα 7, απ' όπου συνάγεται το συμπέρασμα, πως κανένα έργο δεν έχει μπορέσει μέχρι σήμερα να αποδώσει πολύ καλά έναντι στη διάβρωση του εδάφους.

Τα αντιδιαβρωτικά έργα στην Αρχαία Ολυμπία έχουν «αποδώσει αρκετά». Τα έργα στην περιοχή της Σμέρνας έχουν «αποδώσει λίγο» οριακά όμως ελάχιστα κάτω από το όριο «απέδωσε αρκετά» και τέλος δεν έχουν αποδώσει καθόλου τα έργα με κλαδοδέματα που έχουν γίνει στο Χειμαδιό, ένδειξη της αποτυχίας αυτού του τύπου κατασκευής αντιδιαβρωτικών έργων για την αντιμετώπιση της εδαφικής διάβρωσης μετά από μία καταστροφική πυρκαγιά.



Σχήμα 7: Μέσος όρος αποδοτικότητας αντιδιαβρωτικών έργων σε τρεις περιοχές μελέτης του Ν. Ηλείας.

Ένταξη σε περιβαλλοντικό πρόγραμμα

Η παρούσα έρευνα πέρα των προγραμματισμένων στόχων της, για παράθεση στοιχείων για πυρκαγιές και αντιδιαβρωτικές παρεμβάσεις στο Ν. Ηλείας μπορεί να αποτελέσει οδηγό εκπαιδευτικής δράσης στα πλαίσια περιβαλλοντικού προγράμματος. Οι μαθητές στα πλαίσια αυτής της δράσης μπορούν να:

- διεξάγουν έρευνα (π.χ. διαδικτυακή) κλιματικών στοιχείων που συντελούν στην εκδήλωση πυρκαγιών,
- αναζητήσουν στοιχεία για τις πυρκαγιές και τις επιπτώσεις στην Ελλάδα,
- διεξάγουν τις δικές τους μετρήσεις απόδοσης πλήρωσης αντιδιαβρωτικού έργου (%) στο πεδίο (π.χ. πλαγιά δάσους),
- κάνουν χρήση νέας τεχνολογίας (π.χ. GPS) για εύρεση δεδομένων π.χ.(θέση περιοχής, κλίση πλαγιάς),
- εξάγουν τα δικά τους αποτελέσματα και να τεκμηριώσουν τα δικά τους συμπεράσματα αποδοτικότητας έργων.
- Με αυτό τον τρόπο:
- θα δημιουργήσουν εκπαιδευτικό υλικό,
- θα αναπτύξουν δεξιότητες σε σχέση με συνεργατική έρευνα-αξιολόγηση ενσωματώνοντας τις ιδέες και προσδοκίες όλων των μαθητών σε συγκεκριμένο περιβαλλοντικό θέμα,
- θα μπορούν να συμμετέχουν (με ενίσχυση της κριτικής τους σκέψης) μελλοντικά σε δημοκρατικό έλεγχο πολιτικών επιλογών για το περιβάλλον,
- θα διαμορφωθούν ως ικανοί πολίτες για δράση-συμμετοχή σε θέματα περιβάλλοντος κα
- θα ενισχύσουν την κριτική σκέψη και στάση τους όσον αφορά τη ορθολογική διαχείριση φυσικών πόρων.

Η υλοποίηση της εκπαιδευτικής δράσης στα πλαίσια ενός περιβαλλοντικού προγράμματος μπορεί να γίνει με επίσκεψη σε πρόσφατα καμένη περιοχή με αντιδιαβρωτικά έργα για έρευνα πεδίου.

1ο Φύλλο Εργασίας

Δραστηριότητα 1η - Πρόβλεψη

(Χρήση τεχνικής καταιγισμού ιδεών, συζήτηση)

Συμπληρώστε τις παρακάτω επιλογές:

1. Βρέχει…… Τι παθαίνει το έδαφος τους χειμερινούς μήνες;

α) Διάβρωση ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

β) Γίνεται γονιμότερο ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

γ) Σε συνδυασμό με γονιμότητα εδάφους δημιουργείται άφθονη βλάστηση

ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

2. Τους καλοκαιρινούς μήνες καίγονται τα δάση γιατί

α) Ευνοείται από τις καιρικές συνθήκες ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

β) Η διαθέσιμη καύσιμη ύλη είναι εύφλεκτη ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

Μπορεί να μην έχεις κάνει τις ίδιες προβλέψεις με τους άλλους συμμαθητές σου στην ομάδα. Εξήγησε αν επιθυμείς με λίγα λόγια τις προβλέψεις σου:

……

……

Δραστηριότητα 2η - Αναζήτηση πληροφορίας

2.1 Αξιοποιώντας το διαδίκτυο αναζητείστε δεδομένα για τα παρακάτω βιοκλιματικά στοιχεία της επιλεγμένης περιοχής της Ελλάδας:

1. ύψος βροχής
2. θερμοκρασία
3. κατεύθυνση και ταχύτητα ανέμων

Ενδεικτικά site για εύρεση δεδομένων (π.χ. http://www.poseidon.hcmr.gr/ http://www.meteo.gr/ http://www.meteorologia.gr/)

2.2 Αναζητήστε από αρμόδιες υπηρεσίες (π.χ. Δασαρχείο - Πυροσβεστική - Δήμο) δεδομένα για τις πυρκαγιές. Ειδικότερα αναζητείστε για επιλεγμένο νομό:

1. αριθμό πυρκαγιών ανά έτος,
2. καμένη έκταση ανά έτος,
3. ώρα εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Αξιοποιώντας το διαδίκτυο (π.χ. Google earth, Google maps κ.λ.π.) αναζητείστε δεδομένα (Longitude - Latitude) για εντοπισμό περιοχής καμένου δάσους.

Δραστηριότητα 3η - Επεξεργασία δεδομένων - Αποτελέσματα

3.1 Αξιοποιείστε τα δεδομένα που βρέθηκαν από την έρευνά σας με σκοπό να κατασκευάσετε τα παρακάτω διαγράμματα:

- κατασκευή διαγραμμάτων με δεδομένα ύψους βροχής, θερμοκρασίας και ταχύτητας ανέμου ανά δεκαετία,
- κατασκευή διαγραμμάτων με περιστατικά πυρκαγιών ανά δεκαετία,
- κατασκευή διαγράμματος με μέση καμένη έκταση ανά πυρκαγιά

3.2 Παρουσιάστε τα αποτελέσματά σας στην ομάδα και στην ευρύτερη κοινωνία απαντώντας σε ερωτήματα όπως:

- ποια έτη παρατηρείται έξαρση του φαινομένου των πυρκαγιών;
- τα έτη ξηρασίας συνοδεύονται από φαινόμενα πυρκαγιάς;
- ποιους μήνες παρατηρήθηκε αύξηση περιστατικών πυρκαγιάς;
- ποιες είναι οι επικίνδυνες ώρες εκδήλωσης πυρκαγιάς.

2ο ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δραστηριότητα 1η - Προετοιμασία των ομάδων για παιδαγωγική εξόρμηση στο δάσος

Προετοιμαζόμαστε για την εξόρμησή μας στο δάσος

Συζητάμε και συναποφασίζουμε πριν την επίσκεψή μας στο δάσος (μαθητές και εκπαιδευτικοί) για να προετοιμαστούμε κατάλληλα έτσι ώστε:

- να διασφαλίσουμε την ασφαλή μετάβαση και παραμονή μας σ΄ αυτό,
- να συμπεριφερθούμε φιλικά προς αυτό.

Γι΄ αυτό στο δάσος φροντίζω να φορώ:

- ρούχα άνετα, μακρύ παντελόνι, δετό κλειστό παπούτσι με τρακτερωτή σόλα,

- καπέλο ή αδιάβροχο ανάλογα την εποχή,
- σακίδιο στην πλάτη για να έχω ελεύθερα τα χέρια μου.

Δραστηριότητα 2η - Γνωριμία με το δάσος - Φυτά στο διάβα μας…

Ψάχνουμε, βρίσκουμε, παρατηρούμε, αναγνωρίζουμε, φωτογραφίζουμε, καταγράφουμε, ζωγραφίζουμε, φυτά που συναντάμε στο δάσος.

Σημείωση: Η δραστηριότητα μπορεί να γίνεται καθ΄ όλη τη διάρκεια της επίσκεψης στο δάσος.

Δραστηριότητα 3η - Ανθρώπινες παρεμβάσεις στο δάσος

Ίχνη του ανθρώπου

Στην εξόρμησή μας στο δάσος, εντοπίζουμε, παρατηρούμε και σχολιάζουμε ανθρώπινες παρεμβάσεις (περιγραφή - σκοπός που εξυπηρετεί - περιβαλλοντική επίπτωση). Στη συνέχεια με ζωγραφική, κατασκευές, διήγημα, φωτογραφία ή κάτι άλλο αποδίδουμε την παρέμβαση που μας εντυπωσίασε περισσότερο στο δάσος.

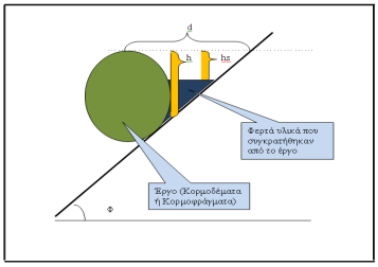
Δραστηριότητα 4η - Μετρήσεις πεδίου στο δάσος - Συνέντευξη από ένα δέντρο!

4.1 Αξιοποιώντας τις συσκευές GPS αναζητείστε δεδομένα (Longitude - Latitude) περιοχής καμένου δάσους.

4.2 Μετρήστε και καταγράψτε στοιχεία για τα εντοπισμένα αντιδιαβρωτικά έργα:

α) το ύψος του αντιδιαβρωτικού έργου (h) σε m, β) το πλάτος του (w) σε m, γ) η απόσταση μεταξύ του υψηλότερου σημείου του έργου και της προβολής του στο έδαφος προς τα ανάντη (d) σε m, δ) το ύψος του κατακρατηθέντος εδαφικού υλικού (h_s) σε m, ε) η κλίση πλαγιάς σε μοίρες (°). Τέλος φωτογραφίστε ενδεικτικά τα σημεία των μετρήσεων.

4.3 Αξιοποιήστε τις μετρήσεις για τον υπολογισμό απόδοσης πλήρωσης έργου (%):



α) του όγκου του συγκρατηθέντος εδαφικού υλικού ανά έργο (V_s) σε m^3, β) του μέγιστου όγκου του εδαφικού υλικού που δυνητικά θα μπορούσε να συγκρατηθεί ανά έργο ($V_s(max)$) σε m^3 και γ) της αποδοτικότητας - δηλαδή του λόγου $V_s/V_s(max)$ επί τοις εκατό (%) - κάθε έργου. Ακολούθως δημιουργήστε 4 κλάσεις αποδοτικότητας των έργων.

4.2 Όταν βρισκόμαστε στο μισοκαμένο δάσος μπορούμε να μετρήσουμε και να προσδιορίσουμε ορισμένα στοιχεία επιλεγμένων (μη καμένων - μισοκαμένων) δέντρων όπως ονομασία, ηλικία, ηλικία, σχήμα κορμού. Ένας ευχάριστος και πρωτότυπος τρόπος είναι να «πάρουμε συνέντευξη από το καμένο δέντρο» Πιθανές ερωτήσεις μας:

Πώς σε λένε; ……

Πόσο χρονών είσαι/ήσουν όταν κάηκες; ……

Πόσο μπόι έχεις/είχες; …… Είσαι/Ήσουν αειθαλές ή φυλλοβόλο; ……

Μπορώ να πιάσω τον κορμό σου; ……

Πειράζει που θα γίνουμε και εμείς δέντρο/καμένο δέντρο σαν και εσένα; (αναπαράσταση του δέντρου)

Είσαι πηγή έμπνευσης για μας και σου αφιερώνουμε ένα ποίημα! (εμπνεόμαστε και γράφουμε ένα ποίημα για το καμένο δέντρο). Σ΄ ευχαριστούμε για την παρέα!

Δραστηριότητα 5η - Δημιουργία φωτογραφικού λευκώματος

Το φωτογραφικό υλικό που συγκεντρώθηκε από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της εξόρμησής τους στο δάσος καθώς και αυτό από τις σχετικές δραστηριότητές τους μπορεί να συγκεντρωθεί για να δημιουργηθεί ένα λεύκωμα σε εκτυπωμένη μορφή ή ηλεκτρονική. Επίσης στο λεύκωμα μπορούν να συμπεριληφθούν εικονογραφημένα ποιήματα, διηγήματα και

ιστορίες, σκέψεις και προτάσεις πρωτότυπες που γράφτηκαν και δημιουργήθηκαν από τους μαθητές σχετικά με το δάσος.

Βιβλιογραφία

Γιακουμής Β., Βαβλίαρας Π. (1994). «*Πυρκαγιές Ν. Ηλείας 1981-1990*» Δασαρχείο Ολυμπίας. Κρέστενα.

Καούκης, Κ. (2008). «*Οι δασικές πυρκαγιές στον Ν. Ηλείας κατά τη περίοδο 1987-2007 και οι ιδιαιτερότητες τους*». Ημερίδα: Δασικές Πυρκαγιές Στη Νότια Ευρώπη & η καταλυτική εμπειρία του Ελληνικού καλοκαιριού του 2007. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα.

Καραπιδάκης, Ε. (2007). «*Μελέτη Αντιδιαβρωτικών - Αντιπλημμυρικών Έργων και Συγκράτηση Εδαφών στις Καμένες Εκτάσεις Περιοχής Δασαρχείου Αμαλιάδας*». Διεύθυνση Δασών Ν. Ηλείας της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας.

Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας (2003). *Το Τετράδιο του Δάσους (2η Έκδοση)*. Δίκτυο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης «Το δάσος».

Κ.Π.Ε. Καστοριάς, ΥΠ.Ε.Π.Θ. (2000). Εκπαιδευτικό πακέτο «Το δάσος», Δήμος Καστοριάς, Καστοριά.

Μπαλούτσος, Γ., Οικονόμου Α., Καούκης, Κ. (2001). «*Ο κίνδυνος πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά. Ανάλυση του προβλήματος και άμεσα μέτρα μείωσης των επιπτώσεων*». Πρακτικά Επιστημονικού Συνέδριου με τίτλο Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων. Αθήνα 13-14 /12/2001.

Παπαζήση, Χ., Περδικάρη Σ., Πήλιουρας Π. (2009). Προγράμματα ανοικτών Περιβαλλοντικών τάξεων «Καλλιστώ» Δασικά Οικοσυστήματα.

Αξιοποιώντας τις Νέες Τεχνολογίες στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος

M.ed. Ξαφάκος Ευστάθιος[1]
Μπαντάνης Χρήστος[2]
Καραμούσα Μαγδαληνή[3]
[1]*Σχολική Πρακτική Άσκηση – ΠΤΔΕ – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
[2] *Σχολική Πρακτική Άσκηση – ΠΤΔΕ – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας*
[3]*129ο Δημοτικό σχολείο Αθηνών*

Περίληψη

Ο συγκεκριμένος διδακτικός σχεδιασμός αναφέρεται στο γνωστικό αντικείμενο της Μελέτης Περιβάλλοντος της Β' τάξης και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα «ΤΑ ΖΩΑ». Οι επιμέρους ενότητες, οι οποίες συμπεριλαμβάνονται είναι: «Πώς αναπτύσσεται ένα ζώο», «Είδη ζώων» και «Τα ζώα προσαρμόζονται στο περιβάλλον». Με την αξιοποίηση των ΤΠΕ, κατά την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου, επιχειρείται η εφαρμογή καινοτομιών, καθώς υπάρχει διαφοροποίηση των μέσων και διδακτικών τεχνικών, ενώ τονίζεται πιο εμφατικά η καλλιέργεια της κριτικής σκέψης των μαθητών και η διερευνητική μάθηση. Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την κατάκτηση βασικών γνώσεων που αφορούν στα ζώα.

Λέξεις – κλειδιά: Διδακτικό σενάριο, ΤΠΕ, Μελέτη Περιβάλλοντος, Τα Ζώα

Abstract

The particular instructive planning refers to the cognitive subject of "The Study Of The Environment" in the 2nd Grade of primary school, and more specifically in the module of "ANIMALS". The individual units which are included are: "How animals develop", "Species of animals" and "Animals adapt to the environment". With the exploitation of ICT, during the implementation of the didactical scenario, an application of innovations is attempted, as there is a differentiation of means and didactical techniques, while at the same time the cultivation of critical thought on the part of the students and the exploratory learning is well emphasized. The present work aims at the conquest of basic knowledge concerning the animals.

Keywords: Didactic scenario, ICT's, The Study of The Environment, The Animals

Εισαγωγή

Ο συγκεκριμένος διδακτικός σχεδιασμός στοχεύει στην ανάδειξη της νέας γνώσης μέσα από τη χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών και από παραδείγματα της καθημερινής ζωής, προκειμένου να κατανοηθούν βασικές έννοιες που αφορούν στα ζώα, με εστίαση στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης των μαθητών και στην ανακαλυπτική και διερευνητική μάθηση (Bruner, 1990). Μέσα από τη συγκεκριμένη μορφή μάθησης, οι μαθητές πρόκειται να κατανοήσουν καλύτερα τις βασικές έννοιες, που περιλαμβάνει η ενότητα, αφού δίνεται η ευκαιρία να ερευνήσουν από μόνοι τους θέματα που αφορούν στα ζώα. Στα πλαίσια, εξάλλου, των θεωριών μάθησης, αξιοποιείται η αλληλεπιδραστική μάθηση (Vygotsky, 1978) και αυτό καθίσταται εφικτό μέσα από τις δραστηριότητες που προτείνονται. Οι μαθητές καλούνται μέσω της ανακαλυπτικής μάθησης (Bruner, 1990) και της εποικοδομητικής προσέγγισης να αντικαταστήσουν εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τα ζώα και να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν (Driver και Oldham, 1986; Piaget & Bruner στο Κασσωτάκης & Φλουρής, 2003).

Στο παρόν διδακτικό σενάριο αξιοποιούνται οι ομαδοσυνεργατικές μορφές διδασκαλίας (Ματσαγγούρας, 2000), καθώς δημιουργούνται μικροομάδες εργασίας. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του συγκεκριμένου σεναρίου μάθησης οι μαθητές αυτενεργούν, πρωτοτυπούν, εκφράζονται ελεύθερα και απενοχοποιούνται από τα λάθη τους, όπως ακόμη ανταλλάσουν ιδέες και απόψεις.

Επιπλέον, οι ΤΠΕ αποτελούν ένα καινοτόμο γνωστικό εργαλείο, διότι ο/η εκπαιδευτικός χρησιμοποιώντας τες και εφαρμόζοντας τα εκπαιδευτικά λογισμικά που αναφέρονται στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο, μετατρέπεται από μεταδότη γνώσεων σε ενεργό μέτοχο στη διαδικασία της μάθησης και παράλληλα σε κριτικό στοχαστή (Ράπτης & Ράπτη, 2003).

Συγκεκριμένα, το διαδίκτυο ως γνωστικό εργαλείο αποσκοπεί στην κριτική επεξεργασία της πληροφορίας και της ένταξής της στο διδακτικό σενάριο. Μέσω της Wikipedia οι μαθητές πρόκειται να βρουν περισσότερες πληροφορίες για τις έννοιες που μελετώνται στο συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο. Το λογισμικό της παρουσίασης (Powerpoint) επιτρέπει την προετοιμασία και τη δημιουργία μιας πολυμεσικής παρουσίασης, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο τον ενδιαφέρον των μαθητών για τη συγκεκριμένη ενότητα.

Ο επεξεργαστής κειμένου (Word), ως εργαλείο διαχείρισης και επεξεργασίας πληροφοριών, μπορεί να συμβάλλει στην ομαδοσυνεργατική παραγωγή γραπτού λόγου από τους μαθητές.

Οι εννοιολογικοί χάρτες ως γραφικές αναπαραστάσεις αποτελούν άριστο τρόπο παραγωγής και οργάνωσης του περιεχομένου μιας έννοιας. Παρουσιάζουν τα σημαντικά στοιχεία της έννοιας και τις μεταξύ τους σχέσεις, διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση αλλά και την οργάνωση εννοιολογικών μοντέλων.

Το λογισμικό Hot Potatoes είναι μία ευχάριστη μορφή αξιολόγησης, αφού περιέχει πολλούς διασκεδαστικούς τρόπους αξιολόγησης. Οι μαθητές συμπληρώνουν με ευχάριστη διάθεση τις ασκήσεις.

Μία ακόμη καινοτομία αποτελεί η δημιουργία ιστολογίου (Blogspot), στο οποίο πρόκειται να έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης, όπως ακόμη θα μπορούν και οι ίδιοι να ανεβάσουν σχετικό υλικό που αφορά στα ζώα.

Γνωστικά – διδακτικά προβλήματα:

Μία εσφαλμένη αντίληψη των μαθητών/τριών είναι ότι αρνούνται να εντάξουν τον άνθρωπο στο ζωικό βασίλειο, οπότε τον ξεχωρίζουν από αυτό. Έτσι παρατηρείται έντονος ανθρωποκεντρισμός (Παπαδοπούλου& Αθανασίου, 1998 στο Καγκάδη, 2008).

Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται δυσκολία κατανόησης ως προς την προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον. Τα ζώα, για να βρουν τροφή και να επιβιώσουν, χρειάζονται να βρουν τροφή, να προστατευτούν και να προφυλαχτούν από τους εχθρούς τους με διάφορους τρόπους. Οι τρόποι αυτοί είναι δύσκολο να κατανοηθούν από τους μαθητές. Τέλος, δυσκολεύονται να συνειδητοποιήσουν ότι η εξαφάνιση των ειδών μπορεί να προκαλέσει διαταραχή στο οικοσύστημα, όπως ακόμη και στην τροφική αλυσίδα (οι δύο παραπάνω διαπιστώσεις προέκυψαν από την εμπειρία των εκπαιδευτικών – συγγραφέων μέσα από την τάξη).

Πλαίσιο εφαρμογής

Το σενάριο απευθύνεται σε μαθητές της Β' τάξης του Δημοτικού Σχολείου.

Χρόνος υλοποίησης: το σενάριο πρόκειται να ολοκληρωθεί σε 9 διδακτικές ώρες.

Χώρος υλοποίησης: οι μαθητές/τριες θα εργαστούν εντός της τάξης και θα χρησιμοποιήσουν φορητούς υπολογιστές.

Προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών: Οι μαθητές/τριες έχουν ασχοληθεί με τα ζώα στη Μελέτη περιβάλλοντος της Ά τάξης και πιο συγκεκριμένα γνώρισαν τις οικογένειες ζώων, ποια είναι τα μέρη ενός ζώου, ασχολήθηκαν με το θέμα: «τα ζώα και το περιβάλλον» και γνώρισαν ποια ζώα ζουν στον τόπο τους.

Επίσης, ορισμένοι/ες από τους/τις μαθητές/τριες ήδη γνωρίζουν σε έναν βαθμό να πληκτρολογούν στον κειμενογράφο, όπως ακόμη έχουν εξασκηθεί σε έναν βαθμό στην πλοήγηση στο διαδίκτυο.

Απαιτούμενα βοηθητικά υλικά και εργαλεία:

Κατά την παρουσίαση του σεναρίου θα χρειαστούν φορητοί υπολογιστές, βιντεοπροβολέας, εκτυπωτής και σαρωτής, φύλλα εργασίας, χαρτιά και μαρκαδόροι.

Επιπρόσθετα, θα χρησιμοποιηθούν: λογισμικό γενικής χρήσης (Word), λογισμικό παρουσίασης (Power Point), ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια (Wikipedia), Λογισμικό Μελέτης Περιβάλλοντος Α', Β', Γ' και Δ' τάξης (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο), λογισμικό Εννοιολογικής χαρτογράφησης Inspiration (Kidspiration), λογισμικό Ηλεκτρονικής αξιολόγησης Hot Potatoes. Όσο διαρκεί η διδασκαλία θα είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο ώστε να επισκεφτούν επιλεγμένους από το δάσκαλο δικτυακούς χώρους στην Ηλεκτρονική Διαδικτυακή Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia (διερεύνησης και ανακάλυψης της γνώσης) και γενικότερα στο διαδίκτυο.

ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ: Να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για τα ζώα.
Στόχοι του σεναρίου
α) Γνωστικοί στόχοι:

- Να κατανοήσουν την έννοια «ζώο», όπως ακόμη να καταλάβουν ότι και ο άνθρωπος ανήκει στο ζωικό βασίλειο (1η και 2η διδακτική ώρα).
- Να εκφράσουν τις γνώσεις, τις εμπειρίες και τα ενδιαφέροντά τους σχετικά με τα ζώα, όπως ακόμη να γνωρίσουν διάφορα ζώα και την ονομασία τους. (1η διδακτική ώρα – παρουσίαση εικόνων με ζώα και φύλλο εργασίας Word)
- Να μάθουν τι χρειάζονται τα ζώα για να αναπτυχθούν και να ζήσουν (οι βασικές ανάγκες τους), όπως ακόμη να γνωρίσουν τα στάδια ανάπτυξής τους (2η και 3η διδακτική ώρα – φύλλο εργασίας Word και λογισμικό Μελέτης Περιβάλλοντος)
- Να ταξινομούν τα ζώα με κριτήριο τις διατροφικές συνήθειές τους σε φυτοφάγα, σαρκοφάγα και παμφάγα (5η διδακτική ώρα – αρχεία στα λογισμικά Kidspiration και Hot Potatoes).
- Να γνωρίσουν τα όργανα λήψης τροφής των διάφορων ζώων. Να συσχετίσουν και να αιτιολογήσουν την κατασκευή κάθε οργάνου με το είδος της τροφής.
- Να ταξινομούν τους ζωικούς οργανισμούς με κριτήριο τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τους (πόδια, πτερύγια, φτερά, κάλυψη σώματος) (4η διδακτική ώρα – άσκηση στο λογισμικό Kidspiration)
- Να μάθουν τρόπους προσαρμογής των ζώων στο φυσικό περιβάλλον συσχετίζοντας τα εξωτερικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους με τις συνήθειες που επικρατούν σ' αυτό (φυσική διαμόρφωση, θερμοκρασία, εχθροί). Να συσχετίσουν τις συμπεριφορές των ζώων με τις αλλαγές που υφίσταται το φυσικό περιβάλλον από την ανθρώπινη παρέμβαση. (6η διδακτική ώρα – αναζήτηση πληροφοριών από τη Wikipedia)
- Να γνωρίσουν τους κινδύνους που διατρέχουν τα ζώα κι ότι πολλά από αυτά κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. (7η διδακτική ώρα – αναζήτηση πληροφοριών από τη Βικιπαίδεια)
- Να γνωρίσουν οικολογικές οργανώσεις. (7η διδακτική ώρα – αρχείο Word και αναζήτηση πληροφοριών από τη Wikipedia)

β) Στόχοι σε επίπεδο δεξιοτήτων:

- Να εξοικειωθούν με την παρατήρηση, την περιγραφή, τη σύγκριση, την ομαδοποίηση, τον συσχετισμό, την ταξινόμηση, τη διατύπωση υπόθεσης και με τη γενίκευση. (1η, 3η, 5η, 7η διδακτική ώρα – όλα τα φύλλα εργασίας, αναζήτηση πληροφοριών από το διαδίκτυο, περιγραφώ των βίντεο)
- Να μπορούν να κατανοούν κείμενα, να περιγράφουν εικόνες, να συζητούν, να συνθέτουν δεδομένα και να αναστοχάζονται. (9η διδακτική ώρα – όλα τα φύλλα εργασίας)
- Να εξοικειωθούν με τη χρήση της τεχνολογίας της Πληροφορικής (χρήση Η/Υ και σχετικού λογισμικού της Μελέτης Περιβάλλοντος, που αναφέρεται στα ζώα, χρήση άλλων λογισμικών) (Όλες οι δραστηριότητες, παιχνίδια, Blogspot)

- Να μπορούν να συνεργάζονται στην παραγωγή γραπτού λόγου, με θέμα τα ζώα (όλα τα φύλλα εργασίας).

γ) Στόχοι σε επίπεδο στάσεων:

- Να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με την προστασία των ζώων και γενικότερα του περιβάλλοντος (7η διδακτική ώρα –αναζήτηση πληροφοριών από τη Βικιπαίδεια, τελικό τεστ αξιολόγησης, 8η διδακτική ώρα, παιχνίδι)

Πορεία διδασκαλίας

1η διδακτική ώρα

Αρχικά, παρουσιάζονται στο λογισμικό παρουσίασης Powerpoint εικόνες με ζώα (φάση πρόκλησης του ενδιαφέροντος) (Driver και Oldham, 1986). Οι μαθητές/τριες καλούνται να περιγράψουν τι νομίζουν ότι είναι «ζώο» και μετά τους ζητείται να ελέγξουν αν είναι ζώα αυτά που είδαν στην παρουσίαση (φάση ανάδειξης των ιδεών των μαθητών). Στη συγκεκριμένη παρουσίαση περιλαμβάνονται εικόνες με ανθρώπους, για να ελέγξουμε αν συμπεριλαμβάνουν στο ζωικό βασίλειο τον άνθρωπο ή τον ξεχωρίζουν από αυτό. Στη συνέχεια ακολουθεί συζήτηση σχετικά με τα ζώα που γνωρίζουν. Οι μαθητές εκφράζουν τις γνώσεις, τις εμπειρίες και τα ενδιαφέροντά τους σχετικά με αυτά. Αφού λάβει χώρα η συζήτηση μεταξύ των ομάδων, διανέμεται ένα φύλλο εργασίας Word, στο οποίο οι μαθητές καλούνται να ασχοληθούν με ένα κρυπτόλεξο, το οποίο περιέχει ονόματα ζώων.

2η Διδακτική ώρα

Η συγκεκριμένη διδακτική ώρα πραγματεύεται, όπως η προηγούμενη, την έννοια «ζώο» (πώς ορίζεται) και τις ανάγκες των ζώων (φάση αναδόμησης των ιδεών). Οι μαθητές/τριες καλούνται να αναπτύξουν ιδέες και στη συνέχεια να τις αντικαταστήσουν, στην περίπτωση που έχουν λανθασμένες αντιλήψεις. Σε αυτή τη διδακτική ώρα μαθαίνουν ότι ο άνθρωπος είναι και αυτός «ζώο», αλλά και τι χρειάζονται τα ζώα για να αναπτυχθούν και να ζήσουν. Ύστερα από διαλογική συζήτηση, διανέμεται στις ομάδες ένα φύλλο εργασίας Word.

3η Διδακτική ώρα

Χρησιμοποιώντας το εκπαιδευτικό λογισμικό της Μελέτης Περιβάλλοντος, οι μαθητές παρακολουθούν τη διαδικασία ανάπτυξης των ζώων, όπως ακόμη και τη διαδικασία ανάπτυξης του ανθρώπου και συσχετίζουν τις νέες γνώσεις με την καθημερινή ζωή, δηλαδή φέρνουν παραδείγματα σχετικά με την ανάπτυξη του σώματός τους και την ανάπτυξη ενός κατοικίδιου ζώου (φάση ελέγχου). Επίσης, παρακολουθούν ένα σχετικό βίντεο. Στη συνέχεια προβαίνουν, με τη βοήθεια του/της δασκάλου/ας, στη σύγκριση των δύο διαδικασιών και καλούνται να βρουν τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Ακολουθεί συζήτηση και στη συνέχεια αξιολογείται ο βαθμός εμπέδωσης των όσων συζητήθηκαν με μία δραστηριότητα, η οποία εμπεριέχεται στο λογισμικό, όπως ακόμη θα πρέπει οι μαθητές/τριες να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που έμαθαν, διότι τα αναπτυξιακά στάδια είναι πολύ σημαντικά για τη ζωή ενός ζώου (φάση της ανασκόπησης).

4η διδακτική ώρα

Η συγκεκριμένη ώρα ξεκινά με μία συζήτηση σχετική με τον τρόπο με τον οποίο κινούνται τα ζώα. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του λογισμικού Kidspiration, οι μαθητές ανοίγουν το σχετικό αρχείο στο οποίο καλούνται να τοποθετήσουν το κάθε ζώο στο σωστό τετράγωνο που έχει ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Έπειτα πρόκειται να γίνει αναφορά στον τρόπο με τον οποίο μετακινούνται τα ζώα, πώς δηλαδή μετακινείται η κάθε κατηγορία ζώου και ποιο μέρος του σώματός του χρησιμοποιεί.

5η Διδακτική ώρα

Η συγκεκριμένη διδακτική ώρα έχει ως στόχο να μπορούν οι μαθητές να διακρίνουν τα ζώα ανάλογα με το είδος της τροφής που τρώνε και να τα κατατάξουν σε φυτοφάγα, σαρκοφάγα και παμφάγα. Αφού παρουσιαστεί ένα σχετικό βίντεο που αναλύει τα είδη των ζώων σύμφωνα με το είδος τροφής που τρώνε, ακολουθεί συζήτηση. Επίσης παρακολουθούν ένα ακόμη βίντεο για τα άγρια ζώα, το οποίο πρόκειται να διεγείρει το ενδιαφέρον τους, και στη συνέχεια ανοίγουν το αρχείο στο λογισμικό Hot Potatoes, στο οποίο θα πρέπει να κάνουν μία ακόμα σχετική άσκηση.

Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να ανοίξουν ένα αρχείο στο λογισμικό Kidspiration, στο οποίο τοποθετούν σε κάθε κύκλο τις τροφές που τρώει το κάθε ζώο (χορτοφάγο, σαρκοφάγο, παμφάγο).

Μετά το πέρας των παραπάνω εργασιών, ο δάσκαλος / η δασκάλα αναφέρεται στα όργανα λήψης τροφής των ζώων και τον τρόπο με τον οποίο προσλαμβάνουν την τροφή τους.

6η Διδακτική ώρα

Τα ζώα προσαρμόζονται στο περιβάλλον

Οι μαθητές καλούνται να βρουν πληροφορίες από τη Βικιπαίδεια σχετικές με τα αποδημητικά πουλιά, τη χειμέρια νάρκη και άλλους τρόπους προσαρμογής των ζώων στο περιβάλλον. Έπειτα πρόκειται να ακολουθήσει ένα βίντεο, το οποίο αναφέρεται στα αποδημητικά πουλιά και ένα βίντεο για τη χειμέρια νάρκη των αρκούδων.

7η διδακτική ώρα

Οι μαθητές/τριες παρακολουθούν ένα βίντεο, το οποίο αναφέρεται στα ζώα που κινδυνεύουν να εξαφανιστούν. Οι μαθητές/τριες θα πρέπει να κατανοήσουν, μέσα από τη συζήτηση που θα ακολουθήσει, ότι η κύρια αιτία που προκαλεί την εξαφάνιση των ειδών είναι ο άνθρωπος και ότι η εξαφάνιση των ειδών προκαλεί προβλήματα στο οικοσύστημα Οι μαθητές παρακολουθούν ένα βίντεο σχετικό με τις αρκούδες, οι οποίες αποτελούν ένα είδος υπό εξαφάνιση και στη συνέχεια καλούνται να βρουν πληροφορίες για διάφορες οικολογικές οργανώσεις, μπαίνοντας στην ιστοσελίδα της WWF, και να μεταφέρουν διάφορες εικόνες σε ένα αρχείο, με την καθοδήγηση του/της δασκάλου/δασκάλας τους.

8η διδακτική ώρα

Οι μαθητές καλούνται, με τη βοήθεια του/της δασκάλου/δασκάλας να επισκεφτούν το ιστολόγιο, το οποίο έχει δημιουργηθεί από τον /τη δάσκαλο/δασκάλα, ενώ στη συνέχεια θα πρέπει να γράψουν διάφορες ιδέες και απόψεις σχετικά με τα ζώα και να τις «ανεβάσουν» στο συγκεκριμένο ιστολόγιο. Λόγω του γεγονότος ότι η συγκεκριμένη εργασία είναι δύσκολη να γίνει από τα παιδιά, ο δάσκαλος/η δασκάλα ζητάει μόνο να γράψουν ένα μικρό κείμενο.

Αφού ολοκληρωθεί η περιήγηση στο ιστολόγιο (blogspot) οι μαθητές ανοίγουν την ιστοσελίδα που τους προτείνεται και επιλέγουν διάφορα παιχνίδια, με τα οποία ασχολούνται για το υπόλοιπο της διδακτικής ώρας.

9η διδακτική ώρα

Οι μαθητές ανοίγουν ένα αρχείο Word, στο οποίο υπάρχουν περιληπτικά όσα έχουν διδαχθεί στο παρόν σενάριο. Ο σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι η ανατροφοδότηση και η επανάληψη όσων έχουν διδαχθεί. Στη συνέχεια καλούνται να αξιολογηθούν ανοίγοντας ένα φύλλο εργασίας, το οποίο περιέχει το τελικό τεστ αξιολόγησης.

Αξιολόγηση:

Η αξιολόγηση του διδακτικού σεναρίου περιλαμβάνει τη διαμορφωτική αξιολόγηση, που διεξάγεται καθ' όλη τη διάρκεια του σεναρίου για λόγους ανατροφοδότησης και βελτίωσης.

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται να αξιολογηθεί αν έχουν κατακτηθεί οι απαραίτητες γνώσεις γύρω από την ανάπτυξη και τις ανάγκες των ζώων, τη διάκρισή τους ανάλογα με το είδος

τροφής που τρώνε και σχετικά με την προσαρμογή τους στο περιβάλλον. Επίσης, στο επίπεδο των δεξιοτήτων αν έχουν εξοικειωθεί περισσότερο με τη χρήση των ΤΠΕ και στο επίπεδο των στάσεων αν κρατούν θετική στάση απέναντι στην προστασία των ειδών και κατά συνέπεια στην προστασία του περιβάλλοντος.

Επέκταση της δραστηριότητας: Οι μαθητές, αν υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος ή στο μάθημα των Εικαστικών, μπορούν να δημιουργήσουν ένα κολάζ με εικόνες από χορτοφάγα, σαρκοφάγα και παμφάγα ζώα. Επίσης, η παρούσα ενότητα μπορεί να συνδεθεί και με άλλα μαθήματα (διαθεματική προσέγγιση), όπως για παράδειγμα με τη Λογοτεχνία (να αναγνωστούν διάφοροι μύθοι του Αισώπου, όπως ακόμη βιβλία που σχετίζονται με τα ζώα), με το μάθημα της Γλώσσας (να κλίνουν ουσιαστικά, όπως «η αλεπού» και να συνδεθεί με τη 16η ενότητα της Γλώσσας), με τα Μαθηματικά. Ακόμη, μπορούν να γράψουν ένα άρθρο στη σχολική εφημερίδα τους, το οποίο να αναφέρεται στην προστασία των ζώων και να γίνεται αναφορά στη σημασία και αξία του εθελοντισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Βιβλίο μαθητή, , Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 2010, Αθήνα.

Βιβλίο Δασκάλου, Μελέτη Περιβάλλοντος Β' τάξη, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, 2010, Αθήνα.

Vygotsky, L.S. (1978). *Σκέψη και Γλώσσα*, Αθήνα: Γνώση.

Καγκάδη, Γ. (2008). *Οι αντιλήψεις των παιδιών Δημοτικής Εκπαίδευσης γύρω από την ατομική τους ευθύνη απέναντι στο περιβάλλον.* Μεταπτυχιακή Διατριβή. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο – Αθήνα. Διαθέσιμη στο διαδίκτυο:
http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/743/1/%CE%9A%CE%B1%CE%B3%CE%BA%CE%AC%CE%B4%CE%B7%20%CE%93%CE%B9%CF%8E%CF%84%CE%B1.pdf (ανάκτηση: 15/1/13)

Ματσαγγούρας, Η. (2000). *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία*, Αθήνα: Γρηγόρη

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2003). *Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας (Ολική Προσέγγιση)* – Τόμος Α'. Αθήνα: Αριστοτέλης Ράπτης.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science, *Studies in Science Education, 13,* 105-122.

Μια καινοτόμα – περιβαλλοντική προσέγγιση με τίτλο: Η θάλασσα

Χειλάκη Αγγελική[1]
[1]*Δασκάλα στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ιωαννίνων, xilakiag@gmail.com*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στο σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση ενός προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση με τίτλο: «Η Θάλασσα». Στο πρόγραμμα, που πραγματοποιήθηκε το σχολικό έτος 2008- 2009, συμμετείχαν 27 μαθητές του 2ου Δημοτικού Σχολείου πόλεως Καλύμνου. Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε ήταν η ομαδοσυνεργατική μέθοδος και η μέθοδος Project. Το πρόγραμμα διακρίθηκε σε ένα θεωρητικό (επίτευξη γνωστικών και συναισθηματικών στόχων) και ένα εμπειρικό - πειραματικό μέρος (επίτευξη γνωστικών και ψυχοκινητικών στόχων). Η αξιολόγηση του προγράμματος ακολούθησε το σχήμα: αρχική (διερευνητικό ερωτηματολόγιο), διαμορφωτική (παρακολούθηση ομάδων, εξέταση φύλλων εργασίας) και τελική (τελικό ερωτηματολόγιο).

Abstract

The present study refers to the design implementation and evaluation of a program of Environmental Education in Primary Education entitled "The Sea." The program, held in the school year 2008 - 2009, 27 students participated in the 2nd Primary School of Kalymnos town. The methodological approach followed was the teamwork and the method Project. The program excelled in a theoretical (cognitive and affective achievement goals) and one empirical - experimental part (cognitive and psychomotor achievement targets). The evaluation of the program followed the scheme: initial (exploratory questionnaire), formative (monitoring groups, examination worksheets) and final (final questionnaire).

Εισαγωγή

Αποτελεί κοινή πεποίθηση ότι τα θέματα με περιβαλλοντικό περιεχόμενο βρίσκονται συνέχεια στην επικαιρότητα εδώ και μερικά χρόνια. Ιδιαίτερα οι προβληματισμοί αναφορικά με τα παραπάνω ζητήματα έχουν ξεπεράσει πλέον τα στενά τοπικά ή κρατικά όρια και παίρνουν οικουμενικές διαστάσεις.

Η εκπαίδευση, λοιπόν, σήμερα καλείται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση ατόμων και κοινωνικών ομάδων, καθώς και στην καλλιέργεια δυναμικών ιδιοτήτων και ικανοτήτων σε αυτούς. Το ρόλο αυτό καλείται να διαδραματίσει η Περιβαλλοντική εκπαίδευση (Δημητριάδης & Φακαζή 2009). Πιο συγκεκριμένα, είναι αναγκαίο να αναφερθεί ότι τα τελευταία είκοσι χρόνια η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση βρίσκεται στο προσκήνιο της επικαιρότητας αφού θεωρείται ως ένα από τα αποτελεσματικότερα μέσα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που έχουν λάβει πλανητικές διαστάσεις και απειλούν την ποιότητα ζωής και τη βιωσιμότητα του πλανήτη (Φλογαΐτη 1998, Φλογαΐτη & Βασάλα 2002).

Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι μια παιδευτική διαδικασία που προσπαθεί να κάνει το σχολικό πρόγραμμα πιο ενεργητικό, πιο βιωματικό και επομένως πιο ελκυστικό. Είναι μια μεθοδολογική προσέγγιση που προσπαθεί να ανοίξει το σχολείο στα προβλήματα του άμεσου συνολικού περιβάλλοντος μέσα από τις αρχές της αυτοδιαχείρισης και της υπεύθυνης ενεργοποιημένης συμμετοχής (Κατσίκης 2008).

Ταυτόχρονα, μέσα από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση επιδιώκεται η ανάπτυξη συμπεριφοράς στους μαθητές που στοχεύει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και αναφέρεται ως «υπεύθυνη περιβαλλοντική Συμπεριφορά» (Marcinkowski, 1998).

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές καινοτομίες στα διεθνή εκπαιδευτικά συστήματα. Αξίζει να αναφερθεί ότι τις τελευταίες δεκαετίες αυτές οι καινοτομίες πραγματοποιούνται και στην Ελλάδα μέσα από την υλοποίηση προγραμμάτων

Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Είναι γενικά αποδεκτό ότι τέτοιου είδους προγράμματα συμβάλλουν στην αναβάθμιση της εκπαίδευσης και προωθούν τη σύνδεσή της με την κοινωνική πραγματικότητα (Buiatti 1995).

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, λοιπόν, μέσα από αυτά τα προγράμματα είναι σε θέση να συμβάλλει στην ευαισθητοποίηση των μαθητών για σημαντικά περιβαλλοντικά θέματα, όπως αυτά που συνδέονται άμεσα με τη ζωή του εκπαιδευόμενου και είναι επομένως πιο κατανοητά γι' αυτόν, αυτά που θα τραβήξουν το ενδιαφέρον του και αυτά που θα του δώσουν τα κίνητρα εκείνα για να συμμετάσχει στη διαδικασία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι έρευνες επιβεβαιώνουν ότι, εκτός των άλλων, τα προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, όπως πραγματοποιούνται στη χώρα μας, μπορούν να συμβάλλουν στην ενίσχυση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών σε επιλεγμένα αντικείμενα, ανάλογα με το θέμα του προγράμματος (Κιμιωνής 2009).

Στην παρούσα εργασία, λαμβάνοντας υπόψη τη σύγχρονη προβληματική σχετικά με την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, έγινε μια προσπάθεια μέσα από το περιβαλλοντικό πρόγραμμα με τίτλο «η θάλασσα» να συνδεθεί όχι μόνο με τις φυσικές επιστήμες και την παροχή αποκλειστικά περιβαλλοντικών γνώσεων στους μαθητές, αλλά και με τις οικολογικές, κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές διαστάσεις που ανακύπτουν από το ίδιο το θέμα του προγράμματος.

Το αντικείμενο του προγράμματος και οι βασικές θεματικές

Αντικείμενο του προγράμματος αποτέλεσε η μελέτη, η διαχείριση, η προστασία της θάλασσας και η άμεση σύνδεση αυτής με το ευρύτερο οικονομικό, πολιτισμικό και κοινωνικό πλαίσιο. Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε από το 2ο Δ.Σ. πόλεως Καλύμνου το χρονικό διάστημα Οκτώβριος 2008 – Ιανουάριος 2009. Υποστηρίχθηκε από τον διευθυντή του σχολείου και τον αρμόδιο υπεύθυνο εκπαιδευτικό περιβαλλοντικών προγραμμάτων. Συμμετείχαν 27 μαθητές της Β΄ τάξης και συνεργάστηκαν 2 εκπαιδευτικοί, ο διευθυντής του σχολείου και ο εκπαιδευτικός φυσικής αγωγής. Το πρόγραμμα ξεκίνησε με αφορμή την εκπαιδευτική επίσκεψη των μαθητών στο Ναυτικό Μουσείο Καλύμνου. Επιπλέον, οι δραστηριότητες βασίστηκαν στις τέσσερις θεματικές ενότητες που οριοθετήθηκαν από τον περιβάλλοντα χώρο. Το περιβάλλον εμφανίζεται ως χώρος ζωής, χώρος διαβίωσης, σύστημα σχέσεων, πεδίο δράσης, δημιουργίας, παραγωγής, κατανάλωσης, πειραματισμού, μετατροπής, μάθησης, χώρος κοινωνικοποίησης, έκφραση της κουλτούρας, ερέθισμα για αντιδράσεις και συμπεριφορές, αγαθό προς εκμετάλλευση (Φλογαΐτη 1998). Οι τέσσερις (4) βασικές θεματικές του προγράμματος ήταν: 1) «Η προσφορά της θάλασσας» 2) «Οι μορφές ρύπανσης της θάλασσας» 3) «Η προστασία της θάλασσας» 4) « Θάλασσα και πολιτισμός».

Μέθοδοι υλοποίησης του προγράμματος

Η διεξαγωγή του προγράμματος βασίστηκε στον προϋπάρχοντα προγραμματισμό. Τηρήθηκε το δηλωθέν χρονοδιάγραμμα και οι προβλεπόμενες δράσεις. Δραστηριοποιήθηκαν όλοι οι μαθητές σε ομάδες (ομαδοσυνεργατική μέθοδος): εργάστηκαν, παρακολούθησαν, ερεύνησαν, έπαιξαν, ζωγράφισαν, τραγούδησαν και δραματοποίησαν σε συνεργασία με τους άμεσα εμπλεκόμενους εκπαιδευτικούς.

Η ομαδοσυνεργατική προσέγγιση

Οι όροι «εργασία σε ομάδες» ή «ομαδοσυνεργατική» ή «ομαδοκεντρική» ή «συνεργατική» ή «ομαδική» διδασκαλία και μάθηση (Ματσαγγούρας 2000) θεωρούνται ουσιαστικά συνώνυμοι στην παιδαγωγική ορολογία και χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη μέθοδο διδασκαλίας κατά την οποία οι μαθητές μιας τάξης οργανώνονται σκόπιμα σε ομάδες σχολικής εργασίας για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένους παιδαγωγικούς και διδακτικούς σκοπούς και στόχους.

Υποστηρίζεται από μελετητές ότι η μάθηση μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική χρησιμοποιώντας τη δυναμική της μικρής ομάδας, χαρακτηριστικό της οποίας είναι ότι οι μαθητές περνούν μεγάλο μέρος του χρόνου τους συνεργαζόμενοι σε μικρές και ετερογενείς ομάδες (Ματσαγγούρας 2000, Χρυσαφίδης 2003).

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η έρευνα έχει αποδείξει ότι το μαθησιακό αποτέλεσμα που παράγεται με την εργασία σε ομάδες είναι πολυπεπίπεδο. Οι μαθητές που ακολουθούν αυτή τη διαδικασία μάθησης εμφανίζουν τις ίδιες ή υψηλότερες επιδόσεις στο γνωστικό αντικείμενο από μαθητές που ακολουθούν άλλες μεθόδους. Πιο συγκεκριμένα, προάγεται η κριτική σκέψη και καλλιεργείται η ικανότητα επικοινωνίας και οι υγιείς διαπροσωπικές σχέσεις με τους συμμαθητές και τους δασκάλους τους (Hass 2000, Μπομπέτσης & Στεφανή 2004). Ακόμη, η εργασία σε ομάδες προσφέρει στους συνεργαζόμενους μαθητές ευκαιρίες να περιγράφουν, να επεξηγούν και να αιτιολογούν τη σκέψη τους, γεγονός που αναπτύσσει το μεταγνωστικό επίπεδο (Ματσαγγούρας 1999).

Η μέθοδος project

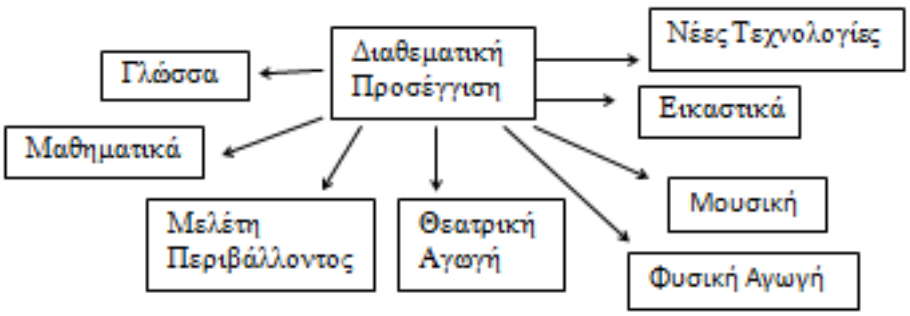
Η βασική παιδαγωγική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να αναπτυχθούν οι δραστηριότητες του συγκεκριμένου ήταν η μέθοδος project – σχέδιο εργασίας.

Με τον όρο «μέθοδος project» εννοείται μια σύνθετη μορφή διδακτικής διαδικασίας, η οποία αφενός έχει ως αφετηρία συγκεκριμένους προβληματισμούς μεμονωμένων μελών ή του συνόλου της διδακτικής ομάδας αφετέρου στοχεύει στην επίτευξη κάποιου έργου που οδηγεί στη λύση ενός προβλήματος. Στηρίζεται στις ανάγκες και τα βιώματα των παιδιών, των οποίων η ενεργός συμμετοχή στη διαδικασία του σχεδιασμού και της οργάνωσης είναι καθοριστική. Για το λόγο, λοιπόν, αυτό ταυτίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη Βιωματική-Επικοινωνιακή διδασκαλία (Χρυσαφίδης 2000).

Επιπρόσθετα, το project (σχέδιο εργασίας ή συνθετική δημιουργική εργασία ή μικρά προγράμματα ή σχεδιασμένη ενέργεια) είναι μια μελέτη ή μια έρευνα σε βάθος για ένα συγκεκριμένο θέμα, το οποίο αναλαμβάνει να επεξεργαστεί μια μικρή ομάδα μαθητών μέσα σε μια τάξη, ενώ μερικές φορές το αναλαμβάνουν ολόκληρη η τάξη ή περιστασιακά ένας μεμονωμένος μαθητής (Σουλιώτη 2004). Κατά συνέπεια, αποτελεί μια σύνθετη δημιουργική εργασία, η οποία μπορεί να απασχολήσει την τάξη ή μέρος της από μερικές ώρες ως και ολόκληρη τη σχολική χρονιά (Σουλιώτη & Παγγέ 2005).

Ταυτόχρονα, αξίζει να επισημανθεί ότι τα projects είναι πιο σύνθετα από τις καθημερινές εργασίες που ανατίθενται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό κατά τη διάρκεια μιας σχολικής μέρας, απαιτούν περισσότερο χρόνο από το μαθητή και το δάσκαλο, έχουν υψηλότερες απαιτήσεις και είναι καθαρά μαθητοκεντρικά, αφού οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για την απόκτηση της δικής τους γνώσης (Galton & Williamson 1992). Στα projects δίνεται έμφαση στη διαδικασία και όχι στο αποτέλεσμα αυτό καθ` αυτό, έτσι ώστε αυτό να βοηθά το μαθητή να καταστεί περισσότερο ενεργό και υπεύθυνο υποκείμενο μάθησης (Μπρίνια 2005).

Οι μαθητές λειτούργησαν ως ερευνητές των χώρων που εξερεύνησαν, ως επεξεργαστές των στοιχείων που επεξεργάστηκαν, ως παρατηρητές όλων όσων παρακολούθησαν και δημιουργοί όλων όσων δημιούργησαν. Οι δραστηριότητες εντάχθηκαν στα πλαίσια των προγραμμάτων σπουδών των υπόλοιπων γνωστικών αντικειμένων.



Σχήμα 1: Εννοιολογικός χάρτης

Εκπαιδευτικές δραστηριότητες του προγράμματος

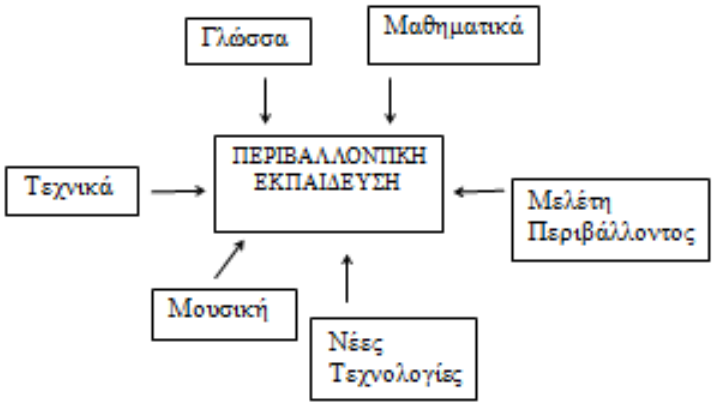
Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες του προγράμματος παρατίθενται στον πίνακα (1):

Πίνακας 1: Εκπαιδευτικές δραστηριότητες του προγράμματος

1.	Γνωστοποίηση του θέματος και των θεματικών ενοτήτων του (γλώσσα).
2.	Επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και μοντελοποίηση αυτών με στοιχεία της θάλασσας (μαθηματικά).
3.	Επίσκεψη στο Ναυτικό Μουσείο (μελέτη περιβάλλοντος).
4.	Επίλυση της ακροστιχίδας της θάλασσας (γλώσσα).
5.	Παρακολούθηση βιντεοταινίας με θέμα το « Το χταπόδι » (μελέτη περιβάλλοντος).
6.	Οι μαθητές καλούνται να βάλουν σε αλφαβητική σειρά την λίστα των θαλασσινών (γλώσσα).
7.	Οι μαθητές διαβάζουν ένα βιβλίο σχετικά με τη θάλασσα και κάνουν βιβλιοπαρουσίαση (γλώσσα).
8.	Εκμάθηση τραγουδιών για την θάλασσα (μουσική).
9.	Δημιουργία ενός χορευτικού τραγουδιού που αναφέρεται στη θάλασσα (φυσική αγωγή).
10.	Παρουσίαση με ηλεκτρονικό μέσο (προτζέκτορα) πληροφοριών και στοιχείων για τη θάλασσα. Επιπλέον, αναφορά στην προσφορά της θάλασσας και ευαισθητοποίηση για τα προβλήματά της (νέες τεχνολογίες).
11.	Εντοπίζονται και καταγράφονται οι κατηγορίες των ζώων που ζουν στο θαλάσσιο βασίλειο (μελέτη περιβάλλοντος).
12.	Εξέταση και διερεύνηση της ανθρωπογενούς ρύπανσης και διατύπωση των τρόπων αντιμετώπισης του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού προβλήματος (περιβαλλοντική αγωγή).
13.	Συμμετοχή των μαθητών στον καθαρισμό παραλίας (μελέτη περιβάλλοντος)
14.	Παιχνίδι με πιγκουίνους (θεατρική αγωγή: παιχνίδι ρόλων).
15.	Κατασκευή κολάζ « Η ζωή των πιγκουίνων » (εικαστικά).
16.	Κατασκευή αποκριάτικων μασκών με θέμα τον βυθό της θάλασσας (εικαστικά).
17.	Δημιουργία κολάζ με αναπαράσταση τον βυθό (εικαστικά).
18.	Δημιουργία ποιήματος με θέμα την θάλασσα (γλώσσα).

19. Θεατρικό « Καθαρή Παραλία » (θεατρική αγωγή).
20. Συνέντευξη από έναν ψαρά (γλώσσα).
21. Επίσκεψη σε ιχθυοπωλείο, καταγραφή του αριθμού των ειδών ψαριών που πωλούνται εκεί και σύγκριση των τιμών τους (τεχνικά και μαθηματικά)
22. Κατασκευή καραβιών με άχρηστα υλικά (τεχνικά).
23. Ζωγραφική με τέμπερες πάνω σε πέτρες που συλλέχτηκαν σε παραλία (τεχνικά).

Οι εκπαιδευτικοί με διεπιστημονικές προσεγγίσεις ενταγμένοι στο ήδη υπάρχον αναλυτικό πρόγραμμα ακολούθησαν το Διεπιστημονικό μοντέλο:



Σχήμα 2: Διεπιστημονικό Μοντέλο

Το σχολείο οφείλει να ανακαλύψει και να χρησιμοποιήσει διδακτικές και παιδαγωγικές μεθόδους για να κινητοποιήσει το μαθητή. Επιπλέον, να διαμορφώσει συνθήκες ανάπτυξης των εσωτερικών κινήτρων αυτού (Κωνσταντίνου 2000). Οι παιδαγωγικές – διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο διάλογος το παιχνίδι (θεατρικό παιχνίδι – παιχνίδι ρόλων), δραματοποίηση, ομαδικές και ατομικές κατασκευές, επίλυση προβλημάτων, προβολή και παρακολούθηση με σύγχρονα εποπτικά μέσα ταινίας και παρουσίαση, ζωγραφική, κινητική έκφραση (εκμάθηση χορών). Η ομαδική και ατομική εργασία και δραστηριοποίηση των μαθητών έχει ως απώτερο σκοπό να δημιουργήσει στους μαθητές συνθήκες εμπλοκής, ενέργειας και πρωτοβουλίας που είναι απαραίτητες για τη συμμετοχή σε παρόμοιες καταστάσεις. Τέλος, δεν αμφισβητείται η έντονη κοινωνικοποιητική διαδικασία που διασφαλίζεται.

Αποτελέσματα της διαδικασίας

Κατά την διάρκεια διεξαγωγής του προγράμματος τα παιδιά χρησιμοποιούσαν ένα φολντερ (ντοσιέ) διαφανειών μέσα στον οποίο αρχειοθετούσαν τις δραστηριότητες που λάμβαναν χώρα. Επιπλέον, στις διδακτικές επισκέψεις ή στις κατασκευές που πραγματοποιούνταν, όλες οι διαδικασίες φωτογραφίζονταν και εκτυπώνονταν οι στιγμές δράσης τους. Έγινε ημερολογιακή καταγραφή των δράσεων και περιληπτική αναφορά όπου χρειαζόταν. Οι κατασκευές, οι δημιουργίες και οι ζωγραφιές των παιδιών κοσμούσαν την τάξη και κεντρικά σημεία του σχολείου. Μετά την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου μέρους του προγράμματος συγκεντρώθηκε το υλικό και έγινε η συνολική παρουσίαση του προγράμματος παρουσίασης ολόκληρου του διδακτικού και μαθητικού δυναμικού του σχολείου. Οι μαθητές διακόσμησαν το

χώρο της αίθουσας πολλαπλών χρήσεων όπου έγινε η παρουσίαση με τις δημιουργίες τους, δημιουργώντας μια μικρή έκθεση. Προβλήθηκαν οι δραστηριότητες από τους μαθητές με την χρήση νέων τεχνολογιών, έπαιξαν οι μαθητές στο θεατρικό «Καθαρή Παραλία», τραγούδησαν και χόρεψαν νησιώτικα τραγούδια σχετικά με την θάλασσα. Τη γιορτή αυτή όπως εξελίχτηκε παρακολούθησαν εντυπωσιασμένοι οι γονείς. Τέλος, ο διευθυντής ανέλαβε να αποστείλει τον απολογισμό του προγράμματος στους αρμόδιους φορείς.

Μέθοδοι αξιολόγησης

Κατά την υλοποίηση ενός προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης η αξιολόγηση θεωρείται αναγκαία, διότι μέσω αυτής αφενός εκτιμάται η αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής πρακτικής και αφετέρου επιδιώκεται η συνεχής βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Οι άξονες και τα κριτήρια αξιολόγησης προκύπτουν από τους στόχους που τέθηκαν και από το βαθμό επίτευξής τους (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2012).

Οι κυριότερες μορφές αξιολόγησης που εφαρμόστηκαν είναι οι εξής: 1) Αρχική ή διαγνωστική αξιολόγηση: προσδιορίστηκε το επίπεδο των γνώσεων των μαθητών, των ενδιαφερόντων τους, των προβλημάτων τους και βάση αυτών προσαρμόστηκαν οι δραστηριότητες, 2) Διαμορφωτική ή σταδιακή αξιολόγηση: υπήρξε μέσω αυτής πληροφόρηση για τη διεξαγωγή και πορεία των μαθητών προς την κατάκτηση των συγκεκριμένων στόχων που είχαν τεθεί. Από τον έλεγχο των πληροφοριών που έγινε, κάποιες φορές ήταν απαραίτητη η περαιτέρω διερεύνηση του θέματος, 3) Η τελική ή συνολική αξιολόγηση έγινε και εκτιμήθηκε. Η συνολική επίτευξη όλων των διδακτικών και παιδαγωγικών στόχων που είχαν τεθεί.

Συμπεράσματα και αντίκτυπος στην τοπική κοινωνία

Επειδή η εκπαίδευση ενδιαφέρεται πρωτίστως για τη σωματική, κοινωνική, διανοητική και συναισθηματική ανάπτυξη του ατόμου, οι εξελικτικές μελέτες εξακολουθούν να καταλαμβάνουν κεντρική θέση στις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές της εκπαίδευσης (Cohen & Manion 2000). Μια τέτοια εξελικτική έρευνα αποτέλεσε η συγκεκριμένη καινοτόμα περιβαλλοντική διαδικασία. Σύμφωνα με τις παραπάνω δράσεις οι μαθητές πραγματοποίησαν με ιδιαίτερο ζήλο, διάθεση και ενδιαφέρον τις εκπαιδευτικές επισκέψεις που ορίστηκαν. Ανέπτυξαν διάλογο με τα εμπλεκόμενα πρόσωπα, οδηγήθηκαν σε εποικοδομητικές συζητήσεις. Επιπλέον, οι μαθητές απέκτησαν μεγαλύτερη καλλιτεχνική ευαισθησία καθώς μπόρεσαν να εξασκήσουν τα ταλέντα τους στη ζωγραφική, στη μουσική και στη δραματοποίηση. Συνάμα με μεθοδικότητα μπόρεσαν να τοποθετηθούν απέναντι σε ζητήματα και προβλήματα περιβαλλοντικής φύσης. Η ρύπανση της θάλασσας και οι μορφές της αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη 2005). Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη περιβαλλοντική πρόταση μπορεί να αποτελέσει την απαρχή μιας συνεχούς και ευρύτερης δραστηριοποίησης στα πλαίσια του σύγχρονου σχολείου.

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Α. & Τσαλίκη, Ε. (2005). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα. Γρηγόρη, Αθήνα.

Δημητριάδης, Γ. & Φακαζή, Ε. (2009). Η στρατηγική της Δημόσιας Αντιπαράθεσης (Debate) στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. στο Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. & Ζουπίδης, Α.(επιμ.) Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 318 – 325, Ανακτήθηκε στις 16/10/2012, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Κατσίκης, Α. (2008). Οικολογία και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Κιμιωνής, Γ. (2009). Η Προσέγγιση Θεμάτων Γεωγραφίας-Γεωλογίας μέσα από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Δυνατότητες και Προοπτικές. στο Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. & Ζουπίδης, Α.(επιμ.) Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών

και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, 384 – 391, Ανακτήθηκε στις 19/10/2012, από http://www.uowm.gr/kodifeet.

Κωνσταντίνου, Ι. Χ. (2000). Η Αξιολόγηση της Επίδοσης του Μαθητή ως Παιδαγωγική Λογική και Σχολική Πρακτική. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (1999). Στρατηγικές διδασκαλίας: Η κριτική σκέψη στη διδακτική πράξη (4η εκδ.), Τόμος Β΄, Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2000). Η ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Πράξη. Εκδόσεις:

Μπομπέτσης, Σ. Α., & Στεφανή, Δ. Χ. (2004α). Εφαρμογή της Ομαδοσυνεργατικής μεθόδου στην εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη, 8 – 9, 22 – 31.

Μπρίνια, Β. (2005). Η Διεξαγωγή του μαθήματος «Αρχές Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρησεων» με τη Μέθοδο Project στο Ενιαίο Λύκειο, Εκπαιδευτικά, 77-78, 210-7.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2012). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ανακτήθηκε στις 22/10/2012, από http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf

Σουλιώτη, Ε. & Παγγέ, Τ. (2004). Διαθεματική Προσέγγιση και Διδασκαλία. Η Μέθοδος Project, Νέα Παιδεία, 112, 40-50.

Σουλιώτη, Ε. & Παγγέ, Τ. (2005). Διαθεματικές Προεκτάσεις στη διδασκαλία της Αγγλικής Γλώσσας:Πρακτικές εφαρμογές με τη χρήση της μεθόδου Project και των Νέων Τεχνολογιών, Εκπαιδευτικά, 75-76, 8-20.

Φλογαΐτη, Ε. (1998). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Φλογαΐτη, Ε. & Βασάλα, Π. (2002). Εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία. Το Ενεργειακό Ζήτημα. Προσεγγίσεις και Διαστάσεις – Εκπαιδευτικό υλικό για το Γυμνάσιο και το Λύκειο. Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Χρυσαφίδης, Κ. (2000). Βιωματική-Επικοινωνιακή Διδασκαλία. Εκδόσεις:Gutenberg, Αθήνα.

Χρυσαφίδης, Κ. (2003). Βιωματική-Επικοινωνιακή διδασκαλία: Η εισαγωγή της μεθόδου Project στο σχολείο. Εκδόσεις:Gutenberg, Αθήνα.

Buiatti, M. (1995). Complexity Concepts and Environmental Education. History of European Ideas. 21 (1), 31 – 36.

Cohen, L., & Manion, L. (2000). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας (4η έκδ.). Εκδόσεις: Μεταίχμιο, Αθήνα.

Galton, M. & Williamson, J. (1992), Group work in the primary classroom, London: Routlegde.

Hass, M. A. (2000). Student – Directed Learning in the Organic Chemostry Laboratory. Journal of Chemical Education, 77, 1035 – 1038.

Marcinkowski, T. (1998). Predictors of Responsible Environmental Behavior: A Review of Three Dissertation Studies, στο: Essential Readings in Environmental Education, The Center for Instruction, Staff Development and Evaluation.

Οι κατασκευές και το παιχνίδι στις Φυσικές Επιστήμες: Το παράδειγμα των μορφών και εναλλακτικών μορφών ενέργειας

Δημητρίου Θωμάς
Δάσκαλος
thdimitriou@sch.gr

Περίληψη

Οι Φυσικές Επιστήμες είναι το μοναδικό μάθημα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού Σχολείου που ο μαθητής μπορεί να δημιουργήσει κατασκευές και να πειραματιστεί πάνω σε αυτές. Κάθε κατασκευή μπορεί να θεωρηθεί και πείραμα αφού στο τέλος ο μαθητής απαντά σε ερευνητικά και πειραματικά ερωτήματα που έχει από πριν θέσει. Στην παρούσα εισήγηση θα δούμε το παράδειγμα των έντεκα (11) μαθητών της Ε΄ Τάξης του 2ου Δημοτικού Σχολείου Νεοχωρίου Αιτωλοακαρνανίας οι οποίοι από την αρχή της σχολικής χρονιάς 2006-2007 συμμετείχαν σε Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα με θέμα «Μορφές Ενέργειας». Το Πρόγραμμα διήρκησε οχτώ (8) μήνες και οι μαθητές δημιούργησαν εκτός των άλλων και δύο (2) κατασκευές που είχαν σχέση στις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μια αναφορά σε έναν ηλιακό συσσωρευτή καθώς και μια επίσκεψη σε ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο ήταν εκείνα που έδωσαν στους μαθητές να κατασκευάσουν και να πειραματιστούν με τον ηλιακό φούρνο και ένα μικρό υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Abstract

Natural Sciences is the only course in the curriculum of the elementary school that the student can create structures and experimented on them. Each structure can be seen at the end of the experiment after the student answers to research questions and experimental has previously set. In this paper we will take the example of eleven (11) students of the second Class E Primary School Neochoriou Aitoloakarnania who from the beginning of the 2006-2007 school year participated in environmental programs on "Forms of Energy". The program lasted for eight (8) months and students created, among others, two (2) structures were related to alternative energies. A reference to a solar battery and a visit to a hydroelectric plant was given to those students to build and experiment with the solar oven and a small hydroelectric power station.

Εισαγωγή

Κατά το σχολικό έτος 2006-2007 στο 2ο Δημοτικό Σχολείο Νεοχωρίου Αιτωλοακαρνανίας και συγκεκριμένα στη Ε΄ Τάξη οι έντεκα (11) μαθητές με τον εκπαιδευτικό της τάξης αποφάσισαν από κοινού να ασχοληθούν με τις μορφές ενέργειας. Αυτό διότι θέλησαν να αναδείξουν πως η ενέργεια μετατρέπεται από μορφή σε μορφή και ποιες ονομάζονται εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Ανάμεσα σε όλες τις κατασκευές των μαθητών υπήρξαν και δύο που ξεχώρισαν. Ο ηλιακός φούρνος και ο μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός ενέργειας, ως κατασκευές, έδωσαν στο τέλος του διδακτικού έτους στους μαθητές την ευκαιρία της γνωριμίας και τη γνώση των μορφών ενέργειας. Το έναυσμα στους μαθητές δόθηκε από το Κεφάλαιο του σχολικού εγχειριδίου του Δημοτικού Σχολείου των Φυσικών Επιστημών της Ε΄ Τάξης με θέμα: Ενέργεια στις σελίδες 24 έως 31 στο Βιβλίο Μαθητή καθώς και 40 έως 51 από το Τετράδιο Εργασιών. Ακόμη η εκδρομή στο υδροηλεκτρικό σταθμό του ποταμού Αχελώου στην περιοχή του Στράτου Αιτωλοακαρνανίας και η περιήγηση των μαθητών «έσπρωξαν» τους μαθητές να ασχοληθούν με περισσότερη θέληση και ζωντάνια στην εκπόνηση του προγράμματος.

Οι Στόχοι του Προγράμματος

Κάποιοι από τους στόχους του Περιβαλλοντικού Προγράμματος μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

Μαθησιακοί:

- Να κατανοήσουν οι μαθητές την έννοια της ενέργειας και ποιες είναι οι μορφές ενέργειας
- Να κατανοήσουν τη μετατροπή της ενέργειας από μορφή σε μορφή
- Να γνωρίσουν οι μαθητές τις αποθήκες – πηγές ενέργειας
- Να γνωρίσουν οι μαθητές τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας μέσα από το παιχνίδι

Συναισθηματικοί:

- Να εργαστούν οι μαθητές σε ομάδες
- Να εξοικειωθούν οι μαθητές με την ιδέα της κατασκευής και του πειράματος
- Να γνωρίσουν οι μαθητές την έννοια του μικρόκοσμου
- Να μάθουν οι μαθητές μέσα από το παιχνίδι

Η θεωρία

Πριν από κάθε κατασκευή ή πείραμα σίγουρα πρέπει να υπάρχει και η θεωρία. Η θεωρία στους μαθητές είναι σημαντική και ευχάριστη εάν γίνει με τον σωστό τρόπο η παραδοσιακή διδασκαλία θα ήταν κάτι «καταστροφικό» για όλο αυτό που προσπαθούσαμε να αναδείξουμε, τη σημασία της κατασκευής στο μάθημα.

Η αρχή έγινε με τους κανόνες του εργαστηρίου, που είχε στηθεί μέσα στην τάξη και στην αίθουσα υπολογιστών. Οι ανομοιογενής ομάδες δημιουργήθηκαν από τους ίδιους τους μαθητές έπειτα από κλήρωση και με την προϋπόθεση ότι κάθε φορά που θα ξεκινά μια καινούργια κατασκευή θα υπάρχει η αλλαγή των προσώπων στις ομάδες.

Τα σχολικά εγχειρίδια χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή για τους απλούς ορισμούς και έννοιες που οι μαθητές έπρεπε να κατανοήσουν, όχι να παπαγαλίσουν. Η σχολική βιβλιοθήκη και οι ηλεκτρονικές εγκυκλοπαίδειες που υπήρχαν στη σχολική μονάδα διευκόλυναν τους μαθητές στην κατανόηση των εννοιών. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές κατανόησαν τις μορφές ενέργειας και τη μετατροπή της ενέργειας στη θεωρία.

Τέλος χρησιμοποιήθηκαν το εκπαιδευτικό λογισμικό «SOS Ενέργεια», έπειτα από σχετική άδεια, καθώς και χρήσιμες πληροφορίες και εκπαιδευτικά βίντεο από το διαδίκτυο. Όλες οι πληροφορίες που συγκέντρωσαν οι μαθητές ταξινομήθηκαν ανάλογα με το περιεχόμενό τους και στο τέλος της σχολικής χρονιάς οι μαθητές δημιούργησαν το βιβλίο της ενέργειας και το δικό τους λεξικό που αναφερόταν σε λέξεις κλειδιά σχετικές με αυτό που έψαχναν.

Οι κατασκευές

Οι κατασκευές των μαθητών έγιναν έπειτα από δική τους ιδέα μετά από συζήτηση μέσα στην τάξη και έπειτα από την εκδρομή στον Υδροηλεκτρικό Σταθμό.

Η πρώτη κατασκευή ήταν οι ηλιακοί φούρνοι. Η ιδέα αυτή δόθηκε έπειτα από την ερώτηση ενός μαθητή στο μάθημα της Γλώσσας: «Γιατί, κύριε, τη φράση: αυτός ψήθηκε από τον ήλιο;». Ένας ηλιακός φούρνος για να κατασκευαστεί είναι αρκετά απλός και με απλά υλικά. Δύο κουτιά από παπούτσια, μια χαρτοταινία, ένα κομμάτι καθρέφτη, ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο, δύο θερμόμετρα, ένα κοπίδι, δύο κομμάτια διαφάνειας, δύο αυγά και αρκετό ήλιο. Το πείραμα ήταν πιο από τα δύο υλικά, το αλουμινόχαρτο και ο καθρέφτης θα έκανε περισσότερη αντανάκλαση στη διαφάνεια και έδινε μεγαλύτερη αύξηση θερμοκρασίας στο κουτί. Έτσι θα βλέπαμε εάν το αυγό θα άρχισε, έστω και λίγο, να ψήνεται και εάν ο ήλιος όντως δίνει τόση θερμότητα που να μπορεί να ψηθεί το αυγό. Οι μαθητές παρατήρησαν ότι στον ηλιακό φούρνο που είχε κατασκευαστεί με τον καθρέφτη η θερμοκρασία του κουτιού έφτασε στους 45° C ενώ στον ηλιακό φούρνο που είχε το αλουμινόχαρτο η θερμοκρασία δεν ανέβηκε πάνω από τους 22° C μέσα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Η παρατήρηση των μαθητών έδειξε ότι ο ήλιος είναι μια πηγή ενέργειας ή οποία εάν την εκμεταλλευτούμε με τον σωστό τρόπο θα μπορούσαμε να πάρουμε ενέργεια για την διευκόλυνση της ζωής. Οι εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας υπάρχουν ήδη με τους ηλιακούς συσσωρευτές ενέργειας ή αλλιώς τους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Εικόνα 1: Ηλιακοί φούρνοι

Η δεύτερη κατασκευή ήταν ένας μικρός υδροηλεκτρικός σταθμός ο οποίος κατασκευάστηκε από τους μαθητές ώστε να διαπιστώσουν πως το νερό μπορεί να δώσει ηλεκτρικό ρεύμα. Στην κατασκευή αυτή ο εκπαιδευτικός έφτιαξε το μεγάλο κουτί που θα μετατρεπόταν σε καταρράκτη και έκανε τις απαραίτητες τρύπες με τα εργαλεία που ήταν επικίνδυνα να χειριστούν μαθητές. Το νερό που έπεφτε από ύψος και το δυναμό που γύριζε με τη βοήθεια του «νερόμυλου» άναβε το λαμπάκι που βρισκόταν στο πίσω μέρος της κατασκευής. Όλα αυτά δεν θα ήταν τίποτα εάν οι μαθητές δεν πειραματιζόταν με την ποσότητα του νερού και τον χρόνο που ο νερόμυλος γύριζε το δυναμό. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές κατανόησαν και τη μετατροπή της ενέργειας σε διάφορες μορφές αλλά και την έννοια των εναλλακτικών μορφών ενέργειας. Οι μαθητές ήταν υπερήφανοι γι αυτή την κατασκευή διότι η έμπνευσή τους στηρίχτηκε στην εκδρομή του σχολείου στον υδροηλεκτρικό σταθμό. Δημιούργησαν τελικά τον δικό τους σταθμό ηλεκτρικής ενέργειας.

Εικόνα 2: Υδροηλεκτρικός Σταθμός Ενέργειας

Οι κατασκευές ήταν αυτές που έδωσαν στους μαθητές την έννοια του πειραματίζομαι και δημιουργώ μόνος μου από αυτό που βλέπω και διαβάζω ή και αυτό που σκέφτομαι και αναρωτιέμαι. Όλες οι απορίες που υπήρχαν στους μαθητές αλλά και οι εναλλακτικές τους ιδέες απαντήθηκαν και ξεπεράστηκαν με επιτυχία. Γεννήθηκαν και άλλες ιδέες για πειραματισμό και κατασκευή αλλά ο περιορισμός του χρόνου έκανε τους μαθητές να έχουν σχέδια για την επόμενη σχολική χρονιά.

Το παιχνίδι

Οι μαθητές έπειτα από τη σκληρή εργασία όλης της χρονιάς σκέφτηκαν να σχεδιάσουν δύο παιχνίδια και μια μικρή παράσταση με τον Καραγκιόζη.

Το γνωστό σε όλους φιδάκι έγινε το αγαπημένο παιχνίδι της τάξης με λίγες βέβαια παραλλαγές. Η μεγέθυνση και οι αλλαγές στα πιόνια και τους κανόνες δημιούργησαν το «φιδάκι της ενέργειας». Τα πιόνια ήταν οι μαθητές, το κάθε τετραγωνάκι από το φιδάκι ήταν ένα χαρτόνι με διαστάσεις 50χ50 εκ., υπήρχαν οι σκάλες βοήθειας αλλά και τα φιδάκια που σε έριχναν σε παγίδες. Σε κάθε χαρτόνι υπήρχε και μία μορφή ενέργειας ή πληροφορίες σχετικές με το πρόγραμμα. Το φιδάκι αποτελούταν από 20 συνολικά χαρτόνια, δύο σκάλες βοήθειας και δύο φιδάκια παγίδες. Μέσα από το παιχνίδι γινόταν ουσιαστικά η αξιολόγηση των μαθητών.

Εικόνα 3: Το φιδάκι

Το δεύτερο παιχνίδι ήταν η γνωστή «μονόπολη». Όλες οι οδηγίες και κανόνες μετατράπηκαν σε ερωτήσεις και κανόνες σχετικές με το πρόγραμμα. Όλοι οι οδοί του γνωστού παιχνιδιού και οι ερωτήσεις ήταν σχεδιασμένες σε αυτά που διδάχτηκαν οι μαθητές μετά από την ολοκλήρωση του προγράμματος. Όλα τα απαραίτητα για την κατασκευή έγιναν από πηλό και χαρτόνι ή απλό ανακυκλώσιμο χαρτί. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές εξασκήθηκαν και αυτοαξιολογήθηκαν στις έννοιες και στα αποτελέσματα των πειραμάτων τα οποία πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς.

Τέλος οι μαθητές θέλοντας να μεταδώσουν τις γνώσεις που έμαθαν και στους υπόλοιπους συμμαθητές τους στη σχολική μονάδα έστησαν μια μικρή παράσταση του Καραγκιόζη με θέμα «Ο Καραγκιόζης Οικολόγος». Όλοι οι διάλογοι του Καραγκιόζη, του Μπάρμπα – Γιώργου και των υπολοίπων ηρώων της σκηνής ήταν δημιουργία των μαθητών, οι οποίοι έγιναν και σεναριογράφοι. Κάθε λέξη και διάλογος του θεατρικού έδινε πληροφορίες για την ενέργεια και

τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Όλοι οι μαθητές είχαν ένα μικρό ρόλο, ο κάθε ρόλος είχε και ένα μήνυμα. Ένα μήνυμα για τη σωστή χρήση της ενέργειας.

Συμπεράσματα

Η κατασκευή και το παιχνίδι είναι αυτό που μπορεί να αντικαταστήσει την παραδοσιακή διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο. Σε ένα μάθημα που το πείραμα είναι καθημερινό και απαραίτητο, η κατασκευή και το παιχνίδι αναγκαία για να μπορέσει ο εκπαιδευτικός να αντιμετωπίσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Πως θα μπορούσε άλλωστε ο εκπαιδευτικός να δώσει στους μαθητές μια πολύπλευρή έννοια όπως είναι η ηλεκτρική ενέργεια ή η ενέργεια του ήλιου από το να κατασκευάσει με απλά υλικά με τους μαθητές ένα απλό πείραμα.

Το παιχνίδι είναι και αυτό που δίνει στους μαθητές σημαντικές πληροφορίες και μπορεί να σχεδιαστεί με τη μορφή της αξιολόγησης από τον εκπαιδευτικό. Κάθε παιχνίδι μπορεί, τελικά, να μεταμορφωθεί σε εκπαιδευτικό και να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο μάθησης και αξιολόγησης από τον εκπαιδευτικό και τον μαθητή.

Εικόνα 4: Ο Καραγκιόζης Οικολόγος

Συμπερασματικά κάθε απλή κατασκευή μπορεί να είναι πείραμα, ένα πείραμα που θα δώσει στους μαθητές την έννοια και το αποτέλεσμα μέσα από την πειραματική διαδικασία. Κάθε παιχνίδι είναι μια διαδικασία μάθησης, μια διαδικασία χαράς και χαλάρωσης του μαθητή που χωρίς να το καταλάβει μαθαίνει και αξιολογείται με τέτοιο τρόπο που δε θα μπορούσε να φανταστεί, χωρίς τον εκπαιδευτικό να κάνει ερωτήσεις και ο μαθητής να απαντά παραδοσιακά.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης, Ε., κ.α (2005). Φυσικά Ε΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω Βιβλίο Μαθητή. ΟΕΔΒ Αθήνα

Αποστολάκης, Ε., κ.α (2005). Φυσικά Ε΄ Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω Τετράδιο Εργασιών. ΟΕΔΒ Αθήνα

Συνεδρία 25: Εφαρμογές των Τ.Π.Ε στην διδασκαλία

Μελέτη και Μαθηματική περιγραφή της Ευθύγραμμα Ομαλά Επιταχυνόμενης Κίνησης στην Α΄ Λυκείου - με τη χρήση Εκπαιδευτικού Λογισμικού Διαδραστικών Επιστημονικών Προσομοιώσεων Physics Education Technology (PhET), University of Colorado

Αναγνώστου Παναγιώτης.[1] M.Sc, Αντύπας Γεράσιμος[2] M.Ed

1Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ΠΕ 0401, τ. Επ. Συνεργάτης ΑΤΕΙ Πάτρας- Υποψήφιος Διδάκτωρ
pananagnostou@gmail.com
2 Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ΠΕ 1208, τ. Επ. Συνεργάτης ΑΤΕΙ Πάτρας
antyger@gmail.com

Περίληψη

Οι τεχνολογίες της Πληροφορικής και των Επικοινωνιών - Τ.Π.Ε. , έχουν πλέον εισέλθει δυναμικά σε όλους τους τομείς της ζωής μας , πόσο μάλλον στον τομέα της Εκπαίδευσης. Σήμερα η χρήση του υπολογιστή ως εκπαιδευτικού μέσου βρίσκεται στο επίκεντρο του επιστημονικού ενδιαφέροντος. Σημαντική παράμετρος της Πληροφορικής στην εκπαίδευση είναι η παραγωγή και χρησιμοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού ως μαθησιακό εργαλείο. Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής αποτελεί σήμερα το πιο ευρύ πεδίο εφαρμογής της Πληροφορικής στην εκπαίδευση, εισάγοντας καινοτόμες διδακτικές τακτικές σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιώντας τις Τ.Π.Ε., παρουσιάζουμε μια ολοκληρωμένη πρόταση διδασκαλίας - με την χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού - της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης στην Α΄ Λυκείου- σε δείγμα 80 μαθητών περίπου -, με σκοπό την αποτελεσματικότερη κατανόηση των εννοιών της συγκεκριμένης ενότητας.

Η πρόταση υποστηρίζεται από Τ.Π.Ε. μέσω εικονικών εργαστηριακών δραστηριοτήτων με συγχρονικές πολυμεσικές διατάξεις, φύλλων εργασίας και παραμετρικών προσομοιώσεων. Αναλύουμε και περιγράφουμε τις προτεινόμενες δραστηριότητες, καταλήγοντας σε συμπεράσματα σχετικά με την όλη αυτή εκπαιδευτική δραστηριότητα.

Abstract

Technologies of Information and Communication Technologies - ICT , have now entered dynamically in all areas of our lives, especially in the field of Education. Today the use of the computer as an educational instrument is the focus of scientific interest. Important aspect of information technology in education is the production and use of educational software as a learning tool. The teaching of science and especially physics today is the broad scope of IT in education, introducing innovative teaching tactics in relation to traditional teaching.

In this work using ICT, we present a comprehensive proposal of teaching - the use of educational software - the rectilinear uniformly accelerated motion on class in high school – in a sample of about 80 student's school in order to better understand the concepts in this section.

The proposal is supported by ICT through virtual laboratory activities with cross-sectional multimedia devices, worksheets and parametric simulations. We analyze and describe the proposed activities, leading to conclusions about all this educational activity.

Λέξεις κλειδιά: *Κινηματική, προσομοιώσεις, φύλλα εργασίας, εκπαιδευτικό λογισμικό*

Εισαγωγή

Στην εποχή μας η Πληροφορική έχει εισχωρήσει σε όλους τους τομείς της επιστήμης και κάθε άλλης παραγωγικής δραστηριότητας. Η Πληροφορική από απλό βοηθητικό εργαλείο απλώθηκε σιγά-σιγά και εξελίχθηκε σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας, ενημέρωσης, επικοινωνίας, εκπαίδευσης και καλλιτεχνικής δημιουργίας . Ο χώρος της εκπαίδευσης έδειξε ότι

είναι σε θέση να υιοθετήσει τις νέες τάσεις και να αξιοποιήσει τις τεχνολογικές δυνατότητες. Ο χαρακτήρας της εκπαίδευσης αναπροσαρμόζεται στις εκάστοτε απαιτήσεις της κοινωνίας και επειδή μπορεί κάλλιστα η εκπαίδευση να χρησιμοποιήσει, εντάσσοντας στους μηχανισμούς της, τον ίδιο τον υπολογιστή είτε ως εργαλείο διδασκαλίας, είτε ως επικοινωνιακό μέσο

Σημαντική παράμετρος της Πληροφορικής στην εκπαίδευση είναι η παραγωγή και χρησιμοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού ως μαθησιακό εργαλείο. Η διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστών αποτελεί μια μεθοδολογία που εξελίσσεται δυναμικά και σήμερα γίνεται ευρύτερα προσιτή, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί άμεσα στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής αποτελεί σήμερα το πιο ευρύ πεδίο εφαρμογής της Πληροφορικής στην εκπαίδευση. Φύλλα εργασίας, εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή, προσομοιώσεις και εφαρμογές πολυμέσων είναι εργαλεία, με τα οποία εύκολα εξοικειώνονται οι μαθητές και μπορούν να εισαχθούν άμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Σκοπός

Η Μαθηματική περιγραφή της Ευθύγραμμης ομαλά Επιταχυνόμενης Κίνησης μέσω των εξισώσεων x-t , υ-t και a-t, μέσω προγράμματος προσομοίωσης, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου.

Ο ορισμός και η περιγραφή της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης είναι άγνωστα για τους μαθητές της Α΄ Λυκείου. Γνωρίζοντας όμως πως οι μαθητές έχουν έρθει σε επαφή με την έννοια της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης ή οποία έχει αναπτυχθεί στο Γυμνάσιο, με ότι αυτό συνεπάγεται - ότι δηλαδή είναι η κίνηση στην οποία η τροχιά του κινητού είναι ευθεία γραμμή, το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό και το κινούμενο σώμα διανύει σε ίσους χρόνους ίσα διαστήματα - , θα αναπτύξουμε την έννοια της Ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης προσδιορίζοντας το νέο στοιχείο στην κίνηση αυτή που είναι η επιτάχυνση (θετική και αρνητική).

Φυσικά η μελέτη της ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης θα περιλαμβάνει και μαθηματική επεξεργασία με τη χρήση των εξισώσεων κίνησης και των αντίστοιχων διαγραμμάτων x-t , υ-t και a-t, με την οποία δεν είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές, και θα πρέπει να έλθουν σε επαφή στην Α Λυκείου. Η μαθηματική περιγραφή της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης είναι, τέλος, το απαραίτητο προστάδιο, προκειμένου να κατανοήσουν την **επιταχυνόμενη και την επιβραδυνόμενη κίνηση**.

Διδακτικοί στόχοι:

- Η εκπαιδευτική αυτή δραστηριότητα , έχει σκοπό την κατανόηση εννοιών της Φυσικής και την προσέγγιση τους από τους μαθητές , σε ρεαλιστικές συνθήκες , μέσω των πειραματικών επιδείξεων – προσομοιώσεων που παρέχει το λογισμικό προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθεί.
- Μαθηματική περιγραφή της επιταχυνόμενης κίνησης με την χρήση θετικής , αρνητικής επιτάχυνσης , αρχικής ή μηδενικής ταχύτητας και της ακινησίας για ένα σώμα.
- Περιγραφή των εξισώσεων θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο για ένα σώμα που κινείται ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενα και γραφική αναπαράσταση των αντιστοίχων εξισώσεων.
- Εξοικείωση των μαθητών με την εξίσωση κίνησης x=f(t) για την Ε.Ο. Επιταχυνόμενη .Κίνηση και τις πληροφορίες που αυτή παρέχει.
- Η λήψη πληροφοριών για την κίνηση από τα γραφήματα x – t , u-t , a-t που εμφανίζονται κατά την εικονική κίνηση.
- Η επεξεργασία των δεδομένων για την δημιουργία των γραφημάτων u – t και α – t

Ειδικοί στόχοι:

- Οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να γράψουν την εξίσωση κίνησης x-t για ένα σώμα που κινείται ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενα , αν γνωρίζουν την αρχική ταχύτητα , την επιτάχυνση και την αρχική θέση.
- Αν είναι γνωστή η εξίσωση της κίνησης x-t, οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να προσδιορίσουν την ταχύτητα , την επιτάχυνση και την αρχική θέση του κινητού και να επιβεβαιώσουν πειραματικά ότι η μετατόπιση είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου και ότι η ταχύτητα είναι ανάλογη του χρόνου.
- Να υπολογίζουν την επιτάχυνση της κίνησης από το γράφημα u – t και να την συγκρίνουν με αυτή που υπολογίζεται από το γράφημα α – t .
- Να υπολογίζουν την μετατόπιση από το γράφημα x – t που δημιουργεί το σύστημα και να την συγκρίνουν με τη μετατόπιση που υπολογίζεται από το γράφημα u – t.
- Η επιβεβαίωση των σχέσεων ταχύτητας – χρόνου και επιτάχυνσης – χρόνου για την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση από τους μαθητές.

(Στάσεις, δεξιότητες, αντιλήψεις):

- Με δεδομένο ότι ο μαθητής γνωρίζει να μετρά κάποια θεμελιώδη φυσικά μεγέθη να μπορέσει με την βοήθεια των πινάκων και των γραφικών παραστάσεων, τις οποίες θα εμφανίσει η προσομοίωση , να μελετήσει το συγκεκριμένο φυσικό φαινόμενο και να επαληθεύσει τους νόμους του.
- Σημαντική επιδίωξη είναι, η πειραματική διαδικασία να μην οδηγεί σε συμπεράσματα που διαφοροποιούνται η και αντιτίθενται στην βασική θεωρητική γνώση που έχουν οι μαθητές
- Η ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών να αντιμετωπίζουν με λογικούς συσχετισμούς /αιτιάσεις τα διάφορα θέματα.
- Η κατανόηση από τους μαθητές των Νόμων της Φυσικής και η σχέση που έχουν οι θετικές επιστήμες με τα Μαθηματικά αντιλαμβανόμενοι ότι η μαθηματική γλώσσα είναι το εργαλείο περιγραφής των νόμων της φύσης.
- Η εμπλοκή του μαθητή στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την επιστημονική μεθοδολογία (παρατήρηση, αξιοποίηση πληροφοριών , διατύπωση υποθέσεων, πειραματικό έλεγχο, εξαγωγή συμπερασμάτων) για τον έλεγχο και την επίλυση σύνθετων και ανοικτού τύπου προβλημάτων
- Η απόκτηση των μαθητών πέραν της εννοιολογικής και ποσοτικής κατανόησης των αρχών της φυσικής και ικανοτήτων επιστημονικής πρακτικής που απαιτούνται για την οικοδόμηση ερμηνευτικών μοντέλων που στηρίζονται στην παρατήρηση και τα δεδομένα,
- Η συνειδητοποίηση από το μαθητή της αξίας της βιωματικής μάθησης την οποία που αποκτούν τα παιδιά μέσω της εξερεύνησης, των εμπειριών, της δημιουργίας, της ανακάλυψης, της ταύτισης και της αλληλεπίδρασης με τον κόσμο γύρω τους,

Παιδαγωγικοί στόχοι:

- Πρέπει να δοθεί έμφαση στην κουλτούρα που αναπτύσσεται στους μαθητές μέσα από την βιωματική αυτή εμπειρία , της αναπαράστασης και ενσωμάτωσης της Επιστήμης και της Τεχνολογίας στην καθημερινή πραγματικότητα.
- Η καλλιέργεια των κατάλληλων ερεθισμάτων που θα τους επιτρέψουν να εκφραστούν ελεύθερα και δημιουργικά, η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, η συναισθηματική και κοινωνική σχέση συνεργασίας και η απόλαυση της βιωματικής δράσης.
- Επίσης πρέπει να ενισχυθεί η «επαφή» και ενημέρωση των μαθητών με την πρόοδο της επιστήμης και τα επιτεύγματα της

Στη συγκεκριμένη ενότητα, οι μαθητές αποκτούν εμπειρίες, βιώματα και εναλλακτικές ιδέες , όπως οι εξής:

- Τι είναι η θετική και τι η αρνητική επιτάχυνση ;
- Η ταχύτητα του σώματος μπορεί να είναι θετική και αρνητική.
- Όταν ένα σώμα είναι ακίνητο, η ταχύτητα και η επιτάχυνσή του είναι μηδέν.
- Όταν ένα σώμα κινείται προς τα πίσω, εκτελεί επιβραδυνόμενη κίνηση.
- Για να περιγράψουμε πλήρως την κίνηση ενός σώματος χρειαζόμαστε περισσότερες από μια μαθηματικές εξισώσεις.

Οργάνωση της διδασκαλίας:

Οι μαθητές χρησιμοποιούν το λογισμικό **Physics Education Technology** PHET (www.phet.colorado.edu), εργαζόμενοι σε ομάδες των 2 ατόμων ανά υπολογιστή στην αίθουσα Πληροφορικής. Εναλλακτικά, το μάθημα μπορεί να γίνει στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιώντας τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και ένα βιντεοπροβολέα.

Απαραίτητα όργανα και υλικά:

Εκπαιδευτικό λογισμικό: **PHET του Πανεπιστημίου του Colorado**/ παραμετρική προσομοίωση «The Moving man»(Ο κινούμενος άνδρας). Η χρήση προσομοιώσεων (simulations) και λογισμικών μοντελοποίησης προσφέρει τη δυνατότητα στο μαθητή να λειτουργήσει ως ερευνητής, ορίζοντας και κατασκευάζοντας ο ίδιος το μοντέλο ενός προβλήματος, μελετώντας την επίδραση διαφορετικών παραμέτρων σε αυτό αλλά και δοκιμάζοντας διαφορετικές υποθέσεις για τη λειτουργία ενός δεδομένου μοντέλου.

Ο εκπαιδευτικός έχει φροντίσει να είναι διαθέσιμο το συγκεκριμένο πρόγραμμα προσομοίωσης σε όλους τους υπολογιστές, καθώς και η απαραίτητη έκδοση της Java.

Χρησιμοποιούμε το συγκεκριμένο λογισμικό προσομοίωσης για την διδακτική μας παρέμβαση διότι:

1. έχει πολύ καλό και εντυπωσιακό περιβάλλον εργασίας, το οποίο δεν απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις χειρισμού
2. δίνει τη δυνατότητα εικονικής πραγματοποίησης μιας κίνησης και ταυτόχρονης γραφικής απεικόνισης της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο.
3. διαθέτει εργαλεία ελέγχου και επανάληψης της προσομοίωσης σε κανονικό ή αργό ρυθμό
4. Ο μαθητής μπορεί να εμφανίζει και τα διανύσματα ενεργοποιώντας τις αντίστοιχες επιλογές στο κάτω μέρος της οθόνης, όπως και να εμφανίζει ή να αποκρύπτει τις γραφικές παραστάσεις με το πάτημα ενός κουμπιού.
5. η αμεσότητα του χειρισμού των αντικειμένων του , δίνει την ευχέρεια στο μαθητή να δοκιμάζει τις ιδέες του και να παίρνει άμεση ανατροφοδότηση των ενεργειών του από το πρόγραμμα.

Βασικό συστατικό της εκπαιδευτικής αυτής διεργασίας , είναι τα φύλλα εργασίας που δόθηκαν στους μαθητές εξ αρχής και τα οποία σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που αναφέρθηκαν προηγούμενα.

Σχεδιασμός – Υλοποίηση Εκπαιδευτικής Δραστηριότητας

Α. Ο εκπαιδευτικός:

Αρχικά κάνει μία σύντομη επανάληψη στις γραφικές παραστάσεις της ευθείας α=σταθ και της

ευθείας ψ=αx και υπενθυμίζει την έννοια της κλίσης με την χρήση της εφαπτομένης.

Ενημερώνει και απαντά σε ερωτήσεις που αφορούν στην πλοήγηση/χειρισμό στο λογισμικό, το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί

Παρακινεί τους μαθητές να παρατηρούν μόνοι τους και να αναλύουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης ώστε να εξάγουν συμπεράσματα για την περιγραφή της κίνησης.

Βασικές θεωρητικές γνώσεις.

Όταν ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας Δu/Δt ενός κινητού είναι σταθερός, τότε η κίνηση χαρακτηρίζεται : ομαλά μεταβαλλόμενη και ο ρυθμός Δu/Δt είναι η επιτάχυνση a

Στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση η μετατόπιση του κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο δίνεται από τη σχέση: $\mathbf{\Delta x=1/2\ a\ \Delta t^2+U_o*\ \Delta t}$

X_o , είναι θέση του κινητού τη χρονική στιγμή t_o , και α η σταθερή επιτάχυνση του κινητού.

Η ταχύτητα σε συνάρτηση με το χρόνο υπολογίζεται από τη σχέση:$U=U_o+a*\ \Delta t$

$υ_o$, είναι η ταχύτητα του κινητού τη χρονική στιγμή t_o.

Η πειραματική καταγραφή της θέσης του κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο μας οδηγεί στο γράφημα θέσης – χρόνου (σχέση x = f (t)) και στη συνέχεια στη δημιουργία των γραφημάτων ταχύτητας – χρόνου και επιτάχυνσης – χρόνου.

Β. Οι μαθητές:

Με την βοήθεια του επιβλέποντος καθηγητή , εκτελούν βήμα προς βήμα το φύλλο εργασίας. Οι μαθητές ανακοινώνουν τα αποτελέσματα των εργασιών τους. Στο τέλος εξάγουν το γενικό συμπέρασμα και ο εκπαιδευτικός ελέγχει αν όλοι έχουν καταλήξει στο ίδιο. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναστοχαστούν σε σχέση με τις αρχικές απόψεις που διατύπωσαν στο στάδιο της πρόβλεψης και με αυτές που προέκυψαν από το πείραμα. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός θέτει προβληματισμούς στους μαθητές για να εφαρμόσουν και να γενικεύσουν τη νέα γνώση που αποκόμισαν

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1
Α΄ Λυκείου
Φύλλο Εργασίας μαθητή

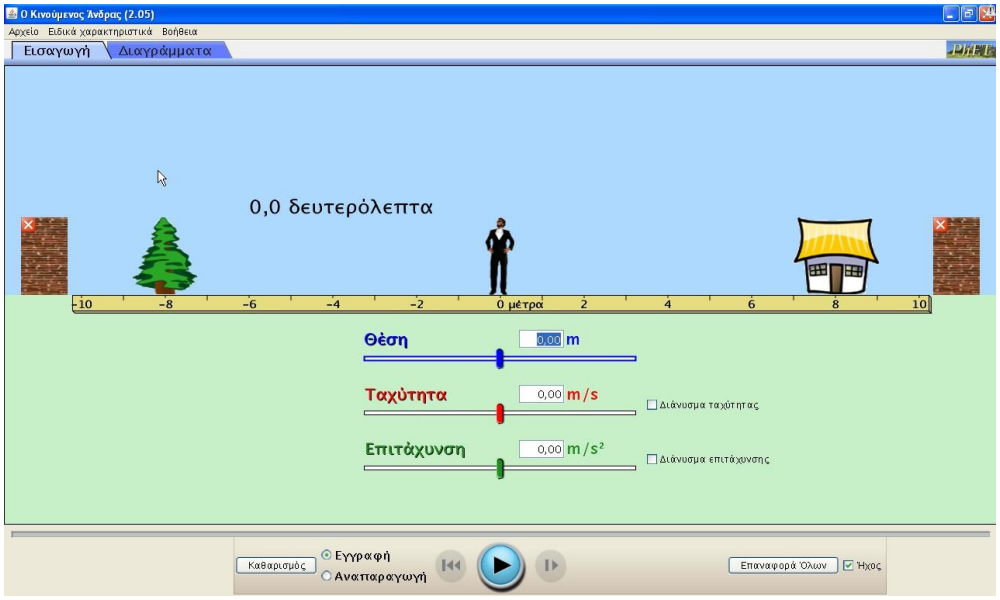
ΜΕΛΕΤΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
(Με χρήση λογισμικού προσομοίωσης)

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ..... Τμήμα:.....

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: χρήση προσομοίωσης PHET Colorado/Ο κινούμενος άνδρας - moving-man)

Πειραματική διαδικασία

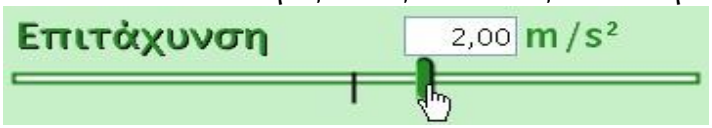
Εκτελούμε το λογισμικό προσομοίωσης **PHET Colorado** – μεταφρασμένο στα Ελληνικά - και από τις κατηγορίες προσομοίωσης επιλέγουμε: **Ο κινούμενος Άνδρας - moving-man** και εμφανίζεται στον υπολογιστή μας η κάτωθι εικόνα:



1η Δραστηριότητα

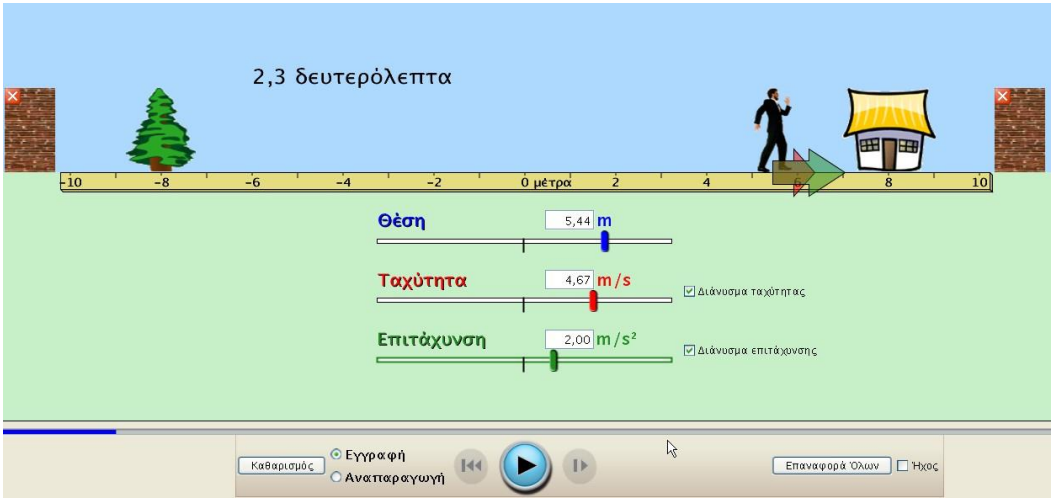
Τοποθετήστε το ποντίκι στο πράσινο κουμπί (επιλογέα) της Επιτάχυνσης και όταν αυτό γίνει χεράκι

Μετακινείστε το προς τα δεξιά δίνοντας στον άνθρωπο επιτάχυνση **a= 2m/sec²** .



Στην συνέχεια κάντε κλικ στο κουμπί Αναπαραγωγή και παρατηρήστε την κίνηση του άνδρα.

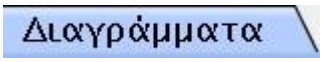
Μετά από χρόνο **t= 2,3sec** σταματήστε την κίνηση του άνδρα πατώντας στο κουμπί παύση.



Αν έχετε επιλέξει να εμφανίζονται τα **διανύσματα Ταχύτητας και** **Επιτάχυνσης** τότε στο τέλος της κίνησης θα έχετε στην οθόνη σας την κάτωθι εικόνα:

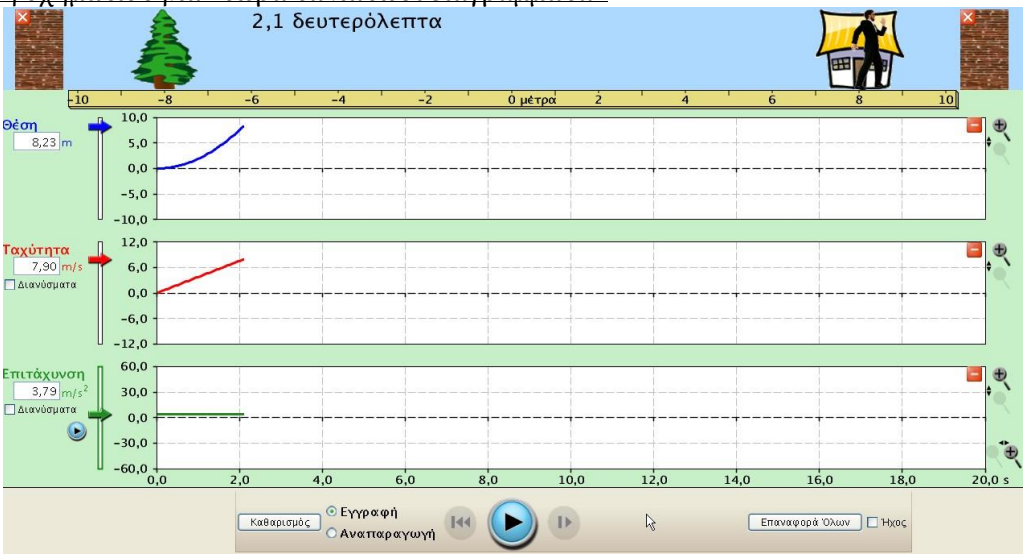
✓ Παρατηρήστε ότι καθ' όλη την διάρκεια της κίνησης του άνδρα , το **Διάνυσμα της Επιτάχυνσης** παραμένει **σταθερό ,** ενώ το **Διάνυσμα της ταχύτητας αυξάνει.** Τι συμπεράσματα εξάγετε από αυτή την παρατήρηση;

2η Δραστηριότητα

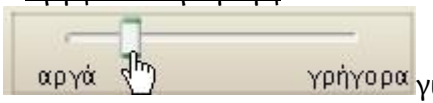
Πατήστε στην καρτέλα Διαγράμματα 

και επαναλάβετε την ίδια προσομοίωση χρησιμοποιώντας επιτάχυνση **a=3,79** και μετά χρόνο **t=2,1sec** σταματήστε την κίνηση του άνδρα.

Στην οθόνη σχηματίστηκαν τώρα τα κάτωθι διαγράμματα :



Πατήστε το κουμπί Αργή αναπαραγωγή

στο κάτω μέρος της οθόνης και επιλέξτε αργά 

για να παρακολουθήστε ξανά την κίνηση.

Στην συνέχεια καταγράψτε τα συμπεράσματά σας:

✓ **Όταν ο άνδρας κινείται προς τα εμπρός, η ταχύτητά του έχει .....**(θετική/αρνητική)
τιμή και το διάγραμμα *u-t* είναι ευθεία με ..... κλίση.

✓ **Όταν ο άνδρας κινείται προς τα εμπρός ,η επιτάχυνσή του είναι ..... και το διάγραμμα *a-t* είναι ……..γραμμή …….. στον άξονα του χρόνου.**
..... στον άξονα των .....

✓ **Όταν ο άνδρας κινείται προς τα εμπρός , το διάγραμμα *x-t* είναι …….. γραμμή με τα κοίλα …….**

✓ **Η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα ταχύτητα – χρόνος, ποιες πληροφορίες μας δίνει;**

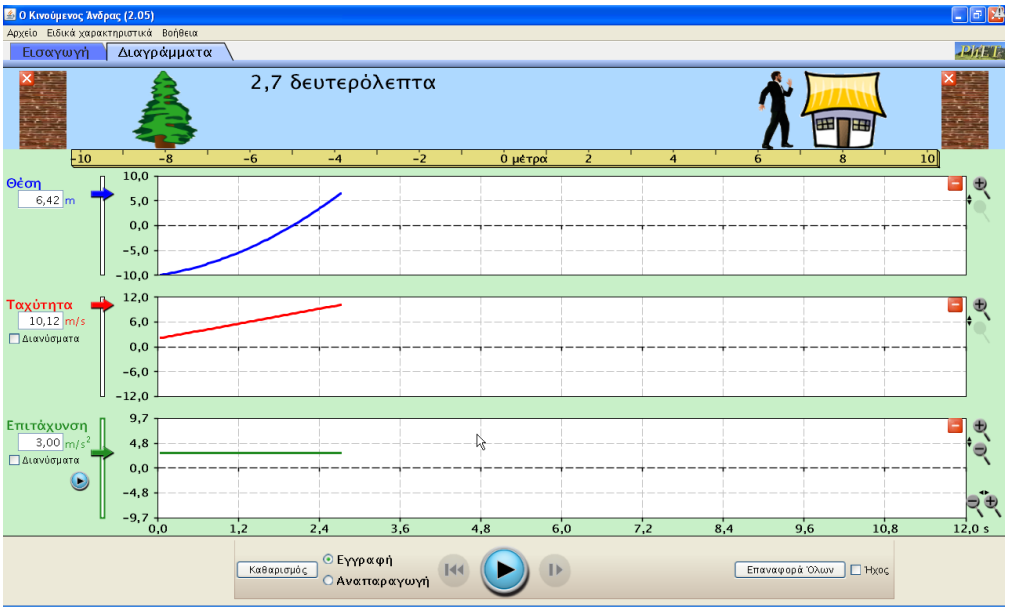
✓ **Το εμβαδό της ευθείας στο διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου , ποιες πληροφορίες μας δίνει;**

3η Δραστηριότητα

Πατήστε το κουμπί Επαναφορά όλων

Στην συνέχεια βάλτε τον επιλογέα θέσης στην τιμή **Xo =-10** , τον επιλογέα ταχύτητας στην τιμή **u= 2 m/sec** και τον επιλογέα της επιτάχυνσης στο **a= 3m/sec²** και πατήστε το κουμπί Αναπαραγωγή. Μετά από χρόνο **t= 2,7sec** πατήστε παύση .

Στην οθόνη σχηματίστηκαν τώρα τα κάτωθι διαγράμματα :



- ✓ **Ο άνδρας τη χρονική στιγμή t=0 βρίσκεται στην αρχική θέση x_0= …. και κινείται προς τα …….. με ……..ταχύτητα υ=……..**
- ✓ **Η επιτάχυνσή του είναι …….. και είναι ……..**
- ✓ Η κλίση στο διάγραμμα Ταχύτητας-χρόνου παριστάνει το μέγεθος .....
- ✓ Το εμβαδόν στο διάγραμμα Ταχύτητας – Χρόνου ποιο μέγεθος προσδιορίζει;

4η Δραστηριότητα

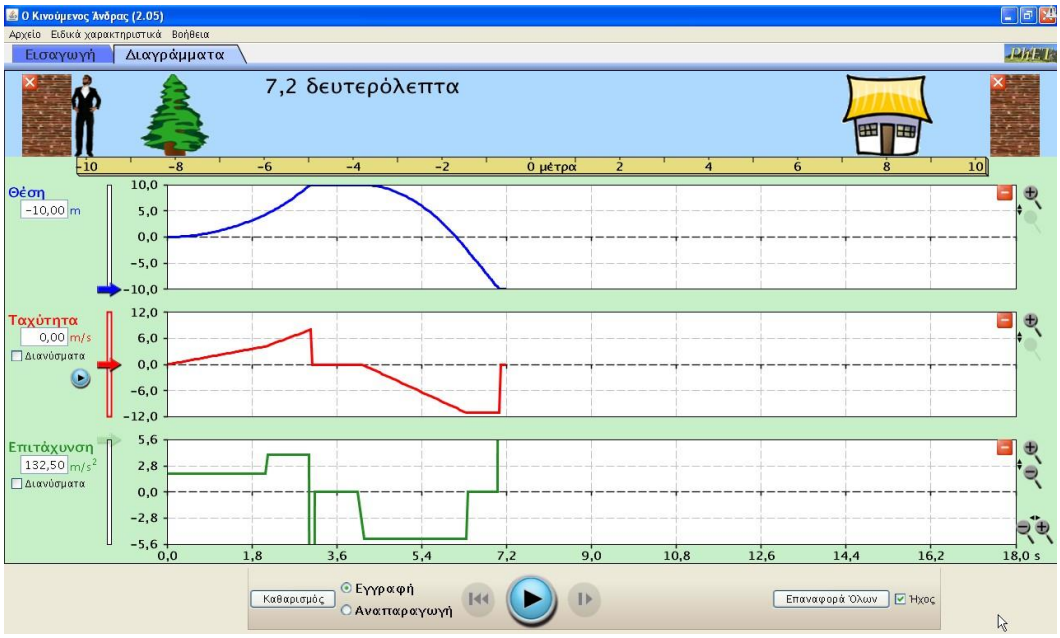
Πατήστε το κουμπί Επαναφορά όλων

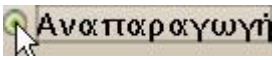
Στην συνέχεια βάλτε τον επιλογέα θέσης στην τιμή Xo =0 , τον επιλογέα ταχύτητας στην τιμή u= 0 m/sec και τον επιλογέα της επιτάχυνσης στην τιμή a= 2m/sec²

Πατήστε το κουμπί Αναπαραγωγή. Μετά από χρόνο t= 2,1sec πατήστε παύση

Ανεβάστε την επιτάχυνση σε a= 4m/sec² και συνεχίστε την αναπαραγωγή . Στην συνέχεια δώστε αρνητική επιτάχυνση a=-4m/sec² και μετά από χρόνο 6 sec περίπου μηδενίστε την επιτάχυνση (a=0m/sec²) , μέχρι το τέλος της κίνησης.

Παρατηρήστε τις κάτωθι γραφικές παραστάσεις που εμφανίστηκαν στην οθόνη.



Πατήστε αναπαραγωγή 

στο κάτω τμήμα της οθόνης και επιλέξτε αργά.

Στην συνέχεια απαντήστε στα κάτωθι ερωτήματα:

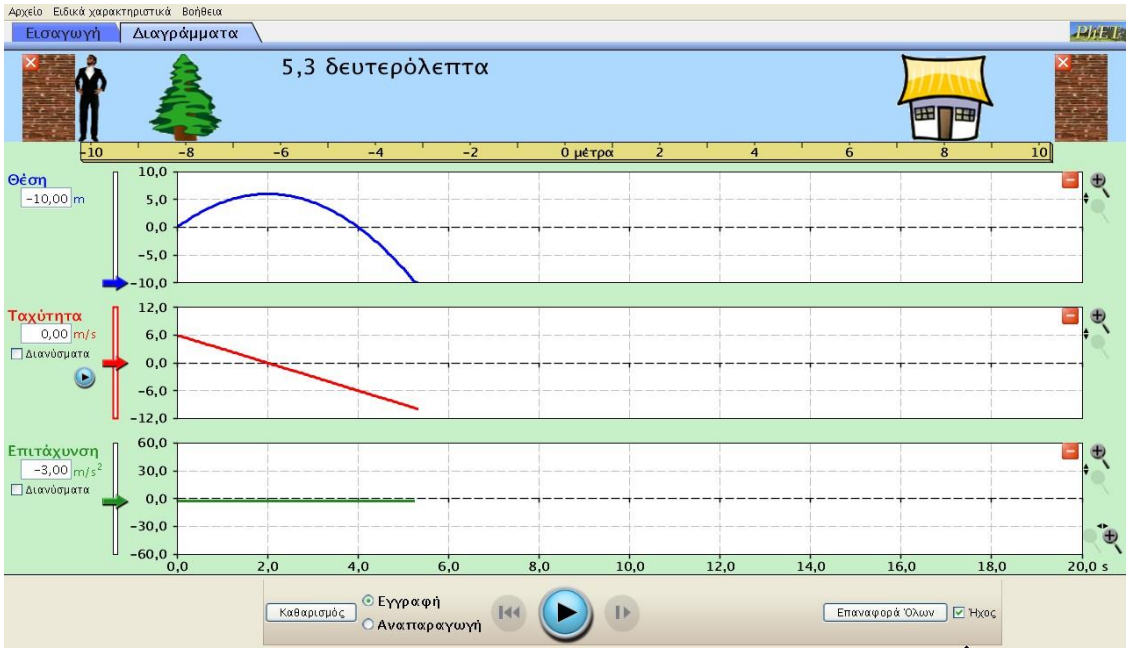
I. Εξηγείστε την κίνηση σε κάθε τμήμα της γραφικής παράστασης
II. Ποια η έννοια της αρνητικής επιτάχυνσης;
III. Ποια η συνολική μετατόπιση του ανθρώπου;
IV. Η ταχύτητα με την επιτάχυνση έχουν πάντα την ίδια φορά στα ανωτέρω διαγράμματα;

5η Δραστηριότητα

Πατήστε το κουμπί Επαναφορά όλων

Στην συνέχεια βάλτε τον επιλογέα θέσης στην τιμή Xo =0 , τον επιλογέα ταχύτητας στην τιμή u= 6 m/sec και τον επιλογέα της επιτάχυνσης στην τιμή a= -3m/sec^2

Πατήστε το κουμπί Αναπαραγωγή. Μετά από χρόνο t= 5,3sec πατήστε παύση



Παρατηρήστε τις κάτωθι γραφικές παραστάσεις που εμφανίστηκαν στην οθόνη.

- ✓ **Ερμηνεύστε τις ανωτέρω γραφικές παραστάσεις.**
- ✓ **Χρησιμοποιήστε τις εξισώσεις: $\upsilon = \upsilon_0 - \alpha t$ και $x = \upsilon_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2$ για την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με αρνητική επιτάχυνση, για να ερμηνεύσετε τα ανωτέρω γραφικά αποτελέσματα.**
- ✓ **Τι συμβαίνει όταν μηδενίζεται η ταχύτητα και τι σημαίνει αρνητική ταχύτητα;**
- ✓ **Τι σημαίνει Αρνητική μετατόπιση; πόση είναι αυτή στην συγκεκριμένη περίπτωση;**

Συμπεράσματα

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση μελετήθηκε η ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση δηλαδή την επιταχυνόμενη κίνηση στην οποία η επιτάχυνση παραμένει σταθερή.

Επιβεβαιώθηκε πειραματικά ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή, η ταχύτητα ανάλογη με το χρόνο και ότι το διάστημα ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου.

Οι μαθητές έμαθαν να αναγνωρίζουν την ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς και με αρχική ταχύτητα , από ένα διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου και θέσης – χρόνου.

Παράλληλα στους μαθητές διατέθηκε ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με την χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών στην εκπαιδευτική διαδικασία και κατά πόσο αυτά βοήθησαν ή δυσκόλεψαν στην κατανόηση των αντιστοίχων Φυσικών εννοιών. Επίσης παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών , τόσο στην έκφραση όσο και στην εξωτερίκευση των σκέψεων τους , μέσω των διαδικασιών αλληλεπίδρασης με το λογισμικό και των πιθανών αποτελέσματα του.

Στις αρνητικές επισημάνσεις της συγκεκριμένης εργαστηριακής άσκησης , πέραν της αρχικής δυσκολίας που είχαν όλοι σχεδόν οι μαθητές στην εξοικείωση με το Εκπαιδευτικό Λογισμικό , επισημαίνεται και σχετική δυσκολία κατανόησης της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης με αρνητική επιτάχυνση, σε σχέση με την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με θετική επιτάχυνση. Βεβαίως υπήρχαν και άλλες χωροταξικές και λοιπές λειτουργικές δυσκολίες σχετικά: με την απρόσκοπτη και ομαλή λειτουργία του λογισμικού και των Ηλεκτρονικών υπολογιστών , με το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση και την «ελεύθερη» χρήση της αίθουσας Πληροφορικής του σχολείου για δραστηριότητες τέτοιου είδους.

Εν κατακλείδι οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να παρατηρήσουν και να διερευνήσουν φυσικά φαινόμενα που είναι δύσκολο και χρονοβόρο να διερευνηθούν πειραματικά, μελετώντας και κατανοώντας σε μικρό χρονικό διάστημα τις συνέπειες και αλληλεπιδράσεις σημαντικού αριθμού αλλαγών στις προτεινόμενες πειραματικές συνθήκες, ειδικότερα η προσομοίωση μέσω «κινούμενης εικόνας» - αναπαράστασης πραγματικού αντικειμένου, φαίνεται να συμβάλλει ουσιαστικά τόσο στην απαλοιφή των γνωστικών δυσκολιών των μαθητών και την ανάδειξη εναλλακτικών ιδεών τους, όσο και στην μετέπειτα οικοδόμηση του περιεχόμενου διανυσματικών εννοιών όπως αυτές της ταχύτητας , της επιτάχυνσης και της θέσης, μέσα στο σύντομο αυτό χρονικό διάστημα διεργασίας.

Βιβλιογραφία

Αναγνώστου Π. 2005 . Η Επιστήμη της Πληροφορικής , Ιών , Αθήνα

Αναγνώστου Π., Χατζίνας Σ. (2006)Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Πληροφορική των Επιχειρήσεων Ιων , Αθήνα

Δημητρακοπούλου Α. 1998. Σχεδιάζοντας εκπαιδευτικά λογισμικά. Από τις εμπειρικές προσεγγίσεις στη διεπιστημονική θεώρηση. Σύγχρονη Εκπαίδευση,

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε, Επιθεώρηση Φυσικής.

Κόκκοτας,Π. Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα 1988

Κόκκοτας Π.- Βλάχος Γ., (2000), Ο Ρόλος του Πειράματος στην Επιστήμη και στη Διδασκαλία-Μάθηση. Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.

Ράπτης Αρ., Ράπτη Αθ., Πληροφορική και Εκπαίδευση, Αθήνα 1997

Arnold B. Arons , Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής, μετάφρ. Ανδρέα Βαλαδάκη, εκδ. Τροχαλία, Αθήνα 1990

Bertrand Y., Σύγχρονες Εκπαιδευτικές Θεωρίες, Εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 1994

Ράπτης Αρ., Ράπτη Αθ., Πληροφορική και Εκπαίδευση, Αθήνα 1997

Leimegnan, G. & Barais, A. (1996). Η οικοδόμηση των εννοιών στη διδασκαλία της Φυσικής, (μετάφραση, επιμέλεια, Νίκος Δαπόντες και Αγγελική Δημητρακοπούλου), Τυπωθείτω, Αθήνα.

Jimoyiannis, A. & Komis V., (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. Computers & Education 36, p. 183-204.

Πηγές Διαδικτύου

http://ekfe-aigiou.ach.sch.gr/
http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new Πρόσβαση: 1-9-2012
http://ekfe.kil.sch.gr
http://www.ekfe-nikaias.att.sch.gr/
http://www.elemedu.upatras.gr/
http://www.csd.uoc.gr/
http://www.sciencemuseum.org.uk/
http://www.e-yliko.gr

Ανάπτυξη ενός φύλλου εργασίας βασισμένου στο λογισμικό Interactive Physics για τη διδασκαλία του απλού εκκρεμούς στη Γ Γυμνασίου.

Σεραφείμ Σπανός, Θεοδώρα Γουρλά και Ξενοφών Βάτσιος
Δ/ντης Γυμνασίου Ιωλκού Μαγνησίας seraf@sch.gr
Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Μαγνησίας theogourla@sch.gr
Αποσπασμένος στο ΕΚΦΕ Μαγνησίας mail@ekfe.mag.sch.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσεται η δημιουργία ενός φύλλου εργασίας για τη διδασκαλία των περιοδικών κινήσεων με έμφαση στους νόμους του απλού εκκρεμούς . Το φύλλο εργασίας βασίζεται σε εφαρμογή που ανέπτυξαν οι συγγραφείς με το λογισμικό Interactive Physics για τις ανάγκες της διδασκαλίας του απλού εκκρεμούς στην Γ Γυμνασίου. Το αναλυτικό πρόγραμμα επιτρέπει ένα φευγαλέο πέρασμα διάρκειας μιας διδακτικής ώρας στους νόμους ενός περιοδικού συστήματος όπως το απλό εκκρεμές. Το φύλλο εργασίας που προτείνεται ανταποκρίνεται στα στενά χρονικά περιθώρια, δανείζεται αρχές από τη θεωρία του δομισμού (conctructivism), έχει ως βασική στρατηγική την ανακαλυπτική μάθηση (inquiry learning) και ως ουσιώδες εργαλείο χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πολλαπλών αναπαραστάσεων ενός φαινομένου. Δοκιμάσθηκε μέσα σε τάξη ως προς τη χρονική επάρκεια χωρίς αξιολόγηση ενώ αποτέλεσε επί τρία έτη δημοφιλές παράδειγμα εφαρμογής των ΤΠΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών από μέρους των σπουδαστών της ΑΣΠΑΙΤΕ που παρακολούθησαν ημερίδες στο ΕΚΦΕ Μαγνησίας.

Abstract

In the present study the construction of a worksheet is introduced for the teaching of periodic motions with emphasis on the laws of simple pendulum. The worksheet is based on an application which has been developed by the authors by using the Interactive Physics software for the teaching of pendulum in the third class of junior high school. The teaching schedule allows a quick pass through the subject with a duration of one didactic hour. The introduced worksheet meets the time requirements, it is based on the principles of constuctivism, it follows an inquiry learning approach and it finally employs as a basic tool the method of multiple representations of the phenomena. It has been tested in the classroom for the verification of the time adjustment but it was not totally evaluated. However, because of its simplicity, it has been adopted as a favorable example on the application of information technologies for the teaching of physical sciences by the students of ΑΣΠΑΙΤΕ school in Volos.

Εισαγωγή

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοιώσεων σχεδιάσθηκαν για τη διδασκαλία, τη μελέτη και την κατανόηση ενός φαινομένου (Μικρόπουλος 1998) μέσα από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του φαινομένου και της ανάδρασης που παράγεται από την προσομοίωση (Κουλαϊδής, 1994) σε χρόνο πραγματικό, ταχύτερο, ή βραδύτερο. Με τα λογισμικά προσομοιώσεων δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να μελετήσουν φαινόμενα που θα ήταν αδύνατο να διερευνηθούν διαφορετικά, εξ αιτίας της μη εύκολης προσπέλασης, της εξέλιξης σε πολύ σύντομο ή μεγάλο χρονικό διάστημα, ή ακόμα της υψηλής επικινδυνότητας τους. Η χρήση των προσομοιώσεων επιτρέπει τον χειρισμό και τον έλεγχο των μεταβλητών, πιο εύκολα από ότι στις κλασσικές πειραματικές διατάξεις των σχολικών εργαστηρίων, κάτι που ευνοεί τη διερεύνηση και τη μάθηση μέσω ανακάλυψης, για τους μαθητές που ενθαρρύνονται να κάνουν υποθέσεις και να διερευνούν. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι, τα περισσότερα συστήματα προσομοιώσεων εμπεριέχουν δυναμικές αναπαραστάσεις (Brasell 1987, Beichner 1990, Berg & Phillips 1994) όπως γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών, αναπαραστάσεις εξέλιξης διανυσματικών μεγεθών, κ.λ.π., που παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του φαινομένου και στη μάθηση. Δύο κύρια είδη συστημάτων προσφέρονται από τα λογισμικά για

προσομοίωση: Τα κλειστά συστήματα όπου οι παράμετροι είναι προκαθορισμένοι και η μόνη δυνατότητα είναι η αλλαγή τιμών και τα ανοιχτά συστήματα όπου ο χρήστης μπορεί να προσδιορίσει και να κατασκευάσει ο ίδιος το υπό μελέτη φαινόμενο, επιλέγοντας τα επιθυμητά στοιχεία μέσα από μια βιβλιοθήκη βασικών οντοτήτων μιας κατηγορίας (π.χ. στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, ή στοιχεία διατάξεων που μελετά η μηχανική όπως, στο λογισμικό Interactive Physics 2006). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν τη μελέτη ενός μεγάλου εύρος φαινομένων, όμως μπορεί και να υστερούν σε πιστή εικονική αναπαράσταση αυτών.

Ένα πρώτο επίπεδο μάθησης είναι αυτό που αφορά στον εντοπισμό και στον προσδιορισμό από τους μαθητές των παραγόντων που επιδρούν στο φαινόμενο. Γνωρίζοντας τους παράγοντες που επιδρούν στο υπό μελέτη σύστημα (γνωρίζοντας ίσως ότι και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να παρέμβουν κάτω από ορισμένες συνθήκες), ένας από τους δυνατούς στόχους μάθησης είναι να προσδιορίσουν οι μαθητές το συγκεκριμένο τρόπο επίδρασης της κάθε μεταβλητής στην εξέλιξη του φαινομένου.

Για να αντλήσουν οι μαθητές από την προσομοίωση σημαντικές πληροφορίες, είναι απαραίτητο να κάνουν διερευνήσεις με οργανωμένο τρόπο (Ραβάνης 2003), δηλαδή να ενεργοποιήσουν μια μέθοδο ανακάλυψης, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Αυτή η συστηματική μέθοδος έχει άρρητη σχέση με τις νοητικές δραστηριότητες που συνδέονται με την πειραματική μέθοδο. Κατά τη διαδικασία διερεύνησης της συμπεριφοράς ενός μοντέλου, οι μαθητές χρειάζεται να υποστηριχτούν από τον διδάσκοντα μέσω μιας διακριτικής καθοδήγησης (π.χ. για τη συστηματική μεταβολή των παραγόντων, μεταβάλλοντας έναν μόνο παράγοντα κάθε φορά και διατηρώντας σταθερούς τους υπόλοιπους).

Στην εργασία αυτή θα παρουσιασθούν τα προβλήματα και οι διδακτικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν για την επίλυσή τους . Θα περιγραφή η δομή ενός φύλλου εργασίας που βασίζεται σε προσομοιώσεις και απαντά στις ανάγκες αυτές και θα περιγραφεί η εφαρμογή του στην πράξη. Τέλος θα δοθεί η ακριβής μορφή του φύλλου εργασίας σε παράρτημα και θα εξαχθούν ορισμένα αρχικά συμπεράσματα.

Διδακτικές προσεγγίσεις της ενότητας « Μελέτη του απλού εκκρεμούς»

Είναι σήμερα γνωστό (Βλάχος 2004) ότι οι μαθητές έρχονται στην τάξη όχι ως άγραφες πλάκες αλλά έχοντας διαμορφωμένες απόψεις από την εμπειρία τους ή από διηγήσεις. Επίσης ορισμένοι χρησιμοποιούν την προηγούμενη γνώση για να προβλέψουν αλλά το κάνουν με λάθος τρόπο αναδεικνύοντας τις διάφορες παρανοήσεις από το παρελθόν. Ορισμένες συνηθισμένες παρανοήσεις που αφορούν το εκκρεμές είναι: Η παρανόηση σχετικά με το ότι στο εκκρεμές η περίοδος εξαρτάται από το πλάτος (Arons 1992). Η παρανόηση αυτή οφείλεται στο λογικό σχήμα μεγαλύτερος χρόνος χρειάζεται για μεγαλύτερη απόσταση. Σε παρανόηση οφείλεται η πρόβλεψη ότι η περίοδος είναι ανάλογη της μάζας. Η παρανόηση εδράζεται στο ότι μεγαλύτερες μάζες κινούνται πιο αργά και άρα χρειάζονται μεγαλύτερο χρόνο για την ίδια απόσταση.

Τα σχολικά βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια για τη διδασκαλία της Φυσικής στην Γ Γυμνασίου αξιοποιούν την σχηματική περιγραφή της κίνησης με τις δυνατότητες που προσφέρει το περιβάλλον «χαρτί – μολύβι» αλλά όχι ταυτόχρονα και παράλληλα με τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Η προτεινόμενη οργάνωση της διδασκαλίας : Έχει ως πυρήνα το φύλλο εργασίας στα οποίο διαδοχικά παρουσιάζονται γεγονότα και ζητούνται ερμηνείες καθώς και εφαρμογές του τύπου «Πρόβλεψη, Επιβεβαίωση». Βασική στρατηγική σε όλες τις δραστηριότητες είναι η ανακαλυπτική μάθηση (inquiry activity). Πραγματοποιούνται δραστηριότητες και ακολουθεί η διατύπωση συμπερασμάτων. Η πρόβλεψη που ζητείται αρχικά με τη μορφή ερωτήματος αποτελεί χαρακτηριστικό της θεωρίας του δομισμού (constractivism). Ωστόσο, για λόγους οικονομίας χρόνου δεν αφήνονται οι μαθητές να εκφράσουν την ελεύθερη άποψή τους για το τι πρέπει να κάνουν ώστε να πάρουν απάντηση. Καθοδηγούνται βηματικά στην απάντηση προτιθέμενων ερωτημάτων μέσω των προσομοιώσεων. Για τα ερωτήματα αυτά έχει προηγηθεί μελέτη των συνηθισμένων παρανοήσεων πάνω στις έννοιες του κεφαλαίου (Driver, Guesne & Tiberghien 1985). Με την προτεινόμενη οργάνωση της διδασκαλίας

αναδεικνύεται τόσο η παιδαγωγική αξία των προσομοιώσεων όσο και των πολλαπλών αναπαραστάσεων (Μπισδικιάν 2000) όπως γραφικών παραστάσεων, διανυσματικών μεγεθών και αλγεβρικών μεγεθών. Το φύλλο εργασίας αξιοποιεί τις δυνατότητες που προσφέρουν οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαίδευση (ΤΠΕ) και ιδιαιτέρα το εκπαιδευτικό λογισμικό Interactive Physics (2006). Εστιάζει στη διαδικασία μετάβασης από μια δοσμένη γραφική παράσταση στην προσομοίωση της κίνησης και αντίστροφα. Προτείνει δραστηριότητες πειραματισμού με προσομοιώσεις κίνησης σε ποικίλες περιπτώσεις (μαζών, πλατών, μηκών και επιτάχυνσης της βαρύτητας).

Δομή φύλλου εργασίας

Προβλέπεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Γ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά. 2008) η διδασκαλία της ενότητας «Νόμοι του απλού εκκρεμούς». Στη διδασκαλία ο εκπαιδευτικός έχει να αντιμετωπίσει περιορισμούς που θέτει το ίδιο το αναλυτικό πρόγραμμα. Ο αρχικός περιορισμός είναι ο χρονικός. Για την παράγραφο 4.2 προβλέπει μια διδακτική ώρα. Μέσα στο διάστημα αυτό ο εκπαιδευτικός οφείλει να γκρεμίσει παρανοήσεις ετών και να ξαναχτίσει την νέα αντίληψη (Leimegnan & Weil-Barais 1997) ως προς τις σχέσεις των μεγεθών που διέπουν το φαινόμενο. Επιπλέον όμως οφείλει να το κάνει σύμφωνα με το βιβλίο χωρίς τη χρήση μαθηματικών τύπων και με περιορισμένη εμπειρία από πλευράς μαθητών σε θέματα ανάλυσης και σύνθεσης δυνάμεων.

Το προτεινόμενο διδακτικό σενάριο έχει ως πυρήνα ένα φύλλο εργασίας το οποίο ακολουθεί το πρότυπο: «Πρόβλεψη, Επιβεβαίωση, Συμπεράσματα». Αυτή η οργάνωση της μαθησιακής διαδικασίας είναι κατάλληλη και για άλλες γνωστικές περιοχές με τη χρήση του λογισμικού Interactive Physics (2006). Το φύλλο εργασίας έχει τρεις σελίδες και περιλαμβάνει χώρους τους οποίους οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν συμμετέχοντες ενεργά στη διαδικασία μάθησης.

Αρχικά όμως καλούνται να εξοικειωθούν με το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού και ιδιαίτερα της εφαρμογής που αναπτύχθηκε από τους συγγραφείς. Έτσι στην πρώτη σελίδα του φύλλου εργασίας (Σχήμα 1) εμφανίζεται αντίγραφο της οθόνης του υπολογιστή με την εφαρμογή έτοιμη να λειτουργήσει. Διακρίνουμε τρεις ζώνες όπως αυτές επιλέχθηκαν για να εξυπηρετήσουν καλύτερα την προσομοίωση. Η πρώτη ζώνη είναι η ζώνη προσομοίωσης της κίνησης του εκκρεμούς. Αυτή εμφανίζεται σε γαλάζιο υπόβαθρο με γραμμές πλέγματος. Οι γραμμές αυτές χρησιμεύουν στην εκτίμηση του πλάτους ταλάντωσης. Υπάρχουν τρία εκκρεμή με ίδια γωνία από την κατακόρυφη διεύθυνση αλλά με διαφορετικό μήκος. Η δεύτερη ζώνη είναι ζώνη των γραφημάτων όπου παρουσιάζεται γραφικά η σχέση x(t) που αναπαριστά την απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας σε σχέση με το χρόνο. Πάνω και κάτω από το γραφικό αυτό βρίσκονται δύο μετρητές χρόνου και μήκους εκκρεμούς αντίστοιχα που χρειάζονται στην καταγραφή των μεγεθών. Η τρίτη ζώνη είναι η ζώνη εισαγωγής τιμών μάζας που αναπαρίσταται με διακόπτη ολίσθησης και η τέταρτη ζώνη είναι η ζώνη εισαγωγής τιμών επιτάχυνσης της βαρύτητας που αναπαρίσταται με το κουμπί «βαρύτητα» και είναι μια διεργασία που το ίδιο το Intaractive Physics έχει προβλέψει με τη μορφή πτυσσόμενου μενού. Τέλος στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζεται ο γνωστός δείκτης αναπαραγωγής της διαδικασίας που προσομοιώθηκε με τη μορφή ταινίας κινουμένου σχεδίου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η βηματική αναπαραγωγή και η μέτρηση μεγεθών την ακριβή χρονική στιγμή.

Εφαρμογή του φύλλου εργασίας

Εφόσον οι μαθητές εργαστούν σε ομάδες 2 ατόμων απαιτείται κατάλληλος αριθμός Η/Υ και το μάθημα μπορεί να γίνει στην αίθουσα Πληροφορικής. Εναλλακτικά, το μάθημα μπορεί να γίνει στην αίθουσα διδασκαλίας με έναν υπολογιστή και έναν βιντεοπροβολέα και κατάλληλο αριθμό αριθμομηχανών. Επιχειρείται αρχικά η εξοικείωση με τις έννοιες της περιόδου και της συχνότητας. Ακολουθεί η διερεύνηση της εξάρτησης ή μη εξάρτησης της περιόδου του εκκρεμούς από διάφορες παραμέτρους.

Η εξοικείωση με την διαδικασία «Πρόβλεψη, Επιβεβαίωση, Συμπεράσματα» διατρέχει ολόκληρο το φύλλο ενώ ακόμη επιχειρείται η αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων (προσομοίωση και γραφικές παραστάσεις). Το φύλλο εργασίας δίνεται από την προηγούμενη στους μαθητές για επανάληψη των γενικών εννοιών περιόδου και συχνότητας και για μελέτη των λεπτομερειών της διαδικασίας. Ο διδάσκων ζητά αρχικά από τους μαθητές να απαντήσουν σε μια σειρά από 4 ερωτήματα τα οποία αφορούν στις σχέσεις μεταξύ των θεμελιωδών μεγεθών όπως η περίοδος, η συχνότητα και το πλάτος που έχουν εισαχθεί σε προηγούμενα μαθήματα με παραμέτρους του υπό μελέτη συστήματος όπως η μάζα και το μήκος. Αφού πάρει απαντήσεις για τα ερωτήματα αυτά ζητά να εκτελέσουν τις προσομοιώσεις και να καταγράψουν τα αποτελέσματα. Η σύγκριση προβλέψεων και αποτελεσμάτων γίνεται στο τέλος κάθε ενότητας-ερωτήματος.

Στο 5ο ερώτημα που τίθεται με τον ίδιο τρόπο ζητείται η σχέση μεταξύ περιόδου και έντασης του πεδίου βαρύτητας. Αφού συλλεγούν οι διάφορες απαντήσεις ακολουθεί πάλι η σύγκριση με τον ίδιο τρόπο. Η δυνατότητα διερεύνησης του 5ου ερωτήματος αποτελεί μοναδικό πλεονέκτημα της χρήσης λογισμικού καθώς η μεταβολή του πεδίου βαρύτητας δεν μπορεί εύκολα να πραγματοποιηθεί σε πραγματικό εργαστηριακό περιβάλλον.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η αντιμετώπιση της απουσίας του μαθηματικού τύπου $T=2\pi\sqrt{l/g}$ με τη βοήθεια του "νομογράμματος" (γραφική παράσταση $T^2=f(l)$ του σχήματος 2) Οι μαθητές ήδη γνωρίζουν από τα μαθηματικά της Β Γυμνασίου την γραφική παράσταση : $y=ax$ και επομένως είναι σε θέση να κατανοήσουν το γράφημα και τη γραφική παράσταση του σχήματος 2. Η αντιμετώπιση του ερωτήματος 4 ολοκληρώνεται με την πολύ σπουδαία διαδικασία της πρόβλεψης όπου ζητείται απλή εφαρμογή του "νομογράμματος".

Η παράδοση των φύλλων εργασίας στον διδάσκοντα μετά το πέρας της διδακτικής ώρας δίνει την ευκαιρία για αξιολόγηση τόσο των μαθητών όσο και της διαδικασίας.

Παράρτημα : Τελική μορφή φύλλου εργασίας

Μελέτη του απλού εκκρεμούς στο περιβάλλον του Interactive Physics: Φύλλο Εργασίας

1. ΟΡΙΣΜΟΙ (όπως αναφέρονται στο σχολικό εγχειρίδιο)

Ο χρόνος που χρειάζεται ένα εκκρεμές για να εκτελέσει μια πλήρη ταλάντωση ονομάζεται περίοδος.

Ο αριθμός των πλήρων ταλαντώσεων (N) που εκτελεί ένα εκκρεμές σε χρονικό διάστημα Δt προς το χρονικό διάστημα ονομάζεται συχνότητα (f).

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ανοίγουμε το αρχείο Pendulum.ip του λογισμικού Interactive Physics. Σ' αυτήν διακρίνουμε τέσσερεις διακριτές ζώνες:

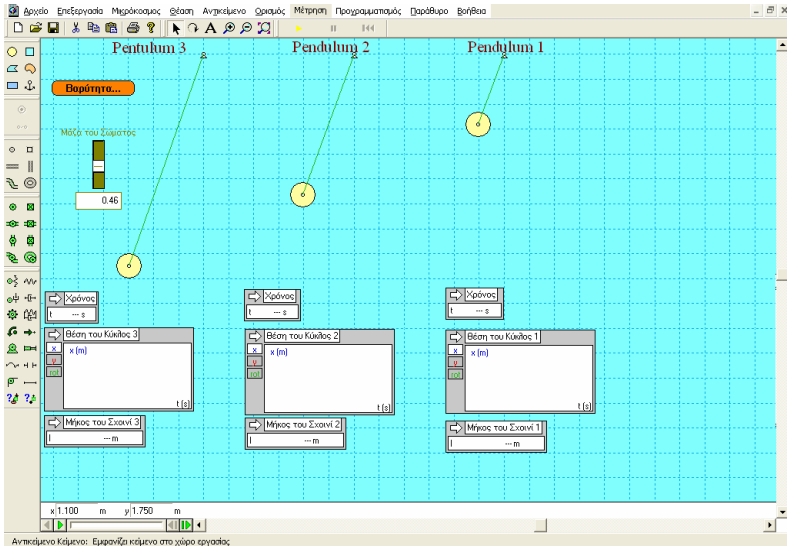
α. Τη ζώνη προσομοίωσης της κίνησης όπου πραγματοποιείται η κίνηση του εκκρεμούς.

β. Τη ζώνη των γραφημάτων (χ,t) όπου μπορούμε να παρακολουθούμε την εξέλιξη της θέσης των σφαιρών των τριών εκκρεμών σχετικά με την απόσταση χ από την κατακόρυφο.

Επίσης δύο μετρητές επάνω και κάτω από το γράφημα όπου καταγράφονται ο χρόνος (επάνω) και το μήκος του εκκρεμούς (κάτω).

γ. Τη ζώνη εισαγωγής τιμών μάζας. Για να εισάγουμε τιμές κάνουμε κλικ στο πλαίσιο που μας ενδιαφέρει και σύρουμε το δείκτη αλλάζοντας την τιμή μάζας των σφαιρών.

δ. Τη ζώνη εισαγωγής τιμών επιτάχυνσης της βαρύτητας.



Σχήμα 1: Οθόνη Interactive Physics στην εφαρμογή Pendulum.IP

3. ΕΚΤΕΛΕΣΗ

3.1. ΠΟΙΑ Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

α. Τρέξτε την εφαρμογή με το σύμβολο "›" και σταματήστε την με το σύμβολο "U" όταν το εκκρεμές έχει εκτελέσει 3 έως τέσσερεις επαναφορές. Μετακινώντας το πράσινο διακόπτη ολίσθησης στο κάτω αριστερό μέρος παρατηρήστε την κουκίδα που ξεκινά από τον πάτο της πρώτης κοιλάδας μέχρι τον πάτο της δεύτερης.

Καταγράψτε το χρονικό αυτό διάστημα που είναι η περίοδος Τ=.....

β. Επαναφέρατε τη κουκίδα στην αρχική θέση και μετακινώντας τον ίδιο διακόπτη καταγράψτε το χρονικό διάστημα Δt από την αρχή μέχρι να συμπληρωθούν N=3 περίοδοι. Υπολογίστε τη συχνότητα από τη σχέση f=3/Δt. Δηλαδή f=..... και 1/f=.....

Συγκρίνατε τα μεγέθη Τ και 1/f. Τι παρατηρείτε; .....

3.2. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΥΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ;

Πλάτος του εκκρεμούς ονομάζεται η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας.

γ. Επαναφέρατε το διακόπτη στην αρχική θέση. Με το ποντίκι κάντε κλικ στο σώμα ώστε να φανούν στα άκρα του 4 κουκίδες. Με το ποντίκι πατημένο σύρετε το σώμα σε θέση που να απέχει 2 τετράγωνα από τη κατακόρυφο και το σχοινί να είναι τεντωμένο.

δ. Τρέξτε την εφαρμογή όπως στο 3.1.(α) και αφού σταματήσετε μετακινώντας το διακόπτη υπολογίστε τη περίοδο T_2=.....

Επαναλάβετε τη διαδικασία (δ) αλλά αυτή τη φορά η απόσταση από την κατακόρυφο (πλάτος) να είναι ένα τετράγωνο. Υπολογίστε την περίοδο T_3=.....

Συγκρίνατε τις περιόδους Τ, T_1 και T_2.

Τι συμπέρασμα βγάζετε για τη εξάρτηση της περιόδου από το πλάτος .....
.....

3.3. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΑΙ ΜΑΖΑ ΣΩΜΑΤΟΣ;

α. Αλλάξτε τη μάζα του σώματος σύροντας το διακόπτη ολίσθησης στη περίπου στη μισή τιμή (1/2) και τρέξτε την εφαρμογή όπως στο 3.1.(α). Υπολογίστε τη περίοδο $T_{1/2}$=..... όπως στο 3.1.(β).

β. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία αλλά με το διακόπτη ολίσθησης περίπου στο 1/4 της αρχικής τιμής και υπολογίστε τη περίοδο $T_{1/4}$=.....

γ. Συγκρίνατε τις περιόδους Τ, $T_{1/2}$ και $T_{1/4}$. Τι συμπέρασμα βγάζετε για τη εξάρτηση της περιόδου από τη μάζα
.....
.....

3.4. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΧΕΣΗ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΗΚΟΣ;

α. Με το ποντίκι κάντε κλικ στην άγκυρα (επάνω δεξιά) και μετά στο κέντρο της σφαίρας του πρώτου εκκρεμούς ώστε να το στερεώσετε. Στη συνέχεια κάντε κλικ στο κέντρο του δεύτερου εκκρεμούς και μετά στο ψαλίδι ώστε να διώξετε την άγκυρα.

β. Τρέξτε την εφαρμογή όπως στο 3.1.(α) υπολογίζοντας την περίοδο για το μεσαίο εκκρεμές με μήκος 0.6.

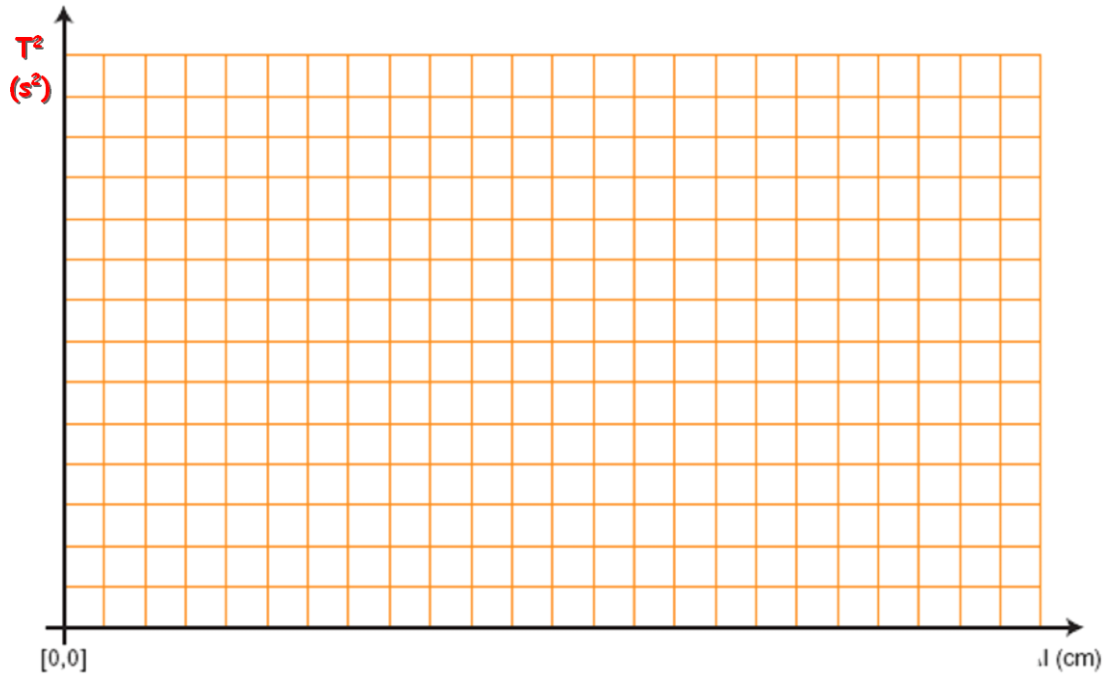
γ. Επαναλάβετε τις διαδικασίες 3.4.(α) και 3.4.(β) για το τρίτο εκκρεμές (0.3 m) και συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1: Σχέση μεταξύ περιόδου και μήκους

Μήκος l (m)	Περίοδος T (s)	(Περίοδος)^2 (s^2)
0.9		
0.6		
0.3		

Τι συμπεράσματα βγάζετε για τη σχέση μεταξύ περιόδου και μήκους εκκρεμούς;
.....
.....

Στο χαρτί με τα τετραγωνάκια που ακολουθεί πραγματοποιείστε το γράφημα της σχέσης μεταξύ T^2 και l θέτοντας στον κατακόρυφο άξονα τιμές T^2 και στον οριζόντιο τιμές l.



Σχήμα 2 : Χαράξτε την γραμμή που διέρχεται από τα τρία σημεία

Εάν σας έδιναν ένα εκκρεμές με μήκος 1 m χρησιμοποιείστε την γραφική παράσταση για να προβλέψετε την περίοδό του $T_{1\,m}$=.....

3.5 ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ;

α. Χρησιμοποιώντας το κουμπί **Βαρύτητα** φέρτε το διακόπτη ολίσθησης από τη θέση Γη (9.81m/s²) στη θέση Σελήνη (1.67 m/s²). Πατήστε ΟΚ.

Τρέξτε τη εφαρμογή όπως στο 3.1.(α) μέχρι να συμπληρωθούν 3 έως 4 περίοδοι εκκρεμούς και υπολογίστε την περίοδο όπως στο 3.1.(β). T_{Σ}= .....

β. Η περίοδος T_{Σ} που υπολογίσατε είναι μεγαλύτερη , μικρότερη ή ίση με τη περίοδο του εκκρεμούς στον πλανήτη Γη. (τσεκάρετε το αντίστοιχο τετράγωνο).

γ. Τι συμπέρασμα βγάζετε για την περίοδο των εκκρεμών όταν αυτά μεταφέρονται σε τόπους όπως οι κορυφές βουνών όπου παρατηρείται μειωμένη επιτάχυνση της βαρύτητας.

.....
.....

Συμπεράσματα

Αναπτύχθηκε ένα φύλλο εργασίας βασισμένο σε εφαρμογή του λογισμικού Interactive Physics για προσομοίωση του απλού εκκρεμούς. Η συμπλήρωση του φύλλου από τους μαθητές απαιτεί την ενεργό συμμετοχή τους που ολοκληρώνεται στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας. Η διαδικασία διεκπεραίωσης του φύλλου αποτελεί μορφή ελεγχόμενης διερευνητικής μάθησης όπου ο δάσκαλος ορίζει τόσο τα ερωτήματα όσο και τα ακριβή βήματα της διερεύνησης. Στον καθορισμό των ερωτημάτων αυτών έχει προηγηθεί βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τις συνηθέστερες παρανοήσεις των μαθητών που αφορούν στο απλό εκκρεμές. Η προφορική ανάδειξη των παρανοήσεων αυτών αφήνεται στον διδάσκοντα σύμφωνα με το επίπεδο της τάξης και τον διαθέσιμο χρόνο. Η ανάπτυξη της γνώσης πραγματοποιείται με τον έλεγχο (μέσα από τα ερωτήματα) και εν συνεχεία απόρριψη ή ενίσχυση των επικρατούντων στους μαθητές αντιλήψεων. Τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας μπορούν να αποτελέσουν ένα αρχικό υλικό αξιολόγησης τόσο των μαθητών όσο και της ίδιας της διαδικασίας.

Βιβλιογραφία

Αντωνίου Ν., Δημητριαδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ. και Παπατσίμπα Λ. (2008). Φυσική Γ Γυμνασίου, ΟΕΔΒ Αθήνα.

Βλάχος Ι. (2004): Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα.

Κουλαϊδής, Β. (επιμελητής) (1994). Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου. Εκδόσεις GUTENBERG Αθήνα.

Μικρόπουλος Α. (1998). Η εικονική πραγματικότητα στην υποστήριξη της διδασκαλίας της φυσικής. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, Αφιέρωμα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Περίοδος Γ', Τόμος Η, Τεύχος 26, Καλοκαίρι 1998, σελ. 23-28.

Μπισδικιάν, Γ. (2000). Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών. Διδακτορική διατριβή στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης..

Ραβάνης Κ. (2003). Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

Arons, A. (1992). Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής (μετάφραση – επιμέλεια Α. Βαλαδάκης), εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.

Berg, C. A., & Phillips, D. G. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. Journal of Research in Science Teaching, 31, 323-344.

Beichner, R. J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. Journal of Research in Science Teaching, 27, 803-815.

Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. Journal of Research in Science Teaching, 24, 385-395.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές

επιστήμες. Ένωση Ελλήνων Φυσικών – Εκδόσεις Τροχαλία. Αθήνα.

Interactive Physics (2006) Ελληνική έκδοση στα πλαίσια του έργου ΚΙΡΚΗ / ΕΠΕΑΕΚ, Β' ΚΠΣ του Ερευνητικού Ακαδημαϊκού Ινστιτούτου Τεχνολογίας Υπολογιστών (ΕΑ.ΙΤΥ) με επέκταση άδειας χρήσης στα πλαίσια της ενότητας "Αμάλθεια-Ι" του έργου "ΠΛΕΙΑΔΕΣ" / ΕΠ ΚτΠ, Γ ΚΠΣ του ΕΑ.ΙΤΥ.

Leimegnan, G & Weil-Barais, A. (1997): Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική (Επιμέλεια - μετάφραση Ν. Δαπόντες, Α. Δημητρακοπούλου) εκδ. ΤΥΠΩΘΗΤΩ-Γιώργος Δαρδανός 1997.

Διδασκαλία δεξιοτήτων Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στο δημοτικό σχολείο: δημιουργία ιστοσελίδων Ιστορίας από μαθητές δημοτικού

Δ. Μ. Γαρυφαλλίδου[1], Γ. Σ. Ιωαννίδης[1],
Α. Ανδρίκου[2] και Κ. Λαδάκη[2]
Εργαστήριο Θετικών Επιστημών, Π.Τ.Δ.Ε, Πανεπιστήμιο Πατρών [1]
dmgaryfallidou@upatras.gr gsioanni@upatras.gr
3ο Δημοτικό Σχολείο Νέου Ψυχικού, Αττική [2]
katerina.Andrikou@yahoo.gr popiladaki@hotmail.gr

Περίληψη

Μια νέα διδακτική προσέγγιση για το μάθημα της Ιστορίας παρουσιάζεται, στην οποία χρησιμοποιούντα οι ΤΠΕ με σκοπό α) οι μαθητές να μάθουν να αναζητούν και να αξιολογούν πληροφορίες για συγκεκριμένα θέματα και β) να αποκτήσουν βασικές δεξιότητες στην χρήση υπολογιστών. Η ιστορία της Ε΄ Δημοτικού περιλαμβάνει τη βυζαντινή ιστορία, που είναι εκτεταμένη περίοδος χρονικά αλλά καλύπτεται περιληπτικά από το βιβλίο. Αποφασίστηκε έτσι η μελέτη της ιστορίας της Αττικής κατά την Βυζαντινή περίοδο η οποία δεν αναφέρεται καθόλου στο βιβλίο. Στην εκπαιδευτική δοκιμή συμμετείχαν μαθητές Ε΄ τάξης ενός δημόσιου δημοτικού σχολείου. Στο τέλος της, οι περισσότεροι μαθητές είχαν αποκτήσει βασικές δεξιότητες στη χρήση λογισμικού γενικής χρήσης αποδεικνύοντας ότι οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία της ιστορίας με δημιουργικότερο τρόπο. Επιπλέον έμαθαν να διαβάζουν προσεκτικά όποιες πληροφορίες διατίθενται στο διαδίκτυο και να προσπαθούν να ελέγξουν την αξιοπιστία και την συνάφειά τους με το ερευνώμενο αντικείμενο. Η παρούσα προσέγγιση βοήθησε επίσης τους μαθητές να αναπτύξουν επικοινωνιακές και συνεργατικές δεξιότητες.

Abstract:

A new teaching approach for the history lesson in which ICT is used is presented herein. The aim of this research was: a) to teach students ways for searching information on specific subjects and methods of evaluation b) to accustom themselves with basic ICT skills. The history curriculum for 5th graders deals very briefly with Byzantine era. Attica, which at the time was reduced to small village status, is totally missed out. It was, therefore, decided to address the lesser known history of Attica, in effect the years between 330 – 1453 A.D. In this trial, 11-year old children participated, all from an ordinary state primary school in Athens. At the end of this trial, most of the students had acquired basic ICT skills. It was also found that this increases students' interest and makes teaching more creative. Children also learned to read carefully the information found on the net, assess it, and extract useful information. Students were encouraged to develop their communicative and collaborative skills.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Η εκπαίδευση στο τέλος του 20ου αιώνα δεν ετοιμάζει τους μαθητές για μια ασφαλή δουλειά για όλη τη διάρκεια της ζωής τους στην τοπική βιομηχανία ή τις υπηρεσίες. Η ταχύτατη εξέλιξη στον τεχνολογικό τομέα και η διεθνοποίηση της αγοράς εργασίας δημιούργησαν ανάγκες για άτομα που έχουν ευρεία γενική παιδεία, άνεση στην επικοινωνία, προσαρμοστικότητα και την ικανότητα να επανεκπαιδεύονται σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Ο τύπος της εκπαίδευσης που σήμερα παρέχεται στους μαθητές είναι πεπαλαιωμένος. Η βασιζόμενη στην τεχνολογία κοινωνία μας θα χρειάζεται πάντα έναν αριθμό εξειδικευμένων επιστημόνων – ερευνητών, τους οποίους θα δημιουργεί εκπαιδεύοντας ένα μικρό μέρος του πληθυσμού. Παράλληλα όμως, η συνεχώς αυξανόμενη επίδραση της επιστήμης στην καθημερινή ζωή, απαιτεί το σύνολο του πληθυσμού να μπορεί να καταλάβει τα επιστημονικά θέματα που εμφανίζονται στην επικαιρότητα, και να μπορεί να ασχοληθεί με τις αλλαγές που η επιστήμη και η τεχνολογία επιβάλλουν τόσο στα άτομα όσο και σε ολόκληρη την κοινωνία» αναφέρουν οι Millar R. &

Osborne J. (1998).

Με αυτό το δεδομένο η δυνατότητα να αποκτούν νέες γνώσεις είναι ένα ζωτικής σημασίας χαρακτηριστικό για όλους τους πολίτες των σύγχρονων κοινωνιών και άρα είναι, σημαντικό όλοι οι απόφοιτοι της υποχρεωτικής εκπαίδευσης να μάθουν να αναζητούν νέες πληροφορίες, και στη συνέχεια να τις αξιολογούν. Αυτές οι δεξιότητες θα τους βοηθήσουν να εντοπίζουν και να παρακολουθούν μαθήματα αυτο-εκπαίδευσης, ή προγράμματα επανακατάρτισης, ή απλά να αναζητούν πληροφορίες σχετικές με το επάγγελμά τους.

Παρόλο όμως που οι υπολογιστές είναι πλέον παρόντες σε πάρα πολλές δραστηριότητες της καθημερινής μας ζωής, η εμπειρία δείχνει ότι οι περισσότεροι μαθητές εξακολουθούν να θεωρούν τον υπολογιστή ως παιχνιδομηχανή, ή μια μηχανή για να μιλάνε με τους φίλους τους και όχι ως ένα εξαιρετικό εργαλείο μάθησης. Ένα μικρότερο ποσοστό μαθητών θεωρεί τον υπολογιστή ως ένα μηχάνημα που ξέρει τα πάντα και στο οποίο μπορούν να καταφύγουν για να βρουν πληροφορίες. Επίσης η έκθεση της Royal Society δηλαδή της Βρετανικής Ακαδημίας Επιστημών (2012) επεσήμανε ότι τα curricula στις ΤΠΕ τελικά παρέχουν στους μαθητές μόνο βασικές δεξιότητες στην χρήση των ΤΠΕ, και συστήνει άμεση αλλαγή ή επανέναρξη του όλου εκπαιδευτικού προγράμματος. Αν όμως ξεκινήσουμε στο δημοτικό με διδακτικές προσεγγίσεις σαν αυτή της παρούσας έρευνας, τότε οι μαθητές αποκτούν τις βασικές δεξιότητες ΤΠΕ (ICT) σε μικρή ηλικία, και συνεπώς τα μαθήματα πληροφορικής, μπορεί να εξελιχθούν σε μια βαθύτερη μελέτη στην Πληροφορική, λ.χ. αλγορίθμους και προγραμματισμό (βλέπε Γαρυφαλλίδου Δ. Μ., Ιωαννίδης Γ. Σ., Σκέλλας Α., Τσιτσίρης Π., 2000). Άλλωστε η εκπαίδευση πρέπει να στρέψει περισσότερους μαθητές στην επιστήμη και την τεχνολογία ώστε από αυτούς να προκύψουν οι προγραμματιστές και οι επιστήμονες του μέλλοντος.

Κάθε αναζήτηση στο διαδίκτυο συχνά εμφανίζει εκατοντάδες πιθανές απαντήσεις. Για τους έμπειρους χρήστες και πολύ περισσότερο για τους επιστήμονες και ερευνητές, είναι αυτονόητο ότι δεν είναι όλες αυτές οι απαντήσεις εξίσου σημαντικές ή ακόμα και εξίσου σωστές, αφού στην εποχή μας ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει μια ιστοσελίδα ή ένα blog και να ανεβάσει οποιαδήποτε πληροφορία αυτός/αυτή θέλει. Οι έμπειροι χρήστες γνωρίζουν ότι θα χρειαστεί να επιλέξουν προσεκτικά την πληροφορία για να εντοπίσουν αυτή που τους ενδιαφέρει. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως με τους μικρούς μαθητές, οι οποίοι δεν έχουν ακόμα μάθει να αξιολογούν την πληροφορία και να απορρίπτουν οτιδήποτε είναι άσχετο ή αμφιβόλου αξίας.

Έχει παρατηρηθεί ότι στα σχολεία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν έχουν γίνει πολλά προς αυτή την κατεύθυνση. Κάθε φορά που οι μαθητές καλούνται να ψάξουν για ένα συγκεκριμένο θέμα, είτε θα ζητήσουν από κάποιον ενήλικα να τους βοηθήσει δηλαδή να κάνει την αναζήτηση για αυτούς, κάτι που στις περισσότερες περιπτώσεις οδηγεί σε μια εκτύπωση σε ότι λέει η Wikipedia, ή αν προσπαθήσουν να κάνουν κάτι μόνοι τους θα εκτυπώσουν κάτι στην τύχη, συχνά χωρίς προηγούμενος να διαβάσουν και να ελέγξουν ότι απαντά στο ερώτημα που τους τέθηκε.

Είναι προφανές πως κάποια διαφορετική προσέγγιση είναι αναγκαία έτσι ώστε:

α) Να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν ότι το Διαδίκτυο προσφέρει πολλές πληροφορίες για διάφορα θέματα αν και όχι κατ΄ ανάγκη σχετικές με το θέμα που κάποιος ψάχνει.

β) Να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι το διαδίκτυο προσφέρει μόνο πληροφορίες τις οποίες κάποιος άλλος έχει ήδη τοποθετήσει (ή ανεβάσει) σε κάποια τοποθεσία. Ως εκ τούτου, πληροφορίες που είναι μόνο τοπικού ενδιαφέροντος (όπως π.χ. το σχολείο τους και οι δραστηριότητές του) θα εμφανιστούν μόνο αν οι ίδιοι φροντίσουν να τις τοποθετήσουν σε κάποιον διακομιστή (server).

γ) Να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν την αναζήτηση και αξιολόγηση πληροφορίας στο διαδίκτυο.

δ) Να δείξει στους μαθητές ότι όλες οι πληροφορίες που εμφανίζονται στο διαδίκτυο δεν είναι ούτε εξίσου σημαντικές ούτε εξίσου αξιόπιστες.

ε) Να παρουσιάσει στους μαθητές ορισμένα βασικά κριτήρια με τα οποία θα μπορούν να αξιολογούν το on-line υλικό.

στ) Να εξοικειώσει τους μαθητές με προηγμένες τεχνικές αναζήτησης που μπορούν να χρησιμοποιήσουν για την εξαγωγή πληροφοριών.

ζ) Να δείξει στους μαθητές πώς να συνδυάζουν κομμάτια από διαφορετικές πηγές για να σχηματίσουν μια γνώμη που να υποστηρίζεται από αποδεικτικά στοιχεία. Μία γνώμη την οποία να μπορούν να υπερασπιστούν με επιχειρήματα. Με άλλα λόγια, να δείξει στους μαθητές τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να γράφεται ένα δοκίμιο όπου οι πηγές αναφέρονται, ενώ συμπεράσματα που συνάγονται από τα στοιχεία αναφέρονται με ρήματα όπως «πιστεύουμε, θεωρούμε, συμπεραίνουμε», κλπ.

η) Να προσφέρει στους μαθητές έναν εναλλακτικό και πιο ελκυστικό τρόπο μάθησης.

θ) Συχνά ως επιχείρημα ως προς το γιατί δεν χρησιμοποιούνται τα σχολικά εργαστήρια υπολογιστών εμφανίζεται η παλαιότητα των μηχανημάτων. Χωρίς να υποστηρίζουμε ότι οι νεώτερες τεχνολογίες δεν προσφέρουν επιπλέον δυνατότητες στην εκπαιδευτική διαδικασία, η μελέτη αυτή σχεδιάστηκε ώστε να αποδείξει ότι ακόμα και με πολύ παλαιά μηχανήματα μπορούμε να κάνουμε αξιοπρεπείς σχολικές εργασίες.

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 17 μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 10-11 ετών (δηλαδή 5ης τάξης του Δημοτικού Σχολείου). Επιπροσθέτως, μαθητές από τα δύο άλλα τμήματα της Ε΄ τάξης πρόσφεραν ψηφιακό υλικό για κάποιες βυζαντινές εκκλησιές και τους ρυθμούς των Βυζαντινών ναών, το οποίο και αναζήτησαν με τον υπολογιστή του σπιτιού τους ή σε εγκυκλοπαίδειες. Οργάνωσαν επίσης την επίσκεψη ενός αγιογράφου στο σχολείο ο οποίος μίλησε στα παιδιά για την τέχνη της αγιογραφίας και επέδειξε τα βήματα που ακολουθεί κάθε καλλιτέχνης δημιουργώντας μπροστά τους το κεφάλι ενός αγγέλου. Οι φωτογραφίες με τα βήματα που ακολούθησε ο αγιογράφος είναι επίσης προσφορά των δύο αυτών τμημάτων. Αυτοί οι μαθητές, όμως, δεν συμμετείχαν στην δημιουργία ιστοσελίδων, και αυτό γιατί δεν υπήρχε δυνατότητα να παρακολουθήσουν μαθήματα για τη χρήση του Η/Υ. Με δεδομένη την άνιση (-ίσως και ελλειπή) εξειδίκευση στην διδασκαλία Η/Υ μεταξύ δασκάλων, θα ήταν ίσως εφικτό να επιτευχθεί η πλήρης συμμετοχή όλων των τμημάτων της Ε΄τάξης του σχολείου αν θα επετρέπετο η ανταλλαγή ωρών διδασκαλίας μεταξύ διαφόρων δασκάλων. Ενώ το ενδιαφέρον υπήρχε, κάτι τέτοιο είναι θεσμικά ανέφικτο.

Η εκπαιδευτική δοκιμή υλοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος της ιστορίας. Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε κυρίως στο εργαστήριο υπολογιστών ενός μέσου δημοτικού σχολείου που βρίσκεται σε ένα από τα σχετικά κοντινά προάστια της Αθήνας. Μερικοί μαθητές που ήταν πολύ ενθουσιασμένοι με αυτή την προσέγγιση, εργάστηκαν επιπροσθέτως στον υπολογιστή του σπιτιού τους.

ΙΙ. Η ΕΡΕΥΝΑ

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε κυρίως λογισμικό ανοιχτού τύπου το οποίο διανέμεται δωρεάν μέσω διαδικτύου. Αυτό έγινε επειδή το κόστος απόκτησης και αναβάθμισης των περισσότερων εμπορικών πακέτων λογισμικού είναι τέτοιο που δεν μπορεί να το αντέξει ο πενιχρός σχολικός προϋπολογισμός. Επιπλέον οι τελευταίες εκδόσεις από τα εμπορικά αυτά πακέτα απαιτούν καινούρια και ισχυρά μηχανήματα ενώ το σχολικό εργαστήριο διέθετε μόνο απαρχαιωμένους υπολογιστές.

Τέλος συχνά τα εμπορικά πακέτα απαιτούν την επανεκπαίδευση των χρηστών αφού σχεδόν σε κάθε καινούρια έκδοση υπάρχουν σοβαρές αλλαγές στο περιβάλλον τους. Αυτό δημιουργεί ένα επιπλέον πρόβλημα αφού διαφορετικοί μαθητές μπορεί να έχουν διαφορετικές εκδόσεις του λογισμικού, και άρα δεν μπορούν να δοθούν ενιαίες οδηγίες.

Επιπλέον το ελεύθερο λογισμικό οι μαθητές να το εγκαταστήσουν χωρίς κόστος και να το χρησιμοποιήσουν στον υπολογιστή του σπιτιού τους ενώ οι οδηγίες θα είναι ίδιες για όλους.

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής δοκιμής ήταν:

α) Mozilla Firefox browser (φυλλομετρητής).

b) Open Office Writer. Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκε η σουίτα Open Office, οι μαθητές έλαβαν σχετικές οδηγίες και για το MS Office (έκδοση 2007) για την περίπτωση που το πρόγραμμα υπήρχε εγκατεστημένο στον υπολογιστή του σπιτιού τους.

c) Hot Potatoes 6.

d) WEB Page Maker (ένα εύκολο στη χρήση γρήγορο στην ανάπτυξη πρόγραμμα κατασκευής ιστοσελίδων).

e) Μηχανή αναζήτησης Google Search.

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων. Η έρευνα έχει δείξει (Ioannidis G. S., Garyfallidou D. M., & Spiliotopoulou-Papantoniou V. 2005) ότι αυτός είναι ο βέλτιστος αριθμός μαθητών όταν δουλεύουν μπροστά σε υπολογιστή.

Οι εκπαιδευτικοί στόχοι αυτής της μελέτης ήταν:

α) Να έρθουν σε επαφή με τις τέχνες κατά τη βυζαντινή περίοδο.

β) Να κατανοήσουν τα βαθύτερα αίτια της ύπαρξης τόσων εκκλησιών – μοναστηριών στην περιοχή της Αττικής.

γ) Να έρθουν σε επαφή με τον επιστημονικό τρόπο αναζήτησης πληροφορίας, διασταύρωσης, επαλήθευσης και τελικά παρουσίασης της, μαζί με τις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν.

δ) Να αποκτήσουν βασικές δεξιότητες στις ΤΠΕ.

III. Η εκπαιδευτική δοκιμή

Η εκπαιδευτική δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου. Δεδομένου ότι το ωρολόγιο πρόγραμμα του δημοτικού δεν προβλέπει μάθημα υπολογιστών για τα περισσότερα δημοτικά σχολεία, χρησιμοποιήθηκαν ώρες από το μάθημα της ιστορίας, και από την ευέλικτη ζώνη.

Οι μαθητές δημιούργησαν μόνοι τους τις ομάδες του. Αυτό όπως ήταν αναμενόμενο οδήγησε στο σχηματισμό ομάδων με διαφορετικές ικανότητες αφού οι πιο δυνατοί μαθητές κόλλησαν μαζί. Σε τέτοιου τύπου διδακτικές προσεγγίσεις αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα γιατί οι δραστηριότητες μπορούν να κατανεμηθούν με κριτήριο τις ικανότητες των μαθητών.

Κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής δοκιμής ανατέθηκαν πολλές δραστηριότητες στους μαθητές. Οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί βασικές δεξιότητες όπως η γνωριμία με τη μηχανή αναζήτησης, η αντιγραφή και επικόλληση κειμένου, και η αποθήκευση. Κρίθηκε όμως απαραίτητη η επανάληψη τους καθώς αποτελούν βασικές δεξιότητες στη χρήση του υπολογιστή.

Στην συνέχεια οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν αυτές τις δεξιότητες στην πράξη, αναζητώντας πληροφορίες για κάποια βυζαντινή εκκλησία, διαλέγοντας μία από αυτές που είχαν επιλέξει η εκπαιδευτικοί. Οι φωτογραφίες που προστέθηκαν στην παρουσίαση τραβήχτηκαν από τους μαθητές ή από τους διδάσκοντες.

Οι εκκλησίες επιλέχτηκαν από την ερευνήτρια και τις δασκάλες με κριτήριο την τοποθεσία τους. Έπρεπε να βρίσκονται κοντά στο σχολείο ώστε να μπορούν οι μαθητές οι οποίοι το επιθυμούσαν να τις επισκεφτούν και να τραβήξουν φωτογραφίες ή να είναι κοντά σε εξοχικές κατοικίες μαθητών. Μοναδική εξαίρεση η μονή Δαφνίου, η οποία αποτελεί μνημείο παγκόσμιας πολιτισμικής κληρονομιάς και δεν θα μπορούσε να λείπει από μια τέτοια εργασία. Έτσι παρόλο που βρισκόταν μακριά από το σχολείο και την χρονική περίοδο της εργασίας ήταν μη επισκέψιμη, περιελήφθη στην εργασία αυτή.

Αναζήτηση στο διαδίκτυο (- Μέρος Α)

Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να ψάξουν στο διαδίκτυο για να βρουν μια πολύ συγκεκριμένη πληροφορία. Επιλέχτηκε η μονή Αστερίου (ή Ταξιαρχών) στην Καισαριανή. Αυτό δεν ήταν τυχαίο. Για τη μονή πληροφορίες υπάρχουν στις ιστοσελίδες: της μονής Πετράκη, αυτή του δήμου Καισαριανής, ένα site με τίτλο «η αρχαιολογία της πόλης των Αθηνών», και αλλού. Έτσι ήταν ιδανική για αρχή για να δουν οι μαθητές πώς διασταυρώνουμε πληροφορία και πώς αναφέρουμε τις πηγές μας. Παρόλο που οι μαθητές είχαν προηγουμένως δουλέψει με παρόμοιο τρόπο και για το μάθημα της γεωγραφίας, τους δόθηκαν πάλι σαφείς οδηγίες για τις ενέργειες που έπρεπε να πραγματοποιήσουν.

Μόλις εμφανίστηκαν στις οθόνες τα πρώτα αποτελέσματα της αναζήτησης τέθηκαν τα ερωτήματα: α) «τι μέρος της πληροφορίας είναι αξιόπιστο», και β) τι είναι σημαντικό.

Στο σημείο αυτό εκτεταμένη συζήτηση έλαβε χώρα, και παρουσιάστηκαν στους μαθητές πολλαπλά κριτήρια με τα οποία μπορούν να αξιολογήσουν τις διαθέσιμες πληροφορίες.

- Πρώτα οι μαθητές θα έπρεπε να αναγνωρίσουν και να αγνοήσουν τις άσχετες πληροφορίες, π.χ. ξενοδοχεία, ταβέρνες, διαφημίσεις κλπ.
- Στη συνέχεια θα έπρεπε να ελέγξουν την σελίδα «ποιοι είμαστε». Εάν εκεί εμφανίζεται ένα πανεπιστήμιο, ένα υπουργείο, ή οι τοπικές αρχές (π.χ. νομαρχιακή αυτοδιοίκηση, δήμος, η μητρόπολη στην οποία υπάγεται ο ναός) το πιθανότερο είναι ότι η πληροφορία είναι αξιόπιστη. Η αξιολόγηση σελίδων που έχουν κατασκευάσει ιδιώτες είναι σαφώς πιο δύσκολη εκεί κοιτάμε αν αναφέρονται οι πηγές τους, και ποιες είναι αυτές.
- Το θέμα για το οποίο ψάχνουν πληροφορίες είναι επίσης ένα κριτήριο. Αν π.χ. αναζητούν πληροφορίες για ένα μοναστήρι μπορούν να θεωρήσουν αξιόπιστη την πληροφορία που παρέχει η ιστοσελίδα του μοναστηριού ή η διοίκηση της εκκλησίας και η οποία αναφέρεται στην ιστορία του (πότε χτίστηκε, από ποιον, πότε ανακαινίστηκε κλπ).
- Εξηγήθηκε ότι κάποια είδη πληροφοριών (π.χ. αυτές που σχετίζονται με την τέχνη στη γενικότητά της), είναι πιο εύκολο να αξιολογηθούν σε σχέση με άλλα είδη (π.χ. πληροφορίες για επιστημονικά θέματα).

Αν ένα κείμενο που βρήκαν στο διαδίκτυο αναφέρεται σε ένα βιβλίο ενός συγκεκριμένου συγγραφέα, ή σε ένα συγκεκριμένο ζωγραφικό πίνακα ή ζωγράφο, τότε είναι πιο εύκολο να βρουν συναφή κείμενα ή φωτογραφίες για να ελέγξουν την ακρίβεια της πληροφορίας που εμφανίζεται σε μια συγκεκριμένη ιστοσελίδα. Είναι πολύ πιο δύσκολο να εκτιμηθεί η αξία ενός βασισμένου σε υπολογιστή περιβάλλοντος μάθησης το οποίο εξηγεί επιστημονικά θέματα (π.χ. προσομοιώσεις, βίντεο κλπ). Μερικά από αυτά μπορεί να φαίνονται εντυπωσιακά στην αρχή, αλλά επειδή από την ομάδα σχεδίασής τους έλειπε ο εκπαιδευτικός, μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές παρανοήσεις.

Τονίστηκε ακόμα στους μαθητές ότι σε όλες τις ιστοσελίδες και όλα τα site, υπάρχει πάντα ένα σημείωμα που αναφέρει αν το περιεχόμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα ή όχι. Στην περίπτωση που ο ιδιοκτήτης-δημιουργός της σελίδας δεν προσφέρει το περιεχόμενο ελεύθερα, ο καθένας που θέλει να το χρησιμοποιήσει, θα πρέπει να ζητήσει προηγουμένως έγγραφη άδεια. Για μια μη-εμπορική εκπαιδευτική χρήση, αυτή η άδεια συνήθως χορηγείται. Παρ΄ όλα αυτά, αν οι δημιουργοί αρνηθούν να την παραχωρήσουν, το υλικό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται καθόλου. Εξηγήθηκε ότι οι ίδιοι κανόνες ισχύουν για οτιδήποτε εμφανίζεται στο δίκτυο π.χ. φωτογραφίες, java scripts, βίντεο, προσομοιώσεις, κλπ. Στην περίπτωση των βυζαντινών εκκλησιών, το μεγαλύτερο μέρος της πληροφορίας έρχεται από βιβλία του Αναστάσιου Ορλάνδου (γραμμένα 1925-1935) οπότε δεν τίθεται πλέον θέμα πνευματικών δικαιωμάτων, αλλά παρόλα αυτά ο συγγραφέας αναφέρθηκε.

Όταν τελείωσε η θεωρητική αυτή συζήτηση, οι μαθητές αντέγραψαν το κείμενο που εμφανίστηκε στο Open Office Writer. Στη συνέχεια αντέγραψαν και την διεύθυνση στην οποία βρήκαν την πληροφορία. Επανέλαβαν την διαδικασία για την δεύτερη ιστοσελίδα που παρείχε πληροφορίες για το θέμα.

Ακολούθησε η επεξεργασία του κειμένου. Τα δύο κείμενα διαβάστηκαν με προσοχή και τα κοινά σημεία επισημάνθηκαν. Ακολούθησε η επεξεργασία. Τα κομμάτια που δεν χρειάζονταν διαγράφηκαν, άλλαξαν λέξεις αλλά και ολόκληρες προτάσεις, ενώ όλοι οι μαθητές είχαν τελικά στην οθόνη τους το ίδιο κείμενο με το σύνολο των πηγών του τις πηγές του. Ακολούθησε η διαδικασία της "αποθήκευσης" και τονίστηκε η σημασία της.

Αναζήτηση στο διαδίκτυο (- μέρος Β)

Σε αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές επέλεξαν με τη βοήθεια της ερευνήτριας και των δασκάλων μία από τις προτεινόμενες Βυζαντινές εκκλησίες Στη συνέχεια έψαξαν για την ιστορία

της. Κάποιοι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες και κάποιοι προτίμησαν να δουλέψουν μόνοι τους.

Στην επιλογή της εκκλησίας καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε οι ομάδες των πιο ικανών και δραστήριων μαθητών να κατευθυνθούν σε εκκλησίες με μεγάλη ιστορία ώστε να απασχοληθούν για περισσότερο χρόνο, ενώ οι ομάδες των λιγότερο ικανών μαθητών να ασχοληθούν με εκκλησίες για τις οποίες υπάρχουν λιγότερες πληροφορίες. Με τον τρόπο αυτό όλοι οι μαθητές ολοκλήρωσαν την εργασία τους και όλοι ήταν ικανοποιημένοι.

Οι μαθητές εδώ κλίθηκαν να εφαρμόσουν στη πράξη ό,τι έμαθαν στην προηγούμενη δραστηριότητα. Αρχικά αντέγραψαν τις πληροφορίες για τα αξιοθέατα στον επεξεργαστή κειμένου. Ακολούθησε η επεξεργασία της πληροφορίας. Με τον όρο εννοούμε ότι κράτησαν τα κομμάτια που θεώρησαν σημαντικά, συνδύασαν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές και άλλαξαν ή διόρθωσαν τη διατύπωση ώστε το τελικό κείμενο να είναι κατανοητό από μαθητές της ηλικίας τους.

Οι διευθύνσεις URL από τις οποίες άντλησαν τις πληροφορίες αντιγράφηκαν επίσης. Στο τέλος προστέθηκαν οι φωτογραφίες που όπως ήδη αναφέρθηκε τραβήχτηκαν από τους μαθητές ή την ερευνήτρια. Τονίστηκε στα παιδιά ότι την ιστορία αναγκαστικά θα την έβρισκαν μέσα από τις πηγές, τις φωτογραφίες όμως δεν υπήρχε λόγος να τις αντιγράψουν αφού τα μνημεία ήταν κοντά τους και μπορούσαν να τα επισκεφτούν και να τα φωτογραφίσουν. Τονίστηκε ακόμα ότι σε κάθε εργασία πρέπει πάντα να υπάρχει και η δική τους συμβολή και όχι να είναι ένα σύνολο από αντιγραφές και επικολλήσεις. Στο τέλος αποθήκευσαν την εργασία τους.

Μερικοί μαθητές, ειδικά εκείνοι που εργάστηκαν μόνοι τους που ήταν και οι πιο ικανοί, επισκέφθηκαν την εκκλησία που είχαν αναλάβει και έβγαλαν φωτογραφίες, κάποιες από τις οποίες είναι πραγματικά πολύ καλές. Δυστυχώς αυτό δεν έγινε από όλους τους μαθητές επειδή δεν συμφώνησαν όλοι οι γονείς να τους συνοδεύουν σε μια επίσκεψη στην εκκλησία που είχαν αναλάβει και οι μαθητές ήταν μικροί για να πάνε μόνοι τους. Έτσι το ρόλο του φωτογράφου έπαιξαν συχνά η ερευνήτρια και οι δασκάλες που επισκέφτηκαν αρκετές από τις εκκλησίες.

Κάποιοι μαθητές παρατήρησαν επανάληψη της ίδιας πληροφορίας (κείμενο και εικόνες) σε διαφορετικές ιστοσελίδες χωρίς καμία αναφορά, ή ένδειξη ως προς το ποιος πήρε το υλικό από ποιον. Οι μαθητές ζήτησαν διευκρινίσεις. Εξηγήθηκε ότι, αν και είναι απολύτως ανήθικο, αυτό είναι μια κοινή πρακτική, δεδομένου ότι είναι δύσκολο να βρεθούν οι κλέφτες και ακόμα δυσκολότερο να παρθούν μέτρα εναντίον τους.

Η περίοδος για την οποία αναζητήθηκαν πληροφορίες είναι από την λιγότερο προβεβλημένη Αθήνα. Συχνά οτιδήποτε υπάρχει δημοσιευμένο είναι μια απόδοση στη δημοτική των βιβλίων του Αναστάσιου Ορλάνδου (του 1925-1935). Σε άλλες περιπτώσεις η αναζήτηση με το όνομα της εκκλησίας είτε δεν εμφάνιζε κανένα αποτέλεσμα είτε εμφάνιζε αντίστοιχους πολύ νεώτερους ναούς. Κάποιες από τις προηγμένες τεχνικές αναζήτησης εξηγήθηκαν στους μαθητές. Έμφαση δόθηκε στην "ακριβή φράση". Όταν τα παιδιά επιλέγουν το απλό Google search, οι πιο προηγμένες επιλογές αναζήτησης δεν είναι διαθέσιμες (και δεν υπάρχει εμφανές link προς τα εκεί). Έτσι στους μαθητές δόθηκε το URL το οποίο έπρεπε να πληκτρολογήσουν. Ακόμα και τότε, σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκε να τεθεί στην μηχανή αναζήτησης η ερώτηση με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους, μέχρι να εμφανιστεί κάποιο επιθυμητό αποτέλεσμα.

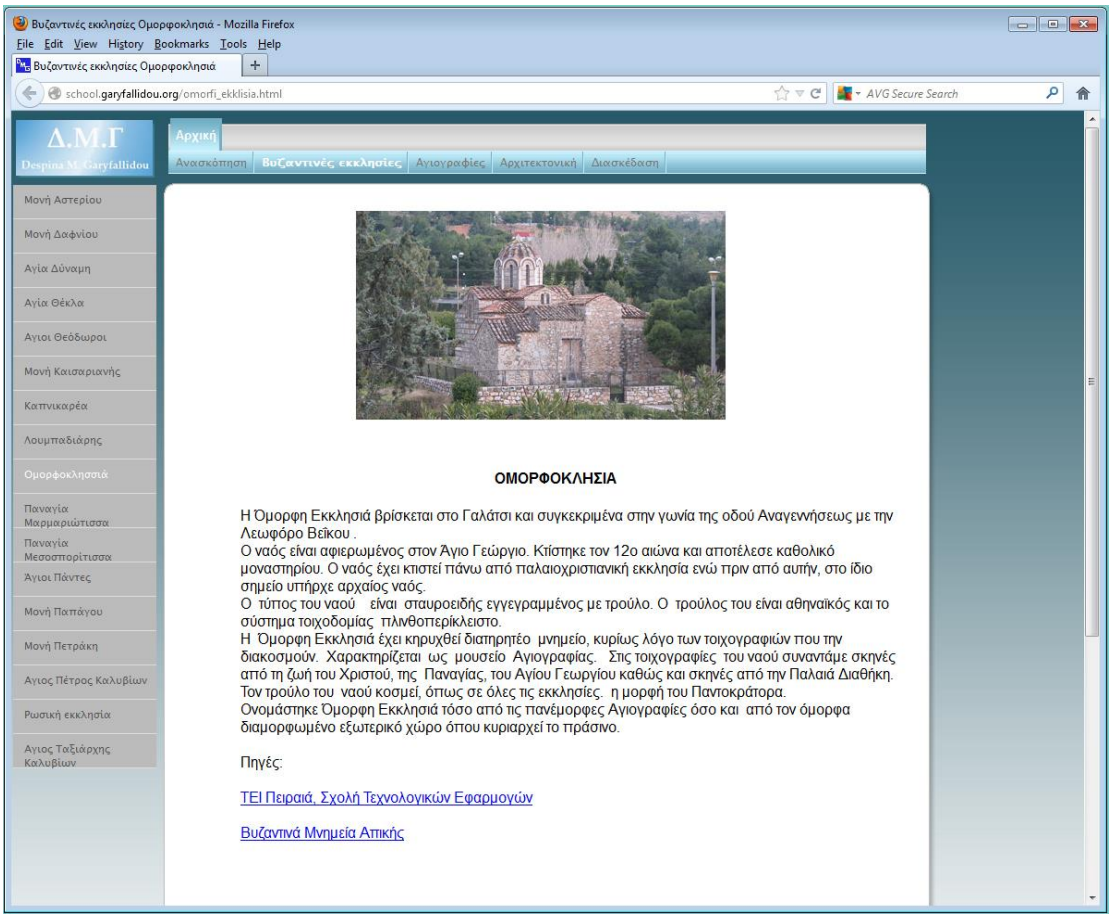
Web page maker

Το web page maker είναι ένα οικονομικό πρόγραμμα, εύκολο στη χρήση και γρήγορο στη δημιουργία ιστοσελίδων .

Η δημιουργία ιστοσελίδων κρίθηκε ότι αποτελεί την πιο δύσκολη δραστηριότητα, ενώ είναι και αρκετά πιο αφηρημένη (π.χ. τίτλοι στα κουμπιά πλοήγησης και τοποθέτησή του στις σελίδες, σύνδεσή τους με την αντίστοιχη ιστοσελίδα, δημιουργία ιστοσελίδας με κείμενο και εικόνα, τοποθέτηση hyperlinks), και έτσι πραγματοποιήθηκε μόνο από επιλεγμένους μαθητές. Οι μαθητές ακολούθησαν αναλυτικές οδηγίες για το ποιο menu έπρεπε να επιλέξουν για να δημιουργήσουν τα κουμπιά πλοήγησης, το πλαίσιο κειμένου και τα πλαίσια εικόνας. Η αντιγραφή και η επικόλληση του κειμένου ήταν πιο εύκολη υπόθεση αφού είχαν ήδη

εξοικειωθεί με τη διαδικασία ενώ η εισαγωγή της φωτογραφίας ήταν λίγο πιο δύσκολη, αφού οι μαθητές μέχρι τώρα δούλευαν με αντιγραφή και επικόλληση ενώ τώρα έπρεπε να εντοπίσουν τη φωτογραφία στο σχετικό φάκελο και να την επιλέξουν.

Λίγο πιο δύσκολη εργασία ήταν η σύνδεση των πλήκτρων πλοήγησης με την αντίστοιχη σελίδα. Στη συνέχεια έγινε η εξαγωγή σε html και το «ανέβασμα» (upload) στο δίκτυο. Το τελευταίο βήμα (upload) το έκανε η ερευνήτρια. (http://school.garyfallidou.org)



Σχήμα : Μία χαρακτηριστική ιστοσελίδα

Δ. Hot potatoes

Κάθε μαθητής ασχολήθηκε μόνο με μία εκκλησία, έπρεπε λοιπόν να βρεθεί ένας τρόπος για να ωθήσει τους μαθητές να διαβάσουν και τις δουλειές των άλλων. Γενικά οι μαθητές απεχθάνονται να διαβάζουν οτιδήποτε θεωρούν τυπικό μάθημα. Ένας καλό τρόπος για να παρακινηθούν να επισκεφτούν όλες τις σελίδες είναι η δημιουργία σταυρολέξων και ασκήσεων αντιστοίχισης για να εμπλουτίσουν το site τους.

Το hotpotatoes είναι ένα εργαλείο το οποίο διανέμεται δωρεάν στο διαδίκτυο και εξυπηρετεί αυτό το σκοπό. Δημιουργεί διαφόρους τύπους ασκήσεων οι οποίες μπορούν είτε να εκτυπωθούν είτε να φορτωθούν σε κάποια ιστοσελίδα.

Στους μαθητές ζητήθηκε να δημιουργήσουν σταυρόλεξα ή άσκηση αντιστοίχισης. Αυτό έδωσε το κίνητρο στους μαθητές για να διαβάσουν με προσοχή τις πληροφορίες για τις εκκλησιές για να βρουν τους κατάλληλους ορισμούς

Οι μαθητές είχαν ήδη χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα για να δημιουργήσουν σταυρόλεξα στο μάθημα της Γεωγραφίας και της Φυσικής, έτσι ήταν εξοικειωμένοι και δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερες δυσκολίες (Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S. 2012). Οδηγίες δόθηκαν για την δημιουργία ασκήσεων αντιστοίχισης με βάση το περιεχόμενο του site τους. Αυτό που τους άρεσε

περισσότερο ήταν η εξεύρεση ορισμών οι οποίοι να μην είναι ούτε προφανείς αλλά ούτε και πολύ δύσκολοι.

Οι μαθητές ήταν πολύ ενθουσιασμένοι με αυτή τη δραστηριότητα.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μαθητές αντέδρασαν πολύ καλά στη νέα διδακτική προσέγγιση. Δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερες δυσκολίες στο να ακολουθήσουν τις οδηγίες που τους δίδονταν από τη ερευνήτρια. Ήταν αποφασισμένοι να παραμείνουν ακόμα και επιπλέον ώρες στο σχολείο για να ολοκληρώσουν την κάθε δραστηριότητα. Αυτό ήταν αναμενόμενο, και συμφωνεί με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S., 2005). Οι όποιες δυσκολίες αντιμετώπισαν σχετίζονται με την προσεκτική ανάγνωση των κειμένων ώστε να αποφασίσουν τι ήταν σημαντικό και χρήσιμο. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο περιορισμένο λεξιλόγιο που οι νεαροί μαθητές έχουν ή στο γεγονός ότι αυτή η τεχνική απαιτεί ένα επίπεδο κριτικής σκέψης το οποίο οι μαθητές δεν έχουν ακόμα αναπτύξει ή ακόμη και συνδυασμός αυτών και συμφωνεί με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S., 2004). Τα εκπαιδευτικά οφέλη περιλαμβάνουν το ότι οι μαθητές ξεκίνησαν να διαβάζουν προσεκτικά τα κείμενα που εμφανίζονταν στην οθόνη τους για να διαπιστώσουν εάν αυτά είναι σχετικά με αυτό που ψάχνουν καθώς και το ότι ανέπτυξαν την ικανότητα να τα αναλύουν, να τα αξιολογούν και να τα διασταυρώνουν εξάγοντας από αυτά μόνο τη χρήσιμη πληροφορία. Τα παιδιά ζητούσαν εξηγήσεις, κάθε φορά που συναντούσαν λέξεις ή όρους που δεν γνώριζαν (δυστυχώς αυτό ήταν συχνό φαινόμενο). Συνολικά, η δραστηριότητα αυτή βοήθησε τα παιδιά να βελτιώσουν το λεξιλόγιό τους, την κατανόησή γραπτών κείμενων καθώς και να αναπτύξουν έναν τρόπο για να εκφραστούν.

Οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις προηγμένες επιλογές αναζήτησης του Google Search. Παρατήρησαν ότι η μηχανή αναζήτησης είναι αρκετά έξυπνη ώστε σε αρκετές περιπτώσεις αναζητά και βρίσκει πληροφορίες, ανεξάρτητα από το αν το θέμα της αναζήτησης πληκτρολογήθηκε με ελληνικούς ή λατινικούς χαρακτήρες. Όσον αφορά τη συλλογή πληροφοριών, οι μαθητές έμαθαν ότι δεν είναι όλα τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο διαδίκτυο εξίσου σημαντικά ή ακόμα και εξίσου αξιόπιστα και διδάχτηκαν κάποια κριτήρια ώστε να αξιολογούν την πληροφορία που τους προσφέρεται. Τα κριτήρια αυτά αναφέρονται στην αξιοπιστία αυτού που παρέχει την πληροφορία (π.χ. ένα πανεπιστήμιο ή ένα ερευνητικό ίδρυμα είναι πιο αξιόπιστο από ένα blog). Στην αξιολόγηση πρέπει επίσης να μετρήσουν το πόσο συχνά εμφανίζεται μια πληροφορία στο δίκτυο παρόλο που στις μέρες μας συχνά το ένα site αντιγράφει την πληροφορία από το άλλο χωρίς να φαίνεται από πού αυτή προέρχεται. Ένας άλλος παράγοντας είναι το ποίος προτείνει τη συγκεκριμένη σελίδα αν λ.χ. βρεθήκαμε εκεί γιατί ακολουθήσαμε ένα διαφημιστικό link τότε η σελίδα είναι πιθανό να μην είναι αξιόπιστη. Αν όμως ακολουθήσαμε ένα link από ένα πανεπιστήμιο κάτω από τον τίτλο «σχετικές σελίδες» ή «περεταίρω μελέτη» ή κάτι αντίστοιχο, τότε η σελίδα θεωρείται ως πιο αξιόπιστη, λόγω της πηγής της. Με δεδομένη την συνεχώς αυξανόμενη χρήση των μηχανών αναζήτησης, αυτές οι δεξιότητες είναι σημαντικές για τους μαθητές.

Συνειδητοποίησαν ότι οι πληροφορίες στο διαδίκτυο βρίσκονται εκεί επειδή κάποιος τις τοποθέτησε.

Ίσως το πιο σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της διδακτικής προσέγγισης ήταν ότι οι μαθητές χρησιμοποίησαν τον υπολογιστή για αυτοεκπαίδευση, αλλά και προκειμένου να δημιουργήσουν κάποιας μορφής εκπαιδευτικό υλικό (με την ευρύτερη έννοια του όρου) που παρουσιάστηκε σε συμμαθητές τους και ανέβηκε στο δίκτυο.

Οι μαθητές έμαθαν όχι μόνο να γράφουν κάποιο κείμενο, αλλά και να καταβάλουν προσπάθεια ώστε να στηρίξουν τις πληροφορίες που αναφέρουν, δίνοντας τις πηγές τους (βιβλιογραφία) αφού πρώτα προβληματιστούν ως προς το κύρος και την αξιοπιστία τους. Έμαθαν ακόμα να σέβονται τα πνευματικά δικαιώματα του συγγραφέα. Αυτή η δεξιότητα θα αποδειχθεί πολύ χρήσιμη τόσο κατά τη διάρκεια των γυμνασιακών και λυκειακών τους σπουδών όσο και στη μετέπειτα ζωή τους, όπου θα κληθούν να πραγματοποιήσουν διάφορες

ερευνητικές εργασίες.

Η νέα διδακτική προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί με τους μαθητές να εργάζονται μεμονωμένα ή σε ζευγάρια. Στις περισσότερες δραστηριότητες της μελέτης που παρουσιάζεται εδώ οι μαθητές εργάστηκαν σε δυάδες τις οποίες δημιούργησαν μόνοι τους. Αφήνοντας τους μαθητές να δημιουργήσουν τις ομάδες τους διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία των ομάδων. Επειδή όμως αυτή η τεχνική καταλήγει σε δημιουργία ομάδων με άνισες δυνατότητες, ο/η δάσκαλος/α πρέπει αν δώσει ιδιαίτερη προσοχή στην διανομή των εργασιών έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να ανταποκριθούν και να ολοκληρώσουν την εργασία τους. Αυτό τους δίνει ικανοποίηση και κίνητρο για να ασχοληθούν με κάτι λίγο πιο δύσκολο την επόμενη φορά. Με την εργασία σε μικρές ομάδες, οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται μεταξύ τους, να αξιολογούν την εργασία τους και να χρησιμοποιούν με τον καλύτερο τρόπο τα μέσα που έχουν.

Το πιο σημαντικό είναι ότι ήρθαν σε επαφή με ένα νέο τρόπο για να μαθαίνουν, χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που είναι βέβαιο ότι θα αναπτυχθεί περαιτέρω στο μέλλον.

Πριν ο εκπαιδευτικός ασχοληθεί με κάτι τέτοιο θα πρέπει να εκτιμήσει τον χρόνο που απαιτείται μέχρι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τις τεχνικές αυτές. Χρόνο θα χρειαστεί και ο ίδιος για να προσαρμοστεί στο νέο του ρόλο καθώς σε αυτού του τύπου τη διαδικασία μάθησης ο ρόλος του είναι αυτός του διαμεσολαβητή και συντονιστή της τάξης, ένας ρόλος πιο δημιουργικός αφού τώρα απαντά σε ερωτήσεις των μαθητών, ή θέτει ο ίδιος πιο προχωρημένες ερωτήσεις, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να εκμεταλλευτούν πιο αποδοτικά και πιο αποτελεσματικά τον υπολογιστή.

Η παρούσα έρευνα είναι πιλοτική. Περισσότερα δεδομένα χρειάζονται έτσι ώστε να διερευνηθούν: (α) εάν οι νέοι σημασιολογικοί αλγόριθμοι αναζήτησης (των οποίων η χρήση ανακοινώθηκε πρόσφατα από τις πιο δημοφιλείς μηχανές αναζήτησης) θα είναι πιο αποτελεσματικοί στην εκπαίδευση, και (β) για το πόσο πιο βαθιά μπορεί να πάει η διδασκαλία των υπολογιστών στο δημοτικό σχολείο. Μπορούν λ.χ. οι μαθητές να κατανοήσουν τις βαθύτερες πτυχές των ΤΠΕ, όπως για παράδειγμα την κατανόηση κάποιων θεμελιωδών αλγορίθμων, ή τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των δεδομένων από το υλικό του υπολογιστή;

Βιβλιογραφία:

Γαρυφαλλίδου Δ. Μ., Ιωαννίδης Γ. Σ., Σκέλλας Α., Τσιτσίρης Π., «Διδασκαλία γλώσσας προγραμματισμού υψηλού επιπέδου στο δημ. σχολείο: μια πρώτη ερευνητική προσέγγιση», Ανοιχτό Σχολείο, 2000, τεύχος 76

Ορλάνδος Αναστάσιος, «Μεσαιωνικά μνημεία της πεδιάδος των Αθηνών και των κλιτυών Υμηττού Πεντελικού, Πάρνηθος και Αιγάλεω», Αθήνα 1933

http://anemi.lib.uoc.gr/metadata/5/2/0/metadata-01-0001597.tkl

Furber S., "Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools", The Royal Society, 2012, http://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/

Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S., "A novel educational software to teach energy in its entirety was designed, developed, and tested: the first educational results", In Auer M. (Ed.), Proc. *International Conference Interactive Computer aided Learning ICL2004: Interactive Computer aided Learning*, 29/9-1/10/2004, Kassel University Press, ISBN 3-89958-089-3, total length 13 pages

Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S., "Design development and educational testing of a novel educational software to teach energy as a whole: the final educational results", In Auer M. (Ed.) *Ambient and Mobile Learning, Proc. Interactive Computer aided Learning International Conference ICL2005 (28-30/09/2005),* Kassel University Press, ISBN 3-89958-136-9, total length 19 pages

Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S., "Preparing the teachers for the ICT challenge", In M. Auer and A. Al Zoubi (Eds.), Proc. Interactive Mobile Computer aided Learning International conference IMCL2006 (Aman, Jordan, 2006), Kassel University Press, ISBN 3-89958-177-6, total length 13 pages

Garyfallidou D. M. & Ioannidis G. S. "Teaching ICT-related skills in primary school, using Geography as an initial educational framework", in Auer M, (ed.) ICL international conference 2012, Interactive Collaborative Learning – Engineering Pedagogy, IEEE Catalogue Number: CFP1223R-USB, ISBN:978-1-4673-2426-7

Ioannidis G. S. & Garyfallidou D. M., & Spiliotopoulou-Papantoniou V., "Streaming Media in Education and their impact in teaching and learning", Published by Education Highway, ISBN 3-9500247-4-3 (2005), Chapter 6.8, page 50

Millar R. & Osborne J., "Beyond 2000: Science education for the future", The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation, (1998), ISBN 1 871984 78 5, p. 5

Αναρτημένες Εργασίες

Ηλιακή Ενέργεια και Προσανατολισμός

Μακρής Νικόλαος του Αποστόλου
Εκπαιδευτικός (ΠΕ 70)
1ο Δημοτικό Σχολείο Πορταριάς (Συνεργάτης)
nikmak22@yahoo.com

Περίληψη:

Το εκπαιδευτικό σενάριο που παρουσιάζεται αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου σχεδίου εργασίας (Project) το οποίο αναφέρεται στην ενέργεια και τρόπους εξοικονόμησης της, τόσο μέσα από ανανεώσιμες μορφές, όσο και με την βοήθεια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2010-2011 στο Δημοτικό σχολείο Πορταριάς από τους μαθητές της ΣΤ τάξης. Αποτελεί το αρχικό κομμάτι του project και σε αυτό οι μαθητές, καλούνται σε πρώτο επίπεδο, όχι μόνο να αντιληφθούν αλλά και να ανακαλύψουν, σταδιακά και βιωματικά, έννοιες που αφορούν την ενέργεια και πιο συγκεκριμένα την ηλιακή ενέργεια. Επίσης μέσα από διερευνητικούς και βιωματικούς τρόπους που βασίζονται στην παρατήρηση και σχετίζονται με την καθημερινότητά τους, θα βοηθηθούν να κατακτήσουν δεξιότητες που συνδέονται με τον προσανατολισμό. Στη συνέχεια, και μέσα από δημιουργικές και εποικοδομητικές δραστηριότητες, συζητήσεις, προσομοιώσεις, κατασκευές και πειραματικές διατάξεις θα οδηγηθούν διαισθητικά στην παραγωγική σύνθεση των εννοιών της ενέργειας και του προσανατολισμού αντιλαμβανόμενοι παράλληλα την κρισιμότητα του παράγοντα του προσανατολισμού, στην παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας.

Abstract:

The teaching intervention presented here is part of a larger project work which referred to ways of energy savings, through both renewable sources and bioclimatic architecture. Implemented the 2010-2011 school year in elementary school of Portaria at sixth grade students. This is the first part of the project and the in this course our effort is to help students not only to understand but also to discover gradually and experientially, concepts related to energy and specifically solar energy. Also through inquiry and experiential pathways, involved in their daily lives, will help them to conquer the skill of orientation. Then, through creative and constructive activities, discussions, simulations and experimental devices will intuitively lead to productive synthesis for the concepts of energy and orientation, while realizing the criticality factor of orientation, for the production of renewable energy.

Εισαγωγή – Θεωρητικό πλαίσιο.

Τόσο ο σχεδιασμός, όσο και η διδασκαλία της διδακτικής παρέμβασης, βασίζονται πάνω στις αρχές της διερευνητικών – ανακαλυπτικών θεωριών μάθησης όσο αφορά την προσέγγιση της νέας γνώσης και την ανακάλυψη εννοιών και αρχών. Σε αυτή δε τη περίπτωση η καθοδήγηση της διαδικασίας επίλυσης ακολουθεί, κατά την (Σπυροπούλου – Κατσάνη, 2000, σ. 51-53), την ενδιάμεση μορφή αφού δίνονται στους μαθητές το πρόβλημα και τα υλικά ενώ αφήνεται σε αυτούς η πορεία διαπραγμάτευσης. Στην ολότητά όμως της διδακτικής παρέμβασης, η κυρίαρχη προσέγγιση που ακολουθείται βασίζεται στις αρχές του εποικοδομητικού μοντέλου μάθησης.

Με την ανακαλυπτική προσέγγιση οδήγησα σταδιακά τους μαθητές να είναι ενεργά υποκείμενα της μάθησης, να μαθαίνουν να εργάζονται ομαδικά, να μαθαίνουν να επιχειρηματολογούν και το σπουδαιότερο να μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν. Παράλληλα, γνώριζα επίσης ότι με την ανακαλυπτική μέθοδο θα μπορέσω να στοχεύσω και να πετύχω την επίτευξη ψυχοκινητικών και συναισθηματικών στόχων, αλλά δεν θα μπορούσα να προσδοκώ ίσως την ίδια επιτυχία και σε γνωστικούς στόχους (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2000, σ 56).

Μια περιοχή σκοπών που δίνεται ιδιαίτερη έμφαση είναι η διανοητικές ικανότητες και δεξιότητες. (Χριστιάς, 1992, σ. 66) Γι αυτό το λόγο δημιούργησα εκείνες τις συνθήκες, ώστε οι μαθητές αντιλήφθηκαν την επιστημονική γνώση ως μια διαρκή διαδικασία και όχι σαν σταθερά

αποτελέσματα και δεδομένα. Τους οδήγησα σταδιακά δε να αντιληφθούν ότι η έκφραση «κάνω επιστήμη» σημαίνει πειραματισμός, ανάλυση, ερμηνεία και επαναπροσδιορισμός εξηγήσεων (Bogner et all, 2012, σ 57). Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές κατανόησαν τον τρόπο που ακολουθούν οι επιστήμονες ώστε τα συμπεράσματά τους να είναι αξιόπιστα και έγκυρα.

Για τον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος και κατά συνέπεια της μεθοδολογίας που ακολούθησα θα έπρεπε να λάβω επίσης υπόψη ότι, σε κάθε διδακτικό σενάριο οι ΤΠΕ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως ένα γνωστικό μέσο με το οποίο θα στόχευα σε μια εποικοδομητική μάθηση. (Bogner et all, 2012, σ 58). Έλαβα επίσης υπόψη το γεγονός, ότι σύμφωνα με έρευνα, αποδείχθηκε ότι οι μαθητές δεν επιθυμούν την συνομιλία μέσω υπολογιστικών περιβαλλόντων, καθώς η ανάδραση που υπάρχει σε αυτά τα περιβάλλοντα δεν θεωρείτε επαρκής. Αντίθετα προτιμούν εκείνες τις συνομιλίες που είναι πρόσωπο με πρόσωπο και προάγουν την συναισθηματική εμπλοκή, γλωσσική και παραγλωσσική των συμμετεχόντων. Επίσης το περιβάλλον μάθησης θα πρέπει να προσφέρει πολλά περισσότερα από μια απλή διασκέδαση. Η διασκέδαση με τον υπολογιστή δεν θα είναι η κύρια παράμετρος σχεδιασμού αυτού του περιβάλλοντος, αλλά αυτή θα είναι η παροχή πληροφοριών και γνώσεων. (Evensen & Hmelo, 2000, σ 192).

Η ανάλυση όλων των παραπάνω δεδομένων με οδήγησαν σε συγκεκριμένη κατεύθυνση για την οργάνωση του μαθησιακού περιβάλλοντος. Εφαρμόζοντας τις βασικές αρχές της εποικοδομητικής μάθησης (Κόκκοτας, 2008, σ. 57) σχεδίασα και οργάνωσα τόσο το υλικό, όσο και ολόκληρο το μαθησιακό περιβάλλον. Η τάξη χωρίστηκε σε ανομοιογενής ομάδες των τεσσάρων ατόμων και δημιουργήθηκε ένας ενιαίος χώρος, για να μπορεί κάθε ομάδα να εργαστεί ανεξάρτητα. Η κάθε ομάδα, σε αυτό τον ανεξάρτητο χώρο, μπορούσε να έχει πρόσβαση σε έναν υπολογιστή ο οποίος θα παίζει το ρόλο αποκλειστικά του μέσου διδασκαλίας και κάθε μέλος της ομάδας θα μπορεί να τον χειριστεί. Τα φύλλα εργασίας που μοιράστηκαν ήταν ομαδικά και όχι ατομικά. Οι δραστηριότητες που δόθηκαν στις ομάδες, καθ όλη τη διάρκεια της παρέμβασης, συνδέονται με την καθημερινότητά των μαθητών αλλά παράλληλα στοχεύουν στην αναδιοργάνωση των ιδεών που έχουν. Με αυτόν τον τρόπο επιτεύχθηκε το αποτέλεσμα, ώστε η εργασία σε κάθε ομάδα θα στηρίζεται στις γνώσεις και εμπειρίες κάθε μαθητή, αλλά παράλληλα αυτό το αποτέλεσμα θα είναι κοινό, μέσα από τη σύνθεση και επεξεργασία όλων των απόψεων των μελών. Το κέρδος σε αυτή την περίπτωση ήταν τόσο η ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, όσο και η οικοδόμησή της γνώσης. Για να επιτευχθεί αυτό, κρισιμότερο στοιχείο θεώρησα ότι ήταν η δημιουργία του συγκεκριμένου μαθησιακού περιβάλλοντος, του οποίου τα αποτελέσματα θα είναι, η οικοδόμηση της γνώσης και η ενασχόληση των μαθητών με πραγματικά προβλήματα.

1η Διδακτική φάση: Φάση του προσανατολισμού.

Αρχικά φρόντισα ώστε οι μαθητές να χωριστούν σε ανομοιογενείς, βάση της επίδοσης, ομάδες των τεσσάρων μελών. Η οργάνωση των ομάδων και οι ρόλοι των μελών ακολούθησαν τις βασικές αρχές της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας. Η επιτυχία της μεθόδου διδασκαλίας ελέγχθηκε τόσο από τις προϋποθέσεις, όσο και μέσα από τον προγραμματισμό και διεξαγωγή της, όπως αυτές σε γενικές γραμμές αναφέρονται στη σχετική βιβλιογραφία (Ματσαγγούρας, 2007, σ 513 – 534).

Οι λόγοι που επέλεξα τη συγκεκριμένη μέθοδο διδασκαλίας είναι πολυποίκιλοι, αλλά το σημαντικότερο στοιχείο, που ήθελα να επιτευχθεί, ήταν το γεγονός ότι το γνωστικό φορτίο της μάθησης με αυτό τον τρόπο διαμοιραζόταν ίσα σε όλα τα μέλη. Κατά επέκταση όλα τα μέλη της ομάδας μπορούσαν να συνεισφέρουν στο παραγόμενο αποτέλεσμα τόσο με τη δική τους γνώση, όσο με τη διαφορετική οπτική που κάθε φορά εξέταζαν κάθε πληροφορία, αλλά και με τις υποθέσεις που πραγματοποιούσαν. Το κάθε μέλος συνείσφερε στην ομάδα δημιουργικά, ανάλογα με τα ενδιαφέροντα και τις δεξιότητες του. Με αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε και ένας από τους κύριους στόχους της εποικοδομητικής μάθησης, αυτός της οικοδόμησης της γνώσης μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Επιπρόσθετα, στους ικανούς μαθητές η συνεργασία με αδύνατους γνωστικά συμμαθητές τους, πρόσφερε σημαντικές διανοητικές δεξιότητες καθώς

απαιτούνταν σκέψη και ανάλυση της ίδιας τους της γνώσης σε ανώτερο πνευματικό επίπεδο, ώστε να μπορέσουν, τόσο να βοηθήσουν, όσο και να πείσουν τα υπόλοιπα μέλη με τις απόψεις τους (Evensen & Hmelo, 2000, σ 110).

Ενώ πολλές έρευνες έχουν δείξει τον υψηλό βαθμό συσχέτισης μεταξύ της ομαδοσυνεργατικής μάθησης και της επίδοσής των μαθητών, δεν έχει αναλυθεί και δεν έχει κατανοηθεί με ποιόν τρόπο οι μαθητές θα μπορούσαν να εμπλακούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε συνθήκες συνεργασίας. Μία πρόταση στο συγκεκριμένο θέμα αποτελεί και η δραστηριότητα που έχει αναπτυχθεί από το μουσείο επιστημών του Λονδίνου γνωστή και ως «Mystery boxes».

Συνεπώς η πρώτη δραστηριότητα που ενέπλεξα τις ομάδες ήταν και η δραστηριότητα «Μυστηριώδη κουτιά». Σε αυτή τα μέλη της ομάδας θα έπρεπε να παρατηρήσουν και να υποθέσουν, χωρίς να μπορούν να δουν, μια σειρά αντικειμένων τα οποία βρίσκονταν μέσα σε διάφορα κλειστά αδιαφανή κουτιά. Στις ομάδες μοιράστηκε το (Έγγραφο 1), στο οποίο υπήρχαν μια σειρά καθοδηγούμενες ερωτήσεις οι οποίες ήταν ικανές και οδήγησαν τους μαθητές, μέσα από διαδικασίες εξερεύνησης και παρατήρησης στην τελική υπόθεση. Η τελική αυτή υπόθεση της ομάδας, έπρεπε για να ανακοινωθεί να είναι μοναδική και κοινά αποδεκτή από όλα τα μέλη.

Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές κατάφεραν να καλλιεργήσουν και να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η παρατήρηση, η υπόθεση, η εξερεύνηση, ο έλεγχος υποθέσεων, η συζήτηση, η ανάπτυξη επιχειρημάτων, η διαπραγμάτευση και τέλος η ομαδική εργασία. Άρα η συγκεκριμένη δραστηριότητα ήταν ιδιαίτερα σημαντική καθώς τα θετικά της αποτελέσματα διαπιστώνονται σε δύο επίπεδα που σχετίζονται της εποικοδομητικής προσέγγισης. Σε πρώτο επίπεδο, οι μαθητές αντιλήφθηκαν διαισθητικά την πορεία κατάκτησης της επιστημονικής γνώσης, μέσα από μια συνεχή συνδιαλλαγή υποθέσεων και ελέγχων. Κυριότερα δε, συνειδητοποίησαν πως η συζήτηση είναι μια διαδικασία ζωτικής σημασίας στην πορεία της επιστήμης, αλλά και πως η επιστήμη είναι τόσο δημιουργικότητα όσο και κοινωνικότητα. Σε ένα δεύτερο επίπεδο η συνεργασία μέσα σε μια ομάδα έχει μια κοινωνική συνιστώσα που θεωρείται πολύ σημαντική. Ο διάλογος θέτει τις σκέψεις, τις θέσεις, τις ιδέες, τις αντιλήψεις, τις νοητικές αναπαραστάσεις όλων των μελών σε μια συνεχή διαπραγμάτευση. Αποτέλεσμα αυτών των διεργασιών αποτελεί η εποικοδομητική θέση της σταδιακής αλλαγής αντίληψης για τον κόσμο. (Περισσότερα στοιχεία για τη δραστηριότητα υπάρχουν στη διεύθυνση http://www.sciencemuseum.org.uk/educators_OLD/classroom_and_homework_resources/resources/mystery_boxes.aspx)

Με το τέλος της δραστηριότητας ενημέρωσα τους μαθητές για τα θέματα τα οποία και θα ασχολούμασταν το επόμενο χρονικό διάστημα.

2η Διδακτική φάση: Φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών για την ενέργεια.

Οι μαθητές έρχονται στο σχολείο και μετέχουν στη διδακτική διαδικασία έχοντας, για τα φυσικά φαινόμενα, ήδη κάποιες εναλλακτικές ιδέες, αντιλήψεις, νοητικές αναπαραστάσεις μέσω των οποίων κατανοούν τον κόσμο. Αυτές οι προϋπάρχουσες εναλλακτικές παρουσιάζουν μεγάλη συνοχή και στην πλειοψηφία τους είναι αντίθετες από την επιστημονικά τεκμηριωμένη άποψη για κάποιο φυσικό φαινόμενο. Θεωρούνται δε, για τον εποικοδομητισμό, τόσο σημαντικές που ο παιδοψυχολόγος Ausubel αναφέρει ότι: « Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει». (Osborne & Freyberg, 1991, σ 82). Οι περισσότερες από αυτές τις ιδέες βασίζονται στις καθημερινές εμπειρίες και παρατηρήσεις των μαθητών. Για παράδειγμα στον τομέα της γεωγραφίας - αστρονομίας υπάρχει στους μαθητές πολύ διαδεδομένη η πεποίθηση ότι η εναλλαγή των εποχών οφείλεται στην απόσταση του ήλιου από την γη (Donovan & Bransford, 2005, σ 399). Οι μαθητές έχουν επίσης κάποιες κοινές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με την ενέργεια και την συνδέουν με τους ζωντανούς οργανισμούς και ειδικότερα με τον άνθρωπο. Άλλοτε συνδέουν την ενέργεια με την κίνηση και την δύναμη και άλλοτε την θεωρούν ως υγρό το οποίο μεταφέρεται, ρέει, από ένα αντικείμενο στο άλλο (Driver et all., 1998, σ 259 - 265). Οι περισσότεροι δε μαθητές πιστεύουν ότι ο ήλιος μας

παρέχει θερμότητα και φως, αλλά πολύ λίγοι αντιλαμβάνονται αυτή τη θερμότητα και το φως ως ενέργεια.

Σύμφωνα με την θέση του εποικοδομητισμού η μάθηση εξαρτάται από τις γνωστικές δομές. Επειδή κάθε ξεχωριστή γνωστική δομή θα αξιοποιήσει με άλλο τρόπο τη πληροφορία, ο κάθε μαθητής αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση. Η νέα γνώση ή θα ενσωματωθεί στην υπάρχουσα δομή του μαθητή ή θα απομονωθεί και θα χαθεί. (Κόκκοτας, 2008, σ. 57).

Η αποτύπωση των αρχικών ιδεών των μαθητών για τις έννοιες που θα ασχολούμασταν έγινε με την βοήθεια ενός καθοδηγητικού πλαισίου συζήτησης μέσα στην ομάδα. Για τον λόγο αυτό μοίρασα σε κάθε ομάδα το (Έγγραφο 2), το οποίο περιείχε ερωτήσεις σχετικά με την ενέργεια. Μέσα από διάλογο και συζήτηση στην ομάδα, οι μαθητές απάντησαν, σταδιακά για κάθε επίπεδο, γραπτά τις ερωτήσεις. Τα ξεχωριστά επίπεδα των ερωτήσεων ορίστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει ξεχωριστή ενότητα που θα ασχολούμασταν ως ολομέλεια της τάξης και έτσι να μην υπάρχει υπερφόρτωση πληροφοριών. Αφού οι μαθητές σε κάθε ομάδα τελείωναν με την καταγραφή των απόψεών τους η συζήτηση μεταφερόταν στο επίπεδο της ολομέλειας της τάξης. Εκεί με την δικά μου καθοδήγηση και με την βοήθεια παρουσίασης σχετικών φωτογραφιών, μέσω Power Point (Παρουσίαση 1), υπήρξε συζήτηση για τις σχετικές έννοιες. Είχα βέβαια διαρκώς στο νου μας ότι, οι παρουσιάσεις των εικόνων και του περιεχομένου δεν αποτέλεσαν μια διάλεξη από μέρους μου, που καθιστά τον μαθητή έναν παθητικό δέκτη, αλλά ήταν με τέτοιο τρόπο οργανωμένες ώστε να διεγείρουν την περιέργεια και την προσοχή των μαθητών και αν υπάρχει έτσι πρόσκληση ενδιαφέροντος.

Όλη η διδασκαλία διεξήχθη όπως άλλωστε ορίζεται στη σχετική βιβλιογραφία (Joyce et all, 2000, σ 249 – 260), με τέτοιο τρόπο ώστε αρχικά να ανακαλούνται οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών και στη συνέχεια με την παρουσίαση των δεδομένων, είτε από πλευράς μου είτε από την πλευρά των συμμαθητών τους, να τους βοηθά, να οικοδομήσουν μόνοι τους την γνώση. Αυτή η οικοδόμηση της γνώσης πολλές φορές βέβαια ενέχει και στοιχεία γνωστικής σύγκρουσης. Μια δηλαδή κατάσταση κατά την οποία ο μαθητής δεν έρχεται αντιμέτωπος με τις απόψεις των άλλων, αλλά με την διάψευση των δικών του απόψεων ή των προβλέψεων που ο ίδιος κάνει (Κόκκοτας, 2008, σ. 210). Αποτέλεσμα αυτής της σύγκρουσης είναι και η εννοιολογική αλλαγή.

3η Διδακτική φάση: Φάση της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών για την ενέργεια.

Είναι σίγουρο ότι, όπως αναφέρθηκα και προηγουμένως η νέα γνώση ή θα ενσωματωθεί στην υπάρχουσα δομή του μαθητή ή θα απομονωθεί και θα χαθεί. Μέλημά μου λοιπόν ήταν να φροντίσω, δίνοντας την κατάλληλη παρώθηση και δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες, να μην απομονωθεί αυτή η νέα γνώση. Στην καθοδηγούμενη συζήτηση που έγινε με αφορμή τις ερωτήσεις στο (Έγγραφο 2 επίπεδο 3) δημιουργήθηκε ουσιαστικά και η γέφυρα σύνδεσης και αφόρμησης συζήτησης για τα οφέλη της ενέργειας στα φυτά. Είναι αλήθεια πως η ίδια η φύση μας δίνει ένα ικανοποιητικό παράδειγμα με την συμπεριφορά των ηλιοτρόπιων για να αντιληφθούμε την σύνδεση της ενέργειας με τον προσανατολισμό μέσω του φαινομένου του φωτοτροπισμού.

Σχετικές εικόνες για το φαινόμενο του φωτοτροπισμού παρουσίασα στους μαθητές με την βοήθεια φωτογραφιών του Power Point (Παρουσίαση 2). Οι φωτογραφίες αυτές αποτέλεσαν την αφόρμηση για συζήτηση σχετικά με την ενέργεια και την απάντηση στην ερώτηση τι τελικά μας δίνει ο ήλιος (μόνο θερμότητα;) Μια πολύ καλύτερη αναπαράσταση του φαινομένου μπόρεσα να μεταδώσω στους μαθητές με την προβολή του βίντεο από τον ιστότοπο της εγκυκλοπαίδειας Britannica http://www.britannica.com/EBchecked/topic/606659/tropism, αλλά και με τη βοήθεια της εικονικής αναπαράστασης φωτοτροπισμού στον ιστότοπο http://kpe-kastor.kas.sch.gr/leaf/texts/movement.htm. Για να γίνει πιο βιωματική η σύνδεση της ηλιακής ακτινοβολίας με την ενέργεια, πήρα δύο γλάστρες με το ίδιο φυτό και συμφωνήσαμε με τους μαθητές και τις τοποθετήσουμε στην τάξη σε διαφορετικά σημεία. Έτσι η μία γλάστρα τοποθετήθηκε σε προσήλιο σημείο και η άλλη στη σκιά. Στη συνέχεια κατέγραψαν και σχεδίασαν την κατάσταση που θα βρίσκονταν κάθε φυτό μετά από 4 εβδομάδες.

2η Διδακτική φάση: Φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών για τον προσανατολισμό.

Με την ανάλυση του φαινομένου του φωτοτροπισμού έγινε και η απαραίτητη σύνδεση μεταξύ της ενέργειας και του προσανατολισμού. Η βασική δεξιότητα του προσανατολισμού απαιτεί την πλήρη κατανόηση από τους μαθητές της περιστροφής και της περιφοράς (ιδιοπεριστροφής) της γης. Για το λόγο αυτό η σειρά της διδακτικής παρέμβασης ήταν απαραίτητο να επιστρέψει στη προηγούμενη φάση και να διερευνηθούν οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για θέματα που σχετίζονται με τον προσανατολισμό.

Μοίρασα στις ομάδες ένα φύλλο διερεύνησης - αξιολόγησης των απόψεων των μαθητών σε ερωτήσεις σχετικά με τον προσανατολισμό (Έγγραφο 3). Το φύλλο αυτό αποτέλεσε τόσο εργαλείο ανάδειξης και καταγραφής των εναλλακτικών ιδεών, όσο και εργαλείο ενδιάμεσης αξιολόγησης. Το ίδιο φύλλο δόθηκε εκ νέου μετά την 3η φάση της διδακτικής παρέμβασης για να διαπιστωθεί η αλλαγή και ο βαθμός που αυτή είχε συντελεστεί. Κατά την διάρκεια της αρχικής επαφής των μαθητών με τις έννοιες της περιστροφής και της περιφοράς της γης και αφού καταγράφηκαν οι απόψεις τους, έγινε συζήτηση στα πλαίσια της ολομέλειας, με παράλληλη παρουσίαση σχετικών με το θέμα φωτογραφιών μέσω Power Point (Παρουσίαση 3).

3η Διδακτική φάση: Φάση της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών για τον προσανατολισμό.

Χωρίς να θεωρείται ότι η φάση της αναδόμησης των ιδεών για τον προσανατολισμό, θα ακολουθήσει απαρέγκλιτα την σειρά που προτείνεται, αρχίζουμε την προσέγγιση με ένα πείραμα επίδειξης. Προσαρμόζουμε επάνω σε μια υδρόγειο σφαίρα δύο φωτοστοιχεία του εμπορίου. Τα συνδέουμε είτε με πολύμετρο είτε με λεντάκια για να μπορούν οι μαθητές να μετρούν ή να βλέπουν την ένταση και την τάση του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγουν τα στοιχεία. Σε κοντινή απόσταση τοποθετούμε μία ισχυρή λάμπα που εξομοιώνει την φωτεινή ενέργεια του ήλιου. Φροντίζουμε να σκοτεινιάσουμε όσο μπορούμε την αίθουσα και ανάβουμε την λάμπα. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι ανάλογα με την θέση που βρίσκονται τα στοιχεία στην υδρόγειο υπάρχουν διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής τάσης ή έντασης των λεντ. Επίσης, προσομοιώνοντας την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο και συνδέοντας αυτή τη κίνηση με την εναλλαγή των εποχών, μπορούμε να τοποθετήσουμε την υδρόγειο σε διαφορετικές θέσεις περιμετρικά της λάμπας και να διαπιστώσουν ότι και τότε υπάρχουν διαφορετικές τιμές ηλεκτρικής τάσης ή έντασης των λεντ.

Οι προσομοιώσεις προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην διαδικασία μάθησης και κυριότερο είναι το ότι απλουστεύουν σε μεγάλο βαθμό τον πραγματικό κόσμο. Δευτερευόντως βοηθούν την σκέψη των μαθητών και τους οδηγούν να μαθαίνουν μέσα από αυτοπαραγώμενη ανάδραση. Σε ένα περιβάλλον εξομοίωσης ο ρόλος του δασκάλου είναι επίσης σημαντικός καθώς πρέπει να είναι τόσο επεξηγηματικός, όσο καθοδηγητικός, διαμεσολαβητικός και συμβουλευτικός κυρίως με την βοήθεια της συζήτησης και του διαλόγου (Joyce et all, 2000, σ 351 – 353).

Υπάρχουν αρκετοί προσομοιωτές που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να διδάξουμε την περιφορά και την περιστροφή της γης. Το κυριότερο βέβαια είναι αν βρούμε εκείνους τους προσομοιωτές που συνδυάζουν την επιστημονική γνώση και την παρουσιάζουν σε συνθήκες οι οποίες είναι άμεσα προσβάσιμες στην εμπειρία και τα βιώματα του μαθητή. Αφού οι ομάδες οδηγήθηκαν στους υπολογιστές τους και έγιναν οι απαραίτητες βασικές ενέργειες έγινε η σύνδεση με το μοντέλο προσομοίωσης στον ιστότοπο http://astro.unl.edu/naap/motion1/animations/seasons_ecliptic.html Αυτό το μοντέλο αποτέλεσε την πρώτη επαφή των μαθητών με τις έννοιες που σχετίζονται του προσανατολισμού. Οι ομάδες επεξεργάστηκαν για δεδομένη ώρα και περιηγήθηκαν στο περιβάλλον του προσομοιωτή χωρίς κάποια παρέμβαση από πλευράς μου, παρά μόνο κάποιες εξηγήσεις που αφορούσαν την μετάφραση αγγλικής ορολογίας. Στη συνέχεια έγινε σύνδεση στον προσομοιωτή που βρίσκεται στον ιστότοπο http://www.sunmoonscope.com. Με την βοήθειά του οι μαθητές βιωματικά μπόρεσαν να επεκταθούν στις έννοιες και τις αναπαραστάσεις, κυρίως της περιστροφής της γης, του τόπου που βρισκόμαστε ή που επιθυμούμε να

βρισκόμαστε, και του χρόνου. Επίσης έδωσα κατάλληλες οδηγίες και οι μαθητές κατεβάσανε το λογισμικό stellarium δωρεάν από τον ιστότοπο http://www.stellarium.org/el. Τους βοήθησε πιστεύω ιδιαίτερα στην κατασκευή του νοητικού μοντέλου, που έπρεπε να συνθέσουν, καθώς αποτελεί μια πιο αληθοφανή εκδοχή της κίνησης του ουράνιου θόλου και το κυριότερο είναι ότι υπάρχει Ελληνική έκδοση. Τέλος για να μπορέσουν να έχουν μια πιο «κοντινή» άποψη προσομοίωσης αναφορικά με τον Βόλο συνδέθηκαν στον ιστότοπο http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/. Τοποθετώντας το αντίστοιχο βελάκι στον χάρτη της περιοχής ή της πόλης μας, μπόρεσαν επιλέγοντας τα κουτάκια Sunrise, Sunset να αποτυπώσουν, για κάθε επιθυμητή ημερομηνία, την ανατολή και τη δύση καθώς και την πορεία του ήλιου.

Για την ακόμα καλύτερη δυνατή αναπαράσταση διοργάνωσα ένα βιωματικό παιχνίδι ρόλων. Στο μέσο της τάξης δημιουργήσαμε ένα χώρο και αφήσαμε ένα κενό διάδρομο και αναπαραστήσαμε τον ισημερινό της γης τοποθετώντας σε αυτή την νοητή γραμμή μια χαρτοταινία. Επίσης αναπαραστήσαμε τη γη τοποθετώντας τους μαθητές σε ανάλογες θέσεις όπου και παρίσταναν διάφορες χώρες του βορείου και νοτίου ημισφαιρίου. Κάποιος από τους μαθητές, κρατώντας μια λάμπα αναμμένη προσομοίωσε την κίνηση του ήλιου (όπως αυτή γίνεται κατανοητή στην καθημερινή μας ζωή). Κινούταν δηλαδή με φορά από την υποτιθέμενη ανατολή προς την δύση. Οι υπόλοιποι μαθητές παρακολουθούσαν τόσο την φορά της κίνησης του ήλιου όσο και την φορά κίνησης της σκιάς των συμμαθητών τους που βρίσκονται δίπλα τους ή μπροστά τους.

Για να αποτελέσουν όλα τα παραπάνω μαθησιακή διαδικασία και να παραχθεί μαθησιακό αποτέλεσμα μοιράστηκε στις ομάδες το φύλλο εργασίας (Έγγραφο 4). Αυτό βοήθησε στο να μπορέσουν οι μαθητές να κάνουν τις απαραίτητες συνδέσεις και να ανακαλέσουν χρήσιμες γνώσεις που θα τους βοηθούσε στην επίλυση του προβλήματος. Οι δραστηριότητες αυτές δεν αποτέλεσαν μόνο την αφόρμηση για ανάκληση, αλλά παράλληλα ήταν και μεταγνωστικές δραστηριότητες. Η μεγάλη πρόκληση ήταν όταν άφησα τους μαθητές να πειραματιστούν στις ομάδες και να προσπαθήσουν τελείως μόνοι τους, να οικοδομήσουν την γνώση που τους παρέχεται επιλύοντας παράλληλα ένα πρόβλημα που βασίζεται σε αυθεντικές καταστάσεις. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν βοήθησα με ανάλογη συζήτηση, όπου έκρινα αναγκαίο και ανάλογα με το μαθητικό δυναμικό της κάθε ομάδας. Με την ολοκλήρωση της συμπλήρωσης του φύλλο εργασίας μοίρασα πάλι στις ομάδες ένα κενό αντίγραφο του προηγούμενου φύλλου εργασίας (Έγγραφο 3) το οποίο και αποτέλεσε την βάση της ενδιάμεσης αξιολόγησης.

4η Διδακτική φάση: Φάση εφαρμογής. Γόνιμη σύνθεση εννοιών ενέργειας και προσανατολισμού.

Για να υπάρξει ακόμα καλύτερη σύνδεση των εννοιών του προσανατολισμού και της ενέργειας έγινε συζήτηση στα πλαίσια της ολομέλειας, με παράλληλη παρουσίαση σχετικών με το θέμα φωτογραφιών, μέσω Power Point (Παρουσίαση 4), που συνδέουν το αποτέλεσμα της κίνησης του ήλιου σε ένα σωστά προσανατολισμένο σπίτι καθ όλη τη διάρκεια του έτους.

Στη συνέχεια οι ομάδες έπρεπε να προβούν σε μια γόνιμη σύνθεση των δεδομένων, των στοιχείων που είχαν αποκομίσει καθώς και των γνώσεων που είχαν κατανοήσει τα μέλη τους και να τα εφαρμόσουν σε μια μεταγνωστική δεξιότητα. Ο βαθμός κατανόησης των γνώσεων από την καθεμία ξεχωριστή γνωστική περιοχή, καθώς και η διαισθητική σύνδεση προσανατολισμού και ενέργειας, ελέγχθηκαν μέσα από την επιτυχή εφαρμογή του πειράματος «Pizza Box». Οδηγίες για τα υλικά, την κατασκευή και την διεξαγωγή του πειράματος μοιράστηκαν στις ομάδες με το φύλλο εργασίας (Έγγραφο 5). Κάθε ομάδα και μέσα από συνεργατικές παρεμβάσεις των μελών κατάφερε να κατασκευάσει τη πειραματική διάταξη που απαιτούταν. Σε κατάλληλο χώρο, μια ηλιόλουστη ημέρα οι ομάδες, με την βοήθεια των γνώσεων που είχαν κατακτήσει, όρισαν αρχικά σημεία προσανατολισμού. Στη συνέχεια προσανατόλισαν με τέτοιο τρόπο την διάταξή τους ώστε να επιτύχουν την υψηλότερη δυνατή θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα της αύξησης της θερμοκρασίας καταγράφηκαν για κάθε ομάδα σε ένα έντυπο καταγραφής (Έγγραφο 6).

5η Διδακτική φάση: Φάση της ανασκόπησης.

Μετά το τέλος του πειράματος η κάθε ομάδα ανακοίνωσε στην ολομέλεια της τάξης τα αποτελέσματα του φύλλου καταγραφής. Αυτό στάθηκε αφορμή για τη διοργάνωση μιας διευρυμένης συζήτησης. Στην αρχή συζητήθηκαν και αναλύθηκαν σε βάθος τα αποτελέσματα κάθε ομάδας καθώς οι παράμετροι που έπρεπε να αναλυθούν για να πετύχουν την καλύτερη θερμοκρασία. Αυτή η συζήτηση αποτέλεσε παράλληλα και μιας μορφής διαμορφωτική αξιολόγηση. Στη συνέχεια η συζήτηση περιστράφηκε σε θέματα συνεργασίας στις ομάδες καθώς και την κατάθεση της άποψης των ίδιων των μαθητών για την διαδικασία που ακολουθήθηκε, αναλύοντας παράλληλα τα όποια θετικά ή αρνητικά στοιχεία.

Συμπεράσματα.

Τόσο η προσωπική μου διαπίστωση, όσο και η άποψη των μαθητών που κατατέθηκε στην απολογιστική συζήτηση, συνηγορούν στην άποψη, ότι η διδακτική παρέμβαση και η διοργάνωση τόσο του συγκεκριμένου μαθησιακού περιβάλλοντος όσο και της διδασκαλίας, είχαν πολυεπίπεδα θετικά αποτελέσματα. Στο γνωστικό τομέα οι μαθητές μπόρεσαν να οικοδομήσουν τη νέα γνώση και να την εφαρμόσουν στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Την ίδια αυτή γνώση που οικοδόμησαν την έθεσαν ως βάση στη συνέχιση του project, για την κατανόηση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Η μεγαλύτερη όμως θεωρώ επιτυχία (μιας και ήταν η πρώτη μου απόπειρα συνεργατικής μάθησης), ήταν η επίτευξη από το σύνολο των μαθητών, μιας βασικής δεξιότητας χρήσιμης σε όλη την μετέπειτα ζωή τους. Της δεξιότητας της ομαδικής εργασίας, ειδικότερα της συνεργασίας και της δημιουργίας συνεργατικού πνεύματος. Είναι αλήθεια ότι στην σημερινή πραγματικότητα η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών στην ελληνική εκπαίδευση προτιμούν την μετωπική παραδοσιακή διδασκαλία, λιγότεροι προτιμούν κάποιας μορφής ομαδική εργασία και ελάχιστοι την ομαδοσυνεργατική. Το γεγονός αυτό δημιουργεί με την σειρά του αξεπέραστα εμπόδια στην προσπάθεια εφαρμογής ενός σχεδίου εργασίας, μιας και οι μαθητές δεν έχουν μάθει να εργάζονται μέσα σε ομάδες και κατά συνέπεια, δεν ξέρουν να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν, για την επίλυση ενός προβλήματος ή για την επίτευξη ενός στόχου. Αν προσπαθώντας να αναλύσουμε την σημερινή κατάσταση της χώρας ανατρέξουμε στις ρίζες του προβλήματος, μια κοινή διαπίστωση θα είναι και η έλλειψη παιδείας. Μια έλλειψη παιδείας που δεν προέρχεται μόνο από την έλλειψη γνωστικού υπόβαθρου, - Είναι εύκολο να διαπιστώσει κάποιος ότι οι εργολάβοι κατασκευάζουν και καταφέρνουν να πουλάνε κτίρια που δεν είναι στην πλειονότητά τους σωστά προσανατολισμένα – Οι μηχανικοί κατασκευάζουν εγκαταστάσεις ηλιακών πάνελ που είναι προσανατολισμένα στην ανατολή ή στη δύση, - αλλά προέρχεται επίσης και από την παντελή έλλειψη συνεργατικού πνεύματος. Θεωρώ κατά συνέπεια τον εαυτό μου τυχερό που κατάφερα, μέσα από αυτή τη παρέμβαση, να μεταδώσω στους μαθητές μου την αξία αυτού του συνεργατικού πνεύματος, ώστε οι ίδιοι μπόρεσαν να συνεργαστούν και πέτυχαν ένα κοινό στόχο.

Βιβλιογραφία

Bogner F. – Boudalis A. – Sotiriou S. (2012). *Pathway*. Best Practices of Inquiry - Based Science Education Method and Activities. Pallini Attikis: Epinoia S.A.

Donovan S. & Bransford J. (2005). *How Students Learn*. History, Mathematics and Science in the Clasroom. National Research Council of the National Academies. Washington D.C. : The National Academies Press.

Driver R. et all. (1998). *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. (Χατζή Μ. Μετ). Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών. Αθήνα: Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδάνος.

Evensen D. & Hmelo C. (2000). *Problem – Based Learning.* A Research Respective on Learning Interactions. London: Laurence Erlbaum Associates Publishers.

Harlen W. & Elstgeest J. (2005). *Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. (Φεργαδιώτου Ι. Μετ). Αθήνα: Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδάνος.

Joyce B., Weil M., Calhoun E. (2000). *Models of Teaching*. (6 th Edition). United States of America: A Pearson Education Company.

Κόκκοτας Π. (2008). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.* (Μέρος Δεύτερο). Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Ματσαγγούρας Η. (2007). *Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας*. (Τόμος Δεύτερος): Στρατηγικές Διδασκαλίας. Η Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη. (5η Έκδοση). Αθήνα: Gutenberg.

Osborne R., Freyberg P. (1991). *Learning in Science*. The Implications of Children's Science. Hong Kong: Heinemann.

Σπυροπούλου-Κατσάνη Δ. (2000). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Τυπωθήτω – Γιώργος Δαρδάνος.

Χριστιάς, Ι. (1992). Θεωρία και Μεθοδολογία της Διδασκαλίας. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Παράρτημα 1: Έγγραφο 1

<u>Ερωτήσεις Καθοδήγησης για Δραστηριότητα «MysteryBoxes»</u>

- ✓ Από τι υλικό ή υλικά νομίζετε ότι είναι κατασκευασμένο το αντικείμενο;
- ✓ Πόσο χώρο καταλαμβάνει το αντικείμενο μέσα στο κουτί;
- ✓ Πως κινείτε το αντικείμενο μέσα στο κουτί;
- ✓ Τι σχήμα πιστεύετε ότι έχει το αντικείμενο;
- ✓ Πιστεύετε ότι μπορείτε να σχεδιάσετε πως μοιάζει το αντικείμενο;
- ✓ Πώς ξέρετε (ελέγξατε) από τι είναι φτιαγμένο αυτό το αντικείμενο;
- ✓ Διερευνήσατε όλα τα κουτιά με τον ίδιο τρόπο;
- ✓ Με ποιο τρόπο αποφασίσατε για την τελική υπόθεση της ομάδας σας;
- ✓ Πρότεινε κάποιος από την ομάδα σας μια διαφορετική ιδέα την οποία ελέγξατε;
- ✓ Προσπαθήσατε να σχηματίσετε μια εικόνα στο μυαλό σας για το αντικείμενο που είναι στο κουτί;

Παράρτημα 2: Έγγραφο 2

<u>Φύλλο ερωτήσεων για καθοδηγούμενη συζήτηση</u>

Επίπεδο 1.

- Μπορείτε να φανταστείτε τι θα γινόταν αν δεν υπήρχε ο ήλιος;
- Ο ήλιος μας δίνει μόνο θερμότητα;
- Αν νομίζετε ότι ο ήλιος εκπέμπει μόνο θερμότητα τότε γιατί το διάστημα μεταξύ του ήλιου και της γης, όπως και η σελήνη είναι κρύα;

Επίπεδο 2.

- Πως πιστεύετε ότι ο ήλιος επηρεάζει την ζωή όχι μόνο την δική μας αλλά και όλου του πλανήτη;
- Πως χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία τα φυτά;
- Που νομίζετε ότι βρίσκουν την ενέργεια όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί;

Επίπεδο 3.

- Από πού νομίζετε ότι προέρχεται η ενέργεια που χρησιμοποιούμε για την θέρμανση και τον φωτισμό του σχολείου ή του σπιτιού μας;
- Ο ήλιος μας δίνει φως όπως και ο φακός ή η λάμπα αλλά που βρίσκουν την ενέργεια αυτά τα αντικείμενα;
- Γιατί το πετρέλαιο και το κάρβουνο θεωρούνται μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;
- Αναφέρετε κάποιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας;

Παράρτημα 3: Έγγραφο 3
Φύλλο Αξιολόγησης για τον Προσανατολισμό

Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του βορείου ημισφαιρίου ποια είναι η φορά κίνησης του ήλιου;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του βορείου ημισφαιρίου σε ποια κατεύθυνση σε σχέση με κάποιο σημείο του ορίζοντα κινείται ο ήλιος;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του βορείου ημισφαιρίου ποια είναι η φορά κίνησης της σκιάς;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του βορείου ημισφαιρίου σε ποια κατεύθυνση σε σχέση με κάποιο σημείο του ορίζοντα κινείται η σκιά;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του νοτίου ημισφαιρίου ποια είναι η φορά κίνησης του ήλιου;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του νοτίου ημισφαιρίου σε ποια κατεύθυνση σε σχέση με κάποιο σημείο του ορίζοντα κινείται ο ήλιος;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του νοτίου ημισφαιρίου ποια είναι η φορά κίνησης της σκιάς;
Όταν βρίσκεσαι σε χώρα του νοτίου ημισφαιρίου σε ποια κατεύθυνση σε σχέση με κάποιο σημείο του ορίζοντα κινείται η σκιά;

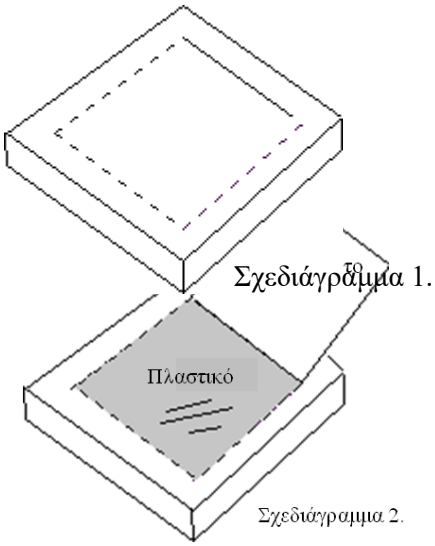
Παράρτημα 4: Έγγραφο 4
Φύλλο Ερωτήσεων για Εξαγωγή Συμπερασμάτων Σχετικά με τον Προσανατολισμό

- Ο ήλιος ανατέλλει από το ίδιο σημείο κάθε μέρα καθ όλη την διάρκεια του χρόνου;
- Παρατηρώντας μια τυχαία μέρα τον ήλιο να ανατέλλει από κάποιο συγκεκριμένο σημείο μπορούμε να υποθέσουμε ότι αυτό το σημείο είναι η ανατολή;
- Βρισκόμαστε στην Ελλάδα. Μπορούμε να συνδέσουμε την κίνηση του ήλιου, καθ όλη τη διάρκεια της ημέρας, με κάποιο συγκεκριμένο σημείο προσανατολισμού (σημείο του ορίζοντα);
- Βρισκόμαστε στην Ελλάδα. Μπορούμε να συνδέσουμε την κίνηση της σκιάς, καθ όλη τη διάρκεια της ημέρας, με κάποιο συγκεκριμένο σημείο προσανατολισμού (σημείο του ορίζοντα);

Μπορείτε συνδέοντας όλα τα στοιχεία για την κίνηση του ήλιου και τα σημεία του ορίζοντα να εξάγεται κάποιο συγκεκριμένο κανόνα προσανατολισμού που θα ισχύει συνδέοντας την ώρα της ημέρας και τα σημεία του ορίζοντα;

ΚΑΝΟΝΑΣ

Παράρτημα 5: Έγγραφο 5
Φύλλο Υλικών και Οδηγιών Διεξαγωγής Πειράματος
Πείραμα: ¨Φούρνος με κουτί πίτσας¨
Υλικά κάθε ομάδας:
Ένα κουτί πίτσας. Αλουμινόχαρτο. Μαύρο χαρτόνι. Διάφανο πλαστικό (για χάρτες). Κόλλα, χαρτοταινία, ψαλίδι ή χαρτοκόπτη, μαρκαδόρο, χάρακα. Ξύλινη ράβδο ή καλαμάκι. Θερμόμετρο.
Κατασκευή -Εκτέλεση:

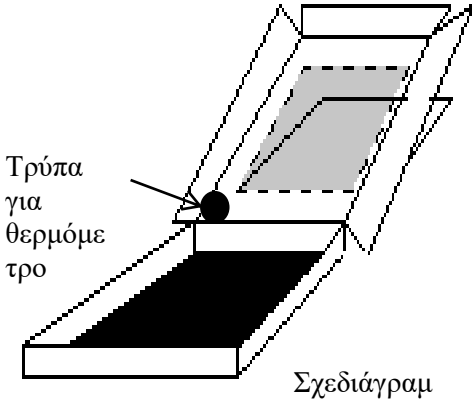


Σχεδιάγραμμα 1.

Σχεδιάγραμμα 2.

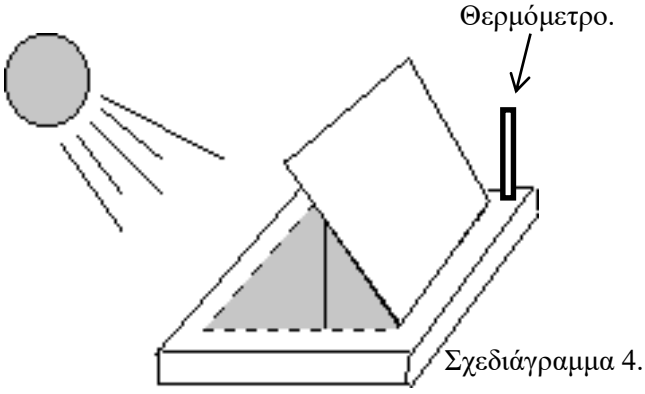
Με την βοήθεια του χάρακα σχεδιάστε στο καπάκι του κουτιού πλαίσια 3 εκατοστών από τα όριά του όπως φαίνονται στο σχεδιάγραμμα 1

Κόψτε προσεκτικά τις τρείς πλευρές και τσακίστε την τέταρτη έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα καινούργιο καπάκι. Στο εσωτερικό του κουτιού κόψτε και κολλήστε αλουμινόχαρτο. Κόψτε ένα κομμάτι διαφανές πλαστικό στις διαστάσεις από ολόκληρο το καπάκι και κολλήστε το εσωτερικά προσεκτικά έτσι ώστε να σφραγιστεί και να μην μπορεί να διαφύγει αέρας προς το περιβάλλον. Σχεδιάγραμμα 2.



Σχεδιάγραμμα 3.

Στο εσωτερικό του κουτιού καλύψτε το κάτω μέρος με μαύρο χαρτόνι και δημιουργήστε στο καπάκι, προσεκτικά μια τρύπα που θα είναι ακριβώς ίδια με την διατομή του θερμομέτρου. Σχεδιάγραμμα 3.



Σχεδιάγραμμα 4.

Σχεδιάγραμμα 4.

Αφού τελειώσετε με τις λεπτομέρειες και είστε σίγουροι ότι έχετε το επιθυμητό αποτέλεσμα, κλείστε με χαρτοταινία ερμητικά το κουτί. Ανυψώστε το καινούργιο καπάκι και προσαρμόστε ένα ξύλινο ραβδάκι ή καλαμάκι σε μια συγκεκριμένη θέση ώστε αυτό να μένει σταθερό ανοιγμένο σε μια δεδομένη θέση.

Προσανατολίστε το κουτί σε διαφορετικά σημεία του ορίζοντα όπως θα ορίσει για κάθε ομάδα ο δάσκαλος.

Κάθε ομάδα καταγράφει στο φύλλο καταγραφής σε τακτά διαστήματα τις θερμοκρασίες του θερμομέτρου. (5 - 10 - 15 λεπτά).

Παράρτημα 6: Έγγραφο 6
Φύλλο Καταγραφής Πειράματος
ΟΜΑΔΑ …… ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ……..

ΧΡΟΝΟΣ (λεπτά)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)

Προκαταρκτική διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για τη φωτοσύνθεση

Ντρουμπογιάννη, Α.
Γυμνάσιο Ατσιποπούλου Ρεθύμνου, algiodia@otenet.gr

Περίληψη

Η εκπαιδευτική έρευνα τις τελευταίες δεκαετίες διερευνά τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Η παρούσα πιλοτική έρευνα σε μαθητές της Α΄ Γυμνασίου είναι μια απόπειρα προκαταρκτικής διερεύνησης των αντιλήψεων τους σχετικά με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η έρευνα αυτή είναι εν εξελίξει στο ίδιο σχολείο για τέσσερεις σχολικές χρονιές. Από τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής αυτής έρευνας διαπιστώθηκε η λανθασμένη αντίληψη των μαθητών σχετικά με το ρόλο της χλωροφύλλης και οι ουσιοκρατικές και ανθρωποκεντρικές αντιλήψεις των μαθητών για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η ανάλυση των δεδομένων μας οδήγησε στην βελτίωση του ερωτηματολογίου μας αλλά και στην αναζήτηση αλλαγών στη διδασκαλία μας με διαθεματικό προσανατολισμό, ώστε αυτή να καταστεί δημιουργική και αποτελεσματική.

Abstract

The educational research in recent decades explores the perceptions of students about the concepts of Natural Sciences. This pilot study is an attempt to investigate the perceptions of the students on the function of photosynthesis. This research is ongoing at the same school during four academic years. The results of this study revealed students' misconceptions on the role of chlorophyll and also students' essentialist and anthropocentric conceptions of photosynthesis. Data analysis led us to improve our questionnaire and change our teaching method towards interdisciplinary orientation, in order to make it creative and effective.

Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τις τελευταίες δεκαετίες έχει στραφεί στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες που διαπραγματεύονται οι Φυσικές Επιστήμες. Η πρακτικο - βιωματική σκέψη των παιδιών, κυριαρχείται από αντιληπτικά δεδομένα, έχει περιορισμένη εστίαση, χρησιμοποιεί αδιάκριτα τις έννοιες και ακολουθεί έναν γραμμικό αιτιακό συλλογισμό (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου 2001α). Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι εμπόδια στην αλλαγή αντίληψης των μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί δεν αρκεί να γνωρίζουμε ικανοποιητικά την σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης που θα διδάξουμε μόνο αλλά να γνωρίζουμε ποιες είναι οι αντιλήψεις που έχουν ήδη οι μαθητές γι' αυτές τις έννοιες (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου 2001β).

Η πρακτικο-βιωματική γνώση οδηγεί στη δημιουργία νοητικών μοντέλων, τα οποία συγκρούονται με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης και παρουσιάζονται ιδιαίτερα ανθεκτικά στη διδασκαλία (Χατζηνικήτα 2001α). Οι έρευνες σε αυτόν τον τομέα επικεντρώνονται στον εντοπισμό εκείνων των γνωστικών εμποδίων, που δυσκολεύουν τη μαθησιακή διαδικασία παρεμβαίνοντας στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια απόπειρα προκαταρκτικής διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου σχετικά με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η έρευνα αυτή είναι πιλοτική και συνεχίζεται στο ίδιο σχολείο για τις τέσσερεις επόμενες σχολικές χρονιές. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 12 μαθητές της Α΄ Γυμνασίου .

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν και έγινε ταυτόχρονα σύγκριση των αποτελεσμάτων της έρευνας με αντίστοιχα, που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία και φαίνεται να συμφωνούν με αυτά. Τα αποτελέσματα που εξάγαμε μας προβληματίζουν σχετικά με τη αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας μας, με τις τεχνικές διδασκαλίας που χρησιμοποιούμε και σχετικά με το βαθμό που γνωρίζουμε αυτά που αντιλαμβάνονται οι μαθητές μας.

Αντιλήψεις των μαθητών για τη φωτοσύνθεση

Η βιβλιογραφική έρευνα μας αποκαλύπτει ότι αρκετές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης ,οι οποίες αποδεικνύουν ότι η φωτοσύνθεση είναι ένα ιδιαίτερα δύσκολο θέμα για τους μαθητές. Από τη μια πλευρά, η λειτουργία σχετίζεται με τη θρέψη των φυτών για την οποία τα παιδιά έχουν ήδη διαμορφώσει κάποιες συγκεκριμένες αντιλήψεις, από την καθημερινή εμπειρία τους. Από την άλλη, το συγκεκριμένο θέμα είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο και διαθεματικό με την έννοια, ότι σχετίζεται με επιστημονικές διαδικασίες άλλων μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών, όπως η Φυσική και η Χημεία, οι οποίες είναι εξίσου δύσκολες στη μάθηση. Είναι δύσκολο π.χ. να καταλάβουν οι μαθητές ότι το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί πρώτη ύλη της τροφής του φυτού (Χατζηνικήτα 2001β). Για το τελευταίο συντελεί βέβαια το γεγονός ότι δεν έχουν κατανοήσει σε βάθος οι μαθητές, από το μάθημα της Χημείας, την υλική υπόσταση των αερίων.

Καθώς η φωτοσύνθεση είναι θεμελιώδης λειτουργία των φυτικών οργανισμών, η κατανόηση της βοηθά στην κατάκτηση γενικότερων εννοιών όπως οι ζωτικές λειτουργίες , η ροή ενέργειας, τα αποθέματα τροφής, οι τροφικές αλυσίδες . Έτσι συνδυαστικά με τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών η διδασκαλία του αντικειμένου παρουσιάζει δυσκολίες. Οι μαθητές στο μεγαλύτερο μέρος τους περιγράφουν τη φωτοσύνθεση με όρους παρασκευής τροφής, λιγότερο με όρους παραγωγής υδατανθράκων και ακόμη λιγότερο με όρους αποθήκευσης ενέργειας. Στηριζόμενοι στην ανθρωποκεντρική θεώρηση οι μαθητές θεωρούν τη φωτοσύνθεση όχι ως σημαντική για τα ίδια τα φυτά αλλά σημαντική για τον άνθρωπο λόγω της παραγωγής οξυγόνου. Συχνά συσχετίζουν την απελευθέρωση οξυγόνου από τα φυτά με την παρουσία του φωτός. Εξάλλου οι μαθητές οδηγούνται συχνά στη μη υλική θεώρηση των αερίων και δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν τη διττή φύση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επιπλέον οι μαθητές εκφράζουν μια ουσιοκρατική αντίληψη για τον ήλιο και περιορίζονται σε μη λειτουργικές εξηγήσεις για το ηλιακό φως στο οποίο αποδίδουν τη δημιουργία χλωροφύλλης (Driver et al.1998).

Οι παραπάνω αντιλήψεις των μαθητών για τη φωτοσύνθεση ανάγονται σε συγκεκριμένα εννοιολογικά εμπόδια όπως η προβολή του τρόπου διατροφής των ζώων στα φυτά, η μη υλική υπόσταση των αερίων, η συνεχής και στατική θεώρηση της ύλης. Επίσης εμπόδιο αποτελεί και η καθημερινή χρήση των εννοιών όπως ήλιος , νερό , χώμα κλπ. που διαμορφώνουν νοήματα που μεταφερόμενα στο πλαίσιο της σχολικής γνώσης γεννούν συγχύσεις και παρανοήσεις (Χατζηνικήτα 2001β).

Μεθοδολογία της έρευνας

Ο ερευνητικός στόχος είναι η προκαταρκτική διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Γυμνασίου για τη φωτοσύνθεση. Θέλουμε να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές αποστασιοποιούνται ή όχι από την ανθρωποκεντρική προσέγγιση της φωτοσύνθεσης και αν επικρατεί η ουσιοκρατική αντίληψη για το φως. Επίσης στοχεύουμε να διερευνήσουμε αν οι μαθητές αντιλαμβάνονται ορθά τις αέριες ανταλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά τη φωτοσύνθεση , αν διακρίνουν το ρόλο της χλωροφύλλης στη φωτοσύνθεση και τέλος αν είναι σε θέση να δώσουν λειτουργικές εξηγήσεις για τα παραπάνω ζητήματα ή εστιάζουν περισσότερο σε περιγραφές αποτελεσμάτων.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν δώδεκα μαθητές (έξι αγόρια και έξι κορίτσια) ηλικίας 13 ετών, μαθητές της Α΄ τάξης Γυμνασίου κατά το σχολικό έτος 2010-2011,προερχόμενα από διαφορετικά δημοτικά σχολεία που φοιτούσαν για πρώτη φορά στην Α΄ τάξη .Το δείγμα μας είναι περιορισμένο καθώς στην παρούσα εργασία επιχειρείται η προκαταρκτική διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών και επιλέχθηκε τυχαία ανάμεσα στους μαθητές της Α' Γυμνασίου, χωρίς συγκεκριμένο κριτήριο. Το θέμα της φωτοσύνθεσης το γνώριζαν από το δημοτικό σχολείο κυρίως περιγραφικά χωρίς να έχουν εμβαθύνει στις πολύπλοκες λειτουργίες (βιοχημικές αντιδράσεις, ενεργειακές μετατροπές). Οι μαθητές αυτοί είχαν έρθει σε επαφή με τα θέματα της φωτοσύνθεσης ,στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας για πρώτη φορά, δύο μήνες πριν τη διεξαγωγή της έρευνας. Η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών θεωρήθηκε σημαντική καθώς οι αντιλήψεις

αυτές λειτουργώντας ως δομή υποδοχής θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό το πώς και τι θα μάθουν οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Το μεθοδολογικό εργαλείο εδώ είναι το ερωτηματολόγιο με το οποίο ελπίζουμε να εντοπίσουμε τις αντιλήψεις και τα εμπόδια των μαθητών, αφού ήδη έχουμε λάβει μια πρώτη πληροφόρηση από τις υπάρχουσες έρευνες. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από οκτώ μεικτές ερωτήσεις που είναι σύντομες ερωτήσεις κλειστού τύπου με προκατασκευασμένες εναλλακτικές απαντήσεις ,συνδυασμένες με ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην άποψη ότι ένα ερωτηματολόγιο με αποκλειστικά κλειστές ερωτήσεις μπορεί να καταστεί ενοχλητικό δίνοντας την εντύπωση ότι περιορίζει την ελεύθερη έκφραση του ερωτώμενου.

Επιπλέον η ανοικτή ερώτηση που συνοδεύει κάθε κλειστή ερώτηση είναι κυρίως αιτιολόγηση και βοηθά να αποκτήσουμε πρόσβαση στην προσωπική γνώμη των μαθητών και να ενημερωθούμε σε βάθος για τα χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών, τις γνώσεις τους και την ενημέρωση τους.

Ακολουθήθηκε μια λογική σειρά στην προσέγγιση των εννοιών. Τοποθετήθηκαν μαζί οι ερωτήσεις που αφορούσαν στο ίδιο θέμα (πχ. ηλιακή ακτινοβολία ερωτήσεις :2,3,4/ ανταλλαγή αερίων : 6,7,8). Η αρχική ερώτηση (ερώτηση 1) δίνει το στίγμα του θέματος που προσεγγίζουμε (φωτοσύνθεση και η σημασία της) και προϊδεάζει για το είδος των απαντήσεων που περιμένουμε.

Οι οδηγίες δόθηκαν προφορικά στους μαθητές και ήταν απλές και σαφείς(δεν αναφερόταν το όνομα τους και δεν επρόκειτο το ερωτηματολόγιο να χρησιμοποιηθεί για τη βαθμολογική αξιολόγησή τους). Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου δίνονται στον πίνακα 1 με τη σειρά που τέθηκαν. Στη δεύτερη στήλη γίνεται εν συντομία η αιτιολόγηση του ερωτηματολογίου.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Ο μικρός αριθμός των ερωτηματολογίων της παρούσας προκαταρκτικής πιλοτικής έρευνας και η μη τριγωνοποίηση των αποτελεσμάτων δεν προσφέρει τη δυνατότητα ασφαλών και αξιόπιστων συμπερασμάτων. Η παράθεση των στοιχείων εδώ είναι ενδεικτική για όσους άλλους ερευνητές επιθυμούν να ακολουθήσουν παρόμοια διαδικασία πιλοτικά που θα συνεχιστεί με οργανωμένη και εμπεριστατωμένη έρευνα.

Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι 83,3% των μαθητών θεώρησαν ότι φωτοσύνθεση είναι σημαντική και για τον άνθρωπο ενώ 25% συντηρώντας την ανθρωποκεντρική αντίληψη της φωτοσύνθεσης απάντησαν ότι ουσιαστικά τα φυτά φωτοσυνθέτουν για τον άνθρωπο αγνοώντας τα ίδια τα φυτά. Το 91,6 % των απαντήσεων συνδέουν απόλυτα τη σημασία της φωτοσύνθεσης με την παραγωγή οξυγόνου.

Πίνακας 1:Ερωτηματολόγιο

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	Αιτιολόγηση ερωτήσεων Αναμενόμενες απαντήσεις-Σχόλια
1. Η φωτοσύνθεση είναι σημαντική : για τα φυτά □ για τον άνθρωπο □ για τον πλανήτη □ Γιατί;	Η ερώτηση αυτή διασφαλίζει ότι οι μαθητές θα ανακαλέσουν στη μνήμη τους τις υπάρχουσες γενικές γνώσεις και αντιλήψεις που έχουν για τη φωτοσύνθεση. Επίσης θα μας βοηθήσει να ελέγξουμε σε ποιο βαθμό οι μαθητές συντηρούν την ανθρωποκεντρική αντίληψη της διαδικασίας θεωρώντας ότι τα φυτά φωτοσυνθέτουν για τον άνθρωπο.

2. Φωτοσυνθέτει ένα φυτό χωρίς ήλιο; Ναι □ Όχι □ Γιατί;	Ερώτηση που θα μας δείξει αν ο μαθητής έχει ξεκαθαρίσει την σχέση του φυτού με τον ήλιο. Ενδεχομένως σε συνδυασμό με την επόμενη μας δώσει και στοιχεία στο ανοικτό κομμάτι της απάντησης για την ουσιοκρατική αντίληψη της ηλιακής ακτινοβολίας.
3. Πώς χρησιμοποιεί το φυτό την ηλιακή ακτινοβολία;	Θα βοηθήσει εκείνους τους μαθητές που δεν απάντησαν στην προηγούμενη ερώτηση να απαντήσουν ενώ όσοι ήδη απάντησαν μπορούν να δώσουν κάποιες πιο εξειδικευμένες απαντήσεις.
4. Αν καλύψουμε με αλουμινόχαρτο ένα φύλλο σε κάποιο φυτό έπειτα από μερικές ημέρες θα γίνει άσπρο. Γιατί;	Ερώτηση μη αναμενόμενη που έρχεται να ελέγξει την ορθότητα και την κατανόηση των δυο προηγούμενων απαντήσεων από τους μαθητές σε επίπεδο λειτουργικό και όχι τόσο περιγραφικό.
5. Σε τι χρειάζεται η χλωροφύλλη στα φυτά;	Οι απόψεις των μαθητών για τη χλωροφύλλη και το ρόλο της διαφοροποιούνται σημαντικά. Μια ανοικτή ερώτηση είναι απαραίτητη παρόλο που στην περίπτωση της χλωροφύλλης ίσως λάβουμε ποικίλες απαντήσεις που θα δυσκολέψουν την κωδικοποίηση στην ανάλυση των δεδομένων.
6. Πού πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων στα φυτά; Ρίζα □ Κορμός □ Φύλλα □ Γιατί;	Ερώτηση που ενδέχεται να αποκαλύψει τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με τις αέριες ανταλλαγές και τα μέρη του φυτού στα οποία λαμβάνουν χώρα
7. Ποια θρεπτικά συστατικά προσλαμβάνει τ φυτό κατά τη φωτοσύνθεση από το περιβάλλον; ε τι χρησιμεύει καθένα;	Ερώτηση που δεν μπορεί να απαντηθεί κατά τύχη, απαιτεί σφαιρική αντίληψη της λειτουργίας και μπορεί να ανιχνεύσει αν οι μαθητές οδηγούνται σε μια μη-υλική θεώρηση των αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα.
8. Ποιο χρονικό διάστημα του εικοσιτετραώρ νομίζετε ότι τα φυτά απελευθερώνουν οξυγόν Γιατί;	Ερώτηση για να επιβεβαιώσουμε αν οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα σχετικά με το «πότε» συντελείται η φωτοσύνθεση και «πότε» η απελευθέρωση του οξυγόνου.

Στην ερώτηση 3 δύο στους δώδεκα μαθητές δεν απάντησαν. Η ουσιοκρατική αντίληψη για την ηλιακή ακτινοβολία αναδύθηκε μέσα από τις απαντήσεις , όπως επίσης και η ετεροτροφική αντίληψη για τη θρέψη των φυτών και το αναλογικό μοντέλο φυτού-ζώου.

Στην ερώτηση 4, οι μισοί μαθητές απάντησαν ότι το φυτό δεν θα παίρνει ηλιακή ενέργεια. Το 16,66% απάντησαν ότι δε θα παίρνει απαραίτητες θρεπτικές ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα και 16,66% απάντησαν ότι δε θα φωτοσυνθέσει χωρίς να προσδιορίσουν ακριβώς τι θα συμβεί. Οι υπόλοιπες απαντήσεις ήταν συγκεχυμένες. Στην ερώτηση αυτή οι μαθητές χρειαζόταν να εμβαθύνουν στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης και τη σημασία της ηλιακής ακτινοβολίας και τελικά οι απαντήσεις που έδωσαν ήταν περισσότερο επιφανειακές και περιγραφικές. Στην ερώτηση 5 οι έδειξαν ότι όπως άλλωστε έχει προκύψει και από την ανάλογη έρευνα ότι οι μαθητές δύσκολα ιδιοποιούνται το ρόλο της χλωροφύλλης στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας.

Διατυπώθηκαν απόψεις για το ρόλο της χλωροφύλλης όπως ότι «την χλωροφύλλη την χρησιμοποιούν τα φυτά για να κάνουν την αλλαγή αερίων» και ότι «η χλωροφύλλη γίνεται στο πράσινο μέρος του φύλλου και εκεί ανταλλάσει ουσίες με το περιβάλλον. Αποβάλλει οξυγόνο ,γλυκόζη και εξατμίζει ελάχιστο νερό, τότε παίρνει ηλιακό φως» .Δηλαδή στην χλωροφύλλη αποδόθηκε η δυνατότητα να έλκει την ηλιακή ακτινοβολία αλλά και να απορροφά το διοξείδιο του άνθρακα. Κάποιοι μαθητές φάνηκε να έχουν την ανθρωποκεντρική άποψη ότι η χλωροφύλλη υπάρχει για να κάνει τα φύλλα πράσινα. Η χλωροφύλλη παρουσιάστηκε ως φορέας πολλαπλών λειτουργιών αλλά σίγουρα και ένα από τα «δύσκολα» σημεία της φωτοσύνθεσης. Σχεδόν κανείς δεν κατάφερε να απαντήσει σε τι χρησιμεύουν τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνονται από τα φυτά γεγονός που υποδηλώνει τη δυσκολία που συναντούν οι μαθητές στο να κατανοήσουν τη βιοχημική διάσταση της φωτοσύνθεσης .Τέλος στην όγδοη ερώτηση 41,66% των μαθητών απάντησαν ότι τα φυτά απελευθερώνουν οξυγόνο το βράδυ, ενώ 25% απάντησαν το πρωί, και οι υπόλοιποι τέσσερεις έδωσαν ποικίλες απαντήσεις όπως «απελευθερώνουν οξυγόνο κάθε μια ώρα γιατί το φυτό χρειάζεται πολλή τροφή» ή «απελευθερώνουν όλη ημέρα» κλπ.

Στο Γυμνάσιο οι μαθητές φαίνεται να εντοπίζουν τη φωτοσύνθεση αποκλειστικά στα φύλλα. Σε αυτή την παρανόηση συμβάλλει ίσως και παρουσίαση του θέματος της φωτοσύνθεσης στο σχολικό εγχειρίδιο της Α΄ Γυμνασίου (σχολικό έτος 2010-2011) στη σελίδα 39 (Εικ. 2.4), που περιγράφει τη φωτοσύνθεση ως διαδικασία που συμβαίνει στο φύλλο ενός φυτού (Μαυρικάκη, Γκούβρα &Καμπούρη 2007).

Εξάλλου οι απόψεις των μαθητών μοιράστηκαν σχετικά με το «πότε» απελευθερώνεται το οξυγόνο. Οι μαθητές φάνηκε ότι αντιλαμβάνονται στην πλειοψηφία τους, ότι η φωτοσύνθεση γίνεται την ημέρα, παρόλο η φωτοσύνθεση μπορεί να συμβαίνει παρουσία φωτός, τεχνητού ή φυσικού. Στο σχολικό εγχειρίδιο του Γυμνασίου ,δεν αναφέρεται ότι για τη φωτοσύνθεση χρειάζεται η φωτεινή ενέργεια συγκεκριμένων ακτινοβολιών του ορατού φωτός, το οποίο αποτελεί ένα μόνο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και τεχνητό φως, αντί για φυσικό, που να περιέχει όμως τις κατάλληλες ακτινοβολίες, προκειμένου να γίνει η φωτοσύνθεση, ασχέτως της χρονικής στιγμής του εικοσιτετραώρου. Συνεπώς οι μαθητές δεν μπορούν να διακρίνουν ανάμεσα στη διττή φύση της ηλιακής ακτινοβολίας όπως επίσης δεν μπορούν να ξεχωρίσουν το «πότε». Έρευνα σχετική με το ζήτημα αυτό έδειξε ότι μόνο το 35% των μαθητών, είχε την αντίληψη ότι η φωτοσύνθεση γίνεται σε όλα τα πράσινα μέρη του φυτού, ενώ επίσης μόνο το 25% των μαθητών γνώριζε ότι η φωτοσύνθεση γίνεται παρουσία φωτός (Marmaroti & Galanopoulou 2006). Στη δική μας περίπτωση βέβαια φάνηκε ξεκάθαρα ότι το 91,6% (11 στους 12) έχουν ξεκαθαρίσει την αναγκαιότητα της παρουσίας του ήλιου.

Οι αντιλήψεις των μαθητών του Γυμνασίου σχετικά με το ρόλο του ήλιου στην πορεία της φωτοσύνθεσης είναι ξεκάθαρες. Η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών γνωρίζει ότι ο ήλιος παρέχει ενέργεια προκειμένου να γίνει η φωτοσύνθεση, αν και ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό δεν διακρίνει όπως είδαμε στη βιβλιογραφία την φωτεινή από τη θερμική ακτινοβολία (Waheed & Lucas 1992, Ozay & Oztas 2003, Marmaroti & Galanopoulou 2006).Εξάλλου στο Γυμνάσιο δεν δίνεται με εύληπτο τρόπο στα σχολικά εγχειρίδια ούτε της Α΄ τάξης, ούτε της Γ΄ τάξης , το θέμα της μετατροπής μέσω της φωτοσύνθεσης της φωτεινής ενέργειας σε χημική ενέργεια των δεσμών των χημικών ενώσεων. Η διδασκαλία δεν φέρνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα, εξαιτίας ίσως της δυσκολίας να αντιληφθούν ουσιαστικά οι μαθητές την αφηρημένη έννοια της ενέργειας, τις ενεργειακές μετατροπές και την αρχή διατήρησής της. Σε αυτό μπορεί να ευθύνεται και ο τρόπος

που είναι δομημένο το ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα με βάση την παραδοσιακή αντίληψη, η οποία περιλαμβάνει τη διασπορά των εννοιών και την εφαρμογή διαφορετικών κάθε φορά εννοιολογικών πλαισίων για την έννοια της ενέργειας, που πιθανότατα οδηγεί σε σύγχυση τους μαθητές (Κολιόπουλος 2001). Στο Γυμνάσιο τα γνωστικά αντικείμενα διδάσκονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και στη βάση αυτής της λογικής απουσιάζει η διαθεματική προσέγγιση.

Όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνει το φυτό και αυτά που αποδίδει οι μαθητές τα διέκριναν αλλά χωρίς να αντιλαμβάνονται τη σημασία του καθενός σε επίπεδο φυσιολογίας ή βιοχημικής αντίδρασης. Κάποια παιδιά θεώρησαν και ότι το οξυγόνο ανήκει στα αντιδρώντα της φωτοσύνθεσης. Από την άλλη πλευρά το μεγαλύτερο ποσοστό τοποθέτησε σωστά στα προϊόντα της φωτοσύνθεσης το οξυγόνο, και ότι κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται γλυκόζη. Η έλλειψη βασικών γνώσεων στη Χημεία είναι σημαντικό εμπόδιο , αφού το μάθημα της Χημείας σύμφωνα με το ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα διδάσκεται για πρώτη φορά στη Β΄ Γυμνασίου.

Η οικολογική διάσταση της φωτοσύνθεσης στην πρώτη ερώτηση δεν προσέλκυσε τους μαθητές που απάντησαν επηρεασμένοι από την ανθρωποκεντρική θεώρηση της φωτοσύνθεσης ,ότι είναι χρήσιμη για τον άνθρωπο και τα φυτά. Σχετικώς με την έννοια της αυτοτροφίας των φυτών, η πλειονότητα των ερευνών δείχνει ότι τα παιδιά δεν έχουν ακόμη ξεκαθαρίσει στο μυαλό τους τον αυτότροφο τρόπο θρέψης των φυτών και θεωρούν συχνά ότι τα φυτά τρέφονται όπως και τα ζώα από το περιβάλλον (αναλογικό μοντέλο ζώου) (Barker 1995).

Στην παρούσα μελέτη παρατηρούμε ότι στην Α' Γυμνασίου, από τη μια αντιλαμβάνονται οι μαθητές ότι τα φυτά παράγουν μόνα τους την τροφή τους και από την άλλη φαίνεται να υποστηρίζουν ότι τα φυτά προσλαμβάνουν την τροφή τους από το έδαφος σύμφωνα με το ετερότροφο μοντέλο θρέψης για τα φυτά, σε αναλογία με αυτό των ζώων, όπου οι μαθητές παρουσιάζουν ανθρωποκεντρικό ή αλλιώς ζωω-κεντρικό τρόπο σκέψης που δύσκολα μεταστρέφεται. Οι μαθητές συνδέουν τη σημασία της φωτοσύνθεσης κυρίως με την παραγωγή του οξυγόνου. Διατυπώθηκαν διαφορετικές απόψεις για το ρόλο της χλωροφύλλης όπως η δυνατότητα να έλκει την ηλιακή ακτινοβολία αλλά και να απορροφά το διοξείδιο του άνθρακα και η ανθρωποκεντρική άποψη ότι η χλωροφύλλη υπάρχει για να κάνει τα φύλλα πράσινα. Η χλωροφύλλη παρουσιάστηκε ως φορέας πολλαπλών λειτουργιών αλλά σίγουρα και ένα από τα «δύσκολα» σημεία της φωτοσύνθεσης.

Συμπεράσματα

Επιχειρώντας μια συνοπτική αποτίμηση των αποτελεσμάτων μας καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

1.Η φωτοσύνθεση ως φυσιολογική λειτουργία και συγκεκριμένα, σχετικά με το «πού» γίνεται φάνηκε να μην παρανοείται ιδιαίτερα από τους μαθητές.

2. Λανθασμένη αντίληψη υπάρχει για το ρόλο της χλωροφύλλης.

3. Οι αντιλήψεις των μαθητών για την ενεργειακή διάσταση της φωτοσύνθεσης απέχουν αρκετά από την επιστημονική γνώση καθώς αποδίδεται η ακτινοβολία με ουσιοκρατικό τρόπο.

4. Σχετικά με τη «χημεία» της φωτοσύνθεσης, οι μαθητές συγχέουν ποιες ουσίες αντιδρούν και ποιες παράγονται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης .

5.Παρανόηση εντοπίσθηκε και στα θέματα της αυτότροφης φύσης των φυτών.

Οι λανθασμένες αντιλήψεις μπορεί να σχετίζονται με την αδυναμία των παιδιών της ηλικίας αυτής να περάσουν σε ένα είδος αφηρημένου τρόπου σκέψης ή να αφορούν στον ελλιπή τρόπο παρουσίασης του θέματος από τα σχολικά εγχειρίδια. Η αδυναμία κατανόησης της ενεργειακής και βιοχημικής διάστασης της φωτοσύνθεσης από τους μαθητές του Γυμνασίου οφείλεται όμως, κυρίως, στον τρόπο που είναι δομημένο το ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης εμπεριέχει έννοιες από τις επιστήμες της Φυσικής και Χημείας, τις οποίες τα παιδιά στο Γυμνάσιο τις διδάσκονται ετεροχρονισμένα, ένα χρόνο μετά το μάθημα της φωτοσύνθεσης.

Η κεντρική ιδέα μετά από την ανάλυση των δεδομένων είναι ότι χρησιμοποιώντας όλο και πιο εξειδικευμένα ερευνητικά εργαλεία μπορούμε να ανιχνεύσουμε τις δυσκολίες των μαθητών ,αλλά η ουσιαστικότερη αλλαγή επιβάλλεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του Γυμνασίου μέσω της

ενίσχυσης της διαθεματικής προσέγγισης, ώστε πέραν του προβληματισμού σχετικά με τη αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας μας, να αναπτύξουμε και κατάλληλες τεχνικές διδασκαλίας ώστε αυτή να καταστεί δημιουργική και αποτελεσματική.

Βιβλιογραφία

Bliss,J.,Cooper,G., Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Ραβάνης, Κ., Solomon,J., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. (1997). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Α΄ τόμος*, Πάτρα: Εκδόσεις Ε.Α.Π.

Driver R., Squires ,A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών,* Αθήνα: Τυπωθήτω.

Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. Ogborn, J., (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Β΄ τόμος*, Πάτρα: Εκδόσεις Ε.Α.Π.

Κολιόπουλος, Δ. (2001). «Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας» στο Κολιόπουλος, Δ., (επιμ.) *Διδακτική των Φ.Ε.*, Τόμος Β', Πάτρα, Ε.Α.Π.

Μαυρικάκη Ε., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2007) . *Βιολογία Α΄ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ ,Αθήνα

Συμιγδαλά, Ε, Κουτσούμπα, Μ., Χρηστίδου, Β. ,Κολιόπουλος, Δ. (2003). «Προενεργειακοί συλλογισμοί παιδιών προσχολικής ηλικίας» , *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών . Έρευνα και Πράξη*, τ. 18:18-25.

Χατζηνικήτα , Β. (2001α). «Επιστημονική και καθημερινή γνώση: το επιστημολογικό εμπόδιο», στο Χατζηνικήτα , Β ., *Διδακτική των Φ.Ε.,* Τόμος Α', Πάτρα, Ε.Α.Π.

Χατζηνικήτα , Β.(2001β). «Θρέψη, φωτοσύνθεση, αναπνοή φυτών», στο Χατζηνικήτα , Β., *Διδακτική των Φ.Ε.*, Τόμος Β', Πάτρα, Ε.Α.Π.

Χατζηνικήτα , Β., Χρηστίδου Β. (2001α). «Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: γενικά χαρακτηριστικά» στο Χατζηνικήτα , Β., Χρηστίδου Β. (επιμ). *Διδακτική των Φ.Ε.,* Τόμος Α΄, Πάτρα, Ε.Α.Π.

Χατζηνικήτα , Β., Χρηστίδου Β. (2001β). «Σημασία της έρευνας σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών» στο Χατζηνικήτα , Β., Χρηστίδου Β. (επιμ) *Διδακτική των Φ.Ε.,* Τόμος Α΄, Πάτρα, Ε.Α.Π.

Barker M. (1995). *A plant is an animal standing on its head,* Journal of Biological Education, 29 (3) 201- 208.

Marmaroti , P. , Galanopoulou D., (2006). *Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects,* International Journal of Science Education, 28 (4), 383 – 403.

Ozay E., Oztas H., (2003). *Case study: Secondary students interpretation of photosynthesis and plant nutrition,* Journal of Biological Education, 37(2),68-70.

Waheed ,T., Lucas ,A.M. (1992). *Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14+* , Journal of Biological Education, 26(3) 193-199.

Εργαστήρια

Εργαστήριο 1: Καινοτόμες Πειραματικές Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

ΟΡΓΑΝΩΣΗ - ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ
Σταύρου Δημήτρης, Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Μιχαηλίδης Γ. Παναγιώτης
Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης
dstavrou@edc.uoc.gr; mkalaitz@edc.uoc.gr; michail@edc.uoc.gr

ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ - ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ
Αναγνωστάκης Σίμος[1], Μαργαρίτης Αντώνης[2], Τσαγλιώτης Νεκτάριος[3], Τσίγκρης Μιλτιάδης[4]
[1]ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, sanagn@edc.uoc.gr
[2] Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου amargariti@sch.gr
[3]Υπεύθυνος Εργαστηρίου Φ.Ε. στο 9ο Δ.Σ. Ρεθύμνου, ntsag@edc.uoc.gr
[4]Διδάσκων Π.Δ. 407/80 του ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου,
mtsigris@edc.uoc.gr

Περίληψη

Με βάση σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης έχει αναπτύξει μια σειρά από "καινοτόμες" πειραματικές δραστηριότητες σε συνεργασία και με εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με στόχο να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της υπάρχουσας σχολικής πρακτικής. Στο συνέδριο στο πλαίσιο ενός εργαστηρίου θα παρουσιαστούν οι πειραματικές αυτές δραστηριότητες οι οποίες συνοψίζονται ως ακολούθως: α) Πειράματα Χημείας σε μικροκλίμακα, β) Πειράματα-Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών για μαθητές 6-8 ετών όπως αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Pri-Sci-Net, γ) Ιδιοκατασκευασμένες Πειραματικές Διατάξεις και δ) Πειράματα με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής.

Abstract

Based on contemporary science education research the Laboratory for Science Teaching of the Department of Primary Education of the University of Crete, has developed a range of "innovative" experimental activities in cooperation with teachers of primary and secondary education. The aim is to bridge the gap between science education research and the existing school practice. These activities will be presented in a workshop on the conference and are briefly the following: a) chemistry microscale experiments; b) science experiments-activities for students aged 6-8 as they have been developed in the frame of the European project Pri-Sci-Net; c) self–constructed experimental devices and d) experiments using educational robotics.

Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες αρκετές έρευνες τονίζουν την έλλειψη ενδιαφέροντος των νέων για σπουδές στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά (Osborne 2003). Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι υπάρχει μια σύνδεση των στάσεων των νέων σε σχέση με τις φυσικές επιστήμες με τον τρόπο που αυτές διδάσκονται. Εκθέσεις σε ευρωπαϊκό επίπεδο, όπως: "Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe" (Rocard et al. 2007) και "Science Education in Europe: Critical Reflections" (Osborne & Dillon 2008) παρέχουν συστάσεις για το πώς μπορεί να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο σύγχρονου επιστημονικού γραμματισμού. Σε αυτές τις συστάσεις η μάθηση μέσω διερεύνησης (inquiry based learning) στο πλαίσιο της πρακτικής εργασίας θεωρείται μια βασική διάσταση για την επίτευξη των στόχων του σύγχρονου επιστημονικού γραμματισμού (βλ. επίσης: American Association for the Advancement of Science [AAAS] 1993, National Research Council [NRC] 1996). Η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μέσω διερεύνησης έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει δεξιότητες και ικανότητες στους μαθητές όπως να θέτουν επιστημονικά προσανατολισμένα ερωτήματα, να διατυπώνουν υποθέσεις, να

σχεδιάζουν και να διεξάγουν επιστημονικές διερευνήσεις, να διατυπώνουν συμπεράσματα, να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας επιστημονικά επιχειρήματα (Hofstein & Mamlok-Naaman 2007).

Στο πλαίσιο αυτό κεντρικό ρόλο παίζουν πειραματικές δραστηριότητες. Ωστόσο από διάφορες έρευνες γίνεται φανερό ότι οι ευκαιρίες που παρέχονται στους εκπαιδευόμενους να εμπλακούν στον πειραματισμό και να εξοικειωθούν με βασικές διαστάσεις της επιστημονικής διερεύνησης είναι ακόμα περιορισμένες (π.χ. Harlen 1999, Psillos & Niedderer 2003, Lunetta, Hofstein & Clough 2007, Duit & Tesch 2010).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα, το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης έχει αναπτύξει μια σειρά από "καινοτόμες" πειραματικές δραστηριότητες σε συνεργασία και με εκπαιδευτικούς από την Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με στόχο να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ της έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της υπάρχουσας σχολικής πρακτικής. Στο συνέδριο θα παρουσιαστούν οι πειραματικές αυτές δραστηριότητες στο πλαίσιο ενός εργαστηρίου.

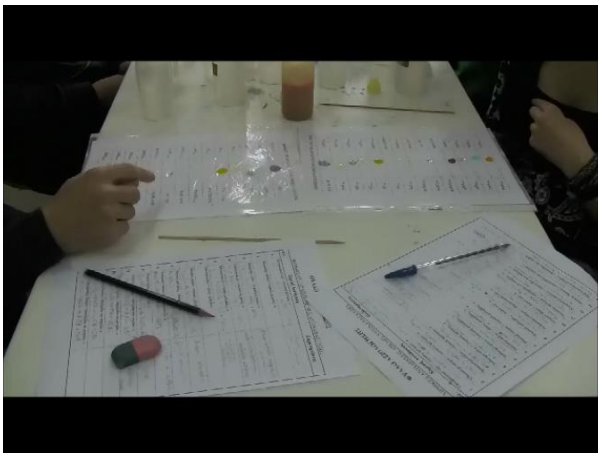
Το Εργαστήριο

Οι πειραματικές δραστηριότητες που θα παρουσιαστούν στο εργαστήριο και αξιοποιούν τόσο στην ανάπτυξή τους όσο και στην υλοποίησή τους σύγχρονες αρχές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, είναι συνοπτικά οι ακόλουθες: α) Πειράματα Χημείας σε μικροκλίμακα, β) Πειράματα-Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών για μαθητές 6-8 ετών όπως αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Pri-Sci-Net, γ) Ιδιοκατασκευασμένες Πειραματικές Διατάξεις και δ) Πειράματα με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Πιο αναλυτικά:

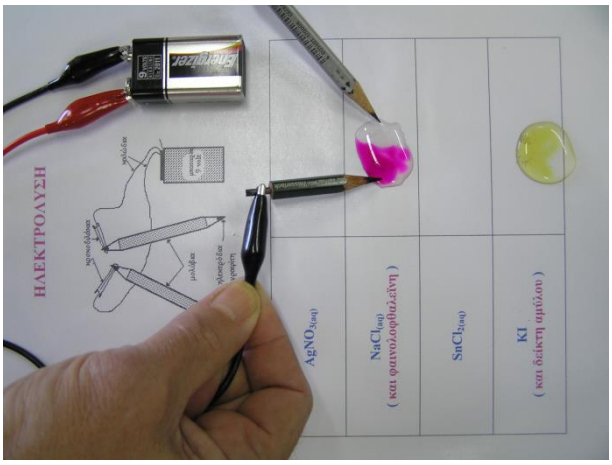
α) Πειράματα Χημείας σε μικροκλίμακα (Α. Μαργαρίτης)

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για αξιοποίηση των πειραμάτων χημείας σε μικροκλίμακα σε σχολικό επίπεδο (π.χ. Bradley 2001, Abdullah, Mohamed & Ismail 2008). Πειράματα Χημείας σε μικροκλίμακα χαρακτηρίζονται αυτά που χρησιμοποιούν πολύ μικρές ποσότητες αντιδραστηρίων (π.χ. μία-δύο σταγόνες) και συνήθως πολύ απλές συσκευές. Ως εκ τούτου παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως: α) περιορίζουν στο ελάχιστο τα χημικά απόβλητα, β) χρειάζονται ελάχιστες ποσότητες αντιδραστηρίων, γ) λόγω των μικρών ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται μπορούν να εκτελεσθούν τόσο «ομαδικά», όσο και «ατομικά» όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο, δ) τα περισσότερα πειράματα μπορούν να εκτελεσθούν με ασφάλεια ακόμα και στην αίθουσα διδασκαλίας.

Στο εργαστήριο θα παρουσιαστεί ένας ενδεικτικός αριθμός πειραμάτων χημείας μικροκλίμακας (π.χ. διαλυτότητας, εξουδετέρωσης, χημικές αντιδράσεις απλής και διπλής αντικατάστασης κλπ.). Τα πειράματα αυτά έχουν υλοποιηθεί σε σχολική τάξη εφαρμόζοντας μια νέα μέθοδο που βασίζεται στο παρακάτω γενικό σχήμα: Ο διδάσκων φωτοτυπεί ένα *φύλλο εργασίας* και ένα *φύλλο καταγραφής* των παρατηρήσεων (*φύλλο αξιολόγησης*) σε τόσα αντίγραφα όσοι είναι και οι μαθητές της τάξης του. Κάθε φύλλο εργασίας το τοποθετεί μέσα σε μία πλαστική διαφάνεια – φάκελο και το μοιράζει στους μαθητές του. Ο κάθε μαθητής εκτελεί χωριστά μόνος του τα πειράματα προσθέτοντας τα κατάλληλα αντιδραστήρια σε σταγόνες πάνω στη διαφάνεια (εικ. 1 και 2). Μετά την προσθήκη του κάθε αντιδραστηρίου καταγράφει τις παρατηρήσεις του στο *φύλλο αξιολόγησης*.



Εικόνα 1: Φύλλα εργασίας και αξιολόγησης πειραμάτων διπλής αντικατάστασης



Εικόνα 2: Φύλλο εργασία πειραμάτων ηλεκτρόλυσης

β) Πειράματα-Δραστηριότητες για ηλικίες 6-8 ετών με τη μέθοδο της διερεύνησης - Το πρόγραμμα Pri-Sci-Net (Καλαϊτζιδάκη Μ., Τσαγλιώτης Ν., Τσίγκρης Μ, Σταύρου Δ. και Μιχαηλίδης Π.)

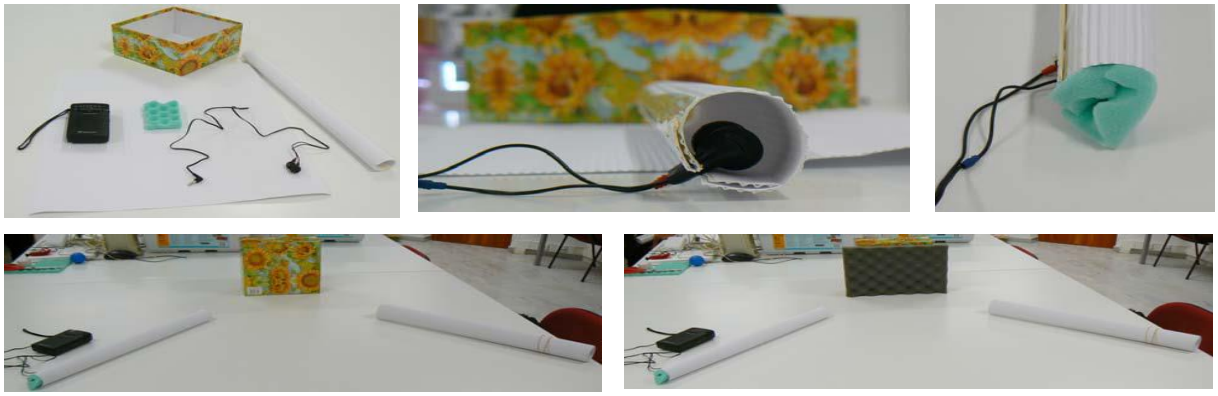
Το Πανεπιστήμιο Κρήτης μέσω του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης συμμετέχει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα (Science & Society, Fp7) με τίτλο: *Δικτύωση Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης ως μέσο για την επιμόρφωση και την επαγγελματική ανάπτυξη στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με Διερεύνηση* (Pri-Sci-Net, http://www.prisci.net). Στόχος του προγράμματος αυτού είναι να καλλιεργήσει τη διερευνητική μάθηση (inquiry based learning) στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε παιδιά ηλικίας 3-11 ετών στην Ευρώπη, παρέχοντας εκπαιδευτικό υλικό αλλά και επιμορφώνοντας εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα στο πρόγραμμα:

- Αναπτύσσονται 45 δραστηριότητες διδασκαλίας ΦΕ με διερεύνηση, οι οποίες θα μεταφραστούν σε 15 γλώσσες.
- Δικτυώνονται ερευνητές και εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ευρώπη
- Παρέχεται επιμόρφωση στη διδασκαλία των ΦΕ με διερεύνηση εν ενεργεία εκπαιδευτικών, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο
- Καθορίζονται επιτυχημένες πρακτικές στη διδασκαλία των ΦΕ με διερεύνηση σε μικρά παιδιά.

Κατά την ανάπτυξη και υλοποίηση των δραστηριοτήτων λαμβάνεται υπόψη ότι οι μαθητές θα πρέπει να: α) εμπλέκονται ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία δίνοντας έμφαση στην παρατήρηση και στις εμπειρίες ως πηγές αποδεικτικών στοιχείων, β) αντιμετωπίζουν αυθεντικές μαθησιακές δραστηριότητες που βασίζονται σε προβλήματα, όπου η ορθότητα μιας απάντησης αξιολογείται μόνο σε σχέση με τις διαθέσιμες αποδείξεις, γ) εξασκούν και αναπτύσσουν τις δεξιότητες της συστηματικής παρατήρησης, της υποβολής ερωτήσεων, του σχεδιασμού και της καταγραφής για τη συλλογή αποδείξεων, δ) συμμετέχουν σε συνεργατική ομαδική εργασία, αλληλεπιδρούν σε ένα κοινωνικό πλαίσιο, δομούν επιχειρηματολογία και επικοινωνούν με τους άλλους.

Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν μια σειρά από πειραματικές δραστηριότητες για μαθητές 6-8 ετών που σχετίζονται π.χ. με την ανάκλαση του ήχου (εικ. 3), με τους μαγνήτες, με τον αέρα ως υλικό σώμα, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα "σενάρια διδασκαλίας" όπως αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν σε μαθητές στο πλαίσιο του συγκεκριμένου προγράμματος. Τα σενάρια διδασκαλίας ακολουθούν συνοπτικά τις παρακάτω φάσεις: α) διατύπωση υποθέσεων β)

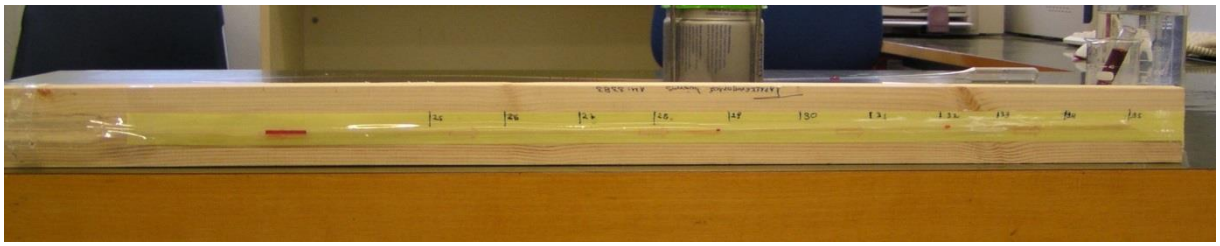
σχεδιασμός και εκτέλεση δραστηριοτήτων και γ) χρήση δεδομένων για οικοδόμηση νέας γνώσης.



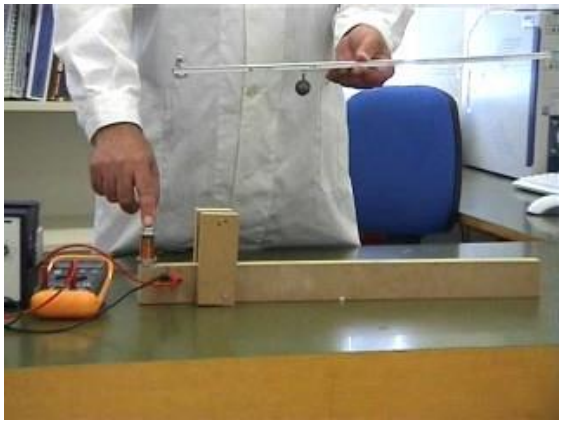
Εικόνα 3: Ανάκλαση του ήχου

γ) *Ιδιοκατατασκευασμένες Πειραματικές Διατάξεις (Τσίγκρης, Μ. & Μιχαηλίδης Π.)*

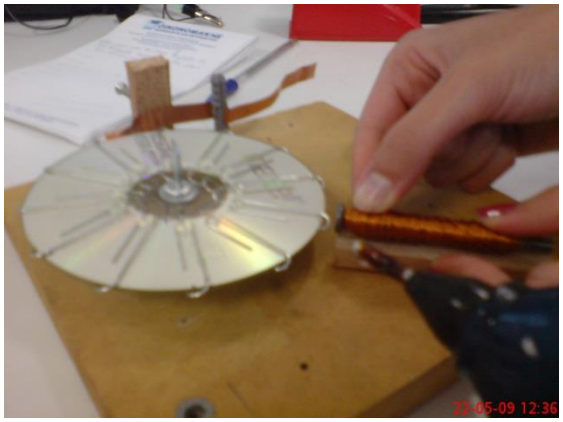
Η ανάπτυξη ιδιοκατασκευασμένων πειραματικών διατάξεων από εκπαιδευόμενους βασιζόμενες σε συγκεκριμένες διδακτικές αρχές δίνει τη δυνατότητα για την ανάπτυξη όχι μόνο του ενδιαφέροντός τους, αλλά και για την καλλιέργεια βασικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων όπως παρατήρηση, χειρισμός οργάνων, κριτική σκέψη, υπομονή, επιμονή, στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων κλπ. (Tsigris 2005). Στο εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ Κρήτης οι φοιτητές ακολουθώντας βασικές διαστάσεις της μεθόδου Project (Frey 2002) ανέπτυξαν σε συνεργασία με τους εκπαιδευτές τους μια σειρά από πρωτότυπες πειραματικές διατάξεις. Στο συνέδριο θα παρουσιαστούν κάποιες από αυτές, όπως π.χ. θερμόμετρο αερίου (εικ. 4), αμπερόμετρο (εικ. 5), ηλεκτρικός κινητήρας συνεχούς ρεύματος (εικ. 6), ζυγός, μπαταρία, πυκνόμετρα κλπ. επικεντρώνοντας στις μαθησιακές διαδικασίες των φοιτητών κατά την πορεία κατασκευής τους.



Εικόνα 4: Θερμόμετρο αερίου

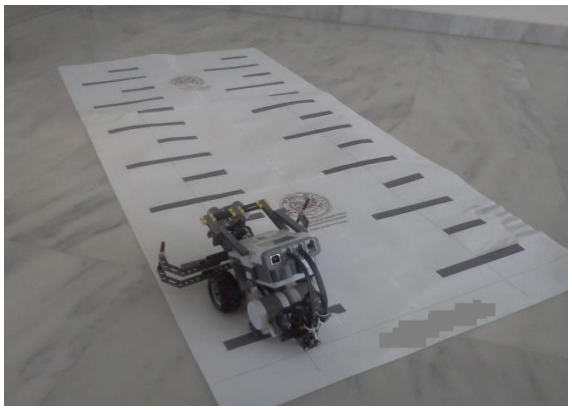


Εικόνα 5: Αμπερόμετρο



Εικόνα 6: Ηλεκτρικός Κινητήρας

δ) Πειράματα με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής (Σ. Αναγνωστάκης & Π.Γ. Μιχαηλίδης)

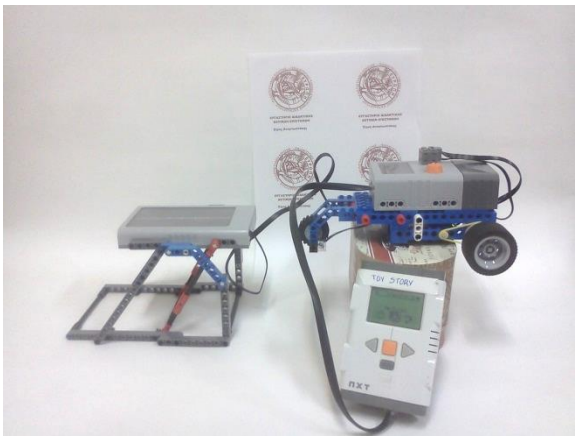


Εικόνα 7: Μελέτη Ταχύτητας

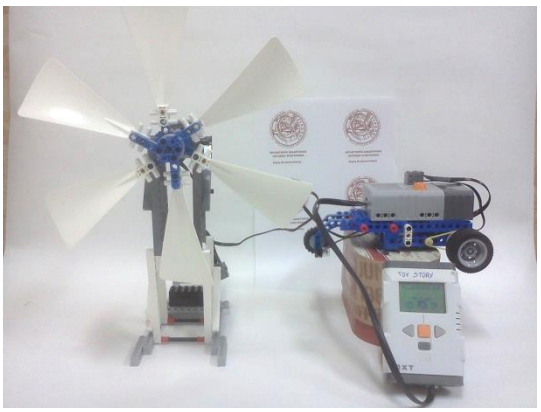
Εικόνα 8: Μονωτικές ιδιότητες υλικών

Η εκπαιδευτική ρομποτική ως εκπαιδευτικό περιβάλλον αποκτά τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην Διδακτική των Θετικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (Αναγνωστάκης & Μιχαηλίδης 2007). Αποτελεί ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον, όπου ο χρήστης (μαθητής) είναι σε θέση, με τη βοήθεια μιας απλής γλώσσας οπτικού προγραμματισμού, να συνθέσει και να κατευθύνει ένα τεχνητό οργανισμό (robot).

Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να βρει άμεση εφαρμογή στην επίλυση προβλημάτων στις φυσικές επιστήμες και στα μαθηματικά. Έχοντας ως αντικείμενο την κατασκευή (συναρμολόγηση) ενός ρομπότ οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αναπτύξουν σύνθετες δεξιότητες (π.χ. στρατηγικές επίλυσης προβλήματος), που υποβοηθούν την κατανόηση βασικών αρχών των Φυσικών Επιστημών (Μιχαηλίδης 2007). Στο εργαστήριο θα παρουσιαστεί μια σειρά πειραμάτων φυσικών επιστημών που πραγματοποιούνται αξιοποιώντας τις δυνατότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής όπως π.χ. μελέτη ταχύτητας κίνησης (εικ. 7), μονωτικές ιδιότητες υλικών (εικ. 8), φωτοβολταϊκό στοιχείο (εικ. 9), ανεμογεννήτρια (εικ. 10). Στο πλαίσιο αυτό θα συζητηθούν οι δυνατότητες και οι δυσκολίες που προκύπτουν κατά τη χρήση των παραπάνω εφαρμογών όπως αυτές προέκυψαν κατά την υλοποίησή τους σε φοιτητές του ΠΤΔΕ Κρήτης.



Εικόνα 9: Φωτοβολταϊκό στοιχείο



Εικόνα 10: Ανεμογεννήτρια

Βιβλιογραφία

Αναγνωστάκης Σ. & Μιχαηλίδης Π.Γ. (2007). *'Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής': Ένα προπτυχιακό μάθημα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.* Στο: Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τεύχος Γ΄, σελ. 980-987, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 15 – 18 Μαρτίου 2007.

Μιχαηλίδης Π.Γ. (2007). *Νέες Τεχνολογίες και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Κεντρική Ομιλία) Στο: Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τεύχος Α΄, σελ. 55-72, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 15 – 18 Μαρτίου 2007.

Abdullah, M. Mohamed, N. and Ismail Z. H. (2009) The effect of an individualized laboratory approach through microscale chemistry experimentation on students' understanding of chemistry concepts, motivation and attitudes. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 10, 53–61

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for scientific literacy.* New York: Oxford University Press.

Bradley, J.D. (2001). UNESCO/IUPAC–CTC Global Program in Microchemistry. *Pure Appl. Chem.*,73,7, 1215–1219

Duit, R. & Tesch, M. (2010). *On the role of the experiment in science teaching and learning - Visions and the reality of instructional practice.* In: M. Kalogiannakis, D. Stavrou & P. Michaelidis (eds.) Proceedings of the 7th International Conference on Hands-On Science. 21 – 30 July, Rethymno, Greece. pp. 17-30. http://www.clab.edc.uoc.gr/hsci2010

Frey K. (2002). *Η «Μέθοδος Project».* Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη

Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science – A review of research.* Edingburgh: SCRE.

Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, , 8, 2, 105-107

Lunetta V,N., Hofstein A. and Clough M., (2007), Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice, In N, Lederman. and S. Abel (Eds,), *Handbook of research on science education. (pp. 393-441),* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Osborne, J. (2003) Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education, 25, 9,* 1049–1079.

Osborne, J. & Dillon, J.(2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. A Report to the Nuffield Foundation. London: King's College

Psillos, D., & Niedderer, H. (2003). *Teaching and learning in the science laboratory*. Berlin, Germany: Springer.

Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H., Hemmo V (2007). *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe.* Directorate-General for Research, EUROPEAN COMISSION

Tsigris Miltiadis (2005) *The Didactics of Science Through Polymorphic Self-Made Experimental Apparatus of Quantitative Determinations: An alternative proposal for the teaching of Natural Sciences.* Proceedings of the 2nd International Conference on Hands-on Science. 13-16 July 2005, pp. 384-386, Rethymno, Crete

Εργαστήριο 2: «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ …» τον Φυσικό Κόσμο στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης, Ουρανία Γκικοπούλου, Δέσποινα Ιμβριώτη, Ευστράτιος Καπότης, Δημήτριος Γουσόπουλος

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr, kalkanis@primedu.uoa.gr, gikopoulou@gmail.com, dimvrioti@sch.gr, stratosxkapotis@gmail.com, dimgouso@gmail.com

Οργάνωση: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισήγηση / Σχολιασμός: Δέσποινα Ιμβριώτη, Ουρανία Γκικοπούλου

Συντονισμός: Υποψήφιοι Διδάκτορες και Μεταπτυχιακοί Φοιτητές του Εργαστηρίου

Συμμετοχή: Εν ενεργεία Εκπαιδευτικοί και Φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων / Μελλοντικοί Εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

Περίληψη / Περιγραφή

Το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών οργανώνει αυτό το ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ στο πλαίσιο (και) του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ. Απευθύνεται τόσο στους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς όσο και στους φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων Δ.Ε. / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στοχεύει στην ευρύτερη δυνατή διάδοση, αποδοχή και εφαρμογή από τους εκπαιδευτικούς των διαρκώς ανανεούμενων από την έρευνα προτάσεων, πρακτικών και εργαλείων (πειραματικών, ψηφιακών) για τη βέλτιστη εφαρμογή των βιβλίων της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου «ΦΥΣΙΚΑ – Ερευνώ και Ανακαλύπτω». Προβλέπει την ενεργό συμμετοχή και άσκηση των εκπαιδευτικών σε πρόσθετες –εκτός των προβλεπόμενων από τα «τετράδια εργασιών»– δραστηριότητες (εκτέλεση «ιδιο-πειραμάτων» και σύνθεση «αυτο-κατασκευών»). Επίσης, προβλέπει εμπλοκή τους στον πειραματισμό για τον τρόπο βέλτιστης αξιοποίησης –και στην τάξη– πρότυπων εικονοσκοπημένων εκπαιδευτικών «τηλε-διαδικασιών», με ερμηνευτικές ψηφιακές «μικρο-προσομοιώσεις», οι οποίες έχουν σχεδιασθεί / πραγματοποιηθεί από το Εργαστήριο και προβάλλονται στο πλαίσιο των εκπομπών της Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης.

Abstract

The Science Laboratory of the Department of Primary Education of the University of Athens organizes this WORKSHOP in the frame of the 8th Panhellenic Conference on Science Education and ICT Education (ENEFET). The WORKSHOP addresses both to in-service teachers and students of Pedagogical Departments / prospective teachers of primary education. It aims at the widest possible dissemination, acceptance and implementation by teachers of the constantly revolving research proposals, practices and tools (experimental, digital) for the optimization of the use of the books of the fifth and sixth grade of elementary school "Science – I Research and I Discover". It provides for the active teachers' participation and practice in additional activities (performing "self-experimentation" and composing "self-constructions"). It also provides for their involvement in the experimentation concerning the optimal use –also in the classroom– of videotaped "tele-education"', with interpretative digital "micro-simulations", designed by the Laboratory that are presented in the Educational TV.

Το Πλαίσιο – ο προβληματισμός

Στο πλαίσιο μιας διαρκούς ερευνητικής προσπάθειας με στόχο τη βελτιστοποίηση της μεθοδολογικής εφαρμογής και των εκ-παιδευτικών αποτελεσμάτων των βιβλίων της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου «ΦΥΣΙΚΑ – Ερευνώ και Ανακαλύπτω», το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών οργανώνει τα τελευταία χρόνια πρότυπες / δειγματικές εκπαιδευτικές διαδικασίες σε μαθητές της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου, επιμορφώσεις πρωτοβάθμιων εκπαιδευτικών, εφαρμογές καινοτόμων διαδικασιών, ερευνητικές / εκπαιδευτικές εργασίες μεταπτυχιακών φοιτητών και υποψηφίων διδακτόρων, σχεδιάζει / αξιολογεί νέους πειραματισμούς και εκπαιδευτικά λογισμικά με προσομοιώσεις, αλλά και σχεδιάζει / αξιολογεί εναλλακτικές (τηλεοπτικές, διαδικτυακές, …) εκπαιδευτικές διαδικασίες. Για την ευρύτερη δυνατή διάδοση, αποδοχή και εφαρμογή από τους εκπαιδευτικούς των διαρκώς ανανεούμενων από την έρευνα προτάσεων, πρακτικών και εργαλείων, το Εργαστήριο οργανώνει και ΣΥΜΠΟΣΙΑ / ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ (και) στα Πανελλήνια Συνέδρια της ΕΝΕΦΕΤ.

Τα Βιβλία – η βέλτιστη αξιοποίησή τους

Η εκ-παίδευση στις φυσικές επιστήμες στο δημοτικό σχολείο σήμερα ακολουθεί τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών του 2002 και υποστηρίζεται από: τα "τετράδια εργασιών", τα "βιβλία μαθητή" και τα "βιβλία δασκάλου" (Ε' και Στ' τάξης) της σειράς "Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω".

Τα "τετράδια εργασιών" οργανώνουν και ενθαρρύνουν έρευνα από τους μαθητές για κάθε προβλεπόμενο προς μελέτη θέμα με βάση τα μεθοδολογικά βήματα, ώστε ο κάθε μαθητής να ανακαλύπτει –ο ίδιος– τη γνώση, να τη διατυπώνει ως συμπεράσματα στα φύλλα εργασίας και να διαμορφώνει έτσι το γνωσιακό αντικείμενο. Τα τετράδια εργασιών –προτείνεται να– είναι το πρωτεύον βιβλίο αναφοράς του μαθητή σε όλα τα μεθοδολογικά βήματα.

Τα "βιβλία μαθητή" παρέχουν μόνο ενδεικτικές πληροφορίες εναυσματικού τύπου, ερωτήματα και προτροπές για τη μελέτη, διαθεματικές αναφορές (ιστορικές, τεχνολογικές, εικαστικές, γλωσσικές, …) για τις διάφορες προβλεπόμενες από τα αναλυτικά προγράμματα θεματικές ενότητες, καθώς και ερμηνευτικές αναφορές στις διαδικασίες του μικροκόσμου και ανακεφαλαιωτικές συνόψεις. Το βιβλίο μαθητή –προτείνεται να– είναι επικουρικό σε μερικά μόνο μεθοδολογικά βήματα και –προτείνεται να– παραμένει γενικά στο σχολείο.

Τα "βιβλία δασκάλου", που απευθύνονται μόνο στους εκπαιδευτικούς, περιέχουν συμπληρωματικές και επεξηγηματικές πληροφορίες για το γνωσιακό αντικείμενο, οδηγίες για τις δραστηριότητες της προτεινόμενης εκπαιδευτικής διαδικασίας αλλά και –ενδεικτικές– απαντήσεις σε ερωτήματα που απευθύνονται στους μαθητές από το τετράδιο εργασιών.

Η ΕκΠαιδευτική Διαδικασία – η «διερεύνηση»

Ο διττός –εκπαιδευτικός / γνωσιακός και παιδευτικός / παιδαγωγικός– χαρακτήρας και ρόλος των βιβλίων (όπως υπονοείται από τη γραφή της λέξης εκ-παίδευση), αλλά και ο διττός στόχος της εκ-παιδευτικής διαδικασίας σύμφωνα με τα βιβλία αυτά (εξ)υπηρετείται από: α) το (ευρύτατο) γνωσιακό αντικείμενο, του οποίου ένα μεγάλο μέρος –προτείνεται να– "ανακαλύπτεται" (όχι να υπαγορεύεται και να απομνημονεύεται) από τους μαθητές, και β) την (εφαρμοζόμενη) διδακτική μεθοδολογία –την επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδο με "διερεύνηση" (ή το «δι-ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό πρότυπο», όπως αναφέρεται στα βιβλία)–, με κύριο και αναπόσπαστο στοιχείο τον αποδεικτικό πειραματισμό και «επί του πρακτέου» δραστηριότητες σε κάθε μεθοδολογικό βήμα της. Επίσης, υποστηρίζεται από το (ερμηνευτικό) πρότυπο του μικροκόσμου και προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις (στατικές και δυναμικές) οι οποίες έχουν δημιουργηθεί για αυτά τα βιβλία. Η βέλτιστη λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα των βιβλίων επιτυγχάνεται όμως από την (ενεργό) συμμετοχή των μαθητών και την (ενεργό) καθοδήγησή τους από τους εκπαιδευτικούς. Εκπαιδευτικό / γνωσιακό ζητούμενο των βιβλίων και της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι η βοήθεια προς τους μαθητές (/ μελλοντικούς πολίτες) να ανακαλύπτουν τη γνώση, να κατανοούν / ερμηνεύουν και να

προβλέπουν τον φυσικό κόσμο, ενώ παιδευτικό / παιδαγωγικό ζητούμενο είναι η ανάπτυξη από τους μαθητές (/μελλοντικούς πολίτες) μεθοδολογικών προτύπων, πρακτικών και δεξιοτήτων που θα τους βοηθήσουν σε όλη τη ζωή τους να ενδιαφέρονται, να ερευνούν, να ανακαλύπτουν, να εφαρμόζουν, να κρίνουν απροκατάληπτα, να αποφασίζουν ορθολογικά, να γενικεύουν και να ολοκληρώνουν τις "γνώσεις" σε "μόρφωση".

Η ΕκΠαιδευτική Μέθοδος – υποθέσεις και συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα βήματα της εφαρμοζόμενης επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση, σε κάθε φύλλο εργασίας προβλέπεται –και προτείνεται– 1. η παρώθηση (/το έναυσμα) του ενδιαφέροντος για το προς μελέτη θέμα με αναφορές σε σχετικά φυσικά φαινόμενα ή τεχνολογικές εφαρμογές ή ανθρώπινες δραστηριότητες, 2. η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές με την υπενθύμιση / αξιοποίηση προϋπαρχουσών γνώσεων (ή προαντιλήψεων, αν υπάρχουν), 3. η εκτέλεση από τους ίδιους τους μαθητές αποδεικτικών (επιβεβαιωτικών ή απορριπτικών των υποθέσεων) πειραμάτων με απλά υλικά και μέσα και καταγραφή των παρατηρήσεών τους, 4. η εξαγωγή με κριτική συζήτηση και ορθολογική σκέψη συμπερασμάτων, η διατύπωση και η εφαρμογή τους στα εναυσματικά φαινόμενα και 5. η γενίκευση των συμπερασμάτων και σε άλλα φαινόμενα, η συστημική συσχέτισή τους με διαθεματικές παραμέτρους τους και η ερμηνεία των φαινομένων με τις διαδικασίες του μικροκόσμου. Για τη βέλτιστη τήρηση και εφαρμογή της ακολουθίας των μεθοδολογικών βημάτων οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του Εργαστηρίου / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί προτείνουν: η χρονική διάρκεια των μεθοδολογικών βημάτων να είναι προκαθορισμένη ποσοστιαία (%) σε σχέση με τη συνολική χρονική διάρκεια της μελέτης ενός θέματος (για κάθε βήμα, ενδεικτικά, και κατά σειρά: 10%, 10%, 40%, 30% και 10% της χρονικής διάρκειας).

Ο ιδιο-Πειραματισμός – οι πρόσθετες «αποδείξεις»

Ο πειραματισμός (/η εκτέλεση πειραμάτων), στο πλαίσιο της εφαρμοζόμενης διερευνητικής μεθόδου, είναι αναπόσπαστο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας των φυσικών επιστημών και έχει έννοια όταν είναι "αποδεικτικός", όταν δηλαδή οι μαθητές –σύμφωνα με τη μεθοδολογία– διατυπώνουν υποθέσεις και με τον πειραματισμό αποδεικνύουν αν μια υπόθεση είναι ορθή. Τότε αυτή η υπόθεση καθίσταται συμπέρασμα. Τα πειράματα –σύμφωνα με την άποψη και την πρόταση της συγγραφικής ομάδας των βιβλίων, πρέπει να– εκτελούνται από τους ίδιους τους μαθητές σε ομάδες, ειδικά δε για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση –πρέπει να– πραγματοποιούνται με τη χρήση καθημερινών, απλών υλικών και μέσων. Μάλιστα, προτείνεται οι ίδιοι οι μαθητές να συγκεντρώνουν όσο από τα υλικά και μέσα είναι δυνατόν, να τα παίρνουν δε μετά τον πειραματισμό, αφού ελπίζεται ότι οι μαθητές θα συνεχίσουν τον πειραματισμό, ως παιχνίδι, στο σπίτι «δείχνοντας» και «εξηγώντας» σε άλλους. Αν άμεσο ζητούμενο της άσκησης των μαθητών (/μελλοντικών πολιτών) σε αποδεικτικό πειραματισμό είναι η επιλογή της ορθής υπόθεσης, απώτεροι στόχοι είναι η δραστηριοποίηση και ενεργητική συμ-μετοχή τους και στο μέλλον σε "βιωματικές" αποδεικτικές διαδικασίες, η ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων, η "ομαδο-συν-εργασία" και η αποδοχή από όλους των αποτελεσμάτων των αντικειμενικών αποδεικτικών διαδικασιών. Τα εκτελούμενα πειράματα για κάθε θέμα προβλέπονται –κατά κανόνα– και περιγράφονται από το "τετράδιο εργασιών". Όμως δεν πρέπει να αποκλείονται –αντιθέτως είναι ευκταία– και πειράματα που προτείνονται ή η αναγκαιότητα των οποίων προκύπτει κατά τη διατύπωση των υποθέσεων. Εκτός από αυτά, προτείνεται να εκτελούνται και «ιδιο-Πειράματα» (πειράματα εκτός των προτεινόμενων από το τετράδιο εργασιών), να πραγματοποιούνται δε και «αυτο-Κατασκευές». Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών έχουν σχεδιάσει, συνθέσει, εφαρμόσει και αξιολογήσει κατά την άσκηση των προπτυχιακών φοιτητών (/μελλοντικών δασκάλων) ένα πλήθος εργαστηριακών ασκήσεων, που περιλαμβάνουν την εκτέλεση και πειραμάτων που δεν προβλέπονται στα τετράδια εργασιών, απαιτούν δε συνήθως αυτοσχέδιες κατασκευές. Επίσης, έχουν σχεδιάσει φύλλα εργασίας τα οποία έχουν δομηθεί με τη λογική και την αισθητική των φύλλων εργασίας των τετραδίων εργασιών. Μερικά από αυτά τα πρόσθετα –εκτός των προγραμματισμένων–

πειράματα (τα οποία χαρακτηρίζουμε ως «ιδιο-Πειράματα») και μερικές από τις αυτοσχέδιες κατασκευές (τις οποίες χαρακτηρίζουμε ως «αυτο-Κατασκευές») έχουν αναρτηθεί στον διαδικτυακό τόπο του Εργαστηρίου (http://micro-kosmos.uoa.gr) προς χρήση από τους εκπαιδευτικούς όλης της χώρας. Σε αυτά τα ιδιο-πειράματα και τις αυτό-κατασκευές θα ασκηθούν ενεργά οι εκπαιδευτικοί που θα συμμετέχουν στο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.

Οι τηλε-Διαδικασίες / οι μικρο-Προσομοιώσεις – οι «ερμηνείες»

Ο εκπαιδευτικός, με τη βοήθεια στατικών στιγμιοτύπων του μικροκόσμου (των «μικρο-Στιγμιοτύπων», που υπάρχουν στο "βιβλίο μαθητή" και στα "μικρο-Αναγνώσματα" (σύντομα κείμενα και απλά σχέδια για τον μικρόκοσμο) ή/και δυναμικών προσομοιώσεων / οπτικοποιήσεων (των "μικρο-Προσομοιώσεων" που έχουν αναρτηθεί στον διαδικτυακό τόπο του Εργαστηρίου –προτείνεται να– εξηγεί τις θέσεις και τις κινήσεις των σωματιδίων του μικροκόσμου με τις οποίες ερμηνεύει τα συμπεράσματα για τα φυσικά φαινόμενα του μακροκόσμου που μελετήθηκαν. Προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις του μικροκόσμου είναι ενταγμένες και σε εικονοσκοπημένες πραγματικές εκπαιδευτικές διαδικασίες με μαθητές. Οι εκπαιδευτικές αυτές διαδικασίες έχουν σχεδιασθεί και εικονοσκοπηθεί στο Εργαστήριο, ακολουθούν τη μεθοδολογία των βιβλίων και είναι συμβατές με τις θεματικές των αναλυτικών προγραμμάτων, τις γνωστικές δυνατότητες και τις γνωσιακές ανάγκες των μαθητών. Πρόκειται για μια σειρά πέντε επεισοδίων (τα "μικρο-Επεισόδια") με τίτλο "Με το μικρόΚοσμο εξηγώ …", στο πλαίσιο μιας προσπάθειας "τηλε-Εκπαίδευσης" της Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης. Οι εκπαιδευτικοί που θα συμμετέχουν στο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ θα συζητήσουν και θα ερμηνεύσουν –με τη βοήθεια των συντονιστών– τα μακροσκοπικά φαινόμενα που μελετήθηκαν με τα ιδιο-πειράματα και τις αυτο-κατασκευές, αξιοποιώντας τις μικρο-προσομοιώσεις που παρακολούθησαν. Ακόμη, θα εμπλακούν στον προβληματισμό για τη βέλτιστη εφαρμογή –και στην τάξη– των εκπαιδευτικών τηλεδιαδικασιών .

Οι αυτο-Κατασκευές – μια έρευνα

Για τη σχεδίαση / κατασκευή / αξιολόγηση συγκεκριμένων αυτο-κατασκευών που παρουσιάζονται στο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ βασικό έναυσμα αποτέλεσε η έλλειψη ανάλογων πειραματικών διατάξεων στην εκπαίδευση για την ανάδειξη συγκεκριμένων φαινομένων ή θεματικών ενοτήτων.

«Από τον Ηλεκτρισμό στο Μαγνητισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικού Κινητήρα για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό

«Από το Μαγνητισμό στον Ηλεκτρισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικής Γεννήτριας για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό

Ουρανία Γκικοπούλου, Ευστράτιος Καπότης, Δημήτριος Γουσόπουλος, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, http://micro-kosmos.uoa.gr

gikopoulou@gmail.com, stratosxkapotis@gmail.com, , dimgouso@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Κατά την εκπαιδευτική διαδικασία των Φυσικών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση ενθαρρύνεται η χρήση απλών υλικών και μέσων για τα περιλαμβανόμενα στα Τετράδια Εργασιών πειράματα, αλλά και ο πειραματισμός από τους ίδιους τους μαθητές. Προτείνουμε ο πειραματισμός από τους μαθητές να επεκτείνεται και με αυτο-κατασκευές από τους ίδιους και τους εκπαιδευτικούς συνθετότερων διατάξεων, πάντα από απλά υλικά και μέσα.

Για τη σχεδίαση / κατασκευή / αξιολόγηση των συγκεκριμένων αυτο-κατασκευών βασικό έναυσμα αποτέλεσε η έλλειψη ανάλογων απλών πειραματικών διατάξεων στην εκπαίδευση για την ανάδειξη σχετικών φαινομένων και θεματικών ενοτήτων. Η έρευνα που παρουσιάζεται εδώ έδειξε ότι οι συγκεκριμένες αυτο-κατασκευές είναι δυνατόν να πραγματοποιούνται από φοιτητές / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εύκολα, με απλά υλικά και μέσα, να έχουν λειτουργικότητα και να αναδεικνύουν τις φυσικές αρχές λειτουργίας τους.

Abstract

During the educational procedure of Science in primary education it is encouraged the use of simple materials and tools for the experimentation described in the official science workbooks as well as the conduction of the experiments by the students themselves. We suggest the extension of the experimentation with the use of self- or hands-on assembled setups by students and teachers themselves, still with common and simple materials. The trigger for the design / construction / evaluation of these specific self- or hands-on assembled setups was the absence of such simple experimental devices in education for studying the relevant phenomena. Our research showed that these specific self- or hands-on assembled setups can be constructed by students / prospective teachers of primary education easily, with simple materials and tools, can be functional and are able to highlight the physical principles of their operation.

Στο μάθημα των Φυσικών (/ Φυσικών Επιστημών) στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση με την εφαρμογή των εγχειριδίων «ΦΥΣΙΚΑ – Ερευνώ και Ανακαλύπτω» (Αποστολάκης κά 2006) και της προτεινόμενης σε αυτά Επιστημονικής / Εκπαιδευτικής μεθόδου με Διερεύνηση (Καλκάνης 2007), ο πειραματισμός (/ η εκτέλεση πειραμάτων) είναι αναπόσπαστο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Τα πειράματα, σύμφωνα με την πρόταση της συγγραφικής ομάδας των εγχειριδίων, πρέπει να είναι αποδεικτικά, να εκτελούνται δε από τους ίδιους του μαθητές με απλά, καθημερινά υλικά και μέσα (Καλκάνης 2008α). Η εκπαιδευτική διαδικασία για τους φοιτητές / μελλοντικούς δασκάλους στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών διαρθρώνεται με βάση την παραπάνω μεθοδολογία και υποστηρίζεται από σχέδια και φύλλα εργασίας καλύπτουν δε όλες τις θεματικές των εγχειριδίων του δημοτικού σχολείου (Καλκάνης 2008β, 2010).

Η Πρόταση

Η χρήση απλών υλικών και μέσων όχι μόνο ενθαρρύνεται από την ερευνητική / εκπαιδευτική ομάδα του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών αλλά και επεκτείνεται με την πρόταση για αυτο-κατασκευές από τους μαθητές και εκπαιδευτικούς συνθετότερων διατάξεων, πάντα από απλά υλικά και μέσα.

Απαραίτητες προϋποθέσεις είναι η απλότητα της σχεδίασης, η αυτο-κατασκευή από απλά –φθηνά και εύκολα ανευρέσιμα– υλικά και μέσα, η εύκολη λειτουργία αλλά και –ιδίως– η προφανής ανάδειξη των φυσικών αρχών κατά (/ ή από) τη λειτουργία της διάταξης. Προτείνεται οι ίδιοι οι μαθητές να συγκεντρώνουν όσα από τα υλικά και μέσα είναι δυνατόν, ώστε εκτός από τους απλούς πειραματισμούς να κατασκευάζουν και συνθετότερες διατάξεις, αφού ελπίζεται ότι οι μαθητές θα συνεχίσουν τον πειραματισμό –ως παιχνίδι– στο σπίτι «δείχνοντας» και «εξηγώντας» στους άλλους. Στα πλεονεκτήματα προστίθενται και η ανάπτυξη από τους μαθητές κατασκευαστικών δεξιοτήτων, αλλά και η βαθύτερη κατανόηση από τους μαθητές / σχεδιαστές / κατασκευαστές των φυσικών αρχών.

Για τη σχεδίαση / κατασκευή / αξιολόγηση συγκεκριμένων αυτο-κατασκευών από το Εργαστήριο βασικό έναυσμα αποτέλεσε η έλλειψη ανάλογων πειραματικών διατάξεων στην εκπαίδευση για την ανάδειξη συγκεκριμένων φαινομένων ή θεματικών ενοτήτων.

Η Αναγκαιότητα, οι Στόχοι

Έχει διαπιστωθεί ότι στην εκπαιδευτική πραγματικότητα των φυσικών επιστημών, όχι μόνο στην πρωτοβάθμια αλλά και γενικά στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δεν εξυπηρετείται πειραματικά από κάποια διάταξη με τα παραπάνω χαρακτηριστικά η θεματική:

α) Των Ηλεκτρικών Κινητήρων. Αυτή η θεματική εντάσσεται στη γενικότερη θεματική ενότητα των εγχειριδίων της πρωτοβάθμιας για τα Φυσικά «από τον Ηλεκτρισμό στο Μαγνητισμό», εξυπηρετείται δε πειραματικά μόνο από τη δημιουργία απλών ηλεκτρομαγνητών.

β) Των Ηλεκτρικών Γεννητριών. Αυτή η θεματική εντάσσεται στη γενικότερη θεματική ενότητα των εγχειριδίων της πρωτοβάθμιας για τα Φυσικά «από το Μαγνητισμό στον Ηλεκτρισμό», εξυπηρετείται δε πειραματικά μόνο από το δυσεύρετο πλέον δυναμό ποδηλάτου.

Αυτή η διαπίστωση οδήγησε στην αναγκαιότητα μιας έρευνας με στόχους τον έλεγχο της εφικτότητας των αυτο-κατασκευών, τον υπολογισμό του απαιτούμενου χρόνου ολοκλήρωσής τους, τον έλεγχο της λειτουργικότητάς τους, τη διαπίστωση της ύπαρξης (ή μη) ενδιαφέροντος από τους φοιτητές / εκπαιδευτικούς, και, τέλος, τον έλεγχο της ανάδειξης (ή μη) από τις κατασκευές και τη λειτουργία τους της κατανόησης των φυσικών αρχών από τους φοιτητές / εκπαιδευτικούς.

Η Έρευνα

Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο μια μικρή ερευνητική διαδικασία κατά τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2012 με σκοπό την πραγματοποίηση μιας ήδη γνωστής από τη βιβλιογραφία ιδέας, την αυτο-κατασκευή α) ενός απλού ηλεκτρικού κινητήρα και β) μιας απλής ηλεκτρικής γεννήτριας για εκπαιδευτική χρήση.

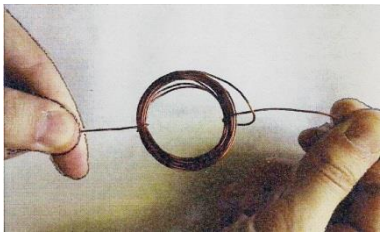
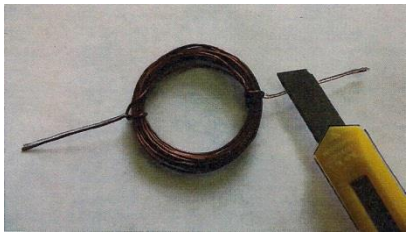
Τα Ερευνητικά Ερωτήματα: Τα κυριότερα ερευνητικά ερωτήματα ήταν: α) είναι εφικτές οι προτεινόμενες αυτο-κατασκευές; β) ποιος είναι ο απαιτούμενος χρόνος ολοκλήρωσής τους; γ) πόσο λειτουργικές είναι; δ) υπάρχει ενδιαφέρον από τους φοιτητές; ε) προάγεται από την κατασκευή και τη λειτουργία των αυτο-κατασκευών η κατανόηση των φυσικών αρχών από τους φοιτητές;

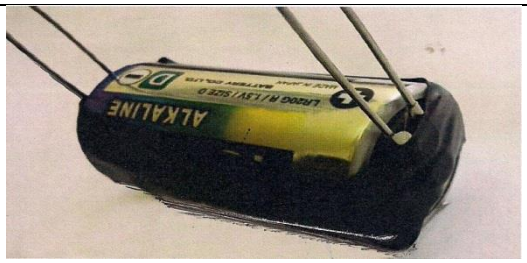
Η Ερευνητική Μεθοδολογία: Κλήθηκαν τυχαία 10 προπτυχιακοί φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά τη διάρκεια εργαστηριακών διώρων και αντί της προγραμματισμένης άσκησής τους πειραματίστηκαν σε κάθε μια από τις αυτο-κατασκευές και τη λειτουργία της. Στο τέλος της άσκησης αξιολογήθηκαν και η βαθμολογία τους συγκρίθηκε με τη βαθμολογία αυτών των φοιτητών που είχαν εκτελέσει άσκηση με την ίδια θεματική, αλλά χωρίς (αυτο-)κατασκευή των διατάξεων.

Η Εκπαιδευτική Μεθοδολογία: Η αυτο-κατασκευή εντάχθηκε στο τρίτο βήμα, τον πειραματισμό, της εφαρμοζόμενης στο Εργαστήριο μεθοδολογίας (Καλκάνης 2007, 2010). Αναζητήθηκαν και επιλέχθηκαν από τους φοιτητές τα υλικά που χρειάστηκαν, διαβάζοντας δε τις οδηγίες που υπήρχαν στο φύλλο εργασίας, κατασκεύασαν / λειτούργησαν τις διατάξεις και έκαναν παρατηρήσεις, τέλος δε βαθμολογήθηκαν.

Οι αυτό-Κατασκευές

Α) Ηλεκτρικός Κινητήρας



Υλικά: μπαταρία 1,5 volt , 2 μεταλλικές παραμάνες, κολλητική ταινία, 2 κυλινδρικοί ισχυροί μαγνήτες, μονωμένο χάλκινο καλώδιο (1,5 με 2 μέτρα), κοπίδι

Οδηγίες:

Τυλίγουμε το καλώδιο γύρω από τη μπαταρία όπως στην πρώτη εικόνα περίπου 15 με 20 φορές, ώστε να δημιουργηθεί ένα μικρό πηνίο.

Αφαιρούμε το πηνίο από την μπαταρία και τυλίγουμε τα άκρα του πηνίου αντιδιαμετρικά σε αυτό, όπως στη δεύτερη εικόνα.

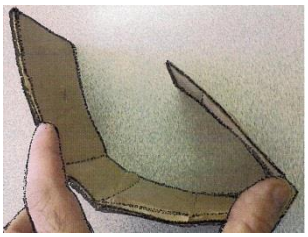
Με το κοπίδι ξύνουμε το ένα άκρο του καλωδίου σε όλη του την επιφάνεια και το άλλο μόνο την μια πλευρά, όπως στην τρίτη εικόνα.

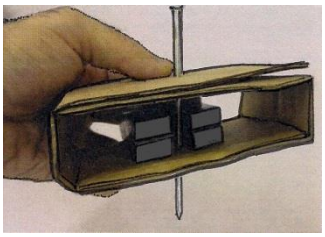
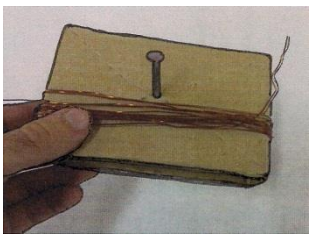
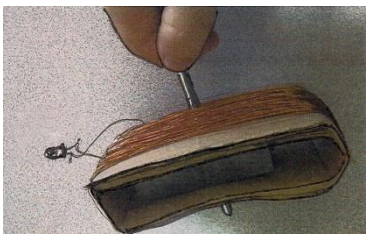
Στερεώνουμε τις παραμάνες στα άκρα της μπαταρίας με την κολλητική ταινία, όπως στην τέταρτη εικόνα.

Τοποθετούμε τους μαγνήτες στο κέντρο της μπαταρίας και περνάμε τα άκρα του σύρματος του πηνίου μέσα από τα κυκλικά άκρα των παραμάνων, όπως στην πέμπτη εικόνα.

Το πηνίο περιστρέφεται.

Β) Ηλεκτρική Γεννήτρια



Υλικά: μονωμένο χάλκινο καλώδιο (περίπου 100 μέτρα), τέσσερις παραλληλόγραμμοι μαγνήτες, μεγάλο καρφί ή βίδα, μικρής ισχύος λαμπάκι led, χαρτόνι, κολλητική ταινία

Οδηγίες:

Διπλώνουμε το χαρτόνι όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα και περνάμε στο κέντρο του το καρφί, όπως στη δεύτερη εικόνα.

Τοποθετούμε τους μαγνήτες ανά δυο στο καρφί και τους στερεώνουμε σε αυτό με την κολλητική ταινία, όπως στην τρίτη εικόνα.

Τυλίγουμε το χάλκινο σύρμα γύρω από το χαρτόνι πολλές φορές, όπως στην τέταρτη εικόνα, για να σχηματιστεί πηνίο.

Ενώνουμε τα δυο άκρα του πηνίου στο λαμπάκι, όπως στην πέμπτη εικόνα, και περιστρέφουμε το καρφί κρατώντας το πηνίο, όπως στην έκτη εικόνα.

Το led φωτοβολεί.

Τα Αποτελέσματα, η Αξιολόγηση, οι Προτάσεις

Αποδείχθηκε ότι: είναι εφικτή από τους φοιτητές / μελλοντικούς δασκάλους η αυτο-κατασκευή σε εύλογο χρόνο (περίπου 20 min για την κάθε μία) των διατάξεων, οι φοιτητές έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη δραστηριότητα αυτή αλλά και αυξημένο ενδιαφέρον στη μελέτη αυτής της θεματικής. Αποδείχθηκε, επίσης, η λειτουργικότητα των διατάξεων και αναδείχθηκε ότι η αυτο-κατασκευή και λειτουργία των διατάξεων προάγει την κατανόηση των φυσικών αρχών από τους φοιτητές, όπως προέκυψε από την αξιολόγηση των απαντήσεων των φοιτητών στα φύλλα εργασίας.

Ειδικότερα, η αξιολόγηση της επίδοσης των φοιτητών που (αυτο-)κατασκεύασαν και λειτούργησαν τις διατάξεις στο πλαίσιο της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης / θεματικής, συγκρινόμενη με αυτή των φοιτητών που ασκήθηκαν στις ίδιες θεματικές αλλά χωρίς (αυτο-)κατασκευή των διατάξεων έδειξε σημαντική υπεροχή των πρώτων.

Ως εκ τούτου, προτείνεται η γενίκευση των αυτο-κατασκευών αυτών και η ένταξή τους στους αντίστοιχους πειραματισμούς στα εκπαιδευτικά εργαστήρια και στα σχολεία.

Οι Αναφορές

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Αθ., Καλκάνης Γ. Θ. (2006). "ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού - Ερευνώ και Ανακαλύπτω", Βιβλίο Μαθητή, Τετράδιο Εργασιών, Βιβλίο Δασκάλου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2007). "Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα), Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2008α). "Οδηγίες / Επιστολή προς τους Εκπαιδευτικούς (και τους Γονείς) για τη βέλτιστη εφαρμογή της εκ-παιδευτικής διαδικασίας σύμφωνα με τα Βιβλία «Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ Τάξης του Δημοτικού Σχολείου", http://micro-kosmos.uoa.gr (→ τα ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού), Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2008β). "Πρότυπη / Δειγματική Εφαρμογή – Σχέδια και Φύλλα Εργασίας", http://micro-kosmos.uoa.gr (→ τα ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού), Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2010). "ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών, ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι Εφαρμογές τους" (Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες), Αθήνα

Τα "μικρο-Αναγνώσματα", οι "μικρο-Προσομοιώσεις" και τα "μικρο-Επεισόδια" της "τηλε-Εκπαίδευσης", καθώς και αναλυτικές «Μεθοδολογικές Προτάσεις και Παραδειγματικές Πρακτικές για τη βέλτιστη πρακτική εφαρμογή και εκ-παιδευτική αποτελεσματικότητα των βιβλίων της Ε΄ και Στ΄τάξης του Δημοτικού Σχολείου Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω"» έχουν αναρτηθεί στον διαδικτυακό τόπο του Εργαστηρίου http://micro-kosmos.uoa.gr → τα ΦΥΣΙΚΑ Ε' και Στ' Δημοτικού.

Ευρετήριο

Ευρετήριο

Αναγνώστου, 1042
Αποστολοπούλου, 906
Lavonen, 468
Psycharis, 735
Αδαμίδης, 987
Αθανασίου, 324, 353, 820
Αλαχιώτης, 340
Αμαριωτάκης, 243
Αναγνωστάκης, 582, 1093
Αναγνωστοπούλου, 251
Αναστασιάδου, 648, 769
Αναστασίου, 192
Ανδρίκου, 1061
Αντύπα, 492
Αντύπας, 1012, 1042
Αντώνογλου, 201
Αποστολάκου, 674
Ασημόπουλος, 761
Βαβουγυιός, 15, 176, 871, 946, 954
Βαρσάμης, 899
Βαρυπάτη, 169
Βασιλοπούλου, 331
Βάτσιος, 1053
Βαφειάδης, 410
Βαχλιώτης, 209
Βελέντζας, 459
Βλάσση, 891
Βλαχάκης, 623
Βλαχολιά, 184
Βοσνιάδου, 284, 378, 727
Βουρλιάς, 623
Γαλανοπούλου, 566
Γαρυφαλλίδου, 1061
Γεωργόπουλος, 484
Γιαλαμάς, 753
Γιαλλούση, 753
Γκικοπούλου, 129, 284, 1100
Γκίτζια, 225
Γουρλά, 1053
Γουσόπουλος, 1100
Γρηγορίου, 793
Δανιηλίδου, 419
Δεβελάκη, 745
Δημητρίου, 1037
Δίντσιος, 590
Δογούλη, 159
Δούρος, 324
Εξάρχου, 72
Ευαγγελοπούλου, 300
Ευαγγέλου, 292
Ζαγούρας, 101
Ζαρκάδης, 370
Ζαχαρία, 40
Ζουπίδης, 468
Ηλιοπούλου, 829
Ιμβριώτη, 1100
Ιωαννίδης, 871, 1061
Καλαθάκη, 1004
Καλαϊτζιδάκη, 1093
Καλκάνης, 105, 113, 121, 129, 137, 145, 793, 1100
Καλλέρη, 777
Καλογιαννάκης, 492, 500, 930, 938
Καμαράτος, 829
Καπετανάκης, 607
Καπότης, 1100
Καραγιάννη, 451
Καραγιαννίδης, 362, 954
Καραλιώτα, 891
Καραμιχάλη, 769
Καραμούσα, 1023
Καραμπάτσα, 914
Καράογλου, 476
Καριώτογλου, 468, 615
Κασσέτας, 639
Κατάκος, 353
Κλωνάρη, 574, 906, 914
Κοΐνης, 566
Κόλλας, 666
Κόλλιας, 631
Κοντόκωστας, 145
Κοσιονίδης, 319
Κοτσίνας, 881, 970
Κουκά, 378
Κουμπάρου, 769
Κουντουριώτης, 800
Κουρσάρης, 151
Κουτσικουρή, 443
Κουτσιούκης, 631
Κοψιδάς, 954
Κυπραίος, 217
Κυριακοπούλου, 727
Κωνσταντίνου, 151, 551
Κωσταρά, 857

Κωστελίδου, 201
Κώτσης, 41, 292, 395, 476, 524, 541, 829, 857
Λαδάκη, 1061
Λακριντής, 607
Λιθοξοΐδου, 978
Μαγουλιώτης, 508
Μακρής, 1073
Μαλάμου, 81
Μαλανδράκης, 419, 558
Μαλεζά, 938
Μανδρίκας, 761, 914
Μάνεση, 962
Μάνου, 658
Μαργαρίτης, 1093
Μαρινόπουλος, 427
Μάρκος, 370
Μαυραγάνης, 930
Μεγαλονίδης, 90
Μελίστα, 914
Μήτσου, 176
Μικρόπουλος, 484, 849
Μιτζήθρας, 121
Μιχαηλίδης, 582, 785, 1093
Μίχας, 300, 599, 800
Μπαντάνης, 1023
Μπαρτζώκας, 849
Μπέλλου, 484
Μπενιάτα, 718
Μπιμπούδη, 137
Μπονώτη, 402
Μπουλουξή, 566
Μπούρμπουλα, 105
Νείλα, 996
Νησιώτου, 954
Νικήτα, 340
Ντρουμπογιάννη, 1084
Ξαφάκος, 1023
Ξενιτίδου, 435
Οικονόμου, 840
Πανταζοπούλου, 863
Παπαγεωργίου, 217, 243, 370
Παπαδιά, 395
Παπαδοπούλου, 353, 558
Παπαδούρης, 151, 551
Παπακώστας, 881
Παπαλεξόπουλος, 946, 954
Παππά, 268
Παρασκευάς, 534, 922
Πηλακούτα, 899
Πιλάτου, 362, 427
Πλατινάκη, 500
Πνευματικός, 468
Πολάτογλου, 590
Πούλλου, 492
Πρίνου, 331
Ρεκούμη, 492, 930
Ρετάλη, 694
Σάλτα, 184, 209, 225
Σαμαράς, 402
Σαρρής, 129
Σέρογλου, 623
Σιακίδου, 551
Σιανούδης, 176
Σιγάλας, 201, 410
Σκορδούλης, 21, 703, 761
Σκουμιός, 840, 863
Σμυρναίου, 169
Σούλιος, 710
Σπαθόπουλος, 607
Σπανός, 1053
Σπηλιωτοπούλου, 243, 260, 674
Σπύρτου, 468, 658, 813
Σταμοβλάσης, 217
Σταράκης', 310
Στασινάκης, 820
Σταυλιώτη, 340
Σταύρου, 648, 703, 769, 1093
Στεφανίδου, 703
Στύλος, 524, 541
Συμεωνίδου, 769
Ταραμόπουλος, 101, 276
Τάτση, 683
Τζαμπερής, 435
Τζάνη, 319
Τζιουβάρα, 362, 443
Τζουγκράκη, 184, 209, 225
Τζουρά, 574, 914
Τριανταφύλλου, 260
Τσαβλή, 954
Τσαγλιώτης, 1093
Τσάκωνας, 113, 129
Τσαλίκη, 615
Τσάπαλη, 718
Τσαπαρλής, 67, 72, 81, 90, 192, 233, 268, 378, 386, 683
Τσελφές, 718, 753
Τσίγκρης, 1093
Τσιλίκα, 962
Τσιρογιάννη, 849
Τσιρτσής, 574
Τσιχουρίδης, 871
Τσουκαλά, 508, 516
Φαχαντίδης, 159
Φερεντίνου, 946

Χαϊτίδου, 813
Χαλκιά, 30, 310, 331, 459, 666
Χαλκίδης, 914
Χαριστός, 201
Χαρτζάβαλος, 386
Χατζηνικήτα, 251
Χειλάκη, 1029
Χρηστίδου, 402
Χριστοφίδου, 769
Ψύλλος, 101, 276, 451, 710