7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες

15-17 Απριλίου 2011
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Αλεξανδρούπολη

Πρακτικά Συνεδρίου

Οργάνωση
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Σχολή Επιστημών Αγωγής,
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Πρακτικά Συνεδρίου

Επιμέλεια έκδοσης: Παπαγεωργίου Γιώργος & Κουντουριώτης Γιώργος
2011, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
ISSN 1791-1281 Online Τόμος 7
Γραφικά εξώφυλλου: Αποστολούμη Χρύσα

Πλήρης Βιβλιογραφική Αναφορά
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, σελ. κκ - λλ. http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης ηη/μμ/εε.

7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες

15-17 Απριλίου 2011
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Αλεξανδρούπολη

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.

Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή στα Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση 14

Προσκεκλημένες ομιλίες 18

Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: Οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science" 19

Science Education – Image, Interest and Identity 27

Is the science curriculum inadequate from the perspective of the learner? 40

Τα Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης «νέας γενιάς» και οι Φυσικές Επιστήμες 49

Η διερεύνηση με χρήση μοντέλων στη διδακτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών .. 58

Συμπόσια 67

Συμπόσιο 1ο: Εκπαιδευτικά βιβλία φυσικών επιστημών: συγγραφή και αξιολόγηση με βάση τις αρχές της διδακτικής των φυσικών επιστημών 68

Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών – Μέρος Β: γυμνασιακή φυσική 72

Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών – Μέρος Γ: γυμνασιακή χημεία 83

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 92

Ενδομοριακοί και διαμοριακοί χημικοί δεσμοί: Αξιολόγηση των ερωτήσεων σε διεθνή βιβλία γενικής χημείας 102

Συμπόσιο 2ο: Διδάσκοντας θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα στη ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Θεωρητικά ζητήματα, ερευνητικές κατευθύνσεις, προτάσεις. 110

Μια εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στο Λύκειο 113

Η 'φύση της επιστήμης' ως δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο εννοιολογικής αλλαγής προς την κβαντική θεωρία 121

Προτάσεις για τη Διδασκαλία Νόμων και Αρχών της Φυσικής του 20ου Αιώνα στο Λύκειο με την Αξιοποίηση Ιστορικών Νοητικών Πειραμάτων 129

Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην Εκπαίδευση 138

Συμπόσιο 3ο: Διδακτικές-Μαθησιακές Σειρές στα πλαίσια του έργου Material Science. 146

Μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά για την εισαγωγή στοιχείων της διερευνητικής μεθόδου καθώς και της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, στα φαινόμενα πλεύσης και βύθισης: η διαδικασία βελτίωσης της σειράς 151

Καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας μέσα από μια διδακτική μαθησιακή ακολουθία για τις Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες Υλικών: η περίπτωση της διάκρισης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας 159

Η διαδικασία βελτίωσης μιας Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας που βασίζεται στη διερεύνηση και στις ΤΠΕ για τις Θερμικές Ιδιότητες των Υλικών 168

Συμπόσιο 4^{ο}: Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η Οικοδόμηση των Εννοιών 176

Οι έννοιες έργο και μαγνητικό πεδίο 178

Οι έννοιες θερμότητα και πίεση 185

Η έννοια έννοια και η έννοια μάζα 191

Στρογγυλά Τραπέζια 196

Στρογγυλό Τραπέζι: Παιδαγωγική και Διδακτική Επάρκεια Εκπαιδευτικών 197

Παιδαγωγική και Διδακτική Επάρκεια Εκπαιδευτικών 198

Πιστοποιητικό Διδακτικής και Παιδαγωγικής Επάρκειας στη Σχολή Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ. 199

Η Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών 201

Προφορικές Εργασίες 202

Συνεδρία 1: Χρήση Πειραμάτων και Προσομοιώσεων στη Διδασκαλία της Φυσικής 203

Microcontrollers στη διδασκαλία της Φυσικής: μια προσομοίωση της κίνησης των ηλεκτρονίων σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα 203

Μια Εκπαιδευτική Μελέτη της Έντασης του Φωτός κατά τη Διάδοσή του – Εφαρμογή, Αξιολόγηση, Συμπεράσματα 212

Προσομοιώσεις / Συσχετίσεις Μικροσκοπικών Ταλαντώσεων και Μακροσκοπικών Κυμάτων με ένα Εκπαιδευτικό Λογισμικό – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση 220

Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα 228

Στάσεις των μαθητών Δημοτικού Σχολείου ως προς το πείραμα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. 238

Συνεδρία 2: Εφαρμογές των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Ι 248

Χρήση του εργαλείου Wiki για το e-Twinning Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα: Οικοσυστήματα γύρω μας – Μαθητές/τριες από την Ελλάδα και την Πολωνία οδηγούνται στην ουσιαστική μάθηση με τους εννοιολογικούς χάρτες 248

«Πάω Δημοτικό»: Εκπαιδευτικό Λογισμικό - έκδοση Interactive Whiteboard-για τη διευκόλυνση της διδασκαλίας μαθημάτων στην τάξη 257

Μαθαίνω τον Ηλεκτρομαγνητισμό μέσω του MATHEMA 267

Αξιοποιώντας τα μαθητικά netbooks - ο αντίκτυπος σε εκπαιδευτικούς και γονείς (μελέτη εφαρμογής)..... 275

Διαδραστικός Πίνακας – "Πανάκεια" ή, απλώς, "Εργαλείο"; – στην Εκπαίδευση Φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες..... 283

Συνεδρία 3: Διδασκαλία και Μάθηση στη Χημεία Ι..... 291

Γιατί το νερό δεν διαλύει ορισμένες ουσίες; Εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών από το δημοτικό μέχρι το λύκειο 291

Ο ρόλος της Χημείας στη διδασκαλία θεμάτων Βιοχημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση 300

Διερεύνηση της συσχέτισης, από την πλευρά των μαθητών, βασικών εννοιών χημείας με το σταφύλι και τα παράγωγά του 308

Διερεύνηση της συσχέτισης από την πλευρά των μαθητών, βασικών εννοιών χημείας με προϊόντα του ζαχαροπλαστείου. 317

Αλλάζοντας τη θέση χημικής ισορροπίας σε διαλύματα σόδας και γαλαζόπετρας 325

Συνεδρία 4: Αναλυτικά Προγράμματα και Εγχειρίδια Ι 332

Ανάπτυξη και Εφαρμογή Εργαλείου Ανάλυσης Εργαστηριακών Ασκήσεων..... 332

Η Σύνδεση Επιστημονικού Περιεχομένου και Κοινωνικού Πλαισίου στα γραπτά κείμενα των σχολικών εγχειρίδιων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» 340

Διερεύνηση της αναγκαιότητας εισαγωγής της διδακτικής ενότητας «ΚΑΥΣΙΜΑ» στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Γυμνασίου 348

Εισαγωγή των ΣΓΠ στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Ουτοπία ή Εφικτή Πραγματικότητα;..... 355

Συνεδρία 5: Διδακτικές Προσεγγισεις στις Φυσικές Επιστήμες 364

Καλλιέργεια συλλογιστικών στρατηγικών για τη διαχείριση καταστάσεων λήψης απόφασης..... 364

Μπορούν κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις να προωθήσουν την εννοιολογική αλλαγή; Ανασκόπηση επιλεγμένης βιβλιογραφίας επί της κατανόησης της κινηματικής στη μέση εκπαίδευση..... 372

Έρευνα και πράξη στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες: αξιολόγηση διδακτικής ακολουθίας για το φαινόμενο του ανέμου..... 382

Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικού υλικού για προώθηση της κατανόησης μαθητών λυκείου για το μηχανισμό λειτουργίας τουφαινομένου του θερμοκηπίου..... 390

Ο Σχεδιασμός και η Ανάπτυξη μιας Διδακτικής Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης..... 398

Συνεδρία 6: Διδασκαλία και Μάθηση στη Βιολογία..... 406

Διερεύνηση του επιπέδου γνώσης και κατανόησης ομάδων φοιτητών του ΕΚΠΑ για την Εξέλιξη μέσω της Φυσικής Επιλογής..... 406

Εξέλιξη των ιδεών των Ελλήνων μαθητών για τη Γενετική και την Κληρονομικότητα. 414

Η αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας από τους Έλληνες εκπαιδευτικούς και παράγοντες που την επηρεάζουν..... 422

Οι αντιλήψεις των παιδιών προσχολικής ηλικίας για την έννοια «φυτό» - Η συνέπεια των απαντήσεων και το δυναμικό καταγραφής των εργαλείων 431

Το γνωστικό υπόβαθρο και οι προσωπικές πεποιθήσεις επάρκειας Ελλήνων εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης..... 439

Συνεδρία 7: Διδασκαλία και Μάθηση στη Φυσική..... 447

Αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου για την τριβή και τους νόμους της. Πρόταση για διδακτική παρέμβαση σ' ένα συνεργατικό και εποικοδομητικό περιβάλλον μάθησης. 447

Συνεργατική διδακτική προσέγγιση της σχετικής κίνησης και του ρόλου της τριβής στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου 457

Συγκριτική μελέτη αντιλήψεων μαθητών Α΄ Λυκείου και πρωτοετών φοιτητών Τμημάτων φυσικής και Π.Τ.Δ.Ε. στους νόμους του Νεύτωνα 467

"Βλέποντας τους ήχους" μια εκπαιδευτική πρόταση και εφαρμογή για τη διδασκαλία των κυμάνσεων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση..... 475

Μια επιστημολογικά ενημερωμένη πρόταση για τη διδασκαλία της ενέργειας σε μαθητές ηλικίας 11 ως 14 ετών: το σκεπτικό της πρότασης και η θεμελίωσή της με εμπειρικά δεδομένα..... 484

Συνεδρία 8: Άτυπες Μορφές Εκπαίδευσης..... 492

Άρθρα επιστήμης του τύπου: Ο μετασχηματισμός τους σε εκπαιδευτικό υλικό και η χρήση τους στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών 492

Φυσικά… μαγικά!: Ενισχύοντας το ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες στην εκπαίδευση και την κοινωνία 500

Δημιουργώντας νοήματα στις Φυσικές Επιστήμες με συνεργατικά κιναισθητικά παιχνίδια 508

Σχέσεις προσωπικών θεωριών και εκπαιδευτικών πρακτικών στο πλαίσιο της άτυπης εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες 517

Μελέτη της εφαρμοσιμότητας μιας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης για την οργάνωση επισκέψεων σε χώρους Τεχνοεπιστήμης..... 525

Συνεδρία 9: Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης..... 533

Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το ορατό φως 533

Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε έννοιες της θερμότητας 542

Κοινές Αντιλήψεις Μαθητών Β΄ Λυκείου και Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε έννοιες του ηλεκτρισμού 551

Αναπαραστάσεις Περιεχομένου Δασκάλων για Θέματα Ηλεκτρισμού..... 561

Αντιλήψεις, στάσεις και απόψεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το πείραμα στη διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Μελέτη περίπτωσης. 571

Συνεδρία 10: Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες 580

Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) με αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών (ΤΠΕ): Ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης φοιτητών και φοιτητριών των ΠΤΔΕ 580

Αξιολόγηση λειτουργικού χημικού αλφαβητισμού σε μαθητές λυκείου: η περίπτωση κατανόησης εννοιών στο μακροσκοπικό και στο μοριακό επίπεδο 588

Οι μαθητές, αναγνωρίζουν τη διαφορετική σημασία κοινών λέξεων στις Φυσικές Επιστήμες, στα Μαθηματικά και στην Καθημερινή Ζωή; 596

Αποτελεσματικά και δημοφιλή μαθήματα και επιστημονικός αλφαβητισμός: Η περίπτωση διδακτικών παρεμβάσεων του προγράμματος PARSEL σε θέματα Τεχνολογίας, Περιβάλλοντος και Κοινωνίας (STES) 604

Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα στο πλαίσιο του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού: αιολικά πάρκα στην ορεινή Φθιώτιδα 613

Συνεδρία 11: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση 621

Η ανάπτυξη της συναισθηματικής εμπλοκής μαθητών/τριών δημοτικού μέσα από προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης 621

Γνώσεις, απόψεις και αντιλήψεις εκπαιδευτικών σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον και την περιβαλλοντική εκπαίδευση 630

Διερεύνηση γνώσεων και στάσεων των εκπαιδευτικών της πόλης του Ηρακλείου σχετικά με την εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία 639

Μεταφορά μάθησης και κριτική σκέψη. Σημείο σύγκλισης μεταξύ της διδακτικής της Οικολογίας και της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης 648

Ιστορική αναδρομή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ): Σχέση ανταγωνισμού ή συνεργασίας; Το παράδειγμα της «Εκπαίδευσης στα Υδάτινα Περιβάλλοντα» 658

Συνεδρία 12: Εφαρμογές των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες ΙΙ 670

Ενισχύοντας την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών Γυμνασίου στην περιοχή των θερμικών φαινομένων με μια διδακτική σειρά εμπλουτισμένη με ΤΠΕ 670

Μπορούν τα ανοικτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΑΠ στο χώρο του ηλεκτρισμού 679

Οι επιστήμονες, τα τηλεσκόπια και το φεγγάρι: Ψηφιακές φωτο-ιστορίες για μαθητές Δημοτικού 687

Μελέτη των παρανοήσεων στη χρήση γραφικών παραστάσεων κινηματικών φαινομένων με MBL 696

Ηλεκτρονική μάθηση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση ενός Συστήματος Διαχείρισης Μάθησης 704

Συνεδρία 13: Διδασκαλία και Μάθηση Θεμάτων του Μικρόκοσμου 713

Οι κύριες συνιστώσες της κατανόησης της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών κατάστασης της ύλης 713

Θερμική διαστολή στερεών και στατικός ηλεκτρισμός. Γνωριμία των παιδιών της Ε' Δημοτικού με ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο της δομής της ύλης με τη βοήθεια εκπαιδευτικών λογισμικών 721

«Ο μικρόΚοσμος στον κόσμο των μικρών» - Δραστηριότητες με ΤΠΕ για τη σωματιδιακή δομή της ύλης στην Ε' Δημοτικού..... 731

Από τον ΜΕΓΑΛΟ στον μικρό Κόσμο: τα Στερεά, Υγρά, Αέρια Σώματα - Ένα ΕκΠαιδευτικό Πρόγραμμα για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση με Πληροφορίες, Πειράματα, Σχέδια και Προσομοιώσεις..... 740

Αναζήτηση ενός εκπαιδευτικού μοντέλου του ατόμου για την προσομοίωση / οπτικοποίηση φυσικών φαινομένων 749

Συνεδρία 14: Αναλυτικά Προγράμματα και Εγχειρίδια ΙΙ 758

Ο μεταβαλλόμενος ρόλος των εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών: Ιστορικές και φιλοσοφικές προοπτικές..... 758

Η παρουσία εννοιών της εξέλιξης στα Αναλυτικά Προγράμματα και εγχειρίδια της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 766

Ιστορικές αναφορές στα εγχειρίδια Βιολογίας Λυκείου..... 774

Αξιολόγηση σχολικών βιβλίων Βιολογίας: Η Φωτοσύνθεση στο σχολικό βιβλίο της Β΄ Λυκείου..... 783

Συνεδρία 15: Διδακτικές Πρακτικές και Μαθησιακά Περιβάλλοντα..... 792

Διδακτικές πρακτικές που εφαρμόζονται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στο αντικείμενο της Χημείας 792

Αξιολόγηση Μαθησιακού Περιβάλλοντος Χημείας..... 800

Μάθηση σε μικρές ομάδες: Ο ρόλος της ηλικίας και των αλληλεπιδράσεων 808

Διερεύνηση διδακτικών πρακτικών που εφαρμόζονται κατά τη διδασκαλία θεμάτων Χημείας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση..... 817

Η «εικονικότητα» του σχολικού περιβάλλοντος και η διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών 829

Συνεδρία 16: Διδασκαλία και Μάθηση στη Χημεία ΙΙ..... 837

Εμπόδια στη διά βίου μάθηση της Χημείας: Μια συγκριτική μελέτη ενηλίκων χωρίς σπουδές στις Φυσικές Επιστήμες και εκπαιδευτικών που διδάσκουν Χημεία..... 837

Νοητικά μοντέλα των μαθητών για τα υλικά και τις χημικές ουσίες 846

Προσεγγίζοντας συστημικά την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας: Αξιολόγηση και σχέση με την προϋπάρχουσα γνώση και τα μαθησιακά στυλ..... 854

Διερεύνηση της δεξιότητας της νοητικής μεταφοράς ανάμεσα σε τρισδιάστατες (3D) και δισδιάστατες (2D) συμβολικές αναπαραστάσεις της τετραεδρικής μοριακής δομής από φοιτητές χημείας 863

Συνεδρία 17: Θέματα Επιστημολογίας και Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών 871

Κατανόηση της φύσης της επιστήμης βάσει διδακτέων μοντέλων της Φυσικής 871

Διδάσκοντας τη φύση της επιστήμης μέσα από την ιστορία των φυσικών επιστημών - Η περίπτωση του ηλεκτρικού φορτίου..... 881

Αξιοποίηση των ψηφιακών κόμικς για την προώθηση κατανόησης για τη διάκριση ανάμεσα σε παρατήρηση και ερμηνεία παρατήρησης 889

Διερευνώντας τις οπτικές ιδιότητες των υλικών: Η επίδραση μιας διαδικασίας διερευνητικής μοντελοποίησης στις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα 899

Διερεύνηση προόδου αντιλήψεων φοιτητών/τριών στην έννοια του μοντέλου μετά από συμμετοχή τους σε διερευνητικές δραστηριότητες μοντελοποίησης..... 908

Συνεδρία 18: Έννοιες Φυσικών Επιστημών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου 917

Κριτική ανασκόπηση ερευνών σχετικών με την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες των εκπαιδευτικών της Α/βάθμιας εκπαίδευσης: Παρουσίαση των στόχων τους..... 917

Εκπαιδευτική υποστήριξη στο πλαίσιο ενός προγράμματος επιμόρφωσης σε μελλοντικούς Φυσικούς ώστε να αναπτύξουν την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου τους..... 926

Διερεύνηση γνωστικών αποτελεσμάτων από δυο μελέτες περίπτωσης εξ αποστάσεως επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στην περιοχή των ρευστών 934

Ανίχνευση του προσωπικού ενδιαφέροντος φοιτητών ΠΤΔΕ για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, με τη χρήση του C.L.A.S.S..... 944

Ιδέες μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών: η σχέση τους με τη φυσική γλώσσα 952

Συνεδρία 19: Διδασκαλία και Μάθηση στη Γεωγραφία..... 961

Οι γνώσεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου γύρω από θέματα που αφορούν ένα ορεινό περιβάλλον 961

Οι γνώσεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου γύρω από θέματα που αφορούν ένα ποτάμιο περιβάλλον 970

Η εξάτμιση και υγροποίηση ως φαινόμενα του κύκλου του νερού στη φύση 979

Ο «δάσκαλος Γεωγραφίας» στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη 988

Παρουσίαση εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία της Γεωγραφίας..... 997

Συνεδρία 20: Εκπαίδευση Ατόμων με Ειδικές Ικανότητες..... 1006

Σχεδιασμός και ανάπτυξη πολυμεσικής εφαρμογής για τη διδασκαλία πειραμάτων Χημείας σε κωφούς μαθητές Γυμνασίου 1006

eYES SpeNA: Ένα σύστημα εξατομίκευσης για διαδραστική εκπαίδευση παιδιών με αυτισμό 1013

Προτάσεις προσαρμογών στις εργαστηριακές ασκήσεις μηχανικής της Φυσικής της Α΄ Λυκείου για μαθητές χωρίς όραση 1021

Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση της διδακτικής αποτελεσματικότητας εκπαιδευτικού λογισμικού χημείας για μαθητές με δυσλεξία της Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας 1030

Σχεδίαση και Εφαρμογή ενός Εκπαιδευτικού Προγράμματος Φυσικής για Μαθητές και Φοιτητές με Υψηλές Ικανότητες Μάθησης – Η Περίπτωση των Ελλήνων Μαθητών στην 41η Διεθνή Ολυμπιάδα Φυσικής - Προτάσεις 1038

Συνεδρία 21: Διαθεματικές και Εναλλακτικές Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες 1046

Οι Τεχνολογικές Εφαρμογές Παρωθούν το Ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες, οι Φυσικές Επιστήμες Ερμηνεύουν τις Τεχνολογικές Εφαρμογές – Η Περίπτωση του Ηλιακού Θερμοσίφωνα 1046

Μια Εκπαιδευτική Συσχέτιση Φυσικών Φαινομένων, Τεχνολογικών Διαδικασιών και Κοινωνικών Παραμέτρων με χρήση Αλληλεπιδραστικών Λογιστικών Φύλλων – Η Περίπτωση της Αιολικής Ενέργειας και της Βιομάζας 1055

«Μαμά, να έρθει στο σπίτι ο κύριος Μαγνήτης να παίξουμε;» 1063

Μια εφαρμογή Εκπαιδευτικού Δράματος στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Ο Αρχιμήδης και η ηθική της επιστήμης 1071

Μια πιλοτική εφαρμογή για τη χρήση της Ιστορίας των Επιστημών στη διδασκαλία φοιτητών ΠΤΔΕ: Αποτίμηση και συμπεράσματα 1079

Αναρτημένες Εργασίες 1085

Μια απόπειρα διδασκαλίας των εργαστηριακών ασκήσεων μετεωρολογίας σε φοιτητές γεωπονίας με τη βοήθεια ιδιοκατασκευών 1086

Μια εποικοδομητική προσέγγιση της αφήγησης για τη διδασκαλία του νερού στο Δημοτικό Σχολείο: Μια εφαρμογή της θεωρίας του Egan 1095

Το δάσος της πόλης μου 1104

Χημικός αλφαβητισμός των Ελλήνων αποφοίτων λυκείου: η περίπτωση των καταλυτών και του ρόλου τους στην πράσινη χημεία 1109

Εργαστήρια 1118

Εργαστήριο 1ο: Η μέθοδος jigsaw: μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες 1119

Εργαστήριο 2ο: Μια εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία στο Δημοτικό Σχολείο με χρήση της IERG: πιλοτική εφαρμογή 1123

Εργαστήριο 3ο: Πειραματισμός και Ψηφιακές Τεχνολογίες στο "Εργαστήριο" Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης 1127

Εργαστήριο 4°: Η χαρτογράφηση εννοιών ως εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Εργασία επί χάρτου και αξιοποίηση των λογισμικών Inspiration και Kidspiration 1132

Εργαστήριο 5°: Παραδείγματα - μεθοδολογίες ανακαλυπτικής μάθησης και επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη διδασκαλία-μάθηση Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου 1138

Ευρετήριο Συγγραφέων 1142

Οργανωτική Επιτροπή

Αποστολούμη Χρύσα
Βουγιουκλής Θωμάς
Δημητρίου Αναστασία
Καλογιάννης Δημήτρης
Κεβρεκίδης Θεόδωρος
Κουντουριώτης Γιώργος
Μαλκοπούλου Ευμορφία
Μίχας Παύλος
Μόγιας Αθανάσιος
Παπαγεωργίου Γεώργιος
Σακονίδης Χαράλαμπος
Χατζής Ηλίας

Γραμματειακή υποστήριξη: **Παπαντή Ελένη**

Επιστημονική Επιτροπή

Αθανασίου Κυριάκος, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Βαβουγιός Διονύσιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Γαλανοπούλου Ντία, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Δανίλη Ελένη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Δημητρίου Αναστασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Ζαχαρία Ζαχαρίας, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Ιωαννίδης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Πατρών
Καλκάνης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Καλλέρη Μαρία, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Καλογιαννάκης Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Καριώτογλου Πέτρος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Κασσέτας Ανδρέας, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Κατσίκης Απόστολος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Κεβρεκίδης Θεόδωρος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Κλωνάρη Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κωνσταντίνου Κώστας, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Κώτσης Κώστας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Λαμπρινός Νίκος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Μαυρικάκη Ευαγγελία, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Μικρόπουλος Αναστάσιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Μιχαηλίδης Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Μίχας Παύλος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Μόγιας Αθανάσιος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Παπαγεωργίου Γεώργιος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Παρασκευόπουλος Στέφανος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Πετρίδου Ελένη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Σακονίδης Χαράλαμπος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Σιγάλας Μιχάλης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σκορδούλης Κώστας, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σπηλιωτοπούλου Βασιλική, ΑΣΠΑΙΤΕ Πατρών
Σπύρτου Άννα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Σταμοβλάσης Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σταύρου Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τζιμογιάννης Αθανάσιος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Τσαπαρλής Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τσελφές Βασίλης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τσιτουρίδου Μελπομένη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τσιτσιπής Γεώργιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Τζουγκράκη Χρύσα, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Φασουλόπουλος Γεώργιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
Χαλκιά Κρυσταλλία, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Χατζηγεωργίου Ιωάννης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Ψύλλος Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Ψυχάρης Σαράντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Εισαγωγή στα Πρακτικά του 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Γιώργος Παπαγεωργίου
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Σχολή Επιστημών Αγωγής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, gpapageo@eled.duth.gr

Το Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση που πραγματοποιήθηκε στην Αλεξανδρούπολη από την Παρασκευή 15 έως και την Κυριακή 17 Απριλίου 2011, είναι το έβδομο σε μια σειρά ιδιαίτερα επιτυχημένων Συνεδρίων που ξεκίνησαν στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου των Αθηνών το 1997, σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί ένας χώρος συνάντησης ανθρώπων με ανησυχίες και όραμα για την ανάπτυξη και καθιέρωση της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα.

Καθώς στη σειρά των Συνεδρίων που προηγήθηκαν, συζητήθηκε πολλές φορές η ανάγκη σύνδεσης της θεωρίας με την πράξη, το 7^{ο} Συνέδριο έθεσε ως προτεραιότητα την ανάδειξη των πλαισίων, των δυναμικών, των αλληλεπιδράσεων και των προεκτάσεων αυτής της προσέγγισης. Έτσι, το θέμα του συγκεκριμένου Συνεδρίου καθορίστηκε ως «Αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικής έρευνας και πράξης στις Φυσικές Επιστήμες» και εστιάζεται αφενός, στις δυνατότητες και τις ευκαιρίες που η έρευνα προσφέρει για αξιοποίηση στην εκπαιδευτική πράξη και αφετέρου στη συμβολή της εκπαιδευτικής πράξης στην προώθηση και την αναβάθμιση της ποιότητας της έρευνας.

Πλαίσιο και σκοποί του συνεδρίου

Ο ευρύτερος χώρος της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια σημαντική ερευνητική δραστηριότητα τόσο προς την κατεύθυνση της μάθησης όσο και της διδασκαλίας. Από τη συμπεριφοριστική αντίληψη της διαδικασίας μάθησης περάσαμε πλέον στην εποικοδομητική και τη διευρευνητική, ενώ παράλληλα το κέντρο βάρους της διδασκαλίας πέρασε από το δάσκαλο στο μαθητή, τουλάχιστον σε ερευνητικό επίπεδο. Τι γίνεται, όμως, στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όπως αυτή εκτυλίσσεται καθημερινά στην Ελλάδα σε μια συνηθισμένη τάξη του δημόσιου σχολείου;

Καθώς τα μηνύματα που έχουν κατά καιρούς σταλεί από τους εκπαιδευτικούς δε φαίνεται να ανταποκρίνονται στις προσδοκίες των ερευνητών, η ανάγκη περαιτέρω σύγκλισης έρευνας και πράξης φαντάζει ακόμη πιο επιτακτική στις μέρες μας. Από τη μία, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι τρόποι και οι μέθοδοι αξιοποίησης των ερευνητικών αποτελεσμάτων στη διδακτική πράξη και, από την άλλη, είναι σημαντικό οι φωνές των εκπαιδευτικών να τροφοδοτήσουν τους άξονες πάνω στους οποίους θα αναπτυχθεί η έρευνα στο μέλλον. Εξάλλου, ένας από τους βασικούς στόχους της ερευνητικής προσπάθειας στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών είναι η αποτελεσματικότερη διαχείριση της γνώσης από τον εκπαιδευτικό και η εν γένει αναβάθμιση και βελτιστοποίηση της αντίστοιχης εκπαιδευτικής πράξης.

Έτσι, το Συνέδριο αυτό, συνεχίζοντας την επιτυχημένη πορεία των προηγούμενων Πανελλήνιων Συνεδρίων Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, έθεσε από την αρχή ως στόχους:

- Την παρουσίαση της εργασίας που πραγματοποιείται στο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας, ώστε τα αντίστοιχα αποτελέσματα να είναι χρήσιμα και να μπορούν να αξιοποιηθούν, τόσο από τους ερευνητές, όσο και από τον εκπαιδευτικό.
- Την ανάδειξη της πραγματικής κατάστασης που επικρατεί σήμερα στη σχολική τάξη σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες, ώστε να διαμορφωθούν πεδία στα οποία θα μπορούσαν ενδεχομένως να επικεντρώσουν τις προσπάθειές τους οι ερευνητές στο μέλλον.
- Τη δημιουργία συζητήσεων και προβληματισμού μεταξύ όλων των μελών της επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας, ώστε να διαμορφωθεί όσο το δυνατόν πιο ξεκάθαρα η πορεία που θα επιδιωχθεί να χαραχτεί στο μέλλον στο γενικότερο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Βεβαίως, ο επιστημονικός χώρος που αντιπροσωπεύεται στα Πανελλήνια Συνέδρια Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση περιλαμβάνει πολλές επιμέρους θεματολογίες. Έτσι, στο Συνέδριο προτάθηκε να περιληφθούν εισηγήσεις και, γενικότερα, επιστημονικές δραστηριότητες που σχετίζονται με μια σειρά από επιμέρους πεδία που συνδέονται με όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Ως αποτέλεσμα, στο πρόγραμμα του συγκεκριμένου Συνεδρίου περιλαμβάνονται τελικά εργασίες, που μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής θεματικές περιοχές:

Διδακτικές πρακτικές και μαθησιακά περιβάλλοντα
Αναλυτικά προγράμματα και εγχειρίδια
Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες
Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες
Άτυπες μορφές εκπαίδευσης
Θέματα Επιστημολογίας και Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών
Έννοιες Φυσικών επιστημών και Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου
Διαθεματικές και εναλλακτικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές επιστήμες
Διδασκαλία και μάθηση στη Φυσική
Διδασκαλία και μάθηση στη Χημεία
Διδασκαλία και μάθηση στη Βιολογία
Διδασκαλία και μάθηση στη Γεωγραφία
Διδασκαλία και μάθηση θεμάτων του μικρόκοσμου
Χρήση πειραμάτων και προσομοιώσεων στη διδασκαλία της Φυσικής
Εφαρμογές των ΤΠΕ στην εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες
Εκπαίδευση ατόμων με ειδικές ικανότητες
Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης
Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Οργάνωση και διεξαγωγή του συνεδρίου

Το 7^{ο} Συνέδριο οργανώθηκε μέσα σε μια περίοδο δύο περίπου ετών, αμέσως μετά τη λήξη του προηγούμενου 6^{ου} Συνεδρίου. Λίγους μήνες μετά το ξεκίνημα της οργανωτικής δουλειάς, γίναμε όλοι μάρτυρες της απαρχής μιας δύσκολης οικονομικής συγκυρίας αλλά και μιας κατάστασης κρίσης θεσμών και σημαντικών αλλαγών στο χώρο της εκπαίδευσης. Αυτό βεβαίως επηρέασε και την όλη οργάνωση του Συνεδρίου και δεν ήταν λίγες οι φορές που αναρωτηθήκαμε αν θα μπορέσει τελικά να πραγματοποιηθεί. Σε πείσμα όμως των καιρών και

με την πολύτιμη βοήθεια πολλών συναδέλφων, μπορέσαμε να εργαστούμε για την ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής. Δημιουργήσαμε τον ιστότοπο www.7sefepet.gr, στον οποίο έγινε σταδιακά η ανάρτηση όλων των σχετικών με το Συνέδριο ανακοινώσεων και δεδομένων. Ο ιστότοπος αυτός συνδέθηκε με άλλες γνωστές στους εκπαιδευτικούς διευθύνσεις του διαδικτύου, καθώς και με τον Κόμβο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (ΚΟΔΙΦΕΕΤ, www.kodipheet.gr). Ως γνωστό, στον ΚΟΔΙΦΕΕΤ υπάρχουν αναρτημένα τα πρακτικά των προηγούμενων έξι Συνεδρίων και βεβαίως, θα αναρτηθούν και τα πρακτικά του παρόντος Συνεδρίου. Γενικότερα, η προσπάθεια ενημέρωσης μέσω του ιστότοπου, τόσο στην ελληνική, όσο και στην αγγλική γλώσσα, θα συνεχιστεί και μετά το Συνέδριο.

Η ανταπόκριση του επιστημονικού και εκπαιδευτικού κόσμου στο κάλεσμά μας ήταν ιδιαίτερα μεγάλη. Υποβλήθηκαν συνολικά 134 εργασίες, οι οποίες πέρασαν από διαδικασία διπλά τυφλής κρίσης από δύο κριτές, μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής. Τελικά, εγκρίθηκαν και παρουσιάστηκαν στο Συνέδριο 120 εργασίες, από τις οποίες, οι 102 κατανεμήθηκαν σε 21 παράλληλες συνεδρίες προφορικών ανακοινώσεων, 4 παρουσιάστηκαν ως αναρτημένες εργασίες, ενώ 14 από τις εργασίες που υποβλήθηκαν, παρουσιάστηκαν στα πλαίσια 4 συμποσίων που οργανώθηκαν.

Πέρα όμως από τις εργασίες που υποβλήθηκαν σε διαδικασία κρίσης, στο Συνέδριο προσκλήθηκαν και πέντε συνολικά ομιλητές, από τους οποίους οι τρεις ήταν από ελληνικά πανεπιστήμια (Π. Καριώτογλου, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Β. Τσελφές, Πανεπιστήμιο Αθηνών και Δ. Ψύλλος, Α.Π.Θ.), και δύο από πανεπιστήμια της Αγγλίας (J. Dillon, King's College, London, UK, Philip Johnson, School of Education, University of Durham, UK).

Ακόμη στο 7ο Συνέδριο συνεχίστηκε μια προσπάθεια παράλληλης επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, που ξεκίνησε στα προηγούμενα Συνέδρια, με την οργάνωση Εργαστηρίων. Οργανώθηκαν πέντε Εργαστήρια που αφορούν σε μεθοδολογικές προσεγγίσεις και χρήση διαφόρων εργαλείων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, όπως πειραμάτων, νέων τεχνολογιών κλ.π., τα οποία απευθύνθηκαν κυρίως σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Τέλος, λόγω της γενικότερης συζήτησης που γίνεται αυτόν τον καιρό για το «Πιστοποιητικό Παιδαγωγικής Επάρκειας», οργανώθηκε αντίστοιχα ένα στρογγυλό τραπέζι.

Σκέψεις και προοπτικές

Από τον αριθμό των εργασιών που υποβλήθηκαν, παρατηρούμε ένα αυξημένο ενδιαφέρον σε σχέση με τα προηγούμενα Συνέδρια, τόσο των ερευνητών, όσο και των εκπαιδευτικών. Παράλληλα, φαίνεται ότι υπάρχει μια διεύρυνση των επιμέρους θεματικών πεδίων, στα οποία γίνονται οι σχετικές με το χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών έρευνες στον ελλαδικό χώρο και την Κύπρο. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι τα Συνέδρια του ΚΟΔΙΦΕΕΤ έχουν μια δυναμική, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σ' ένα, ακόμη πιο ολοκληρωμένο και αναβαθμισμένο, πλαίσιο λειτουργίας του. Ακόμη, το γεγονός ότι πολλοί από τους συγγραφείς των εργασιών που υποβλήθηκαν είναι νέοι στο χώρο που κινείται το Συνέδριο, υποδεικνύει την αναγκαιότητα να υιοθετηθεί μια καλύτερα σχεδιασμένη πολιτική σε σχέση, τόσο με τους νέους επιστήμονες, όσο και με τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμιδών, ώστε να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η προσέλευσή τους σε τέτοιου είδους εκδηλώσεις.

Παράλληλα, θα ήταν ενδεχομένως σημαντικό να δει κανείς λίγο πιο αναλυτικά τα δεδομένα που αφορούν στις επιμέρους κρίσεις των εργασιών που υποβλήθηκαν, αλλά και τον

τρόπο αποδοχής τους από τους συγγραφείς. Στο συγκεκριμένο Συνέδριο, αν και ακολουθήσαμε τα πρότυπα των προηγούμενων Συνεδρίων της ΚΟΔΙΦΕΕΤ ως προς τις κρίσεις των εργασιών, ωστόσο, προέκυψαν δεδομένα που προβληματίζουν. Έτσι, αξίζει να αναφερθούν περιπτώσεις όπως:

1) Ένα μεγάλο μέρος των εργασιών που απορρίφθηκαν ή αποσύρθηκαν μετά από αρνητικά σχόλια κριτών, αφορούσε σε εργασίες που υποβλήθηκαν από εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι συγγραφείς αυτοί έδειξαν να καταβάλουν φιλότιμες προσπάθειες να εκθέσουν τις εκπαιδευτικές τους εμπειρίες και τις ερευνητικές τους ανησυχίες, αλλά με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης που έχουν υιοθετηθεί από τον επιστημονικό χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, οι εργασίες αυτές απορρίφθηκαν. Ενδεχομένως, τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να μας προβληματίσουν σε σχέση με κάποια άλλη εναλλακτική διέξοδο έκφρασης των ανησυχιών των ανθρώπων αυτών, ώστε να μην απομακρυνθούν τέτοιες φιλότιμες προσπάθειες εκπαιδευτικών που δεν είχαν μέχρι τώρα την ευκαιρία να δουλέψουν με όρους αυστηρά επιστημονικούς.
2) Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του συνεδρίου και πιο συγκεκριμένα στην περίοδο οργάνωσης των συμποσίων, άνοιξε ένας διάλογος σχετικά με το πλαίσιο των κρίσεων των εργασιών ενός συμποσίου που πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια ενός Συνεδρίου. Αν και τελικά οι εργασίες των συμποσίων αποφασίστηκε να κρίνονται από δύο κριτές η καθεμία (όπως και οι υπόλοιπες εργασίες του συνεδρίου), ίδιους για όλες τις εργασίες ενός συμποσίου και με γνώση του καθενός κριτή ότι αυτές εντάσσονται σε συγκεκριμένο συμπόσιο, το όλο ζήτημα προβληματίσε πολύ και η ποικιλομορφία των απόψεων φαίνεται ότι παραμένει.

Θεωρούμε λοιπόν, ότι αυτά και άλλα παρόμοια ζητήματα θα πρέπει να συζητηθούν εκτενέστερα σ΄ ένα από τα επόμενα Συνέδρια, έτσι ώστε να διαμορφωθεί ένα πιο συγκεκριμένο και πιο λειτουργικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα κινείται η ευρύτερη κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ως προς την οργάνωση των επιστημονικών Συνεδρίων και ίσως όχι μόνο. Ενδεχομένως, τα δεδομένα αυτά να υποδηλώνουν την αναγκαιότητα δημιουργίας και καθιέρωσης επιπλέον βημάτων διαλόγου, ώστε όλα αυτά να κινήσουν μια δυναμική για τη διαμόρφωση συγκεκριμένης εκπαιδευτικής πολιτικής στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Με αυτόν τον τρόπο, η επιστημονική κοινότητα του ΚΟΔΙΦΕΕΤ θα μπορούσε να έχει σημαντικό λόγο στο περιεχόμενο, στις διδακτικές πρακτικές, αλλά και γενικότερα στις εξελίξεις στο συγκεκριμένο επιστημονικό χώρο που υπηρετεί.

Προσκεκλημένες ομιλίες

Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: Οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science"

Πέτρος Π. Καριώτογλου
Παιδαγωγική Σχολή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
pkariotog@uowm.gr

Περίληψη
Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε και συζητούμε παλιότερες και νέες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών, όπως της Ανακάλυψης, της Εποικοδόμησης και τη σύγχρονη του Επιστημονικού Γραμματισμού. Συζητάμε σημαντικές πτυχές του τελευταίου, όπως η διερεύνηση και η οργάνωση επισκέψεων σε χώρους Τεχνοεπιστήμης. Τέλος παρουσιάζονται όψεις του Ευρωπαϊκού Προγράμματος "Materials Science", που έχει τέτοια χαρακτηριστικά και συζητείται η δυνατότητα εφαρμογής τέτοιων καινοτομιών στη χώρα μας.

Abstract
In this paper we present and discuss past and new trends in Science Curricula, such as that of Discovery, Constructivist and the contemporary of Scientific Literacy. We discuss features of the latter, such as that of inquiry and organizing Technoscience site visits. Finally, aspects of the European Project "Materials Science", which has such features, are presented. Moreover, the possibility of the application of such innovations in our country is discussed.

Σταθμοί στη Διδακτική και τα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών

Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) έχουν συμβεί τα τελευταία 60 χρόνια δυο μεγάλες αλλαγές, που οδήγησαν στην ανάπτυξη αντίστοιχων Προγραμμάτων Σπουδών (ΠΣ). Η πρώτη τοποθετείται στη δεκαετία του 1960 με το ρεύμα της Ανακάλυψης και τα Καινοτομικά Αναλυτικά Προγράμματα (Innovative Curricula). Κύρια στοιχεία του ρεύματος ήταν ο σεβασμός στο περιεχόμενο, η αλλαγή του ρόλου του πειράματος, που έχει στόχο την «ανακάλυψη» της γνώσης από τους μαθητές, αλλά και την ανάπτυξη των νοητικών τους δεξιοτήτων. Ο μαθητής θεωρείται ενεργό υποκείμενο της διδασκαλίας και η μάθηση ως ενεργητική διαδικασία επεξεργασίας των πληροφοριών που αντλούνται από τα πειράματα. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι ενισχυτικός και διευκολυντικός.

Η δεύτερη αλλαγή έγινε στη δεκαετία του 1980 με το ρεύμα της Εποικοδόμησης και τα αντίστοιχα προγράμματα εποικοδομητικής κατεύθυνσης. Κύρια στοιχεία του ρεύματος της εποικοδόμησης ήταν η υπόθεση ότι οι μαθητευόμενοι κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για το προς διδασκαλία γνωστικό περιεχόμενο στηριζόμενοι, τόσο στις προϋπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις (ιδέες) τους, όσο και στη διδασκαλία. Το περιεχόμενο δεν θεωρείται πλέον άβατο, αλλά ότι επιλέγεται και κυρίως ότι μετασχηματίζεται διδακτικά. Η διδασκαλία ξεκινά από την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών, ενώ το πείραμα αποκτά τον επιπλέον ρόλο της διαδικασίας ελέγχου των ιδεών των μαθητών (Καριώτογλου 2006).

Μετά από μια περίοδο εφαρμογής η έρευνα έδειξε ότι τα καινοτομικά ανακαλυπτικά ΠΣ, πέτυχαν στο συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα, αλλά όχι ιδιαίτερα στο γνωστικό. Ως πιθανές αιτίες θεωρήθηκαν οι προϋπάρχουσες απόψεις – ιδέες των μαθητευομένων, που δεν λαμβάνονταν υπόψη στη διδασκαλία. Επίσης ότι δεν έγινε επιλογή του προς διδασκαλία περιεχομένου (Blumenfeld et all. 1991). Όσον αφορά στα εποικοδομητικού τύπου ΠΣ, τα αποτελέσματα των ερευνών έδειχναν θετικά αποτελέσματα μόνον σε ορισμένες εφαρμογές. Παράλληλα, ελέγχονται γιατί εστίαζαν κυρίως στην εννοιολογική μάθηση υποβαθμίζοντας τη διαδικαστική και την επιστημολογική συνιστώσα της επιστήμης (Millar & Osborn 1998).

Οι σημαντικές αυτές αλλαγές δεν έτυχαν ευρείας εφαρμογής στην εκπαιδευτική πράξη για πολλούς λόγους. Μερικοί, κοινοί και στα δυο, είναι ότι τα προγράμματα δεν ταίριαζαν με το εξεταστικό σύστημα, απαιτούσαν πολύ χρόνο στην εφαρμογή τους και οι εκπαιδευτικοί δεν είχαν κατάλληλη εκπαίδευση – επιμόρφωση για να τα εφαρμόσουν (Hodson & Prophet 1986).

Σύγχρονες τάσεις στα ΠΣ και τη ΔΦΕ

Στις αρχές του 21ου αιώνα εμφανίζεται μια κριτική στα υπάρχοντα ΠΣ-ΦΕ που εστιάζεται στην προσήλωση 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. Έτσι μια πρώτη προσπάθεια αλλαγής βρίσκεται στον εμπλουτισμό της εκπαίδευσης των ΦΕ και με στοιχεία των επιστημονικών μεθόδων, αλλά και με στοιχεία επιστημολογίας και ιστορίας των ΦΕ, με παράλληλη επιλογή και μετασχηματισμό του περιεχομένου. Προτείνονται δηλ. η διαπραγμάτευση εννοιών κλειδιών όπως η έννοια του μοντέλου και η λειτουργία του στις ΦΕ.

Οι αλλαγές αυτές εμφανίζονται σε προτάσεις για νέα ΠΣ όπως η Science Education NOW (2007) - A Renewed Pedagogy for the Future of Europe (EU), Science beyond 2000 (Millar & Osborn 1998, England), Unesco Project 2000+, Project 2061 (USA). Βασικός προσανατολισμός των νέων προτάσεων, χωρίς να εγκαταλείπεται η ιδέα της εποικοδόμησης, είναι ο επιστημονικός (ή / και τεχνολογικός) γραμματισμός. Είναι μια πολυσήμαντη προσέγγιση, με την έννοια ότι η έμφαση μπορεί να δίνεται σε διαφορετική κάθε φορά κατεύθυνση. Τέτοια είναι η ιστορικο-πολιτισμική διάσταση των ΦΕ π.χ. αξιοποίηση της εξέλιξης των ιδεών στις ΦΕ. Άλλη είναι η πολιτικο – κοινωνική διάσταση π.χ. στόχος της εκπαίδευσης είναι οι μαθητές, ως αυριανοί πολίτες, να μπορούν να πάρουν θέση στα μεγάλα σύγχρονα προβλήματα π.χ. μεταλλαγμένα τρόφιμα ή διαχείριση αποβλήτων. Ακόμη η καθαρά επιστημονική διάσταση των ΦΕ (έννοιες, φαινόμενα, νόμοι, μέθοδοι), αλλά και ο συνδυασμός των παραπάνω.

Στα πλαίσια του επιστημονικού γραμματισμού εντάσσεται και η διερευνητική μάθηση των ΦΕ, αν και σε άλλες περιπτώσεις εμφανίζεται και ανεξάρτητα (Millar 2006, Duschl & Grandy 2008). Διερεύνηση είναι ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι επιστήμονες, αλλά και οι δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες. Θέτω ερωτήματα, παρατηρώ, σχεδιάζω έρευνες, συλλέγω πληροφορίες, αναλύω και ερμηνεύω δεδομένα καθώς και κατασκευάζω και επικοινωνώ εξηγήσεις (National Research Council 2000). Η διερεύνηση στην εκπαίδευση έχει δυο εκδοχές: α) ως μέσο για τη μάθηση του περιεχομένου και β) ως μαθησιακός στόχος, δηλ. η άσκηση στις δεξιότητες της επιστημονικής διερεύνησης και η κατανόηση της φύσης της (Waight & Abd-El-Khalick 2007).

Ορισμένες από τις σημαντικότερες όψεις της διερεύνησης είναι:

α) η ικανότητα σχεδιασμού και ερμηνείας πειραμάτων ώστε να εξάγονται συμπεράσματα σε σχέση με το ρόλο μιας μεταβλητής στη συμπεριφορά ενός συστήματος, που είναι βασική διαδικασία των Φ.Ε. (Boudreaux, et al. 2008)

β) η μάθηση της χρήσης επιστημονικών μοντέλων ή η κατασκευή και αναθεώρηση μοντέλων. Αυτό γιατί η κατανόησή μας για τις Φ.Ε. πρέπει να απομακρυνθεί από τις υποθετικο-παραγωγικές απόψεις σε άλλες που περιλαμβάνουν άλλα σημαντικά στοιχεία όπως η κατασκευή μοντέλων (Chinn & Samarapungavan, 2008).
γ) το «διάβασμα» κειμένων όπως κάνουν οι επιστήμονες. Οι μαθητές καθοδηγούνται να προετοιμαστούν για τα θέματα που διαπραγματεύονται με διάβασμα επιστημονικών κειμένων, π.χ. εγχειρίδια, ίντερνετ, ατομικά ή σε ομάδες. Επίσης το «γράψιμο» των αναφορών ή των αποτελεσμάτων των ερευνών τους (Chamberlain & Crane 2009).

Μια άλλη τάση των προτάσεων για τα νέα ΠΣ-ΦΕ είναι η έμφαση που δίνεται στη μη τυπική, αλλά δομημένη εκδοχή της εκπαίδευσης, κυρίως στις βόρειες χώρες (Αγγλία, Σκανδιναβία). Η μη τυπική εκπαίδευση αφορά στις οργανωμένες επισκέψεις σε χώρους τεχνοεπιστήμης, με πριν και μετά φάση (Καριώτογλου 2004, Lavonen et all 2010), στις οποίες αξιοποιείται η διερεύνηση και τα «εργαλεία» της και συνδυάζονται με θέματα αλλαγής στάσης ως προς το χώρο επίσκεψης, αλλά και με θέματα επαγγελματικού προσανατολισμού των μαθητών / τριών (Anderson, Luca, Ginns 2003). Σημαντική πτυχή αυτών των επισκέψεων είναι ότι για την προετοιμασία, υλοποίηση και ανατροφοδότηση απαιτείται η συνέργια και συνεργασία τόσο εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων, π.χ. ΦΕ, Γλώσσας, Τεχνολογίας, όσο και ειδικών από τους χώρους επίσκεψης.

Το πρόγραμμα "Materials Science"

Το πρόγραμμα "Materials Science", στα πλαίσια του ευρύτερου προγράμματος *Science and Society (FP6, SAS6 – CT – 2006 – 042942)*, είχε τίτλο «Συνεργασία Πανεπιστημίου – Σχολείου για το σχεδιασμό και εφαρμογή διδακτικών σειρών, υποστηριζόμενων από ΤΠΕ, ερευνητικά τεκμηριωμένων για τις ιδιότητες των υλικών» (University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties). Συμμετείχαν τοπικές ομάδες έρευνας και ανάπτυξης από τα Πανεπιστήμια: Αριστοτέλειο, Barcelona, Δυτικής Μακεδονίας[1], Helsinki, Κύπρου (συντονισμός), Napoli.

Οι στόχοι του προγράμματος ήταν:

- Να αναπτυχθούν διδακτικές – μαθησιακές σειρές (modules), υποστηριζόμενες από ΤΠΕ, για τη διδασκαλία ιδιοτήτων των υλικών μέσω διερεύνησης, με τη συνεργασία Πανεπιστημίου – Σχολείου, ώστε:
- Να αποκτήσουν οι μαθητές 10-16 ετών θετικότερη στάση για ΦΕ και Τεχνολογία και για λόγους καριέρας
- Να ασκηθούν στη διερευνητική προσέγγιση των ΦΕ και με τη χρήση ΤΠΕ

Στα πλαίσια του προγράμματος, στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, σχεδιάστηκε, εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε μια διδακτική – μαθησιακή σειρά με τίτλο: «Η πυκνότητα των υλικών σε φαινόμενα πλεύσης / βύθισης: πειραματικές διαδικασίες και μοντελοποίηση», για μαθητές Ε' Δημοτικού, με διάρκεια 10 ώρες (5 δίωρες ενότητες).

Επίσης επανασχεδιάστηκε (με σημαντικότατες τροποποιήσεις), εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε η διδακτική – μαθησιακή σειρά του Πανεπιστημίου του Ελσίνκι, με τίτλο:

[1] Μέλη της ομάδας του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας ήταν οι: *Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., Κασκάλης, Θ., Μαλανδράκης, Γ.* (Μέλη ΔΕΠ), *Ζουπίδης, Α.* (Υποψήφιος διδάκτορας), *Μπλούχου, Σ., Τριανταφυλλίδου, Ρ., Σουλτάνης, Κ., Φακάζη,Ε., Κολλίνη, Κ.* (Εκπαιδευτικοί Α'βάθμιας), *Αρβανιτάκης, Γ., Πολατίδου, Θ.* (Εκπαιδευτικοί Β'βάθμιας)

«Ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες - Επίσκεψη στον ΟΤΕ, για μαθητές Γ' Γυμνασίου, διάρκειας 12 διδακτικών ωρών (4 δίωρες ενότητες στο Σχολείο και μια 4-ωρη επίσκεψη στον ΟΤΕ).

Περισσότερες πληροφορίες για το πρόγραμμα και τα αποτελέσματά του υπάρχουν σε άλλες εργασίες της ομάδας έργου (Spyrtou Zoupidis & Kariotoglou, 2009, Lavonen, et all, 2009, Zoupidis et all. 2010), αλλά και στα παραδοτέα, στην ιστοσελίδα του προγράμματος http://lsg.ucy.ac.cy/materialsscience/.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε στοιχεία από το σχεδιασμό και εφαρμογή της σειράς του Γυμνασίου, για να δείξουμε πως εφαρμόσαμε πολλές από τις παραπάνω σύγχρονες τάσεις των ΠΣ-ΦΕ σε ένα Ελληνικό Σχολείο. Από την εφαρμογή αυτή αναμένουμε χρήσιμα συμπεράσματα για πιθανές αλλαγές στα ΠΣ-ΦΕ στη χώρα μας.

Η ακολουθία «Ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στις Τηλεπικοινωνίες: Οργάνωση μιας επίσκεψης στον ΟΤΕ»

Άξονες ανάπτυξης της ακολουθίας

Βασικός άξονας της ακολουθίας είναι η διερευνητική προσέγγιση της μάθησης. Αυτή υλοποιείται σε όλες της ενότητες της ακολουθίας: έτσι στις ενότητες 1 και 2 οι μαθητές κάνουν πειράματα σε ομάδες ειδίκευσης υλοποιώντας το πρότυπο πρόβλεψη – παρατήρηση – ερμηνεία. Σε όλες σχεδόν τις ενότητες οι μαθητές ατομικά ή σε μικρές ομάδες αναζητούν και καταγράφουν πληροφορίες για υλικά ή και για το χώρο επίσκεψης (ΟΤΕ Φλώρινας) και με αυτά ενημερώνουν τους συμμαθητές τους. Έτσι υλοποιούν μια σημαντική απαίτηση της διερευνητικής προσέγγισης δηλ. το «διάβασμα» και το «γράψιμο» «επιστημονικών» κειμένων. Στα πλαίσια του «γραψίματος» θα πρέπει να θεωρηθεί και η ομαδική εργασία για τη σύνθεση της τελικής έκθεσης. Σ' αυτήν περιγράφεται με εικονικά και ηχητικά ντοκουμέντα και φυσικά με γραπτό κείμενο η όλη προσπάθεια που έγινε στη διάρκεια εφαρμογής αυτής της σειράς.

Σημαντικό στοιχείο της διερευνητικής προσέγγισης είναι η μέθοδος οργάνωσης της τάξης που ακολουθείται σε μεγάλο μέρος της ακολουθίας. Η μέθοδος αυτή είναι η jigsaw (Zakaria, Iksan 2007) η οποία είναι ομαδοσυνεργατική μέθοδος με δυο είδη ομάδων την αρχική ομάδα – οικογένεια (ομάδα σύνθεσης) και την ομάδα ειδίκευσης. Στην τελευταία κάθε μαθητής αναζητά στοιχεία για ένα διαφορετικό θέμα π.χ. οπτική ίνα με τα οποία στη συνέχεια ενημερώνει τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας – οικογένειας, ώστε να είναι προετοιμασμένα να συμμετάσχουν στην τελική συζήτηση με όλη την τάξη. Χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι η προώθηση τόσο της ομαδικής, όσο και της ατομικής εργασίας, οι οποίες θα κριθούν ως προς την αποτελεσματικότητά της στη διάρκεια της σχετικής συζήτησης σε όλη την τάξη.

Στοιχείο της διερευνητικής προσέγγισης είναι και η άσκηση των μαθητών στη διαδικασία υποβολής ερωτήσεων. Έτσι στην 3η ενότητα: «προετοιμασία για την επίσκεψη στον ΟΤΕ», οι μαθητές σε ομάδες ετοιμάζουν ερωτήσεις για τα στελέχη και τους τεχνικούς της επιχείρησης, για θέματα που τους ενδιαφέρουν. Τόσο ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της επίσκεψης, όσο και ειδικότερα οι ερωτήσεις σχετίζονται και με τα μελλοντικά επαγγελματικά ενδιαφέροντα των μαθητών.

Η οργάνωση της επίσκεψης στον ΟΤΕ αποτελεί τον δεύτερο από τους δυο κύριους πυλώνες της ακολουθίας. Στόχοι της επίσκεψης είναι η διαμόρφωση θετικών στάσεων για τις ΦΕ και την Τεχνολογία, μέσω της επίσκεψης σε ένα τέτοιο αντιπροσωπευτικό χώρο. Επίσης η διερεύνηση επαγγελματικών προοπτικών μέσω της αλληλεπίδρασης με το χώρο και τους ανθρώπους του. Και φυσικά η μάθηση για τα τόσο επίκαιρα θέματα των τηλεπικοινωνιών και του διαδικτύου.

Περιεχόμενο και Διδακτικά υλικά της ακολουθίας

Η ακολουθία αποτελείται από 5 ενότητες. Στην 1η ενότητα, οι μαθητές εργάζονται σε θέματα υλικών που βρίσκονται στη φύση π.χ. χαλκός ή είναι τεχνολογικά υλικά π.χ. οπτική ίνα. Αναζητούν πληροφορίες στο δίκτυο και σε βιβλία και εκτελούν απλά πειράματα, αναζητώντας κυρίως ιδιότητες και χαρακτηριστικά των υλικών. Στόχοι είναι να κατανοήσουν:
- ότι τα τεχνολογικά προϊόντα κατασκευάζονται με βάση ορισμένα υλικά τα οποία προέρχονται από τις πρώτες ύλες,
- ότι τα υλικά έχουν ορισμένες φυσικές ιδιότητες με βάση τις οποίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των τεχνολογικών προϊόντων,
- ότι τα υλικά ταξινομούνται με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αγωγούς, μονωτές, και ημιαγωγούς.

Στη 2η ενότητα μελετούν συστηματικά, βιβλιογραφικά και πειραματικά, την ηλεκτρική αγωγιμότητα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών στοιχείων (μονωτές, αγωγοί, αντιστάτες, δίοδος, φωτο-αντίσταση, θερμίστορ). Στόχοι είναι οι μαθητές:
- Να ταξινομήσουν υλικά σε μονωτές, αγωγούς και ημιαγωγούς.
- Να κατανοήσουν την ηλεκτρική συμπεριφορά τεχνολογικών προϊόντων.
- Να γνωρίσουν συσκευές στις οποίες χρησιμοποιούνται τα παραπάνω υλικά.

Στην 3η ενότητα αναζητούν και καταγράφουν πληροφορίες, συζητούν και θέτουν διευκρινιστικές απορίες, διατυπώνουν ερωτήματα για την επίσκεψη, για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στον ΟΤΕ, αλλά και τις υπηρεσίες, κοινωνική προσφορά, επαγγέλματα και εκπαίδευση των εργαζομένων στον ΟΤΕ. Στόχοι είναι οι μαθητές:
- Να προσεγγίσουν στοιχεία της επιστήμης και της τεχνολογίας των υλικών και τη χρήση τους στον ΟΤΕ.
- Να συζητήσουν για τα επαγγέλματα και τις σπουδές των εργαζομένων στον ΟΤΕ.
- Να αναγνωρίσουν τον κοινωνικό ρόλο και τις υπηρεσίες του ΟΤΕ.
- Να ενημερωθούν για τον τρόπο μετάδοσης πληροφοριών από τον ΟΤΕ Φλώρινας προς όλο τον κόσμο και αντίστροφα.

Στην 4η ενότητα λαμβάνει χώρα η επίσκεψη στον ΟΤΕ. Αρχικά ενημερώνονται από τους ειδικούς, ξεναγούνται στις εγκαταστάσεις, παρακολουθούν την επίδειξη της συγκόλλησης οπτικής ίνας και χαλκού. Η ενότητα αυτή διάρκεσε τελικά τέσσερις ώρες. Στόχοι είναι οι μαθητές:
- Να γνωρίσουν βασικές εφαρμογές της τεχνολογίας των υλικών που έμαθαν στο Σχολείο και χρησιμοποιούνται στις τηλεπικοινωνίες.
- Να γνωρίσουν ορισμένες βασικές υπηρεσίες, επαγγέλματα του ΟΤΕ καθώς και να αναγνωρίσουν την κοινωνική του προσφορά.

Τέλος, στην 5η ενότητα γίνεται ανασκόπηση της συνολικής προσπάθειας, μεταγνωστική συζήτηση και καθοδήγηση για τη συγγραφή της τελικής έκθεσης.

Εφαρμογή και αξιολόγηση της ακολουθίας

Η ακολουθία αυτή εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ένα τμήμα (N=28) της Γ' Γυμνασίου στο 3ο Γυμνάσιο Φλώρινας. Η αξιολόγηση αφορούσε την εννοιολογική, τη διαδικαστική και την επιστημολογική μάθηση, το ενδιαφέρον και τα κίνητρα, τις στάσεις ως προς τη συγκεκριμένη διδασκαλία (Bennet et al. 2010). Για την αξιολόγηση της εφαρμογής αυτής χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές τεχνικές, μέθοδοι και εργαλεία. Χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις για τη μελέτη των στάσεων και του ενδιαφέροντος των μαθητών ως προς την καινοτομική αυτή προσπάθεια, καθώς και των παραγόντων που

έδρασαν θετικά σε αυτό. Με χάρτη εννοιών, ερωτηματολόγιο και συνεντεύξεις μελετήθηκε η απόκτηση γνώσεων για τα υλικά που χρησιμοποιούνται και τα επαγγέλματα των εργαζομένων στον ΟΤΕ και για την ηλεκτρική αγωγιμότητα ορισμένων υλικών. Στα ημερολόγια δυο εσωτερικών παρατηρητών (της ομάδας έργου), αλλά και δυο εξωτερικών αξιολογητών του προγράμματος (expert panel) καταγράφονταν η συμμετοχή και συμπεριφορά των μαθητών, αλλά και ο ρόλος της καθηγήτριας, στη διάρκεια όλης της ακολουθίας. Η πρώτη ανάλυση των δεδομένων δείχνει πολύ θετική αποδοχή της προσπάθειας, βελτίωση της γνώσης, υψηλό βαθμό συμμετοχής των μαθητών και ευελιξία της καθηγήτριας σε ένα πρωτόγνωρο γι' αυτήν ρόλο. Παρατηρήθηκε επίσης η ανάπτυξη κινήτρων και ενδιαφέροντος των μαθητών, αλλά για διαφορετικούς λόγους για διαφορετικές ομάδες μαθητών. Η σύνθεση της τελικής αναφοράς των ομάδων επιτεύχθηκε ως ένα βαθμό, γιατί δεν υπήρχαν τεχνικές και θεσμικές προϋποθέσεις για την ολοκλήρωση και διάδοσή της. Αναλυτικά αποτελέσματα αναφέρονται στην εργασία των Σπύρτου, Ζουπίδη & Καριώτογλου (2011) σε αυτό τον τόμο και στη διπλωματική εργασία της Φακάζη (2010).

Επίλογος

Στην εργασία αυτή συζητήσαμε τις τάσεις για τα ΠΣ-ΦΕ με αιχμή τη διερεύνηση και τις επισκέψεις σε χώρους επιστήμης και Τεχνολογίας, όπως φαίνονται στη βιβλιογραφία. Στη συνέχεια, παρουσιάσαμε σύντομα μια εφαρμογή, στα πλαίσια του προγράμματος "Materials Science" που μας έδειξε ότι οι καινοτομίες και «τρέχουν» και έχουν θετικά αποτελέσματα. Γεννάται λοιπόν ένα κρίσιμο ερώτημα: Μπορούν να εφαρμοσθούν τέτοιες καινοτομίες στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης; Μπορούμε, ως χώρα, να ακολουθήσουμε τέτοιες αλλαγές; Ποιες είναι οι προϋποθέσεις – προαπαιτούμενα γι' αυτό;

Τέσσερις κατηγορίες παραγόντων φαίνεται να επηρεάζουν την ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτομικών ΠΣ: θεσμικοί, που εκφράζουν έμμεσα τη βούληση της κοινωνίας, εκπαιδευτικοί, που εκφράζουν τις προϋποθέσεις της εφαρμογής σε ανθρώπινο δυναμικό, υλικοί και επιστημολογικοί που αφορούν τις επιλογές περιεχομένου και φιλοσοφίας που θα προταθεί στα νέα ΠΣ-ΦΕ. Η κοινωνία φαίνεται να επιθυμεί τέτοια αλλαγή αφού είναι κοινή διαπίστωση ότι απαιτείται ριζική αλλαγή στα εκπαιδευτικά πράγματα, την οποία φαίνεται να συμμερίζεται η πολιτεία με τις αλλαγές που προ-αναγγέλλει. Η επιστημολογική προϋπόθεση αφορά το επιστημονικό δυναμικό που θα υλοποιήσει αυτές τις αλλαγές. Η κοινότητά (ΔΦΕ) μας δυναμική, παραγωγική και ενταγμένη στην ευρύτερη Ευρωπαϊκή κοινότητα μας πείθει ότι μπορεί να ανταποκριθεί σε μια τέτοια πρόκληση. Ο τρίτος παράγοντας, εκπαιδευτικός, συγκεντρώνει τις μεγαλύτερες δυσκολίες, επειδή περιλαμβάνει το έμψυχο δυναμικό δηλ. τους εκπαιδευτικούς, αλλά και τους γονείς. Το ίδιο ισχύει και για τις απαραίτητες υλικές προϋποθέσεις υλοποίησης που είναι οι υποδομές και τα διδακτικά υλικά. Αρνητικά στοιχεία σ' αυτή την περίπτωση αποτελούν η εκπαιδευτική παράδοση της χώρας, οι ελλιπείς υποδομές και η τρέχουσα οικονομική δυσπραγία.

Πριν επιμορφωθούν οι εκπαιδευτικοί στις νέες απαιτήσεις χρειάζεται να πεισθούν για την αναγκαιότητά τους. Η επιμόρφωση είναι απαραίτητο να αποφύγει συνταγές του παρελθόντος με από καθέδρας διαλέξεις και να ακολουθήσει συμμετοχικές και σχεδιαστικές διαδικασίες αντιμετώπισης συγκεκριμένων διδακτικών προβλημάτων, σε συμφωνία με τα σύγχρονα ρεύματα της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών (NRC 2000, Science Education NOW 2007). Ανάλογη διαδικασία ενημέρωσης πρέπει να ακολουθηθεί και με τους γονείς, οι οποίοι υφίστανται μεγάλο μέρος των δυσλειτουργιών της εκπαίδευσης. Τέλος, το θέμα των υποδομών είναι τεράστιο, μακρόχρονο και δαπανηρό. Δεν μπορείς να κάνεις διερευνήσεις σε τάξεις με μετωπική διδασκαλία και 30 μαθητές ή με ένα εκπαιδευτικό, χωρίς υπολογιστές με γρήγορο ίντερνετ, χωρίς υποστηρικτικό υλικό π.χ. λογισμικά ή φύλλα εργασίας. Ας

ελπίσουμε ότι στα πλαίσια των αλλαγών που έρχονται θα λυθούν κάποια από τα σοβαρά αυτά προβλήματα της εκπαίδευσης.

Βιβλιογραφία

Καριώτογλου, Π., (2004). Εκπαίδευση σε Επιστημονικά και Τεχνολογικά Μουσεία: Οργάνωση Προγραμμάτων. Θέματα στην Εκπαίδευση, 4(2-3), σελ. 169 – 182.

Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Σπύρτου, Α., Ζουπίδης, Α. & Καριώτογλου, Π. (2011). Μελέτη της εφαρμοσιμότητας μιας διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης για την οργάνωση επισκέψεων σε χώρους Τεχνοεπιστήμης (σε αυτόν τον τόμο πρακτικών).

Φακάζη, Ε. (2010). Οργάνωση μαθητικών επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας, με στόχο την ανάπτυξη του ενδιαφέροντος και των κινήτρων: στοιχεία αξιολόγησης μιας επίσκεψης στον ΟΤΕ. Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή εργασία, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

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.

Bennet, J., Hogarth, S., Lubben, F., Campbell, B. & Robinson, A. (2010). Talking Science: The research evidence on the use of small group discussions in science teaching, International Journal of Science Education, vol. 32, no. 1, pp. 69-95

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991). Motivating Project – Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning, Educational Psychologist, 26, (314), 369-388

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

Chamberlain, K., Crane, C., (2009). Reading. Writing & Inquiry in the Science Classroom. Corwin Press, California, USA.

Chinn, A. C., & Samarapungavan, A. (2008). Learning to use scientific models: Multiple dimensions of conceptual change. In R. A. Duschl, & R. E. Grandy (Eds) Teaching Scientific Inquiry, pp 191 – 225. Sense Publishers, Roterdam, Netherlands.

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

Hodson D. & Prophet R. B. (1986), 'Why the Science Curriculum changes – Evolution or Social Control?', σελ. 163-180 στο: Brown, J., Cooper, A., Horton, T., Toates, F. and Zeldin, D., (Eds), 'Science in Schools', Philadelphia: Open University Press.

Lavonen, J., Byman, R., Loukomies, A., Meisalo, V., Constantinou, C., Kyratsi, T., Papadouris, N., Couso, D., Hernandez, M.I., Pinto, R., Hatzikraniotis, E., Kallery, M., Petridou, E., Psillos, D., Kariotoglou, P., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., Lombardi, S., Monroy, G., Testa, I. (2009). «Students' Motivation on Learning Material Science Teaching Modules in Five Countries». In G.

Cakmakci & M.F. Tasar (Eds.), Contemporary science education research: learning and assessment (pp. 51 – 55). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.

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.

Millar, R. and Osborn, J. (1998). Science beyond 2000. King's College, School of Education, London.

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, Vol 28, No. 13, pp. 1499-1521

National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.

Unesco 2000+: http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001180/118048eo.pdf

Project 2061: http://www.project2061.org/

Science Education NOW (2007): http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

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 & N. Papadouris (Eds.), GIREP INTERNATIONAL CONFERENCE, Physics Curriculum Design, Development and Validation, Selected Papers, 391-407. ISBN978-9963-689-20-0. http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/THE%20DESIGN%20AND%20DEVELOPMENT%20OF%20AN%20ICT-ENHANCED.pdf

Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2007). The Impact of Technology on the Enactment of ''Inquiry'' in a Technology Enthusiast's Sixth Grade Science Classroom, Journal of Research in Science Teaching, 44(1), 154–182.

Zakaria, E., Iksran, Z. (2007). Promoting Cooperative Learning in Science and Mathematics Education: A Malaysian Perspective. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3(1), 35-39.

Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., & Kariotoglou, P. (2010). The gradual approach of the nature and role of models as means to enhance 5th grade students' epistemological awareness. In G. Cakmakci & M.F. Tasar (Eds.), Contemporary science education research: learning and assessment (pp. 415 – 423). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.

Science Education – Image, Interest and Identity

Louise Archer*, Jennifer DeWitt*, Jonathan Osborne**, Justin Dillon*, Beatrice Willis* & Billy Wong*
*King's College London, UK; **Stanford University, USA

Abstract

Many students do not identify with science from a relatively early age and, perhaps as a consequence, develop negative attitudes towards science in school. These feelings appear to be even more prevalent among girls than boys. ASPIRES is a five-year, longitudinal project that seeks to understand the factors which affect aspirations and engagement with science during the critical age period of 10-14 years. The research questions are: how are students' aspirations formed over time?; how are these aspirations influenced by their peers, parents and experience of school science?; and how are these aspirations shaped by gender, social class and ethnicity? The mixed-methods study involves an online survey of over 9,000 pupils aged 10/11 and in-depth qualitative work with 170 parents and children. Participants will be surveyed and interviewed a further two times when they are aged 12/13and 13/14. During the initial phase of the study, students expressed quite positive attitudes to science, both in school and out. They reported positive parental attitudes toward science and they seemed to hold very positive images of scientists. However, these positive experiences and images do *not* seem to translate directly into strong aspirations in science.

Background

There has been substantial concern in many countries, including the UK, about students' engagement with school science and the low numbers choosing to pursue the study of science (European Commission, 2004; HM Treasury, 2006; National Academy of Sciences, 2005; Osborne & Dillon, 2008), and a considerable body of evidence now exists highlighting how science is failing to engage young people, particularly girls (for example, Jenkins & Nelson, 2005; Lyons, 2006).

Research has demonstrated that despite the majority of children having positive attitudes to science at age 10 (Murphy & Beggs, 2005), interest declines sharply in the following years (Osborne, Simon & Collins, 2003) and ever-diminishing numbers choose to study science subjects at higher levels. There seems to be an important link between the early formation of aspirations for science-based careers and a propensity to study science at higher levels and/or enter a science career later in life. For instance, a survey conducted by OPM for the Royal Society (2006), of 1,141 science, engineering and technology (SET) practitioners' reasons for pursuing scientific careers, found that just over a quarter of respondents (28%) first started thinking about a career in science, technology, engineering and mathematics (STEM) before the age of 11 and a further third (35%) between the ages of 12-14. Likewise, a

small-scale longitudinal study that followed 70 Swedish students from Grade 7 (age 12) to grade 11 (age 16) (Lindahl, 2007) found that their career aspirations and interest in science were largely formed by age 13. Lindahl concluded that engaging older children in science would become progressively harder. In other words, research suggests that ages 10-14 is a critical period for engaging students with science.

Although this paper focuses on science education, similar concerns exist about mathematics education. The work of the ASPIRES project, described below, is one strand of a broader research programme, The Targeted Initiative on Science and Mathematics Education (TISME).

The Targeted Initiative on Science and Mathematics Education (TISME)

The Targeted Initiative on Science and Mathematics Education (TISME) is a programme of research (2010-2014) funded by the UK's Economic and Social Research Council (ESRC) in partnership with the Gatsby Charitable Foundation, the Institute of Physics and the Association for Science Education.TISME is co-ordinated by a team of academics from the Department of Education and Professional Studies at King's College London: Prof. Louise Archer (lead), Prof. Justin Dillon and Dr Jeremy Hodgen.

TISME represents a major investment in science and mathematics education research and it addresses the following questions:

- What are the key factors that shape patterns of participation, engagement and achievement in science and/or mathematics education by children and young people?
- What can we learn from the effectiveness of past and current interventions, initiatives and practice?
- How can research-informed approaches help to address some of the key challenges in enhancing participation, engagement and achievement in science/mathematics?
- What specific new interventions or changes in policy or practice offer the greatest potential to improve participation, engagement and learning in science/mathematics and how could their potential effectiveness and feasibility be assessed more fully?

Through a portfolio of research studies and dissemination activities, TISME aims to find new ways to encourage children and young people to greater participation, engagement, achievement and understanding of science and mathematics. Five major research projects are funded under the Initiative (see Appendix for more details):

- *ASPIRES* (Science Aspirations and Career Choice: Age 10-14). Principal Investigator (PI): Prof. Louise Archer, King's College London;
- *EISER* (Enactment and Impact of Science Education Reform). PI: Dr Jim Ryder, University of Leeds;
- *epiSTEMe* (Effecting Principled Improvement in STEM Education: Student Engagement and Learning in Early Secondary-School Physical Science and Mathematics). PI: Prof. Kenneth Ruthven, University of Cambridge;
- *ICCAMS* (Increasing Competence and Confidence in Algebra and Multiplicative Structures). PI: Dr Jeremy Hodgen, King's College London;

- *UPMAP* (Understanding Participation rates in post-16 Mathematics And Physics). PI: Prof. Michael Reiss, Institute of Education.

The ASPIRES Project

ASPIRES is a large-scale, five-year, longitudinal project that seeks to understand the factors which affect aspirations and engagement with science during the critical age period of 10-14 years. It began in January 2009. The ASPIRES project is investigating the following questions:

- How are students' aspirations formed over time?
- How are these aspirations influenced by their peers, parents and experience of school science?
- How are these aspirations shaped by gender, social class and ethnicity?

The research combines a large-scale survey with in-depth interviews to investigate how children form their aspirations and views of science. The project team isfollowing children in schools across England from the final year of primary education, Year 6 (age 10/11),using an online survey of over 9,000 pupils and in-depth qualitative work with 170 parents and children. Participants will be surveyed and interviewed a further two times when the students are in Year 8 (age 12/13) and Year 9 (age 13/14). Particular attention is given to the interplay of gender, social class, ethnicity and the influence of peers, parents and schools, on young people's aspirations and engagement with science. The project will also develop, in collaboration with teachers and other experts, strategies for teaching about science-based careers in Key Stage 3 (the first three years of secondary education, ages 11-14).

This paper reports on interim findings from the first phase of the fieldwork: the first round of the longitudinal survey (with over 9,000 10/11 year olds in the final year of primary school) and interviews with 92 children (age 10/11) and 78 parents.

Data Collection

Survey of Primary School Pupils in England (age 10/11, Year 6)

Over 10,000 primary school pupils completed an online questionnaire between October and December 2009. Following data cleansing, 9,319 students remained in the sample for analysis. Students from 279 schools completed the survey. This sample represented all regions of the country and was roughly comparable to the overall national distribution of schools in England by attainment and proportion of students eligible for free school meals. 248 state schools and 31 independent schools participated in the survey.

The sample comprised 50.6% boys and 49.3% girls, of whom 846 (9.1%) were in private schools and 8,473 (90.9%) in state schools. Whilst detailed descriptors of ethnicity were not collected, the ethnic backgrounds of the sample can be broadly aggregated as follows: 74.9% White, 8.9% Asian (Indian, Pakistani, Bangladeshi heritage), 7.5% Black (Black African, Black Caribbean), 1.4% Far Eastern, 7.8% mixed or other.

The survey covered topics such as: aspirations in science; attitudes towards school science;

self-concept in science; images of scientists; participation in science-related activities outside of school; parental expectations; parental school involvement; parental attitudes towards science; peer attitudes towards school and towards school science.

Phase 2 of the survey will take place in autumn 2011 (when pupils are age 12-13/Year 8) and Phase 3 of the survey will take place in autumn 2012 (when pupils are age 13-14/Year 9).

Interviews with children and parents

92 student interviews and 78 parent interviews were conducted between January and June 2010. All of the students were in Year 6 (age 10/11) and were recruited from 11 schools. Nine of these schools were state primaries and two were privately-funded. Students were from a broad range of socioeconomic classes and ethnic backgrounds. The student interviews included topics similar to the survey, such as aspirations for the future (and sources of these aspirations), interests, views about school, attitudes towards and engagement in school science and broader perceptions of science. Parental interviews focused on family context, perceptions and experience of the child's schooling, involvement in education, child's personality and interests, their child's aspirations and their own perceptions of science and engineering, including their views on the issues surrounding the 'leaky pipeline' of post-16 progression in science (and engineering).

Participants will be interviewed a further two times in Phases 2 and 3, when they are in Year 8 (age 12/13) and Year 9 (age 13/14). This strategy will enable a development of an understanding of the key factors and processes impacting on aspirations and career choice during this critical age period.

Working with Teachers

In addition to the empirical study, the project team is also working with a group of secondary school teachers to develop ways to help them make better use of existing science careers resources. This iterative strand of the project will involve the development and refinement of pedagogical strategies for using careers resources within science classrooms, paying particular attention to the ways in which approaches might be adapted and tailored for use with diverse groups of young people.

Findings: Emerging Themes

(1) The disconnect between attitudes and aspirations ('doing… not being')

The first survey was administered online in autumn 2009. We found that:

Students expressed quite positive attitudes to science, both in school and out:

- 73.8% of students agreed or strongly agreed that they learn interesting things in science lessons
- 58.1% agreed or strongly agreed that 'science lessons are exciting'

Students reported positive parental attitudes toward science:

- 72.4% believed that their parents think it is important to learn science
- 58.6% asserted that their parents think science is interesting

Students seemed to hold very positive images of scientists:

- 76.7% of students agreed or strongly agreed that scientists and people who work in science can make a difference in the world
- 66.2% believed that scientists make a lot of money
- 60.3% agreed that scientists are respected by people in this country

However, these positive experiences and images do *not* seem to translate directly into strong aspirations in science:

- 28.5% of students claimed they would like to have a job using science
- 16.6% agreed that they wanted to become a scientist

In other words, these findings suggest that science is failing to feature in young people's future aspirations at an even earlier age than previously assumed. Focus group discussions undertaken with over 40 children (age 10–11) as an initial part of the study (reported in Archer *et al.,* 2010), found that many reported enjoying science (they liked 'doing' science) but had already ruled out science from their aspirations (they resisted the idea of 'being' a scientist). Some illustrative quotes from participants are as follows:

> *"I just like everything about science, I'm really interested in it. When I was younger, I wanted to be like a mad scientist."* (Luna, 10, White middle-class girl, Clover School)
>
> *"I'm not really, really into science and I'm not not into science, I'm sort of in between".* (Indiana, 10, White working-class boy, Woodstock School)
>
> *"It's just that there's some people who are really into it and you knowwant to be it, but like there are some people who are into it, but you know they don't want to be a scientist."* (Hedgehog, 10, White working-class boy)

This theme was reiterated in the main study interviews. Indeed, it was striking that whilst the vast majority of children reported enjoying science at school and said that they found it interesting (with almost 80% of the survey sample reporting that they also undertake some science-related activities in their spare time), this level of interest was not reflected in the children's aspirations. We also noted a wide awareness of stereotypical views of science-related careers, dominated by notions of the 'mad' and/or brilliant ('boffin') male scientist. Hence it seems that even at this young age, the majority of children are learning that a science career is 'not for me'.

The issue seems not to be a case of children holding low aspirations, *per se*.Students' answers to a free-response question about what they want to be when they grow up provided evidence of a wide range of aspirations but did not show evidence of low

aspirations across the board. Similar findings emerged from the interview data. Thus, it would seem that, in general, at age 10/11 many students do have high aspirations, though not necessarily in science.

> *"Cos most scientists wear glasses and I don't want to wear glasses. And they're a bit brainy and I don't want to be brainy"* (Victoria, 10, White Eastern European, working-class girl, Metropolitan Primary School)

(2) Key factors influencing children's science aspirations

Further analyses of the survey data found that the following factors are related to, and thus may influence, students' aspirations in science:

- *Parental attitudes to science* (students who report more positive parental attitudes to science are more likely to express positive aspirations in science than those who don't);
- *Attitudes towards school science* (students whose attitudes towards school science are more positive are more likely to have positive aspirations in science);
- *Self-concept in science* (students who consider themselves more able in science are more likely to hold aspirations in science);
- *Gender* (girls tended to have weaker science aspirations than boys);
- *Ethnicity* (students from Asian backgrounds – Bangladeshi, Pakistani and Indian heritage – tended to have higher aspirations in science than students from other – especially White – backgrounds).

This combination of variables (parental attitudes, attitudes toward school science, self-concept in science, gender and ethnicity) can account for nearly half of the variation in students' aspirations in science.

Aspirations also seem to be affected by the *school* children attend. Analyses revealed that some schools seemed to be better able to capitalise on positive parental attitudes to science than others. More specifically, among schools where parental attitudes to science were more positive, some had higher student aspirations in science than others. This outcome would suggest that there is something these schools are doing to 'translate' positive parental attitudes into aspirations in science. However, these differences did not seem to be attributable to anything easily measurable about the school, such as private versus state schools, religious status, socioeconomic status and so forth. Further research would be very useful to explore this issue further.

Children's and Families' Relationships with Science

In the survey, children generally reported that their families hold positive attitudes towards science. The interviews revealed that whilst almost all families wanted their children to do well at school, the ability to provide specific support for science varied considerably.

We examined the relationship and nature of influence between the family (notably the family's resources and sense of itself – 'who we are' – and its taken-for-granted practices,

values, and so on) and the child's developing scientific identity (that is, the extent to which children like, participate in and identify/align themselves in relation to 'science'). We looked at the extent to which a family's liking and practising of science is embedded ('woven') into family life, their everyday lives and sense of self, for example, we explored whether family members engage in science-related activities in their spare time and the extent to which an interest in science is embedded in a family's conscious and unconscious daily lives. We examined this phenomenon as constituted (for instance) through pastimes, activities, leisure consumption, family practices (for example, TV, books, topics of conversation) and in/through its social networks. To date, we have found that:

- Although around 30% of the interview sample were classified as being 'pro-science' in their orientation, families with high amounts of science capital (termed 'science-rich' families) were in a minority. Indeed, only around 15% of the interview sample were classified as benefiting from substantial knowledge and interest in science and were thus in a position to actively promote it to their children. These families were from middle-class backgrounds and were predominantly White and/or South Asian.
- The majority of families lack science 'capital' (for example, science qualifications; knowledge about science; a family environment that is scientifically literate; knowing people in science-related careers). Families with low science capital are disproportionately likely to be from working-class White and/or Black Caribbean backgrounds, although middle-class families can also lack 'science capital' and some of these parents similarly report not feeling in a position to offer particular support or direction for science-related careers.
- There is a sizeable number of children who are highly enthusiastic about science and have strong science-related aspirations but who lack science capital within their families. We have classified these children as having a 'raw'/'unrefined' interest, which risks not translating into a continued academic engagement with science due to disadvantaged external support structures.
- For around a fifth of our interviewees, science was classified as 'peripheral' to their lives. Whilst parents and children expressed a benign view of science (for example, regarding it with some interest) it was weakly embedded within their everyday lives and unsupported by any science capital. For these families, their relationship with science was defined more through its absence than its presence.
- There are only a very small minority of pupils who are totally disengaged from science at age 10 but, in our sample, these all appear to be White, working-class girls.

  "I don't really know cos I never ask them [parents] *questions really* […]*They never talk about science."* (Jack, Black African boy, Metropolitan School)

  *"I don't know about my mum and dad. I've never really asked th*em about science" (Heather, White, working-class girl, Midlands School)

In their US research, Aschbacher, Li & Roth (2009: 17) note 'how few adults at home or school enthusiastically invite students to learn about science or engineering, to value scientific ways of knowing, or to pursue an SEM degree or career'. We found that this deficit is exacerbated by social inequalities. In other words, the extent to which science is

'thinkable' and can be practically supported and encouraged within families is not spread randomly across the population: Uneven patterns in the social distribution of cultural, economic and social capital by social class, gender and ethnicity mean that the families who are most likely to successfully foster science aspirations tend to be middle-class and from White and/or South Asian backgrounds.

In the survey, we found that just under a quarter (23.4%) of children said that they 'never' do any science-related activities outside of school, whereas just under 20% (18.8%) were regularly engaged in science-related activities (at least once a week). Over a third never read a book or magazine about science (36.6%)and never looked at science-related websites (33.8%) (compared to 18.1% who read a book/ magazine and 15.4% who look at science related websites at least once a week). Almost a fifth reported that they never visit a museum or zoo (18.9%) and never watch a science related TV programme (18.8%) (compared to 35.5% who do so once a week - TV being the most widely cited 'frequent' science-related activity). Multilevel modelling analyses revealed a range of variables that accounted for a significant amount of the variance in students' participation in science-related activities (outside of school), which included gender, ethnicity and cultural capital. However, the relationship between these social structural variables was not straightforward and, indeed, aspirations in science and attitudes toward school science are more closely related to participation in science-related activities than are social structural variables.

Implications

Our work is still ongoing, so conclusions and recommendations are necessarily provisional. However, we suggest that these early findings indicate that:

- Given the emerging importance of families, more work might usefully be undertaken with *families* (parents/carers and children) to help them develop confidence and resources to support the science aspirations of their children (currently, most interventions target students as individuals). This could help support and develop the contexts and conditions within which science aspirations might 'take root'. For instance, there seems to be an urgent need to build 'science capital' within families so that science can become a 'thinkable' (known and 'achievable') career route. It would also help build on children's existing interest through the provision of cultural knowledge and material resources.

- Intervention is needed to broaden children's and families' understandings of the range and nature of careers from science. Such interventions are needed to disrupt the doing/being dichotomy and children's and parents' 'ruling out' of science as a career based on often quite narrow conceptualisations of 'being a scientist'.

- Different forms of family engagement with science might respond to different sorts of intervention: certainly the mapping casts doubt on a 'one size fits all' approach to intervention.

Looking Ahead

As the project moves into Phase 2 and 3 of the study (tracking children at ages 12 and 14 though surveys and interviews) it will build on this initial picture of science engagement and aspirations among children. The longitudinal element will enable the project team to identify key factors and contexts that shape the flourishing (or curtailing) of students' science engagement and aspirations as they move into secondary school.

The study will increase understanding of the processes through which young people come to form their aspirations and the complex ways in which these may vary by social class, 'race'/ethnicity and gender. It will suggest targeted forms of intervention and ways of working with diverse groups of young people and their families in order to better support the development of science-related aspirations.

The project will also produce a set of 'tried and tested' pedagogical strategies for classroom teachers to help integrate materials related to science careers into mainstream science classes and to increase students' awareness, and to broaden and deepen their understanding of science-related careers at Key Stages 2 and 3.

Publications from the Project

There are a number of publications from the project. Please feel free to contact Beatrice Willis (beatrice.willis@kcl.ac.uk) for copies.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). 'Doing' science versus 'being' a scientist: Examining 10/11 year old school children's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94(4),* 617-639.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B. & Wong, B. Science aspirations and family *habitus*: How families shape children's engagement and identification with science. Paper under review.

DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (in press). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox among minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education*.

DeWitt, J., Osborne, J., Archer, L., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (in preparation). Young children's aspirations in science: The unequivocal, the uncertain and the unthinkable.

References

Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching, 47*, 564-582.

European Commission. (2004). Europe needs More Scientists: Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology. Brussels: European Commission.

HM Treasury. (2006). Science and Innovation Investment Framework: Next Steps. London: HMSO.

Jenkins, E., & Nelson, N. W. (2005). Important but not for me: students' attitudes toward secondary school science in England. *Research in Science & Technological Education, 23(1)*, 41-57.

Lindahl, B. (2007). *A longitudinal study of students' attitudes towards science and choice of career*. Paper presented at the 80th NARST International Conference.

Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education, 28*(6), 591-613.

Murphy, C., & Beggs, J. (2005). *Primary science in the UK: a scoping study. Final Report to the Wellcome Trust*. London: Wellcome Trust.

National Academy of Sciences: Committee on Science Engineering and Public Policy (2005). *Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future*. Washington, DC: National Academy Sciences.

Osborne, J., and Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections.* London: The Nuffield Foundation.

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.

Royal Society. (2006). *Taking a leading role - Scientists Survey*. London: The Royal Society.

APPENDIX: THE FIVE TISME PROJECTS

ASPIRES (Science Aspirations and Career Choice: Age 10-14)
This project, based at King's College London, investigates science aspirations and career choice among 10-14 year olds. Existing research suggests that at the age of 10, children tend to be interested in science with little evidence of any gender differences in these views. Yet by the age of 14, this interest has significantly declined. This five year, longitudinal project seeks to explore the factors which affect aspirations and engagement with science during this critical period, between the ages of 10 and 14. The research combines a large-scale survey with in-depth interviews to investigate how children form their aspirations and views of science. We are following children in schools across England from Year 6 using an online survey of over 9,000 pupils and in depth qualitative work with over 180 parents and children. Participants will be surveyed and interviewed a further two times when they are in Year 8 and Year 9. Particular attention will be given to exploring the interplay of gender, social class, ethnicity and the influence of peers, parents and schools, on young people's aspirations and engagement with science. The project will also develop, in collaboration with teachers and other experts, strategies for teaching about science-based careers in Key Stage 3.
Principal investigator: *Prof. Louise Archer, King's College London.*
www.kcl.ac.uk/schools/sspp/education/research/projects/aspires/

EISER (Enactment and Impact of Science Education Reform)
Since 2006 schools in England have been responding to major changes in the science curriculum for 14-16 year olds. A wider variety of science courses are available with more emphasis on applied science and teaching about socio-scientific issues. This study examines school responses to this major curriculum reform. The study combines nationally representative data, using the National Pupil Database, and in-depth school-based case studies. Data will be collected over a three year period enabling a longitudinal analysis of the developing enactment and impact of these reforms. A particular focus is on teachers' experiences of working with the new science curriculum in the classroom. The study is also investigating the impact of these reforms on student achievement, student attitudes towards science education and participation in post-compulsory science courses. The study will identify any targeting by schools of specific courses on students with particular characteristics and any differential success across courses in terms of student achievement and uptake of post-compulsory science education. The study will also provide a generalised account of factors impacting on student attitudes to school science and their participation in post-compulsory science courses.
Principal investigator*: Dr Jim Ryder, University of Leeds.*
www.education.leeds.ac.uk/research/cssme/projects

EpiSTEMe (Effecting Principled Improvement in STEM Education: Student Engagement and Learning in Early Secondary-School Physical Science and Mathematics)
Many students in secondary school find physical science and mathematics uninteresting and difficult to learn with understanding. This leaves important gaps in their education and narrows the range of careers open to them. This project has redesigned key aspects of the teaching and learning of these subjects at the formative early-secondary stage, developing a principled approach that is expected to be more effective in engaging students and guiding

them towards understanding. Insights from several social scientific fields – concerned with conceptual growth, identity formation, classroom dialogue, collaborative learning, and relations between everyday and formal understanding – have guided the design of an intervention suitable for widespread use in normal school settings. Phase 1 involved collaboration with teachers from several schools to devise and pilot the intervention. In Phase 2, classroom implementation by these teachers is being analysed, and the intervention refined accordingly. Phase 3 will evaluate repeated implementation by the cooperating teachers, alongside initial implementation by teachers from a wider range of schools, compared to the established practice of a control group of teachers from similar schools. This research project will generate tried-and-tested resources for training teachers and teaching students, and improve research-based understanding of teaching and learning processes in science and mathematics.
Principal investigator: *Prof. Kenneth Ruthven, University of Cambridge*
www.educ.cam.ac.uk/research/projects/episteme/

ICCAMS (Increasing Competence and Confidence in Algebra and Multiplicative Structures)
The ICCAMS project, based at King's College London, is examining ways of raising students' attainment and engagement by using classroom based assessment to inform teaching and learning. The study has conducted a large nationally representative survey of around 7000 students examining the understandings and attitudes of current students. This survey uses tests first developed by the Concepts in Secondary Mathematics and Science (CSMS) study enabling a comparison with the understandings of students in the 1970s. We are also working collaboratively with a group of teachers to develop a research-informed approach to the teaching of algebra and multiplicative reasoning focusing in particular on formative assessment. The work is informed by the extensive research literature on the teaching of algebraic and multiplicative reasoning. The implementation of the resulting intervention in a further 10 schools will be analysed and evaluated during 2010/11.
Principal investigator: *Dr Jeremy Hodgen, King's College London*
www.kcl.ac.uk/schools/sspp/education/research/projects/iccams.html

UPMAP (Understanding Participation rates in post-16 Mathematics And Physics)
The UPMAP project is using a mixture of qualitative and quantitative methods to determine the range of factors (individual, school and out-of-school, including home), and their interactions, that influence post-16 participation in mathematics and physics in the UK and to assess their relative importance among different student populations.

In Strand 1, items, including those from validated instruments, have been incorporated into questionnaires and distributed to schools across the country. We have received to date approximately 23,000 student returns from 140 schools. In Strand 2 we are undertaking interviews on three occasions over two years with six of these students in each of twelve of our Strand 1 schools to explore their experiences and views of education, including mathematics and physics. In this Strand we are also collecting ethnographic data from the twelve schools. In Strand 3, we are undertaking interviews with a total of 50 students across four HEIs. Each of these students has the qualifications that would allow them to study a degree course in accountancy, mathematics, engineering or physics but only half of them are studying such courses. These interviews are revealing useful insights into factors that have

influenced student choices. Our work will increase the likelihood that future interventions to boost post-16 participation in mathematics and physics are successful.
Principal investigator: *Prof. Michael Reiss, Institute of Education*
www.ioe.ac.uk/study/departments/gems/4814.html

Is the science curriculum inadequate from the perspective of the learner?

Philip Johnson and Ros Roberts
School of Education, University of Durham

Abstract

Much debate about science education concerns the appropriateness of the curriculum. The curriculum is said to be inappropriate either because academic science is too difficult for most pupils, or because it is not relevant to pupils' interests. Alternatively, this paper contends that the science curriculum is fundamentally inadequate from the perspective of the learner. The focus in is on introductory science, where the inadequacy is greatest and lasting damage is done. It will be argued that the inadequacy reflects a failure to think rigorously enough about 'what to teach'. Introductory science education is based at a descriptive level rather than an ideas level. As a result, the current curriculum does not recognise those ideas which pupils need to develop in order to understand science and the descriptive approach is largely incoherent from the perspective of the learner. Albeit unintentionally, such conditions encourage and can even engender misconceptions. The inadequacy of a descriptive approach will be illustrated in chemistry in relation to materials and their properties, physics in relation to forces, biology in relation to living things and scientific enquiry in relation to carrying out investigations. It is suggested that the problem is longstanding and the inadequacies go unrecognised because science educators unconsciously fill in gaps and ignore misleading cues; in other words they have forgotten what it was like not to understand. The curriculum makes sense if one already understands but pupils are not in that position. This is why research into pupils' understanding is needed to inform the specification of the curriculum in terms of ideas to be taught and recent interest in learning progressions holds much promise. A more adequate curriculum should be easier to learn and will be more relevant to pupils because it is understood. As yet, we do not know the limits of what our pupils could achieve.

Introduction

There are longstanding concerns about students' attitudes towards and understanding of science. By its inherent nature, science ought to be an engaging subject. It is to us, but many students do not share this enthusiasm – especially in their later school years (Osborne, Simon & Collins, 2003). Despite increasing numbers passing public examinations, decades of research have continued to reveal a poor understanding of scientific knowledge and the nature of science as an activity (Duit, 2009). It does not seem fanciful to suggest a link; one is not likely to be enthusiastic about something one doesn't understand. Where are we going wrong? Much of the debate surrounds the appropriateness of the curriculum. The curriculum is said to be inappropriate either because academic science is too difficult for most students, or because contexts are not relevant to students' interests. Alternatively, this paper contends that the science curriculum is fundamentally inadequate from the perspective of the learner. At root, it is not that the students are incapable or the contexts are wrong (or indeed that teachers are not

good enough), it is because the science curriculum is not fit for purpose. This paper focuses on introductory science, where the inadequacy is perhaps greatest, causing lasting damage.

Defining the inadequacy

The inadequacy reflects a failure on the part of curriculum developers to think rigorously and deeply enough about 'what to teach'. By 'what to teach' we mean the ideas or concepts (the two terms will be used interchangeably) which should be the focus of teaching. The ideas (concepts) of science are necessary to understanding the facts of science. They bring order to what may seem quite disparate happenings at first sight. The importance of ideas follows directly from a constructivist view of knowledge. A learner uses existing ideas (concepts) to make sense of new experiences. New experiences which fit with existing ideas (do not contradict expectations) can be assimilated, augmenting a person's knowledge. New experiences which do not fit with existing ideas can lead to more fundamental changes in a person's knowledge involving reorganisation and the development of new ideas (concepts); i.e. accommodation. It is important to appreciate that ideas do not exist in isolation. The meaning of a concept derives from its relationships to other concepts; the linking propositions between concepts define the meaning of those concepts as can be shown in a concept map (Novak & Gowin, 1984). To learn meaningfully, individuals must choose to relate new experiences to relevant concepts and propositions they already know – either through assimilation or accommodation. Rote learning, on the other hand, involves verbatim memorisation with little or no interaction with what is already there.

Decisions about 'what to teach' are bounded by two parameters: what we want students to know and understand – the science; and what students already think – what they do and do not know and understand already (see figure 1). Teaching must aim to move students from where they are to where we want them to be. Paradoxically, a constructivist view of knowledge points to both the importance of students' existing knowledge but also the difficulties in finding that out (Johnson & Gott, 1996). Since meanings derive from each person's unique knowledge and understanding, their frame of reference, there is "an inherent and inescapable indeterminacy in linguistic communication" (Von Glasersfeld, 1990, p36). We can never be absolutely sure that words are being used with exactly the same meaning. In science contexts, where students' ideas are likely to be very different from the science view, every effort must be made to interpret a student's response to a question in terms of the meaning intended by the student (and asking questions that can be understood as intended). A student will not necessarily use scientific vocabulary with scientific meanings. This means listening to responses carefully and modelling possible meanings. What might not make sense to us will make sense to them. The main responsibility for developing a shared understanding rests with the teacher or researcher. Furthermore, even when the meaning of a response is understood this should not be taken at face value. Responses should be analysed for those ideas that are there and those necessary to the science understanding that are missing. Teaching needs to build on and use existing ideas to develop new ideas. For example, many students will say that the bubbles in boiling water are 'air'. Do students really believe this or is this the only reasonable response they can give? The scientific view rests on understanding that a sample of water can change into a 'body of gas that looks like nearly all other substances in the gas state'. If students don't think water itself can be a body of gas they will look around for the nearest available 'gas' – i.e. air – even if they are not sure how so much air can keep bubbling out. (Responses of 'oxygen' and or 'hydrogen' are also signs of a student looking for a known 'gas'.) Rather than taking this response as evidence for pupils already thinking the bubbles are air, an alternative interpretation is that pupils do not have the idea that water itself can form a body of gas (that looks like any other substance in the gas state). Therefore they 'look' for the nearest available 'gas'. A response of 'air' at least acknowledges the bubbles as pockets of gas. A response of 'heat', given by some, would

suggest not even this. Our teaching should try to develop the idea that a sample of liquid can become a body of gas, which is quite different from evaporation into the air (an existing body of gas). Such understanding cannot be achieved instantly. It will take a careful build up of ideas in a step by step progression.

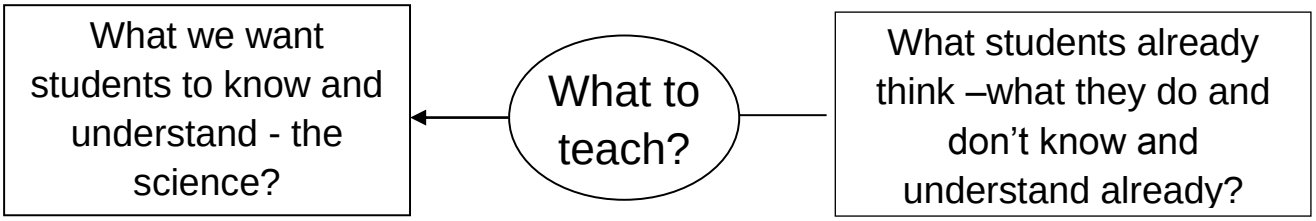


Figure 1. 'What to teach?'

Decisions about 'how to teach' (the particular examples and contexts and teaching methodologies) follow decisions on 'what to teach' and in this respect are of secondary importance. Students' potential would be an overall constraint, but, as argued later, we are far from knowing these limits. The contention is that the introductory science curriculum is inadequate because, essentially, it is specified at a descriptive level rather than an ideas level. As a result, the current curriculum does not recognise those ideas which students need to develop in order to understand science and the descriptive approach is largely incoherent from the perspective of the learner. Albeit unintentionally, such conditions encourage and can even engender misconceptions. The inadequacy of a descriptive approach will be illustrated in chemistry in relation to materials and their properties, physics in relation to forces and scientific inquiry in relation to carrying out investigations.

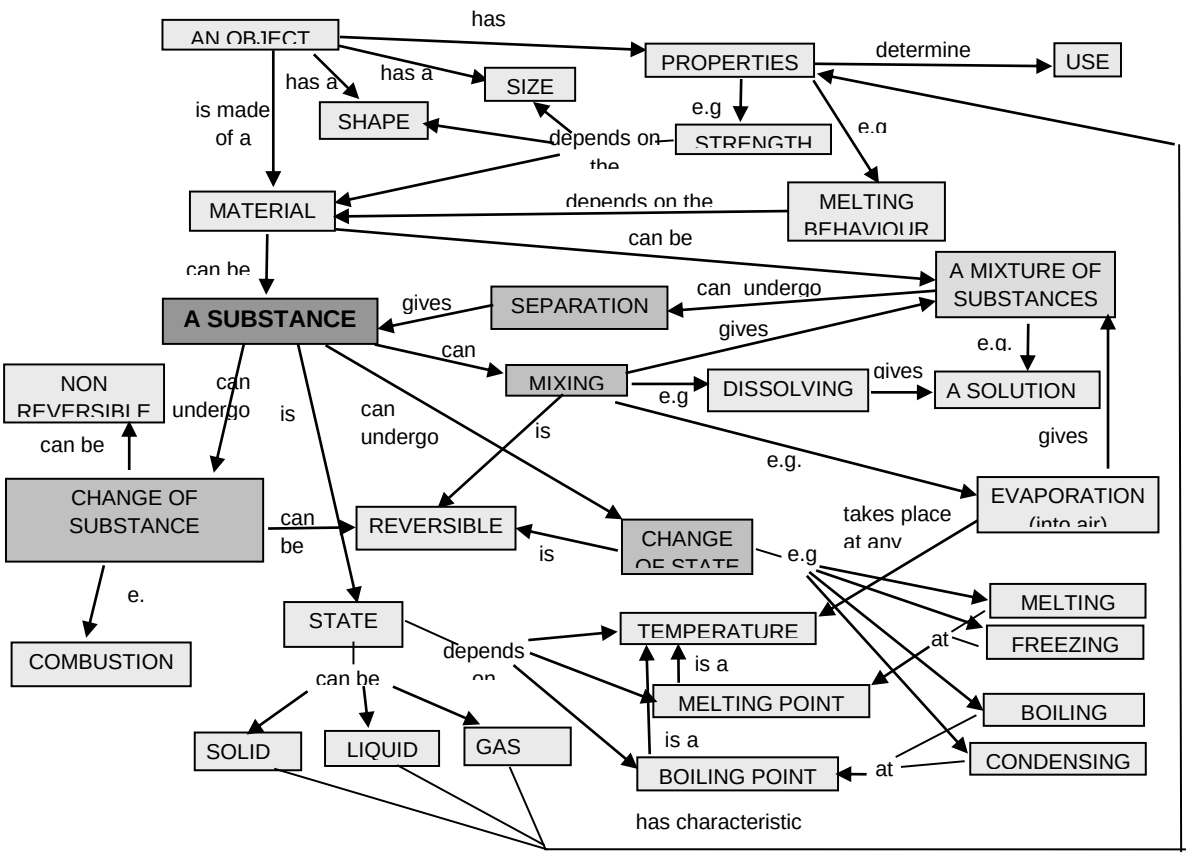


Figure 2. 'A substance' as the organising idea for materials and their properties.

Chemistry – materials and their properties

The concept of a substance is fundamental to modern chemistry. Figure 2 shows a concept map which organises the basic behaviour of matter around the concept of a substance.

Most, if not all of the phenomena covered in Figure 2 are first taught in primary schools. Figure 3 removes those ideas which are missing in the specification of the English primary curriculum and dotted fill indicates differences to Figure 2. Most notably, the concept of a substance is not there. If students held the concept already, its absence might not be important. However, research shows that the scientific idea of a substance is very far from students' thinking. They think in terms of history rather properties – where something has come from and what has been done to it (Johnson, 2000). With the concept of a substance missing the curriculum becomes a descriptive account which gives prominence to 'solids, liquids and gases'. Scientifically, there are no such things as 'solids, liquids and gases' – there are just substances and their states. Many inadequacies stem from the failure to recognise the concept of a substance as something that needs to be developed. Early on, properties are addressed but the distinction between those properties which depend on the material only and those which also depend on the object (size and shape) is not made explicitly. The distinction is important since properties which depend on the material only are precisely those which can identify substances and distinguish between pure samples and mixtures. However, if one is not seeking to develop the concept of a substance the distinction remains hidden and out of reach for most students left on their own. In fact, for materials the curriculum makes no distinction between substances and mixtures of substances. This leaves the messy behaviour of some mixtures (e.g. melting chocolate) and the difficulties associated with classifying gels and pastes as 'solids' or 'liquids' unexplained. The difference between boiling water and evaporating water is also not explained. Descriptively, both are said to be a change to 'gas', which is confusing since one takes place at a specific temperature of 100°C (which is very hot) and the other at any temperature from 0°C up to 100°C. That one results in a pure sample in the gas state (a true change of state) and the other a mixture with air is a distinction that does not arise in the absence of the concept of a substance. Without the concept of a substance students cannot begin to conceive of the possibility of chemical change for what it is; substances changing into other substances. Instead, the descriptive approach promotes 'reversibility' as a criterion for thinking about changes which misses the point and is does not help with chemical change since chemical changes can be both irreversible and reversible.

Unfortunately, most students come to think that 'solids, liquids and gases' are three separate kinds of matter, an idea which severely handicaps any future learning (Johnson, 1996, 2002). In particular, this leaves 'gases' as a mystery with students very far from thinking these are substances just as much as 'solids' and 'liquids'. Historically, recognising gases as substances was an important precursor to Lavoisier's experiments with oxygen and the foundation of modern chemistry. Understanding the gas state is pivotal in understanding chemistry and yet the curriculum does not specify a progression for its development.

A further issue is the role of the particle theory. The English National Curriculum asserts that particle theory "need not be taught". However, to what extent can macroscopic descriptions of events make sense without particle theory? For example, National Curriculum guidance states that:

> "*Children often use the term 'disappear' to describe evaporation. It is important that they understand that although e.g. a puddle has disappeared, the water remains in the air*."

In what way are students to understand that 'water remains in the air'? They know water as 'a liquid' so how can it be part of the clear air, still being water? The 'observation' is not obvious. The description only makes sense if one identifies the substance water with a

particle. By not teaching basic particle theory, are students being denied the chance of understanding the science taught to them? Students' understanding of particle ideas is notoriously poor. However, we would argue that its introduction through a 'solids, liquids and gases' framework causes difficulties. Primary aged pupils can make encouraging progress using a substance-based approach (Papageorgiou & Johnson, 2005; Johnson & Papageorgiou, 2010).

Without the concept of a substance and particle theory, the primary curriculum in chemistry is reduced to a fragmented, incoherent, inaccessible, non-scientific picture (see Figure 3) which develops damaging misconceptions.

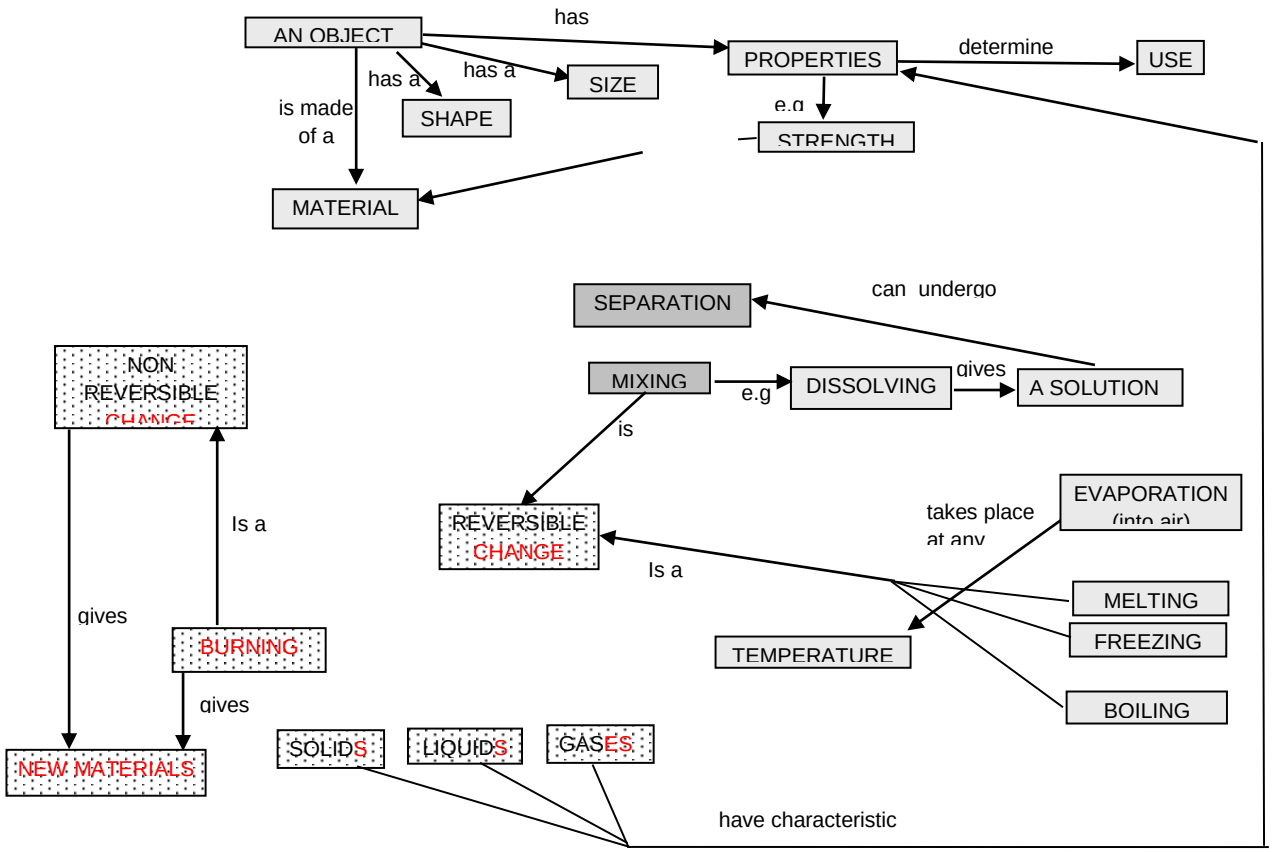


Figure 3. The English primary national curriculum.

Forces

First mention of forces in school science usually relates to 'pushes and pulls'. Indeed, a force is often defined as a push or a pull. However, this definition is merely descriptive; all it does is substitute a scientific sounding word (force) for everyday words. Students will already know about pushing and pulling and one must ask what the word substitution is teaching them. It is difficult to see how this helps to develop the scientific *idea* of a force as an interaction between objects (e.g. gravity through mass and electric through charge) which causes an acceleration of the objects. It is easier to see how this might encourage misunderstanding. Everyday experiences of pushes and pulls are linked to muscular activity in relatively complex situations where multiple forces are operating (friction -a manifestation of the electric force- and/or gravity as well). For example, when pushing a shopping trolley the 'push' is regulated for most of the time to maintain a constant speed around the supermarket; i.e. the push and friction are balanced, hence no acceleration. The student's

experience is that a push is needed to keep the trolley moving. If the student is then told that a push is a force it follows that a force is needed to keep something moving and one of the most common misconceptions is consolidated. Preparatory work for developing the idea of a force might be better focussed on the speed of objects in events (or parts of events) where the speed changes and with no mention of force to begin with. Why introduce the term for an idea that students are not yet in a position to understand? For a falling object like a marble, the key observation is not that it falls (students know that already) but that it gets faster and faster as it falls. Dropping a marble from different heights into dry sand and comparing the sizes of the craters would be an activity to teach this. There is evidence that primary students can understand quite readily (Thompson, 2010). When bowling a ball along the ground, the key observation is to think about is when the ball is travelling its fastest. This focuses attention on the hand speeding up the ball before release and the ground slowing down the ball (friction) after release. Compressed springs and stretched elastic bands could also be used to propel objects. The beginnings of the idea of a force can then be introduced as something which causes a change in speed but is not needed to keep an object moving.

Scientific inquiry

By scientific inquiry we mean carrying out investigations/experiments; it is what scientists do, otherwise known as scientific method. Other meanings of scientific inquiry can also refer to how students learn and pedagogical approaches (Minner, Levy & Century, 2010). Scientific inquiry can be distinguished from what scientists know; their substantive knowledge and understanding. Substantive knowledge and understanding refers to the facts, concepts, laws and theories of biology, chemistry and physics. The curriculum usually gives a descriptive account of scientific inquiry by identifying processes such as observing, hypothesizing, planning experiments, collecting data, pattern seeking, evaluating and communicating. If one were to look in on scientists at work these are the things one would see them doing. These processes are sometimes called skills and by implication these skills are gained by practicing; i.e. by doing investigations. Since these are the processes by which scientists gain substantive knowledge and understanding one can see why scientific inquiry is linked to learning and teaching. In some interpretations, scientific inquiry is not distinguished from 'discovery learning' (Pekmez, Johnson and Gott, 2005). However, a descriptive account does not provide an adequate basis for teaching students how to investigate; it results in constrained mimicking without understanding. At a deeper level, we need to identify the 'thinking behind the doing' (Gott & Duggan, 1995). These are the ideas which relate to the quality of data, their reliability and validity. Gott, Duggan & Roberts (2003) call these concepts of evidence and identify this as a knowledge base to be taught (and assessed) just as much as substantive knowledge (biology, chemistry and physics). We will illustrate the difference between the process and concepts of evidence (CoE) approaches to scientific inquiry in the classroom in relation to fair testing, repeating readings and planning.

For fair testing, the CoE approach would identify and control those variables which are thought to affect the dependent variable. Thus any changes to the dependent variable can be attributed to the changes in the independent variable (the data are valid in that they have the potential to answer the question). The process approach would automatically keep everything else the same. Of course, this ought to ensure a valid data and if one was uncertain about which other variables might be relevant it is a belt and braces strategy. However, it is a strategy that can be applied unthinkingly, leading to the unnecessary control of certain variables. Nevertheless, for fair testing one could argue that the difference between the two approaches is not so significant (unless you attempt to 'fair test' in conditions eg field trials or surveys where you cannot manipulate the CVs to 'keep them the same'. Then the CoE

approach allows you to makes decisions about a valid design.). For repeated readings the divergence is much greater. Ideas in connection with the uncertainty of measurement are crucial to CoE. In principle, one reading of the dependent variable for a given value of the independent variable is of limited use since this is not the 'true' reading. Repeating a reading shows how reliable the data are. One needs to know how much repeated readings vary in order to judge how close the computed mean might be to the 'true' value, i.e. know the standard error. Put more simply, one needs to have a sense of the 'wobble' associated with a measurement to know its worth. The greater the wobble, the more repeats that are needed to give a trustworthy mean. Understanding what contributes to the wobble can lead to improvements in the experimental design; i.e. the margin of error in reading instruments, the method of measurement and whether all control variables have been identified and their values taken into account. For example, if measuring the height of a ball's bounce, a ruler may have a sufficiently divided scale but sighting across by eye will introduce a fair amount of uncertainty. Examining video frames would be a much better method (where the ruler scale and frames per second would be limiting factors). The exact points of contact between ball and ground could affect the bounce but these would be difficult to control and a degree of inherent variation in the event must be recognized. If comparing the bounciness of two different balls, the number of necessary repeats will depend on the size of the 'wobble' in the repeated readings compared to the difference between the emerging means. In contrast, the process approach teaches a set number of repeats, say 3 or 5 (which often depends on available time), without any consideration of the variation between readings. Of course some repeats are better than none, but there is no understanding that the number of repeats needs to be decided in relation to the data. Moreover, any variation is usually attributed to human error. The fundamental limitations of measurement are not appreciated. For planning an investigation, the difference between the two approaches is perhaps greater still. CoE recognizes the integral role of trials in the planning stage of an investigation. Once a basic design has been formulated, trials are needed to get a feel for the appropriate range and interval for the independent variable (if continuous) and the setting of control variables (e.g. what would be a suitable fixed height to drop a ball from and on to which surface). Most importantly, some repeated readings must be taken to gauge the variation and the number of repeats to make. A large variation may result in rethinking the design. On the other hand, the process approach presumes an investigation can be planned without any trials; all one does is apply the processes. Overall, the process approach leads to the learning of rituals without any understanding. Students can only 'succeed' in tightly defined investigations where the recipe works. They do not have the ideas and understanding to plan and carry out authentic open ended investigations. 'Discovery' methods of teaching are doomed to failure, and encourage pupils only to focus on the 'right answer' and ignoring the quality of any evidence (Roberts, Gott & Glaesser, 2010). Most importantly, without the ideas of CoE, students cannot achieve a critical form of scientific literacy where they question data presented in the media and engage with claims made by scientists in socio-scientific issues (Roberts & Gott, 2010). As yet, we do not really know at what age students can begin to understand CoE since there has not been a concerted attempt to teach these ideas; the process approach dominates.

Conclusion

Why does the inadequacy of the descriptive level as a basis for specifying the curriculum largely go unrecognised? The descriptive language of science owes its meaning to the underlying ideas of science. Curriculum developers hold those ideas and so the descriptions make sense and are viewed as being relatively straightforward. Unconsciously, they fill in gaps and ignore any misleading cues. In other words they have forgotten what it

was like not to understand. The curriculum makes sense if one already understands but students are not in that position. This is why research into students' understanding is needed to inform the specification of the curriculum in terms of ideas to be taught and recent interest in learning progressions holds much promise (Duncan & Hmelo-Silver, 2009). The depth of theory necessary to accessing a scientific description at a minimum level of understanding which is satisfying to the learner is an important question when designing a curriculum. We are arguing for a much more rigorous curriculum, specified at the level of ideas, which is scientifically accurate (so that pupils can construct meaning) and meets the needs of learners. Such a curriculum, by definition, is more comprehensible and should be easier to learn. Therefore, this must apply from the start of science education and for all students – there is no dilemma here. Furthermore, a curriculum which meets the conceptual needs of students is more relevant *because* it is understood - questions of contexts and teaching methodology ('how to teach') follow and should be the preserve of teacher autonomy. Given a more adequate curriculum, we believe all students could achieve so much more. We do not know the limits.

References

Duit, R. (2009). Bibliography- STCSE Students' & teachers' conceptions and science education. Retrieved July 2009 from http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html

Duncan, R. & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial: Learning progressions: Aligning curriculum, instruction and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 606-609.

Gott, R. & Duggan, S. (1995). Investigative work in the science curriculum. Open University Press.

Gott, R, Duggan, S. & Roberts, R. (2003) University of Durham, http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm

Johnson. P (1996). What is a substance? *Education in Chemistry*, 33, 41-42. (A4)

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.

Johnson, P. & Gott, R (1996). Constructivism and evidence from children's ideas. *Science Education*, 80 (5), 561-577.

Johnson, P. & Papageorgiou, G (2010). Rethinking the introduction of particle theory: A substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*. 47 (2), 130-150.

Minner, D., Levy, A. & Century, J. (2010). Inquiry-based 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.

Novak, J. & Gowin, D. (1984). Learning how to learn. Cambridge, MA: Cambridge University Press

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.

Papageorgiou, G. & Johnson, P. (2005) Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena? *International Journal of Science Education*, 27 (11), 1299-1317.

Pekmez, E., Johnson, P. & Gott, R. (2005). Teachers' understanding of the nature and purpose of practical work. *Research in Science and Technology Education*, 23 (1), 3-23.

Roberts, R. and Gott, R. (2010) Questioning the evidence for a claim in a socio-scientific issue: an aspect of scientific literacy, *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 203 - 226

Roberts, R., Gott, R. & Glaesser, J (2010) Students' approaches to open-ended science investigation: the importance of substantive and procedural understanding. *Research Papers in Education*, 25(4), 377-407.

Thompson, L. (2011) Student teacher dissertation. Durham University.

Von Glasersfeld, E. (1990). Environment and education. In L. P. Steffe & T. Wood (Eds.) Transforming children's mathematics education. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Τα Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης «νέας γενιάς» και οι Φυσικές Επιστήμες

Βασίλης Τσελφές
ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ, tselfesv@ecd.uoa.gr

Περίληψη
Στο κείμενο που ακολουθεί θίγω δύο ζητήματα που έχουν ακυρώσει κατά το παρελθόν σημαντικές προσπάθειες αλλαγής Προγραμμάτων Σπουδών της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης και στην Ελλάδα και αλλού. Το πρώτο σχετίζεται με την αξιολόγηση των μαθητών και το δεύτερο με την επιστημολογική προσέγγιση των περιεχομένων. Και για τα δύο, εστιάζω στα αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών και προσπαθώ να διατυπώσω θετικές προτάσεις διεξόδου.

Abstract
In this text I consider two important in my opinion issues, that have canceled serious attempts of compulsory education curriculum reforms in Greece and in other countries. The first issue concerns the students' evaluation and the second the epistemological approach of the content. In both cases I try to propose positive alternatives, concerning teaching-learning subjects related to science.

Εισαγωγή

Ένα Πρόγραμμα Σπουδών (ΠΣ) αποτελεί ένα θεσμικό κείμενο που επιχειρεί μια περισσότερο πολιτική και λιγότερο τεχνική παρέμβαση/ ρύθμιση της δυναμικής και των αποτελεσμάτων της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης (ΥΕ) μιας χώρας. Απευθύνεται από την «Πολιτεία» σε όλα τα μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας, από μαθητές, εκπαιδευτικούς και γονείς, μέχρι διοικητικούς, κατασκευαστές διδακτικών υλικών, παραγωγούς εκπαιδευτικών προγραμμάτων τηλεόρασης, διαχειριστές μουσείων και εκθέσεων κλπ. Ίσως τελικά απευθύνεται σε όλη την κοινωνία, μιας και ρυθμίζει τις σχέσεις της με τις τυπικές εκπαιδευτικές δομές, που με τη σειρά τους επηρεάζουν και τις άτυπες. Αντίθετα, ένα Αναλυτικό Πρόγραμμα αποτελεί «εσωτερικό» εκπαιδευτικό κείμενο. Στην καλύτερη περίπτωση, είναι ένας χρήσιμος για τους εκπαιδευτικούς οδηγός διαχείρισης της διδακτέας ύλης και στη χειρότερη, ένας οδηγός για τους συγγραφείς των σχολικών βιβλίων που δεν τον συμβουλεύονται ούτε οι εκπαιδευτικοί (δες την περίπτωση της Ελλάδας).
Στο υπό αναθεώρηση ΠΣ της Ελληνικής Υποχρεωτικής (και Λυκειακής) Εκπαίδευσης περιλαμβάνονται ασφαλώς θέματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Τέτοια θέματα περιλαμβάνονται επίσης σε όλα τα ΠΣ, που αυτή την εποχή δοκιμάζονται σε όλα τα μέρη του κόσμου, σηματοδοτώντας μια γενικότερη και παγκόσμια στροφή της εκπαίδευσης (Feeney 2003). Η στροφή αυτή επιχειρεί να μετατοπίσει τους στόχους της εκπαίδευσης από το ενδιαφέρον για τη *μάθηση σημαντικών γνώσεων* που παράγονται από ένα πλήθος διαφορετικών και εν πολλοίς ασύμβατων γνωστικών πεδίων, προς την *απόκτηση γενικών ικανοτήτων* που επιτρέπουν τη δια βίου αποτελεσματική διαχείριση των γνώσεων που παράγονται στο πλαίσιο των διαφορετικών γνωστικών πεδίων και διακινούνται στην κοινωνία. Με τον όρο *γενικές ικανότητες* σημαίνονται οι ανθρώπινες ικανότητες που επιτρέπουν στον κάτοχό τους να διαχειρίζεται με επιτυχία ένα πλήθος καταστάσεων της

καθημερινής ζωής. Πρόκειται για ικανότητες που «ολοκληρώνουν» γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις, πεποιθήσεις κλπ και ως εκ τούτου είναι ευκολότερο να διαπιστωθούν στο πεδίο της πράξης παρά να περιγραφούν αναλυτικά. Για παράδειγμα, η ικανότητα της *διερεύνησης* δεν ταυτίζεται με κανένα τρόπο με την ικανότητα εφαρμογής μιας επιστημονικής μεθόδου. Περιλαμβάνει εκτός από διαδικαστικές και αναπαραστατικές γνώσεις, δεξιότητες «κατασκευής» του πλαισίου της διερεύνησης, δεξιότητες συντονισμού με τους σκοπούς που προκαλούν τη διερεύνηση κ.ο.κ. Η συγκεκριμένη, πολιτική κατά βάση (Hodson 1999, 2003), γενικότερη εκπαιδευτική στροφή υποχρεώνει τα μέχρι σήμερα κατακερματισμένα προς διδασκαλία και μάθηση γνωστικά αντικείμενα να «συνομιλήσουν» μεταξύ τους· να αναζητήσουν δηλαδή καταρχήν «χώρους» λειτουργικής συνύπαρξης μέσα στους οποίους θα είναι εφικτή η μαθησιακή λειτουργία των μαθητών και να επιδιώξουν μέσα σ' αυτούς την καλλιέργεια των γενικών τους ικανοτήτων· ικανοτήτων που θα επιτρέπουν τη διαχείριση αυτών των σύνθετων χώρων. Σε τελική ανάλυση, σήμερα αν όχι από πάντα, οι σύνθετοι αυτοί χώροι είναι πανταχού παρόντες στην καθημερινή ζωή και οι «παγκόσμιοι» πολίτες, για να πετύχουν τους σκοπούς τους, είναι υποχρεωμένοι να τους διαχειρίζονται ενιαία, χωρίς να διαχωρίζουν τις διαφορετικές τους όψεις (κοινωνική, πολιτισμική, επιστημονική, αισθητική, ηθική κλπ).

Η στροφή αυτή, που σε παγκόσμιο επίπεδο βρίσκεται σε εξέλιξη για περισσότερα από 20(!) χρόνια, είναι στην πραγματικότητα πολύ πιο σύνθετη από ότι φαίνεται, μιας και επιχειρείται να πραγματοποιηθεί μέσω εκπαιδευτικών δομών που διαθέτουν μια σταθερή και μακρόχρονη παράδοση, προσαρμοσμένη στη διδασκαλία και μάθηση «γνώσεων» από διακριτά γνωστικά αντικείμενα. Για παράδειγμα, το τρέχον Ελληνικό ΠΣ (ΔΕΠΠΣ 2002) έχει επιχειρήσει μια μορφή ενοποίησης διαφορετικών γνωστικών πεδίων μέσω της *διαθεματικότητας*. Η προσέγγιση αυτή έχει κρατήσει την παραδοσιακή έμφαση στη μάθηση εννοιών. Στηρίζεται στην υπόθεση ότι τα διαφορετικά γνωστικά πεδία μπορούν να επικοινωνήσουν και να ενοποιηθούν με βάση κάποιες κοινές έννοιες-γέφυρες που τα διατρέχουν. Μια υπόθεση που φαίνεται τελικά να είναι δυσλειτουργική (δες και Παρούση & Τσελφές 2011), μιας και οι προτεινόμενες έννοιες-γέφυρες (σύστημα, αλληλεπίδραση, χώρος, χρόνος κλπ) το μόνο κοινό που έχουν στα διαφορετικά γνωστικά πεδία είναι οι λέξεις που τις αναπαριστούν (τις σημαίνουν). Το περιεχόμενο αυτών των εννοιών (το σημαινόμενο από τις λέξεις) είναι εντελώς διαφορετικό στο πλαίσιο της καθημερινής κουλτούρας ενός «δυτικού» πολίτη απ' αυτό που διαχειρίζεται κάποιο επιστημονικό «παράδειγμα» των «θετικών» επιστημών, που με τη σειρά του διαφέρει από τις αντίστοιχες αναπαραστάσεις όπως τις κατασκευάζει η Ψυχολογία ή Κοινωνιολογία κ.ο.κ. Αυτό σημαίνει ότι οι έννοιες-γέφυρες της *διαθεματικότητας* θα μπορούσαν, ίσως, πιο εύκολα να χρησιμοποιηθούν για να διαχωρίσουν τα διαφορετικά γνωστικά πεδία παρά για να τα ενοποιήσουν.

Τα ΠΣ της νέας γενιάς, προσπαθούν να επιβάλλουν νέα λειτουργικά χαρακτηριστικά στις δομές της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης, καθορίζοντας σε θεσμικό επίπεδο (δες Tselfes, Kariotoglou & Epsimos 2005) σκοπούς και στόχους συνδεδεμένους με τις γενικές ικανότητες, που διαπιστώνονται στην πράξη και όχι με τα περιεχόμενα, που αναπαρίστανται με κείμενα· προτείνοντας σε διδακτικό-μαθησιακό επίπεδο διδακτικές προσεγγίσεις και εμπειρικά μαθησιακά περιβάλλοντα κατάλληλα για την προώθηση αυτών των ικανοτήτων και προβάλλοντας σε επιστημολογικό επίπεδο τις χρηστικές όψεις του περιεχομένου. Από την άλλη μεριά, οι εκπαιδευτικές δομές φαίνεται να αντιστέκονται στην καθημερινή τους πράξη, διατηρώντας στο επίκεντρο των στόχων τους τις γνώσεις που συνδέονται με το περιεχόμενο, συντηρώντας τις διδακτικές-μαθησιακές διαδικασίες «μεταφοράς» αυτών των γνώσεων και προβάλλοντας ως διαχρονική αξία τις αναπαραστατικές και ερμηνευτικές όψεις του περιεχομένου.

Η παραπάνω ένταση δεν προκύπτει απλά από τη σύγκρουση μιας νέας ιδέας με μια ισχυρή παράδοση. Έχει προεκτάσεις που δημιουργούν αβεβαιότητες και προβλήματα στον

προγραμματισμό. Η νέα προοπτική των ΠΣ απαιτεί, για παράδειγμα, από την εκπαίδευση να παράγει μαθητές με ικανότητες χρήσιμες, αυτή τη στιγμή, στο πλαίσιο της κοινωνικής δράσης. Αυτό ισοδυναμεί με την εγκατάσταση στο χώρο της εκπαίδευσης ενός καινούργιου και μεταβαλλόμενου πεδίου γνώσεων, ικανοτήτων και διαλέκτων, το οποίο όμως δεν είναι σαφές. Διαμορφώνεται και αναδιαμορφώνεται καθημερινά μέσα στην κοινωνία. Την αναλυτική μορφή αυτού του πεδίου δεν είναι δυνατόν να την εφεύρουν οι ειδικοί της εκπαίδευσης ή της διδακτικής και να την προσκομίσουν σαν μια νέα «ύλη αναλυτικών προγραμμάτων»: η προς μάθηση «ύλη» και οι δομές της κατασκευάζονται στους κοινωνικούς χώρους όπου χρησιμοποιούνται, την ίδια στιγμή που διδάσκονται. Η μόνη λύση φαίνεται να είναι οι εκπαιδευτικές δομές να συνδεθούν ισχυρά με τις ευρύτερες κοινωνικές· να γίνουν εργαστήρια παραγωγής κοινωνικών γνώσεων και δομών· να γίνουν πομποί/ διακινητές των γνώσεων αυτών προς την κοινωνία. Διαφορετικά θα βυθιστούν σε μια κατάσταση παρατεταμένης «ύφεσης», εμφανίζοντας όλα τα σχετικά συμπτώματα, καθώς θα περιμένουν από την κοινωνία να σταθεροποιήσει τα νέα προς διδασκαλία και μάθηση «αντικείμενα».

Στην περίπτωση των ΦΕ η ένταση αυτή φέρνει στο μυαλό την παλιά διαμάχη του Mach με τον Planck· τη διαμάχη ινστρουμενταλισμού-ρεαλισμού. Η πολιτική και κοινωνική ανάλυση των σύγχρονων παγκοσμιοποιημένων κοινωνιών δείχνει ότι μάλλον ο ινστρουμρνταλισμός του Mach έχει νικήσει κατά κράτος και με τον τρόπο αυτό δικαιολογεί και την εκπαιδευτική στροφή. Η διάδοση των νέων τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας δεν δημιουργεί μια νέα εποχή μόνο λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρει στη διάχυση και την επεξεργασία απίστευτων ποσοτήτων πληροφορίας· δεν επιτυγχάνει μόνο μορφές παγκόσμιας διαδραστικής επικοινωνίας· δεν αχρηστεύει απλά τη γνώση των υπολογιστικών αλγορίθμων. Προετοιμάζει τον «θάνατο της θεωρίας», αν δεν τον έχει ήδη επιτύχει. Τα παραγόμενα με επιταχυνόμενους ρυθμούς λογισμικά, αποκρύπτουν πίσω από τη δομή τους τη θεωρία, δίνοντας τη δυνατότητα στον καθημερινό χρήστη να παράγει νέα και χρήσιμη γνώση χωρίς να χρειάζεται να κατανοήσει πλήρως τη θεωρία. Αν κάποιοι χρειάζονται τη θεωρία, αυτοί είναι οι λίγοι κατασκευαστές των λογισμικών. Οι καθημερινοί άνθρωποι για τους οποίους φροντίζει η ΥΕ χρειάζονται τις ικανότητες να λειτουργούν, δια βίου, τα λογισμικά. Χρειάζονται, επίσης και λίγη μετα-θεωρητική, κυρίως, γνώση· τόση ώστε να μπορούν να κατανοούν τις δυνατότητες των λογισμικών. Πόση γνώση Στατιστικής θεωρίας χρειάζεται για να παράγει κάποιος αξιόπιστα αποτελέσματα, με σύνθετες στατιστικές αναλύσεις, χρησιμοποιώντας το SPSS; Σίγουρα, περισσότερη από όση γνώση ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας χρειάζεται κάποιος χρήστης των κλασικών τεχνολογιών για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μια γεννήτρια (Φασουλόπουλος 2010). Για πόσο όμως καιρό ακόμη;

Τα ΠΣ-ΦΕ νέας γενιάς βρίσκονται στο πλευρό του ινστρουμενταλιστή Mach. Η παράδοση των εκπαιδευτικών δομών, από την άλλη μεριά, είναι διαποτισμένη από τα διδάγματα του ρεαλιστή Planck, που δεν απέχουν απ' αυτά του διαφωτισμού και που γαλούχησαν και τις δικές μας γενιές. Τις γενιές των σημερινών δασκάλων, των επιστημόνων της εκπαίδευσης και της αγωγής αλλά και των γονέων των μαθητών μας.

Ποιος έχει δίκιο; Η ερώτηση είναι μεταφυσική. Οι κοινωνίες προχωρούν και αλλάζουν –και τις περί δικαίου αντιλήψεις τους· και η εκπαίδευση, ως συνήθως και παρά τα περί του αντιθέτου θρυλούμενα, «τρέχει» σταθερά πίσω από τις αλλαγές τους. Το πρόβλημα που αυτή τη στιγμή τίθεται με την ευκαιρία της «παγκόσμιας επιχείρησης» αλλαγής των ΠΣ, τουλάχιστον όπως το βλέπω εγώ, δεν είναι το πώς μέσα από την εκπαίδευση θα προσαρμόσουμε ή θα αλλάξουμε την κοινωνία σε κατευθύνσεις που εμείς επιθυμούμε και που ίσως διαφέρουν από τις διαφαινόμενες προοπτικές. Αυτό ποτέ δεν το κατάφερε μια τυπική, τουλάχιστον, εκπαίδευση. Δεν το κατάφεραν ούτε επαναστατικές εκπαιδευτικές διαδικασίες (δες «Μορφωτική Επανάσταση»)· γιατί θα μπορούσε να πετύχει τώρα; Το πρόβλημα είναι πώς μπορεί να στηθεί μια τυπική ΥΕ που να είναι χρήσιμη στην κοινωνία, που «έχει φύγει» και είναι «αλλού». Μια ΥΕ συνδεδεμένη με τη δυναμική της κοινωνίας και

συντονισμένη στη σταθερότητα αλλά και τις αλλαγές που η τελευταία είναι πιθανόν, κάποια στιγμή, να επιχειρήσει. Εκπαιδευτικές δομές που θα κινούνται στους ρυθμούς της κοινωνίας. Αλλά με ποιους τρόπους συνδέονται οι εκπαιδευτικές δομές με τις ευρύτερες κοινωνικές;

Ο παράγοντας «αξιολόγηση των μαθητών»

Οι εκπαιδευτικές δομές στηρίζονται και ελέγχονται (ή τουλάχιστον επιχειρείται να ελεγχθούν) από τις ευρύτερες κοινωνικές δομές με μέσα και διαδικασίες που κατά κανόνα ξεπερνούν και τα ΠΣ. Παντού υπάρχει ένα ευρύτερο νομικό πλαίσιο λειτουργίας, κάποιας μορφής αξιολόγηση των εκπαιδευτικών και των σχολικών μονάδων, ο τοπικός έλεγχος των γονέων κλπ. Με άλλα λόγια οι ευρύτερες κοινωνικές δομές φαίνεται να επιδρούν με διάφορους και πολύπλοκους τρόπους πάνω στις εκπαιδευτικές. Οι επιδράσεις όμως αυτές θεωρώ ότι μπορούν να έχουν αποτέλεσμα μόνο μέσα σε ένα πλαίσιο αλληλεπίδρασης· στα κοινωνικά (και γενικότερα στα πολύπλοκα συστήματα) μονόδρομες επιδράσεις δεν υφίστανται. Ακόμη και όταν επιχειρούνται, ακυρώνονται από την «απάθεια» του ενός εκ των δύο αλληλεπιδρώντων. Επομένως το συναφές και σημαντικό ερώτημα είναι: *με ποιους τρόπους επιδρούν οι εκπαιδευτικές δομές πάνω στις κοινωνικές*; Η πεποίθησή μου είναι ότι επιδρούν ελάχιστα και ουσιαστικά με έναν μόνο τρόπο: την αξιολόγηση των μαθητών. Αν έχω δίκιο, τότε και οι σημαντικές επιδράσεις της κοινωνίας πάνω στις εκπαιδευτικές δομές δεν μπορεί παρά να έχουν σχέση επίσης με την αξιολόγηση των μαθητών. Όλες οι άλλες επιδράσεις μάλλον παραμένουν «στα χαρτιά».

Ας δούμε όμως, αν η τελευταία υπόθεση μπορεί να στηριχθεί.

Η διαδεδομένη και γενικότερης αποδοχής αντίληψη ότι *η Υποχρεωτική Εκπαίδευση προετοιμάζει τους πολίτες του αύριο* αδρανοποιεί την, σε παρόντα χρόνο, επίδραση της εκπαίδευσης στην κοινωνία. Όλες οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες και τα αποτελέσματά τους φαίνονται, ουσιαστικά, σαν να αφορούν, εδώ και τώρα, μόνο τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς τους στο πλαίσιο των ενδο-σχολικών τους αλληλεπιδράσεων· μελλοντικά, όταν οι μαθητές τελειώσουν την εκπαίδευσή τους, υποτίθεται ότι θα αφορούν και την υπόλοιπη κοινωνία. Μόνο που μαθητές και εκπαιδευτικοί είναι, εδώ και τώρα, ενεργά μέλη και των ευρύτερων κοινωνικών δομών. Ποια θεωρία κινήτρων θα μπορούσε να μας πείσει ότι υπάρχουν επί Γης άνθρωποι που κινητοποιούνται και μαθαίνουν πράγματα επειδή θα τα χρησιμοποιήσουν κάποια στιγμή στο μακρινό μέλλον; Ένα μέλλον, μάλιστα, που στις μέρες μας όποιος ισχυριστεί ότι μπορεί να το προβλέψει με ασφάλεια θα τον κοιτάξουμε καχύποπτα. Γιατί θα έπρεπε οι μαθητές να ενδιαφέρονται για όσα μαθαίνουν στο σχολείο, τη στιγμή που όταν βγαίνουν απ' αυτό και επιστρέφουν στους χώρους της καθημερινής κοινωνικής τους δράσης (στο σπίτι τους, στο δρόμο, στις παρέες), τα όσα συμβαίνουν στο πλαίσιο των διδακτικών διαδικασιών του σχολείου (όχι στα διαλλείματα) φαίνονται περίπου γραφικά (Τσελφές & Παρούση 2011α); Επειδή υπάρχει πιθανότητα να τα χρησιμοποιήσουν μετά από δέκα χρόνια;

Η μόνη ίσως εκπαιδευτική διαδικασία με «σημερινό» κοινωνικό αντίκρισμα φαίνεται να πραγματοποιείται μέσω της λειτουργίας της αξιολόγησης των μαθητών. Μιας λειτουργίας που, στα διάφορα επίπεδα σπουδών, προσδίδει στους μαθητές ένα σύνολο αριθμών-βαθμών, οι οποίοι έχουν «σημασία» και στην εκτός σχολείου κοινωνική ζωή (δες Τσελφές & Παρούση 2011β). Μιας λειτουργίας που κατηγοριοποιεί αναπόφευκτα (με βάση τη «λογική» της κανονικής κατανομής) τους μαθητές σε «καλούς», «μέτριους» και «κακούς», που συμβάλλει στη διατήρηση κοινωνικών ανισοτήτων, συνεισφέρει στην κοινωνική ιεράρχηση των γνωστικών πεδίων κ.ο.κ.

Η εκπαιδευτική παράδοση έχει αναπτύξει την αξιολόγηση των μαθητών με βάση «γνώσεις» που περιλαμβάνονται σε κάποια αδιαπραγμάτευτα κομμάτια περιεχομένων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία επιτρέπει στην αξιολόγηση να είναι «αντικειμενική»: οι μαθητές απαντώντας

στα περισσότερο ή λιγότερο τυποποιημένα τεστ δεν μπορεί παρά να απαντούν ή «σωστά» ή «λάθος». Θα μπορούσε η αξιολόγηση να παραμείνει «αντικειμενική» αν έπρεπε να αξιολογηθούν πιο αφηρημένες κατηγορίες, όπως είναι οι γενικές ικανότητες; Η μεθοδολογία του PISA ισχυρίζεται ότι αυτό είναι δυνατό. Οι δικές μου επιφυλάξεις λένε ότι αν επιμείνουμε να συντηρούμε μια μορφή αυθεντίας συντονισμένη με την «αντικειμενική αξιολόγηση», ακόμη και αν αυτή κρίνεται από γενικές ικανότητες και όχι σκέτες γνώσεις, δεν θα αργήσουμε να περιέλθουμε στην ίδια κατάσταση: εκπαιδευτικές δομές που καταφέρνουν να παράγουν μόνο «καλούς», «μέτριους» και «κακούς» μαθητές. Και αυτό, ακόμη και αν έχουμε ορίσει γενικότερους εκπαιδευτικούς στόχους, έχουμε προτείνει καινοτόμες διδακτικές προσεγγίσεις και καινοτόμα μαθησιακά περιβάλλοντα, έχουμε πραγματοποιήσει επιμορφώσεις εκπαιδευτικών, αξιολογούμε την αποτελεσματικότητά τους κλπ.
«Εκκωφαντικό» εμπειρικό τεκμήριο για την κατάσταση αυτή διαθέτουμε από την παγκόσμια εμπειρία της διδασκαλίας των Αγγλικών για την απόκτηση του τυποποιημένου πτυχίου «Proficiency». Οι ιδιωτικές και δημόσιες εκπαιδευτικές δομές που το στηρίζουν, διαθέτοντας κατά κανόνα υψηλού βαθμού επαγγελματισμό, εμπειρία και διεθνή συνεργασία, έχουν *καταφέρει* να αλλάξουν... την αγγλική γλώσσα(!) και να την προσαρμόσουν στη δομή της αξιολόγησής της. Εξίσου εκκωφαντικό τεκμήριο αποτελεί και το γεγονός ότι στη Διδακτική των ΦΕ η επίσημη επιστημονική κοινότητα του «Science Education» έχει αποδεχτεί το γεγονός ότι ο εκπαιδευτικός (και το ΠΣ) πρέπει να μετασχηματίζει προσχεδιασμένα την επιστημονική γνώση έτσι ώστε να μπορεί ο μαθητής να επιτύχει στην αναπαραγωγή της. Την ίδια στιγμή βέβαια, αποφεύγει να ασχοληθεί με το γεγονός ότι η επιστημονική γνώση για να χρησιμοποιηθεί εκτός του επαγγελματικού επιστημονικού πλαισίου πρέπει να μετασχηματιστεί· διαφορετικά είναι άχρηστη (Van Eijck & Roth 2007). Αυτό δείχνει την παγκόσμια αναγνώριση για το τι τελικά ενδιαφέρει τις εκπαιδευτικές δομές και στην περίπτωση των ΦΕ: η εξακρίβωση της «επιτυχίας» του μαθητή. Γεγονός που διαπιστώνεται από την αξιολόγηση και οδηγεί στο μετασχηματισμό των επιστημονικών γνώσεων, πρακτικών κλπ για «σχολική χρήση»· τελικά, δηλαδή, για την αξιολόγηση των μαθητών!
Η διαμορφωτική αξιολόγηση, που δεν θα έσπρωχνε τα πράγματα στην κατεύθυνση αυτή, δεν αξιολογεί το αποτέλεσμα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Σε όσα όμως εκπαιδευτικά συστήματα χρησιμοποιείται δεν αντικαθιστά την αξιολόγηση που μετρά τα τελικά μαθησιακά αποτελέσματα (τα οποία εξακολουθούν πάντα να ενδιαφέρουν την ευρύτερη κοινότητα). Τέλος, για το φαινόμενο «Φιλανδικό ΠΣ», καλό θα ήταν να μην ξεχνάμε ότι οι εκπαιδευτικές δομές της Φιλανδίας πρόσφεραν στην κοινωνία της την παγκόσμια πρωτιά στο PISA· μια παραγωγή με μεγάλη κοινωνική «σημασία». Ας μην επιμένουμε να αγνοούμε, επίσης, ότι αυτή τη στιγμή στη Φιλανδία δοκιμάζεται και μια νέα εκτεταμένη μεταρρύθμιση, που επιχειρεί να «εξάγει» τις σχολικές δραστηριότητες στον ευρύτερο κοινωνικό χώρο.

Ο παράγοντας του περιεχομένου

Παρά την παραπάνω κριτική, δεν ισχυρίζομαι ότι αυτή τη στιγμή μπορούμε να αποφύγουμε την εξυπηρέτηση της «ανάγκης» της ανταγωνιστικής μας κοινωνίας να παράγουν οι εκπαιδευτικές δομές την κοινωνική διάκριση «καλός», «κακός», «μέτριος» μαθητής, γιατί υπάρχει κίνδυνος να αποδιοργανώσουμε τις ίδιες τις εκπαιδευτικές δομές. Να οδηγηθούμε δηλαδή σε μηδενική αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευτικών και ευρύτερων κοινωνικών δομών. Σχετική εμπειρία διαθέτουμε από τη μερική κατάργηση της αξιολόγησης των μαθητών μέσω βαθμών στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα τη δεκαετία του ’80, τις σχετικές διαμαρτυρίες και τη με κάποιους τρόπους επαναφορά της.
Αυτό που υποστηρίζω είναι ό,τι αν αντιμετωπίσουμε το Σχολείο ως κοινωνικό οργανισμό, τότε μέσω των εκπαιδευτικών διαδικασιών μπορούμε να αποκαταστήσουμε μια ακόμη μορφή αλληλεπίδρασης με τις τοπικές τουλάχιστον κοινότητες, που να μην μπορεί να συνδεθεί με

την τρέχουσα μορφή αξιολόγησης των μαθητών αλλά να ενδιαφέρει για άλλους λόγους την κοινωνία. Μια μορφή επικοινωνίας που, όμως, θα αντιμετωπίζει με διαφορετικό τρόπο το περιεχόμενο και θα πολλαπλασιάζει τις αυθεντίες. Θα προσπαθήσω να περιγράψω σύντομα ένα τέτοιο παράδειγμα εκπαιδευτικών και ταυτόχρονα επικοινωνιακών διαδικασιών συνδεδεμένο με τις ΦΕ.

Θεσμικά, ο στόχος αυτών των εκπαιδευτικών διαδικασιών (στις ΦΕ/ μέσω των ΦΕ) πρέπει να αφορά τα σχολεία, τις τάξεις τους ή ομάδες μαθητών ως σύνολα, που θα πρέπει να παράγουν επικοινωνιακά προϊόντα (κείμενα, δημοσιεύσεις, παρουσιάσεις, παραστάσεις κλπ), μέσω των οποίων θα διαχέουν στην ευρύτερη κοινότητα σημαντική και κατανοητή επιστημονική πληροφορία. Αυτή η πληροφορία θα είναι ενδιαφέρουσα αν αφορά, για παράδειγμα, τον τρόπο διαχείρισης των βασικών εντάσεων που διατρέχουν το επιστημονικό εγχείρημα, τη σχέση αυτής της διαχείρισης με τα παραγόμενα τεχνήματα που «καταναλώνουν» οι πολίτες, αναπαραστάσεις της κοινωνικής διαχείρισης των τεχνημάτων κ.ο.κ.

Τέτοιες δράσεις ενδιαφέρουν την κοινωνία και δεν πραγματοποιούνται, ούτε, μάλλον, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ουσιαστικά από κάποιον άλλο φορέα. Για παράδειγμα, οι δημοσιεύσεις, οι εκδόσεις και οι τηλεοπτικές παρουσιάσεις θεμάτων των ΦΕ από επαγγελματίες επιστήμονες και δημοσιογράφους για κοινό μη ειδικών, δεν διαχέουν κατά κανόνα πολιτισμικά χαρακτηριστικά που «κάνουν τη διαφορά του επιστημονικού». Δεν την διαχέουν γιατί οι επιστήμονες μιλούν τον επιστημονικό λόγο, τον οποίο δεν ενδιαφέρονται να μετασχηματίσουν σε καθημερινό και έτσι δεν τους καταλαβαίνει κανείς (ούτε οι δημοσιογράφοι). Έτσι, προβάλλουν επιστημονικά επιτεύγματα και αποτελέσματα και όχι "science making stories" (Bruner 1996) καταλήγοντας να «δοξάζουν» την επιστήμη, χωρίς να αποκαλύπτουν τις «καθημερινές» δυνατότητες και αδυναμίες της. Ως αποτέλεσμα συντηρούν τα «σύνορα» ανάμεσα στο «επιστημονικό» και το «κοινωνικό» (Van Eijck & Roth 2007), κάτι που το σχολείο, τουλάχιστον, δεν θα μπορέσει να κάνει αν «εκτεθεί» στην κοινωνία, μιας και είναι υποχρεωμένο να μιλήσει την καθημερινή της «γλώσσα».

Διδακτικά και μαθησιακά, η εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης φαίνεται επαρκής αλλά δεν περιλαμβάνει επί της ουσίας συγκεκριμένη διδακτική πρόταση. Η «γνωστική σύγκρουση» που επικράτησε και δουλεύτηκε για κάποιες δεκαετίες στη Διδακτική των ΦΕ έχει ενδογενείς αδυναμίες και περιορισμένα αποτελέσματα. Μια περισσότερο κοινωνιολογική προσέγγιση, που αντιλαμβάνεται τη μάθηση ως μετασχηματισμό των διαθέσιμων στην κοινότητα γνωστικών σχημάτων και πρακτικών με βάση τα οποία τα υποκείμενα αναπαριστούν και διαχειρίζονται τα διαθέσιμα (στην κοινότητα) ανθρώπινα και υλικά μέσα/ πόρους, για να πετύχουν τους στόχους/ σκοπούς τους, συμβαδίζει με κονστρουκσιονιστικές προσεγγίσεις, με την κατά Sewell (1992) διαλεκτική των κοινωνικών/ πολιτισμικών δομών, με θεωρήσεις της Κοινωνιολογίας της Επιστημονικής Γνώσεις αλλά και με το σχήμα του Vygotsky. Με τη λογική αυτή, προσφέρει «ανοιχτές» διδακτικές προσεγγίσεις, που μπορούν να κινητοποιήσουν μεγάλο αριθμό υποκειμένων και να ελέγξουν κατά το δυνατόν τις παραμέτρους της μάθησης, η οποία ως πολύπλοκο φαινόμενο δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί «γραμμικά» ούτε στη σχέση της μόνο με τις «προϋπάρχουσες αναπαραστάσεις», ούτε στη σχέση της μόνο με τα «εμπόδια», ούτε στη σχέση της μόνο με τα «κίνητρα».

Σε απολύτως εμπειρικό επίπεδο η πρόταση αυτή, για την πλευρά του εκπαιδευτικού και την εντός σχολείου διαχείριση, λέει ότι ο εκπαιδευτικός: α) *Εισάγει* το μαθητή στα προς διδασκαλία-μάθηση ζητήματα αλλά *δεν τον καθοδηγεί* μέχρι το τέλος! β) *Παρακολουθεί* και αξιολογεί την παραγωγή του κάθε μαθητή, *όχι για να τον διορθώσει* αλλά για να επιλέξει με βάση αυτή τα επόμενα ζητήματα στα οποία θα τον εισάγει (διαφοροποιημένη διδασκαλία). γ) Είναι έτοιμος να μάθει ο ίδιος για το αντικείμενο που διδάσκει από τις μη αναμενόμενες παραγωγές των μαθητών του. δ) «Μιλάει» στους μαθητές του και με το «λόγο» του αλλά και με τις «πρακτικές» του· με τις δεύτερες μάλιστα ίσως «μιλάει» με μεγαλύτερη σαφήνεια (η γλώσσα ως «μορφή ζωής»).

Επιστημολογικά, είναι γεγονός ότι οι ΦΕ, αλλά μάλλον και οι επιστήμες γενικότερα, διαχειρίζονται δύο τουλάχιστον γενικές κατηγορίες εντάσεων: α) την οικουμενικότητα/ καθολικότητα των θεωρητικών αναπαραστάσεων του «κόσμου» έναντι της τεράστιας ποικιλίας και της «τοπικότητας» των εμπειρικών αναπαραστάσεων και β) τα γεγονότα της διατήρησης/ σταθερότητας έναντι των πανταχού παρόντων και ποικιλόμορφων γεγονότων αλλαγής/ μεταβολής. Οι ΦΕ ειδικότερα διαχειρίζονται και μια τρίτη ένταση, την οποία δημιουργεί η αναπαράσταση του «φυσικού κόσμου» μέσω «ικανών» αιτίων και μετρήσιμων ποσοτήτων έναντι της αναπαράστασης που καθοδηγείται από «τελικές» αιτίες και «fuzzy» ποιότητες. Διαχειριζόμενες τις τρεις αυτές εντάσεις οι ΦΕ είναι σε θέση να παράγουν τεχνήματα καθημερινής χρήσης (από οπλικά συστήματα μέχρι κινητά τηλέφωνα) με τη συνέργεια της τεχνολογίας και κατάλληλα μετασχηματισμένων μαθηματικών δομών. Οι ΦΕ αποτελούν κρίσιμο συστατικό των σημερινών κοινωνικών δομών εξαιτίας της διάδοσης και της οικονομικής σημασίας αυτών ακριβώς των τεχνημάτων.
Οι ΦΕ μπορούν, επομένως, να «διδάξουν» σχήματα και πρακτικές διαχείρισης του κόσμου στο πλαίσιο των τριών παραπάνω εντάσεων, στο πλαίσιο της σχέσης τους με την τεχνολογία, στο πλαίσιο σημαντικών (σε κοινωνικό και οικονομικό πλαίσιο) αποφάσεων που δεν είναι κατά κανόνα καθημερινές, ίσως και στο πλαίσιο κάποιας άλλης σημαντικής λειτουργίας τους. Δεν μπορούν αντίθετα να «διδάξουν» ουσιαστικά και σε έκταση, μέσω των «περιεχομένων»-αναπαραστάσεών τους, τρόπους *κατανόησης* του κόσμου χρήσιμους κάθε στιγμή στην καθημερινή ζωή, για τον πολύ απλό λόγο ότι οι εμπειρικές αναπαραστάσεις του καθημερινού κόσμου είναι πολύ πιο αποδοτικές από τις επιστημονικές, στηρίζονται σε καταλυτικό βαθμό από τις φυσικές γλώσσες και καθοδηγούνται κυρίαρχα από «τελικές» αιτίες (προσωπικούς σκοπούς/ επιδιώξεις). Κανένας επιστήμονας δεν εννοιολογεί το μεγαλύτερο μέρος της καθημερινότητάς του χρησιμοποιώντας αναπαραστάσεις των ΦΕ και κανένας μαθητής, όσο «καλός» και αν είναι δεν «βλέπει» την καθημερινότητά του μέσω των ΦΕ! Η διαχείριση της καθημερινότητας παραμένει σε μεγάλο βαθμό «τέχνη» που καθοδηγείται από σκοπούς, στόχους κλπ· είναι μάλιστα τόσο πολύμορφη, που μάλλον δεν θα μπορούσε να γίνει και διαφορετικά.

Παράδειγμα σχολικής ύλης από τις ΦΕ

Γενικό θέμα: *η μέτρηση*.
Η μέτρηση στην επιστήμη αποτελεί μια διαδικασία στην οποία προσπαθούμε να διαχειριστούμε την ένταση που υφίσταται ανάμεσα α) στην πεποίθηση/ πίστη ότι σημαντικά χαρακτηριστικά των φυσικών συστημάτων μπορούν να αναπαρασταθούν «αντικειμενικά» και με ποσοτική «ακρίβεια» και β) στο γεγονός ότι τα φυσικά συστήματα «αρνούνται» συστηματικά να προσφέρουν τεκμήρια επίρρωσης της πεποίθησης αυτής. Η ευρύτατα διαδεδομένη στο κοινωνικό πλαίσιο αντίληψη για τη μέτρηση και τα αποτελέσματά της συμβαδίζει με την πεποίθηση που προαναφέραμε. Η «άρνηση» των φυσικών συστημάτων να «συνεργαστούν», μάλλον αντιμετωπίζεται ως ασήμαντο γεγονός, προϊόν σφαλμάτων ή και λαθών, που δεν έχει σχέση με τη «φύση των πραγμάτων». Σε κάθε περίπτωση και χωρίς να υποβαθμίζουμε τις επιστημονικές πρακτικές, διαδικασίες και αναπαραστάσεις της μέτρησης, θεωρούμε ότι η σημασία της, οι δυνατότητές της, οι λειτουργίες της αλλά και οι «μύθοι» που τη συνοδεύουν, θα πρέπει να διαχυθούν στην κοινωνία η οποία «ρυθμίζεται» σε μεγάλο βαθμό από αποτελέσματα μετρήσεων αλλά και επικοινωνεί μέσω μηνυμάτων που δομούνται με βάση τις τεχνικές και τη «λογική» των μετρήσεων.
Παραδείγματα θεμάτων:
1. Εργαλεία και συσκευές μέτρησης (από μετροταινίες και θερμόμετρα μέχρι ερωτηματολόγια). Σύνδεση με τη θεωρία, με την τεχνολογία αλλά και την καθημερινή εφαρμογή.

Στόχος της ομάδας εργασίας: η κατασκευή ενός «μουσείου» ή μιας έκθεσης συσκευών μέτρησης που θα παρουσιάζει τη λειτουργία τους, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς τους και που θα μπορεί κάθε χρόνο να εμπλουτίζεται.
2. Παράξενες μετρήσεις: από τη μέτρηση του πάχους ενός χαρτιού μέχρι τη μέτρηση του μήκους των ακτογραμμών ενός νησιού ή της συχνότητας με την οποία εμφανίζονται τα γράμματα σε ένα κείμενο. Σύνδεση με την εμπειρία της μέτρησης και τα μαθηματικά.
Στόχος της ομάδας εργασίας: να παρουσιαστούν σε κοινό κάποιες «ιδιοτροπίες της φύσης» ή «περιορισμοί στους τρόπους που αναπαριστούμε τη φύση», συνδεδεμένες με τις μετρήσεις.
3. Η μέτρηση στην αγορά: από τα καθημερινά εργαλεία μέτρησης μέχρι το «e» στις συσκευασίες τροφίμων. Σύνδεση με παραμέτρους της καθημερινής ζωής.
Στόχος της ομάδας εργασίας: η πραγματοποίηση ημερίδας με θέμα: τι εξυπηρετεί το «e» στις συσκευασίες τροφίμων; ή γιατί χάθηκαν από την αγορά οι αναλογικές ζυγαριές; ή ....
4. Οι δείκτες τις οικονομίας και η μέτρησή τους. Σύνδεση με τρέχοντα κοινωνικά ζητήματα.
Στόχος της ομάδας εργασίας: η πραγματοποίηση ημερίδας ενημέρωσης των γονέων για το περιεχόμενο των οικονομικών δεικτών και τη σημασία τους για τη ζωή μας, κ.ο.κ.
Στα θέματα αυτά μπορούν να αντεπεξέλθουν με επιτυχία μαθητές Γυμνασίου, καθώς και τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου. Με σημαντικούς μετασχηματισμούς μπορεί κάποιος να διαχειριστεί κάποια απ' αυτά και σε μικρότερες τάξεις.
Με τη στοχοθεσία σε επίπεδο σχολείου, τάξης κλπ. και την ταυτόχρονη έκθεση και «κρίση» του «προϊόντος» από την κοινότητα εξασφαλίζεται η ποιότητα της δημιουργικότητας μαθητών και εκπαιδευτικών· μια δικλείδα ασφαλείας για την προστασία του σχολείου από τη διάβρωση της εφήμερης ατομικότητας έναντι της συλλογικότητας.
Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επινοήσουν και να πραγματοποιήσουν στην κατεύθυνση αυτή πλήθος δραστηριοτήτων. Επιπλέον πρέπει να συνεργαστούν επί της ουσίας με συναδέλφους διαφορετικών ειδικοτήτων. Διαφορετικά, αν ακολουθήσουν το «πνεύμα» της διαθεματικότητας του ΔΕΠΠΣ, θα βρεθούν να προσπαθούν να μεταφέρουν ασύνδετες πληροφορίες, που τελικά θα εκθέσουν τους μαθητές στο κοινό τους.
Η ατομική αξιολόγηση των μαθητών δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με γενικευμένο (τον αποκαλούμενο «αντικειμενικό») τρόπο. Είναι οπωσδήποτε «τοπική», είναι διαμορφωτική, είναι υπόθεση των διδασκόντων και συνάρτηση της μαθησιακής θεωρίας που χρησιμοποιούν. Προϋποθέτει επίσης τη γενικότερη αναγνώριση πολλών μορφών «αριστείας», που η προσέγγισή τους συνδέεται με την ύπαρξη διαφορετικών «ικανοτήτων» και μάλλον αποτελεί ένα ζήτημα που δεν μπορεί να αποφύγει να διερευνήσει ένα ΠΣ.
Αντίθετα, η αξιολόγηση των δραστηριοτήτων, από τους εκπαιδευτικούς που τις οργάνωσαν, στην κατεύθυνση της ποιοτικής καταγραφής των γνώσεων και των πρακτικών που οικοδομήθηκαν στην προσπάθεια διάχυσης των σχολικών αντικειμένων μέσα στα ενδιαφέροντα της ευρύτερης κοινωνίας, αποτελεί «προϊόν» ανεκτίμητης αξίας. Από τη μια μεριά δείχνει δρόμους σύνδεσης των επιστημονικών πεδίων με την κουλτούρα της κοινότητας. Από την άλλη, η δημοσιοποίησή της στον εκπαιδευτικό χώρο, δίνει τη δυνατότητα στα ΠΣ να προσαρμόζονται και να παραμένουν μονίμως σύγχρονα.

Επιλεγόμενα

Είναι αναμενόμενο ότι το παραπάνω κείμενο θα αντιμετωπιστεί από τους αναγνώστες του με καχυποψία: να μια ακόμη… ευφάνταστη πρόταση, που θα… «θεραπεύσει» έναν ακόμη «μεγάλο ασθενή»! Πώς να πεισθεί ο αναγνώστης ότι τα όσα γράφονται περιέχουν κάποια ρεαλιστική εκδοχή της τρέχουσας Ελληνικής εκπαιδευτικής κατάστασης, όταν θα αρχίσει να συλλογίζεται με ποιους τρόπους το τρέχον σύστημα σταθεροποιείται και μακροημερεύει; Μέχρι και στα Πανεπιστήμια, που από τον «ορισμό» τους παράγουν νέα γνώση, η αξιολόγηση των εκπαιδευομένων γίνεται με βάση την αδιαπραγμάτευτη «ύλη», ο

πολλαπλασιασμός της «αυθεντίας» ακούγεται παράταιρα, οι «καινοτομίες» που εισάγουν οι νέοι θεσμοί κατηγοριοποιούν και τους διδάσκοντες σε «καλούς», «μέτριους» και «κακούς», ενισχύοντας τη λογική της κατηγοριοποίησης και αδιαφορώντας για την αξιολόγηση της διδακτικής διαδικασίας (την οποία δείχνουν να μην καταλαβαίνουν) κ.ο.κ.

Ο συγγραφέας όμως του κειμένου θα υπερασπιστεί μέχρι τέλους τους ισχυρισμούς του: οι εκπαιδευτικές δομές, όπως και οι κοινωνικές, είναι πολύπλοκες. Και το να αντιμετωπίζει κάποιος τα πολύπλοκα συστήματα σαν γραμμικά είναι μεθοδολογικό λάθος. Τα πολύπλοκα συστήματα διατρέχονται από ένα μεγάλο αριθμό αλληλο-συσχετισμένων μεταβλητών που είναι αδύνατο να ελεγχθούν μέσω των σχέσεών τους, παρά μόνο να περιγραφούν εκ των υστέρων. Και το γεγονός αυτό εξασφαλίζει μια σταθερότητα, που δεν διαταράσσεται εύκολα με την εξωτερική προσπάθεια αλλαγής μιας μεταβλητής. Σε μια τέτοια προσπάθεια θα εμφανιστούν δεκάδες παράγοντες που θα αποσβέσουν τη μεταβολή. Αντίστροφα, η επιτυχής αλλαγή μιας μόνο μεταβλητής δεν αφήνει τίποτα αμετάβλητο.

Η πρόταση προσαρμογής των ΠΣ που προβάλλεται στο κείμενο προσπαθεί να μην ολισθήσει στο μεθοδολογικό λάθος της γραμμικής αντιμετώπισης των εκπαιδευτικών δομών. Εισηγείται τη θεσμοθέτηση και ισχυροποίηση μιας κατηγορίας δραστηριοτήτων που δεν είναι πρωτόγνωρες στην ΥΕ. Τα σχολεία πραγματοποιούσαν πάντοτε «εξόδους» στην ευρύτερη κοινότητα (γυμναστικές επιδείξεις, παρελάσεις κλπ), στην κατεύθυνση «κοιτάξτε πόσο καλοί είμαστε!». Τι θα συμβεί αν οι «έξοδοι» αυτές στρίψουν στην κατεύθυνση «κοιτάξτε τι μαθαίνουμε, γιατί νομίζουμε ότι σας ενδιαφέρει!»; Το κείμενο προσπαθεί να δώσει κάποιες απαντήσεις, προφανώς ατελείς· γιατί η θεωρία των πολύπλοκων συστημάτων λέει ότι το τι ακριβώς θα συμβεί θα το μάθουμε εκ των υστέρων· όταν και αν συμβεί...

Βιβλιογραφία

ΔΕΠΠΣ, (2002). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*, ΥΠΕΠΘ, Αθήνα.

Παρούση, Α. & Τσελφές, Β. (2011). Θεατρική αναπαράσταση επιστημονικών ιδεών από εκπαιδευόμενες νηπιαγωγούς, *Γέφυρες*, προς δημοσίευση.

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2011α). Η «εικονικότητα» του σχολικού περιβάλλοντος και η διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Στο *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νεων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, προς δημοσίευση.

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2011β). Η «εικονικότητα» της εκπαιδευτικής πράξης και η περίπτωση της διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα*, Ιωάννινα: ΠΣ, Παν/μιο Ιωαννίνων, προς δημοσίευση.

Φασουλόπουλος, Γ. (2010). Προσωπική συζήτηση.

Bruner, J. (1996). *The culture of education*. Harvard University Press, Cambridge.

Feeney, S. et al. (2003). Thirty-four Essays on Curriculum Studies in 28 Nations. In W. Pinar (ed), *International Handbook of Curriculum Research*, Lawrence Erlbaum Associates, London, 101-665.

Hodson, D. (1999) Going beyond cultural pluralism: Science education for sociopolitical action, *Science Education*, 83 (6), 775–796.

Hodson, D. (2003) Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 645–670.

Tselfes, V., Kariotoglou, P. & Epsimos, G. (2005). Developing a three-pole framework for studying Science Curricula. *In proceedings of ESERA '05: Contributions of research to enhancing students' interest in learning science*, Barcelona: ESERA, 70-73.

Van Eijck, M. & Roth, W-M. (2007). Keeping the local local: recalibrating the status of science and Traditional Ecological Knowledge (TEK) in education, *Science Education*, 91,926-947.

Sewell, W. (1992). A Theory of Structure: Duality, Agency, and Transformation. *The American Journal of Sociology*, 98, 1-29.

Η διερεύνηση με χρήση μοντέλων στη διδακτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών

Ψύλλος Δημήτρης
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Α.Π.Θ., psillos@eled.auth.gr

Περίληψη
Εκτός από τη διδασκαλία και τη μάθηση συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου ως σημαντικοί σκοποί που επιδιώκονται από τους επιστήμονες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εκπαιδευτικούς να υλοποιηθούν στα σχολεία είναι η μάθηση των επιστημονικών μεθόδων και η ενημερότητα των μαθητών/τριών για την τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστήμης. Ο συνδυασμός στοιχείων διερεύνησης και δραστηριοτήτων μοντελοποίησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την επίτευξη τέτοιου είδους σκοπών. Στην παρούσα ομιλία αποτελεί αντικείμενο συζήτησης και διερεύνησης αν η σχεδιασμένη διαχείριση έτοιμων μοντέλων μέσα στην τάξη μέσα από μια στηριγμένη στα μοντέλα διερευνητική διαδικασία, μπορεί να βελτιώσει την επιστημολογική ενημερότητα των μαθητών/τριών για τα μοντέλα. Ως παράδειγμα εφαρμογής αναφέρονται δύο έρευνες σε φοιτητές και μαθητές στις οποίες μελετάται η επίδραση μιας στηριγμένης στα μοντέλα διερευνητικής διαδικασίας στη διαμόρφωση των επιστημολογικών αντιλήψεων τους για τα μοντέλα.

Abstract
Important aims of Science Education are students' understanding of scientific methods, and aspects of nature of science in addition to knowledge of scientific content. Using models in science teaching may facilitate attainments of such aims by students. In the present plenary talk it is discussed whether the exploratory use of use of ready teaching models in a guided inquiry approach may help students' epistemological beliefs about specific aspects of models. The study draws on applications of a model based inquiry approach and its impact to prospective teachers' and students' epistemological beliefs about nature, function and change of models.

Διερεύνηση και μοντελοποίηση

Η ραγδαία αύξηση της επιστημονικής γνώσης με την ταυτόχρονα εύκολη πρόσβαση σε αυτήν μέσω του διαδικτύου, νεώτερες θεωρίες για τη φύση της επιστήμης, τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ΦΕ, ο αναπροσδιορισμός των στόχων στην κοινωνία της μάθησης έθεσαν νέους σκοπούς στην εκπαιδευτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών. Έτσι, εκτός από τη διδασκαλία και τη μάθηση συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου ως σημαντικοί σκοποί που επιδιώκονται από τους επιστήμονες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εκπαιδευτικούς να υλοποιηθούν στα σχολεία είναι η μάθηση των επιστημονικών μεθόδων, η ανάπτυξη κριτικής σκέψης και η ενημερότητα των μαθητών/τριών για την τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστήμης. Η αναζήτηση πρόσφορων τρόπων με τους οποίους θα γίνει εφικτή η διεύρυνση των σκοπών της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και ο αρμονικός

συνδυασμός τους αποτελεί αντικείμενο θεωρητικών αναζητήσεων και εμπειρικών ερευνών (Anderson, 2002. Duschl, 2004).

Η επιστημονική διερεύνηση περιλαμβάνει τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες μελετούν το φυσικό κόσμο: αναζητούν πληροφορίες, προσπαθούν να τον κατανοήσουν και προτείνουν εξηγήσεις με βάση τα δεδομένα που προέρχονται από τις μελέτες τους. Στις βασικές αρχές της «επιστημονικής εγγραματοσύνης» η διερεύνηση θεωρείται ως μια πνευματική και κοινωνική προσπάθεια στην οποία οι επιστήμονες εφαρμόζουν την ανθρώπινη νοημοσύνη για να διαγνώσουν το πώς λειτουργεί ο κόσμος και εκφράζουν την άποψη ότι η γνώση της θα πρέπει να αποτελεί ένα σημαντικό στόχο της σχολικής εκπαίδευσης. Έτσι, η επιστημονική διερεύνηση, που θεωρείται η βάση για όλες τις Φυσικές Επιστήμες, αποκτά σταδιακά σημαντικό ρόλο και αναδείχνεται ως μία βασική προσέγγιση στην εκπαίδευσή τους στις ΦΕ. Η εμπλοκή μαθητών/τριών στη μάθηση που στηρίζεται στη διερεύνηση θεωρείται ο ακρογωνιαίος λίθος των εν εξελίξει μεταρρυθμίσεων της εκπαίδευσης στις ΦΕ σε αρκετές χώρες (Anderson, 2007. Wallace, Tsoi, Calkin, & Darley, 2003).

Η διερευνητική μάθηση ως ενεργή διαδικασία περιγράφεται ως «κάτι που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές/τριες και όχι ως κάτι που γίνεται από άλλους για αυτούς». Η διερεύνηση στη διδασκαλία μπορεί να είναι «δομημένη», «καθοδηγούμενη» και «ανοιχτή». Ο «βαθμός» της διερεύνησης εξαρτάται από το ποιος είναι υπεύθυνος για τη δραστηριότητα. Κατά τη «δομημένη διερεύνηση» ο εκπαιδευτικός δίνει στους μαθητές την ερώτηση και δείχνει τη διαδικασία που οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν για να βρούνε την απάντηση. Κατά τη διερευνητική αυτή διαδικασία ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές βήμα προς βήμα. Στην «καθοδηγούμενη διερεύνηση» που είναι το επόμενο επίπεδο πολυπλοκότητας, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το θέμα και παρέχει στους μαθητές τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διερεύνησή τους. Οι μαθητές συμμετέχουν στη χρήση των διαδικασιών της επιστημονικής διερεύνησης (παρατήρηση, διατύπωση εξήγησης, πρόβλεψη, συλλογή δεδομένων, ανάλυση των δεδομένων, διατύπωση νέων ερωτήσεων, συμπεράσματα κλπ). Ο εκπαιδευτικός, ο οποίος έχει μια καλή αντίληψη για το ποια είναι τα αναμενόμενα αποτελέσματα στηρίζει τους μαθητές στο χτίσιμο των εμπειριών με όλο και λιγότερη καθοδήγηση δίνοντάς τους έτσι την ευκαιρία να φτάσουν σε δικά τους συμπεράσματα. Αυτή η σταδιακή μετάβαση των μαθητών σε μεγαλύτερη αυτονομία επιτρέπει στον καθηγητή να διατηρεί τον έλεγχο παρέχοντας τη στήριξη που χρειάζονται οι μαθητές που είναι καινούργιοι στην επιστημονική διερεύνηση. Στην «ανοιχτή διερεύνηση», η οποία είναι το τρίτο και πιο απαιτητικό επίπεδο, ο εκπαιδευτικός καθορίζει το γνωστικό πλαίσιο στο οποίο διεξάγεται η διερεύνηση, παρέχει το υλικό που θα διερευνήσουν οι μαθητές, αλλά αφήνει τους μαθητές να επιλέξουν το θέμα και τη μέθοδο διερεύνησης (Eick, Meadows, & Balkcom, 2005. Fisher, 2000. Kirschner, Sweller, & Clark, 2006. Sadeh, & Zion, 2009).

Ο συνδυασμός στοιχείων διερεύνησης και δραστηριοτήτων μοντελοποίησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την επίτευξη τέτοιου είδους σκοπών. Η χρήση των μοντέλων και των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης υποστηρίζει τη διερεύνηση στην εκπαιδευτική διαδικασία, αφού δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές/τριες και να αντιμετωπίσουν το μοντέλο ως ερευνητικό εργαλείο και να εισαχθούν στην επιστημονική μέθοδο. Το μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ενός συστήματος ή μιας ιδέας και μπορεί να περιλαμβάνει πραγματικές οντότητες ή οντότητες που χρησιμοποιούνται σαν πραγματικές (Gilbert & Boulter, 1998). Οι Schwarz και White (2005) ορίζουν το επιστημονικό μοντέλο ως ένα πλήθος αναπαραστάσεων, κανόνων και ερμηνευτικών δομών που επιτρέπουν την πρόβλεψη και την εξήγηση. Τα μοντέλα, με αυτή την έννοια, είναι εργαλεία για την έκφραση επιστημονικών θεωριών τα οποία χρησιμοποιούνται για περιγραφή, πρόβλεψη και εξήγηση των φυσικών φαινομένων.

Τα επιστημονικά μοντέλα μέσα από μία διαδικασία διδακτικού μετασχηματισμού οδηγούν στα διδακτικά μοντέλα. Η χρήση των διδακτικών μοντέλων, τα οποία είναι προσαρμοσμένα στο επίπεδο και στις ανάγκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας, έχει συνήθως ως κύριο στόχο την κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου. Ωστόσο, έντονα ερευνητικό και εκπαιδευτικό ενδιαφέρον έχει η χρήση μοντέλων μέσα σε ένα πλαίσιο διερεύνησης όπου στόχος είναι εκτός από τη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου η εισαγωγή στην επιστημονική μέθοδο και η κατανόηση όψεων της φύσης της επιστήμης.

Η αξία των μοντέλων και της μοντελοποίησης στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών έχει υποστηριχθεί τα τελευταία έτη από εκτεταμένες θεωρητικές προτάσεις και εμπειρικές έρευνες, οι οποίες αναδείχνουν τη σπουδαιότητά τους ως διδακτικά εργαλεία και τη δυνατότητά τους, αν αξιοποιούνται, να συμβάλλουν στη γνωστική εξέλιξη του μαθητή/τριας (Hestenes 1997. Justi & Van Driel, 2005). Ωστόσο, οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές/τριες, φοιτητές/τριες ακόμα και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί στην αναγνώριση και την εφαρμογή της ερμηνευτικής λειτουργίας των διαφόρων μοντέλων και κυρίως στην κατανόηση και εφαρμογή της προβλεπτικής τους λειτουργίας έχουν εντοπιστεί από διεθνείς έρευνες (Cullin & Crawford, 2003. Treagust et al., 2002).

Στη χώρα μας είναι έντονο το εκπαιδευτικό ενδιαφέρον για τα μοντέλα, αφού σύμφωνα με το θεσμοθετημένο Ενιαίο Διαθεματικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΔΕΠΠΣ, 2003) τονίζεται η σημασία της εφαρμογής δραστηριοτήτων μοντελοποίησης και γενικότερα της χρήσης μοντέλων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αναφέρεται, ότι με τα μοντέλα ενισχύεται η διερευνητική μάθηση, ο μαθητής προσπαθεί με τη βοήθεια του μοντέλου να διατυπώσει υποθέσεις, να τις ελέγξει και να ερμηνεύσει το φαινόμενο, ενώ στόχος είναι η εξοικείωση του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την επιστημονική μεθοδολογία.

Λαμβάνοντας υπόψη τη διάκριση των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης σε «διερευνητικές» (exploratory) όπου ο μαθητής/τρια χρησιμοποιεί έτοιμα μοντέλα και σε «εκφραστικές» (expressive) στις οποίες ο ίδιος ο μαθητής δημιουργεί τα μοντέλα που χρησιμοποιεί (Mellar & Bliss, 1994) το ζητούμενο από διδακτικής πλευράς είναι πώς θα σχηματοποιηθούν οι ιδέες των μαθητών/τριών όπως διαμορφώνονται και ελέγχονται μέσα από τη διαδικασία της εκφραστικής μοντελοποίησης σε επιστημονικές έννοιες και αντίστοιχα με ποιο τρόπο θα συνδεθεί η χρήση και εφαρμογή των έτοιμων μοντέλων μέσα από τη διαδικασία εξερευνητικής μοντελοποίησης με τις ιδέες των μαθητών (Lijnse, 2006). Τη διαφοροποιημένη λειτουργία των δυο παραπάνω τροπών μοντελοποίησης διαπίστωσαν οι Bliss *et al*. (1999) σε μαθητές 11-14 χρονών κατά την ενασχόλησή τους με ποσοτικά και ποιοτικά έργα. Στα ποσοτικά έργα η εκφραστική λειτουργία φαίνεται να περιορίζεται από τον μικρό αριθμό σχέσεων που περιγράφουν οι μαθητές, από τη σημαντική επίδραση της προηγούμενης γνώσης και εμπειρίας των μαθητών αλλά και από τη φύση των έργων. Ως προς τη διερευνητική λειτουργία στα συγκεκριμένα έργα, οι περισσότεροι μαθητές δεν προβαίνουν σε ικανό αριθμό δοκιμών και εναλλακτικών λύσεων θεωρώντας ότι το μοντέλο οδηγεί σε μια και μοναδική λύση, ενώ λίγοι μαθητές ελέγχουν την αξιοπιστία και εγκυρότητα του μοντέλου δοκιμάζοντας ακραίες τιμές. Ως προς τα ποιοτικά έργα κατά την εκφραστική λειτουργία οι μαθητές αδυνατούν να συλλάβουν το μοντέλο ως μια ολότητα εστιάζοντας στην περιγραφή περισσότερο των μεμονωμένων σχέσεων και λιγότερο των καταστάσεων. Αντίθετα, κατά τη διερευνητική λειτουργία στα συγκεκριμένα έργα, οι περισσότεροι μαθητές φαίνεται να αντιλαμβάνονται το μοντέλο ως ολότητα διακρίνοντας τις σχέσεις και τις διαφορετικές καταστάσεις που μπορεί να εξυπηρετούν και το ένα τρίτο των μαθητών εκλαμβάνει το μοντέλο ως ένα σύστημα με εναλλακτικές επιλογές και επιπτώσεις.

Έρευνες (Sins et al., 2005) ανέδειξαν τον κίνδυνο αποπροσανατολισμού από την ουσιαστική χρήση του μοντέλου ως ερευνητικό εργαλείο όταν οι μαθητές εμπλέκονται κατευθείαν σε οικοδόμησή του. Οι Crawford και Cullin (2004) εντόπισαν σε έρευνά τους ότι

η προσοχή των μελλοντικών εκπαιδευτικών, οι οποίοι συμμετείχαν σε δραστηριότητες οικοδόμησης μοντέλων, ήταν κυρίως στον προσδιορισμό των μεταβλητών και των μεταξύ τους σχέσεων δίχως να αναγνωρίζουν το διερευνητικό χαρακτήρα των μοντέλων και χωρίς να κατανοούν τη φύση και τη λειτουργία τους.

Κατά παρόμοιο τρόπο, οι δάσκαλοι που κατανοούν ότι τα επιστημονικά μοντέλα δεν είναι ακριβή αντίγραφα των αντικειμένων και των φαινομένων και αντιλαμβάνονται ότι μπορεί να έχουν δυνατά και αδύνατα σημεία, παρουσιάζονται περισσότερο ικανοί ως προς την επιλογή των πιο κατάλληλων μοντέλων ή μέρος αυτών για την εξήγηση των διάφορων φαινόμενων καθώς και στη διάκριση των περιπτώσεων στις οποίες είναι πιο αποτελεσματική η χρήση τους (Schwarz, 2002). Όταν οι μαθητές εκλαμβάνουν τα μοντέλα ως εργαλεία διερεύνησης μπορούν να προβούν σε αξιολογικές κρίσεις σχετικά με το πόσο καλά συμφωνούν με τις παρατηρήσεις τους και τα δεδομένα που συλλέγουν από τον πραγματικό κόσμο, έτσι ώστε να αντιληφθούν ποιο μοντέλο είναι καλύτερο και το πιο πιστευτό (Snir et al., 2003).

Ωστόσο, αυτό που φαίνεται να έχει μεγάλη σημασία για την ανάπτυξη των επιστημονικών αντιλήψεων για τα μοντέλα είναι η ύπαρξη εμπειριών μέσα από τη χρήση μοντέλων σε κατάλληλες καταστάσεις που να νοηματοδοτούν τη γνώση των μαθητών. Για παράδειγμα, οι Barowy και Roberts (2000) διαπίστωσαν ότι οι μαθητές που συμμετείχαν ενεργά σε μια διερευνητική διαδικασία στις φυσικές επιστήμες απλά και μόνο χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για να βελτιώσουν την θεωρία τους δεν έδειξαν αξιοσημείωτη βελτίωση ως προς την κατανόηση τους για τη φύση των επιστημονικών μοντέλων. Αντίθετα, οι μαθητές που ενεπλάκησαν σε διερευνητικές διαδικασίες όπου με τη βοήθεια συγκεκριμένων διαδραστικού περιβάλλοντος σε υπολογιστή συμμετείχαν σε διάλογο με τους συμμαθητές τους, υπήρχε αναστοχασμός και επαναξιολόγηση της αναδυόμενης κατανόησή τους έδειξαν αξιοσημείωτη επιστημολογική κατανόηση για τα μοντέλα χωρίς να υπάρξει ρητή επιστημολογική παρέμβαση (Barab et al., 2001). Συμπερασματικά, οι μαθητές χρειάζονται πρωταρχικά μια ευρεία βάση εμπειριών από ποικίλα σχήματα τα οποία μπορούν να συνιστούν ένα μοντέλο με σκοπό να μάθουν για τα μοντέλα και να κερδίσουν από τη γνώση για τα επιστημονικά μοντέλα. Οι Lehrer και Schauble (2000) πιστεύουν ότι για να γίνει κάποιος καλός δημιουργός μοντέλων πρέπει πρωταρχικά να έχει διευρυμένη συμμετοχή σε ένα περιεχόμενο στο οποίο η μοντελοποίηση έχει ταυτόχρονα και σκοπό και όφελος.

Αποτελεί, λοιπόν, αντικείμενο συζήτησης και διερεύνησης αν η σχεδιασμένη διαχείριση έτοιμων μοντέλων μέσα στην τάξη μέσα από μια στηριγμένη στα μοντέλα διερευνητική διαδικασία, μπορεί να βελτιώσει την επιστημολογική ενημερότητα των μαθητών/τριών για τα μοντέλα (Petridou et al., 2009. Windschitl et al., 2008).

Μελέτες εφαρμογής

Σ' αυτό το πλαίσιο παρουσιάζουμε επιλεγμένα δεδομένα από μία Διδακτική Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ) διάρκειας 8 διδακτικών ωρών με αντικείμενο τις οπτικές ιδιότητες των οπτικών ινών. Η ΔΜΣ εφαρμόστηκε σε 9 μαθητές/τριες Γ' Γυμνασίου και σε 16 φοιτητές/τριες, υποψήφιους δασκάλους, που προορίζονται να διδάξουν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μέσα από μια καθοδηγούμενη διερευνητική βασισμένη στα μοντέλα διαδικασία στην οποία γίνεται χρήση του μοντέλου της γεωμετρικής οπτικής (οπτική ακτίνα) επιχειρείται από την ενσωμάτωση στη ΔΜΣ κατάλληλα σχεδιασμένων δραστηριοτήτων η βαθμιαία γεφύρωση ανάμεσα στα πραγματικά φαινόμενα και στο μοντέλο η οποία αποτελεί μια άρρητη μεταγνωστική διαδικασία, που στόχο έχει να βοηθήσει τους μαθητευόμενους να αυξήσουν την κατανόησή τους στην έννοια του μοντέλου. μέσω τριών σταδίων (βλ. Πίνακα 1). Η διαδικασία αυτή αποτελεί μια άρρητη μεταγνωστική διαδικασία, που στόχο έχει να βοηθήσει τους μαθητευόμενους να αυξήσουν την κατανόησή τους στην έννοια του μοντέλου.

Στις δυο έρευνες ακολουθήθηκε η ίδια ερευνητική διαδικασία. Οι μαθητές/τριες και οι φοιτητές/τριες στα πλαίσια ημιδομημένης ατομικής συνέντευξης κλήθηκαν μέσω κατάλληλων προτροπών να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ σχετικά με τη φύση, τη λειτουργία και το θέμα της αλλαγής των μοντέλων. Οι αντιλήψεις των μαθητών/τριών και φοιτητών/τριών αξιολογήθηκαν σύμφωνα με ένα 3/βαθμιο σύστημα κωδικοποίησης το οποίο στηρίζεται σε προηγούμενη έρευνα (βλ. Πετρίδου & Ψύλλος, 2008).

Πίνακας 1: Στάδια βαθμιαίας γεφύρωσης μοντέλου και πραγματικότητας.

Στάδια	Δραστηριότητες μοντελοποίησης	Επιδιωκόμενος στόχος
I.	Εισαγωγή του μοντέλου με τη χρήση ενός flash applet για την ερμηνεία ενός απλού φαινομένου (π.χ. πώς βλέπουμε).	Διάκριση του μοντέλου από την πραγματικότητα
II.	Ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων με την χρήση του μοντέλου κατά τον πειραματισμό.	Ταύτιση οπτικής δέσμης και οπτικής ακτίνας – Εφαρμογή και έλεγχος του μοντέλου.
III.	Περιγραφή και μαθηματικοποίηση των φαινομένων της εσωτερικής ολικής ανάκλασης και διάθλασης του φωτός με τη χρήση του μοντέλου στο Cabrì Géomètre.	Κατασκευή ενός μοντέλου για την ερμηνεία των ιδιοτήτων των οπτικών ινών – Έλεγχος του μοντέλου.

Περίπτωση 1: Αποτελέσματα ΔΜΣ στους μαθητές/τριες.

Σχεδόν όλοι οι μαθητές/τριες (8 από τους 9) πριν τη εφαρμογή της ΔΜΣ δίνουν απαντήσεις σχετικά με τη φύση των μοντέλων που παραπέμπουν στο επίπεδο 1, δηλαδή θεωρούν ότι ένα επιστημονικό μοντέλο αποτελεί ένα αντίγραφο ενός αντικείμενου: *«κάτι που έχει σχέση με επιστημονικά θέματα»*, ή μια πειραματική διαδικασία: *«κάτι το οποίο οι επιστήμονες αναπαράγουν στα εργαστήρια για να μπορούμε να το βλέπουμε»*, ενώ μόνο μια μαθήτρια δίνει απαντήσεις επιπέδου 2: *«είναι ένας κανόνας που τον χρησιμοποιούμε για να εξηγήσουμε διάφορα φαινόμενα»*. Μετά τη εφαρμογή της ΔΜΣ οι περισσότεροι μαθητές/τριες (6 από τους 9) δίνουν απαντήσεις επιπέδου 2: *«η αναπαράσταση κάποιων φαινομένων, αλλά δεν ανταποκρίνονται εντελώς στην πραγματικότητα»* και κάποιοι μαθητές/τριες (2 από τους 9) προσεγγίζουν το επίπεδο 3: *«είναι κάτι που πάνω σ' αυτό μπορούμε να κάνουμε κάποιες γενικεύσεις για ένα φαινόμενο και με τον τρόπο τον οποίο εμάς μας βολεύει γιατί δεν μπορούμε να μελετήσουμε το σύνολο του φαινομένου αλλά ένα μέρος που μας ενδιαφέρει»*.

Οσον αφορά τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων, πριν την εφαρμογή της ΔΜΣ, πάλι οι περισσότεροι μαθητές/τριες (7 από τους 9) εκφράζουν αντιλήψεις επιπέδου 1, σύμφωνα με το οποίο ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου περιορίζεται στην αναπαράσταση ενός αντικειμένου ή φαινομένου: *«να δούμε κάτι που στην πραγματικότητα δεν μπορούμε»,* ενώ οι υπόλοιποι 2 από τους 9 μαθητές/τριες φαίνεται να προσεγγίζουν το επίπεδο 2: *«είναι για να εξηγήσουμε διάφορα φαινόμενα»*. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ και στην περίπτωση αυτή, αρκετοί μαθητές/τριες (6 από τους 9) δίνουν βελτιωμένες αντιλήψεις επιπέδου 2: «*να ερμηνεύσουμε κάποια φαινόμενα στις φυσικές επιστήμες»* και οι υπόλοιποι 3 μαθητές/τριες δίνουν απαντήσεις επιπέδου 3, θεωρώντας ότι σκοπός των επιστημονικών μοντέλων είναι ο έλεγχος των ιδεών ή θεωριών: *«για να παρατηρήσουμε να βγάλουμε συμπεράσματα, να κατευθύνει τις ιδέες μας»*.

Στο θέμα της αλλαγής των μοντέλων, πριν από την εφαρμογή της ΔΜΣ οι περισσότεροι μαθητές/τριες (8 από τους 9) δίνουν απαντήσεις επιπέδου 1 και θεωρούν ότι ένα επιστημονικό μοντέλο δεν αλλάζει: *«γιατί είναι συγκεκριμένο», «όχι δεν μπορεί να αλλάξει»* και μόνο 1 μαθητής/τρια δίνει απαντήσεις που επιπέδου 2 αφού αναφέρει ότι ένα

επιστημονικό μοντέλο μπορεί να αναθεωρηθεί: *«αν προχωρήσει η επιστήμη και βρουν κάτι καινούργιο με καινούργια μέσα, θα μπορούσαν να το εκλάβουν ως διαφορετικό».* Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ αρκετοί μαθητές/τριες (5 από τους 9) μετακινούνται προς το επίπεδο 2: *«θα άλλαζε αν υπήρχε νέα ανακάλυψη ή αν έβρισκε ένα κάποιο στοιχείο ή εντόπιζε λάθος στο προηγούμενο μοντέλο»* ενώ ένας σημαντικός αριθμός μαθητών/τριών (4 από τους 9) προσεγγίζει τις επιστημονικές αντιλήψεις: «*γιατί όπως έχει αποδειχθεί και στο παρελθόν μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές θεωρίες για το ίδιο φαινόμενο».*

Περίπτωση 2: Αποτελέσματα ΔΜΣ στους φοιτητές/τριες.

Σχετικά με τη φύση του μοντέλου η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών (15 από τους 16) πριν τη εφαρμογή της ΔΜΣ δίνουν απαντήσεις επιπέδου 1: *«κάτι ακριβές και κάτι με το οποίο μπορούμε να βγάλουμε ακριβή συμπεράσματα»,* «*κάτι που το έχουν κάνει οι επιστήμονες»* ή μια πειραματική διαδικασία: *«πρέπει να είναι κάποια πράγματα τα οποία προκύπτουν από πειράματα»,* ενώ μόνο ένας φοιτητής/τρια δίνει απάντηση επιπέδου 2: *«κάτι που γνωρίζει η επιστήμη καλύτερα, κάτι με το οποίο μας το δείχνει με διαφορετικό τρόπο μας μαθαίνει κάτι».* Μετά τη εφαρμογή της ΔΜΣ αρκετοί φοιτητές/τριες (4 από τους 16) δίνουν απαντήσεις επιπέδου 2: *«είναι κάτι που βελτιώνει την άποψή μας, για να καταλάβουμε τον τρόπο που λειτουργεί κάτι»,* 2 φοιτητές/τριες δίνουν απαντήσεις που προσεγγίζουν το επίπεδο 3: *«είναι ότι λέμε και το αποδεικνύουμε, είναι μια ιδέα και το αποδεικνύουμε ταυτοχρόνως»* ενώ οι περισσότεροι φοιτητές/τριες (10 από τους 14) παραμένουν στο επίπεδο 1.

Ως προς τη λειτουργία του επιστημονικού μοντέλου οι περισσότεροι φοιτητές/τριες (14 από τους 16) εκφράζουν αντιλήψεις επιπέδου 1: *«η καλύτερη δυνατή κατανόηση, να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πραγματικότητα»* ενώ οι υπόλοιποι 2 από τους 16 φοιτητές/τριες προσεγγίζουν το επίπεδο 2: *«να μας βοηθήσουν να καταλάβουμε τι συμβαίνει».* Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών/τριών (5 από τους 16) βελτιώνουν την αντίληψή τους και δίνουν αναφορές σύμφωνες με το επίπεδο 2: *«η καλύτερη κατανόηση γιατί υπάρχουν πράγματα που με τα λόγια δεν μπορούν να κατανοηθούν»*, ενώ 2 φοιτητές/τριες φαίνεται να δίνουν απαντήσεις επιπέδου 3: *«για να δούμε αν ισχύει μια θεωρία, να εξηγήσουμε πώς ταξιδεύει το φως και φυσικά δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα».*

Τέλος, σχετικά με την αλλαγή των μοντέλων πριν από την εφαρμογή της ΔΜΣ οι περισσότεροι φοιτητές/τριες (12 από τους 16) δίνουν απαντήσεις επιπέδου 1: *«όχι δεν πιστεύω ότι μπορούμε να το αλλάξουμε γιατί πρέπει να φτάνει στην πραγματικότητα»,* αν και ένας αξιοπρόσεκτος αριθμός φοιτητών/τριών (4 από τους 16) δίνει απαντήσεις που παραπέμπουν στο επίπεδο 2: *«για να καταλάβουμε κάτι, για να γίνει πιο εύκολα κατανοητό».* Μετά την εφαρμογή της ΔΜΣ, οι περισσότεροι φοιτητές/τριες (6 από τους 16) δίνουν απαντήσεις επιπέδου 2: *«βέβαια, για να το κάνει πιο σωστό»* και οι υπόλοιποι (3 από τους 16) επιπέδου 3: *«αν τώρα κάποιος ανακαλύψει κάτι άλλο, μια άλλη θεωρία τότε θα το αλλάξουμε».*

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της Διδακτικής Μαθησιακής Σειρά στους μαθητές/τριες και στους φοιτητές/τριες μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η χρήση μοντέλων μέσα σε ένα πλαίσιο διερεύνησης παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητευόμενους να μάθουν για τα μοντέλα. Το πλαίσιο ήταν, κατά κύριο λόγο, συνδυασμός δομημένης και καθοδηγούμενης διερεύνησης με σταδιακή μετάβαση από τη δομημένη στην πιο ανοικτή μορφή της καθοδηγούμενης Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αντιλήψεις τόσο των μαθητών/τριών όσο και των φοιτητών/τριών αν και δεν ταυτίζονται στις περισσότερες των περιπτώσεων με την επιστημονική αντίληψη, ωστόσο είναι σημαντικό ότι διαφοροποιούνται αισθητά από τις αρχικές απόλυτα ρεαλιστικές αντιλήψεις. Οι μαθητές/τριες και οι φοιτητές/τριες μέσα από τις πρακτικές που υιοθετούν κατά τη διαδικασία της βασισμένης στο μοντέλο διερεύνησης γίνονται περισσότερο ικανοί να αντιλαμβάνονται τα αδύνατα και δυνατά σημεία και τη χρηστικότητα του μοντέλου, ενώ φαίνεται να δυσκολεύονται ως ένα βαθμό να διατυπώσουν αντιλήψεις για τη φύση του. Η χρήση, επομένως, έτοιμων μοντέλων μπορεί να συμβάλει στην βελτιστοποίηση του μαθησιακού αποτελέσματος και να οδηγήσει σε υψηλότερη και βαθύτερη επιστημολογική κατανόηση για το ρόλο και τη σημασία της χρήσης των μοντέλων κατά τη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες.

Βιβλιογραφία

ΔΕΠΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 24 Μαρτίου 2010 από http://www.pi-schools.gr/programs/depps/

Πετρίδου, Ε. & Ψύλλος, Δ. (2008). Οι αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 1(3), 255-268.

Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 807-830). London: Routledge.

Anderson, R., D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. Journal of Science Teacher Education, 13(1), 1-12.

Barab, S., Hay, K., Barnett, M., & Squire, K. (2001). Constructing virtual worlds: Tracing the historical development of learner practices. Cognition and Instruction, 19(1), 47-94.

Barowy, R., & Roberts, N. (2000). Modeling as inquiry activity in school science: What's the point? In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), Modeling and simulation in science and mathematics education (pp. 197-225). New York: Springer-Verlag.

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.

Crawford, B. A., & Cullin, M. J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science. International Journal of Science Education, 26 (11), 1379 – 1401.

Cullin, M., & Crawford, B. A. (2003). Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 2(4), 409 - 426.

Duschl, R. (2004). International perspectives on inquiry in science education: A commentary. Science Education, 88(3), 411 – 414.

Eick, C., Meadows, L. & Balkcom, R. (2005). Breaking into inquiry: Scaffolding supports beginning efforts to implement inquiry in the classroom. The Science Teacher, 77(7), 49-53.

Fisher, K. M. (2000). Inquiry teaching in Biology. In J. Minstrell and E. H. van Zee (Eds), Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science (pp. 258-280). Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science.

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.). International Handbook of Science Education (pp. 53-66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. Science & Education, 16, 141-166.

Hestenes, D. (1997). Modeling methodology for physics teachers. In E. F. Redish & J. S. Rigden (Eds.), Proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education (pp. 935-957). NY: The American Institute of Physics.

Justi, S. R., & Van Driel J. H. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing and understanding the process. International Journal of Science Education, 27, 549 - 573.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist, 41(2), 75–86.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. In R. Glaser (Ed.) Advances in instructional psychology: volume 5. Educational design and cognitive science (pp. 101-159). New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Lijnse, P. (2006). Models of/for teaching modeling. In E. van den Berg, T. Ellermeijer, O. Slooten (Eds), Modeling in Physics and Physics Education (pp. 20-33). Proceedings GIREP conference, University of Amsterdam, August 20-25.

Mellar, H., & Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. In H. Mellar, J. Bliss, R. Boohan, J. Ogborn, & C. Tompsett (Eds). Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum (pp 1-7). London: The Falmer Press.

Petridou, E., Psillos, D., Hatzikraniotis, E., & Viiri, J. (2009). Design and development of a microscopic model in polarization. Physics Education, 44(6), 589-598.

Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. Journal of Research in Science Teaching, 46(10), 1137–1160.

Schwarz, C. (2002). Using model-centered science instruction to foster students' epistemologies in learning with models. Paper presented at the American Educational Research Association meeting, New Orleans, LA.

Schwarz, V. C., & White. Y. B. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition and Instruction, 23(2), 165-205.

Sins, H. M. P., Savelsbergh, R. E., & van Joolingen, R. W. (2005). The difficult Process of Scientific Modelling: An analysis of novices' reasoning during computer-based modelling. International Journal of Science Education, 27(14), 1695–1721.

Snir, J., Smith, C., & Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. Science Education, 87, 794-830.

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.

Wallace, C. S., Tsoi, M. Y., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry-based laboratories in non major biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. Journal of Research in Science Teaching, 40(10), 986 – 1024.

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.

Συμπόσια

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2011
B=mg
H—O
H
7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Συμπόσιο 1ο: Εκπαιδευτικά βιβλία φυσικών επιστημών: συγγραφή και αξιολόγηση με βάση τις αρχές της διδακτικής των φυσικών επιστημών

Διοργανωτής: Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΥΜΠΟΣΙΟ

Περίληψη
Στην εισαγωγή αυτή τίθεται πρώτα το θέμα του τρόπου συγγραφής των ελληνικών σχολικών βιβλίων και εν συνεχεία συζητείται το συναφές θέμα της εφαρμογής των πορισμάτων της διδακτικής των φυσικών επιστημών στην πράξη. Στη συντριπτική τους πλειονότητα, οι εκπαιδευτικοί έχουν άγνοια των ευρημάτων των ερευνών και αντ' αυτών βασίζονται κυρίως στην προσωπική τους διδακτική εμπειρία και στην κοινή λογική. Κατά τη γνώμη μου, στη συγγραφή και στην αξιολόγηση των σχολικών βιβλίων σημαντικός πρέπει να είναι ο ρόλος των ειδικών της διδακτικής. Αυτό βέβαια είναι πρόκληση και δοκιμή γι' αυτούς, και ήδη διεθνώς έχουν υπάρξει αρκετές σχετικές προσπάθειες. Τέτοιες προσπάθειες του γράφοντος καλύπτει κυρίως το συμπόσιο αυτό, το οποίο περιλαμβάνει εργασίες συνεργατών μου που έχουν εκπονηθεί και εκπονούνται υπό την επίβλεψή μου, στα πλαίσια των μεταπτυχιακών τους σπουδών στη διδακτική των φυσικών επιστημών.

Abstract
In this introduction, I first consider the issue of the method of writing of Greek school books, and then I discuss the relevant issue of the application to practice of the findings of science education research. The vast majority of teachers are ignorant of the findings of such research; instead, they rely largely on their personal teaching experience and on common sense. In my opinion, education specialists must play a central role in the writing of school books. Obviously, this is a challenge and a test for them, and already several relevant attempts have been made internationally. This symposium covers such attempts of mine, which includes work of colleagues, which have been and are carried out under my supervision, in the context of their graduate studies in science education.

Είναι γνωστό ότι επί πολλά χρόνια τώρα, στη χώρα μας, φορέας κατάστρωσης των αναλυτικών προγραμμάτων, αλλά και συγγραφής και αξιολόγησης των διδακτικών βιβλίων είναι το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Η συγγραφή ανατίθεται σε ομάδες και τα συγγραφέντα βιβλία κρίνονται από ολιγοπρόσωπες επιτροπές που είναι γνωστές στους συγγραφείς, ενώ τα ονόματά τους αναγράφονται και στα διδακτικά βιβλία. Οι κριτές διατυπώνουν παρατηρήσεις και προτάσεις για διορθώσεις και βελτιώσεις, τις οποίες αναμένεται να

ακολουθήσουν/υλοποιήσουν οι συγγραφείς. Εν συνεχεία τα βιβλία τυπώνονται από τον ΟΕΔΒ και, κατά κανόνα την αμέσως επόμενη σχολική χρονιά, παραδίδονται στην καθολική διδακτική πράξη, συχνά χωρίς καθόλου ή υποτυπώδη σχετική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Ελάχιστοι εκπαιδευτικοί και ειδικοί επιστήμονες θα συμφωνούσαν με αυτήν την ελληνική προσέγγιση, η οποία είναι αντίθετη με τη διεθνή πρακτική όπου της καθολικής εφαρμογής προηγούνται πιλοτικές δοκιμασίες και διορθώσεις/βελτιώσεις.

Ένα άλλο συναφές ελληνικό και διεθνές πρόβλημα είναι αυτό της εφαρμογής των πορισμάτων της διδακτικής στην πράξη. Η διδακτική των φυσικών επιστημών (φ.ε.) εστιάζει στη μελέτη μεταβλητών που αναφέρονται αφενός στο περιεχόμενο της επιστήμης, αφετέρου και κυρίως στη διαδικασία της μάθησης (Herron & Nurrenburn, 1993). Η έρευνα της διδακτικής έχει ως στόχο τη δημιουργία σχετικής γνώσης «ανεξαρτήτως τού αν η γνώση αυτή έχει άμεση εφαρμογή και χρησιμότητα» (Kempa, 2002). Από την άλλη, σύμφωνα με τον Hurd de Hart (1991), «υπάρχουν λίγοι λόγοι να κάνει κανείς έρευνα στη διδακτική, εκτός αν αυτή εξαργυρώνεται στην τάξη». Παρόμοια άποψη έχει διατυπώσει ο Kempa (2002) για την έρευνα στη διδακτική της χημείας: «η έρευνα στην διδακτική της χημείας πρέπει να έχει αντίκτυπο στη σχολική πράξη».

Η εφαρμογή όμως των πορισμάτων της διδακτικής στην πράξη είναι ζητούμενο. Έρευνες έχουν δείξει ότι στη συντριπτική τους πλειονότητα οι εκπαιδευτικοί έχουν άγνοια των ευρημάτων των ερευνών. Αντ' αυτών, «κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικών με τις διδακτικές πρακτικές τους στην τάξη, αυτοί τείνουν να βασίζονται κυρίως στην 'προσωπική τους γνώση' που παράγεται από τη διδακτική τους εμπειρία στη διδασκαλία των φ.ε. ή σε ό,τι θεωρούν ως αυτονόητο («γνώση κοινής λογικής»). ... Το κλειδί είναι να φέρουμε ερευνητές και εκπαιδευτικούς τον έναν κοντά στον άλλο, και, όπου αυτό είναι δυνατό, να απομακρύνουμε την καθιερωμένη διαίρεση ανάμεσά τους» (Costa, Marques, & Kempa, 2000).

Επιστρέφω στα σχολικά βιβλία. Σε παλαιότερο άρθρο μου, σε αφιέρωμα του περιοδικού «*Σύγχρονη Εκπαίδευση*» «στον ρόλο και το έργο των εκπαιδευτικών» (Τσαπαρλής, 1986), αναφέρθηκα και στη συγγραφή των διδακτικών βιλβλίων:

«Θα πρέπει να παραδεχθούμε ότι οι συγγραφείς δεν πρέπει να προέρχονται αποκλειστικά από τις τάξεις των εκπαιδευτικών. Έτσι τα βιβλία ιστορίας πρέπει να γράφονται κατά πρώτο λόγο από επιστήμονες ιστορικούς. Και όχι μόνον από εκπαιδευτικούς... Τούτο πρέπει να ισχύει οπωσδήποτε για τα βιβλία της χημείας... Το πρώτο γράψιμο πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται από ειδικούς. Αυτό βέβαια ουδόλως σημαίνει ότι η συμβολή και ο ρόλος των επιστημόνων εκπαιδευτικών στη συγγραφή είναι δευτερεύοντα. Οι εκπαιδευτικοί της συγγραφικής ομάδας είναι εκείνοι που θα δώσουν στα κείμενα των ειδικών μορφή κατάλληλη για τους μαθητές. Οι μεν ειδικοί φροντίζουν για την επιστημονική ορθότητα και ενημερότητα, οι δε εκπαιδευτικοί για την παιδαγωγική τους καταλληλότητα, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών και την όλη εμφάνιση των βιβλίων.»

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι στην κατάστρωση αναλυτικών προγραμμάτων και στη συγγραφή και στην αξιολόγηση των σχολικών βιβλίων σημαντικός πρέπει να είναι ο ρόλος των ειδικών της διδακτικής. Αυτό βέβαια είναι πρόκληση και δοκιμή γι' αυτούς, και ήδη διεθνώς έχουν υπάρξει αρκετές σχετικές προσπάθειες. Τέτοιες προσπάθειες του γράφοντος[2] καλύπτει κυρίως το συμπόσιο αυτό, το οποίο περιλαμβάνει εργασίες συνεργατών μου που έχουν εκπονηθεί και εκπονούνται υπό την επίβλεψή μου στα πλαίσια των μεταπτυχιακών τους σπουδών στη διδακτική των φ.ε. Αντιλαμβάνομαι βέβαια ότι τέτοιες προσπάθειες απαιτούν τη συνεργασία πολλών ειδικών. Βέβαια, εδώ κάνουμε προτάσεις, οι οποίες εν συνεχεία υποβάλλονται σε αξιολόγηση από ειδικούς επιστήμονες και εκπαιδευτικούς.

[2] Δύο άλλες προτάσεις μου και αντίστοιχα βιβλία (για τη χημεία β΄ γυμνασίου και τη χημεία α΄ λυκείου αντιστοίχως) έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενο συνέδριο διδακτικής: Κολιούλης & Τσαπαρλής (2007), Πύργας & Τσαπαρλής (2007).

Επόμενος κριτής προφανώς είναι η πειραματική εφαρμογή/δοκιμή των προτάσεων στη διδακτική πράξη.
Ο φυσικός Γιώργος Τσούλος εξέτασε στη σχολική πράξη την αποτελεσματικότητα ενός πειραματικού μη σχολικού βιβλίου εισαγωγής στις φ.ε. για την α΄ τάξη γυμνασίου (Τσαπαρλής & Καμπουράκης, 2003). Το βιβλίο έχει γραφτεί από τον φυσικό Κώστα Καμπουράκη και από εμένα, με βάση αρχές της διδακτικής, ενώ η συγγραφή του έγινε στα πλαίσια του προγράμματος ΣΕΠΠΕ (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Το βιβλίο χρησιμοποιήθηκε σε σχολεία και αξιολογήθηκε πριν από μερικά χρόνια στα πλαίσια του προγράμματος. Η έρευνα του Τσούλου (στην οποία συνέβαλε και ο συνεργάτης μου Κώστας Καμπουράκης) παρέχει μαρτυρία ότι το παραπάνω βιβλίο βοηθά τους μαθητές στην κατανόηση των διδαχθεισών εννοιών φυσικής. Με τον Τσούλο και τον Καμπουράκη πραγματοποιήσαμε αντίστοιχη έρευνα και για τη χημεία, με παρόμοια ευρήματα, που επίσης περιλαμβάνεται στο συμπόσιο.
Ως γνωστόν, το ισχύον επί πολλά χρόνια πρόγραμμα σπουδών στο γυμνάσιο δεν έχει ούτε τη φυσική ούτε τη χημεία στην α΄ τάξη. Αυτό δεν το θεωρώ σωστό και γι' αυτό πριν από αρκετά χρόνια πρότεινα την εισαγωγή ενιαιοποιημένου μαθήματος φυσικής και χημείας στην α΄ τάξη (Τσαπαρλής, 1998). Το παραπάνω βιβλίο καλύπτει σε ενιαιοποιημένη προσέγγιση βασική ύλη φυσικής και χημείας. Με τη βιολόγο Κατερίνα Τάτση συγγράψαμε πρόσφατα κατάλληλα μαθήματα βιολογίας α΄ γυμνασίου, τα οποία εντάξαμε οργανικά στο παραπάνω βιβλίο φυσικής-χημείας, σύμφωνα με την αρχή της ενιαιοποιημένης διδασκαλίας των φ.ε. και ακολουθώντας τις ίδες αρχές της διδακτικής. Στην παρούσα εργασία περιγράφουμε τα περιεχόμενα και τα χαρακτηριστικά αυτού του βιβλίου, ενώ η αξιολόγησή του από ειδικούς επιστήμονες και εκπαιδευτικούς θα παρουσιαστεί μελλοντικά. Περαιτέρω, με την Τάτση προτείνουμε ένα νέο πρόγραμμα σπουδών για τη διδασκαλία της βιολογίας στο γυμνάσιο, που ουσιαστικά διαχωρίζει και κατανέμει την τρέχουσα ύλη της α΄ και της γ΄ ταξης και στις τρεις γυμνασιακές τάξεις. Πρέπει να σημειώσουμε ότι με την πρότασή μας δεν θέλουμε (εξάλλου δεν είμαστε ούτε οι πιο ειδικοί ούτε οι πιο κατάλληλοι) να κάνουμε ριζική αναδόμηση του ισχύοντος αναλυτικού προγράμματος της βιολογίας. Απλώς στοχεύουμε 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 της βιολογίας με τη χημεία στις δύο άλλες τάξεις.
Η χημικός Ελένη Παππά στα πλαίσια των μεταπτυχιακών της σπουδών στο πρόγραμμα ΔιΧηΝΕΤ, εκπόνησε διατριβή υπό την επίβλεψη του καθηγητή Ηλία Ματσαγγούρα, με την οποία αξιολόγησε τις ερωτήσεις και ασκήσεις ελληνικών βιβλίων χημείας. Στο συμπόσιο αυτό, η Παππά εφάρμοσε την ίδια μεθοδολογία αξιολόγησης των ερωτήσεων και ασκήσεων που εμπεριέχονται στα κεφάλαια του χημικού δεσμού πέντε διεθνών πανεπιστημιακών συγγραμμάτων γενικής χημείας. Ένα από τα ευρήματα ήταν ότι η πλειονότητα των ερωτήσεων αξιολογούν τη δηλωτική γνώση του φοιτητή και όχι διαδικαστικές δεξιότητες, αξιολογώντας τη γνώση και όχι την κατανόηση στοιχείων της θεωρίας. Η τελευταία αυτή εργασία του συμποσίου ξεφεύγει σε κάποιο βαθμό, έχοντας φαινομενικά μικρή συνάφεια με τις προηγούμενες. Ποιος ο συγκεκριμένος λόγος που την εντάσσω στο ίδιο συμπόσιο; Όλες οι εργασίες αναφέρονται σε βιβλία και, ανεξάρτητα από το επίπεδο εκπαίδευσης στο οποίο αναφέρονται, καθεμιά αναδεικνύει συγκεκριμένα θέματα και χρησιμοποιεί συγκεκριμένη μεθοδολογία. Στην εργασία της Παππά, ενδιαφέρον παρουσιάζουν τόσο τα ευρήματα, όσο και η μεθοδολογία, που συνιστά και αυτή εφαρμογή των πορισμάτων της παιδαγωγικής επιστήμης στην πράξη.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Κολιούλης Δ. & Τσαπαρλής Γ. (2007). Χημεία β΄ γυμνασίου, με έμφαση στη μακροσκοπική-εποικοδομητική προσέγγιση και στη νοηματική εισαγωγή των εννοιών του μορίου και του ατόμου – Διδακτικό βιβλίο και προκαταρκτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς. Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», ΚοΔιΦΕΕΤ: 5 (Β) 680-689. (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα)

Πύργας Ε. & Τσαπαρλής, Γ. (2007). Προσεγγίζοντας τη χημεία μέσα από τις καταστάσεις της ύλης: Πειραματικό υλικό για την α΄ λυκείου και προκαταρτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς. Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», ΚοΔιΦΕΕΤ: 5 (Β) 690-698. (Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα)

Τσαπαρλής Γ. (1986). Συμβολή στο αφιέρωμα «Ο ρόλος και το έργο του εκπαιδευτικού». Σύγχρονη Εκπαίδευση, Τεύχος 27, 63-64.

Τσαπαρλής Γ. (1998). Πρόταση για ένα ενοποιημένο μάθημα φυσικής και χημείας στην α΄ γυμνασίου. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», σσ. 535-540. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Τσαπαρλής, Γ. & Καμπουράκης Κ. (2003). Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Ιωάννινα.

Costa N., Marques L. & Kempa R. (2000). Science teachers' awareness of findings from education research. Chemistry Education Research and Practice, 1, 31-36.

Herron J., & Nurrenburn S. (1999). Improving chemistry learning. Journal of Chemical Education, 3, 1354-1361.

Hurd de Hart P. (1991). Issues in linking research to science teaching, Science Education, 75, 723-732.

Kempa R. (1992). Research and research utilization in chemical education. Chemistry Education Research and Practice, 3, 327-343

Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών – Μέρος Β: γυμνασιακή φυσική

Γεώργιος Τσούλος,[1] Κωνσταντίνος Καμπουράκης,[2] Γεώργιος Τσαπαρλής[1]
[1] *Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας,* gtsoulos@cc.uoi.gr; gtseper@cc.uoi.gr
[2] *Γενικό Ενιαίο Λύκειο Φιλιππιάδας,* ckampur@sch.gr

Περίληψη
Στο δεύτερο μέρος αυτής της εργασίας εξετάζουμε στην σχολική πράξη την αποτελεσματικότητα ενός πειραματικού μη σχολικού βιβλίου εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες (φ.ε.) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Το βιβλίο έχει γραφτεί από ερευνητές της διδακτικής των φ. ε., με βάση αρχές της διδακτικής. Ακόμη, έχει συγγραφεί, χρησιμοποιηθεί σε σχολεία και αξιολογηθεί πριν από μερικά χρόνια στα πλαίσια του προγράμματος ΣΕΠΠΕ (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Ειδικότερα, συγκρίναμε τις επιδόσεις σε σχετικό τεστ μαθητών που διδάχθηκαν δύο μαθήματα φυσικής για τη «δύναμη» και για το «βάρος σώματος» από το ως άνω βιβλίο με τις επιδόσεις στο ίδιο τεστ μαθητών που διδάχθηκαν τα ίδια θέματα από το σχολικό βιβλίο φυσικής β΄ γυμνασίου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα τμήματα β΄ γυμνασίου δύο αστικών επαρχιακών γυμνασίων, σε σύνολο 100 μαθητών. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το μη σχολικό βιβλίο βοηθά περισσότερο τους μαθητές στην κατανόηση των διδαχθεισών φυσικών εννοιών. Βέβαια, λόγω του οριακά μικρού δείγματος και του πολύ μικρού αριθμού των διδαχθέντων θεμάτων, το συμπέρασμα αυτό δεν μπορεί να γενικευθεί.

Abstract
In Part 2 of this work, we examine in actual school practice the effectiveness of an experimental non-standard introductory book to physical science (physics and chemistry) for the seventh grade (first grade of lower secondary school in Greece). The book has been written by science-education researchers, on the basis of principles of science education. In addition, it was written, tested, and evaluated some years ago in the context of the project SEPPE of the Greek Pedagogic Institute. In particular, we compared the performance in a relevant test of an experimental group of students who were taught two physics lessons (on the ‘force’ and on the ‘weight of a body’) from the above book, with the performance in the same test of a control group of students who were taught the same topics from the standard eighth-grade physics school book. The study was carried out in four eighth-grade classes of two urban lower-secondary Greek schools, totaling 100 students. The statistical analysis showed that the non-standard book assisted students more in understanding the taught science concepts. However, due to the marginally small sample size and the very limited number of taught topics, the finding cannot be generalized.

Εισαγωγή

Είναι γενικά αποδεκτό ότι ο ρόλος του σχολικού εγχειριδίου είναι κεντρικός στη διδασκαλία, διότι εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών και συμβάλλει στην ανάπτυξη των διαπροσωπικών σχέσεων μέσα στην τάξη περισσότερο από τα υπόλοιπα διδακτικά μέσα που χρησιμοποιούν οι διδάσκοντες (Armbruster & Anderson, 1991).

Ταυτόχρονα το σχολικό εγχειρίδιο κατασκευάζει τη σχολική εκδοχή της *επιστημονικής γνώσης* και διαμορφώνει τον αναγνώστη μαθητή (Κουλαϊδής & Σκλαβενίτη, 1998). Παρόλο που το σχολικό βιβλίο αποτελεί ακόμα το βασικότερο και σημαντικότερο μέσο διδασκαλίας, εντούτοις τόσο στη σχετική έρευνα, όσο και στην επιστημονική παιδαγωγική συζήτηση δεν έχει παντού και πάντοτε τη θέση που του αρμόζει (Bandura, 1986).

Αναμφίβολα όμως το σχολικό εγχειρίδιο συνυπάρχει και συνδυάζεται με τον έτερο παράγοντα της διδασκαλίας που είναι ο δάσκαλος. Αν δεχθούμε ότι ο σύγχρονος δάσκαλος έχει να εκτελέσει πολλούς ρόλους στο σχολείο, τότε αναμφισβήτητα αυτός που διδάσκει φυσικές επιστήμες (φ.ε.), ανεξάρτητα σε ποια βαθμίδα της εκπαίδευσης εργάζεται, έχει περισσότερους και πολυπλοκότερους ρόλους (Osborne & Freyberg, 1991). Οφείλει να οργανώνει κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες, ώστε να διευκολύνει τη μάθηση (πρακτική εργασία, βιωματική μάθηση). Εγκαταλείπει λοιπόν το δασκαλοκεντρικό του ρόλο, αναγνωρίζοντας την αρχή ότι οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για τη δική τους μάθηση (Scott, 1987) και υιοθετεί το καθοδηγητικό πρότυπο, δηλαδή ενεργεί ως μεσολαβητής μεταξύ παιδιού και μάθησης (Κόκκοτας, 2004).

Η μέθοδος διδασκαλίας είναι η απάντηση στο ερώτημα που θέτει ο Sutton (1992): «πώς θα πετύχουμε να βλέπουν οι μαθητές αυτό που εμείς θέλουμε να δουν;» Κατά τον Κόκκοτα (2004), τρία είναι τα κυριότερα πρότυπα διδασκαλίας, τα οποία βασίζονται στις αντίστοιχες θεωρίες μάθησης: α) Το παραδοσιακό β) το ανακαλυπτικό και γ) το εποικοδομητικό.

Ωστόσο καμιά διδακτική προσέγγιση και καμιά μέθοδος δεν αποτελεί πανάκεια. Οι σκοποί της διδασκαλίας των φ.ε., η φιλοσοφία της εκπαίδευσης και οι γνώσεις μας για την ψυχολογία της μάθησης αλλάζουν και αυτό επιβάλλει τη χρήση περισσότερων από μιας προσεγγίσεων στη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2004, Τσαπαρλής, 1991, 1998). Από την άλλη, τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών (Costa et al., 1999), δείχνουν ότι οι γνώσεις των καθηγητών θετικών επιστημών για τα πορίσματα της εκπαιδευτικής έρευνας είναι γενικά περιορισμένη. Το συμπέρασμα της παραπάνω μελέτης έδειξε ότι υπάρχει ένα μεγάλο χάσμα μεταξύ της εκπαιδευτικής έρευνας και της εφαρμογής στην εκπαιδευτική πράξη. Το χάσμα αυτό αυξάνει το ρόλο των διδακτικών εγχειριδίων στην εφαρμογή και προαγωγή νέων διδακτικών μεθόδων που να είναι σύμφωνες με τις σύγχρονες θεωρίες διδασκαλίας και μάθησης. Η αξιολόγηση των σχολικών εγχειριδίων θεωρείται αναγκαία και ικανή προϋπόθεση αναβάθμισης της παρεχόμενης ποιότητας σπουδών.

Με αφορμή το παραπάνω έλλειμμα, πραγματοποιήσαμε έρευνα στο πλαίσιο εκπόνησης διδακτορικής διατριβής. Στο 6^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», παρουσιάσαμε το πρώτο μέρος αυτής της εργασίας, που συνίστατο σε προκαταρκτική αξιολόγηση με βάση τις γνώμες 34 εκπαιδευτικών-αξιολογητών του κλάδου ΠΕ4 δύο μη σχολικών διδακτικών εγχειριδίων, ενός Αμερικάνικου («Φυσική με διερώτηση») γραμμένου από την L. McDermott και του Ελληνικού πειραματικού βιβλίου που χρησιμοποιούμε και στην παρούσα εργασία (Τσούλος & Τσαπαρλής, 2009). Αμφότερα τα παραπάνω βιβλία είναι γραμμένα από ερευνητές της διδακτικής των φ. ε. Αν και η στατιστική επεξεργασία λόγω του οριακά μικρού δείγματος δεν οδήγησε σε σίγουρα συμπεράσματα σε πολλές περιπτώσεις, οι γενικές τάσεις στα ποσοτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι εν γένει τα βιβλία των ειδικών υπερτερούν των αντίστοιχων γυμνασιακών σχολικών βιβλίων σε όλους σχεδόν τους τομείς που αποτέλεσαν αντικείμενο της μελέτης.

Ένα άλλο σημαντικό τμήμα της έρευνας ήταν να εξετάσουμε στη σχολική πράξη την αποτελεσματικότητα ενός πειραματικού μη σχολικού βιβλίου εισαγωγής στις φ.ε. Το βιβλίο έχει γραφτεί από ερευνητές της διδακτικής των φ. ε., με βάση αρχές της διδακτικής. Ειδικότερα, συγκρίναμε τις επιδόσεις σε σχετικά τεστ μαθητών που διδάχθηκαν επιλεγμένες ενότητες φυσικής και χημείας από το παραπάνω βιβλίο με τις επιδόσεις στα ίδιο τεστ μαθητών που διδάχθηκαν τα ίδια θέματα από τα σχολικά βιβλία φυσικής και χημείας β΄ γυμνασίου αντίστοιχα. Σε αυτήν την ανακοίνωση θα αναφερθούμε στην περίπτωση της

φυσικής. Εκ προοιμίου πρέπει να επισημάνουμε έναν σημαντικό περιορισμό αυτής της εργασίας, υπό τον οποίο πρέπει αυτή να αναγνωστεί: περί αυτού παραπέμπουμε τον αναγνώστη στην *Σημαντική Παρατήρηση* που καταγράφεται στο τέλος αυτού του άρθρου.

Ερευνητικές εργασίες στην Ελλάδα σχετικές με σχολικά εγχειρίδια

Τα διδακτικά βιβλία αξιολογούνται, κατά πρώτο λόγο, από την άποψη της επιστημονικής τους πληρότητας, δηλαδή της ακρίβειας των επιστημονικών εννοιών και μεθόδων στις οποίες αναφέρονται. Κατά δεύτερο λόγο, αξιολογείται ο τρόπος με τον οποίο ένα διδακτικό εγχειρίδιο επηρεάζει τον αναγνώστη-μαθητή, ως σύνθεση δύο μεταβλητών κειμενικών και εικονικών (Γεωργιάδου κ.ά., 1998). Η διαδικασία αξιολόγησης ενός γραπτού κειμένου έχει τη δυνατότητα προσέγγισης από πολλές πλευρές. Έτσι, για να ελέγξουμε το κατά πόσο ένα βιβλίο είναι κατάλληλο ή όχι για τους μαθητές μας, το βασικότερο κριτήριο θα πρέπει να είναι ο βαθμός στον οποίο αυτό το βιβλίο αντικατοπτρίζει τους εκπαιδευτικούς μας στόχους (Βοσνιάδου κ.ά., 1998).

Στην Ελλάδα υπήρξαν ελάχιστες έρευνες μέχρι το 1980, κυρίως για τις αξίες, τα πρότυπα συμπεριφοράς, τα στερεότυπα σχετικά με το γυναικείο φύλο και την εικόνα της οικογένειας στα αναγνωστικά του Δημοτικού (Φραγκουδάκη, 1978). Μετά το 1980, υπάρχουν αρκετές έρευνες που αφορούν τα σχολικά εγχειρίδια (Κανταρτζή, 1992, Καψάλης, 1995). Αρκετές φορές όμως οι έρευνες περιορίζονται σε μία ή δύο το πολύ παραμέτρους, χωρίς να υπάρχει μια συνολική θεώρηση εκείνων των διαστάσεων που συνιστούν το επιστημονικό προφίλ ενός σχολικού εγχειριδίου (Μπονίδης κ.ά., 1995).

Σε σχέση με τις φ.ε., η ανάλυση των εγχειριδίων έχει γίνει συχνά με έναν εμπειρικό τρόπο, ανάλογα με τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντα και τη σημασία που αποδίδει ο ερευνητής σε συγκεκριμένα στοιχεία που συνθέτουν το Αναλυτικό Πρόγραμμα, όπως είναι το περιεχόμενο, οι δραστηριότητες και οι ασκήσεις, η διδακτική προσέγγιση, αλλά και η εικονογράφηση, η γλώσσα που χρησιμοποιείται κ.ά. Αυτή η άποψη στηρίζεται στα στοιχεία που προέκυψαν από μια σχετικά πρόσφατη βιβλιογραφική έρευνα 183 μελετών (Τσατσαρώνη, Α., Κουλαϊδής, Β., 2001) που είχαν αντικείμενό τους τα σχολικά εγχειρίδια των φ.ε. Επίσης, οι Kariotoglou, Psillos, και Vallassiades (1990) συνέκριναν οκτώ επιλεγμένα εγχειρίδια φυσικής, Ελληνικά και ξένα, με σκοπό να εξετάσουν τον τρόπο εισαγωγής και διαπραγμάτευσης των βασικών εννοιών και των σχετικών φαινομένων της μηχανικής των ρευστών.

Με την εφαρμογή του πολλαπλού βιβλίου στη μέση εκπαίδευση, ο Μπουρίτσας (2002) συνέκρινε τα πακέτα εναλλακτικών βιβλίων φυσικής α΄ και β΄ ενιαίου λυκείου γενικής παιδείας και τα αντίστοιχα πακέτα βιβλίων φυσικής θετικής κατεύθυνσης β΄ λυκείου. Η κύρια διερεύνηση που έγινε στην εργασία αυτή αφορούσε τον μακροσκοπικό έλεγχο των δομικών παραμέτρων που, σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική, αποτελούν συνιστώσες αξιολόγησης των διδακτικών εγχειριδίων και οι οποίες, έστω και με εμπειρικό τρόπο, λήφθηκαν υπόψη από τις επιτροπές αξιολόγησης. Σε μια άλλη εμπειρική έρευνα (Παραλίκα & Κουλουμπαρίτση, 2004) διερευνήθηκε ο βαθμός κατανόησης του κειμένου και η αναγνωσιμότητα των σχολικών εγχειριδίων χημείας θετικής κατεύθυνσης β΄ και γ΄ λυκείου, καθώς επίσης και η εξάρτηση της κατανόησης αυτής από διάφορες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα το φύλο των μαθητών.

Μεγάλη κινητικότητα όμως παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στο Ελεύθερο Ανοικτό Πανεπιστήμιο (ΕΑΠ) σε σχέση με την έρευνα των σχολικών εγχειριδίων, στα πλαίσια των διπλωματικών διατριβών. Με τα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών έχουν ασχοληθεί οι: Κούτσης (2006), Παππάς (2006), Παλούμπα (2007), Κατσουλάκος (2008), Μαραβέλης (2008), Περώνη (2008), Στέρπης (2008), Αναγνώστου (2009), Δήμου (2009), Ζούμπος (2009), Καούρης (2009), Μπάκουλη (2009), Μπουντά (2009) και Τράπαλη (2009). Οι περισσότεροι από αυτούς βέβαια εξετάζουν μόνο ένα βιβλίο και μάλιστα αναλύουν μια παράμετρό του, όπως για παράδειγμα την εικονογράφηση ή το περιεχόμενο, προχωρώντας σε μια εκτενή περιγραφή και εμπεριστατωμένη ανάλυση των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Τέλος, ο Κοντομηνάς (2008) συνέκρινε είκοσι εγχειρίδια φ.ε. των τελευταίων 30 ετών, πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε Ελλάδα και Κύπρο, με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης των παιδαγωγικών θεωριών μάθησης στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα υποχρεωτικής εκπαίδευσης (και ειδικά στη διδακτική των φ.ε.).

Μέθοδος

Α. Επιλογή και χαρακτηριστικά των εγχειριδίων

Από τα υπάρχοντα διδακτικά εγχειρίδια επιλέξαμε το βιβλίο *«Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες»* των Τσαπαρλή - Καμπουράκη (2003), το οποίο είναι βασισμένο σε διάφορες αρχές της διδακτικής των φ.ε. (*πειραματικό βιβλίο*). Το βιβλίο αυτό επιχειρεί μια ενιαιοποιημένη αντιμετώπιση της φυσικής και της χημείας και γράφτηκε πειραματικά, ως πρόταση για την α΄ τάξη γυμνασίου, στα πλαίσια του προγράμματος των *«Σχολείων Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης»* (ΣΕΠΠΕ) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Το βιβλίο αυτό έχει γραφεί από ειδικούς της διδακτικής και παράλληλα έχει ήδη εφαρμοστεί και κριθεί από τους εκπαιδευτικούς σε άλλη έρευνα κατά τα σχολικά έτη 1998-99 και 1999-2000 (Τσαπαρλής, 1998).

Με το *πειραματικό βιβλίο*: α) ενθαρρύνεται η εποικοδομητική-ενεργητική διδασκαλία και μάθηση, β) αναπτύσσονται πειραματικές δεξιότητες από τους μαθητές, γ) γίνεται σύνδεση των φ.ε. με τη ζωή και τις εφαρμογές, δ) ακολουθείται η σπειροειδής διδασκαλία με ποιοτική προσέγγιση των εννοιών, ε) ενισχύεται η νοηματική μάθηση και περιορίζεται η απομνημόνευση και στ) οι ποσοτικές σχέσεις δίνονται με απλότητα και παράλληλα αποφεύγονται οι μαθηματικές εξισώσεις και οι γραφικές παραστάσεις (Τσαπαρλής, 1991, 1998).

Β. Επιλογή μεθόδου αξιολόγησης βιβλίων - Επιλογή δείγματος

Η μέθοδος που ακολουθήσαμε κατά την έρευνά μας είναι η ακόλουθη: Διδάχθηκαν δύο ενότητες σε ένα σχολικό τμήμα (*πειραματικό τμήμα, ΠΤ*) από το πειραματικό βιβλίο και παράλληλα οι ίδιες ενότητες διδάχθηκαν από το σχολικό εγχειρίδιο φυσικής β΄ γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2007) σε ένα δεύτερο τμήμα (*τμήμα ελέγχου, ΤΕ*) του ίδιου σχολείου, σχετικά ισοδύναμο με το πρώτο, από τον ίδιο διδάσκοντα, αυτόν δηλαδή που δίδασκε το μάθημα στα συγκεκριμένα τμήματα του κάθε σχολείου. Στη συνέχεια οι μαθητές και των δύο τμημάτων εξετάστηκαν στο ίδιο τεστ φυσικής, για ίσο χρόνο, και βαθμολογήσαμε τις απαντήσεις τους από τον ερευνητή. Τέλος, κάναμε στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών και καταλήξαμε σε συμπεράσματα. Ο έμμεσος αυτός τρόπος αξιολόγησης των εγχειριδίων κρίθηκε ως ο πιο προσιτός και προσφερόμενος για τις δεδομένες συνθήκες της έρευνας.

Το τεστ φυσικής δείχνεται στο Παράρτημα στο τέλος του άρθρου. Δύο από τις ερωτήσεις του τεστ (οι 1 και 2) προέρχονταν από το τελικό τμήμα του μαθήματος *"Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφθείς και να καταλάβεις γιατί"* του πειραματικού βιβλίου, ενώ η τρίτη ερώτηση (ερώτηση 3) από το τμήμα ερωτήσεων *"Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν"* του σχολικού βιβλίου. Όλες οι ερωτήσεις ήταν απαιτητικές και επελέγησαν διότι: α) εξέταζαν ταυτόχρονα τις γνώσεις και την κριτική σκέψη των μαθητών, β) ήταν ερωτήσεις των εξεταζόμενων εγχειριδίων και είχαν σκοπό να επεκτείνουν τις γνώσεις των μαθητών στις σχετικές μελετώμενες έννοιες. Ο μικρός σχετικά αριθμός των ερωτήσεων (3) οφείλεται στον μικρό χρόνο (20 λεπτά) που μας δόθηκε από τους διδάσκοντες, αφού δεν έπρεπε να διαταραχθεί το πρόγραμμα διδασκαλίας.

Το δείγμα μας ήταν 100 μαθητές, τεσσάρων τμημάτων, από δύο αστικά σχολεία της επαρχίας, των οποίων η επιλογή δεν ήταν τυχαία, αλλά καρπός μιας επίπονης και χρονοβόρου προσπάθειας του ερευνητή, διότι δύσκολα ένας εκπαιδευτικός δέχεται να διαφοροποιήσει το πρόγραμμά του. Το ένα γυμνάσιο είχε τέσσερα τμήματα στη β΄ τάξη, από τα οποία επιλέξαμε

τα δύο, με κριτήριο αφενός το μέσο όρο του κάθε τμήματος στο πρόχειρο διαγώνισμα φυσικής του α΄ τριμήνου και αφετέρου τη σχετική εισήγηση του διδάσκοντος, έτσι ώστε να συγκρίνουμε δύο τμήματα κατά το δυνατόν ισοδύναμα. Με τον ίδιο τρόπο επιλέξαμε τα δύο από τα τρία τμήματα του άλλου γυμνασίου. Δύο από τα δύο τμήματα ορίστηκαν ως πειραματικά (ΠΤ) και δύο ως ελέγχου (ΤΕ).

Γ. Στόχοι και εγκυρότητα του τεστ

Με το συγκεκριμένο τεστ στοχεύαμε: α) στον έλεγχο γνώσεων β) στην εφαρμογή γνώσεων σε νέες καταστάσεις γ) στην κριτική σκέψη και δ) στην αναζήτηση εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Ειδικότερα, διερευνήσαμε την ικανότητα των μαθητών να χειρίζονται σχολικού τύπου ερωτήσεις σχετικές με τον διανυσματικό χαρακτήρα των δυνάμεων, την ορθή επιλογή φορέα και αναφορικά με την προέλευση της βαρυτικής δύναμης. Ο έλεγχος της εσωτερικής συνοχής του τεστ έγινε με το SPSS, συσχετίζοντας τις ερωτήσεις 1-3, 1-2 και 2-3, για τρεις διαφορετικές ομάδες: α) των μαθητών που διδάχθηκαν από το σχολικό βιβλίο, β) των μαθητών που διδάχθηκαν από το πειραματικό, γ) του συνόλου των μαθητών. Οι τιμές του συντελεστή άλφα του Cronbach ήταν 0,658 για το σχολικό, 0,710 για το πειραματικό και 0,702 για το σύνολο των μαθητών. Στη βιβλιογραφία, τιμές των δεικτών αξιοπιστίας από 0,6 έως 0,7 αντιστοιχούν σε μέτρια εσωτερική συνοχή του τεστ, ενώ τιμές των δεικτών ανώτερες του 0,7 αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη συνοχή (Cortina, 1993). Έτσι, αν εξαιρέσουμε την περίπτωση του σχολικού βιβλίου μπορούμε να πούμε ότι το τεστ παρουσίασε υψηλή εσωτερική συνοχή.

Ε. Αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος

Με τη μέθοδο random του Excel επιλέξαμε 15 γραπτά, τα οποία δώσαμε σε τρεις έμπειρους εκπαιδευτικούς (2 φυσικούς και 1 χημικό) για να τα βαθμολογήσουν. Αυτοί μετά από μια πρώτη βαθμολόγηση, προχώρησαν από κοινού στην οργάνωση και διατύπωση ενός βαθμολογικού σχήματος και στη συνέχεια βασιζόμενοι στην τελική του μορφή βαθμολόγησαν τα 15 γραπτά. Έπειτα έγινε η βαθμολογική συσχέτιση με το SPSS, τόσο ανά ερώτηση όσο και για το σύνολο των ερωτήσεων**.** Ο συντελεστής συσχέτισης του μη παραμετρικού κριτηρίου *ρο του Spearman* κυμάνθηκε από 0,852 μέχρι 0,972. Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, ο ερευνητής, με βάση το παραπάνω βαθμολογικό σχήμα, βαθμολόγησε πάλι τα 15 αυτά γραπτά, αγνοώντας τους βαθμούς των υπολοίπων. Τέλος, έγινε συσχέτιση μεταξύ του μέσου όρου της βαθμολογίας των τριών ανεξάρτητων βαθμολογητών και της βαθμολογίας του ερευνητή για τα ίδια (15) γραπτά. Οι τιμές του συντελεστή *ρο* του Spearman κυμάνθηκαν από 0,849 μέχρι 0,983, δηλώνοντας πολύ καλή συνάφεια μεταξύ των βαθμολογητών.

Αποτελέσματα

Ποιοτική σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών ανά βιβλίο

Αρχικά, συγκρίναμε ποιοτικά τις επιδόσεις στο τεστ φυσικής των μαθητών του ΠΤ με τις αντίστοιχες του ΤΕ, βασιζόμενοι, σε αυτή την εργασία, στις βαθμολογίες των τεστ. Σε επόμενη ανακοίνωση θα παρουσιασθεί και η ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων που δίνουν οι μαθητές. Η σύγκριση απεικονίζεται με διάγραμμα «κουτιού-μουστακιού» (Boxplot) (Σχήμα 1). Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, το κάθε «κουτί» δείχνει το εύρος των τιμών, παραλείποντας το υψηλότερο και το χαμηλότερο 25%. Η οριζόντια γραμμή μέσα στο «κουτί» δείχνει την ενδιάμεση τιμή, έτσι ώστε το 50% των τιμών να είναι μικρότερες και το άλλο 50% να είναι μεγαλύτερες. Τα «μουστάκια» δείχνουν τις τιμές του υψηλότερου και του χαμηλότερου βαθμού.

Στατιστική επεξεργασία των επιδόσεων των μαθητών ανά βιβλίο

Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov.

Τα αποτελέσματα περιέχονται στον Πίνακα 1, από τη μελέτη του οποίου διαπιστώνονται τα εξής: Η διαφορά των μέσων τιμών επίδοσης στην ερώτηση 1, που αφορούσε την έννοια της ισότητας διανυσμάτων, μεταξύ των δύο ομάδων είναι 26,4% υπέρ της ομάδας που διδάχτηκε το πειραματικό βιβλίο. Στην ερώτηση 2, που αφορούσε το σχεδιασμό διανυσμάτων δύναμης, η διαφορά των μέσων τιμών επίδοσης είναι μόνο 2,2%. Στην ερώτηση 3, που αφορούσε τη δικαιολόγηση της ύπαρξης βάρους στη Σελήνη, η διαφορά των μέσων τιμών επίδοσης είναι 6,8%. Στο σύνολο των τριών ερωτήσεων, η διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας είναι 11,8%.

Κάνοντας τον έλεγχο κανονικότητας (τεστ Kolmogorov-Smirnov) διαπιστώσαμε ότι οι επιδόσεις στην ερώτηση 1 (σχολικό και πειραματικό βιβλίο), στην ερώτηση 2 (σχολικό βιβλίο) και στην ερώτηση 3 (σχολικό βιβλίο) δεν ακολουθούσαν την κανονική κατανομή. Όμως στο σύνολο των ερωτήσεων και στα δύο βιβλία τα δεδομένα ακολούθησαν την κανονική κατανομή. Έτσι, εφαρμόσαμε το κριτήριο *t* το σύνολο των ερωτήσεων για τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών και το απαραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για τη κάθε ερώτηση χωριστά.

Από την επεξεργασία των Πινάκων 2 και 3 καταδεικνύονται τα εξής:

Στην ερώτηση 1 (τεστ των Mann-Whitney) η διαφορά των επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 1%.

Στην ερώτηση 2 (τεστ των Mann-Whitney) έχουμε τιμή p =0,764. Επειδή όμως τα δείγματά μας είναι μεγάλα (N_1=50, N_2=50), η κατανομή U μπορεί να θεωρηθεί κανονική, οπότε η τιμή Z = 3,01 είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή 1,645 για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10% (διπλής κατεύθυνσης) (Z=3,01 p<0,1). Επομένως η διαφορά των μέσων τιμών είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%.

Στην ερώτηση 3 (τεστ των Mann-Whitney), η διαφορά των επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 1%.

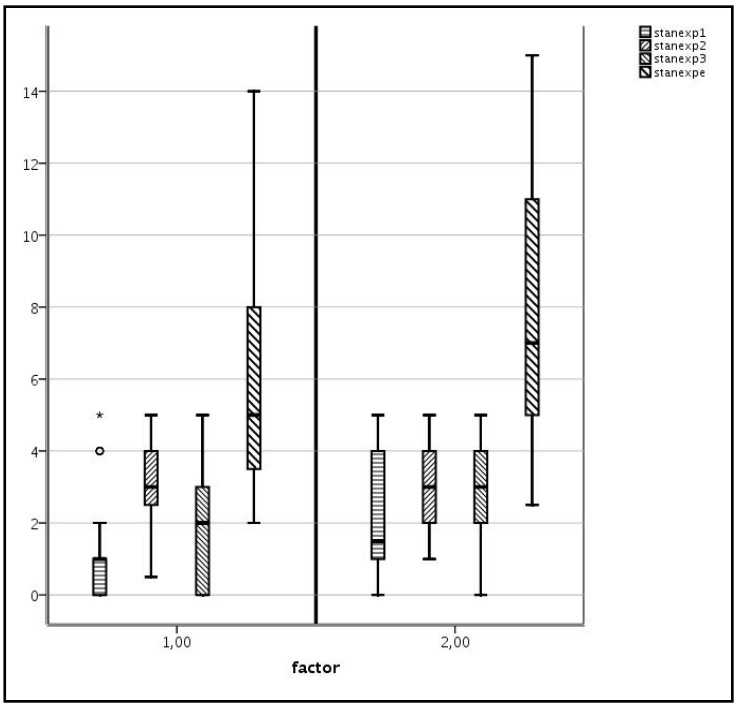
Στο σύνολο των ερωτήσεων με βάση το κριτήριο Levene (επειδή η κατανομή είναι κανονική) για τον έλεγχο ισοδυναμίας των διακυμάνσεων έχουμε οριακή τιμή (0,05), οι τιμές του κριτηρίου t είναι ίδιες και στις δύο γραμμές και ίσες με 2,691. Η τιμή αυτή p = 0,008 < 0,01. Συνεπώς οι μέσες επιδόσεις είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 1%. Επομένως, η ομάδα που διδάχθηκε από το πειραματικό βιβλίο έφερε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση από την ομάδα που διδάχθηκε από το σχολικό βιβλίο.

Συμπεράσματα και Συζήτηση

1. Στις ερωτήσεις 1 και 3 του τεστ, οι διαφορές των βαθμολογικών επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1% υπέρ του πειραματικού βιβλίου, κάτι που δείχνει ότι ο τρόπος που προσεγγίζει τις έννοιες το πειραματικό βιβλίο βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν την ύλη, περισσότερο από ό,τι το σχολικό εγχειρίδιο.

2. Στη ερώτηση 2 η διαφορά βρέθηκε στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%, κάτι που δείχνει ότι η σχετική με την ερώτηση προσέγγιση και διδασκαλία από το πειραματικό βιβλίο

Σχήμα 1: Διάγραμμα κουτιού-μουστακιού των επιδόσεων ανά ερώτηση και στο σύνολο των ερωτήσεων για τους μαθητές του τμήματος ελέγχου (αριστερά) και του πειραματικού τμήματος (δεξιά).



Πίνακας 1: Επίδοση στο τεστ φυσικής ανά τμήμα και ανά ερώτηση για μαθητές που διδάχτηκαν από το πειραματικό βιβλίο (ΠΤ) και για μαθητές που διδάχτηκαν από το σχολικό βιβλίο (ΤΕ). (Όλες οι βαθμολογίες έχουν αναχθεί στο 100).

ΤΜΗΜΑ	Ερώτηση 1 Μ.Τ. (Τ.Α)	Ερώτηση 2 Μ.Τ. (Τ.Α)	Ερώτηση 3 Μ.Τ. (Τ.Α)	Σύνολο των 3 ερωτήσεων
ΠΤ1 (N=25)	40.0 (39.2)	68.0 (24.0)	41.6 (35.6)	49.9(25.9)
ΠΤ2Ε (N=25)	52.8(37.0)	56.4(22.8)	47.2(31.6)	52..1(22,0)
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ (N=50)	**46.4(38.2)**	**62.2(23.8)**	**44.4(33.4)**	**51.0(3.60)**
ΤΕ1 (N=26)	13.0(21.8)	65.0(19.8)	42.4(30.6)	40.1 (18.2)
ΤΕ2 (N=24)	27.6(32.2)	54.6(21.8)	32.6(31.6)	38.2(21.3)
ΣΥΝΟΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ (N=50)	**20.0(28.0)**	**60.0(21.2)**	**37.6(31.2)**	**39.2(19.6)**

δεν διαφέρει και πολύ από την αντίστοιχη του σχολικού βιβλίου.

3. Στο σύνολο των τριών ερωτήσεων όμως οι διαφορές των βαθμολογικών επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1% υπέρ του πειραματικού βιβλίου. Διαφαίνεται λοιπόν, ότι η προσέγγιση της έννοιας της *δύναμης* και του *βάρους* μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού βοηθά τους μαθητές να άρουν τις δυσκολίες που συναντούν στο σχολικό εγχειρίδιο και να αφομοιώσουν περισσότερο τη διδασκόμενη ύλη.

4. Το μικρό δείγμα της έρευνας (100 μαθητές, δύο ενότητες, ένα βιβλίο) δεν μας επιτρέπει να γενικεύσουμε τα συμπεράσματά μας. Εξάλλου για να είμαστε βέβαιοι ότι το ένα βιβλίο είναι καλύτερο από το άλλο θα έπρεπε να διδαχθούν όλες οι ενότητες φυσικής της τάξης αυτής σε μεγάλο δείγμα και σε πολλά σχολεία.

Τέλος, επαναλαμβάνουμε ότι οι σκοποί της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, η φιλοσοφία της εκπαίδευσης και οι γνώσεις μας για την ψυχολογία της μάθησης αλλάζουν διαρκώς και αυτό επιβάλλει τη χρήση περισσότερων από μιας προσεγγίσεων στη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2004, Τσαπαρλής, 1991, 1998). Η φιλοσοφία του πειραματικού βιβλίου εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα ερευνητική εργασία βασίζεται ακριβώς σε αυτήν την πολλαπλότητα των προσεγγίσεων. Σημειώνεται ότι σε άλλη εργασία αυτού του Συνεδρίου (Τάτση και Τσαπαρλής, 2011), περιγράφεται η επέκταση του παραπάνω βιβλίου, με την περίληψη σε αυτό και μαθημάτων βιολογίας.

Πίνακας 2: Σύγκριση των επιδόσεων των δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (N1=50, N2=50) με το t-test, για τα δύο βιβλία, στο σύνολο των τμημάτων για το σύνολο των ερωτήσεων.

	Κριτήριο Levene για την ισότητα των διακυμάνσεων		*Κριτήριο t για την ισότητα των μέσων τιμών*		
	F	*Ε.Σ.*	*t*	*Β.Ε.*	*Ε.Σ.*
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων	3,945	0,050	2,691	98,000	0,008
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων			2,691	94,15	0,008

Ε.Σ.: Επίπεδο σημαντικότητας. Β.Ε.: Βαθμοί ελευθερίας.

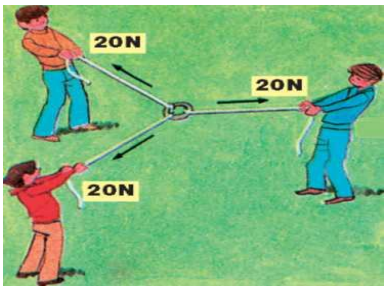
Πίνακας 3: Απαραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για τα δύο βιβλία μαζί, στο σύνολο των 4 τμημάτων, για κάθε ερώτηση χωριστά.

	ΕΡΩΤΗΣΗ 1	ΕΡΩΤΗΣΗ 2	ΕΡΩΤΗΣΗ 3
Mann-Whitney U	750,500	1207,000	811,000
Z	-3,586	-0,301	-3,082
Ασυμπτωτικό Ε.Σ.	0,000	0,764	0,002
Μορφή καμπύλης	p<0,010 (S)	p>0,10 (NS)	p<0,01(S)

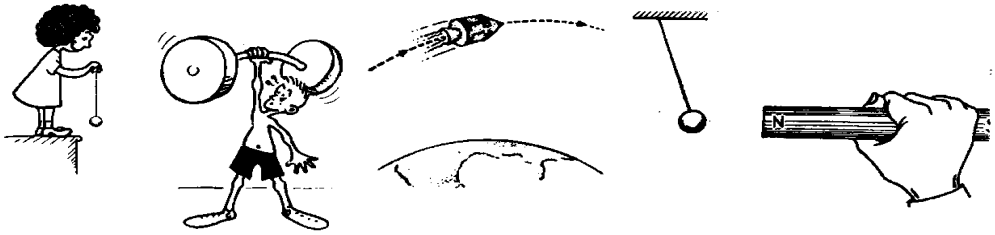
ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ. Θεωρούμε απαραίτητο να επισημάνουμε ότι με την εργασία μας αυτήν δεν επιδιώκουμε να καταδείξουμε ότι το συγκεκριμένο μη σχολικό βιβλίο που χρησιμοποιήσαμε (αμφότεροι οι συγγραφείς του οποίου είναι και οι δύο από τους τρεις συγγραφείς αυτής της εργασίας) υπερτερεί του σχολικού βιβλίου φυσικής της β΄ γυμνασίου. Οι συγγραφείς του σχολικού βιβλίου είναι σίγουρα ικανοί και άξιοι επιστήμονες και συγγραφείς και γνωρίζουμε ότι ανάμεσά τους βρίσκονται και εκπαιδευτικοί με σπουδές στην διδακτική της φυσικής. Εκείνο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι το μη σχολικό βιβλίο έχει συγγραφεί με συγκεκριμένη φιλοσοφία, η οποία προφανώς επηρέασε και την επιλογή των συγκεκριμένων ερωτήσεων που ετέθησαν στο χρησιμοποιηθέν τεστ φυσικής. Με χρήση ενός διαφορετικού τεστ, ίσως τα ευρήματα να μην ήταν τα ίδια. Επομένως, καλούμε τους αναγνώστες να θεωρήσουν τα ευρήματα αυτής της εργασίας υπό τον παραπάνω περιορισμό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Το τεστ φυσικής

1. Στο σχήμα, το κάθε παιδί ασκεί την ίδια σε μέτρο δύναμη, 20 N, στο σχοινί που τραβά. Από την άποψη της φυσικής, είναι ίσες οι τρεις αυτές δυνάμεις; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.



2. Στις παρακάτω εικόνες να σχεδιάσεις τα διανύσματα των δυνάμεων που ασκούν:
Το χέρι του κοριτσιού στο νήμα
Ο αρσιβαρίστας στα βάρη
Η γη στο δορυφόρο
Ο μαγνήτης στη σιδερένια σφαίρα



3. Ένας συμμαθητής σου εκφράζει την άποψη: «Ένα σώμα έχει βάρος μόνο όταν βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της γης, ενώ δεν έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης». Συμφωνείς με την άποψή του; Να εξηγήσεις την απάντησή σου.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Αναγνώστου Κ. (2009). Συγκριτική ανάλυση κειμένου, εικονογράφησης και σελιδοποίησης των σχολικών εγχειριδίων Βιολογίας της Γ' Γυμνασίου και Γ' Λυκείου. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., & Παπατσίμπα Λ. (2007). Φυσική Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

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.

Γεωργιάδου, Α., Γύφτου, Π., Χηνιάδης, Δ., & Σπυρέλλης, Ν., (1998**).** Κριτήρια αξιολόγησης διδακτικών βιβλίων. 1^0 Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, σελ.117-121. Αθήνα.

Δήμου Κ. (2009). Ανάλυση της εικονογράφησης και του γραπτού κειμένου στο νέο σχολικό εγχειρίδιο της φυσικής της γ' γυμνασίου. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών της Φυσικής και της Χημείας για το Γυμνάσιο (2003).

Ζούμπος Α. (2009). Ανάλυση του σχολικού εγχειριδίου φυσικής της β' γυμνασίου. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Κανταρτζή, Ε. (1991), Η εικόνα της γυναίκας: διαχρονική έρευνα των αναγνωστικών βιβλίων του Δημοτικού Σχολείου. Κυριακίδης, Θεσσαλονίκη.

Καούρης Σ. (2009). Συγκριτική ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών Φυσικής-Χημείας Λυκείου και των σχολικών εγχειριδίων χημείας α΄και β΄τάξης μεταξύ της γενικής (ΓΕΛ) και της τεχνικο-επαγγελματικής (ΤΕΕ) της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Κατσουλάκος Σ. (2008).Τα μαθηματικά στο σχολικό εγχειρίδιο φυσικής β΄ γυμνασίου. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Καψάλης Α. Γ. & Χαραλάμπους, Δ. Φ. (1995), Σχολικά εγχειρίδια. Σχολική εξέλιξη και σύγχρονη προβληματική. Έκφραση, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. (2004). Διδακτική των φυσικών επιστημών. Μέρος ΙΙ. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Κοντομηνάς, Δ. (2008). Συγκριτική ανάλυση εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών των τελευταίων 30 ετών στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα και στην Κύπρο. ΕΑΠ, Πάτρα.

Κουλαϊδής, Β., & Σκλαβενίτη, Σ., (1998). Ο ρόλος της σύνθεσης των σελίδων του διδακτικού βιβλίου στη διαμόρφωση της υποκειμενικότητας του μαθητή: Η περίπτωση της Χημείας Β΄ Γυμνασίου, Σύγχρονη Εκπαίδευση, Τεύχος 101, Ιούλιος –Αύγουστος 1998.

Κούτσης Π. (2006) Ο βαθμός κατανόησης του σχολικού εγχειριδίου της χημείας της Β΄γυμνασίου από τους μαθητές. Ε.Α.Π., Πάτρα.

Μαραβέλης Ι. (2008). Ανάλυση εικονογράφησης σχολικού εγχειριδίου χημείας β' γυμνασίου. Ε.Α.Π. Πάτρα.

Μπάκουλη Κ. (2009). Ανάλυση εγχειριδίων φυσικής γενικής παιδείας στο λύκειο : η περίπτωση της έννοιας της ενέργειας. Ε.Α.Π. Πάτρα.

Μπασδέκης, Σ. (1997). Χημεία β' γυμνασίου. Εκδόσεις Σαββάλα. Αθήνα

Μπονίδης, Κ. & Ε. Χοντολίδου (1995). Έρευνα σχολικών εγχειριδίων: Από την ποσοτική ανάλυση περιεχομένου σε ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης – Το παράδειγμα της Ελλάδας. Πρακτικά του Ζ΄ Διεθνούς Συνεδρίου της ΠΕΕ, σσ. 189–224. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Μπουντά Ε. (2009). Ανάλυση της εικονογράφησης των εγχειριδίων βιολογίας της α' και γ' γυμνασίου. Ε.Α.Π. Πάτρα.

Μπουρίτσας Γ. (2002). Το πολλαπλό βιβλίο φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μια συγκριτική παρουσίαση. Πρακτικά συνεδρίου 2ου Διεθνούς συνεδρίου: «Η Παιδεία στην αυγή του 21ου αιώνα. Ιστορικο- συγκριτικές προσεγγίσεις». Πάτρα 2002.

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1999), Πλαίσιο αξιολόγησης διδακτικών εγχειριδίων. Αθήνα.

Παλούμπα Ε. (2007). Ανάλυση της εικονογράφησης του νέου σχολικού εγχειριδίου χημείας της γ' γυμνασίου. Ε.Α.Π. Πάτρα.

Παραλίκα Ε. (2004). Η κατανόηση των κειμένων στα σχολικά εγχειρίδια χημείας θετικής κατεύθυνσης β΄ και γ΄ λυκείου. Μεταπτυχιακή εργασία. Διαπανεπιστημιακό Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών ΔιΧηΝΕΤ.Τμήμα Χημείας. Ε.Κ.Π.Α. Αθήνα.

Παππάς Β. (2006). Εύρεση, παρουσίαση και ανάλυση κειμένων από την ιστορία των φυσικών επιστημών στα σχολικά εγχειρίδια φυσικής του γυμνασίου, λυκείου : η διδακτική τους αξιοποίηση στα πλαίσια της παραδοσιακής, της καινοτομικής και της εποικοδομητικής αντίληψης στο υπάρχον αναλυτικό πρόγγραμμα. Ε.Α.Π. Πάτρα

Περώνη Γ. (2008). Ανάλυση της ειονογράφησης του νέου σχολικού εγχειριδίου φυσικής της β' γυμνασίου. Ε.Α.Π. Πάτρα.

Στέρπης Ν. (2008). Σύνδεση της εικονογράφησης με το κείμενο στο σχολικό εγχειρίδιο της φυσικής β' γυμνασίου. Ε.Α.Π. Πάτρα

Τράπαλη Β. (2009). Ανάλυση της εικονογράφησης του σχολικού εγχειριδίου φυσικής γ' γυμνασίου και της σύνδεσής της με το κείμενο. Ε.Α.Π. Πάτρα

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 Ζ΄ Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση».

Τσατσαρώνη, Α., Κουλαϊδής, Β. (2001). «Τα χαρακτηριστικά των Σχολικών Εγχειριδίων και του Παιδαγωγικού Κειμένου» στο Δημόπουλος, Κ., Κουλαϊδής, Β., Χατζηνικήτα, Β. (επιμ.) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (σελ. 267-269), Κεφ. 9, Τόμος Β΄. ΕΑΠ, Πάτρα.

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

Τσαπαρλής Γ. (1998). Πρόταση για ένα ενοποιημένο μάθημα φυσικής και χημείας στην α΄ γυμνασίου. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», σσ. 535-540.

Τσούλος Γ., Τσαπαρλής Γ. (2009). Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων γυμνασιακής φυσικής και χημείας: Ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», σσ. 895-902.

Φραγκουδάκη, Α. (1978), Τα αναγνωστικά βιβλία του δημοτικού σχολείου: Ιδεολογικός πειθαναγκασμός και παιδαγωγική βία. Θεμέλιο, Αθήνα.

Armbruster, B.B., Anderson, T.H. (1991). Textbook analysis, curriculum components, and conceptual framework. In: The International Encyclopaedia of Curriculum; Pergamon Press, Oxford.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Cortina, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications Journal of Applied Psychology, 78, 98-104.

Costa, N., Marques, L., & Kempa, R. (2000). Science teachers' awareness of findings from educational research. Chemical Education Research and Practice, 1, 31-36.

Kariotoglou, P., Psillos, D., Vallassiades, O. (1990). Understanding pressure: Didactical transposition and pupils' conceptions, Physics Education, 25, 92-96.

Osborne, R. Freyberg, P. (1991). El aprendizaje de las ciencias. Narcea, Madrid.

Scott, P. (1987). A constructivist view of learning and teaching science. Centre for Studies In Science and Mathematics Education (CSSME), University of Leeds, Leeds.

Sutton, C. (1992). Words, science and learning. Open University Press Buckingham, Philadelphia.

Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών – Μέρος Γ: γυμνασιακή χημεία

Γεώργιος Τσούλος,[1] Κωνσταντίνος Καμπουράκης,[2] Γεώργιος Τσαπαρλής[1]
[1] *Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας,* gtsoulos@cc.uoi.gr; gtseper@cc.uoi.gr
[2] *Γενικό ενιαίο Λύκειο Φιλιππιάδας,* ckampur@sch.gr

Περίληψη
Στο τρίτο μέρος αυτής της εργασίας εξετάζουμε στην σχολική πράξη την αποτελεσματικότητα ενός πειραματικού μη σχολικού βιβλίου εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες (φ.ε.) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Το βιβλίο έχει γραφτεί από ερευνητές της διδακτικής των φ. ε., με βάση αρχές της διδακτικής. Ακόμη, έχει συγγραφεί, χρησιμοποιηθεί σε σχολεία και αξιολογηθεί πριν από μερικά χρόνια στα πλαίσια του προγράμματος ΣΕΠΠΕ (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Ειδικότερα, συγκρίναμε τις επιδόσεις σε σχετικό τεστ μαθητών που διδάχθηκαν μια ενότητα χημείας αναφορικά με τις χημικές αντιδράσεις από το ως άνω βιβλίο με τις επιδόσεις στο ίδιο τεστ μαθητών που διδάχθηκαν το ίδιο θέμα από το σχολικό βιβλίο χημείας β΄ γυμνασίου. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε έξι τμήματα β΄ γυμνασίου δύο αστικών επαρχιακών γυμνασίων, σε σύνολο 115 μαθητών. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το μη σχολικό βιβλίο βοηθά περισσότερο τους μαθητές στην κατανόηση των διδαχθεισών χημικών εννοιών. Βέβαια, λόγω του οριακά μικρού δείγματος και του πολύ μικρού αριθμού των διδαχθέντων θεμάτων, το συμπέρασμα αυτό δεν μπορεί να γενικευθεί.

Abstract
In Part 3 of this work, we examine in actual school practice the effectiveness of an experimental non-standard introductory book to physical science (physics and chemistry) for the seventh grade (first grade of lower secondary school in Greece). The book has been written by science-education researchers, on the basis of principles of science education. In addition, it was written, tested, and evaluated some years ago in the context of the project SEPPE of the Greek Pedagogic Institute. In particular, we compared the performance in a relevant test of an experimental group of students who were taught a unit of chemistry about 'chemical reactions' from the above book, with the performance in the same test of a control group of students who were taught the same topics from the standard eighth-grade physics school book. The study was carried out in six eighth-grade classes of two urban lower-secondary Greek schools, totaling 1115 students. The statistical analysis showed that the non-standard book assisted students more in understanding the taught chemistry concepts. However, due to the marginally small sample size and the very limited number of taught topics, the finding cannot be generalized.

Εισαγωγή

Στο δεύτερο μέρος αυτής της εργασίας που ανακοινώνεται στο παρόν συνέδριο (Τσούλος & Τσαπαρλής, 2011) εξετάσαμε στην σχολική πράξη την αποτελεσματικότητα ενός πειραματικού μη σχολικού βιβλίου εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες (φ.ε.) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Το βιβλίο έχει γραφτεί από ερευνητές της διδακτικής των φ. ε., με βάση αρχές της διδακτικής. Ακόμη, έχει συγγραφεί, χρησιμοποιηθεί σε σχολεία και αξιολογηθεί πριν από μερικά χρόνια στα πλαίσια του προγράμματος ΣΕΠΠΕ (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών

Προγραμμάτων Εκπαίδευσης) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (Τσαπαρλής, 1998). Ειδικότερα, στο δεύτερο μέρος συγκρίναμε τις επιδόσεις σε σχετικό τεστ μαθητών που διδάχθηκαν δύο μαθήματα φυσικής για τη «δύναμη» και για το «βάρος σώματος» από το ως άνω βιβλίο με τις επιδόσεις στο ίδιο τεστ μαθητών που διδάχθηκαν τα ίδια θέματα από το σχολικό βιβλίο φυσικής β΄ γυμνασίου.
Στο τρίτο μέρος, εφαρμόζουμε την ίδια μεθοδολογία στην περίπτωση της γυμνασιακής χημείας. Ειδικότερα συγκρίναμε τις επιδόσεις σε σχετικό τεστ μαθητών που διδάχθηκαν μια ενότητα χημείας για τις «χημικές αντιδράσεις» από το ως άνω βιβλίο με τις επιδόσεις στο ίδιο τεστ μαθητών που διδάχθηκαν το ίδιο θέμα από το σχολικό βιβλίο χημείας β΄ γυμνασίου (Αβραμιώτης κ.ά., 2007). Όπως και στην περίπτωση του δεύτερου μέρους, εκ προοιμίου πρέπει να επισημάνουμε όμως έναν σημαντικό περιορισμό αυτής της εργασίας, υπό τον οποίο πρέπει αυτή να αναγνωστεί: περί αυτού παραπέμπουμε τον αναγνώστη στην *Σημαντική Παρατήρηση* που καταγράφεται στο τέλος αυτού του άρθρου.
Θέματα σχετικά με τον ρόλο του σχολικού εγχειριδίου και του εκπαιδευτικού στη διδασκαλία, τις διδακτικές μεθόδους και ερευνητικές εργασίες στην Ελλάδα σχετικές με σχολικά εγχειρίδια συζητούνται στο δεύτερο μέρος και δεν επαναλαμβάνονται εδώ.

Μέθοδος

Α. Επιλογή και χαρακτηριστικά των εγχειριδίων
Από τα υπάρχοντα διδακτικά εγχειρίδια επιλέξαμε το βιβλίο *«Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες»* των Τσαπαρλή - Καμπουράκη (2003), το οποίο είναι βασισμένο σε διάφορες αρχές της διδακτικής των φ.ε. (*πειραματικό βιβλίο*). Το βιβλίο αυτό επιχειρεί μια ενιαιοποιημένη αντιμετώπιση της φυσικής και της χημείας και γράφτηκε πειραματικά, ως πρόταση για την α΄ τάξη γυμνασίου, στα πλαίσια του προγράμματος των *«Σχολείων Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης»* (ΣΕΠΠΕ) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Το βιβλίο αυτό έχει γραφεί από ειδικούς της διδακτικής και παράλληλα έχει ήδη εφαρμοστεί και κριθεί από τους εκπαιδευτικούς σε άλλη έρευνα κατά τα σχολικά έτη 1998-9 9 και 1999-2000.
Με το *πειραματικό βιβλίο*: α) ενθαρρύνεται η εποικοδομητική-ενεργητική διδασκαλία και μάθηση, β) αναπτύσσονται πειραματικές δεξιότητες από τους μαθητές, γ) γίνεται σύνδεση των φ.ε. με τη ζωή και τις εφαρμογές, δ) ακολουθείται η σπειροειδής διδασκαλία με ποιοτική προσέγγιση των εννοιών, ε) ενισχύεται η νοηματική μάθηση και περιορίζεται η απομνημόνευση και στ) οι ποσοτικές σχέσεις δίνονται με απλότητα και παράλληλα αποφεύγονται οι μαθηματικές εξισώσεις και οι γραφικές παραστάσεις (Τσαπαρλής, 1991, 1998).

Β. Επιλογή μεθόδου αξιολόγησης βιβλίων - Επιλογή δείγματος
Η μέθοδος που ακολουθήσαμε κατά την έρευνά μας είναι η ακόλουθη: Διδάχθηκε μία ενότητα σε ένα σχολικό τμήμα (*πειραματικό τμήμα, ΠΤ*) από το πειραματικό βιβλίο και παράλληλα η ίδια ενότητα διδάχθηκε από το σχολικό εγχειρίδιο σε ένα δεύτερο τμήμα (*τμήμα ελέγχου, ΤΕ*) του ίδιου σχολείου, σχετικά ισοδύναμο με το πρώτο, από τον ίδιο διδάσκοντα, αυτόν δηλαδή που δίδασκε το μάθημα στα συγκεκριμένα τμήματα του κάθε σχολείου. Στη συνέχεια οι μαθητές και των δύο τμημάτων εξετάστηκαν στο ίδιο τεστ χημείας, για ίσο χρόνο, και βαθμολογήσαμε τις απαντήσεις τους. Τέλος, κάναμε στατιστική επεξεργασία των βαθμολογιών και καταλήξαμε σε συμπεράσματα. Ο έμμεσος αυτός τρόπος αξιολόγησης των εγχειριδίων κρίθηκε ως ο πιο προσιτός και προσφερόμενος για τις δεδομένες συνθήκες της έρευνας.
Το τεστ χημείας δείχνεται στο Παράρτημα στο τέλος του άρθρου. Μία ερώτηση (η 2) ελήφθη από τη βιβλιογραφία (Μπασδέκης, 1997), δύο ερωτήσεις από το πειραματικό βιβλίο

(οι 3 και 4). Τέλος, η ερώτηση 1 είναι ερώτηση συμπλήρωσης κενών, αναφέρεται σε δύο ορισμούς του σχολικού βιβλίου και είναι παρόμοια με άλλες ερωτήσεις που περιέχονται στο βιβλίο αυτό, χωρίς όμως να δίνονται οι λέξεις που χρειάζονται για την απάντηση. Όλες οι ερωτήσεις ήταν απαιτητικές και επελέγησαν διότι: α) εξέταζαν ταυτόχρονα τις γνώσεις και την κριτική σκέψη των μαθητών, β) είχαν σκοπό να επεκτείνουν τις γνώσεις των μαθητών στις σχετικές μελετώμενες έννοιες. Ο μικρός σχετικά αριθμός των ερωτήσεων (4) οφείλεται στον μικρό χρόνο (20 λεπτά) που μας δόθηκε από τους διδάσκοντες, αφού δεν έπρεπε να διαταραχθεί το πρόγραμμα διδασκαλίας.
Το δείγμα μας ήταν 115 μαθητές, έξι τμημάτων, από δύο αστικά σχολεία της επαρχίας, των οποίων η επιλογή δεν ήταν τυχαία, αλλά καρπός μιας επίπονης και χρονοβόρου προσπάθειας του ερευνητή, διότι δύσκολα ένας εκπαιδευτικός δέχεται να διαφοροποιήσει το πρόγραμμά του, όταν φυσικά έχει αυτή τη δυνατότητα. Το ένα γυμνάσιο είχε τέσσερα τμήματα στη β΄ τάξη, τα οποία και χρησιμοποιήσαμε στην έρευνά μας. Από το άλλο γυμνάσιο που είχε τρία τμήματα επιλέξαμε τα δύο, με κριτήρια: α) το μέσο όρο του κάθε τμήματος στο πρόχειρο διαγώνισμα χημείας του α΄ τριμήνου, β) τη μέση βαθμολογία στο Α' τρίμηνο και γ) τη σχετική εισήγηση του διδάσκοντος. Στόχος μας ήταν να συγκρίνουμε δύο τμήματα κατά το δυνατόν ισοδύναμα. Τρία από τα έξι συνολικά τμήματα ορίστηκαν ως πειραματικά (ΠΤ) και τρία ως ελέγχου (ΤΕ).

Γ. Στόχοι και εγκυρότητα του τεστ
Με το συγκεκριμένο τεστ *στοχεύαμε*: α) στον έλεγχο γνώσεων β) στην εφαρμογή γνώσεων σε νέες καταστάσεις γ) στην κριτική σκέψη και δ) στην αναζήτηση εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Ο έλεγχος της εσωτερικής συνοχής του τεστ έγινε με το SPSS, συσχετίζοντας τις ερωτήσεις 1-3, και 2-4, για τρεις διαφορετικές ομάδες: α) των μαθητών που διδάχθηκαν από το σχολικό βιβλίο, β) των μαθητών που διδάχθηκαν από το πειραματικό, γ) του συνόλου των μαθητών. Οι τιμές του συντελεστή άλφα του Cronbach ήταν 0,690 για το σχολικό, 0,752 για το πειραματικό και 0,741 για το σύνολο των μαθητών. Στη βιβλιογραφία, τιμές των δεικτών αξιοπιστίας από 0,6 έως 0,7 αντιστοιχούν σε μέτρια εσωτερική συνοχή του τεστ, ενώ τιμές των δεικτών ανώτερες του 0,7 αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη συνοχή (Cortina, 1993). Έτσι, αν εξαιρέσουμε την περίπτωση του σχολικού βιβλίου, στο οποίο παρατηρήθηκε οριακά καλή συνοχή, μπορούμε να πούμε ότι το τεστ γενικά παρουσίασε υψηλή εσωτερική συνοχή.

Δ. Αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος
Με τη μέθοδο random του Excel επιλέξαμε 18 γραπτά, τα οποία δώσαμε σε τρεις έμπειρους εκπαιδευτικούς (2 χημικούς και 1 φυσικό) για να τα βαθμολογήσουν. Αυτοί μετά από μια πρώτη βαθμολόγηση, προχώρησαν από κοινού στην οργάνωση και διατύπωση ενός βαθμολογικού σχήματος και στη συνέχεια βασιζόμενοι στην τελική του μορφή βαθμολόγησαν τα 18 γραπτά. Έπειτα έγινε η βαθμολογική συσχέτιση με το SPSS, τόσο ανά ερώτηση όσο και για το σύνολο των ερωτήσεων**.** Ο συντελεστής συσχέτισης του μη παραμετρικού κριτηρίου *ρο του Spearman* κυμάνθηκε από 0,805 μέχρι 0,994. (Εξαίρεση αποτέλεσε η ερώτηση 2 όπου ο παραπάνω συντελεστής πήρε τις τιμές 0,394, 0,443 και 0,686, δηλαδή υπήρξε πολύ χαμηλή συνάφεια που αποδίδεται στον ελαστικό τρόπο βαθμολόγησης της συγκεκριμένης ερώτησης. Για εξομάλυνση προτάθηκε μια αλλαγή στο βαθμολογικό σχήμα, δηλαδή όταν ο μαθητής απαντά ότι « η μάζα της ουσίας Γ είναι 10 g επειδή *σε κάθε αντίδραση η μάζα των αντιδρώντων ισούται με τη μάζα των προϊόντων*» να δίνονται 0,75 μονάδες.) Στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας, ο ερευνητής, με βάση το παραπάνω βαθμολογικό σχήμα, βαθμολόγησε πάλι τα 18 αυτά γραπτά, αγνοώντας τους βαθμούς των υπολοίπων. Τέλος, έγινε συσχέτιση μεταξύ του μέσου όρου της βαθμολογίας των τριών ανεξάρτητων βαθμολογητών και της βαθμολογίας του ερευνητή για τα ίδια (18) γραπτά. Οι

τιμές του συντελεστή *ρο* του Spearman κυμάνθηκαν από 0,785 μέχρι 0,981, δηλώνοντας πολύ καλή συνάφεια μεταξύ των βαθμολογητών.

Ε. Στατιστική επεξεργασία των επιδόσεων των μαθητών ανά βιβλίο

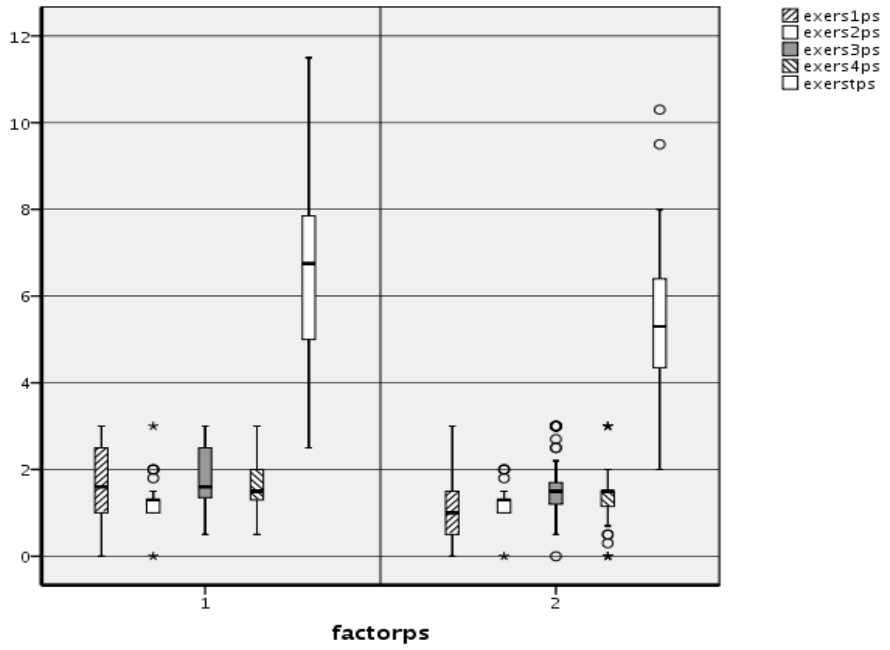
Τα δεδομένα από τις επιδόσεις των μαθητών υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov.

Αποτελέσματα

Ποιοτική σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών ανά βιβλίο

Αρχικά, συγκρίναμε ποιοτικά τις επιδόσεις στο τεστ χημείας των μαθητών των ΠΤ με τις αντίστοιχες των ΤΕ, βασιζόμενοι, σε αυτή την εργασία, στις βαθμολογίες των τεστ. Σε επόμενη ανακοίνωση θα παρουσιασθεί και η ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων που δίνουν οι μαθητές. Η σύγκριση απεικονίζεται με διάγραμμα «κουτιού-μουστακιού» (Boxplot) (Σχήμα 1). Στο συγκεκριμένο διάγραμμα, το κάθε «κουτί» δείχνει το εύρος των τιμών, παραλείποντας το υψηλότερο και το χαμηλότερο 25%. Η οριζόντια γραμμή μέσα στο «κουτί» δείχνει την ενδιάμεση τιμή, έτσι ώστε το 50% των τιμών να είναι μικρότερες και το άλλο 50% να είναι μεγαλύτερες. Τα «μουστάκια» δείχνουν τις τιμές του υψηλότερου και του χαμηλότερου βαθμού.

Από τη μελέτη του Πίνακα 1 διαπιστώνονται τα εξής: Η διαφορά των μέσων τιμών επίδοσης στην *1η ερώτηση*, που αφορούσε την έννοια της χημικής αντίδρασης και τις εξώθερμες-ενδόθερμες αντιδράσεις, μεταξύ των δύο ομάδων είναι 18,2% υπέρ της ομάδας που διδάχτηκε το πειραματικό βιβλίο. Στη *2η ερώτηση*, που αφορούσε την διατήρηση της μάζας σε μια χημική αντίδραση, η διαφορά είναι μόλις 2,4% υπέρ της ομάδας που διδάχτηκε από το πειραματικό βιβλίο. Στην *3η ερώτηση*, που αφορούσε την οξείδωση του σιδήρου, η



Σχήμα 1: Διάγραμμα κουτιού-μουστακιού των επιδόσεων ανά ερώτηση και στο σύνολο των ερωτήσεων για τους μαθητές που διδάχθηκαν από το πειραματικό βιβλίο (αριστερά) και από το σχολικό βιβλίο (δεξιά).

Πίνακας 1: Επίδοση στο τεστ χημείας ανά τμήμα και ανά ερώτηση για μαθητές που διδάχτηκαν από το πειραματικό βιβλίο (ΠΤ) και για μαθητές που διδάχτηκαν από το σχολικό βιβλίο (ΤΕ). (Όλες οι βαθμολογίες έχουν αναχθεί στο 100.)

ΤΜΗΜΑ*	**Ερώτηση 1 Μ.Τ. (Τ.Α)**	**Ερώτηση 2 Μ.Τ. (Τ.Α)**	**Ερώτηση 3 Μ.Τ. (Τ.Α)**	**Ερώτηση 4 Μ.Τ. (Τ.Α)**	**Σύνολο 4 ερωτήσεων**
ΠΤ1 (N=20)	55,3 (33,0)	39,7 (13,0)	63,0 (27,3)	51,7 (22,7)	52,4(17,7)
ΠΤ2α (N=19)	62,7 (32,0)	47,3 (14,0)	62,7 (27,7)	60,7 (23,3)	58,4(17,6)
ΠΤ2β (N=17)	50,7 (32,7)	43,0 (8,0)	54,7 (22,3)	53,3 (20,7)	50,4(15,7)
ΣΥΝΟΛΟ ΠΕΙ Ρ. ΤΜΗΜΑΤΩΝ (N1=56)	**56,2 (32,3)**	**42,7 (12,3)**	**60,1 (25,7)**	**55,2 (22,3)**	**53,6(17,2)**
ΤΕ1 (N=20)	37,3 (26,3)	40,3 (13,3)	53,0 (20,7)	49,7 (17,7)	45,1(14,9)
ΤΕ2α (N=21)	37,3 (26,7)	41,0 (8,0)	55,0 (25,3)	53,7 (21,7)	46,8(13,5)
ΤΕ2β (N=18)	39,3 (24,3)	39,7 (7,0)	49,0 (26,0)	35,7 (18,3)	40,9(13,7)
ΣΥΝΟΛΟ ΤΜ. ΕΛΕΓΧΟΥ (N2=59)	**38,0 (25,7)**	**40,3 (9,7)**	**52,3 (23,7)**	**46,4 (20,7)**	**44,3 (14,1)**

**Το 1 αναφέρεται στο ένα σχολείο και τα 2α και 2β στο άλλο σχολείο.*

Πίνακας 2: Σύγκριση των επιδόσεων των δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (N1=56, N2=59) με το t-test, για τα δύο βιβλία, στο σύνολο των τμημάτων μόνο για την *1η ερώτηση*.

	Κριτήριο Levene για την ισότητα των διακυμάνσεων		*Κριτήριο t για την ισότητα των μέσων τιμών*		
	F	*Επίπεδο σημαντικότητας*	*t*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Sig.*
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων	6,860	0,010	3,414	113,000	0,001
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων	-	-	3,394	104,766	0,001

διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ήταν 7,8%, ενώ στην *4η ερώτηση*, που αφορούσε την καύση του άνθρακα η διαφορά ήταν 8,8% υπέρ της πειραματικής ομάδας πάλι. Αν εξαιρέσουμε δηλαδή την 1η ερώτηση, οι παρατηρούμενες διαφορές στις άλλες ερωτήσεις είναι σχετικά μικρές. Στο σύνολο των τεσσάρων ερωτήσεων, η διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας είναι 9,3%. Κάνοντας στη συνέχεια τον έλεγχο κανονικότητας (τεστ Kolmogorov-Smirnov) διαπιστώθηκε ότι οι επιδόσεις στην ερώτηση 2 (σχολικό και πειραματικό βιβλίο), στην ερώτηση 3 (σχολικό βιβλίο), και στην ερώτηση 4 (σχολικό και πειραματικό βιβλίο) δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Όμως στο *σύνολο των ερωτήσεων* και στα δύο βιβλία τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Έτσι, εφαρμόσαμε το κριτήριο *t* στην πρώτη ερώτηση και στο σύνολο των ερωτήσεων για τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών και το απαραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για κάθε μια από τις υπόλοιπες ερωτήσεις.

Πίνακας 3: Σύγκριση των επιδόσεων των δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (N1=56, N2=59) με το t-test, για τα δύο βιβλία, στο σύνολο των τμημάτων *για το σύνολο των ερωτήσεων.*

	Κριτήριο Levene για την ισότητα των διακυμάνσεων		*Κριτήριο t για την ισότητα των μέσων τιμών*		
	F	*Επίπεδο σημαντικότητας*	*t*	*Βαθμοί ελευθερίας*	*Sig.*
Υπόθεση ίσων διακυμάνσεων	3,214	0,076	3,199	113,000	0,002
Υπόθεση άνισων διακυμάνσεων			3,183	106,486	0,002

Πίνακας 4: Απαραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για τα δύο βιβλία μαζί, στο σύνολο των έξι τμημάτων, για κάθε ερώτηση χωριστά.

	ΕΡΩΤΗΣΗ 2	ΕΡΩΤΗΣΗ 3	ΕΡΩΤΗΣΗ 4
Mann-Whitney U	1366,500	1340,000	1402,500
Z	1,764	-1,773	-1,467
Ασυμπτωτικό επίπεδο σημαντικότητας	0,078	0,076	0,142
Μορφή καμπύλης	p<0,10(S)	p<0,10(S)	p>0,10(N-S)

Από την επεξεργασία των πινάκων 2, 3 και 4 καταδεικνύονται τα εξής:

- Για την *1η ερώτηση* (t-test), το τεστ του Levene δίδει τιμή p = 0,010 < 0,05, οπότε απορρίπτεται η περίπτωση της ισότητας των διακυμάνσεων. Έτσι για τιμή του t-test λαμβάνουμε t = 3,394, η οποία είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή 2,617, με df = 120. Επομένως οι μέσες επιδόσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο 1% (διπλής κατεύθυνσης) (t = 3,394, df = 105, p < 0,01). Άρα η ομάδα που διδάχθηκε από το πειραματικό βιβλίο έφερε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση στην πρώτη ερώτηση από την ομάδα που διδάχθηκε από το σχολικό.
- Για την *2η ερώτηση, το* τεστ των Mann-Whitney δίδει τιμή p = 0,078 > 0,05. Επομένως μεταξύ των ανεξάρτητων ομάδων δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5%. Επειδή όμως τα δείγματά μας είναι μεγάλα (N_1 = 56, N_2 = 59), η κατανομή U μπορεί να θεωρηθεί κανονική, οπότε η η διαφορά των μέσων τιμών είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%, διότι η τιμή Z = 1,764 είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή 1,645 για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10% (διπλής κατεύθυνσης) (Z = 1,764, p < 0,10).
- Για την *3η ερώτηση,* το τεστ Mann-Whitney δίδει τιμή p = 0,076 > 0,05. Άρα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5%. Όμως η διαφορά των μέσων τιμών είναι σημαντική σε επίπεδο 10% καθόσον η τιμή Z = 1,773 είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής 1,645 για επίπεδο σημαντικότητας 10% (διπλής κατεύθυνσης), όπως φαίνεται από τον πίνακα των κρισίμων τιμών του t-test για άπειρους βαθμούς ελευθερίας (Z = 1,773, p<0,10).
- Για την *4η ερώτηση*, το τεστ Mann-Whitney δίδει τιμή p = 0,142 > 0,10. Άρα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε σε επίπεδο 10%. Επιπλέον η ευρεθείσα τιμή Z = 1,467 είναι μικρότερη της κρίσιμης τιμής 1,645 που δίνει την οξείδωση του σιδήρου, η διαφορά

μεταξύ των δύο ομάδων ήταν 0,23, ενώ στην *4η ερώτηση*, που αφορούσε την καύση του άνθρακα η διαφορά ήταν 0,26 (με άριστα 3,00) υπέρ της πειραματικής ομάδας πάλι. Αν εξαιρέσουμε δηλαδή την 1η ερώτηση, οι παρατηρούμενες διαφορές στις άλλες ερωτήσεις είναι σχετικά μικρές. Κάνοντας στη συνέχεια τον έλεγχο κανονικότητας (τεστ Kolmogorov-Smirnov) διαπιστώθηκε ότι οι επιδόσεις στην ερώτηση 2 (σχολικό και πειραματικό βιβλίο), στην ερώτηση 3 (σχολικό βιβλίο), και στην ερώτηση 4 (σχολικό και πειραματικό βιβλίο) δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Όμως στο *σύνολο των ερωτήσεων* και στα δύο βιβλία τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή. Έτσι, εφαρμόσαμε το κριτήριο *t* στην πρώτη ερώτηση και στο σύνολο των ερωτήσεων για τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών και το απαραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για κάθε μια από τις υπόλοιπες ερωτήσεις.

Από την επεξεργασία των πινάκων 2, 3 και 4 καταδεικνύονται τα εξής:

-Για την *1η ερώτηση* (t-test), το τεστ του Levene δίδει τιμή $p = 0{,}010 < 0{,}05$, οπότε απορρίπτεται η περίπτωση της ισότητας των διακυμάνσεων. Έτσι για τιμή του t-test λαμβάνουμε $t = 3{,}394$, η οποία είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή 2,617, με $df = 120$. Επομένως οι μέσες επιδόσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο 1% (διπλής κατεύθυνσης) ($t = 3{,}394$, $df = 105$, $p < 0{,}01$). Άρα η ομάδα που διδάχθηκε από το πειραματικό βιβλίο έφερε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση στην πρώτη ερώτηση από την ομάδα που διδάχθηκε από το σχολικό.

-Για την *2η ερώτηση, το* τεστ των Mann-Whitney δίδει τιμή $p = 0{,}078 > 0{,}05$. Επομένως μεταξύ των ανεξάρτητων ομάδων δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5%. Επειδή όμως τα δείγματά μας είναι μεγάλα ($N_1 = 56$, $N_2 = 59$), η κατανομή U μπορεί να θεωρηθεί κανονική, οπότε η η διαφορά των μέσων τιμών είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο 10%, διότι η τιμή $Z = 1{,}764$ είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη τιμή 1,645 για επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10% (διπλής κατεύθυνσης) ($Z = 1{,}764$, $p < 0{,}10$).

-Για την *3η ερώτηση,* το τεστ Mann-Whitney δίδει τιμή $p = 0{,}076 > 0{,}05$. Άρα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 5%. Όμως η διαφορά των μέσων τιμών είναι σημαντική σε επίπεδο 10% καθόσον η τιμή $Z = 1{,}773$ είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής 1,645 για επίπεδο σημαντικότητας 10% (διπλής κατεύθυνσης), όπως φαίνεται από τον πίνακα των κρισίμων τιμών του t-test για άπειρους βαθμούς ελευθερίας ($Z = 1{,}773$, $p<0{,}10$).

-Για την *4η ερώτηση*, το τεστ Mann-Whitney δίδει τιμή $p = 0{,}142 > 0{,}10$. Άρα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε σε επίπεδο 10%. Επιπλέον η ευρεθείσα τιμή $Z = 1{,}467$ είναι μικρότερη της κρίσιμης τιμής 1,645 που δίνει ο πίνακας κρισίμων τιμών του t-test για μεγάλα δείγματα και για άπειρους βαθμούς ελευθερίας σε επίπεδο 10%, επιβεβαιώνοντας ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε σε επίπεδο 10%.

-Στο σύνολο των ερωτήσεων, με βάση το κριτήριο Levene (επειδή η κατανομή είναι κανονική) για τον έλεγχο ισοδυναμίας των διακυμάνσεων, έχουμε τιμή $p = 0{,}076 > 0{,}05$, οπότε δεχόμαστε την ισότητα των διακυμάνσεων. Ως τιμή του κριτηρίου t λαμβάνουμε την 3,199 που δίδει τιμή $p = 0{,}002 < 0{,}01$. Συνεπώς οι μέσες επιδόσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε επίπεδο 1%. Επομένως, η ομάδα που διδάχθηκε από το πειραματικό βιβλίο έφερε στατιστικά σημαντικά υψηλότερη επίδοση στο σύνολο των ερωτήσεων, από την ομάδα που διδάχθηκε από το σχολικό.

Συμπεράσματα και Συζήτηση

1. Στην πρώτη από τις τέσσερις ερωτήσεις του τεστ οι διαφορές των βαθμολογικών επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1% υπέρ του πειραματικού βιβλίου. Από αυτή τη διαφορά, θα μπορούσε να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το πειραματικό βιβλίο προσέγγισε καλύτερα την έννοια της χημικής αντίδρασης και τις μεταβολές της θερμότητας κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων. Επειδή όμως η ερώτηση ήταν θεωρητική και απέβλεπε μόνο στον έλεγχο της αφομοίωσης των σχετικών γνώσεων και ταυτόχρονα πρόκειται για μία μόνο ερώτηση, θα ήταν καλύτερα να αποφύγουμε την εξαγωγή αυτού του συμπεράσματος.
2. Στη δεύτερη και τρίτη ερώτηση του τεστ οι διαφορές των επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 10% υπέρ της ομάδας των μαθητών που διδάχθηκαν από το πειραματικό βιβλίο. Και εδώ διαφαίνεται ότι το πειραματικό βιβλίο βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν βαθύτερα τις σχετικές έννοιες της Χημείας και ταυτόχρονα ενισχύει την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης από αυτούς. Επειδή όμως αναφερόμαστε σε στατιστική διαφορά 10%, θεωρούμε ότι δεν μπορούμε να γενικεύσουμε.
3. Στην τέταρτη ερώτηση η διαφορά δεν είναι στατιστικά σημαντική ούτε σε επίπεδο 10%. Αυτό φανερώνει ότι και τα δύο βιβλία διαπραγματεύονται εξίσου καλά την καύση του άνθρακα και οι μαθητές, πέρα από τη μελέτη, αναπτύσσουν και την κριτική σκέψη, ανεξάρτητα από το ποιο βιβλίο θα διδαχθούν και θα διαβάσουν.
4. Στο σύνολο των τεσσάρων ερωτήσεων όμως οι διαφορές των βαθμολογικών επιδόσεων είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 1% υπέρ του πειραματικού βιβλίου. Η διαφορά αυτή υποδηλώνει σαφώς, ότι η εποικοδομητική διδασκαλία μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού, βοηθά τους μαθητές να άρουν τις δυσκολίες που συναντούν στο σχολικό εγχειρίδιο και να αφομοιώσουν περισσότερο τη διδασκόμενη ύλη.

Το μικρό δείγμα της έρευνας (115 μαθητές, μία ενότητα, ένα βιβλίο) δεν μας επιτρέπει να γενικεύσουμε τα συμπεράσματά μας. Εξάλλου για να είμαστε βέβαιοι ότι το ένα βιβλίο είναι καλύτερο από το άλλο θα έπρεπε να διδαχθούν όλες οι ενότητες χημείας της τάξης αυτής σε μεγάλο δείγμα και σε πολλά σχολεία.

Τέλος, επαναλαμβάνουμε ότι οι σκοποί της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, η φιλοσοφία της εκπαίδευσης και οι γνώσεις μας για την ψυχολογία της μάθησης αλλάζουν διαρκώς και αυτό επιβάλλει τη χρήση περισσότερων από μιας προσεγγίσεων στη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2004, Τσαπαρλής, 1991, 1998). Η φιλοσοφία του πειραματικού βιβλίου εισαγωγής στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) που χρησιμοποιήσαμε στην παρούσα ερευνητική εργασία βασίζεται ακριβώς σε αυτήν την πολλαπλότητα των προσεγγίσεων. Σημειώνεται ότι σε άλλη εργασία αυτού του Συνεδρίου (Τάτση και Τσαπαρλής, 2011), περιγράφεται η επέκταση του παραπάνω βιβλίου, με την περίληψη σε αυτό και μαθημάτων βιολογίας.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ. Θεωρούμε απαραίτητο να επισημάνουμε ότι με την εργασία μας αυτήν δεν επιδιώκουμε να καταδείξουμε ότι το συγκεκριμένο μη σχολικό βιβλίο που χρησιμοποιήσαμε (αμφότεροι οι συγγραφείς του οποίου είναι και οι δύο από τους τρεις συγγραφείς αυτής της εργασίας) υπερτερεί του σχολικού βιβλίου χημείας της β΄ γυμνασίου. Οι συγγραφείς του σχολικού βιβλίου είναι σίγουρα ικανοί και άξιοι επιστήμονες και συγγραφείς και γνωρίζουμε ότι ανάμεσά τους βρίσκονται και εκπαιδευτικοί με σπουδές στην διδακτική της χημείας. Εκείνο που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι το μη σχολικό βιβλίο έχει συγγραφεί με συγκεκριμένη φιλοσοφία, η οποία προφανώς επηρέασε και την επιλογή των συγκεκριμένων ερωτήσεων που ετέθησαν στο χρησιμοποιηθέν τεστ χημείας. Με χρήση ενός διαφορετικού τεστ, ίσως τα ευρήματα να μην ήταν τα ίδια. Επομένως, καλούμε τους αναγνώστες να θεωρήσουν τα ευρήματα αυτής της εργασίας υπό τον παραπάνω περιορισμό.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Το τεστ χημείας

1. Σε μια χημική αντίδραση αλληλεπιδρούν δύο ή περισσότερες ουσίες. Το αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης είναι .....

Επίσης, σε πολλές αντιδράσεις ελευθερώνεται ή απορροφείται θερμότητα. Πώς ονομάζονται αντίστοιχα οι αντιδράσεις αυτές; α) ..... και β) ……..

2. Σε κλειστό δοχείο έχουμε τοποθετήσει 3g μιας ουσίας Α και 7 g μιας ουσίας Β που αντιδρούν χημικά μεταξύ τους και σχηματίζουν μια νέα ουσία Γ. Ποια θα είναι η συνολική μάζα των ουσιών στο δοχείο όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση; …….. Μπορούμε να ξέρουμε πόση θα είναι η μάζα της ουσίας Γ που σχηματίστηκε και αν ναι πόση θα είναι αυτή; .....

3. Όταν ένα σιδερένιο καρφί είναι εκτεθειμένο στον αέρα, ο σίδηρος ενώνεται χημικά με το οξυγόνο (οξειδώνεται) σχηματίζοντας μια νέα ουσία, το οξείδιο του σιδήρου, που δεν είναι τίποτε άλλο από τη γνωστή σκουριά. Αν ζυγίσουμε το καρφί πριν και μετά από το σκούριασμα, θα δούμε ότι η μάζα του μεγαλώνει. α) Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα στην παραπάνω χημική αντίδραση; β) Πού οφείλεται η αύξηση της μάζας στην περίπτωση της οξείδωσης του σιδήρου;

4. Αν πάρουμε άνθρακα (κάρβουνο) και τον κάψουμε, ο άνθρακας ενώνεται χημικά με το οξυγόνο του αέρα (οξειδώνεται), σχηματίζοντας διοξείδιο του άνθρακα και ίσως και μονοξείδιο του άνθρακα. α) Ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα στην παραπάνω χημική αντίδραση; β) Σε αντίθεση με την οξείδωση του σιδήρου, η μάζα του άνθρακα ελαττώνεται με την καύση, αν μάλιστα είναι καθαρός άνθρακας, μπορεί να καεί (να εξαφανιστεί) όλος. Πού οφείλεται η ελάττωση της μάζας στην περίπτωση της οξείδωσης του άνθρακα;

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., Φίλος, Γ. (2007). Χημεία Β΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. (2004). Διδακτική των φυσικών επιστημών. Μέρος ΙΙ. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

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 Ζ΄ Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση».

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

Τσαπαρλής Γ. (1998). Πρόταση για ένα ενοποιημένο μάθημα φυσικής και χημείας στην α΄ γυμνασίου. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», σσ. 535-540.

Τσαπαρλής, Γ., Καμπουράκης Κ. (2003). Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Ιωάννινα.

Τσούλος, Γ., Τσαπαρλής, Γ., Καμπουράκης Κ. (2011). Συγκριτική αξιολόγηση σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών: ο ρόλος της διδακτικής των φυσικών επιστημών (Μέρος Β: γυμνασιακή φυσική). Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση».

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

Αικατερίνη Τάτση, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
Πανεπιστημιούπολη, Δουρούτη, 45110, katerinatatsi@gmail.com; gtspser@cc.uoi.gr

Περίληψη
Προτείνεται ένα νέο πρόγραμμα σπουδών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (φ.ε.) στο γυμνάσιο, έτσι ώστε να οδηγήσει εν μέρει σε ενιαιοποίηση και κυρίως στον συντονισμό των φ.ε. Σε αυτό το πλαίσιο, μελετάται ο διαχωρισμός και η κατανομή της τρέχουσας ύλης γυμνασιακής βιολογίας στις τρεις γυμνασιακές τάξεις. Στην α΄ γυμνασίου, προτείνεται ένα τρίωρο μάθημα ενιαιοποιημένης εισαγωγής στις φ.ε. (φυσική, χημεία, βιολογία). Εναλλακτικά διατυπώνεται και πρόταση για δίωρο τέτοιο μάθημα, ώστε να μην απαιτείται πρόσθετος διδακτικός χρόνος για τις φυσικές επιστήμες συνολικά στο γυμνάσιο. Για το μάθημα αυτό, έχουν συγγραφεί στα πλαίσια αυτής της εργασίας τα μαθήματα βιολογίας, που εντάθηκαν σε προϋπάρχον βιβλίο διδασκαλίας της φυσικής και της χημείας. Εν συνεχεία, περιγράφουμε τα περιεχόμενα και τα χαρακτηριστικά αυτού του βιβλίου. Στη β΄ τάξη, προτείνεται ξεχωριστό μονόωρο μάθημα βιολογίας, που περιλαμβάνει θέματα όπως η ερεθιστικότητα, η αναπαραγωγή και η οικολογία. Τέλος στη γ΄ τάξη, προτείνεται να διδάσκεται η βιολογία στο β΄ εξάμηνο ως δίωρο μάθημα (με τη χημεία να προηγείται στο α΄ εξάμηνο). Αυτό το μάθημα βιολογίας θα διδάξει έννοιες όπως η δομή του DNA και ο ρόλος των πρωτεϊνών, καθώς επίσης και θέματα γενετικής και εξέλιξης.

Abstract
We propose a new curriculum for teaching science in Greek lower-secondary school, so as to lead partially to integration and mainly to a coordination of the physics, chemistry, and biology courses. In this context, we study the separation and distribution of the current biology syllabus into the three grades. For the seventh grade, we propose an introductory integrated science course (physics, chemistry and biology) of three periods per week. Alternatively, we propose a reduced course of two periods per week, which will not need extra instructional time for science as a whole in lower secondary school. The biology lessons for this course have been written as part of this work, and were incorporated into a pre-existing book of integrated teaching of physics and chemistry. The contents and features of this book are described. For the eighth grade, we propose a separate biology course of one period per week, which includes topics such as irritability, reproduction, and ecology. Finally for the ninth grade, we propose that biology is taught in the second semester for two periods per week, so that it is preceded in the first semester by chemistry; this biology course will include topics such as the structure of DNA and the role of proteins, and issues of genetics and evolution.

Εισαγωγή

Στο ελληνικό γυμνάσιο, τα μαθήματα των φυσικών επιστημών (φ.ε.) (φυσική, χημεία και βιολογία) διδάσκονται χωριστά, καταλαμβάνοντας το 9% του συνολικού διδακτικού χρόνου στο ωρολόγιο πρόγραμμα (Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 2003). Το μάθημα της βιολογίας διδάσκεται δύο ώρες την εβδομάδα στην α΄ τάξη και άλλες δύο ώρες στην γ΄ τάξη, δεν διδάσκεται όμως στη β΄ τάξη.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα διεθνούς συνεδρίου για την ενιαιοποιημένη διδασκαλία των φ.ε. που έγινε στην Βάρνα της Βουλγαρίας το 1968 (Conseil International des Unions Scientifiques, 1968), η διδασκαλία ενιαιοποιημένων των φ.ε. συμβάλλει στη γενική παιδεία των μαθητών, με το να δίνει έμφαση στο ενιαίο των φ.ε. καθώς και στο ρόλο τους στην σύγχρονη κοινωνία. Πρέπει να κάνουμε διάκριση ανάμεσα στην ενιαιοποίηση και το συντονισμό. Αν και η ενιαιοποίηση είναι πιο επιθυμητή (ιδίως για τους μικρότερους μαθητές), αυτή δεν είναι πάντοτε δυνατή ή φανερή. Υπάρχουν θέματα που αληθινά διαπερνούν τα γνωστικά αντικείμενα, υπάρχουν όμως και πολλά άλλα θέματα για τα οποία είναι προτιμότερος ο συντονισμός. Εκτός από το περιεχόμενο και τις έννοιες, η μεθοδολογία των φ.ε. είναι, σε μεγάλη έκταση, διαθεματικής φύσης (Τσαπαρλής & Γεωργούση, 2007).

Η παρούσα εργασία συνιστά μέρος μεταπτυχιακής διατριβής ειδίκευσης στη διδακτική των φ.ε. Σκοπός μας είναι να επεξεργαστούμε ένα νέο πρόγραμμα σπουδών για τη διδασκαλία των φ.ε. στο γυμνάσιο, έτσι ώστε να οδηγήσει, αν όχι στην πλήρη ενιαιοποίηση, τουλάχιστον σε έναν συντονισμό των διαφόρων θεμάτων των φ.ε. και στη συσχέτιση της χημείας με τη φυσική και της βιολογίας με τη χημεία. Σε πολλές χώρες, οι φ.ε. (στις οποίες συχνά περιλαμβάνεται και η γεωλογία) διδάσκονται σε μια συνολικά ή εν μέρει ενιαιοποιημένη προσέγγιση, ενώ σε άλλες χώρες διδάσκονται ως χωριστά μαθήματα. Στη χώρα μας αυτό γίνεται στο δημοτικό σχολείο, όχι όμως και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Tsaparlis & Kampourakis, 2000). Σε συνάντηση του καθηγητή Γ. Μπαμπινιώτη, ως προέδρου της επιτροπής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με αντιπροσωπεία της Ένωσης Ελλήνων Χημικών, ο κ. Μπαμπινιώτης τάχθηκε, υπό προϋποθέσεις, υπέρ της ενιαιοποίησης της διδασκαλίας των φ.ε. στο γυμνάσιο και το λύκειο (Χημικά Χρονικά, τεύχος 7, Σεπτέμβριος 2009).

Η πρότασή μας περιλαμβάνει τη διδασκαλία της βιολογίας στην α΄ γυμνασίου μέσα σε ένα ενιαιοποιημένο μάθημα φ.ε., όπου εντάσσονται εισαγωγικά θέματα φυσικής, χημείας και βιολογίας. Το μάθημα προτείνεται να διδάσκεται επί τρεις (3) ώρες την εβδομάδα, με κατανομή κατά προσέγγιση 1½ ώρας στη φυσική, ¾ ώρας στη χημεία και ¾ ώρας στη βιολογία. Για τη β΄ γυμνασίου, προτείνεται ξεχωριστό μονόωρο μάθημα βιολογίας, στο οποίο εντάσσεται ύλη που στο τρέχον πρόγραμμα βρίσκεται στην α΄ και στην γ΄ τάξη. Τέλος, για την γ΄ τάξη προτείνεται να παραμείνει το δίωρο μάθημα που υπάρχει στο ισχύον πρόγραμμα. Σημειώνεται ότι τόσο η φυσική όσο και η χημεία προτείνεται να διατηρηθούν ως ξεχωριστά μαθήματα, όπως και σήμερα, στις β΄ και γ΄ τάξεις: η φυσική με μία (1) ώρα στη β΄ τάξη και δύο (2) ώρες στη γ΄ τάξη, ενώ η χημεία επί μία (1) ώρα σε κάθε τάξη. Στην περίπτωση της φυσικής και χημείας, μπορεί να εξεταστεί η καθιέρωση ενιαίου δίωρου μαθήματος φυσικής και χημείας στη β΄ τάξη. Έτσι απαιτείται ένα σύνολο 11 ωρών φ.ε. στο γυμνάσιο, που συνιστά αύξηση κατά 1 ώρα σχέση με το σημερινό πρόγραμμα. Οι ώρες αυτές κατανέμονται ως εξής στα τρία μαθήματα: για τη φυσική 4 ½ διδακτικές ώρες την εβδομάδα, για τη χημεία 2 ¾ ώρες και για τη βιολογία 3 ¾ ώρες.

Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η προσθήκη της μιας επιπλέον ώρας στις φ.ε. συνολικά στο γυμνάσιο, διατυπώνεται εναλλακτική πρόταση για δίωρο μάθημα στην α΄ τάξη, που ουσιαστικά θα χρησιμοποιήσει τις δύο ώρες του τρέχοντος μαθήματος της βιολογίας. Οι δύο ώρες θα κατανεμηθουν ισότιμα, από $^2/_3$ ώρας, σε φυσική, χημεία και βιολογία, οπότε η συνολική κατανομή ωρών στο γυμνάσιο θα έχει ως εξής: φυσική $3^2/_3$ ώρες, χημεία $2^2/_3$ ώρες, βιολογία $3^2/_3$ ώρες.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής συνεγράφησαν και τα προτεινόμενα μαθήματα βιολογίας για την α΄ γυμνασίου, τα οποία εντάσσονται σε προϋπάρχον βιβλίο φυσικής-χημείας, ενώ προτείνονται και τα περιεχόμενα του μαθήματος της βιολογίας για τις β΄ και γ΄ τάξεις.

Περιεχόμενα και δομή του βιβλίου φυσικών επιστημών για την α΄ γυμνασίου

Σύμφωνα με τον Κόκκοτα (1998), η συγγραφή σχολικών εγχειριδίων απαιτεί τέχνη και φαντασία, γιατί υπάρχει μια αρχιτεκτονική στη δόμηση της επιστημονικής γνώσης. Οι παρατηρήσεις και οι πληροφορίες, παρόλο που είναι βασικές για τις φ.ε., δεν είναι ούτε τα μέσα ούτε οι σκοποί, αλλά αποκτούν ουσιαστικό νόημα μόνο με την αλληλεπίδραση θεωρίας και λογικών διεργασιών. Αυτός είναι ο βασικός λόγος που η παράθεση πληροφοριών δεν είναι αρκετή, αλλά απαιτείται η συστηματική τους οργάνωση, μέσω της οποίας είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν νέα προβλήματα. Αυτό ίσως αγνοείται από τους περισσότερους συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων, οι οποίοι αγωνίζονται να δώσουν όσο γίνεται περισσότερες πληροφορίες. Κατά συνέπεια οι μαθητές δεν θα κατανοήσουν ποτέ την αθροιστική φύση των φ.ε. με την απλή πυραμιδοποίηση των πληροφοριών, γιατί απαιτείται κατανόηση του τρόπου μετασχηματισμού των εννοιακών δομών.
Για τη σύνταξη του βιβλίου εισαγωγής στις φ.ε., χρησιμοποιούμε ως σημείο εκκινήσεως (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).
Σε αυτό το βιβλίο, μαζέψαμε πρώτα σε μια νέα ενότητα όλα τα μαθήματα για την πίεση σε στερεά και υγρά. Έτσι το βιβλίο χωρίζεται τώρα στην εισαγωγή και σε εννέα ενότητες. Στην εισαγωγή και σε κάθε μία από τις πρώτες οκτώ 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 (στην τελευταία ενότητα «Ηλεκτρισμός» κρίθηκε ότι δεν υπήρχε κατάλληλο για την α΄ γυμνασίου σχετικό βιολογικό θέμα). Παραδείγματος χάριν στην ενότητα Β : «Κίνηση και δύναμη» προσθέσαμε το μάθημα «Στήριξη και την κίνηση των ζωντανών οργανισμών". Ο Πίνακας 1 δίνει τα αναλυτικά περιεχόμενα, όπου τα προστεθέντα μαθήματα βιολογικού ενδιαφέροντος τονίζονται με μαύρα στοιχεία.
Στο Σχήμα 1 δείχνονται η διάκριση των θεμάτων του βιβλίου της α΄ γυμνασίου σε φυσική, χημεία, βιολογία και διεπιστημονικά, καθώς και οι διασυνδέσεις των θεμάτων και οι διεπιστημονικές συνδέσεις. Ο Πίνακας 2 δείχνει τα αναλυτικά περιεχόμενα των βιολογικών μαθημάτων. Στον πίνακα επισημαίνονται και τα επιμέρους θέματα που υπάρχουν και στο σχολικό βιβλίο βιολογίας α΄ και γ΄ γυμνασίου, καθώς και τα θέματα που υπάρχουν μόνο στο βιβλίο «Εισαγωγή τις Φυσικές Επιστήμες».
Για τη σύνταξη του βιβλίου-εκπαιδευτικού υλικού ελήφθησαν υπόψη ένας αριθμός αρχών της διδακτικής των φ.ε. (Τσαπαρλής 1991, 1998, Tsaparlis & Kampourakis 2000). Η χρησιμοποίηση ποικίλων και διαφορετικών θεωρητικών προσεγγίσεων όπως η σπειροειδής διδασκαλία (από τη θεωρία μαθήσεως του Bruner), η θεωρία νοηματικής μάθησης του Ausubel, η εφαρμογή στην εκπαίδευση της Πιαζέτειας θεωρίας, και οι ενεργητικές/εποικοδομητικές μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης χρησιμοποιούνται όλες με σκοπό τη μεγιστοποίηση των θετικών γνωσιακών και συναισθηματικών αποτελεσμάτων. Η χρησιμοποίηση - άλλοτε μαζί και άλλοτε χωριστά – διαφορετικών προσεγγίσεων μπορεί να οδηγήσει σε συμπληρωματικά θετικά αποτελέσματα (Niaz 1993, Tsaparlis 1997).
Κάθε μάθημα αρχίζει με μια σύντομη εισαγωγή. Στα πλάγια κάθε σελίδας υπάρχουν πλαγιότιτλοι που βοηθούν στη μάθηση και στην αποφυγή της παπαγαλίας. Τα πειράματα είναι τοποθετημένα σε πλαίσια, ενώ δεν δίνονται τα αποτελέσματά τους, αλλά οι μαθητές καλούνται

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 –Κρύσταλλοι
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**

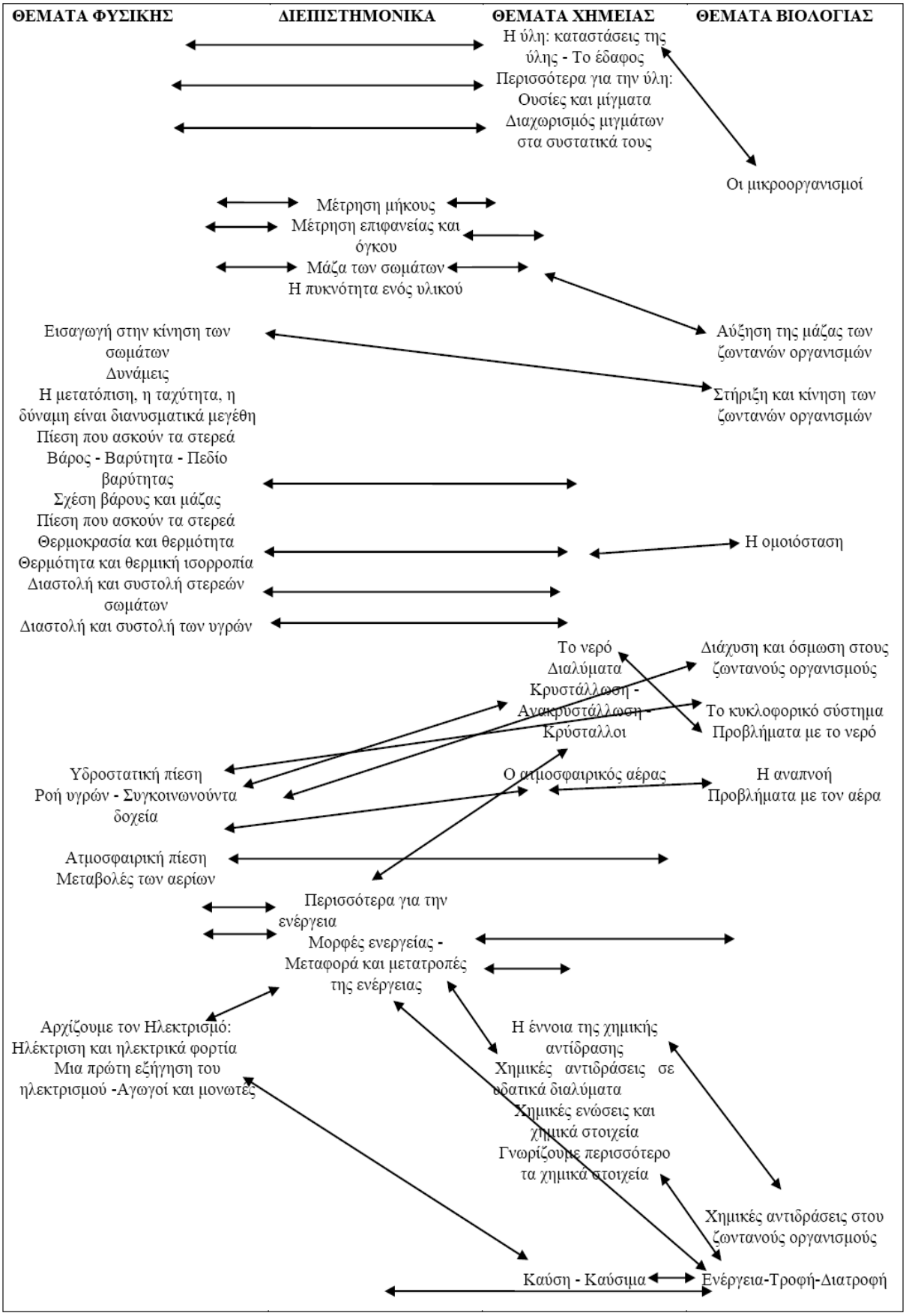
Ενότητα Ζ: Ο ΑΕΡΑΣ - ΠΙΕΣΗ ΣΤΑ ΑΕΡΙΑ
38. Ο ατμοσφαιρικός αέρας
39. **Η αναπνοή**
40. Ατμοσφαιρική πίεση
41. Μεταβολές των αερίων
42. **Προβλήματα με τον αέρα**

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

να καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και να εξάγουν συμπεράσματα, γράφοντας σε διατιθέμενους κενούς χώρους.

Ερωτήσεις στις οποίες καλούνται να απαντούν εγγράφως οι μαθητές υπάρχουν και στο κείμενο του καθαυτού μαθήματος. Σε πλαίσια είναι ακόμη διάφορες πρόσθετες πληροφορίες (παρατηρήσεις, ιστορικές πληροφορίες κ.ά.). Επιπλέον υπάρχουν πλαίσια που επιγράφονται «Να έχεις υπόψη σου». Σε αυτά τονίζονται σημεία που πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα, όπως π.χ. εναλλακτικές ιδέες/παρανοήσεις. Στο τέλος κάθε μαθήματος είναι το τμήμα «Το Μάθημα σε Ερωτήσεις», όπου οι ερωτήσεις στοχεύουν να δώσουν περίληψη του μαθήματος, αλλά και να συμβάλουν στη μάθηση, με αποφυγή της απομνημόνευσης. Έτσι, αν ο μαθητής είναι σε θέση να απαντά στις ερωτήσεις, μπορεί να είναι σίγουρος ότι ξέρει το μάθημα. Το μάθημα



Σχήμα 1: Διάκριση και διασυνδέσεις των θεμάτων του βιβλίου της α΄ γυμνασίου σε φυσική, χημεία, βιολογία και διεπιστημονικές συνδέσεις.

Πίνακας 2. Ύλη/Ενότητες του πειραματικού «Εισαγωγή τις Φυσικές Επιστήμες» για την α΄ γυμνασίου με καθαρά βιολογικό περιεχόμενο.*

3. Η ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Ταξινόμηση των οργανισμών √

Χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών √

Κύτταρο: η δομική και λειτουργική μονάδα της ζωής √

Πώς δουλεύουν οι επιστήμονες ερευνητές βιολόγοι; √

7. ΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Μικροοργανισμοί +

Μικροοργανισμοί εδάφους +

Εμπλουτισμός του εδάφους +

Ανακύκλωση (Γ' Γυμνασίου) √

11. ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Το νερό ως βασικό συστατικό των ζωντανών οργανισμών +

Δείκτης Μάζας Σώματος +

Σε κάποιους παχυσαρκία, σε άλλους ανορεξία +

18. ΣΤΗΡΙΞΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Στήριξη και κίνηση στα φυτά √

Φωτοτροπισμός +

Κίνηση στα ψάρια √

Πτηνά √

Στήριξη και κίνηση στον άνθρωπο και σε πολλά θηλαστικά √

Ο σκελετός του ανθρώπου √

Οι αρθρώσεις √

Οι μύες √

Το νευρικό σύστημα √

Σωστή στάση του σώματος +

27. ΔΙΑΧΥΣΗ ΚΑΙ ΩΣΜΩΣΗ ΣΤΟΥΣ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Το φαινόμενο της διάχυσης √

Το φαινόμενο της ώσμωσης √

28. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΝΕΡΟ

Λειψυδρία, ένα παγκόσμιο πρόβλημα +

33. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥ ΖΩΝΤΑΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Τροφή: απαραίτητη για τους ζωντανούς οργανισμούς √

Φωτοσύνθεση: μια σημαντική χημική διαδικασία στα φυτά √

Πέψη τροφών στον άνθρωπο και στα ζώα √

Μεταβολισμός (Γ΄ Γυμνασίου) √

37. ΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Κυκλοφορικό σύστημα √

Οργανισμοί και καρδιά √

Πίεση του αίματος (αρτηριακή πίεση) +

Αρτηριοσκλήρυνση: Το πρόβλημα που προκαλεί η υπέρταση +

39. Η ΑΝΑΠΝΟΗ

Η αναπνοή στους ζωντανούς οργανισμούς √

Αναπνοή στα φυτά √

Η ανταλλαγή των αερίων √

Αναπνοή στα ζώα √

42. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟΝ ΑΕΡΑ

Η ρύπανση του αέρα (Γ΄ Γυμνασίου) √

Όρθια στάση του σώματος +	Η τρύπα του όζοντος (Γ΄ Γυμνασίου) √
Καθιστή στάση του σώματος +	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Γ΄ Γυμνασίου)√
21. Η ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ	46. ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΤΡΟΦΗ-ΔΙΑΤΡΟΦΗ
Θερμική ισορροπία στους ζωντανούς οργανισμούς √	Άνθρωπος και ενέργεια (Γ΄ Γυμνασίου) √
Διατήρηση σταθερής της θερμοκρασίας του σώματος (Γ΄ Γυμνασίου) √	Συστατικά της τροφής √
Ομοιόσταση (Γ΄ Γυμνασίου) √	Μεταβολισμός (Γ΄ Γυμνασίου) √
Εξώθερμα και ενδόθερμα (ποικιλόθερμα και ομοιόθερμα) ζώα √	Τροφή, τρόφιμα και διατροφή √
	Διατροφή και υγεία √
	Ημερήσια Συνιστώμενη Δόση +

* Τα επιμέρους θέματα που υπάρχουν και στα σχολικά βιβλία βιολογίας α΄ και γ΄ γυμνασίου (σημειώνονται με √), ενώ τα θέματα που υπάρχουν μόνο στο βιβλίο «Εισαγωγή τις Φυσικές Επιστήμες» σημειώνονται με +.

ολοκληρώνεται με το τμήμα «Για να γνωρίσεις περισσότερα, να σκεφθείς και να καταλάβεις γιατί». Εδώ, εκτός από πρόσθετες γνώσεις και πληροφορίες, δίδονται κυρίως πιο απαιτητικές ερωτήσεις που απαιτούν κριτική σκέψη. Οι μαθητές καλούνται να τις απαντούν, αλλά έχουν προειδοποιηθεί για την δυσκολία τους και ότι δεν απαιτείται να τις έχουν οπωσδήποτε απαντήσει.

Εναλλακτική πρόταση για δίωρο ενιαίο μάθημα στην α΄ γυμνασίου

Στην περίπτωση δίωρου μαθήματοις στην α΄ γυμνασίου, προτείνουμε να αφαιρεθούν ολόκληρες οι ενότητες «Πίεση στα στερεά και στα υγρά», «Ενέργεια» και «Ηλεκτρισμός». Μαζί με την «Πίεση στα στερεά και στα υγρά» αφαιρείται και το μάθημα «Το κυκλοφορικό σύστημα», ενώ μαζί με την «Ενέργεια» αφαιρείται και το μάθημα «Ενέργεια-Τροφή-Διατροφή». Η 'Εισαγωγή' και η πρώτη ενότητα ('Η ύλη – Το έδαφος') παραμένουν ως έχουν. Ακόμη από την ενότητα του αέρα, αφαιρούνται τα μαθήματα τα σχετικά με την πίεση στα αέρια: Ατμοσφαιρική πίεση / Μεταβολές των αερίων. Από την ενότητα 'Το νερό' αφαιρούνται τα μαθήματα για την Κρυστάλλωση-ανακρυστάλλωση, τη Διάχυση και ώσμωση. Από την ενότητα «Θερμοκρασία και θερμότητα» αφαιρούνται τα μαθήματα για τη Διαστολή και συστολή στερεών σωμάτων και τη Διαστολή και συστολή υγρών – Θερμόμετρα. Τέλος, από την ενότητα «Χημική αντίδραση» αφαιρείται το μάθημα «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-ώσμοση, γνωρίζουμε τα χημικά στοιχεία).

Προτεινόμενη ύλη για τη βιολογία της β΄ και της γ΄ γυμνασίου

Στα πλαίσια της μελέτης, εκτός της συγγραφής των κεφαλαίων της βιολογίας, πραγματοποιήθηκε και ο διαχωρισμός της γυμνασιακής ύλης της βιολογίας των παρόντων σχολικών βιβλίων του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου ώστε αφενός η βιολογία να διδάσκεται και

στις τρεις τάξεις (όπως και η φυσική και η χημεία), αφετέρου να επιτυγχάνεται μια λογική και παιδαγωγική ροή της ύλης, αφήνοντας τα πιο απαιτητικά θέματα στη γ΄ τάξη.
Για τη β΄ γυμνασίου, το μάθημα της βιολογίας θα προσφέρει κάποιες συνθετότερες γνώσεις σύμφωνα πάντα με αυτά που έχουν διδαχτεί στη α΄ τάξη. Ποιο συγκεκριμένα θα περιέχονται έννοιες βιολογικού κυρίως ενδιαφέροντος. Ο Πίνακας 3 δείχνει αναλυτικά τα προτεινόμενα κεφάλαια και την αναλυτική ύλη της βιολογίας β΄ γυμνασίου. Τα κεφάλαια προέρχονται από τα τρέχοντα βιβλία βιολογίας του ΟΕΔΒ για την α΄ και τη γ΄ τάξη.
Στη γ΄ γυμνασίου προτείνεται, όπως ήδη αναφέραμε, η διδασκαλία πρώτα της χημείας η οποία θα εισάγει τις βασικές γνώσεις για τα βιομόρια και στη συνέχεια να έπεται η βιολογία έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν πιο εύκολα έννοιες όπως η δομή του DNA, ο ρόλος των πρωτεϊνών και άλλες έννοιες κυρίως της μοριακής βιολογίας. Ο Πίνακας 4 δείχνει αναλυτικά τα προτεινόμενα κεφάλαια και την αναλυτική ύλη της βιολογίας γ΄ γυμνασίου. Αυτά προέρχονται από το τρέχον βιβλίο βιολογίας του ΟΕΔΒ της γ΄ τάξης.

Προκαταρκτική αξιολόγηση του βιβλίου φυσικών επιστημών της α΄ γυμνασίου

Για την αξιολόγηση του σχολικού εγχειριδίου επιλέγει μικρός αριθμός πανεπιστημιακών και εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, από τους οποίους αναμένεται να προκύψουν κρίσεις για το βιβλίο και την πρότασή μας, καθώς και προτάσεις για βελτίωση. Επίσης στα πλαίσια της μεταπτυχιακής διατριβής έχει γίνει μεθοδολογική αξιολόγηση των ερωτήσεων του πειραματικού υλικού**.** Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής, καθώς και της αξιολόγησης των ερωτήσεων του βιβλίου θα ανακοινωθούν προσεχώς.

Καταληκτικά σχόλια

Πρέπει να σημειώσουμε ότι με την πρότασή μας δεν θέλουμε (εξάλλου δεν είμαστε ούτε οι πιο ειδικοί ούτε οι πιο κατάλληλοι) να κάνουμε ριζική αναδόμηση του ισχύοντος αναλυτικού προγράμματος της βιολογίας. Απλώς στοχεύουμε 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 ταξεις. Εξάλλου, αντιλαμβανόμαστε ότι μια τέτοια προσπάθεια απαιτεί τη συνεργασία

Πίνακας 3: Ενδεικτικός διαχωρισμός της γυμνασιακής ύλης της βιολογίας για τη β΄ γυμνασίου.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Β' ΤΑΞΗΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ	
1) ΚΥΤΤΑΡΟ: Η ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ • Το ευκαρυωτικό κύτταρο • Το προκαρυωτικό κύτταρο • Διαφορετικά κύτταρα για διαφορετικές λειτουργίες • Τα επίπεδα οργάνωσης της ζωής • Τα επίπεδα οργάνωσης των πολυκύτταρων • οργανισμών • Τα είδη των ζωικών ιστών 2) ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ • Η αναπαραγωγή στους μονοκύτταρους οργανισμούς • Η αναπαραγωγή στα φυτά • Η αναπαραγωγή στους ζωικούς οργανισμούς • Η αναπαραγωγή στον άνθρωπο • Από τη γονιμοποίηση στη γέννηση • Αναπαραγωγικό σύστημα και υγεία • 3) ΕΡΕΘΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ • Η ερεθιστικότητα στους μονοκύτταρους οργανισμούς • Η ερεθιστικότητα στα φυτά • Η ερεθιστικότητα στους ζωικούς οργανισμούς • Το νευρικό σύστημα του ανθρώπου • Τα αισθητήρια όργανα • Το ενδοκρινικό σύστημα - Ορμόνες	4) ΟΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥΣ • Ομοιόσταση • Ασθένειες • Παθογόνοι μικροοργανισμοί και ασθένειες • Αμυντικοί μηχανισμοί του ανθρώπινου οργανισμού • Τρόπος ζωής και ασθένειες 5) ΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥΣ • Ισορροπία στα βιολογικά συστήματα • Οργάνωση και λειτουργίες του οικοσυστήματος - Ο ρόλος της ενέργειας • Τροφικές σχέσεις και ροή ενέργειας • Τροφικές αλυσίδες, τροφικά πλέγματα, τροφικές πυραμίδες • Η οργάνωση των έμβιων όντων – Τα οικοσυστήματα • Αλληλεπιδράσεις και προσαρμογές

Πίνακας 4: Ενδεικτικός διαχωρισμός της γυμνασιακής ύλης της βιολογίας για τη γ΄ γυμνασίου.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΤΑΞΗΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ	
1) ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ- ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ • Τα μόρια της ζωής • Ανόργανες ενώσεις • Οργανικές ενώσεις • Ένζυμα και μεταβολισμός 2) ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ • Το γενετικό υλικό οργανώνεται σε χρωμοσώματα • Η ροή της γενετικής πληροφορίας • Η δομή των νουκλεϊκών οξέων - • Αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας • Αντιγραφή του DNA - Διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας • Μεταγραφή, μετάφραση – Έκφραση της γενετικής πληροφορίας • Αλληλόμορφα • Κυτταρική διαίρεση • Μίτωση • Μείωση • Κληρονομικότητα • Οι νόμοι του Μέντελ • Μεταλλάξεις	3) ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ • Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας • Γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία • Γονιδιακή θεραπεία • Παραγωγή φαρμάκων, ορμονών και εμβολίων • Γενετικά τροποποιημένα φυτά • Προβληματισμοί από την αξιοποίηση των • Επιτευγμάτων της γενετικής – Βιοηθική 4) ΕΞΕΛΙΞΗ • Η εξέλιξη και οι «μαρτυρίες» της • Τα απολιθώματα • Οι βιοχημικές αποδείξεις • Η εξέλιξη του ανθρώπου

πολλών ειδικών. Προφανώς εμείς κάνουμε ακριβώς μια πρόταση η οποία, μέσα από την αξιολόγησή της στα πλαίσια μεταπτυχιακής διατριβής, ετέθη υπόψη τόσο ειδικών

επιστημόνων όσο και ειδικών εκπαιδευτικών. Τα αποτελέσματα αυτής της αξιολόγησης θα παρουσιαστούν προσεχώς. Στην αξιολόγηση αυτή επισημαίνεται για παράδειγμα ότι όπως δείχνουν πολλές έρευνες και όπως έχει υποστηριχθεί σε αρκετά συνέδρια, η εξελικτική θεωρία θα μπορούσε να αποτελεί τον βασικό κορμό δόμησης του αναλυτικού προγράμματος της γυμνασιακής βιολογίας. Σε διορθωμένη έκδοση του διδακτικού υλικού μας, λαμβάνουμε υπόψη το θέμα αυτό στο μάθημα για τους μικροοργανισμούς.
Τέλος, θα τονίσουμε ότι κάθε μεταρρύθμιση που αφορά τα αναλυτικά προγράμματα είναι δημόσια υπόθεση και αποτελεί για πολλούς πρωτόγνωρη και, στην εφαρμογή της, δύσκολη διαδικασία. Σκοπός μας είναι μέσα από την πρόταση αυτή να γίνει η αρχή για τη μετακίνηση από το παραδοσιακό σχολείο που επικεντρωνόταν στην αποθήκευση πληροφοριών στη μνήμη των παιδιών προς ένα σχολείο που καλλιεργεί ένα φάσμα στάσεων, συμπεριφορών, ικανοτήτων και δεξιοτήτων και που οδηγεί στην ανάγκη να αναπροσαρμοστούν οι απόψεις για τον τρόπο που μαθαίνουν οι μαθητές και οι μαθήτριες στο σχολείο και να δοθεί προσοχή στη σημασία που έχουν η χειρωνακτική εργασία και η χρήση όλων των αισθήσεων και της κριτικής σκέψης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας (2003). Το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Συνοπτική εικόνα σε αριθμούς. Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. Β. (1998). Διδακτική των φυσικών επιστημών. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

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. (2001). Πρώτες και δεύτερες σκέψεις για την γυμνασιακή χημεία. Πρακτικά Διημερίδας ΕΔΙΦΕ, σελ. 93-104. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Τσαπαρλής, Γ. & Καμπουράκης Κ. (2003). Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Ιωάννινα.

Τσαπαρλής, Γ., Γεωργούση Κ., (2007). Έννοιες, μεγέθη, εξισώσεις που είναι κοινά στη σχολική φυσική και χημεία - Ιδέες των μαθητών λυκείου για την κοινότητα, τις ομοιότητες και τις διαφορές. Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση (Πρακτικά 5ου Συνεδρίου), 5(Β), 661-670. [http://www.kodipheet.gr]

Χημικά Χρονικά, Τεύχος 7, Σεπτέμβριος 2009.

Niaz, M., (1993). 'Progressive problem shifts' between different research programs in science education: A Lakatosian perspective. Journal of Research in Science Teaching, 30, 757-765.

Tsaparlis, G., (1997). Atomic and molecular structure in chemical education - A critical analysis from various perspectives of science education. Journal of Chemical Education, 74, 922-925.

Tsaparlis, G., Kampourakis, K., (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].

Ενδομοριακοί και διαμοριακοί χημικοί δεσμοί: Αξιολόγηση των ερωτήσεων σε διεθνή βιβλία γενικής χημείας

Παππά Ελένη, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, elenpappa@yahoo.gr; gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη
Ένας τρόπος για να ελέγξει κανείς κατά πόσο τα διδακτικά εγχειρίδια πετυχαίνουν τον σκοπό τους είναι να αναλύσει τις ερωτήσεις αξιολόγησης που αυτά περιέχουν. Στην εργασία αυτή, μελετήθηκαν οι ερωτήσεις που εμπεριέχονται στα κεφάλαια του χημικού δεσμού πέντε διεθνών πανεπιστημιακών συγγραμμάτων γενικής χημείας. Η μελέτη σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε προκειμένου: α) να καταγράψει σε τι βαθμό οι ερωτήσεις στα εγχειρίδια αυτά αξιολογούν διάφορα είδη γνώσεων και δεξιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης και της μεταγνώσης, β) να μελετήσει τις διάφορες μορφές ερωτήσεων των εγχειριδίων, και γ) να συγκρίνει τα βιβλία αυτά ως προς τα είδη των ερωτήσεών τους και τον σκοπό που επιτυγχάνουν. Τα συμπεράσματα από την έρευνά μας είναι τα εξής: (1) στο σύνολο των βιβλίων που αξιολογήθηκαν, παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των ερωτήσεων αξιολογούν τη δηλωτική γνώση του φοιτητή και όχι διαδικαστικές δεξιότητες· (2) από το σύνολο των δηλωτικών ερωτήσεων, οι περισσότερες είναι βασικού επιπέδου, δηλαδή αξιολογούν τη γνώση και όχι την κατανόηση στοιχείων της θεωρίας· (3) παρατηρήθηκε η πλήρης απουσία μεταγνωστικών και ομαδικών ερωτήσεων· και (4) οι περισσότερες ερωτήσεις ήταν αντικειμενικές κλειστού τύπου.

Abstract
One way of checking to what extent instructional textbooks achieve their aim is to evaluate the questions they contain. In this work, we have studied the questions that are included in the chapters on chemical bonding of five international general chemistry textbooks. The study was designed and carried out in order to: (i) record to what extent the questions in these textbooks evaluate the different aspects of knowledge and skills, including metacognition, ii) investigate the various question types in the books, and (iii) compare the five books as to the types of questions they contain and the aims they achieve. The following conclusions were drawn: (1) in all evaluated textbooks, the majority of the questions evaluate declarative knowledge and not procedural skills; (2) from the totality of declarative-knowledge questions, most are at the basic level, that is, they evaluate knowledge, but not understanding of the elements of theory; (3) complete absence of matacognitive and working-in-groups questions was noted; and (4) most of the questions were of the objective, closed type.

Εισαγωγή

Οι ερωτήσεις, οι ασκήσεις και τα προβλήματα στα σχολικά εγχειρίδια χημείας απευθύνονται στους αναγνώστες-μαθητές και απαιτούν από αυτούς πρόσθετες δραστηριότητες μάθησης, τόσο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας όσο και μετά από αυτήν στο σπίτι. Τα τελευταία χρόνια όλα σχεδόν τα σχολικά εγχειρίδια εμπεριέχουν εργασίες και ερωτήσεις και μάλιστα, όπως διαπιστώσαμε, παρατηρείται διεθνώς η τάση οι εργασίες και πρόσθετες δραστηριότητες να εντάσσονται σε ξεχωριστό τεύχος για το μαθητή. Η ιδιαίτερη σημασία τους προκύπτει από το γεγονός ότι από τη μία κατευθύνουν τη διδασκαλία και τη μάθηση προς την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων και από την άλλη εξασφαλίζουν δυνατότητες να καθοδηγείται συνειδητά και προγραμματισμένα η αυτενεργός δραστηριότητα του μαθητή. Από διδακτική

άποψη, οι ερωτήσεις/ασκήσεις επιδιώκουν διάφορους στόχους, αποβλέπουν δηλαδή στην επανάληψη, στην άσκηση μιας δεξιότητας, στη συστηματοποίηση, στον έλεγχο κ.ά., γενικά ελέγχουν τη γνώση.
Η γνώση διακρίνεται σε *δηλωτική γνώση* (declarative knowledge) και σε *διαδικαστική γνώση* (procedural knowledge) (Pearson & Johnson, 1978). Η δηλωτική γνώση αναφέρεται στην οντολογία των πραγμάτων και αποτελεί αντικείμενο των επιμέρους επιστημών, ενώ η διαδικαστική γνώση αναφέρεται στον τρόπο χρήσης της γνώσης και των πραγμάτων και αποτελεί αντικείμενο της μεθοδολογίας και της τεχνολογίας. Το περιεχόμενο και η διαδικασία απόκτησης αυτών των δύο ειδών γνώσης συνεπάγονται διαφορετικές γνωσιακές λειτουργίες και κατ' επέκταση διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις.
Δεδομένου ότι οι φοιτητές χρησιμοποιούν τα πανεπιστημιακά τους εγχειρίδια με στόχο την κατανόηση και μάθηση ενός συγκροτημένου σώματος νέων πληροφοριών και εννοιών, προσπαθήσαμε να εξετάσουμε στην παρούσα εργασία κατά πόσο κάτι τέτοιο είναι εφικτό. Ένας τρόπος για να ελέγξει κανείς κατά πόσο τα βιβλία αυτά πετυχαίνουν τον σκοπό τους, είναι να αναλύσει τις ερωτήσεις αξιολόγησης που αυτά περιέχουν. Μέσω δύο μεθόδων αξιολόγησης, ελέγχουμε τη σχέση ερώτησης–απάντησης, δηλαδή τη νοητική διεργασία που ακολουθούν οι φοιτητές για να δώσουν την απάντηση, αλλά και το αν υπάρχει συγκεκριμένη απάντηση ή αν ο μαθητής επιστρατεύει ένα σύνολο από επιχειρήματα, απόψεις, αντιλήψεις για να απαντήσει. Ειδικότερα, αξιολογούμε τις ερωτήσεις που περιέχονται στα κεφάλαια του χημικού δεσμού σε έναν περιορισμένο επιλεγμένο αριθμό διεθνών βιβλίων γενικής χημείας. Διακρίνουμε τις ερωτήσεις σε δύο γενικές ομάδες, ανάλογα με τα δύο γενικά είδη χημικών δεσμών, ήτοι τους ενδομοριακούς χημικούς δεσμούς και τους διαμοριακούς χημικούς δεσμούς. Τα βιβλία που αξιολογήθηκαν είναι των εξής συγγραφέων: (1) Atkins & Jones, 3rd edn. (2001), (2) Silbeberg, 2nd edn. (2000), (3) Timberlake, 8th edn. (2002), (4) Chang, 6th edn. (2000) και (5) Spencer *et al*., 4th edn. (2008).

Θεωρητικό πλαίσιο - Είδη ερωτήσεων

Η βιβλιογραφία προσφέρει αρκετά συστήματα ταξινόμησης των ερωτήσεων, τα οποία ποικίλουν ως προς τα κριτήριά τους. Πολύ γνωστή και πολύ αποτελεσματική είναι η *ταξινομία του Bloom* για τον *γνωσιακό τομέα* (Bloom, 1956), που είναι *ιεραρχική*, ήτοι πάει από το απλούστερο στο πιο σύνθετο, με κάθε προηγούμενη κατηγορία να είναι προαπαιτούμενο για να περάσουμε στο υψηλότερο επίπεδο. Η ταξονιμία του Bloom αποτελείται από έξι επίπεδα (γνώση, κατανόηση, εφαρμογή, ανάλυση, σύνθεση, αξιολόγηση) (Φράγκος, 1984). Οι Armbruster and Ostertag (1993) συνάτησαν δυσκολίες στην εφαρμογή των εκπαιδευτικών στόχων του Bloom για την αξιολόγηση των ερωτήσεων των εγχειριδίων. Οι Pearson and Johnson (1978) έχουν προτείνει μια ταξινομία που είναι καταλληλότερη για την αξιολόγηση τυπικού υλικού εγχειριδίων, συμπεριλαμβανομένων των ερωτήσεών τους. Η ταξινομία αυτή αναφέρεται σε τρία είδη γνώσης: (i) *δηλωτική γνώση*, (ii) *διαδικαστική γνώση*, και (iii) *μεταγνώση*.
Η *Σχέση Ερώτησης–Απάντησης* (ΣΕΑ) αναδεικνύει τις συσχετίσεις μεταξύ του είδους της ερώτησης, της πληροφορίας στο κείμενο και του γνωστικού κεκτημένου του αναγνώστη. Η επίγνωση αυτών των δυνατοτήτων από τους σχεδιαστές ερωτήσεων, αλλά και από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές, αποτελεί σταθερό θεωρητικό υπόβαθρο και ορόσημο για τον προσανατολισμό της διδασκαλίας προς το στρατηγικό χαρακτήρα της. Αυτό το στοιχείο καθιστά την προσέγγιση ΣΕΑ απαραίτητη στις αναλύσεις ερωτήσεων διδακτικών κειμένων. Υπάρχει όμως κι ένας άλλος εξίσου σημαντικός λόγος που συνηγορεί σε αυτό. Η προσέγγιση ΣΕΑ αποτελεί εργαλείο στρατηγικής μάθησης για την αναζήτηση της πληροφορίας, που είναι απαραίτητη για την κατανόηση κειμένου. Με δυο λόγια, η ΣΕΑ ως σύλληψη και διαδικασία δίνει έμφαση στη *μεταγνώση* και στην *αυτορρύθμιση* κατά τη νοηματική προσπέλαση των

κειμένων, άρα ταυτίζεται στο σύνολό της με την κατηγορία *Μεταγνώση και Αυτορρύθμιση*. Η ταξινόμηση των ερωτήσεων εμπεριέχει τα παρακάτω είδη. Οι κειμενοκεντρικές και οι γνωσιοκρατικές ερωτήσεις ελέγχουν την νοητική διεργασία που ακολουθεί ο μαθητής για να απαντήσει, ενώ οι κλειστές και ανοικτές ερωτήσεις αναζητούν οι μεν πρώτες συγκεκριμένη απάντηση, οι δε δεύτερες τις απόψεις του μαθητή.

Κειμενοκεντρικές Ερωτήσεις-Απαντήσεις

Η απάντηση βρίσκεται στο κείμενο. 1. *«Ακριβώς εκεί / Αυτολεξεί»*. Η ερώτηση και η απάντηση διατυπώνονται με τα ίδια περίπου λόγια. 2. *«Σκέψου και ψάξε»*. Η απάντηση βρίσκεται στο κείμενο, αλλά σε διαφορετικά σημεία του. Γι' αυτό ο αναγνώστης πρέπει να ανατρέξει σε διάφορα σημεία και να συνδυάσει πληροφορίες προκειμένου να απαντήσει.

Παραδείγματα: (i) (Αυτολεξεί / βασικού επιπέδου): *Με τη βοήθεια των δομών Lewis να περιγράψετε τι σημαίνει συντονισμός και να ονομάσετε δύο συνέπειες του συντονισμού* (Atkins). (ii) (Σκέψου και ψάξε / βασικού επιπέδου): *Γενικά, πώς η ενέργεια πλέγματος μιας ιοντικής ουσίας συνδέεται με τα φορτία και τα μεγέθη των ιόντων;* (iii) (Σκέψου και ψάξε ανωτέρου επιπέδου): *Ποιο από τα ακόλουθα ζεύγη είναι πιθανό να σχηματίσει ιοντική ένωση: α) λίθιο και χλώριο, β) οξυγόνο και χλώριο, γ) κάλιο και μαγνήσιο, δ) κάλιο και θείο;*

Γνωσιοκεντρικές Ερωτήσεις-Απαντήσεις

Η απάντηση στηρίζεται κυρίως στα νοητικά σχήματα (γνώσεις, εμπειρίες, απόψεις) του αναγνώστη: 3. *«Εσύ και ο Συγγραφέας»:* Η απάντηση δεν υπάρχει αυτούσια στο κείμενο, αλλά για να απαντήσει ο αναγνώστης πρέπει να διαβάσει το κείμενο, ώστε να μπορεί να βοηθηθεί από τα συμφραζόμενα, δηλαδή από το περιεχόμενο. 4. «Μόνος Σου». Για να απαντήσει στην ερώτηση ο αναγνώστης πρέπει να σκεφτεί αυτά που ήδη γνωρίζει από μόνος του. Είναι μόνος του με τις απόψεις και τις γνώσεις του. Το κείμενο δεν μπορεί να τον βοηθήσει.

Παραδείγματα: (i) (Εσύ κι ο συγγραφέας βασικού επιπέδου): *Ποιος είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που πρέπει να χάσει από τα άτομα των παρακάτω στοιχείων έτσι ώστε να αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου α)Li , β) Mg, γ) Al, δ) Cs, δ) Ba;* (Timberlake). (ii) (Εσύ κι ο συγγραφέας ανωτέρου επιπέδου): *Χρησιμοποίησε τις δομές Lewis για να εξηγήσεις γιατί ένα ζεύγος μορίων NO_2 σχηματίζει το μόριο N_2O_4* (Spencer *et al.*).

Είδη ερωτήσεων αντικειμενικού ή κλειστού τύπου

Οι ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου ή κλειστές ερωτήσεις δεν αφήνουν περιθώρια υποκειμενικής εκτίμησης στον εξεταστή όσον αφορά την αξιολόγηση. Σε αυτές, υπάρχει δεδομένη σωστή απάντηση). Διακρίνονται σε διάφορα είδη: *1. Πολλαπλής επιλογής, 2. Διαζευκτικής απάντησης, 3. Σύζευξης, 4. Διάταξης, 5. Συμπλήρωσης κενού, 6. Σύντομης απάντησης.*

Παραδείγματα: (i) Ποια από τις παρακάτω ενώσεις είναι ικανή να σχηματίσει με τον εαυτό της δεσμούς υδρογόνου; α) C_2H_6, β) HI, γ) KF, δ) BeH_2, ε) CH_3COOH. (ii) Χαρακτήρισε τις παρακάτω ενώσεις ως ιοντικές ή ομοιοπολικές ουσίες: CH_4, KF, CO, $SiCl_4$, $BaCl_2$. (iii) Αντιστοίχισε κάθε μία από τις παρακάτω ενεργειακές μεταβολές με τις διαδικασίες που ακολουθούν: ενέργεια ιοντισμού, ηλεκτρονική συγγένεια, ενέργεια δεσμού, και κανονική ενθαλπία σχηματισμού (α) $F_{(g)} + e^- \rightarrow F^-_{(g)}$, (β) $F_{2\,(g)} \rightarrow 2\,F^-_{(g)}$, (γ) $Na_{(g)} \rightarrow Na^+_{(g)} + e^-$, (δ) $Na_{(s)} + ½\,F_{2(g)} \rightarrow NaF_{(s)}$. (iv) Σύγκρινε τη σταθερότητα (στη στερεή κατάσταση) των παρακάτων ζευγών ουσιών: (α) LiF και LiF_2, (β) Cs_2O και CsO, (γ) $CaBr_2$ και $CaBr_3$. (Chang).

Είδη ερωτήσεων ανοικτού τύπου

Οι ερωτήσεις αυτές αναζητούν απόψεις, αντιλήψεις και επιχειρήματα από τον μαθητή. Σε αυτές, δεν υπάρχει δεδομένη σωστή απάντηση. Για τη διαμόρφωσή της ο μαθητής επιστρατεύει ένα σύνολο από επιχειρήματα, απόψεις, αντιλήψεις. Διακρίνονται σε διάφορα

είδη: *Παραδοχές, Λογικής τεκμηρίωσης, Απόψεις και Επόψεις, Συνεπαγωγές, Αξιολογήσεις.* Παραδείγματα: *Παραδοχές:* Δηλαδή υπονοείς ότι…ή δεν το κατάλαβα καλά; *Λογική τεκμηρίωση:* Πού στηρίζεις την άποψη ότι…; *Απόψεις και Επόψεις:* Ποιο είναι το βασικό τους σκεπτικό; *Συνεπαγωγές:* Ποιος θα υποστεί τις σημαντικότερες επιδράσεις; *Αξιολογήσεις:* Ποια πηγή πληροφόρησης θεωρείται αντικειμενικότερη / αξιόπιστη και γιατί;
Παράδειγμα: Στο μόριο PCl_3, οι τέσσερις ηλεκτρονιακές ομάδες γύρω από το άτομο του φωσφόρου τοποθετούνται σε τετραεδρική γεωμετρία. Όμως, το σχήμα του μορίου καλείται πυραμιδικό. Γιατί το σχήμα του μορίου έχει διαφορετικό όνομα από το όνομο της γεωμετρίας των ηλεκτρονιακών ομάδων;

Μέθοδος

Με δεδομένους στόχους και τις δεξιότητες που επιδιώκει η χημεία αλλά και με αυτά που αναφέρουν στη βιβλιογραφία οι Raphael (Raphael, 1986, Raphael & Gavelec, 1984, Raphael & Pearson, 1985) Ματσαγγούρας (1998, 2004) και Κουλουμπαρίτση (2003), καταλήγουμε στην παρακάτω πρόταση ταξινόμησης των ερωτήσεων στα βιβλία χημείας όσον αφορά τον παιδαγωγικό τους ρόλο αλλά και τη μορφή τους (ανοικτές, κλειστές ερωτήσεις), που περιγράφεται με βάση τον Πίνακα 1. Στον πίνακα, √ είναι το σημείο όπου συγκλίνουν οι δύο ταξινομήσεις (Ματσαγγούρα και ΣΕΑ βλ θεωρητικό πλαίσιο). Παραδείγματος χάρη, οι ερωτήσεις διαδικαστικής γνώσης βασικού επιπέδου μπορούμε να είναι μόνο «Αυτολεξεί» και «Σκέψου και ψάξε» και όχι «Εσύ κι ο συγγραφέας» και «Μόνος σου».

Πίνακας 1. Το σχήμα αξιολόγησης των ερωτήσεων (για εξηγήσεις, βλ. κείμενο).

		Αυτολεξεί	*Σκέψου και ψάξε*	*Εσύ και ο Συγγραφέας*	*Μόνος σου*
Δηλωτική Γνώση	Βασικό επίπεδο	√	√	√	√
	Ανώτερο επίπεδο	-	√	√	√
Διαδικαστική Γνώση	Βασικό επίπεδο	√	√	-	-
	Μεταγνώση	√	√	√	√
Ομαδικές εργασίες		√	√	√	-

Μια δεύτερη διάσταση ταξινόμησης των ερωτήσεων που θα χρησιμοποιήσουμε είναι βάσει της μορφής τους: αντικειμενικού τύπου ή κλειστές και ανοικτές ερωτήσεις.

Αποτελέσματα

Α. Αξιολόγηση ερωτήσεων βάσει του περιεχομένου τους
Οι Πίνακες 2 και 3 δείχνουν τα αποτελέσματα της ταξινόμησής μας βάσει του περειεχομένου των ερωτήσεων για τις ερωτήσεις επί των ενδομοριακών και διαμοριακών δεσμών αντιστοίχως των τεσσάρων βιβλίων. Σημειώνεται ότι σε όλα τα βιβλία δεν ταυτοποιήθηκε καμιά ερώτηση διαδικαστικής γνώσης σε επίπεδο *μεταγνώσης*. Επίσης, κανένα βιβλίο δεν περιέχει σχετικές ερωτήσεις που μπορεί να ταξινομηθούν σε *ομαδικής εργασίας*.

Για την περίπτωση των ενδομοριακών δεσμών, σε όλα τα βιβλία κυριάρχησαν οι ερωτήσεις που ελέγχουν την *δηλωτική γνώση*. Πιο συγκεκριμένα, ελέγχεται η γνώση και λιγότερο η κατανόηση των θεωρητικών στοιχείων που μελετά ο φοιτητής (Ερωτήσεις βασικού και ανώτερου επιπέδου αντίστοιχα). Με εξαίρεση τα βιβλία (i) των Spencer et al. και (ii) του Chang, τα υπόλοιπα τρία εγχειρίδια περιέχουν ελάχιστες ερωτήσεις που ελέγχουν την απομνημόνευση ορισμών και στοιχείων θεωρίας. Κυρίως δίνουν την δυνατότητα στον μαθητή, χρησιμοποιώντας το θεωρητικό πλαίσιο, να απαντήσει σε ερωτήσεις, χωρίς να εντοπίζει αυτούσια την απάντηση στα κεφάλαια που μελετά (ερωτήσεις τύπου «Εσύ κι ο συγγραφέας» βασικού επιπέδου). Ένα ακόμη συμπέρασμα που προέκυψε από την αξιολόγηση είναι το εξής: οι ερωτήσεις που ελέγχουν την *διαδικαστική γνώση* των φοιτητών, δηλαδή το εάν μπορούν να ακολουθήσουν συγκεκριμένα βήματα μιας διαδικασίας υπήρξαν, αλλά περιορίστηκαν στον έλεγχο εφαρμογών, όπως π.χ. στη σχεδίαση χημικών δομών και όχι στην πραγματοποίηση πειραματικών διαδικασιών. Σημαντικός αριθμός ερωτήσεων *διαδικαστικής γνώσης* εντοπίστηκαν στα βιβλία των (i) Atkins & Jones και (ii) Spencer et al.
Στα κεφάλαια των διαμοριακών δεσμών, οι ερωτήσεις που περιέχονται είναι αριθμητικά λιγότερες από εκείνες για τους ενδομοριακούς δεσμούς. Εντοπίστηκε ομοίως ότι η πλειονότητα των ερωτήσεων σε όλα τα βιβλία ελέγχουν τη *δηλωτική γνώση βασικού επιπέδου* του φοιτητή και όχι την κατανόηση θεωρητικών στοιχείων (*δηλωτική γνώση ανώτερου επιπέδου*). Σε αντίθεση με τα κεφάλαια των ενδομοριακών δεσμών, δεν εντοπίστηκαν ερωτήσεις *διαδικαστικής γνώσης* με εξαίρεση τις ελάχιστες ερωτήσεις στο σύγγραμμα των Atkins & Jones.

Β. Αξιολόγηση ερωτήσεων βάσει της μορφής τους
Ο Πίνακες 4 και 5 δείχνουν τα αποτελέσματα της ταξινόμησής μας με βάση τη *μορφής των ερωτήσεων* για τις ερωτήσεις επί των ενδομοριακών και διαμοριακών δεσμών αντιστοίχως των τεσσάρων βιβλίων.
Σε όλα τα βιβλία, οι ερωτήσεις που εμπεριέχονται είναι ερωτήσεις κλειστού τύπου, δηλαδή έχουν συγκεκριμένη απάντηση. Πιο συγκεκριμένα ανήκουν κυρίως στην κατηγορία των ερωτήσεων σύντομης απάντησης . Ελάχιστες ήταν αυτές οι οποίες αναζητούσαν από τον μαθητή να αναπτύξει απόψεις και να αναφέρει επιχειρήματα ώστε να στηρίξει την απάντησή του (ερωτήσεις ανοικτού τύπου). Οι ελάχιστες αυτές ερωτήσεις ανήκουν στην κατηγορία λογικής τεκμηρίωσης. Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και για τα κεφάλαια των διαμοριακών δεσμών, αν και αριθμητικά είναι πολύ λιγότερες.

Πίνακας 2. Αξιολόγηση ερωτήσεων επί των ενδομοριακών δεσμών βάσει του περιεχομένου τους.

Βιβλίο		*Δηλωτική Γνώση*		*Διαδικαστική Γνώση*
		Βασικό επίπεδο	*Ανώτερο επίπεδο*	*Βασικό επίπεδο*
Atkins & Jones *(n=86)*	*Αυτολεξεί*	3	0	0
	Σκέψου και ψάξε	4	3	38
	Εσύ και ο συγγραφέας	22	16	-
	Μόνος σου	0	0	-
Silbeberg *(n=58)*	*Αυτολεξεί*	9	-	1
	Σκέψου και ψάξε	8	5	4
	Εσύ και ο συγγραφέας	24	7	-
	Μόνος σου	0	0	-
Timberlake *(n=76)*	*Αυτολεξεί*	9	-	0
	Σκέψου και ψάξε	38	7	0
	Εσύ και ο συγγραφέας	22	0	-
	Μόνος σου	0	0	-
Chang *(n=64)*	*Αυτολεξεί*	11	-	4
	Σκέψου και ψάξε	13	4	13
	Εσύ και ο συγγραφέας	12	7	-
	Μόνος σου	0	0	-
Spencer *et al. (n=198)*	*Αυτολεξεί*	44	0	0
	Σκέψου και ψάξε	16	10	77
	Εσύ και ο συγγραφέας	51	0	-
	Μόνος σου	0	0	-

Συμπεράσματα

Από την αξιολόγηση των ερωτήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα: 1) Στο σύνολο των βιβλίων που αξιολογήθηκαν παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των ερωτήσεων αξιολογούσε την διαγνωστική γνώση του φοιτητή και όχι διαδικαστικές δεξιότητες, 2) από το σύνολο των διαγνωστικών ερωτήσεων, οι περισσότερες ήταν βασικού επιπέδου, δηλ. αξιολογούσαν την γνώση και όχι την κατανόηση στοιχείων της θεωρίας, 3) παρατηρήθηκε η πλήρης απουσία μεταγνωστικών και ομαδικών ερωτήσεων,4) το είδος των διαδικαστικών ερωτήσεων περιορίστηκε στη σχεδίαση δομών και δομημένων ασκήσεων και όχι σε πειραματικές εφαρμογές και τέλος 5) σε όλα τα βιβλία, οι ερωτήσεις που αξιολογούσαν τη στείρα απομνημόνευση ήταν αρκετές.

Βιβλιογραφικές Αναφορές (*α΄: ελληνικές*)

Κουλουμπαρίτση, Α. (2003). Η κατανόηση στο αναλυτικό πρόγραμμα, τα σχολικά βιβλία και τη διδακτική πράξη. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η.(1998).Στρατηγικές διδασκαλίας. Gutenberg, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2004). Κειμενοκεντρική προσέγγιση του γραπτού λόγου. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Φράγκος Χ. (1984). Ψυχοπαιδαγωγική, σσ. 370-371. Αθήνα.

Πίνακας 3. Αξιολόγηση ερωτήσεων επί των διαμοριακών δεσμών βάσει του περιεχομένου τους.

*Βιβλίο**		*Δηλωτική Γνώση*		*Διαδικαστική Γνώση*
		Βασικό επίπεδο	*Ανώτερο επίπεδο*	*Βασικό επίπεδο*
Atkins & Jones *(n=14)*	*Αυτολεξεί*	1	-	0
	Σκέψου και ψάξε	3	0	3
	Εσύ και ο συγγραφέας	2	5	-
	Μόνος σου	0	0	-
Silbeberg *(n=26)*	*Αυτολεξεί*	4		0
	Σκέψου και ψάξε	4	0	0
	Εσύ και ο συγγραφέας	15	3	-
	Μόνος σου	0	0	-
Chang *(n=20)*	*Αυτολεξεί*	2		0
	Σκέψου και ψάξε	4	0	0
	Εσύ και ο συγγραφέας	12	2	-
	Μόνος	0	0	-
Spencer *et al. (n=12)*	*Αυτολεξεί*	2		0
	Σκέψου και ψάξε	1	0	0
	Εσύ και ο συγγραφέας	7	2	-
	Μόνος	0	0	-

*Το βιβλίο του Timberlake δεν περιέχει ερωτήσεις επί των διαμοριακών δεσμών.

Πίνακας 4. Αξιολόγηση ερωτήσεων επί των ενδομοριακών δεσμών βάσει της μορφής τους.

		Atkins & Jones *(n=96)*	Silbeberg *(n=63)*	Timberlake *(n=91)*	Chang *(n=73)*	Spencer *et al. (n=198)*
Ερωτήσεις αντικειμενικού κλειστού τύπου (Α)	Πολλαπλής επιλογής	4	5	2	1	36
	Διαζευκτικής απαντήσεις	10	0	3	2	4
	Σύζευξης	2	10	4	2	2
	Διάταξης	9	15	2	7	4
	Συμπλήρωσης κενού	3	2	51	26	68
	Σύντομης απάντησης	63	27	26	35	82
Ερωτήσεις ανοικτού τύπου (Β)	Παραδοχές.	0	0	0	0	0
	Λογική τεκμηρίωση	5	4	3	0	2
	Απόψεις και Επόψεις	0	0	0	0	0
	Συνεπαγωγές	0	0	0	0	0
	Αξιολογήσεις	0	0	0	0	0

Πίνακας 5. Αξιολόγηση ερωτήσεων επί των διαμοριακών δεσμών βάσει της μορφής τους.*

		Atkins & Jones *(n=11)*	Silbeberg *(n=26)*	Chang *(n=20)*	Spencer *et al.* *(n=12)*
Ερωτήσεις αντικειμενικού κλειστού τύπου (Α)	Πολλαπλής επιλογής	2	3	1	1
	Διαζευκτικής απαντήσεις	0	0	0	0
	Σύζευξης	3	2	0	1
	Διάταξης	2	11	5	1
	Συμπλήρωσης κενού	0	0	2	1
	Σύντομης απάντησης	4	7	11	8
Ερωτήσεις ανοικτού τύπου (Β)	Παραδοχές.	0	0	0	0
	Λογική τεκμηρίωση	0	3	1	0
	Απόψεις και Επόψεις	0	0	0	0
	Συνεπαγωγές	0	0	0	0
	Αξιολογήσεις	0	0	0	0

*Το βιβλίο του Timberlake δεν περιέχει ερωτήσεις επί των διαμοριακών δεσμών.

Βιβλιογραφικές Αναφορές (*β΄: ξενόγλωσσες*)

Armbruster, B. & Ostertag, J. (1993). Questions in elementary science and social studies textbooks. In B. K. Britton, A. Woodward & M. Binkley (eds.), Learning from textbooks - Theory and practice. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J.

Atkins, P. & Jones, J. (2000). Chemistry - Molecules, matter and change. 3rd edn. Freeman, New York.

Bloom, B. (1956). Taxonomy of educational objectives. Handbook 1: Cognitive domain. David Mackay, New York.

Chang, R. (2000) Chemistry, 6th edn. McGraw-Hill, Boston.

Pearson, P. D. & Johnson, D.D. (1978). Teaching reading comprehension. Holt, Rinehart and Winston, New York.

Raphael, T.E. (1986). Teaching question answer relationships, revisited. The Reading Teacher, 39, 516-522.

Raphael, T. E. & Gavelec, J. R. (1984). Question-related activities and their relationship to reading comprehension: Some instructional implications. In G. G. Duffy, L. R. Roehler, & J. Mason (eds.), Comprehension instruction. Longman, New York.

Raphael, T. E., & Pearson, P.D. (1985). Increasing students' awareness of sources of information for answering questions. American Educational Research Journal, 22, 217-236.

Silbeberg, M. S. (2000). Chemistry - The molecular nature of matter and change, 2nd edn. McGraw-Hill, New York.

Spencer. N. J, Bodner. M. G, Rickard H. L (2008). Chemistry. Structure and δynamics, 4th edn., Wiley.

Timberlake, C. C. (2002). Chemistry - An introduction to general, organic and biological chemistry, 8th edn. Cummings Publishing.

Συμπόσιο 2ο: Διδάσκοντας θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα στη ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Θεωρητικά ζητήματα, ερευνητικές κατευθύνσεις, προτάσεις.

Οργανώτρια: **Κ. Χαλκιά**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ
Συζητητής: **Κ. Σκορδούλης**, Καθηγητής ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

Συμμετέχοντες:

Εισαγωγή (Κ. Χαλκιά)

Δημητριάδη Κυριακή και Χαλκιά Κρυσταλλία (Μια εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στο Λύκειο)

Χατζηδάκη Δώρα (Η 'φύση της επιστήμης' ως δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο εννοιολογικής αλλαγής προς την κβαντική θεωρία)

Αθανάσιος Βελέντζας και Κρυσταλλία Χαλκιά (Προτάσεις για τη Διδασκαλία Νόμων και Αρχών της Φυσικής του 20ου Αιώνα στο Λύκειο με την Αξιοποίηση Ιστορικών Νοητικών Πειραμάτων)

Σταύρου Δημήτρης και Ασημόπουλος Στέφανος (Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην Εκπαίδευση)

Περίληψη

Στο παρόν συμπόσιο παρουσιάζονται τέσσερις εργασίες που αναφέρονται σε ερευνητικές προσπάθειες για τη διδασκαλία των θεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Λύκειο). Ειδικότερα, θα παρουσιαστούν εργασίες από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, την Κβαντική Θεωρία και τη Θεωρία του Χάους, καθώς και μία εργασία για τα Νοητικά Πειράματα, ένα εργαλείο σκέψης απαραίτητο για να συνειδητοποιήσει κανείς τη φυσική σημασία κάθε θεωρίας και να φωτίσει τις συνέπειές της. Οι θεωρίες φυσικής του 20ου αιώνα αντιπροσωπεύουν διαφορετικές σχολές επιστημονικής σκέψης που βασίζονται σε διαφορετικές επιστημολογικές και οντολογικές παραδοχές. Συχνά δε αντανακλούν τους προβληματισμούς του ευρύτερου κοινωνικο-πολιτισμικού περιβάλλοντος. Στη σχολική επιστήμη συγκροτούν ένα ισχυρό παράδειγμα για την εξοικείωση των μαθητών με τη φύση της επιστήμης. Επομένως, αποτελεί πρόκληση η διερεύνηση τρόπων μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης τους σε σχολική γνώση. Οι εργασίες του συμποσίου θα προσπαθήσουν να φωτίσουν πλευρές αυτού του μετασχηματισμού, ζητήματα που προκύπτουν και να παρουσιάσουν τα ελληνικά και διεθνή ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο αυτό.

Summary

In the present symposium, four papers are presented in an attempt to introduce (teach) Physics Theories of the 20th century to upper secondary education. Three of them refer to different Theories: Special Theory of Relativity, Quantum mechanics and Theory of Chaos, while the forth refers to thought experiments, a thinking tool necessary to realize the deeper essence of each theory and to illuminate its consequences. The Physics Theories of the 20th century represent different schools of scientific thought, based on different epistemological and ontological grounds; all reflecting the questions held on the socio-cultural environment of each era. Thus, it is a challenge to investigate ways of transforming the scientific knowledge of these theories into school knowledge. That is

because among other things students will be acquainted with the nature of science. The symposium's papers will attempt to illuminate sides of this didactical transformation and to present Greek and international research data on this area.

Εισαγωγή

Το παρόν συμπόσιο αποτελεί μια προσπάθεια να ανοίξει ένα βήμα διαλόγου σχετικά με τη διδασκαλία των θεωριών φυσικής του 20^{ου} αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το θέμα αυτό δεν φαίνεται να έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την εκπαιδευτική κοινότητα στην Ελλάδα, 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 20^{ου} αιώνα φαίνεται άλλοτε να τρομάζει και άλλοτε να αφήνει αδιάφορους τους εκπαιδευτικούς. Και όμως, η προσπάθεια εξοικείωσης των μαθητών με τις θεωρίες φυσικής του 20^{ου} αιώνα είναι απαραίτητη για να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης, και να εκπαιδευτούν στο ευρύτερο πεδίο της φυσικής.

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 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από διαφορετικές σχολές επιστημονικές σκέψης, που κάθε μία από αυτές εκφράζει μια διαφορετική κοσμοθεωρία και κινείται σε διαφορετικό επιστημολογικό και οντολογικό επίπεδο. Συχνά μάλιστα οι θεωρίες αυτές αντανακλούν τους προβληματισμούς που επικρατούν στο ευρύτερο κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο της εποχής. Οι κοινωνικές ανακατατάξεις που σημειώνονται τον 20^{ο} 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, όπως αποδείχθηκε, ότι δεν ήταν τόσο απλά.

Στις αρχές του 20^{ου} 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 μέσα 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.λπ.

Λίγο αργότερα, στο διάστημα του μεσοπολέμου και λίγο πριν το οικονομικό κραχ, η ανθρωπότητα βιώνει την αβεβαιότητα, την ανασφάλεια και την απροσδιοριστία της εποχής. 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 20^{ου} αιώνα, διατυπώνει την αρχή της αβεβαιότητας ή της απροσδιοριστίας και αμφισβητεί τη δυνατότητα μιας ενιαίας αναπαράστασης του φυσικού κόσμου (που συμβαδίζει με τον ντετερμινιστικό τρόπο 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 .

Η παραπάνω αναδρομή στις θεωρίες φυσικής του 20ου αιώνα έγινε για να φανεί ότι η έκθεση των μαθητών σε αυτές τους επιτρέπει να προβληματιστούν για τη φύση της επιστήμης. Οι προσπάθεια διδακτικού μετασχηματισμού τους σε σχολική επιστήμη αποτελεί πρόκληση για την εκπαιδευτική ερευνητική κοινότητα. 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 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. Θεωρούμε λοιπόν ότι πρέπει να ανοίξει ένα πρώτο βήμα διαλόγου προς την κατεύθυνση αυτή. Άλλωστε και άλλοι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό και έχουν επιχειρηματολογήσει υπέρ της εισαγωγής τους στο αναλυτικό πρόγραμμα και για ηλικίες μικρότερες των 16 ετών (Shabajee and Postlethwaite 2000).

Στο παρόν συμπόσιο θα παρουσιαστούν ερευνητικές προσπάθειες από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας, από την Κβαντομηχανική και από τη Θεωρία του Χάους. Επίσης θα παρουσιαστούν αντίστοιχα ερευνητικά δεδομένα για τα Νοητικά Πειράματα, ένα εργαλείο σκέψης απαραίτητο για να συνειδητοποιήσει κανείς τη βαθύτερη ουσία κάθε θεωρίας και για να φωτίσει τις συνέπειές της. Θα συζητηθούν ποια είναι τα διεθνή ερευνητικά δεδομένα προς την κατεύθυνση αυτή, ποιες είναι οι ιδιαιτερότητες αυτών των θεωριών, ποια προβλήματα ανακύπτουν και με ποιες προϋποθέσεις μπορούν να ενταχθούν στη σχολική πράξη.

Βιβλιογραφική αναφορά

Shabajee P. and Postlethwaite K. (2000). *What happened to modern physics?*, School Science Review, 81(297), p51-56.

Μια εμπειρική έρευνα για τη διδασκαλία της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στο Λύκειο

Κυριακή Δημητριάδη[1] & Κρυσταλλία Χαλκιά[2]
[1]*Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αθηνών, kdimitr@primedu.uoa.gr*
[2]*Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αθηνών, kxalkia@primedu.uoa.gr*

Περίληψη
Στην εργασία αυτή περιγράφεται μία εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε με στόχο τη διερεύνηση της δυνατότητας διδασκαλίας της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας σε μαθητές λυκείου. Ο στόχος είναι η διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης των παιδιών και η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος. Αρχικά περιγράφεται ο σχεδιασμός της διδακτικής ακολουθίας και του αντίστοιχου διδακτικού υλικού και στη συνέχεια, η υλοποίηση της εμπειρικής έρευνας σε δείγμα 40 μαθητών της Α΄ λυκείου. Από την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν, γίνεται η αποτύπωση της νοητικής πορείας των μαθητών στην προσπάθειά τους να πραγματευτούν τα αξιώματα της θεωρίας και κάποιες από τις συνέπειές της (σχετικότητα ταυτοχρονισμού, διαστολή χρόνου, συστολή μήκους). Επίσης, επισημαίνονται οι δυσκολίες που συναντούν και το πώς τις ξεπερνούν. Συνολικά, τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, καθώς αναδεικνύεται η δυνατότητα προσέγγισης της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Abstract
In this work a qualitative research is described. The topic of this research is the possibility to introduce the Theory of Special Relativity (TSR) in the secondary education (10th grade). The purpose of this study is to investigate the students' learning processes and the research method used was that of teaching experiment. The design of the teaching sequence and the development of the teaching material are described and the conduction of the empirical research follows. The sample was 40 students. Through a qualitative analysis of data, students' conceptual pathway as they deal with the axioms of the theory and with some of its consequences (relativity of simultaneity, time dilation, length contraction) is traced. The difficulties students meet and the way they overcome them are also pointed out. In conclusion, the results are encouraging, since it comes out that students of the upper secondary education are able to grasp some basic concepts and ideas of the Theory of Special Relativity.

Εισαγωγή

Η Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας (ΕΘΣ) αποτελεί μία από τις θεμελιώδεις θεωρίες του 20ου αιώνα που ήρθε, όχι να συμπληρώσει αλλά, να ανατρέψει το οικοδόμημα της Νευτώνειας Φυσικής και να αλλάξει την αντίληψή μας για το χώρο και το χρόνο. Αντίθετα με αυτό που υποδηλώνει το όνομά της, "το περιεχόμενο της ΕΘΣ δεν έγκειται στη σχετικότητα του χώρου και του χρόνου, αλλά στην αλληλεξάρτηση και συνένωσή τους." (Καρακώστας 2008)
Η παιδαγωγική αξία της ΕΘΣ, σύμφωνα με τους Borghi, De Ambrosis & Ghisolfi (1993) έγκειται στο γεγονός ότι δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να βιώσουν το πέρασμα από μία επιστημονική θεωρία σε μία άλλη και να συνειδητοποιήσουν ότι η επιστήμη αποτελεί

ανθρώπινο δημιούργημα που εξελίσσεται. Επίσης, να αναγνωρίσουν πώς μία φυσική θεωρία μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με την κοινή αντίληψη και την καθημερινή εμπειρία και να μάθουν να «βιώνουν αβεβαιότητες» (Angotti et al. 1978).
Παρόλα αυτά, η αναγκαιότητα εισαγωγής της στο επίπεδο αυτό εξακολουθεί να είναι αντικείμενο καθώς η αυξημένη ύλη από τη μία, και οι εγγενείς δυσκολίες του αντικειμένου από την άλλη, καθιστούν το εγχείρημα ιδιαίτερα δύσκολο.
Στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση επιχειρήθηκε η εισαγωγή της το 1996 με την ένταξη στην ύλη των γενικών εξετάσεων βιογραφικών στοιχείων του Einstein και μιας απλής αναφοράς των αξιωμάτων της θεωρίας. Αργότερα, με την αλλαγή του βιβλίου της Γ' λυκείου Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης, προστέθηκε κεφάλαιο με τον τίτλο «Θεωρία της Σχετικότητας» που όμως δε διδάσκεται, καθώς δεν αποτελεί εξεταστέα ύλη για τις γενικές εξετάσεις. Άλλωστε, ακόμα και στη συγγραφή του συγκεκριμένου κεφαλαίου δε φαίνεται να έχει πραγματοποιηθεί διδακτικός μετασχηματισμός της πανεπιστημιακής γνώσης σε σχολική, καθώς η προσέγγιση (και από τους συγγραφείς του Αναλυτικού Προγράμματος), συμπίπτει με αυτή των βιβλίων που χρησιμοποιούνται στα πρώτα δύο έτη του Πανεπιστημίου.
Ωστόσο, όπως επισημαίνεται από τους Scherr, Shaffer και Vokos (2001) αυτό που είναι σημαντικό πριν αποφασίσουμε αν πρέπει να διδαχθεί στο Λύκειο η ΕΘΣ, είναι να εξακριβώσουμε μέχρι πού μπορούν να φτάσουν οι μαθητές και ποια βήματα πρέπει να γίνουν ώστε να εμβαθύνουν στο περιεχόμενο της θεωρίας όσο το δυνατόν περισσότερο.

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες για το πώς η θεωρία αυτή μπορεί να προσεγγιστεί από φοιτητές και ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν σε βασικές έννοιες (Hewson 1982, Villani and Pacca, 1987, Pietrocola and Zylbersztajn 1999, Scherr 2001). Οι αντίστοιχες έρευνες, ωστόσο, σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι περιορισμένες και οι εκάστοτε στόχοι που τίθενται διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό. Συγκεκριμένα, είτε είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες χρονικά (Borghi, De Ambrosis & Ghisolfi 1993), είτε τονίζεται η ανάγκη διαφορετικής αντιμετώπισης της θεωρίας (Villani & Arruda 1998) που θα έχει περισσότερο ως στόχο την ενημέρωση των μαθητών για τη ρήξη μεταξύ Νευτώνειας και μοντέρνας φυσικής και την κατανόηση των τεχνολογικών εφαρμογών της θεωρίας.
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τόσο οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όσο και οι φοιτητές συναντούν αρκετές δυσκολίες στην κατανόηση της ΕΘΣ.
Συγκεκριμένα, δυσκολεύονται να κατανοήσουν σε βάθος τη θεωρία και αρκετές φορές την αντιμετωπίζουν ως "κατασκευή". Σε αυτό συντελεί το γεγονός ότι η ΕΘΣ δεν αφορά φαινόμενα της καθημερινής ζωής και οι μαθητές αντιμετωπίζουν καταστάσεις που δεν μπορούν να αντιληφθούν διαισθητικά και να κάνουν προβλέψεις (Guisasola et al. 2009).
Επιπλέον, οι μαθητές (όπως και οι φοιτητές) δεν είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση των συστημάτων αναφοράς και δεν είναι σε θέση να κατανοήσουν τη φυσική σημασία του όρου "αδρανειακό σύστημα" τον οποίο χρησιμοποιούν ως "μαγική λέξη", καθώς δεν έχει κάποια ειδική ερμηνευτική σημασία γι' αυτούς (Pietrocola & Zylbersztajn 1999). Πιστεύουν ότι ο χώρος και ο χρόνος είναι απόλυτοι και ότι η κίνηση αποτελεί εγγενή ιδιότητα ενός αντικειμένου και όχι μία ποσότητα που μετριέται σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς. (Saltiel & Malgrange 1980)
Η σχετικότητα του Γαλιλαίου και οι νόμοι του Νεύτωνα που διδάσκονται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση αναλυτικά, δημιουργούν σημαντικά προβλήματα όταν εισάγεται η ΕΘΣ, καθώς αποτελούν εδραιωμένες αντιλήψεις και η αλλαγή εννοιολογικού πλαισίου που απαιτείται είναι πολύ δύσκολο να συντελεστεί (Villani & Pacca 1987). Ταυτόχρονα, οι γνώσεις που αποκτούν οι φοιτητές όταν μελετούν την ΕΘΣ αποδεικνύεται ότι δεν εμφανίζουν σταθερότητα. Έτσι όταν τίθεται ένα πρόβλημα, προτιμούν –όπου αυτό είναι δυνατό- να

καταφεύγουν στην κλασική φυσική. Ερμηνεύουν, δηλαδή, συγκεκριμένες έννοιες και αποτελέσματα με τρόπο αυθόρμητο και χωρίς να χρησιμοποιούν την ΕΘΣ (Pietrocola & Zylbersztajn 1999)

Σχεδιασμός και πραγματοποίησης εμπειρικής έρευνας

Ερευνητικά ερωτήματα

Ο στόχος της εμπειρικής έρευνας είναι να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές λυκείου μπορούν να προσεγγίσουν τις βασικές αρχές της ΕΘΣ. Συγκεκριμένα, ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησής τους που οδηγούν στην επιστημονική άποψη και ποιες είναι οι ιδέες των μαθητών για βασικές έννοιες της ΕΘΣ.

Σχεδιασμός εμπειρικής έρευνας

Αρχικά πραγματοποιήθηκε διδακτική ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου. Ακολούθησε μία αρχική καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για βασικές έννοιες της ΕΘΣ (σχετικότητα κίνησης, σημείο αναφοράς, ταχύτητα φωτός - ανώτατο όριο ταχύτητας) (Dimitriadi, Halkia & Skordoulis 2004). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε μία πιο εκτεταμένη έρευνα που περιλάμβανε και έννοιες σχετικές με τις συνέπειες της ΕΘΣ (σχετικότητα χρόνου και μήκους) και λειτούργησε ως πιλοτική (Δημητριάδη, Χαλκιά & Σκορδούλης 2009). Τα αποτελέσματα των παραπάνω σε συνδυασμό με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας αποτέλεσαν τη βάση για το σχεδιασμό της κυρίως έρευνας. Με βασικό στόχο την καταγραφή μαθησιακών δυνατοτήτων και δυσκολιών κατά την προσέγγιση των δύο αξιωμάτων της ΕΘΣ και των συνεπειών που σχετίζονται με το χώρο και το χρόνο (σχετικότητα ταυτοχρονισμού, διαστολή χρόνου και συστολή μήκους) σχεδιάστηκε η διδακτική ακολουθία και κατασκευάστηκε το εκπαιδευτικό υλικό.

Το διδακτικό υλικό αποτελείται από φύλλα εργασίας όπου περιγράφονται κατά κύριο λόγο νοητικά πειράματα τα οποία οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν. Τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται βασίζονται ως ένα βαθμό στο εκλαϊκευτικό κείμενο των Landau και Rumer, “Τι είναι η Θεωρία της Σχετικότητας”, όπου οι συγγραφείς με απλή επιστημονική γλώσσα και παραδείγματα επιχειρούν να εισάγουν τον αναγνώστη στην ΕΘΣ.

Πιο αναλυτικά το περιεχόμενο της κάθε συνάντησης σχεδιάστηκε ως εξής:

$1^{η}$ συνάντηση: $1^{ο}$ αξίωμα της ΕΘΣ.

Προσδιορισμός της έννοιας της κίνησης, ώστε να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι η κίνηση είναι έννοια σχετική. Το επόμενο βήμα, είναι να προσδιορίσουν πώς αντιλαμβανόμαστε ότι ένα σώμα κινείται αν δεν μπορούμε να θέσουμε σημείο αναφοράς, ώστε να καταλήξουν ότι κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό εφόσον το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Στο τέλος της $1^{ης}$ συνάντησης, να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι οι καταστάσεις της ακινησίας και της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης είναι ισοδύναμες και ισχύουν οι ίδιοι νόμοι της φυσικής (Διατύπωση $1^{ου}$ αξιώματος).

$2^{η}$ συνάντηση: $2^{ο}$ αξίωμα της ΕΘΣ.

Περιγράφεται ένα νοητικό πείραμα όπου δύο επιβάτες ενός τρένου μετρούν την ταχύτητα του φωτός όταν το τρένο είναι ακίνητο και όταν το τρένο κινείται ευθύγραμμα και ομαλά. Ο στόχος είναι να φτάσουν οι μαθητές στο αδιέξοδο, είτε της απόρριψης του $1^{ου}$ αξιώματος, είτε της αναγκαιότητας εισαγωγής ενός $2^{ου}$ αξιώματος, ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή και ανεξάρτητη από την ταχύτητα του παρατηρητή.

$3^{η}$ συνάντηση: Σχετικότητα ταυτοχρονισμού.

Παρουσίαση του νοητικού πειράματος του τρένου του Einstein (μέσω μιας οπτικοποίησής του) και με απλούς συλλογισμούς, οι μαθητές να καταλήξουν στη σχετικότητα του ταυτοχρονισμού. Το κρίσιμο σημείο της συνάντησης αυτής, καθώς και των δύο επομένων είναι να εφαρμόσουν

-το δεύτερο αξίωμα προκειμένου να καταλήξουν στο συμπέρασμα (δύο γεγονότα που είναι ταυτόχρονα για τον έναν παρατηρητή, δεν είναι ταυτόχρονα και για τον άλλον), και στη συνέχεια,
-το πρώτο αξίωμα, ώστε να συνειδητοποιήσουν ότι οι δύο παρατηρητές είναι ισοδύναμοι. Για το λόγο αυτό, η διαπραγμάτευση του νοητικού πειράματος συνεχίζεται με αντιστροφή των παρατηρητών.
4η συνάντηση: Διαστολή χρόνου.
Περιγράφεται το νοητικό πείραμα με το "ρολόι φωτός" όπου παρατηρητές υπολογίζουν το χρόνο. Οι μαθητές μέσω απλών μαθηματικών υπολογισμών (χρήση Πυθαγορείου Θεωρήματος) να φτάσουν στο συμπέρασμα ότι δύο παρατηρητές που κινούνται ο ένας σε σχέση με τον άλλον, μετρούν διαφορετικά χρονικά διαστήματα για το ίδιο γεγονός, χωρίς κάποια μέτρηση να υπερτερεί.
5η συνάντηση: Συστολή μήκους.
Με τη χρήση του ρολογιού φωτός οι παρατηρητές μετρούν μήκη και οι μετρήσεις τους διαφέρουν. Οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν γιατί συμβαίνει αυτό και να επεξεργαστούν το αποτέλεσμα που προκύπτει.
Στις τρεις τελευταίες συναντήσεις που αφορούν τις συνέπειες της ΕΘΣ, ακολουθείται με συνέπεια η ίδια βασική πορεία, ώστε οι μαθητές να επικεντρώνονται στην ουσία των συζητήσεων και να μη χάνονται σε διαδικαστικές λεπτομέρειες.

Πραγματοποίηση εμπειρικής έρευνας
Η εμπειρική έρευνα έγινε σε 40 μαθητές της Α' λυκείου (προερχόμενοι από τρία γενικά λύκεια της Αττικής) με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος (teaching experiment) (Komorek & Duit 2004). Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί ουσιαστικά μια τεχνική συνέντευξης, η οποία συνδυάζει τα στοιχεία μιας κλασικής συνέντευξης αλλά και διδασκαλίας. Ο συντονιστής παίρνει ταυτόχρονα τη θέση αυτού που προσπαθεί να αναδείξει και να καταλάβει τις ιδέες των μαθητών και του δασκάλου που προσπαθεί να προσαρμοστεί στις ιδέες αυτές και να κάνει τις κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις (Σταύρου, Komorek & Duit 2004). Οι μαθητές δούλευαν σε 10 ομάδες των τεσσάρων ατόμων και πραγματοποιήθηκαν 5 συναντήσεις (με διάρκεια περίπου 1 διδακτική ώρα). Οι συζητήσεις τους ηχογραφούνταν.
Πριν την έναρξη των συναντήσεων οι μαθητές απάντησαν ατομικά σε ερωτηματολόγιο όπου διερευνώνταν οι αντιλήψεις τους για βασικές έννοιες της ΕΘΣ. Αντίστοιχο ερωτηματολόγιο δόθηκε αμέσως μετά την ολοκλήρωση των συναντήσεων καθώς και ένα μήνα μετά.
Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ποιοτικές μεθόδους (Mayring 2000).

Αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας

Αποτελέσματα από τα pretest
Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων που δόθηκαν πριν την έναρξη των συναντήσεων είναι ξεκάθαρο ότι οι μαθητές γνωρίζουν τον Einstein ως προσωπικότητα, αλλά οι γνώσεις τους για το επιστημονικό του έργο είναι περιορισμένες. Η παραφιλολογία που έχει αναπτυχθεί γύρω από το θέμα αυτό τους έχει επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό. Ωστόσο, αυτό που είναι σαφές είναι ότι ενδιαφέρονται να μάθουν περισσότερα πράγματα για τη σύγχρονη φυσική και για τη θεωρία της Σχετικότητας ειδικά.
Επίσης, σε ερώτηση σχετική με τον ορισμό της κίνησης, οι απαντήσεις τους σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό δείχνουν ότι την αντιλαμβάνονται ως απόλυτο μέγεθος. Σχετικά με τις συνέπειες της θεωρίας, πιστεύουν ότι δεν είναι δυνατό να υπάρχει σχετικότητα ταυτοχρονισμού, χρόνου και μήκους καθώς πιστεύουν ότι είναι απόλυτα μεγέθη.

Αποτελέσματα 1ης συνάντησης

Η πορεία που ακολουθούν οι μαθητές μέχρι να καταλήξουν στο πρώτο αξίωμα είναι η εξής: Αρχικά, προσδιορίζουν την κίνηση ως απόλυτο μέγεθος. Καθώς χρησιμοποιούνται απλά παραδείγματα καθημερινής ζωής, αρχίζουν να περιγράφουν την κίνηση ενός σώματος, θέτοντας με έμμεσο τρόπο σημεία αναφοράς, που όμως πρέπει να έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες (π.χ. να είναι ακίνητα) υποδηλώνοντας την αντίληψή τους ότι η κίνηση και η ακινησία είναι απόλυτα μεγέθη. Σταδιακά και με τη χρήση διαφόρων σημείων αναφοράς, συνειδητοποιούν ότι δεν μπορούμε να καθορίσουμε ένα απόλυτο σημείο αναφοράς, οπότε αντιλαμβάνονται τη σχετικότητα της κίνησης.

Στη συνέχεια, όταν τους ζητείται να βρουν τρόπο να καθορίσουν πότε ένα σώμα κινείται, αν δεν μπορούν να θέσουν σημείο αναφοράς, αναφέρονται στην αδράνεια. Στην αρχή όμως την περιορίζουν στο ξεκίνημα και στο σταμάτημα του σώματος. Σταδιακά αντιλαμβάνονται ότι εκδηλώνεται σε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητας.

Στο τελευταίο βήμα, όπου γίνεται συζήτηση για την περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, προσπαθούν να βρουν τρόπους με τους οποίους η κίνηση θα γινόταν αντιληπτή. Σε μεγάλο ποσοστό πιστεύουν ότι απλά πειράματα, όπως η ελεύθερη πτώση ενός αντικειμένου, θα μπορούσε να τους δώσει τις απαραίτητες πληροφορίες, αποδεικνύοντας την έλλειψη κατανόησης νόμων της κλασικής φυσικής. Προκειμένου να ξεπεράσουν το εμπόδιο αυτό, χρησιμοποιούνται παραδείγματα με μέσα που προσεγγίζουν την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (καράβι, αεροπλάνο, γη) ώστε να καταφέρουν να συνδυάσουν τις εμπειρίες τους με μία κατάσταση της οποίας δεν έχουν άμεση αντίληψη. Τελικά, καταλήγουν ότι με κανένα πείραμα δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε τις καταστάσεις ακινησίας και ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, άρα ισχύουν οι ίδιοι νόμοι της φυσικής και είναι ισοδύναμες καταστάσεις.

Αποτελέσματα 2ης συνάντησης

Σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός, οι μαθητές απαντούν σωστά εξαρχής ότι η ταχύτητα του φωτός είναι σταθερή, ανεξάρτητα από την κίνηση του παρατηρητή. Ωστόσο, κατά την επεξεργασία των απαντήσεών τους, γίνεται σαφές ότι η απάντηση αυτή οφείλεται στην εναλλακτική ιδέα ότι η ταχύτητα είναι μέγεθος απόλυτο. Όταν αυτό γίνεται σαφές, υποστηρίζουν ότι οι παρατηρητές που μετρούν την ταχύτητα του φωτός θα βγάλουν διαφορετικά αποτελέσματα για την τιμή της. Δεν είναι σε θέση να αντιληφθούν το παράδοξο της κατάρριψης του 1ου αξιώματος. Όταν αυτό τους επισημαίνεται, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι δεν μπαίνουν στη διαδικασία να αμφισβητήσουν το 1ο αξίωμα και, τελικά, δέχονται το 2ο αξίωμα, προκειμένου να ξεπεράσουν το αδιέξοδο που προκύπτει.

Αποτελέσματα 3ης, 4ης και 5ης συνάντησης

Από τη διαπραγμάτευση των νοητικών πειραμάτων που αφορούν τις συνέπειες της ΕΘΣ γίνεται σαφές ότι δεν έχουν κανένα πρόβλημα να ακολουθήσουν τους συλλογισμούς και να εφαρμόσουν το 2ο αξίωμα. Οι βασικές δυσκολίες προκύπτουν στην εφαρμογή του 1ου αξιώματος. Συγκεκριμένα:

Τείνουν να ερμηνεύουν τον όρο “ισοδύναμα” ως “ίδια”.

Θεωρούν ότι αυτό που διαφοροποιεί τους παρατηρητές είναι η θέση και όχι η κίνηση.

Ενώ μόνοι τους καταλήγουν στο ότι δύο παρατηρητές αντιλαμβάνονται διαφορετικά δύο γεγονότα (αν είναι ή δεν είναι ταυτόχρονα), μετρούν διαφορετικά χρονικά διαστήματα για ένα φαινόμενο και διαφορετικά μήκη για το ίδιο αντικείμενο, στη συνέχεια θεωρούν ότι δεν είναι δυνατό να ισχύουν ισοδύναμα τα παραπάνω. Όταν τους ζητείται να το συνδυάσουν με το 1ο αξίωμα, το δικαιολογούν λέγοντας ότι οι παρατηρητές είναι ισοδύναμοι, γιατί δε θα διαφέρουν οι μετρήσεις τους αν αντιστραφούν οι καταστάσεις τους.

Συχνά, δέχονται ότι οι παρατηρητές και όσα υποστηρίζουν είναι ισοδύναμα και αντίστοιχα σωστά, αλλά η πραγματικότητα είναι κάποια άλλη, υπονοώντας την ύπαρξη ενός απόλυτου

συστήματος αναφοράς ή ενός προνομιακού παρατηρητή («Κάποιος, κάπου ξέρει την αλήθεια. Ίσως ο Θεός»).
Σε σχέση με την αποδοχή των συνεπειών τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν είναι τα εξής:
Σε αρκετές περιπτώσεις, δυσκολεύονται περισσότερο να αποδεχτούν τη σχετικότητα του μήκους, παρά του χρόνου, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Machold 1983). Πιθανόν η διαφοροποίηση αυτή να οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος είναι πιο αφηρημένη έννοια, ενώ το μήκος των αντικειμένων αποτελεί μία πιο συγκεκριμένη και απτή ιδιότητα.
Δυσκολεύονται στη χρήση των όρων διαστολή και συστολή. Τα συγχέουν μεταξύ τους, ενώ ειδικά η φράση "διαστολή του χρόνου" πολλές φορές τους οδηγεί σε λανθασμένο συμπέρασμα.
Σε πολλές περιπτώσεις, όταν δεν μπορούν να δικαιολογήσουν το αποτέλεσμα, αμφισβητούν τη διαδικασία (αν έγινε σωστά, αν είναι δυνατό να συμβεί κλπ).
Ωστόσο, υπάρχει ένα κρίσιμο σημείο, διαφορετικό για κάθε ομάδα, όπου φαίνεται να ξεπερνούν τις δυσκολίες τους. Ουσιαστικά αυτό συμβαίνει όταν μπαίνουν στη διαδικασία να εφαρμόσουν το 1^{ο} αξίωμα και να συνειδητοποιήσουν την ουσία του, οπότε και εκφράζουν τις ενστάσεις και τις απορίες τους. Με λεπτομερή διαπραγμάτευση των παραδειγμάτων και με συνεχή αναφορά και χρησιμοποίηση των δύο αξιωμάτων, οι δυσκολίες αυτές αντιμετωπίζονται σε μεγάλο βαθμό.

Αποτελέσματα από την επεξεργασία των post-tests
Στα ερωτηματολόγια που απάντησαν οι μαθητές αμέσως μετά το τέλος των συναντήσεων σχεδόν όλοι (97%) απαντούν σωστά για τις συνέπειες της ΕΘΣ και αρκετοί (33%) μπαίνουν στη διαδικασία να τις δικαιολογήσουν με τη χρήση των δύο αξιωμάτων.

Αποτελέσματα από την επεξεργασία των follow-up tests
Από την επεξεργασία των απαντήσεων στο μαθητών στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε ένα μήνα μετά το τέλος των συναντήσεων, φαίνεται ότι οι μαθητές στο μεγαλύτερο ποσοστό τους έχουν κατανοήσει τα δύο αξιώματα της ΕΘΣ. Σε σχέση με τις συνέπειες, δείχνουν να μπορούν να διαχειριστούν το γεγονός ότι ένας παρατηρητής που κινείται αντιλαμβάνεται διαφορετικά το χρόνο και το μήκος, σε σχέση με έναν παρατηρητή που είναι ακίνητος, αλλά σε μεγάλο ποσοστό υποστηρίζουν ότι παίζει ρόλο και η θέση τους. Το ποσοστό αυτών που εξακολουθεί να θεωρεί τους παρατηρητές ισοδύναμους μειώνεται, αλλά παραμένει σημαντικά υψηλό (71%).

Συμπεράσματα

Συνολικά, με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ότι οι κυριότερες δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά τη διαπραγμάτευση των αξιωμάτων της ΕΘΣ είναι να κατανοήσουν ότι η κίνηση και η ταχύτητα δεν είναι απόλυτες και να αντιληφθούν ότι δεν υπάρχουν συστήματα αναφοράς που υπερτερούν και προνομιακοί παρατηρητές. Επίσης, είναι σαφές ότι συναντούν βασικές δυσκολίες σε έννοιες της Νευτώνειας Φυσικής, καθώς οι απαντήσεις τους στηρίζονται σε πολλά σημεία σε αριστοτελικές αντιλήψεις, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Palfreyman, 1994, Ireson, 1996). Επομένως αποδεικνύεται ότι και κατά τη διδασκαλία της κλασικής φυσικής υπάρχουν έννοιες και φαινόμενα, που οι μαθητές δεν κατανοούν πλήρως.
Τις συνέπειες τις αντιμετωπίζουν σε πολλές περιπτώσεις ως διαφορετικές απόψεις των παρατηρητών. Δε θεωρούν ότι οι παρατηρητές κάνουν λάθος, υποστηρίζουν όμως ότι τελικά η πραγματικότητα βρίσκεται κάπου αλλού (Angotti et al 1978, Hewson 1982). Είναι σημαντικό, όμως, να ληφθεί υπόψη είναι ότι οι στόχοι διαφοροποιούνται και εξειδικεύονται

εφόσον απευθυνόμαστε σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Άρα το γεγονός ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με παραμέτρους που αντιτίθενται στην κοινή λογική και την καθημερινή εμπειρία όπως επισημαίνεται και από τους Borghi et al. (1993) και είναι σε θέση να διαχειριστούν τα θέματα που τους θέτονται σε ικανοποιητικό βαθμό, είναι θετικό. Ταυτόχρονα, μέσα από την προσέγγιση της ΕΘΣ τους δίνεται η ευκαιρία να αμφισβητήσουν την "προνομιακή" τους θέση στον κόσμο. Άρα ακόμα κι αν οι συνέπειες προσεγγιστούν σε ένα αρχικό επίπεδο ως σχετικότητα του χρόνου και του μήκους, χωρίς να αναφέρονται οι όροι διαστολή και συστολή αντίστοιχα, ένας βασικός στόχος έχει κατακτηθεί.
Παράλληλα, είναι σημαντικό να τονιστεί ο ρόλος των Νοητικών Πειραμάτων που αποδεικνύονται σημαντικά εργαλεία για τη διδασκαλία θεωριών με υψηλό βαθμό αφαίρεσης όπως είναι οι θεωρίες της φυσικής του 20^{ου} αιώνα (Velentzas & Halkia 2010). Οι μαθητές ωστόσο, πρέπει να ασκηθούν στη διαπραγμάτευση και την επεξεργασία τους, καθώς συχνά προκειμένου να υπερβούν τις δυσκολίες που παρουσιάζονται τείνουν να αμφισβητούν τη διαδικασία.

Βιβλιογραφία

Δημητριάδη, Κ., Χαλκιά, Κ. & Σκορδούλης, Κ. (2009). Διδακτική προσέγγιση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. 6^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, "Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των φυσικών επιστημών", Φλώρινα, 7-10 Μαΐου 2009.

Καρακώστας, Β. (2008). Γνωσιολογικός Σχετικισμός και Θεωρία Σχετικότητας. Φιλοσοφία των Επιστημών, επιμ. Δ. Σφενδόνη. εκδ. Ζήτη. σσ. 83-99.

Σταύρου, Δ., Komorek, M. & Duit, R. (2004). Μια Εμπειρική Έρευνα για τη Διδακτική Προσέγγιση της Αλληλεπίδρασης Ντετερμινισμού και Τυχαιότητας στα Μη Γραμμικά Δυναμικά Συστήματα. Φυσικές Επιστήμες, Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση, Τόμος Α', 4^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αθήνα 26-28 Νοεμβρίου 2004.

Landau, L. & Rumer, Y. Τι είναι η Θεωρία της Σχετικότητας. Εκδ. Γ. Α. Πνευματικού, Μετάφραση Ν. Κιαος, Α. Μαργαρίτης.

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

Borghi, L., De Ambrossis, A. & Ghisolfi, E. (1993). Teaching Special Relativity in High School. In proceedings of the III seminar misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY in press.

Guisasola, J., Solbes, J., Barragues, J-I.,, Morentin, M. & Moreno, A. (2009). Students' Understanding of the Special Theory of Relativity and Design for a Guided Visit to a Science Museum. International Journal of Science Education, 31, no 15, 2085-2104.

Hewson, P. (1982). A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning. European Journal of Science Education, 4, 61-76.

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, vol.26, no. 5, 619-633.

Machold, A. (1983). Zur qualitativen Behandlung der Speziellen Relativitaetstheorie. Der Physikunterricht, 1983/1, Seiten: 39-49.

Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal], 1(2). Available at: http://qualitative-research.net/fqs/fqs-e/2-00inhalt-e.htm [Date of access: 24/06/2010]

Pietrocola, M. & Zylbersztajn, A. (1999). The use of the Principle of Relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students. International Journal of Science Education, 21, no3, 261-276.

Saltiel, E. & Malgrange, J. L. (1980). "Spontaneous" ways of reasoning in elementary kinematics. American Journal of Physics, 1, 73-80.

Scherr, R. (2001). An Investigation of Student Understanding of Basic Concepts In Special Relativity, PHD Thesis.

Scherr, R., Shaffer, P. & Vokos, S. (2001). Student understanding of time in special relativity: Simultaneity and reference frames. American Journal of Physics, 69, no 7, S24-S35.

Velentzas, A., Halkia, K. (2010). The 'Heisenberg's Microscope' as an Example of Using Thought Experiments in Teaching Physics Theories to Students of the Upper Secondary School. Research in Science Education DOI 10.1007/s11165-010-9178-1. The original publication is available at Springer http://dx.doi.org/10.1007/s11165-010-9178-1

Villani, A. & Arruda, S. (1998). Special Theory of Relativity, Conceptual Change and History of Science. Science & Education, 7**,** 85-100.

Villani, A. & Pacca, L. (1987). Students' spontaneous ideas about the speed of Light. International Journal of Science Education, 9, no1, 55-66.

Η 'φύση της επιστήμης' ως δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο εννοιολογικής αλλαγής προς την κβαντική θεωρία

Πανδώρα Χατζηδάκη
Διδάκτωρ φιλοσοφίας, Τμήμα ΜΙΘΕ, Πανεπιστήμιο Αθηνών, hadzidaki@otenet.gr

Περίληψη
Η παρούσα εργασία συνοψίζει, αναδιατυπώνει και εμπλουτίζει το περιεχόμενο ενός δεκαετούς ερευνητικού προγράμματος που αποσκοπεί στη *θεωρητική θεμελίωση* μίας *ποιοτικής*, κατά βάση, εκπαιδευτικής προσέγγισης στην κβαντική θεωρία (ΚΘ). Κατ' αρχήν, θ' αναφερθώ στη βιβλιογραφία σε σχέση με τα ιδιαίτερα μαθησιακά εμπόδια που αντιμετωπίζει η διδασκαλία της ΚΘ. Στη συνέχεια, θ' αναπτύξω την εκπαιδευτική μας προσέγγιση, η οποία επιχειρεί να υπερβεί τα συγκεκριμένα εμπόδια συνδυάζοντας επιλεγμένες θέσεις των θεωριών *εννοιολογικής αλλαγής* με την εκπαιδευτική αξιοποίηση υλικού που αντλείται από την *ιστορία* και *φιλοσοφία της επιστήμης*. Μία προσέγγιση στη συγκεκριμένη κατεύθυνση αναμένεται ν' αποφέρει, παράλληλα, ουσιαστική εμβάθυνση στη 'Φύση της Επιστήμης' στο πλέγμα, δηλαδή, των εννοιών και διαδικασιών που χαρακτηρίζουν τη γέννηση και εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης. Τέλος, θα παρουσιάσω τα ιδιαίτερα δομικά και εννοιολογικά χαρακτηριστικά της ΚΘ, όπως αυτά προβλέπονται ν' αναδειχθούν στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, καθώς και τη διδακτική πορεία που αναμένεται να οδηγήσει στην κατανόηση και εμπέδωσή τους.

Abstract
This paper summarizes, reformulates, and enriches the content of a ten-year research program which intends to lay the *theoretical foundations* of a primarily *qualitative* instructional approach to quantum mechanics (QM). In this work, I firstly refer to the literature in relation to the particular learning obstacles facing QM teaching. Then, I develop an instructional approach which attempts to overcome these obstacles through the integration of material drawn from the *history* and *philosophy* of science into *conceptual change* processes. An instructional approach along this line is expected to yield in parallel a deep insight into the 'Nature of Science', i.e., the network of concepts and processes that characterize the birth and development of scientific knowledge. Finally, I present the specific structural and conceptual characteristics of QM, as they are designed to emerge in the educational context, and the teaching sequence through which they are expected to be thoroughly understood.

Εισαγωγή

Οι εμπειρικές εκπαιδευτικές έρευνες καταδεικνύουν ότι ο παραδοσιακός τρόπος εισαγωγής θεμάτων υποατομικής φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, όχι μόνο αποτυγχάνει να οδηγήσει στην ουσιαστική κατανόηση των υποατομικών φαινομένων και στη διαμόρφωση μίας συνεκτικής επιστημονικής εικόνας για τον φυσικό κόσμο, αλλά δημιουργεί ισχυρές παρανοήσεις, οι οποίες, στη συνέχεια, είναι δύσκολο να αρθούν (π.χ. Millar 1999).

Η μη συνεκτική όμως μάθηση και η επαγόμενη, από αυτήν, αδυναμία κατανόησης φαίνεται να διατηρούνται, με διαφορετική μορφή, και στο πανεπιστημιακό επίπεδο. Γιατί, σύμφωνα πάντα με τα πορίσματα της εμπειρικής έρευνας, ακόμη και φοιτητές θετικών σχολών με υψηλή επίδοση στον χειρισμό μαθηματικών προβλημάτων, συλλαμβάνουν τις κβαντικές έννοιες μέσω αμιγώς φορμαλιστικών σχημάτων, γεγονός που οδηγεί σε επιφανειακή μάθηση που στερείται εσωτερικής συνεκτικότητας (π.χ. Johnston, Crawford & Fletcher 1998).

Η παρούσα εργασία συνοψίζει, αναδιατυπώνει και εμπλουτίζει, υπό το φως πρόσφατων εξελίξεων, το περιεχόμενο ενός δεκαετούς ερευνητικού προγράμματος που αποσκοπεί στη *θεωρητική θεμελίωση* μίας *ποιοτικής*, κατά βάση, εκπαιδευτικής προσέγγισης στην κβαντική θεωρία (ΚΘ). Η προτεινόμενη προσέγγιση επιχειρεί να προσφέρει μία *συνολική* απάντηση στα προαναφερθέντα προβλήματα, εφόσον οι σχεδιαζόμενες, στο πλαίσιο του προγράμματος, διδακτικές παρεμβάσεις, μπορούν να προσαρμοστούν, ανάλογα με τον βαθμό μαθηματικής τυποποίησης του περιεχομένου τους, σε εκπαιδευτικά προγράμματα που αφορούν μαθητές λυκείου, φοιτητές θετικών επιστημών στα αρχικά έτη σπουδών τους ή ευρύτερα ακροατήρια (π.χ. φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων ή ανθρωπιστικών επιστημών) που επιθυμούν να προσεγγίσουν το φυσικό περιεχόμενο, αλλά και τις ρηξικέλευθες επιστημολογικές και φιλοσοφικές συνέπειες της σύγχρονης φυσικής.

Για να διαμορφωθεί μία κατά το δυνατόν πληρέστερη εικόνα των ερευνητικών μας στόχων και να προωθηθεί η σχετική συζήτηση, θ' αναφερθώ, πρώτα, στη βιβλιογραφία σε σχέση με τα ιδιαίτερα μαθησιακά εμπόδια που αντιμετωπίζει η διδασκαλία της ΚΘ. Στη συνέχεια, θ' αναπτύξω την εκπαιδευτική μας προσέγγιση, μία προσέγγιση που επιχειρεί να υπερβεί τα συγκεκριμένα εμπόδια συνδυάζοντας επιλεγμένες θέσεις των θεωριών *εννοιολογικής αλλαγής* με την εκπαιδευτική αξιοποίηση θεμάτων που αντλούνται από την *ιστορία* και *φιλοσοφία* της επιστήμης. Τέλος, θα παρουσιάσω τα ιδιαίτερα δομικά και εννοιολογικά χαρακτηριστικά της ΚΘ, όπως αυτά προβλέπονται ν' αναδειχθούν στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, καθώς και τη διδακτική πορεία που αναμένεται να οδηγήσει στην κατανόηση και εμπέδωσή τους.

'Αντιστάσεις' στη γνωσιακή προσέγγιση της κβαντικής θεωρίας

Οι εμπειρικές εκπαιδευτικές έρευνες καταδεικνύουν ότι οι παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις στην ΚΘ «απαλείφουν εν γένει τις ουσιωδώς διαφορετικές οπτικές γωνίες της κλασικής και κβαντικής φυσικής» (Fischler & Lifchtfeldt 1992, σ. 182), γεγονός που καθιστά, λόγου χάριν, τους διδασκόμενους «ανίκανους ν' αναφέρουν έστω και μία διαφορά μεταξύ της σύγχρονης και της κλασικής φυσικής» (Gil & Solbes 1993, σ. 256). Έτσι, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ενισχύεται η κλασική κοσμοθεώρηση – μία κοσμοθεώρηση που εναρμονίζεται, εν γένει, με τη βιωματική εμπειρία – και ευνοείται η διαμόρφωση γνωσιακών δομών που χαρακτηρίζονται από την *αδόκιμη ανάμιξη* των εννοιολογικών πλαισίων της κλασικής και κβαντικής θεωρίας. Οι διδασκόμενοι έχουν, λόγου χάριν, την τάση «να προσαρτούν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά στις υποατομικές οντότητες» (Seifert & Fischler 1999, σ. 393) ή «να μεταφέρουν άκριτα τον αιτιοκρατικό τρόπο σκέψης και δικαιολόγησης εντός του κβαντικού πλαισίου» (Kalkanis, Hadzidaki & Stavrou 2003, σ. 265).

Με αυτόν τον τρόπο, οι εμπειρικές έρευνες πιστοποιούν, *και* στο πεδίο της ΚΘ, τον σχηματισμό 'υβριδικών ιδεών' (Duit 1999) ή 'συνθετικών' νοητικών δομών (Vosniadou 1994) και εγείρουν το αίτημα της *σαφούς εννοιολογικής διάκρισης* παλαιάς και νέας γνώσης.

Οι εμπειρικές έρευνες καταδεικνύουν, επίσης, ότι οι ούτως διαμορφούμενες νοητικές δομές προβάλλουν στη συνέχεια *ισχυρή αντίσταση* σε οποιαδήποτε περαιτέρω προσπάθεια γνωσιακής εμβάθυνσης στην ΚΘ. Έτσι, οι συναφείς με τις κβαντικές έννοιες παρανοήσεις, εμφανιζόμενες «ως αντικρουόμενο σημείο αναφοράς κάθε νέας ιδέας» (Petri & Niedderer 1998, σ. 1079), διαμορφώνουν κάποιο είδος 'σταθερής γνώσης', εφόσον παραμένουν εν γένει αμετάβλητες ακόμη και μετά από ισχυρώς εξειδικευμένα μαθήματα κβαντικής φυσικής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Johnston, Crawford & Fletcher 1998, Greca & Freire 2003).

Οι διαπιστώσεις αυτές επιβεβαιώνουν τις γενικές θέσεις της γνωσιακής ψυχολογίας σε σχέση με τις πηγές και την ένταση της εκάστοτε προβαλλόμενης 'αντίστασης': οι αντιλήψεις των διδασκομένων φαίνονται να δρουν ιδιαίτερα ανταγωνιστικά προς το επιστημονικό περιεχόμενο της νέας γνώσης, *πρώτον,* όταν είναι βαθιά ριζωμένες στην καθημερινή εμπειρία

και επιβεβαιώνονται διαρκώς από αυτήν (Carey & Spelke 1996), *δεύτερον,* όταν υποστηρίζονται από την κοινή, καθημερινή γλώσσα (Duit 1999), *τρίτον,* όταν αδυνατούν να καταταγούν στις οντολογικές κατηγορίες των προς εκμάθηση εννοιών (Chi, Slotta & de Leew 1994) και, *τέλος,* όταν υποστηρίζονται από επιστημολογικές πεποιθήσεις που βρίσκονται σε δυσαρμονία με το επιστημολογικό υπόβαθρο της νέας γνώσης (Vosniadou & Brewer, 1992).

Παρατηρούμε ότι τόσο η εκπαιδευτική έρευνα όσο και η γνωσιακή ψυχολογία, μέσω της ενδελεχούς καταγραφής και ανάλυσης, αντίστοιχα, των μαθησιακών μηχανισμών, οδηγούνται στην ανάδειξη της έννοιας του κατά Bachelard 'επιστημολογικού εμποδίου', γεγονός που συνδέει άμεσα τη μαθησιακή διαδικασία με την ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης: η προσπάθεια γνωσιακής προσέγγισης της κβαντικής κοσμοθεώρησης αποδείχθηκε, κατά την περίοδο γέννησης της ΚΘ, και αποδεικνύεται, στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ιδιαίτερα επίπονη, επειδή η ΚΘ προκάλεσε την ισχυρότερη έως σήμερα ρήξη με την αντιληπτική εμπειρία, τη σημασιολογία της καθημερινής γλώσσας και τις καθιερωμένες, στο πεδίο των φυσικών επιστημών, επιστημολογικές και οντολογικές αντιλήψεις.

Η παραδοχή ότι οι βιωματικές αντιλήψεις των διδασκομένων, ενισχυμένες από τις ρητές ή άρρητες παραδοχές της κλασικής κοσμοθεώρησης, λειτουργούν ως, κατά Bachelard, 'επιστημολογικά εμπόδια' (υπό την φιλοσοφική ή γνωσιακή ανάλυση του όρου) που προβάλλουν *αντίσταση* στη γνωσιακή προσέγγιση της ΚΘ αποτελεί θεμελιακή προκείμενη του ερευνητικού μας προγράμματος. Η υπόθεση αυτή επιτάσσει τη διεξοδική επιστημολογική μελέτη των ευρετικών στρατηγικών και εργαλείων της επιστήμης σε περιόδους ευρείας έκτασης αλλαγών θεωρίας, ώστε να καταστεί δυνατή η κατάλληλη προσαρμογή τους σε εκπαιδευτικές διαδικασίες *ριζικής εννοιολογικής αλλαγής*. Γιατί οι προαναφερθείσες διαπιστώσεις ενισχύουν τον ισχυρισμό ότι «οι ιστορικές διαδικασίες παρέχουν ένα μοντέλο *της ίδιας* της μαθησιακής δραστηριότητας … [Επομένως], η ιστορία της επιστήμης προσφέρει στο εκπαιδευτικό πεδίο *στρατηγική γνώση* για τους τρόπους αλλαγής, συγκρότησης και επικοινωνίας των επιστημονικών αναπαραστάσεων» (Nersessian 1992, σ. 40).

Μία εκπαιδευτική όμως διαδικασία που θεμελιώνεται στην ιστορία και φιλοσοφία της επιστήμης μπορεί να εκπληρώσει, παράλληλα, και έναν άλλο σημαντικό εκπαιδευτικό στόχο: δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για ουσιαστική εμβάθυνση στη 'Φύση της Επιστήμης'.

Η εννοιολογική αλλαγή προς την κβαντική κοσμοθεώρηση και η ουσιαστική εμβάθυνση στη 'Φύση της Επιστήμης' ως παράλληλοι και αδιαχώριστοι εκπαιδευτικοί στόχοι

Η εμπειρική εφαρμογή προγραμμάτων εννοιολογικής αλλαγής κατέστησε προοδευτικά φανερό ότι η διδακτική επικοινωνία και η μαθησιακή προσέγγιση της επιστημονικής κοσμοθεώρησης δεν επηρεάζεται μόνο από τις προ-διδακτικές αντιλήψεις των διδασκομένων σε σχέση με το περιεχόμενο των προς εκμάθηση εννοιών. Ως ισχυρώς προσδιοριστικοί παράγοντες της επιχειρούμενης εννοιολογικής αλλαγής εμφανίζονται, επίσης, οι μετα-επιστημονικές ιδέες δασκάλων και διδασκομένων (οι ιδέες τους για το αντικείμενο, τις λειτουργίες και τις εξελικτικές διαδικασίες της ίδιας της επιστήμης, Lederman 1992), οι μετα-γνωσιακές τους ιδέες (οι ιδέες τους για τη φύση της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας, Baird & Northfield 1992) και οι οντολογικές τους αντιλήψεις (Chi, Slotta & de Leew 1994).

Η πιστοποίηση της ιδιαίτερης πολυπλοκότητας του διδακτικού και μαθησιακού εγχειρήματος εγείρει την ανάγκη σχεδιασμού *πολυδιάστατων* εκπαιδευτικών πλαισίων, ικανών να δημιουργήσουν ευνοϊκότερες συνθήκες εννοιολογικής αλλαγής (Duit & Treagust 2003). Σε αντίστροφη τώρα κατεύθυνση, οι εμπειρικές έρευνες υποδεικνύουν ότι ένα περιβάλλον εννοιολογικής αλλαγής προς το επιστημονικώς αποδεκτό σώμα γνώσης αποδεικνύεται ιδιαίτερα πρόσφορο για την κατανόηση της 'Φύσης της Επιστήμης' (Clough 2006).

Επιχειρώντας να συνθέσει τα συγκεκριμένα πορίσματα, το ερευνητικό μας πρόγραμμα αποσκοπεί στη *θεωρητική θεμελίωση* μίας διδακτικής προσέγγισης στην ΚΘ με διπλή δυναμική (Hadzidaki 2008a). Από τη μία πλευρά, η εκπαιδευτική ανασυγκρότηση υλικού που αντλείται από την ιστορία και φιλοσοφία της επιστήμης αναμένεται να δημιουργήσει ευνοϊκές προϋποθέσεις *εννοιολογικής αλλαγής* προς μία εις βάθος κατανόηση της ΚΘ. Από την άλλη πλευρά, μία διδασκαλία υπό το συγκεκριμένο πρότυπο αναμένεται να οδηγήσει, παράλληλα, σε ουσιαστική εμβάθυνση στη 'Φύση της Επιστήμης' (ΦΤΕ) στο πλέγμα, δηλαδή, των εννοιών και διαδικασιών που χαρακτηρίζουν τη γέννηση και εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης. Με αυτόν τον τρόπο, το ερευνητικό μας πρόγραμμα υιοθετεί τις προτάσεις για μία 'ισχυρώς εξειδικευμένη' επικοινωνία της ΦΤΕ (π.χ. Abd-El Khalick 2001), μία επικοινωνία που διαπλέκει ισχυρά το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης με τις μετα-επιστημονικές αντιλήψεις που αυτό υποβάλλει και τις ευρετικές διαδικασίες που το γέννησαν.

Πιο συγκεκριμένα, οι προτεινόμενες στο πλαίσιο του προγράμματος διδακτικές παρεμβάσεις υποκινούν μέσω *καθοδηγούμενων* μορφών διερώτησης (Karakostas & Hadzidaki 2005):

Μία πλαισιακή – στατική θεώρηση των φυσικών θεωριών. Η ανεξάρτητη μελέτη κάθε θεωρίας αποσκοπεί στην επικοινωνία του επιστημονικού της περιεχομένου, στην ανάδειξη των ιδιαίτερων δομικών και εννοιολογικών της χαρακτηριστικών και στην αποκάλυψη του αφανούς, εν πολλοίς. οντολογικού της υποβάθρου.

Μία εξελικτική θεώρηση της επιστημονικής γνώσης. Η συνδυαστική μελέτη διαδοχικών θεωριών προσβλέπει στη σαφή διάκριση των εννοιολογικών τους πλαισίων, στην ανάδειξη της δυναμικής εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης, στην πιστοποίηση της επιστημονικής συνέχειας και προόδου, παρά την ενδεχόμενη συντακτική, εννοιολογική και οντολογική ασυμβατότητα των διαδοχικών θεωριών (π.χ. της κλασικής και κβαντικής θεωρίας) και στην καταγραφή των ιστορικών, εννοιολογικών και ερμηνευτικών συνδέσμων που συνενώνουν τις διαφορετικές θεωρίες σ' ένα συνεκτικό σώμα γνώσης.

Εκπαιδευτική πρόταση

Το 1927, ο Niels Bohr προσέφερε μέσω της έννοιας της συμπληρωματικότητας (ΕΣ) την πρώτη συνεκτική φυσική ερμηνεία της ΚΘ μία ερμηνεία που δικαιώνεται επίμονα από τις μεταγενέστερες θεωρητικές και πειραματικές εξελίξεις στο πεδίο της φυσικής επιστήμης. Η ερμηνεία του Bohr, λόγω του ποιοτικού της κατά βάση χαρακτήρα και του στέρεου επιστημολογικού και φιλοσοφικού της υποβάθρου, προσφέρει προνομιακή βάση για μία εκπαιδευτική ανασυγκρότηση του περιεχομένου της ΚΘ στην κατεύθυνση που υποδεικνύουν οι γενικές αρχές του ερευνητικού μας προγράμματος. Στη συνέχεια, θ' αναφερθώ στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ΚΘ, όπως αυτά προβλέπονται ν' αναδειχθούν στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, εμπλουτίζοντας τη θεώρηση του Bohr με τις θέσεις ορισμένων εκ των πλέον έγκυρων σύγχρονων ερμηνευτικών προσεγγίσεων στην ΚΘ.

Μία πλαισιακή – στατική θεώρηση της κβαντικής θεωρίας

Η σύγχρονη φυσική πιστοποιεί το γεγονός ότι η ΚΘ είναι η πρώτη – και έως σήμερα η μόνη – λογικώς συνεκτική, ως προς τη μαθηματική της θεμελίωση, και καλώς επιβεβαιωμένη, ως προς τις εμπειρικές της προβλέψεις, *ολιστική* φυσική θεωρία. Κι' αυτό, γιατί φέρει ως *εγγενές* χαρακτηριστικό της λογικής της δομής τη 'μη-διαχωρισιμότητα' ('non-separability') του 'όλου' σε 'μέρη': η σχέση 'μέρους' - 'όλου' είναι δυναμική με τρόπο που καθιστά την αμφίδρομη αναγωγή τους εκ λόγων αρχής αδύνατη (Karakostas 2004).

Η κβαντική μη-διαχωρισιμότητα μπορεί να ειδωθεί ως αναφερόμενη στην 'ανεξάρτητη δομική πραγματικότητα του φυσικού κόσμου' (d' Espagnat 1995), σ' έναν 'ολιστικό ενδο-κόσμο' (Primas 1989), στην 'έσω' ή 'οντική' πραγματικότητα (Karakostas 2004), στην

υποκείμενη στα φαινόμενα πραγματικότητα, η μη-διαχωρίσιμη φύση της οποίας αποκλείει την απόδοση μίας ιδιαίτερης 'ταυτότητας' ή, με όρους της φυσικής, μίας εξατομικευμένης κατάστασης στα υποατομικά συστήματα. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει το πρόβλημα της κβαντικής μέτρησης ή, όπως ο Bohr το αποκαλούσε, το 'πρόβλημα της παρατήρησης'.

Πράγματι, η σύνδεση του κβαντικού φορμαλισμού με την πειραματική διαδικασία – μία διαδικασία που, εκ της φύσεως των ανθρώπινων δυνατοτήτων προς παρατήρηση, προϋποθέτει τον *διαχωρισμό* του υποκειμένου/συσκευής μέτρησης από το υπό παρατήρηση σύστημα – είναι, όπως σε κάθε φυσική θεωρία, αναγκαία. Έτσι, κατά τον σχεδιασμό μίας μέτρησης, ο ερευνητής διενεργεί μία *μεθοδολογική τομή* ('τομή Heisenberg') της διαμορφούμενης, κατά τη μέτρηση, κβαντικής ολότητας σε 'υποκείμενο'/'συσκευή μέτρησης' και 'υπό παρατήρηση σύστημα' ή, αλλιώς, «σ' ένα σύστημα που παρατηρεί και σ' ένα σύστημα που παρατηρείται» (Primas 1989, σ. 251).

Η τομή Heisenberg αποκαθιστά το καθεστώς του 'αποσπασμένου παρατηρητή' στο κβαντικό πλαίσιο, αποκαθιστά, δηλαδή, την πρωταρχική προϋπόθεση τόσο της ανθρώπινης εμπειρίας (εφόσον επιφέρει τη σαφή διάκριση υποκειμένου - αντικειμένου) όσο και της φυσικής επιστήμης (εφόσον αποφέρει διακριτά και καλώς-ορισμένα φυσικά συστήματα). Μεταβάλλει όμως, παράλληλα, και *το νόημα* της συλλεγόμενης από τη μέτρηση πληροφορίας: υπό την επίγνωση της διενεργηθείσας τομής, η πληροφορία αυτή μπορεί πλέον ν' αποδοθεί όχι στο υπό μελέτη σύστημα καθαυτό, αλλά στην *εμφάνισή* του σ' ένα συγκεκριμένο μετρητικό περιβάλλον, όπως αυτό καθορίζεται από το σημείο της 'τομής', ή, ισοδύναμα, από το ερώτημα του ερευνητή. Αυτό σημαίνει ότι οι πειραματικές ενδείξεις κατανοούνται ως *πλαισιακώς εξαρτώμενες*, ως ιδιότητες, δηλαδή, ενός *φαινόμενου* αντικειμένου, στη συγκρότηση του οποίου το μετρητικό περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Όπως ο Bohr έθεσε το ζήτημα, «κανένα πειραματικό αποτέλεσμα που τοποθετείται εκτός του πεδίου της κλασικής θεωρίας δεν μπορεί να ερμηνευθεί ως παρέχον πληροφορίες για *ανεξάρτητες* ιδιότητες των υποατομικών συστημάτων. Γιατί ένα τέτοιο αποτέλεσμα είναι εγγενώς συνδεδεμένο με μια καλώς καθορισμένη κατάσταση, στην περιγραφή της οποίας υπεισέρχονται με ουσιώδη τρόπο οι μετρητικές συσκευές» (Bohr 1938, σ. 26).

Η τομή Heisenberg εισάγει με αξιωματικό (μη-παραγωγικό) τρόπο την 'κλασικότητα' εντός του κβαντικού πλαισίου. Πράγματι, οι κλασικές παρατηρησιακές έννοιες (π.χ. θέση - ορμή), οι θεμελιακές κλασικές αρχές που τις διέπουν (χωροχρονική συνέχεια - αυστηρή αιτιότητα) και οι κλασικές εικόνες που αυτές διαμορφώνουν (κύμα - σωματίδιο) έχουν συγκροτηθεί υπό την παραδοχή της πλήρους διάκρισης υποκειμένου - αντικειμένου, μία παραδοχή που υποβάλλεται ως 'αυτονόητη' από τη διαχωρίσιμη δομή της κλασικής θεωρίας. Όντας λοιπόν εναρμονισμένες με τις προϋποθέσεις της ανθρώπινης αντίληψης, οι κλασικές αυτές 'εξιδανικεύσεις' (όπως ο Bohr τις αποκαλούσε), είναι οι μόνες που διασφαλίζουν την αντικειμενική, *με όρους διυποκειμενικότητας*, αναγνώριση και επικοινωνία των πειραματικών ενδείξεων. Σύμφωνα όμως με τα παραπάνω, στο κβαντικό πλαίσιο οι κλασικές έννοιες, εικόνες και αρχές δεν κατανοούνται ως αναφερόμενες στα υποατομικά συστήματα καθαυτά, αλλά αποκτούν τον χαρακτήρα *επιστημικών* εννοιών που έχουν ως αποκλειστικό πεδίο αναφοράς το πεδίο της κοινής ανθρώπινης εμπειρίας.

Υπ' αυτήν την προοπτική, οι προκύπτουσες από μία τομή Heisenberg περιγραφές εκλαμβάνονται ως αναφερόμενες στην 'εμπειρική πραγματικότητα', στην πραγματικότητα του 'κλασικού έξω-κόσμου' (Primas 1989), στην «παρατηρήσιμη πραγματικότητα των απομονωμένων συστημάτων, σε μία πραγματικότητα που περιλαμβάνει το σύνολο των 'φαινομένων' με την καντιανή έννοια του όρου … περιλαμβάνει [δηλαδή] ό,τι εμπίπτει στην εμπειρία μιας κοινότητας τοπικών παρατηρητών» (d' Espagnat, 1995, σσ. 196, 4 και 183).

Ο πλαισιακός χαρακτήρας των παρατηρησιακών περιγραφών της ΚΘ εγείρει το αίτημα εισαγωγής της ΕΣ. Πράγματι, η τομή Heisenberg, ως τεχνητή τομή μίας εκ λόγων αρχής

άτμητης ολότητας, συνοδεύεται αναπόδραστα από *μη-ανακτήσιμη απώλεια πληροφορίας*, γεγονός που αποτυπώνεται στον *εγγενή* πιθανοκρατικό χαρακτήρα της ΚΘ. Το γνωρίζον υποκείμενο, αναγνωρίζοντας, επομένως, ότι η υποκείμενη στα φαινόμενα πραγματικότητα είναι εκ λόγων αρχής μη καθ' ολοκληρίαν γνώσιμη, περιορίζεται σε *αμοιβαίως αποκλειόμενες παρατηρησιακές περιγραφές* (σε περιγραφές που προσαρτώνται, μέσω μίας τομής Heisenberg, σε αμοιβαίως αποκλειόμενα πειραματικά πλαίσια), κάθε μία από τις οποίες φωτίζει μία *εξίσου σημαντική* πλευρά του υπό μελέτη συστήματος. Οι περιγραφές αυτές, μη δυνάμενες να συναρθρωθούν σε μία ενιαία εικόνα, θεωρούνται *συμπληρωματικές*, υπό την έννοια ότι η συνεκτίμησή τους αποφέρει τη *μέγιστη δυνατή* γνώση για το υπό μελέτη σύστημα.

Είναι φανερό ότι η ΕΣ αποδομεί τη συνεχή, αυστηρώς αιτιακή και λογικώς ενοποιημένη αναπαραστασιακή εικόνα του φυσικού κόσμου που προσέφερε η κλασική θεωρία και αναδεικνύει την ανάγκη *ριζικής* αναθεώρησης των επιστημολογικών και οντολογικών αντιλήψεων που υποβάλλονται από την κλασική κοσμοθεώρηση. Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, μία τέτοια αναθεώρηση αναμένεται να πραγματωθεί μέσω διδακτικών παρεμβάσεων που αντλούν διδάγματα από την ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης.

Μία εξελικτική θεώρηση της επιστημονικής γνώσης: προς την αναγνώριση της θεμελιακής ασυμβατότητας της κλασικής και κβαντικής θεωρίας

Η διαχωρίσιμη λογική δομή της κλασικής θεωρίας υποβάλλει ένα συγκεκριμένο τρόπο θέασης του φυσικού κόσμου και άσκησης της φυσικής επιστήμης, εφόσον θεμελιώνεται στην παραδοχή των *εξατομικευμένων* φυσικών οντοτήτων, στην παραδοχή, δηλαδή, που εδραιώνει τη δυνατότητα *πλήρους διαχωρισμού* του υπό μελέτη συστήματος από το μετρητικό του περιβάλλον, στην παραδοχή που υποδεικνύει τη δυνατότητα *αναγωγιστικής ερμηνείας* των φυσικών φαινομένων, στην παραδοχή, τέλος, που επιτρέπει σε κάποιον να εκλαμβάνει τις φυσικές θεωρίες ως *κατά προσέγγιση αληθείς* αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου.

Η μελέτη της περιόδου μετάβασης από την κλασική στην κβαντική θεωρία καταδεικνύει ότι η αντίληψη για τον *διαχωρίσιμο* χαρακτήρα του φυσικού κόσμου αποτέλεσε το ισχυρότερο 'επιστημολογικό εμπόδιο' στην προσπάθεια προσέγγισης καινούργιας γνώσης. Γιατί η εναρμόνισή της με την κοινή ανθρώπινη εμπειρία την καθιστούσε, *άρρητα* και *αφανώς*, αυτονόητη προϋπόθεση της επιστημονικής έρευνας. Σύμφωνα, λοιπόν, με τις γενικές αρχές του ερευνητικού μας προγράμματος, η επιδιωκόμενη εννοιολογική αλλαγή αναμένεται να προκύψει μέσω διδακτικών στρατηγικών που εμπνέονται από τις ευρετικές μεθόδους της επιστήμης κατά την περίοδο γέννησης της ΚΘ, από εκείνες τις μεθόδους που επέτρεψαν την υπέρβαση του συγκεκριμένου εμποδίου και την πραγμάτωση της σημαντικότερης, μέχρι σήμερα, ρήξης με τις υφιστάμενες αντιλήψεις και πρακτικές.

Η επιστημολογική ανάλυση και εκπαιδευτική ανασυγκρότηση τέτοιων δυναμικών μεθόδων έρευνας επέτρεψε τον σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων που έχουν ως άξονες το ατομικό μοντέλο του Bohr και τις διαδικασίες που αυτό εγκαινίασε (Hadzidaki & Karakostas 2009), την 'Αρχή της Αντιστοιχίας' και τον αναλογικό τρόπο διερώτησης που αυτή προώθησε (Hadzidaki & Karakostas 2001), τα νοητικά πειράματα των Heisenberg (το 'μικροσκόπιο αχτίνων γ') και EPR και τον διάλογο που αυτά υποκίνησαν (Hadzidaki 2008b, Hadzidaki 2007, βλ. ακόμη Velentzas, Halkia & Skordoulis 2007, Velentzas & Halkia 2010). Κύριος στόχος των συγκεκριμένων παρεμβάσεων είναι να οδηγήσουν τους διδασκόμενους στην αναγνώριση της *θεμελιακής ασυμβατότητας* της κλασικής και κβαντικής θεωρίας και στη διαμόρφωση μίας *συνεκτικής* επιστημονικής εικόνας για τον φυσικό κόσμο.

Για τον σκοπό αυτό, οι διδασκόμενοι καλούνται να διερευνήσουν πολύπλευρα τη συμπεριφορά των θεμελιακών κλασικών νόμων (χωρο-χρονική συνέχεια - αυστηρή αιτιότητα), εννοιών (θέση, ορμή, κλπ) και εικόνων (κύμα - σωματίδιο) στο κβαντικό πλαίσιο,

να πιστοποιήσουν τις αντιφάσεις που προκύπτουν από την κλασική τους θέαση (π.χ. το 'παράδοξο' του δυϊσμού κύματος - σωματιδίου) και να διαπιστώσουν, εν τέλει, ότι οι αντιφάσεις αυτές πηγάζουν από την άκριτη μεταφορά της κλασικής διαχωρισιμότητας στο κβαντικό πλαίσιο. Η διαπίστωση αυτή τεκμηριώνει τη συντακτική, εννοιολογική και οντολογική ασυμβατότητα της κλασικής και κβαντικής θεωρίας (γεγονός που αποφέρει την πλήρη διάκριση των δύο θεωριών), φωτίζει το καθεστώς της 'κλασικότητας' εντός του κβαντικού πλαίσιο (όπως αυτό προσδιορίζεται από την ΕΣ) και εξηγεί την προβλεπτική ανεπάρκεια της κλασικής θεωρίας στο υποατομικό επίπεδο. Έτσι, οι διδασκόμενοι μπορούν ν' αναγνωρίσουν τη *συνέχεια* και *πρόοδο* της επιστημονικής γνώσης, παρά τη θεμελιακή ασυμβατότητα των δύο θεωριών, και ν' αποκτήσουν συνεκτική γνώση για τον φυσικό κόσμο.

Οι προτεινόμενες διδακτικές παρεμβάσεις, με τη συστηματική προώθηση *μετα-γνωσιακών* διαδικασιών, τείνουν ν' αναδείξουν τα 'επιστημολογικά εμπόδια' που συνάντησε η επιστήμη στην πορεία της προς την ΚΘ (εμπόδια ανάλογα με αυτά που συναντούν οι διδασκόμενοι λόγω της άκριτης υιοθέτησης των 'αυτονόητων', υπό το πρίσμα της βιωματικής τους εμπειρίας, παραδοχών της κλασικής θεωρίας), δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για την άρση των υφιστάμενων παρανοήσεων. Επί πλέον, οι συγκεκριμένες παρεμβάσεις, καθώς διαπλέκουν, εκ του τρόπου συγκρότησής τους, την ΚΘ με τις *μετα-επιστημονικές* της προεκτάσεις, ευνοούν μία 'ισχυρώς εξειδικευμένη' επικοινωνία της 'Φύσης της Επιστήμης', μία επικοινωνία που, όπως ήδη αναφέρθηκε, αποδείχθηκε το πλέον αποτελεσματικό μέσο προσέγγισης του επιστημονικού εγχειρήματος.

Οφείλουμε βεβαίως να σημειώσουμε ότι οι πραγματικές δυνατότητες και οι ενδεχόμενοι περιορισμοί της εκπαιδευτικής μας πρότασης αναμένουν ν' αναδειχθούν κατά την εφαρμογή της στην εκπαιδευτική πράξη. Έτσι, πέραν του περαιτέρω εμπλουτισμού του θεωρητικού μας πλαισίου (ήδη μελετάμε τη δυνατότητα ένταξης στην εκπαιδευτική διαδικασία μίας διεξοδικής διερεύνησης του νοήματος που μπορεί ν' αποδοθεί στις έννοιες της 'αντικειμενικότητας' και 'αλήθειας' στο κλασικό και κβαντικό πλαίσιο), σταθερός στόχος του ερευνητικού μας προγράμματος είναι η προσαρμογή των διδακτικών μας προτάσεων στις ανάγκες συγκεκριμένων ακροατηρίων και η εφαρμογή τους σε πιλοτικά προγράμματα με τη συνεργασία συναδέλφων εξειδικευμένων στην εμπειρική εκπαιδευτική έρευνα. Ελπίζουμε ότι το παρόν συμπόσιο θα θέσει τις βάσεις για μία τέτοια γόνιμη συνεργασία.

Βιβλιογραφία

Abd-El Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in pre-service elementary science courses: Abandoning scientism, but … Journal of Science Teacher Education, 12(3), 215-233.

Baird, J.R. & Northfield, J.R. (1992). Learning from the PEEL experience. Monarch University Press, Melbourne, Australia.

Bohr, N. (1938). Natural philosophy and human cultures. N. Bohr (1958). The philosophical writings of Niels Bohr, Volume II. Ox Bow Press, 1987, 23-31.

Carey, S. & Spelke, E. (1996). Science and core knowledge. Philosophy of Science, 63, 515-533.

Chi, M.T.H., Slotta, J.D. & de Leew, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. Learning and Instruction, 4, 27-43.

Clough, M. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: Considerations for effective nature of science instruction. Science & Education, 15(5), 463-494.

D' Espagnat, B. (1995). Veiled reality. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, USA.

Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (eds) (1999). New perspectives on conceptual change. Pergamon Press, 263-282.

Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education 25(6), 671-688.

Fischler, H. & Lichtfeld, M. (1992). Modern physics and students' conceptions. International Journal of Science Education, 14(2), 181-190.

Gil, D. & Solbes, J. (1993). The introduction of modern physics: Overcoming a deformed vision of science. International Journal of Science Education, 15(3), 255-260.

Greca, I.M. & Freire, O. (2003). Does the emphasis in the concept of quantum states enhance students' understanding of quantum mechanics? Science & Education, 12(5-6), 541-557.

Hadzidaki, P. & Karakostas, V. (2001). Exploring analogical reasoning in the framework of an instructional qualitative approach to quantum mechanics. 3rd International Conference of ESERA, Thessaloniki, Greece, 426-428.

Hadzidaki P. (2007). The EPR thought experiment: A powerful instructional tool for promoting meta-cognitive and meta-scientific thinking on quantum mechanics and the nature of science', ESERA 2007 Conference, Malmo, Sweden.

Hadzidaki, P. (2008a). Quantum mechanics and scientific explanation: An explanatory strategy aiming at providing understanding. Science & Education, 17(1), 49-73.

Hadzidaki, P. (2008b). The Heisenberg microscope: A powerful instructional tool for promoting meta-cognitive and meta-scientific thinking on quantum mechanics and the nature of science. Science & Education, 17(6), 613-639.

Hadzidaki, P. & Karakostas, V. (2009). The atomic model of Niels Bohr: Epistemological analysis and implications for quantum mechanics instruction. ESERA 2009 Conference, Instanbul, Turkey.

Johnston, D., Crawford, K. & Fletcher, P. (1998). Students' difficulties in learning quantum mechanics. International Journal of Science Education, 20(4), 427-446.

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

Karakostas, V. (2004). Forms of non-separability and related philosophical consequences. Journal for General Philosophy of Science, 35, 285-312.

Karakostas, V. & Hadzidaki, P. (2005). Realism and constructivism in contemporary physics: The impact of the debate on the understanding of quantum theory and its instructional process. Science & Education, 14(7), 607-629.

Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29, 331-359.

Millar, R. (1999). Teaching and learning the particle model. Proceedings of the 2nd International Conference of the ESERA, Kiel, Germany, 392-393.

Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. R.N. Giere (ed) (1992). Cognitive models of science. University of Minnesota Press, 3-40.

Petri, J. & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high school level quantum atomic physics. International Journal of Science Education, 20(9), 1075-1088.

Primas, H. (1989). Mathematical and philosophical questions in the theory of open and macroscopic quantum systems. A. Miller (ed) (1989). Sixty-two years of uncertainty. Plenum Press, 233-257.

Seifert, S. & Fischler, H. (1999). A multi-dimensional approach for analyzing and constructing teaching and learning processes about particle models. Proceedings of the 2nd International Conference of the ESERA, Kiel, Germany, 393-395.

Velentzas, A., Halkia, K. & Skordoulis, C. (2007).Thoughts 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.

Velentzas, A. & Halkia, K. (2010). The Heisenberg's microscope as an example of using thought experiments in teaching physics theories to students of the upper secondary school. Research in Science Education, Springer Link, Online First.

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. Cognitive Psychology, 24, 535-585.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. Learning and Instruction 4, 45-69.

Προτάσεις για τη Διδασκαλία Νόμων και Αρχών της Φυσικής του 20ου Αιώνα στο Λύκειο με την Αξιοποίηση Ιστορικών Νοητικών Πειραμάτων

Αθανάσιος Βελέντζας[1] – Κρυσταλλία Χαλκιά[2]

1. 16ο ΓΕΛ Αθηνών – ΣΕΜΦΕ του ΕΜΠ (Ν.407), avelentz@gmail.com
2. Π.Τ.Δ.Ε. του Παν/μιου Αθηνών, kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Σε αυτή την εργασία διερευνάται κατά πόσο τα νοητικά πειράματα (ΝΠ) μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη διδασκαλία νόμων και αρχών της Φυσικής με υψηλό βαθμό αφαίρεσης, όπως είναι οι θεωρίες της Φυσικής του 20ου αιώνα. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ποιοτική έρευνα σε δείγμα 40 μαθητών (11ομάδες) της Β΄ τάξης του Ενιαίου Λυκείου της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα ΝΠ αποτελούν σημαντικά και συχνά αναντικατάστατα διδακτικά εργαλεία προκειμένου οι μαθητές να μπορέσουν, φτάνοντας νοητικά σε καταστάσεις που υπερβαίνουν σημαντικά την καθημερινή τους εμπειρία, να προσεγγίσουν νόμους και αρχές της Φυσικής με υψηλό βαθμό αφαίρεσης, όπως είναι οι θεωρίες της σχετικότητας και της κβαντομηχανικής. Διδακτικό υλικό και σημαντική βοήθεια σε αυτό το έργο του δασκάλου της Φυσικής μπορεί να προσφέρουν βιβλία Φυσικής που έχουν γραφτεί από σημαντικούς επιστήμονες και απευθύνονται στο ευρύ κοινό.

Abstract

The focus of this work is to investigate whether Thought Experiments (TEs) can be used effectively in teaching of Physics theories with a high level of abstraction (e.g. Physics theories of the 20th century) to students of upper secondary school. 40 students aged 16 (grade 11) took part in a qualitative research. The students were divided into 11 groups of 3-4 students. The findings of this study reveal that TEs are effective in supporting upper secondary school students to grasp basic concepts, principles and laws of relativity and quantum mechanics, especially when the consequences of these theories are beyond students' everyday experiences. For this purpose, teachers can draw material from physics books addressed to the public which are written by distinguished scientists.

Εισαγωγή

Τα νοητικά πειράματα (ΝΠ) έχουν χρησιμοποιηθεί από κορυφαίους επιστήμονες κατά την ανάπτυξη των θεωριών της Φυσικής, όπως για παράδειγμα από το Γαλιλαίο και το Νεύτωνα κατά την θεμελίωση της κλασικής μηχανικής ή από το Αϊνστάιν κατά την διατύπωση των θεωριών της ειδικής και γενικής σχετικότητας ή ακόμα από τον Χάιζενμπεργκ κατά την ανάπτυξη της κβαντομηχανικής (Brown 1991). Επίσης, σημαντικοί φιλόσοφοι έχουν

προσπαθήσει να αναλύσουν τα ΝΠ και να φωτίσουν τον τρόπο με τον οποίο αυτά λειτουργούν στην επιστήμη (e.g. Mach 1976, Popper1999).
Τα ΝΠ, εκτός από σημαντικά εργαλεία των επιστημόνων, μπορεί να αποτελέσουν και πολύτιμα εργαλεία για τη διδασκαλία της Φυσικής, γιατί η χρήση τους στη σχολική τάξη
- καθιστά ενήμερο το δάσκαλο για τις απόψεις των μαθητών του (Mach1976).
- ωθεί τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους, να σκεφτούν αφαιρετικά, να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα, να κάνουν υποθέσεις και να βγάλουν συμπεράσματα με λογική παραγωγή (Matthews 1994).
- συνεισφέρει στην εξοικείωση των μαθητών με την μεθοδολογία της επιστήμης (Gilbert & Reiner 2000).
- βοηθά τους μαθητές να μπορούν να αξιοποιούν με εσωτερική συνέπεια τη φαντασία τους ανακτώντας την «κρυμμένη» εμπειρική γνώση (οπτικές απεικονίσεις και σωματική εμπειρία) που έχουν στη μνήμη τους (Reiner & Gilbert 2000). Η χρησιμοποίηση αυτής της άδηλης γνώσης, κατά τη Reiner (2006), μειώνει το φορτίο των αφηρημένων φορμαλιστικών υπολογισμών.
Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι τα ΝΠ είναι αναντικατάστατα εργαλεία προκειμένου να διδάξουν νόμους που περιλαμβάνουν σχέσεις με σημαντική αφαίρεση (π.χ. θεωρία σχετικότητας ή κβαντομηχανική). Αυτό συμβαίνει επειδή διαισθάνονται ότι τα ΝΠ βοηθούν να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των νέων εννοιών και νόμων που πρέπει να μάθουν οι μαθητές με την καθημερινή τους εμπειρία και την προϋπάρχουσα γνώση (Helm at al. 1985).
Ο Klassen (2006) υποστηρίζει ότι η παιδαγωγική αποτελεσματικότητα των ΝΠ προκύπτει από το γεγονός ότι αυτά περιέχουν το στοιχείο της αφήγησης. Τα ΝΠ περιλαμβάνουν αφενός μεν επιστημονικά επιχειρήματα και αφετέρου αφήγηση. Αυτά τα δύο στοιχεία μπορούν να χωριστούν χάριν της ανάλυσης, αλλά στην αποτελεσματική παιδαγωγική χρήση ενός ΝΠ το επιστημονικό στοιχείο ενσωματώνεται μέσα στην ιστορία. Όπως υποστηρίζει ο Klassen, όταν τα ΝΠ πρόκειται να παρουσιαστούν στους μαθητές θα πρέπει να ξαναγράφονται από τους δασκάλους σε μια μορφή αφήγησης που να τους ενεργοποιεί και να τους βοηθά να κατανοήσουν σε ένα σημαντικό βαθμό το επιδιωκόμενο από τη διδασκαλία. Σημαντικό υλικό για μια τέτοια προσπάθεια μπορούν να αντλήσουν οι εκπαιδευτικοί από βιβλία Φυσικής διακεκριμένων επιστημόνων τα οποία απευθύνονται στο ευρύ κοινό. Για παράδειγμα, ο Einstein, ο Gamow ή ο Landau έγραψαν βιβλία σε μια προσπάθεια να «εκλαϊκεύσουν» τις θεωρίες της Φυσικής (Einstein1961,1938, Gamow 1990, Landau 1960). Στην προσπάθειά τους αυτή, πολύ συχνά, χρησιμοποίησαν ΝΠ, ιδιαίτερα προκειμένου να παρουσιάσουν θεωρίες της Φυσικής του 20ου αιώνα (Velentzas et al. 2007). Αυτά τα ΝΠ έχουν επινοηθεί από τους ίδιους τους επιστήμονες - συγγραφείς των βιβλίων «εκλαΐκευσης» της Φυσικής ή είναι ΝΠ που υπάρχουν σε επιστημονικές εργασίες κάποιων άλλων επιστημόνων και έχουν μετασχηματιστεί κατάλληλα από τους παραπάνω συγγραφείς.
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί κατά πόσο τα ΝΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη διδασκαλία νόμων και αρχών της Φυσικής με υψηλό βαθμό αφαίρεσης, όπως είναι οι θεωρίες του 20^{ου} αιώνα, με άντληση εκπαιδευτικού υλικού από βιβλία «εκλαΐκευσης» της Φυσικής που έγραψαν διακεκριμένοι Φυσικοί. Συγκεκριμένα, ερευνάται κατά πόσο, οι μαθητές του Λυκείου με τη βοήθεια των ΝΠ μπορεί να οδηγηθούν
(α) στη διατύπωση της «αρχής της ισοδυναμίας» (γενική θεωρία της σχετικότητας).
(β) στην ιδέα της «σχετικότητας του ταυτοχρονισμού» και στην διατύπωση των νόμων της «διαστολής του χρόνου» και της «συστολής του μήκους» (ειδική θεωρία της σχετικότητας).
(γ) στη διατύπωση της «αρχής της απροσδιοριστίας» (κβαντική Φυσική).
Επίσης, διερευνάται κατά πόσο οι μαθητές είναι σε θέση να εφαρμόζουν τους παραπάνω νόμους και αρχές σε διάφορες περιπτώσεις και να δίνουν εξηγήσεις για κάποιες από τις συνέπειες αυτών των νόμων και αρχών.

Οι παραπάνω νόμοι και αρχές εμπεριέχονται στο πρόγραμμα σπουδών για την Φυσική Λυκείου (Πράξη ΠΙ : 6/97/21-7-1997, Έγκριση: 4/5/98) ωστόσο στην πράξη δεν διδάσκονται διότι δεν περιλαμβάνονται στην ύλη των πανελληνίων εξετάσεων.

Περιγραφή της έρευνας

Προκειμένου να δοθεί απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα σχεδιάστηκε μια ποιοτική έρευνα με σκοπό την καταγραφή των μαθησιακών δυνατοτήτων και των δυσκολιών των μαθητών κατά την απόκτηση της επιστημονικής - σχολικής γνώσης η οποία επιχειρήθηκε με τη βοήθεια των ΝΠ (Learning Process Study e.g. Niedderer 1997). Για την έρευνα επιλέχτηκαν τα παρακάτω ΝΠ:

● «ο ανελκυστήρας του Einstein», όπως παρουσιάζεται από τον ίδιο τον Einstein (1961,1938)
● «το τρένο του Einstein», όπως μετασχηματίζεται από τους Landau – Rumer (1960)
● «το μικροσκόπιο του Heisenberg», όπως μετασχηματίζεται από τον Gamow (1990).

Η επιλογή αυτών των ΝΠ βασίστηκε στα αποτελέσματα προηγούμενης μελέτης για τη χρήση των ΝΠ στα διδακτικά εγχειρίδια και στα βιβλία «εκλαΐκευσης» της Φυσικής (Velentzas et al. 2007) και επιπλέον στα παρακάτω κριτήρια: (i) Ο αριθμός των ΝΠ να είναι τέτοιος ώστε να είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί η έρευνα στη διάρκεια ενός σχολικού έτους (2007-2008). (ii) Τα ΝΠ να είναι όσο το δυνατόν από διαφορετικές θεωρίες της Φυσικής του 20^{ου} αιώνα. (iii) Τα ζητήματα Φυσικής που θα διαπραγματευτούν οι μαθητές να αναφέρονται σε όσο το δυνατόν πιο πρωταρχικές / θεμελιώδεις αρχές και νόμους των θεωριών της Φυσικής του 20^{ου} αιώνα αφού οι μαθητές θα έλθουν πρώτη φορά σε επαφή με αυτές τις θεωρίες.
Για τις ανάγκες της έρευνας σχεδιάστηκαν

(1) διδασκαλίες /συνεντεύξεις οι οποίες ακολούθησαν την μέθοδο του *διδακτικού πειράματος* (*teaching experiment)*. Στο *teaching experiment* ο ερευνητής έχει δύο ρόλους, αφενός μεν του ερευνητή και αφετέρου του δασκάλου. Η εργασία του ως ερευνητής είναι να αναδεικνύει και να ερμηνεύει τα ατομικά νοητικά πλαίσια των μαθητών. Σαν δάσκαλος, πρέπει να έχει τις απαντήσεις στις ιδέες και στις απόψεις των μαθητών και να παρεμβαίνει την κατάλληλη χρονική στιγμή (Komorek & Duit 2004).
(2) ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές δύο εβδομάδες μετά κάθε συνέντευξη.
Στην κυρίως έρευνα έλαβαν μέρος 40 μαθητές της Β΄ Λυκείου της θετικής και της τεχνολογικής κατεύθυνσης από 6 διαφορετικά Ενιαία Λύκεια του νομού Αττικής. Οι μαθητές συγκρότησαν 11 ομάδες των 3-4 μαθητών. Σε κάθε ομάδα έγινε εφαρμογή και των τριών ΝΠ και επίσης πραγματοποιήθηκαν δύο μονόωρα εισαγωγικά μαθήματα σε κάθε ομάδα για κάλυψη προαπαιτούμενων γνώσεων. Μαγνητοφωνήθηκε το σύνολο κάθε συνέντευξης και κατόπιν έγινε απομαγνητοφώνηση των κειμένων προκειμένου να ακολουθήσει ποιοτική ανάλυση του περιεχομένου (Erickson 1998).

Τα σχέδια των συνεντεύξεων / διδασκαλιών

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερόμενα κείμενα των επιστημόνων που επιλέχθηκαν για κάθε ΝΠ καθώς και τις ιδέες των μαθητών (e.g. Driver et al. 2000, Pietrocola & Zylbersztajn 1999, Johnston et al 1998), έγινε ένας αρχικός σχεδιασμός των διδασκαλιών / συνεντεύξεων. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε πιλοτική έρευνα σε ένα δείγμα 12 μαθητών (3 ομάδες) στην οποία ανιχνεύτηκαν διάφορες δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές καθώς και ατέλειες των αρχικών σχεδίων των διδασκαλιών. Τα αποτελέσματα αυτής της πιλοτικής έρευνας βοήθησαν στο σχεδιασμό των τελικών συνεντεύξεων / διδασκαλιών οι οποίες παρουσιάζονται σύντομα στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Τα σχέδια των διδασκαλιών / συνεντεύξεων

Ο Ανελκυστήρας του Einstein		
Διδακτικοί στόχοι	**Βήματα**	**Δραστηριότητες**
Με τη βοήθεια του ΝΠ, οι μαθητές ● να είναι σε θέση να εξηγούν (με δικά τους λόγια) ότι η κατάσταση εντός ομογενούς βαρυτικού πεδίου (ΒΠ) είναι ισοδύναμη με αυτή της ομοιόμορφης επιτάχυνσης εκτός ΒΠ (Αρχή της Ισοδυναμίας) και να το εφαρμόζουν σε διάφορες περιπτώσεις. ● να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι άμεση συνέπεια της ΑΙ είναι η καμπύλωση του φωτός από τα ΒΠ και να είναι σε θέση να το εφαρμόζουν ποιοτικά.	Η επιτάχυνση προς τα πάνω/κάτω προσθέτει/αφαιρεί βαρύτητα	Συζήτηση για εμπειρίες σε κατακόρυφα επιταχυνόμενο θάλαμο (π.χ. στο λούνα παρκ). Διατύπωση συμπερασμάτων
	Οι συνθήκες έλλειψης βαρύτητας	Συζήτηση για το τι θα συμβεί αν η προς τα κάτω επιτάχυνση του θαλάμου αυξάνεται συνεχώς έως ότου α=g (ελεύθερη πτώση θαλάμου).
	Διατύπωση της αρχής της ισοδυναμίας (ΑΙ).	Οι μαθητές «εκτελούν» ΝΠ. Αφαιρούν νοητικά το ΒΠ από το χώρο επιτάχυνσης ενός θαλάμου και συμπεραίνουν ότι η επιτάχυνση «μιμείται» τη βαρύτητα. - Διατυπώνουν την ΑΙ με τη βοήθεια του κειμένου του Αϊνστάιν.
	Εφαρμογές – η έννοια του «πάνω – κάτω».	Εφαρμογή στην περίπτωση της επιτάχυνσης ενός διαστημόπλοιου εκτός πεδίου βαρύτητας με διάφορους προσανατολισμούς - συζήτηση για την έννοια του «πάνω – κάτω».
	Το φως καμπυλώνεται από τη δράση ενός ισχυρού πεδίου βαρύτητας.	Το ΝΠ της εισόδου μιας ακτίνας φωτός στον επιταχυνόμενο θάλαμο και η ΑΙ οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το φως καμπυλώνεται από τη δράση ενός πεδίου βαρύτητας. Γίνεται εφαρμογή με ακτίνες φωτός που περνούν κοντά από τον Ήλιο.
Το τρένο του Einstein		
Διδακτικοί στόχοι	**Βήματα**	**Δραστηριότητες**
Με τη βοήθεια του ΝΠ, οι μαθητές να προβληματιστούν στη σχετικιστική προσέγγιση των εννοιών του χώρου και του χρόνου και πιο συγκεκριμένα να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι ● η έννοια του ταυτόχρονου είναι σχετική και να είναι σε θέση να το ερμηνεύουν με βάση την σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός. ● ο ελάχιστος ρυθμός παρέλευσης χρόνου συμβαίνει στο σύστημα ηρεμίας του ρολογιού που τον μετρά και να είναι σε θέση να το εφαρμόζουν σε διάφορες περιπτώσεις. ● το μήκος ηρεμίας είναι το μέγιστο μήκος ενός αντικείμενου και να είναι σε θέση να το εφαρμόζουν σε διάφορες περιπτώσεις.	Η έννοια του «ταυτόχρονου» στην καθημερινή ζωή	Συζήτηση για την έννοια του «ταυτόχρονου» στην καθημερινή ζωή (δύο γεγονότα ταυτόχρονα ως προς ένα παρατηρητή είναι ταυτόχρονα και ως οποιοδήποτε άλλο).
	Σε ένα κόσμο υψηλών ταχυτήτων η έννοια του ταυτόχρονου είναι σχετική	«Εκτέλεση» ΝΠ: Τρένο πολύ μεγάλων διαστάσεων κινείται ομαλά με πολύ μεγάλη ταχύτητα κατά μήκος μιας ευθείας. Μια λάμπα ανάβει στη μέση του τραίνου και οι αυτόματες πόρτες στο πρώτο και στο τελευταίο βαγόνι ανοίγουν κατά τη στιγμή που το φως φτάνει σ' αυτές. Οι πόρτες ανοίγουν ταυτόχρονα ως προς τον σταθμάρχη και ως προς ένα επιβάτη;
	Η *διαστολή του χρόνου* - εφαρμογές	- Συζήτηση για το τι σημαίνει «το ρολόι πάει πίσω». - «Εκτέλεση» του ΝΠ: Ο ταξιδιώτης του προηγούμενου τρένου στέλνει μια δέσμη φωτός στο ταβάνι από φακό που βρίσκεται στο πάτωμα του βαγονιού. Στο ταβάνι υπάρχει καθρέφτης και η δέσμη ανακλάται πίσω στο πάτωμα. Οι μαθητές συγκρίνουν την «πορεία» του φωτός ως προς τον ταξιδιώτη και το σταθμάρχη καθώς και το χρόνο που περνά σύμφωνα με το ρολόι του καθενός - Εφαρμογές.
	Η *συστολή του μήκους* - εφαρμογές	- Συζήτηση για το αν και κατά πόσο η σχετικότητα του χρόνου μπορεί να συνεπάγεται και σχετικότητα μηκών. -«Εκτέλεση» ΝΠ: Το προηγούμενο τρένο διασχίζει την αποβάθρα ενός σταθμού. Ποια η σχέση των μηκών του τρένου και της αποβάθρας τόσο ως προς τον ταξιδιώτη όσο και ως προς το σταθμάρχη; - Εφαρμογές.
Το μικροσκόπιο του Heisenberg		
Διδακτικοί στόχοι	**Βήματα**	**Δραστηριότητες**
Με τη βοήθεια του ΝΠ, οι μαθητές να προσεγγίσουν	Η μέτρηση στην κλασική Φυσική: το όργανο επηρεάζει τη	Συζήτηση για τη μέτρηση της θερμοκρασίας μιας μικρής ποσότητας νερού με χρήση θερμομέτρων διαφορετικών διαστάσεων ή την μέτρηση της θερμοκρασίας

την αρχή της απροσδιοριστίας (ΑΑ) και κάποιες συνέπειές της, πιο συγκεκριμένα ● να οδηγηθούν στη διατύπωσή της ● να είναι σε θέση να εξηγούν ότι η ΑΑ δεν είναι αποτέλεσμα ατέλειας των συσκευών. Είναι μια γενική αρχή στη φύση (ισχύει τόσο στο μικρόκοσμο όσο και στο μακρόκοσμο), απλώς τα αποτελέσματά της είναι άμεσα εμφανή στο μικρόκοσμο. ● να διαπιστώσουν ότι δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί η τροχιά σωματιδίου ως απείρως λεπτή συνεχής (γεωμετρική) γραμμή.	μέτρηση αλλά η αλληλεπίδραση είναι δυνατόν να γίνει οσοδήποτε μικρή.	διαφορετικών ποσοτήτων νερού με τη χρήση ίδιων θερμομέτρων. Γενίκευση των συμπερασμάτων και σε άλλες περιπτώσεις, (π.χ. η ακρίβεια μέτρησης του ηλεκτρικού ρεύματος με χρήση αμπερομέτρου).
	Η τροχιά σωματιδίου στην κλασική Φυσική και το ΝΠ προσδιορισμού της (Η τροχιά μπορεί να προσδιοριστεί με την οποιαδήποτε επιθυμητή ακρίβεια)	- Διερεύνηση των απόψεων των μαθητών για την τροχιά σωματιδίου και στη συνέχεια συζήτηση για το πως θα μπορούσαν να προσδιορίσουν πειραματικά την τροχιά ενός πολύ μικρού εντόμου που κινήθηκε πετώντας κατά μήκος της τάξης. -Συζήτηση πάνω σε κείμενο του Gamow όπου περιγράφεται, σύμφωνα με ένα «κλασικό» Φυσικό, η έκβαση ενός ΝΠ προσδιορισμού της τροχιάς σωματιδίου το οποίο φωτίζεται ρυθμικά με φλάς.
	Όσο ακριβέστερα προσδιορίζεται η θέση ενός σωματιδίου, τόσο πιο ασαφής /αβέβαιη γίνεται η ορμή (ή η ταχύτητα) και αντιστρόφως.	«Επανεκτέλεση» του προηγούμενου ΝΠ με τους κβαντικούς περιορισμούς. Περιλαμβάνει τρία στάδια: 1^{ο} Η μείωση της έντασης της μονοχρωματικής ακτινοβολίας φωτισμού μπορεί να επιτυγχάνεται έως το ένα φωτόνιο ανά φωτισμό. 2^{ο} Η μείωση της «δράσης» του ενός φωτονίου επιτυγχάνεται με την αύξηση του λ. 3^{ο} Προσέγγιση της ιδέας ότι «δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν λεπτομέρειες μικρότερες του λ».
	Η διατύπωση της ΑΑ – νόημα – εφαρμογές - συνέπειες	- Με βάση το ΝΠ οι μαθητές συζητούν και καταλήγουν ● στο συμπέρασμα ότι δεν είναι δυνατόν η τροχιά του σωματιδίου να προσδιοριστεί ως γεωμετρική γραμμή ● σε μια μαθηματική διατύπωση της ΑΑ ● στο ότι η ΑΑ είναι γενική αρχή και δεν είναι συνέπεια ατέλειας των συσκευών (προβληματίζονται κατά πόσο η «συσκευή» που χρησιμοποίησαν στο ΝΠ έχει ατέλειες και αν ναι ποιες βελτιώσεις θα πρότειναν). - Εφαρμογή της ΑΑ σε περιπτώσεις του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου (συμπέρασμα: λόγω της μικρής τιμής του *h* οι συνέπειες της ΑΑ δεν είναι άμεσα εμφανείς στο μακρόκοσμο).

Αποτελέσματα

1. *Η διδακτική αξιοποίηση των παραπάνω ΝΠ, όπως προτείνεται σε αυτή την εργασία, φάνηκε να βοηθά αποτελεσματικά τους μαθητές να υπερβούν την καθημερινή τους εμπειρία και τα διάφορα εμπόδια λόγω εναλλακτικών ιδεών ώστε να προσεγγίσουν τα αντίστοιχα επιστημονικά πρότυπα.* Συγκεκριμένα

(i) η χρήση του ΝΠ «ο ανελκυστήρας του Einstein» (δες λεπτομερέστερα Βελέντζας κ.α. 2009) βοήθησε τους μαθητές,

- να εξάγουν το συμπέρασμα ότι η επιτάχυνση προς τα πάνω /κάτω στη Γη προσθέτει / αφαιρεί βαρύτητα και στη συνέχεια να «οδηγηθούν νοητικά» στις συνθήκες έλλειψης βαρύτητας.
- να συμπεράνουν ότι η επιτάχυνση εκτός βαρυτικού πεδίου (ΒΠ) «μιμείται» τη βαρύτητα, να διατυπώνουν την Αρχή της Ισοδυναμίας (ΑΙ) και να δίνουν εξηγήσεις για σχετικά φαινόμενα.
- να οδηγηθούν στην συνέπεια της ΑΙ ότι το φως εκτρέπεται από τη δράση ΒΠ.

(ii) με τη χρήση του ΝΠ «το τρένο του Einstein» οι μαθητές

- στην πλειοψηφία τους (75%) κατέληξαν στη «σχετικότητα του ταυτόχρονου» και ήταν σε θέση να δίνουν εξήγηση με βάση τη σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός. Αυτό συνέβη παρόλο που αρχικά όλοι οι μαθητές εξέφρασαν την (αναμενόμενη) άποψη ότι δύο γεγονότα ταυτόχρονα, ως προς κάποιον παρατηρητή, είναι ταυτόχρονα και για οποιονδήποτε άλλο παρατηρητή. (Από το υπόλοιπο 25% των μαθητών, 15% έδειξαν να κατανοούν ότι η

σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός οδηγεί στη σχετικότητα του ταυτόχρονου αλλά έδειξαν αδυναμία στο να χειριστούν τη γεωμετρία του ΝΠ σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Τέλος το υπόλοιπο 10% δεν κατάφεραν να «παρακολουθήσουν» την αναπτυσσόμενη στο ΝΠ επιχειρηματολογία.)

- μπόρεσαν να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι ο ελάχιστος ρυθμός παρέλευσης του χρόνου συμβαίνει στο σύστημα ηρεμίας του ρολογιού που τον μετρά και ήταν σε θέση να το εφαρμόζουν.
- συμπέραναν ότι τα κινούμενα σώματα «συστέλλονται» κατά τη διεύθυνση της κινήσεώς τους και ήταν σε θέση να το εφαρμόζουν.

(iii) η χρήση του ΝΠ «το μικροσκόπιο του Heisenberg» (δες λεπτομερέστερα Velentzas & Halkia 2010) βοήθησε τους μαθητές 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 μετά την «εκτέλεση» του ΝΠ ήταν σε θέση

- να διατυπώνουν την Αρχή της Απροσδιοριστίας (ΑΑ).
- να εξηγούν ότι η ΑΑ δεν είναι συνέπεια ατέλειας συσκευών αλλά γενική αρχή στη φύση.
- να εφαρμόζουν την ΑΑ και να εξηγούν ότι οι επιπτώσεις της είναι εμφανείς στο μικρόκοσμο.
- 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.

2. *Για την «εκτέλεση» ενός ΝΠ οι μαθητές χρησιμοποιούν στοιχεία από την εμπειρία τους. Ωστόσο, η καθημερινή εμπειρία μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στην αποδοχή - από τους μαθητές - των συνεπειών ενός ΝΠ, όταν αυτές οι συνέπειες έρχονται σε έντονη αντίθεση με αυτή την εμπειρία τους.*

Όπως φάνηκε η εμπειρία μπορεί να διαδραματίσει θετικό ρόλο στην πρόβλεψη της έκβασης ενός ΝΠ από τους μαθητές, μπορεί όμως να έχει και ανασταλτικό ρόλο στην αποδοχή των συνεπειών ενός ΝΠ, όταν αυτές είναι σημαντικά αναντίστοιχες της καθημερινής εμπειρίας των μαθητών. Για παράδειγμα, κατά την «εκτέλεση» του ΝΠ «το τρένο του Einstein» αρκετοί μαθητές, παρόλο που κατέληξαν οι ίδιοι στα συμπεράσματα για τη σχετικότητα του χρόνου και του μήκους (από το ΝΠ με λογική επεξεργασία), εκδήλωσαν κάποια έκπληξη για το αποτέλεσμα. Τους φάνηκε από πρώτη άποψη μη λογικό. Το εμπόδιο ξεπεράστηκε επειδή μέσω της αλληλεπίδρασης με τους συμμαθητές τους ή με τη διαμεσολάβηση του διδάσκοντα οι παραπάνω μαθητές κατανόησαν το λόγο για τον οποίο η παραπάνω συνέπεια δεν είναι εμφανής στην καθημερινή ζωή.

3. *Η προτεινόμενη διαδικασία, κατά την οποία αξιοποιήθηκαν τα ΝΠ σε μια μορφή όπου με την βοήθεια του στοιχείου της αφήγησης μειώνεται η χρήση μαθηματικού φορμαλισμού, βοήθησε τους μαθητές να ακολουθήσουν με ενδιαφέρον τη διαδικασία επικεντρώνοντας στο νόημα των εννοιών.*

Πράγματι, οι μαθητές κατάφεραν να «χειριστούν» τα ΝΠ, στην προτεινόμενη μορφή, και να καταλήξουν σε συμπεράσματα ή ακόμα και σε μαθηματικές φόρμουλες (π.χ. διαστολή χρόνου, αρχή απροσδιοριστίας) χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία. Δύο μόνο ήταν τα σημεία στα οποία σημειώθηκαν δυσκολίες στην «μαθηματική επεξεργασία» των παραπάνω ΝΠ. Ένας αριθμός μαθητών, όπως ήδη αναφέρθηκε, συνάντησε δυσκολία στη χρήση της γεωμετρίας στο ΝΠ «το τρένο του Einstein» κατά την εξαγωγή του συμπεράσματος για τη «σχετικότητα του ταυτόχρονου». Επίσης, περισσότεροι από τους μισούς μαθητές (25/40) δεν κατάφεραν χωρίς βοήθεια από τους συμμαθητές τους ή τον διδάσκοντα να εξηγήσουν κατά την «εκτέλεση» του ΝΠ «ο ανελκυστήρας του Einstein» την μορφή της πορείας του φωτός στον ανελκυστήρα. Συγκεκριμένα, οι μαθητές πρόβλεπαν ότι το φως εκτρέπεται αντίθετα από την

κατεύθυνση της επιτάχυνσης αλλά δεν μπορούσαν να εξηγήσουν αν η πορεία είναι καμπύλη ή ευθεία.

4. *Τα ΝΠ, όπως μετασχηματίζονται από σημαντικούς επιστήμονες σε βιβλία που απευθύνονται στο ευρύ κοινό, μπορεί να αποτελέσουν σημαντική πηγή διδακτικού υλικού για τους διδάσκοντες.*

Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζουν τα ΝΠ, που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την εφαρμογή, οι προαναφερθέντες επιστήμονες στο ευρύ κοινό, αποδείχθηκε ωφέλιμος στη διδασκαλία. Ο κώδικας «εκλαΐκευσης» που χρησιμοποιούν ο συγγραφείς φάνηκε να διατηρεί, αφενός μεν ζωηρό το ενδιαφέρον των μαθητών και αφετέρου αυτοί να μην έχουν δυσκολίες στην κατανόηση των κειμένων που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, οι τεχνικές εκλαΐκευσης των παραπάνω επιστημόνων βοήθησαν σε ορισμένα σημεία καθοριστικά τη διδασκαλία και τη μάθηση. Για παράδειγμα, κατά τη διδασκαλία της «Αρχής της Απροσδιοριστίας» με βάση το κείμενο του Gamow αναπτύχθηκαν μαθησιακά έργα για το ξεπέρασμα δύο εμποδίων. Το ένα σχετίζονταν με την χρήση αναλογικού συλλογισμού προκειμένου να αποκτήσει νόημα για τους μαθητές η πρόταση «δεν μπορώ να διακρίνω λεπτομέρειες μικρότερες του λ», δεδομένου ότι οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί την «διακριτική ικανότητα» και το δεύτερο με την ιδέα των μαθητών «ότι τα επιστημονικά όργανα είναι απολύτως ακριβή» η οποία οφείλεται στην παντελή έλλειψη εργαστηριακής πρακτικής.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια διδακτικής αξιοποίησης των ΝΠ και προέκυψε ότι τα ΝΠ, όπως παρουσιάζονται σε βιβλία «εκλαΐκευσης» της Φυσικής σημαντικών επιστημόνων, μπορεί να αποτελέσουν χρήσιμο υλικό για το σχεδιασμό διδασκαλιών από τους δασκάλους της Φυσικής, προκειμένου να διδάξουν σε μαθητές του Λυκείου στοιχεία από τις θεωρίες της σχετικότητας και της κβαντομηχανικής. Η προσπάθεια είχε θετικά αποτελέσματα και έδειξε ότι οι μαθητές του Λυκείου, με τη βοήθεια αυτών των ΝΠ, μπορούν να προσεγγίσουν νόμους και αρχές της Φυσικής του 20^{ου} αιώνα, δηλαδή να είναι σε θέση αφενός μεν να διατυπώνουν και να εφαρμόζουν αυτούς τους νόμους και αρχές, αλλά και αφετέρου να δίνουν εξηγήσεις για το νόημα και για κάποιες από τις συνέπειές τους.

Στα προαναφερθέντα ΝΠ υπάρχει το στοιχείο της αφήγησης και μείωση του φόρτου χειρισμού μαθηματικών τύπων με αποτέλεσμα οι μαθητές να μπορούν να παρακολουθούν εύκολα και με ενδιαφέρον την διαδικασία του ΝΠ και να επικεντρώνουν στο νόημα των εννοιών. Αυτό διευκολύνει τη διαδικασία για μια βασική κατανόηση, χωρίς λεπτομέρειες, της γνώσης των διδασκομένων νόμων της Φυσικής, πράγμα που πρέπει να αποτελεί και στόχο της διδασκαλίας της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Επιπλέον, από τη διαδικασία φάνηκε ότι ο δάσκαλος της Φυσικής, αξιοποιώντας τα ΝΠ, μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές, με αφετηρία την εμπειρία τους, να φτάσουν νοητικά σε καταστάσεις που υπερβαίνουν σημαντικά αυτή την εμπειρία, ώστε να είναι σε θέση να προσεγγίσουν νόμους και αρχές της Φυσικής με υψηλό βαθμό αφαίρεσης. Ωστόσο, η καθημερινή εμπειρία μπορεί να αποτελέσει και τροχοπέδη στην αποδοχή από τους μαθητές των συμπερασμάτων που προκύπτουν, ακόμα και από τους ίδιους, από τη χρήση των ΝΠ. Για το λόγο αυτό ο δάσκαλος της Φυσικής, που χρησιμοποιεί στην διδασκαλία ΝΠ, θα πρέπει να είναι προετοιμασμένος κατάλληλα για να βοηθήσει τους μαθητές του να κατανοήσουν το λόγο για τον οποίο κάποια από τα συμπεράσματα, που προκύπτουν από τα ΝΠ, μπορεί να είναι «ασυνήθιστα» ή και «παράλογα» στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής.

Η πειραματική εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε ομάδες μαθητών, ωστόσο και στην προοπτική της εφαρμογής στο επίπεδο της τάξης οι μαθητές θα πρέπει να εργάζονται σε

ομάδες, γιατί όπως φάνηκε σε πολλές περιπτώσεις η αλληλεπίδραση των μαθητών αποδείχθηκε καθοριστική στην εξέλιξη των ΝΠ κατά τη διδασκαλία.
Κλείνοντας, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα έρευνα εστίασε στη χρήση των ΝΠ στη διδασκαλία και συνεπώς τα δεδομένα της δεν θεωρείται ότι αποτελούν συνολική αξιολόγηση για μια διδακτική παρέμβαση των θεωριών Φυσικής του 20ου αιώνα. Αυτό θα απαιτούσε διαφορετικό σχεδιασμό και μεγαλύτερης διάρκειας διδακτική παρέμβαση για κάθε θεωρία, προκειμένου να φτάσουμε σε «λεπτής υφής» συμπεράσματα.

Βιβλιογραφία

Βελέντζας, Α., Χαλκιά, Κ. και 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». Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου ΚΟ.ΔΙ.Φ.Ε.Τ. Φλώρινα 7-10 Μαΐου 2009. Σελ. 232-240.

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

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικων Επιστημών. Μτφ Χατζή Μ. Επιμέλεια Κόκκοτας Π., Τυπωθήτω, Αθήνα

Einstein, A. (1961). Relativity: The Special and the General theory, A popular Exposition, Grown publishers, New York

Einstein, A., and Infeld, L. (1938). The Evolution of Physics. Simon and Schuster, New York.

Erickson, F. (1998). Qualitative Research Methods for Science Education. In International Handbook of Science Education. Fraser B.J and Tobin K.G. (eds) pp. 1155-1173

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.

Johnston, I., Crawford, K. & Fletcher, P. (1998). Students difficulties in learning quantum mechanics, International Journal Science Education 20(4), 427-446.

Klassen, S. (2006). The science thought experiments: How Might it be Used Profitably in the Classroom? Interchange, Vol. 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? Basic Books, New York.

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

Matthews, M. (1994). Thought experiments in M. Matthews Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science, Routledge, New York-London, 99-105.

Niedderer, H. (1997). Learning process studies in physics: A review of concepts and results. AERA annual meeting, Chicago.

Pietrocola, M. and Zylbersztajn, A., (1999). The use of the Principle of Relativity in the interpretation of phenomena by undergraduate physics students. International Journal of Science Education, vol 21, no3, 261-276.

Popper, K. (1999). On the use and misuse of imaginary experiments especially in quantum theory, in K.Popper The logic of scientific discovery, Routledge, New York-London, 442-456.

Reiner, M. & Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning., International Journal of Science Education, v. 22, n 5 pp. 489-506.

Reiner, M. (2006). The Context of Thought Experiments in Physics Learning, Interchange, Vol. 37/1-2, 97-113.

Velentzas, A., Halkia, K. (2010). The 'Heisenberg's Microscope' as an Example of Using Thought Experiments in Teaching Physics Theories to Students of the Upper Secondary School. Research in Science Education DOI 10.1007/s11165-010-9178-1.

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.

Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην Εκπαίδευση

Σταύρου Δημήτρης[1] & Ασημόπουλος Στέφανος[2]
[1]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, dstavrou@edc.uoc.gr*
[2] *Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, asimstef@yahoo.gr*

Περίληψη
Η Κβαντομηχανική και η Θεωρία της Σχετικότητας προσμετρώνται αναμφισβήτητα στα σημαντικότερα επιστημονικά επιτεύγματα του 20ου αιώνα, συνεισφέροντας σημαντικά στη σύγχρονη κοσμοαντίληψη. Τις τελευταίες δεκαετίες του 20ου αιώνα αναπτύχθηκε και η έρευνα στο πεδίο μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων, που από την πλευρά της πρόσφερε σημαντικές γνώσεις για τον τρόπο που λειτουργεί ο κόσμος γύρω μας. Έννοιες όπως ντετερμινισμός, τυχαιότητα και προβλεψιμότητα φαίνονται υπό το πρίσμα των μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων να αποκτούν μια νέα διάσταση. Οι νέες ιδέες που προέκυψαν από τη μελέτη μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων κέντρισαν το ενδιαφέρον και των ερευνητών στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών να διερευνήσουν τη δυνατότητα εισαγωγής βασικών ιδεών των μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων στη σχολική πράξη. Στην παρούσα εργασία συνοψίζονται βασικές όψεις της έρευνας σχετικά με τη διδασκαλία και μάθηση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων.

Abstract
Quantum mechanics and relativity are two of the most significant scientific advances of the 20th century, each fundamentally changing our understanding of the physical world. The last decades of the 20th century the research in the field of non-linear systems also contribute significantly to our modern worldview. Concepts like determinism, chance and predictability have now an expanded differentiated meaning. The new ideas triggered the interest of the science education researchers to investigate the possibility to teach and learn basic ideas of non-linear systems in science instruction. In the present work main aspects of the research on teaching and learning non-linear systems are summarized.

Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα ως αντικείμενο έρευνας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Από τη δεκαετία κυρίως του 1990 υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία βασικών ιδεών μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων (π.χ. Adams & Russ 1992, Strizhak & Menzinger 1996, Duit, Komorek & Wilbers 1997, Komorek et al. 2001, Stavrou, Duit & Komorek 2008, Stavrou, Assimopoulos & Skordoulis 2009). Σε μια αποδελτίωση της βιβλιογραφίας σχετικά με τη διδασκαλία και μάθηση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων, καταγράφηκαν από πρακτικά συνεδρίων και περιοδικά των Φυσικών Επιστημών, αγγλόφωνα και γερμανόφωνα (π.χ. Science Education, International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Physics Education, Zeitschrift fuer Didaktik der Naturwissenschaften, Naturwissenschaften im Unterricht, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule) μέχρι το 2004 περίπου 840 άρθρα (Komorek 2005). Η κατηγοριοποίηση που έγινε σε σχέση με τη στοχοθεσία των καταγεγραμμένων αυτών άρθρων οδήγησε σε τέσσερις συνιστώσες:

α) Επιστημονική πληροφόρηση και ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου. (65%)

Εδώ κατατάχθηκαν άρθρα τα οποία σχετίζονται με το επιστημονικό περιεχόμενο των πεδίων ντετερμινιστικό χάος, την αυτοοργάνωση και φράκταλ δομών. Εμπεριέχοντας ένα διδακτικό μετασχηματισμό αποσκοπούν κυρίως στην πληροφόρηση της εκπαιδευτικής κοινότητας για τις νέες ιδέες που εμφανίζονται σε αυτά τα πεδία.

β) Συνέπειες στην φιλοσοφία και στη κοσμοθεώρηση (8%)

Άρθρα, τα οποία θέτουν το κέντρου βάρος τους στη συζήτηση των επιπτώσεων της έρευνας στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στην εικόνα μας για τις Φυσικές Επιστήμες και γενικότερα στην κοσμοαντίληψή μας εντάχθηκαν σε αυτήν την κατηγορία.

γ) Πειράματα και δραστηριότητες (22%)

Άρθρα που προτείνουν πειράματα ή δραστηριότητες για μαθητές κατατάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία. Εδώ δεν εντάχθηκαν προτάσεις διδασκαλίας.

δ) Σχεδιασμός Διδασκαλίας και εμπειρικές έρευνες (11%)

Άρθρα, που αναφέρονται σε εμπειρικές έρευνες σε πειραματικές συνθήκες αλλά και σε συνθήκες σχολικών τάξεων σχετικά με τη διδασκαλία και μάθηση βασικών εννοιών μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

Σημαντικό μέρος των ερευνητικών αυτών προσπαθειών καλύπτει το ερευνητικό πρόγραμμα για τη "Διδακτική Αναδιοργάνωση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων" που υλοποιήθηκε στο Ινστιτούτο Παιδαγωγικής των Φυσικών Επιστημών στο Κίελο Γερμανίας, στο οποίο συμμετείχε και ένας εκ των συγγραφέων. Οι ερευνητικές κατευθύνσεις στα πλαίσια του προγράμματος αυτού συμπεριλαμβάνουν την ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου, την ανάλυση της εκπαιδευτικής τους αξίας, εμπειρικές έρευνες των ιδεών και διαδικασιών μάθησης των μαθητών σε πειραματικές συνθήκες καθώς και την ανάπτυξη, σχεδιασμό και αξιολόγηση πιλοτικών διδακτικών ενοτήτων σε συνθήκες τάξης από τους ερευνητές αλλά και από εκπαιδευτικούς σε συνεργασία με τους ερευνητές (Komorek 2005). Προέκταση του παραπάνω προγράμματος αποτελεί και η διερεύνηση της δυνατότητας να προσεγγιστεί από μελλοντικούς δασκάλους πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης η αδυναμία μακροπρόθεσμης πρόβλεψης ντετερμινιστικών χαοτικών συστημάτων (Ασημόπουλος, Σταύρου & Σκορδούλης 2009).
Με οδηγό τα αποτελέσματα των προαναφερθέντων ερευνών συνοψίζονται στη συνέχεια οι βασικές διαστάσεις που προκύπτουν από την έρευνα για τη διδασκαλία και μάθηση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων.

Εκπαιδευτική Αξία

Η εκπαιδευτική αξία μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων διερευνήθηκε σε σχέση με τις απαιτήσεις για επιστημονικό γραμματισμό για τη θεωρία χάους (Komorek 1998) και για την αλληλεπίδραση νομοτέλειας και τυχαιότητας σε αυτά (Stavrou 2004). Και στις δύο περιπτώσεις φαίνεται να ικανοποιούνται μια σειρά από στόχους της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, που σχετίζονται κυρίως με την εκμάθηση εννοιών και όψεων της φύσης της επιστήμης. Στοιχεία από τις παραπάνω αναλύσεις εμπεριέχονται στα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας με ερωτηματολόγιο για την εκπαιδευτική αξία των μη γραμμικών

δυναμικών συστημάτων, στην οποία συμμετείχαν 35 ειδικοί (experts) στον τομέα μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων που προερχόταν από την εκπαιδευτική πράξη, τη διδακτική των φυσικών επιστημών αλλά και από το αντίστοιχο επιστημονικό πεδίο όπως Φυσική, Χημεία κ.λ.π. (Komorek, Wendorff & Duit 2002). Με βάση λοιπόν την έρευνα αυτή, η διδασκαλία μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων μπορεί να συνεισφέρει στον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητευομένων με τους παρακάτω τρόπους:

Συμβάλλει στην διαμόρφωση μιας σύγχρονης κοσμοαντίληψης, η οποία περιλαμβάνει την πολυπλοκότητα και τη συστημική θεώρηση

Ενισχύει τη γνωστική ανάπτυξη, η οποία συμβάλλει στη επεξεργασία μιας γνωστικής βάσης στις φυσικές επιστήμες, στον προσανατολισμό στην κοινωνία της γνώσης και στην ικανότητα επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων

Επιτρέπει την ενασχόληση με βασικές έννοιες, αρχές, τρόπους σκέψης και μεθοδολογίες των σύγχρονων φυσικών επιστημών

Επιτρέπει στους μαθητές να έρθουν σε επαφή με τους τρόπους εργασίας, τις δυνατότητες και τα όρια της επιστήμης και έτσι να αποκτούν γνώσεις για τη φύση των επιστημών

Δίνει τη δυνατότητα για διαθεματική διδασκαλία εξαιτίας της εγγενούς διεπιστημονικής προσέγγισης του πεδίου

Θα πρέπει να τονιστεί, ότι δεν αμφισβητείται η εκπαιδευτική αξία άλλων σύγχρονων θεματικών περιοχών των Φυσικών Επιστημών όπως ή Κβαντομηχανική και η Κοσμολογία. Όμως, το συγκριτικό πλεονέκτημα της ενασχόλησης με τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα είναι το ότι περιγράφουν κυρίως το «μεσόκοσμο», δηλ. περιγράφουν τον κόσμο της άμεσης αισθητηριακής μας αντίληψης.

Η δομή του επιστημονικού περιεχομένου

Τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα αποτελούν ένα διεπιστημονικό κατά βάση πεδίο έρευνας, η μελέτη των οποίων επικεντρώνεται στην ανάλυση και μοντελοποίηση συγκεκριμένων φαινομένων σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, όπως φυσική, χημεία, βιολογία, ιατρική και κοινωνιολογία. με κοινό χαρακτηριστικό τη μη γραμμικότητα των μοντέλων περιγραφής τους.
Μη γραμμικά δυναμικά συστήματα χαρακτηρίζονται αφενός από την εμφάνιση μιας φαινομενικά τυχαίας συμπεριφοράς, η οποία υπόκεινται όμως σε ντετερμινιστικούς νόμους (ντετερμινιστικό χάος) και από την εμφάνιση δομών μέσω διαδικασιών αυτοοργάνωσης (αυτοοργάνωση). Ντετερμινιστικό χάος και αυτοοργάνωση μπορούν επομένως να θεωρηθούν ως όψεις της δυναμικής των μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων. Αφετέρου, για την περιγραφή δομών, όπως για παράδειγμα αυτές που εμφανίζονται κατά την αναπαράσταση της εξέλιξης ενός ντετερμινιστικού χαοτικού συστήματος στο χώρο των φάσεων (χαοτικοί ελκυστές) αλλά και σε διάφορες δομές που προκύπτουν μέσω διαδικασιών αυτοοργάνωσης, χρησιμοποιούνται στοιχεία από τη φράκταλ γεωμετρία. Υπό αυτή την έννοια τα φράκταλ μπορούν να θεωρηθούν επίσης ως μία όψη της δυναμικής των μη γραμμικών συστημάτων.
Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες βασικές ιδέες του ντετερμινιστικού χάους, της αυτοοργάνωσης και της φράκταλ γεωμετρίας.

Ντετερμινιστικό χάος

Τα ντετερμινιστικά χαοτικά συστήματα αποτελούν μια σημαντική ομάδα συστημάτων που περιγράφονται από μη γραμμικά μοντέλα. Αποκαλούμε ντετερμινιστικό χάος την εμφανιζόμενη ακανόνιστη, τυχαία συμπεριφορά που υπόκειται σε ντετερμινιστικούς νόμους (Schuster 1989). Στην φαινομενικά τυχαία συμπεριφορά τους εμφανίζεται κάποιου είδους τάξη. Αυτό εκφράζεται μέσω των χαοτικών ελκυστών, οι οποίοι αποτελούν τη γραφική απεικόνιση της χρονικής εξέλιξης της μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς ντετερμινιστικών χαοτικών συστημάτων στο χώρο των φάσεων. Παρουσιάζεται έτσι αυτό που χαρακτηρίζεται απλοϊκά ως «τάξη στο χάος».
Να σημειωθεί ότι το «ντετερμινιστικό χάος» διαφέρει από το «κλασικό χάος» μια και δεν προκύπτει ως αποτέλεσμα των πολλών βαθμών ελευθερίας του συστήματος. Έτσι, θα πρέπει να διαχωριστεί η έννοια «ντετερμινιστικό χάος» από την έννοια «κλασικό χάος», όπως αυτή χρησιμοποιείται για παράδειγμα για να χαρακτηρίσουμε την άτακτη κίνηση των μορίων σ' ένα υγρό ή αέριο.
Μια βασική ιδιότητα των συστημάτων αυτών αποτελεί η ευαίσθητη εξάρτησή τους από τις αρχικές συνθήκες (Crutchfield et al. 1986). Μικρές διακυμάνσεις στον καθορισμό των αρχικών συνθηκών επηρεάζουν καθοριστικά την χρονική εξέλιξή τους. Συνεπώς μικρές τυχαίες αποκλίσεις που αγνοούνταν ή αντιμετωπίζονταν με στατιστικές μεθόδους στα πλαίσια της Νευτώνειας Μηχανικής αποκτούν στα συστήματα αυτά μια ιδιαίτερη σημασία. Η αδυναμία να καθοριστούν στην πράξη με άπειρη ακρίβεια οι αρχικές συνθήκες, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μικρές διακυμάνσεις αυξάνονται εκθετικά κατά την χρονική εξέλιξη του συστήματος, περιορίζει τη δυνατότητα της πρόβλεψης σε ντετερμινιστικά χαοτικά συστήματα. Σε φιλοσοφικό επίπεδο, αυτό υπονοεί ότι σε ντετερμινιστικά χαοτικά συστήματα ναι μεν επακριβώς ίδιες αιτίες οδηγούν σε ταυτόσημα αποτελέσματα, ελαφρώς όμως διαφορετικές αιτίες μπορούν να οδηγήσουν σε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα. Με άλλα λόγια, μια μικροσκοπική διαφορά στην αιτία μπορεί να αποκτήσει μακροσκοπικές διαστάσεις και να δώσει αποτελέσματα τελείως διαφορετικά από τα υπολογιζόμενα με βάση τις εξισώσεις. Έτσι, ενώ θεωρητικά η συμπεριφορά των συστημάτων αυτών είναι πλήρως προβλέψιμη – αφού περιγράφονται με σαφώς καθορισμένες εξισώσεις - στην πράξη μικρές αποκλίσεις των αρχικών τιμών ενισχύονται, με αποτέλεσμα την αδυναμία μακροπρόθεσμης πρόβλεψης.

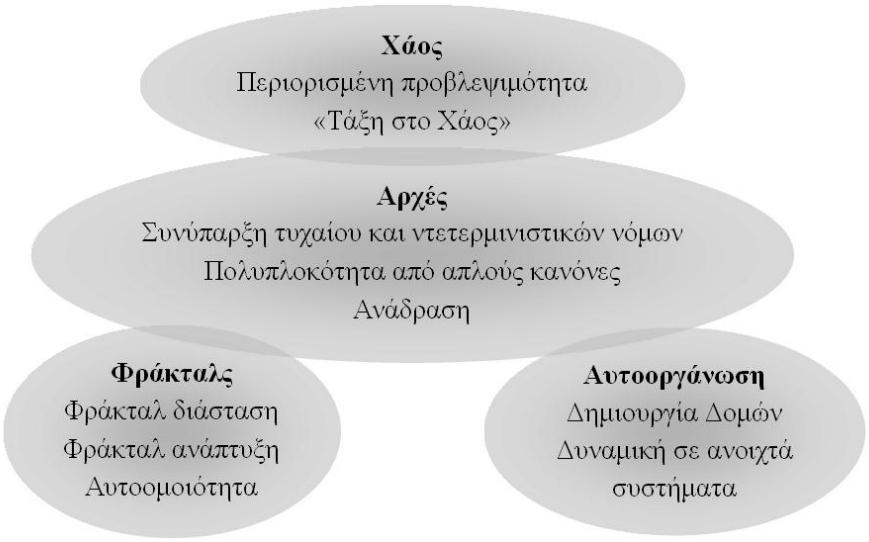
Αυτοοργάνωση

Η αυτοοργάνωση αποτέλεσε αντικείμενο διαφόρων ερευνητικών προσεγγίσεων, με κοινό χαρακτηριστικό τους την προσπάθεια μοντελοποίησης του αυθόρμητου σχηματισμού δομών, οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν κατά τη εξέλιξη ενός δυναμικού συστήματος. Ως κρίσιμα στοιχεία σε διαδικασίες αυτοοργάνωσης αναδεικνύονται η «ανοιχτότητα» του συστήματος, μια κάποια απόσταση του συστήματος από τις συνθήκες ισορροπίας και η ύπαρξη μιας αναδραστικής διαδικασίας μεταξύ των μερών του συστήματος. Τα στοιχεία αυτά βρίσκουν την έκφρασή τους – από μαθηματικής σκοπιάς - στη μη γραμμικότητα των εξισώσεων που περιγράφουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Έτσι λοιπόν, ως αυτοοργάνωση μπορεί να χαρακτηριστεί η αυθόρμητη εμφάνιση νέων δομών σε συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από εσωτερικούς βρόχους ανάδρασης και περιγράφονται μαθηματικώς με μη γραμμικές εξισώσεις (Capra 1996).
Χαρακτηριστικό των διαδικασιών αυτοοργάνωσης είναι ότι οι δομές αυτές εμφανίζονται σε ανοιχτά συστήματα και σε κάποια απόσταση από την ισορροπία. Με τροποποίηση συγκεκριμένων παραμέτρων του συστήματος (π.χ. θερμοκρασία) το σύστημα οδηγείται όλο και πιο μακριά από την ισορροπία, μέχρι που σε μια συγκεκριμένη τιμή αυτών των παραμέτρων, το σύστημα γίνεται ασταθές. Όταν ξεπεραστεί αυτή η κρίσιμη τιμή εμφανίζεται

μια οργανωμένη συμπεριφορά των στοιχείων του συστήματος (π.χ. μόρια σε ένα υγρό), με αποτέλεσμα να εμφανίζονται μακροσκοπικά δομές τάξης. Αυτές οι δομές διατηρούνται όσο υπάρχει μια ροή ενέργειας ή ύλης. Για το χαρακτηρισμό τέτοιων δομών ο Prigogine χρησιμοποιεί τον όρο «δομές έκλυσης» (dissipative structures, Prigogine 1980). Οι δομές έκλυσης μπορούν με περαιτέρω αύξηση της τιμής των παραμέτρων του συστήματος να εμφανίσουν μακροσκοπικά και χαοτική συμπεριφορά.

Φράκταλς

Η φράκταλ γεωμετρία παρέχει τη δυνατότητα για την περιγραφή ακανόνιστων μορφών, οι οποίες δεν μπορούσαν να περιγραφούν με την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Πολύπλοκα μαθηματικά αντικείμενα (π.χ. καμπύλη του Koch) και φυσικά μορφώματα (όπως π.χ. ακτογραμμές, σύννεφα, δέντρα, χιονονιφάδες) μπορούν να περιγραφούν από τη φράκταλ γεωμετρία. Για τις φυσικές επιστήμες η φράκταλ γεωμετρία παρέχει ένα πλαίσιο για την περιγραφή πολύπλοκων μορφωμάτων και δομών, όπως π.χ. χαοτικοί ελκυστές.
Σε γενικές γραμμές φράκταλ μορφές εμφανίζουν κλασματικές διαστάσεις και χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη αυτοομοιότητας στη δομή τους δηλ. σε μια μεγέθυνση ενός τμήματος μιας φράκταλ μορφής, οι λεπτομέρειες φαίνονται όμοιες με τη συνολική μορφή.
Δομές και μορφώματα, που παρουσιάζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά και ως εκ τούτου μπορούν να χαρακτηριστούν ως φράκταλ, παρουσιάζονται σε τέτοια ποικιλία, που είναι αδύνατο να δώσεις μια γενική αρχή για τον τρόπο που δημιουργούνται. Σε γενικές γραμμές αυτές οι μορφές υψηλής πολυπλοκότητας προκύπτουν από μια συνεχόμενη – θεωρητικά απ΄ άπειρο – αναδραστική διαδικασία.
Από εκπαιδευτικής σκοπιάς ενδιαφέρον παρουσιάζει εδώ η δημιουργία φράκταλ δομών που χρησιμοποιούν ως βάση την τυχαιότητα λόγω της κίνησης Brown των σωματιδίων και συναθροίζονται σε μορφώματα, που μοιάζουν με δέντρα (δενδρίτες, Bücker & Stavrou 2006).
Από την παραπάνω σύντομη ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου, η οποία αποτελεί μια διδακτική ανάλυση, που λαμβάνει υπόψη τόσο τους στόχους της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, όπως αυτές περιγράφηκαν παραπάνω, αλλά και εμπειρικές έρευνες για διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων, οδηγούμαστε σε ένα σύνολο εννοιών και αρχών που κρίνονται ως σημαντικά προς διδασκαλία και συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα (Komorek, Stavrou & Duit 2003):



Εικόνα 1: Έννοιες και αρχές μη γραμμικών συστημάτων για διδασκαλία και μάθηση

Αποτελέσματα από εμπειρικές έρευνες με μαθητές και εκπαιδευτικούς

Τα αποτελέσματα των εμπειρικών ερευνών σχετικά με τη δυνατότητα διδασκαλίας και μάθησης μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων είναι σε γενικές γραμμές ενθαρρυντικά. Για παράδειγμα όπως έδειξε η έρευνα με μαθητές 16-17 ετών σχετικά με την αλληλεπίδραση νομοτέλειας και τυχαιότητας στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα, οι μαθητές όχι μόνο ήταν σε θέση να αναπτύξουν μια ικανοποιητική κατανόηση αυτής της αλληλεπίδρασης, αλλά επίσης ήταν σε θέση αφενός να διαφοροποιήσουν τις ιδέες τους για νομοτέλεια και τυχαιότητα και αφετέρου να αποκτήσουν μια πιο διευρυμένη εικόνα για τη φυσική (Σταύρου, Komorek & Duit 2004; Stavrou, Komorek & Duit 2005). Παρόμοια αποτελέσματα είχε και η έρευνα που έγινε σε φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. (Ασημόπουλος, Σταύρου & Σκορδούλης 2009). Οι φοιτητές φαίνεται να έχουν δύο κυρίαρχα "εννοιολογικά" σχήματα τα οποία εκφράζονται εν συντομία με τα τρίπτυχα: *νομοτέλεια - τάξη - πρόβλεψη* και *χάος - τυχαιότητα - μη πρόβλεψη*. Ενώ αρχικά η εκδοχή να υπάρχει νομοτέλεια χωρίς δυνατότητα πρόβλεψης δεν ήταν γι' αυτούς δυνατή, μετά τη διδακτική παρέμβαση φαίνεται σε μεγάλο βαθμό να γίνεται αποδεκτή. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η έρευνα που πραγματοποιήθηκε με εν ενεργεία καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι κλήθηκαν να διδάξουν μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στις τάξεις τους (Komorek, Stavrou & Duit 2003). Η έρευνα αυτή παρέχει αποτελέσματα σε διάφορα επίπεδα που σχετίζονται με τον τρόπο που οι διδάσκοντες μετασχηματίζουν ένα επιστημονικό περιεχόμενο και με τις διαδικασίες μάθησης τόσο των μαθητών όσο και των διδασκόντων. Για παράδειγμα μεταξύ άλλων αναδείχθηκε και η αναγκαιότητα να επιμορφωθούν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί όχι μόνο στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης, αλλά και στο ίδιο το επιστημονικό αντικείμενο, ιδιαίτερα σε επιστημολογικές – φιλοσοφικές όψεις του (Komorek, Stavrou & Duit 2003). Το σημαντικό της έρευνας αυτής έγκειται στο γεγονός ότι δημιουργήθηκε και με τη συνεργασία εκπαιδευτικών ένα σχέδιο μαθήματος για τα μη γραμμικά συστήματα, το οποίο έχει δοκιμαστεί στη σχολική πράξη από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς.

Συμπεράσματα

Από την προηγούμενη σύντομη ανάλυση διαφαίνεται ότι η έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών παρέχει σε σχέση με τη διδασκαλία μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων ένα σώμα έρευνας το οποίο σχετίζεται με την εκπαιδευτική τους αξία, την οργάνωση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου, αλλά και τις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης που σμβάλλουν στο σχεδιασμό διδακτικών ενοτήτων. Συνοπτικά, τα ερευνητικά αυτά αποτελέσματα μπορούν και θα πρέπει να αξιοποιηθούν σε μια ενδεχόμενη εισαγωγή μια τέτοιας θεματικής στα σχολεία, η οποία απουσιάζει από τα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα και κατ΄ επέκταση και από τα σχολικά βιβλία. Στη Γερμανία, για παράδειγμα, η θεματική «μη γραμμικά δυναμικά συστήματα» αποτελεί αντικείμενο διδασκαλίας στις τάξεις 10-13 (ηλικίες 16-19), σε μερικά ομόσπονδα κρατίδια (Korneck 2001). Διδάσκονται κυρίως χαρακτηριστικά μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων όπως ασταθή ισορροπία, περιορισμένη προβλεψιμότητα και δημιουργία δομών. Παρόλο που στη Γερμανία δεν υπάρχει ενιαίο σχολικό βιβλίο, σε 5 σχολικά βιβλία που χρησιμοποιούνται ως βιβλία αναφοράς στη διδασκαλία, τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα παρουσιάζονται είτε ως αυτοτελή ενότητα, είτε ενσωματωμένα κυρίως στο κεφάλαιο των μηχανικών ταλαντώσεων ή της θερμοδυναμικής.

Εν κατακλείδι, σε μια συζήτηση για την ανάγκη διδασκαλίας σύγχρονης φυσικής, υπάρχουν μια σειρά εμπειρικά και θεωρητικά ερευνητικά δεδομένα που συνηγορούν υπέρ της άποψης τα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα να αποτελέσουν αναπόσπαστο μέρος της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών.

Βιβλιογραφία

Ασημόπουλος Σ., Σταύρου Δ. & Σκορδούλης Κ. (2009). Εκπαιδεύοντας Φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. σε σύγχρονες Θεωρίες της Φυσικής. Στο: Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και 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. http://www.uowm.gr/kodifeet, ημερομηνία πρόσβασης 05/10/2010.

Σταύρου Δ., Komorek M. & Duit R. (2004). Μια εμπερική έρευνα για τη διδακτική προσέγγιση της αλληλεπίδρασης ντετερμινισμού και τυχαιότητας στα μη γραμμικά δυναμικά συστήματα, στο Τσελφές Β., Καριώτογλου Μ. & Πατσαδάκης Μ. (Επιμ.). Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση, 176 - 182, Αθήνα.

Adams, H.M. & Russ, J.C. (1992). Chaos in the classroom: Exposing gifted elementary school children to chaos and fractals. Journal of Science Education and Technology, 1, 191-209.

Bücker, N. & Stavrou, D. (2006) *Strukturen: Zufall trifft Naturgesetz* [Δομές: Η τυχαιότητα συναντά το φυσικό νόμο] Naturwissenschaften im Unterricht, Physik 17, 32-37.

Capra, F. (1996). Lebensnetz [Το δίκτυο της ζωής]. Bern, Scherz

Crutchfield, J.P., Farmer, J.D., Packard, N.H. & Shaw, R.S. (1986). Chaos. Scientific American, 255, 38-49.

Duit, R., Komorek, M. & Wilbers J. (1997). Studies on educational reconstruction of chaos theory. Research in Science Education, 27, 339-357.

Komorek, M. (1998). Elementarisierung und Lernprozesse im Bereich des deterministischen Chaos [Διδακτική ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου και διαδικασίες μάθησης στο πεδίο του ντετερμινιστικού χάους]. Kiel, IPN

Komorek, M. (2005). Lehren und Lernen nichtlinearer Physik – eine Didaktische Rekonstruktion [Διδασκαλία και Μάθηση μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων – μια Διδακτική Αναδόμηση]. Habilitationsschrift, University of Kiel.

Komorek, M., Stavrou, D., & Duit, R. (2003). Non-linear physics in upper physics classes: Educational Reconstruction as a frame for development and research in a study of teaching and learning basic ideas of nonlinearity. In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, & M. Kallery (Eds.), Science Education Research in the Knowledge Based Society pp. 65-76. Dordrecht, Kluwer.

Komorek, M., Wendorff, L. & Duit, R. (2002). Expertenbefragung zum Bildungswert der nichtlinearen Physik [Ερευνα με ειδικούς για την εκπαιδευτική αξία της μη γραμμικής φυσικής] Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften 8, 33-51.

Komorek, M., Duit, R., Bücker, N. & Naujack, B. (2001). Learning process studies in the field of fractals, in H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross & P. Reiska (Eds.), Research in Science Education – Past, Present and Future, 95-100, Dordrecht: Kluwer

Korneck, F. (2001). Chaos – Fraktale – Strukturen, Von den Schwierigkeiten die nichtlineare Dynamik zu den Schuelern zu bringen. [Χάος – Φράκταλς – Δομές. Δυσκολίες να φέρουμε μη γραμμικά δυναμικά συστήματα στους μαθητές]. In: V. Nordmeier (Hrsg.), Vorträge zur Physikertagung der DPG in Bremen, März 2001. Berlin: Lehmanns Fachbuchhandlung (CD-ROM).

Prigogine, I. (1980). From being to becoming. San Francisco, Freeman.

Schuster, G.H. (1989), Deterministic Chaos, Weinheim, VCH

Stavrou, D. (2004). Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nichtlinearen Dynamik. Didaktische Analyse und Lernprozesse. (Η αλληλεπίδραση τυχαιότητας και ντετερμινιστικών νόμων σε μη γραμμικά δυναμικά συστήματα. Διδακτική ανάλυση και διαδικασίες μάθησης). Berlin, Logos

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 non-linear systems. Physics Education, 4, 417-422.

Stavrou, D., Komorek, M. & Duit, R. (2005). Implications of a teaching sequence about the interplay of determinism and chance in non-linear systems. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions on Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science, (CD-ROM), 243-245. Barcelona, Spain.

Strizhak, P. & Menzinger, M. (1996). Non-linear dynamics of the BZ reaction: A simple experiment that illustrates limit cycles, chaos, bifurcation, and noise. Journal of Chemical Education, 73, 868-873.

Συμπόσιο 3ο: Διδακτικές-Μαθησιακές Σειρές στα πλαίσια του έργου Material Science

Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[1], Άννα Σπύρτου[2], Θεοδώρα Κυράτση[3]
[1] *Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ, evris@physics.auth.gr*
[2] *Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΠΔΜ, aspirtou@uowm.gr*
[3] *Τμήμα Μηχανικών Μηχανολογίας και Κατασκευαστικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου, kyratsi@ucy.ac.cy*

Περίληψη
Το συμπόσιο αυτό διεξάγεται με αφετηρία το ερευνητικό πρόγραμμα Material Science (Επιστήμη των Υλικών), το οποίο έχει χρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω του έργου Επιστήμη και Κοινωνία (FP6). Στόχος του προγράμματος είναι η δημιουργία ενός μηχανισμού ο οποίος αξιοποιώντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αναπτύσσει Διδακτικές-Μαθησιακές Σειρές (ΔΜΣ) και διδακτικό υλικό και διαμορφώνει αρχές και παραδείγματα επιτυχούς πρακτικής για τη διδακτική διαχείριση των συγκεκριμένων θεματικών ενοτήτων. Στο συμπόσιο θα επικεντρωθούμε σε ζητήματα που αφορούν τη διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης των ΔΜΣ.

Abstract
This symposium is carried out starting with the research project on Material Science, which has been financed by the European Committee in the framework Science and Society program. The objective of the project is the creation of mechanism which, using the results from research in Science Education, it develops Teaching-Learning Sequences (TLS) and learning materials in particular thematic units and shapes the principles of examples of good-practice for the instructive management. In this symposium we deal with the design and development of the produced TLS.

Το ερευνητικό πρόγραμμα Material Science (MS)

Το ερευνητικό πρόγραμμα Material Science (MS), είναι μια σύμπραξη 6 πανεπιστημίων (Κύπρου, ΑΠΘ, ΠΔΜ, Autonoma de Barcelona, «Federico II» Νάπολη, Helsinki) από 5 διαφορετικές Ευρωπαϊκές χώρες. Στόχος του προγράμματος είναι η δημιουργία ενός μηχανισμού ο οποίος θα αξιοποιεί τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), με σκοπό τη διαμόρφωση αρχών και παραδειγμάτων επιτυχούς πρακτικής για τη διδακτική διαχείριση συγκεκριμένων θεματικών ενοτήτων. Στο πρόγραμμα σχεδιάζονται, αναπτύσσονται και ανταλλάσσονται Διδακτικές-Μαθησιακές Σειρές (ΔΜΣ) μεταξύ των συνεργατών, με στόχο την προσαρμογή, εφαρμογή και αξιολόγηση των ενοτήτων σε σχολικές τάξεις διάφορων κρατών. Ειδικότερα, έχει δημιουργηθεί ένα πλαίσιο στενής συνεργασίας μεταξύ (α) έμπειρων ερευνητών της ΔΦΕ, (β) εκπαιδευτικών που καλωσόρισαν στην τάξη τους ερευνητές από τη ΔΦΕ, ως μια ευκαιρία να ενισχύσουν την τεχνογνωσία τους σε θέματα που αφορούν την προώθηση καινοτομιών στη διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών και να βελτιώσουν τη διδακτική τους πρακτική και (γ) στελεχών της εκπαίδευσης (σχολικοί σύμβουλοι, διευθυντές εκπαίδευσης), που ενέκριναν και μερικές φορές ενθάρρυναν τις σχετικές συνεργασίες (Κωνσταντίνου, Ψύλλος, Καριώτογλου 2009).

Στο συμπόσιο αυτό συζητάμε όψεις του προγράμματος MS που αφορούν τις τρεις από τις έξι ΔΜΣ, και συγκεκριμένα τις σειρές που αναπτύχθηκαν από το ΑΠΘ, το ΠΔΜ και το Πανεπιστήμιο Κύπρου. Το διδακτικό υλικό αποτελείται από δραστηριότητες οι οποίες, λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες γνώσεις και προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, είναι σχεδιασμένες ώστε να προάγουν την διερευνητική μάθηση (learning by inquiry). Οι ΔΜΣ αναπτύχθηκαν μέσα από ένα μεθοδολογικό πλαίσιο εφαρμογής κυκλικής αξιολόγησης και αναθεώρησης,

Η προσαρμογή της Επιστήμης των Υλικών στην υποχρεωτική εκπαίδευση στα πλαίσια του προγράμματος MS

Η Επιστήμη των Υλικών (Material Science) είναι ένας διεπιστημονικός τομέας που ερευνά τη σχέση μεταξύ της δομής των υλικών σε ατομική ή μοριακή κλίμακα και των μακροσκοπικών ιδιοτήτων τους (Callister 2002). Πρόκειται για την τομή επιστημών όπως είναι η εφαρμοσμένη φυσική και χημεία, με τομείς της μηχανικής (χημική, ηλεκτρική, κλπ). Ιστορικά, πριν από τη δεκαετία του '60 (και σε μερικές περιπτώσεις, αρκετές δεκαετίες μετά), πολλά από τα τμήματα επιστήμης υλικών ονομαζόταν ως «τμήματα μεταλλουργίας», λόγω της έμφασης στα μέταλλα στα τέλη του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα. Σήμερα ο τομέας έχει διευρυνθεί και περιλάβει κάθε κατηγορία υλικών: κεραμικά, πολυμερή, ημιαγωγοί, μαγνητικά υλικά, ιατρικά υλικά μοσχευμάτων, βιολογικά υλικά και, πιο πρόσφατα νανο-δομημένα υλικά. Παρότι στον 21^{ο} αιώνα οι επιστημονικές και τεχνολογικές καινοτομίες της Επιστήμης των Υλικών έχουν άμεση επίδραση στην υγεία, στο περιβάλλον και γενικότερα στην κοινωνία, η εκπαίδευση σε θέματα που αφορούν το σχετικό γνωστικό αντικείμενο είναι περιορισμένη σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο. Λίγες προσπάθειες έχουν γίνει διεθνώς για την εισαγωγή της επιστήμης των υλικών στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Douglas 2003, Chen 2004, Baker 2005, Carpenter 2006).

Πρόσφατες έρευνες στο χώρο της ΔΦΕ δείχνουν ότι ζούμε ακόμα στον απόηχο της δεκαετίας του ΄80 για τη σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας (Σκορδούλης & Σωτηράκου 2005, McCropy 2008). Ζητήματα, όπως η αξιοποίηση του περιβάλλοντος ως πλαισίου μάθησης, η εκμάθηση δεξιοτήτων για τη συλλογή πληροφοριών και την επίλυση προβλημάτων, η ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών (αύξηση ενδιαφέροντος και κινήτρων) στη σχολική επιστήμη, βρίσκονται στην πρώτη γραμμή του ερευνητικού ενδιαφέροντος. Μάλιστα η μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών για σπουδές στην επιστήμη και την τεχνολογία, έχουν οδηγήσει την εκπαιδευτική ερευνητική κοινότητα ν' αναζητήσει νέους πρόσφορους τρόπους για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος (Aikenhead 1994, European Commission 2007). Ως εκ τούτου η Επιστήμη των Υλικών, που συμπυκνώνει παραδοσιακά την πείρα από τους ερευνητικούς τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας, προτείνεται ως ένα κατάλληλο παράδειγμα για να επεξεργαστεί κανείς τέτοιου είδους θεωρητικά επιχειρήματα.

Έτσι στις τρεις ΔΜΣ που παρουσιάζονται στο συμπόσιο αυτό, ενσωματώνονται γνωστικά αντικείμενα της επιστήμης καθώς και της τεχνολογίας των υλικών. Ειδικότερα, η πρόταση της ερευνητικής ομάδας του ΑΠΘ αναφέρεται στις θερμικές ιδιότητες των υλικών (θερμική αγωγιμότητα - θερμική διάχυση), όπου οι μαθητές κάνοντας εκτενή χρήση μικροσκοπικών μοντέλων για τους μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας στα διάφορα στερεά υλικά (κεραμικά, μέταλλα, κλπ), καταλήγουν στο τέλος να προσδιορίσουν τις επιθυμητές ιδιότητες των υλικών για τη θερμική μόνωση σ' ένα σπίτι.

Η δεύτερη ΔΜΣ (ΠΔΜ) διαπραγματεύεται την πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών για την ερμηνεία των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης. Οι μαθητές εμπλέκονται σε ένα υποθετικό σενάριο της ανέλκυσης του βυθισμένου κρουαζιερόπλοιου «Sea Diamond». Στα πλαίσια αυτού του σεναρίου προσεγγίζουν την πυκνότητα διαφόρων υλικών γύρω τους (π.χ.

ξύλο, πλαστικό, ανθρακονήματα) και αναζητούν τρόπους ανέλκυσης σύνθετων τεχνολογικών κατασκευών όπως είναι το πλοίο «Sea Diamond» (Spyrtou, Zoupidis, Kariotoglou 2008).
Η τρίτη ΔΜΣ (Πανεπιστήμιο Κύπρου) ασχολείται με τις Ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες των υλικών, ως μια περίπτωση της διάκρισης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας και της κατανόησης των μεταξύ τους διασυνδέσεων και στοχεύει στην καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών μέσα από τη διδακτική παρέμβαση.

Η σημασία της διερεύνησης (inquiry)

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε ΔΜΣ οι οποίες ενσωματώνουν θεματικές ενότητες της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι προσανατολισμένη στις διερευνητικές διαδικασίες μάθησης (Learning-by-Inquiry, Inquiry-Based Science Education/IBSE). Οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν ως μικροί «επιστήμονες» το τεχνολογικό και φυσικό περιβάλλον τους: θέτουν ερωτήματα, σχεδιάζουν πειράματα για να εξετάσουν τα ερωτήματά τους, παρατηρούν και μετρούν προσεχτικά, κάνουν υποθέσεις, ερμηνεύουν αποτελέσματα, γενικεύουν (Kipperman 2006, Brewer 2008).
Το φάσμα των διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης ποικίλει ανάλογα με το βαθμό καθοδήγησης του εκπαιδευτικού καθώς και των διαφορετικών προτεραιοτήτων που δίνονται στην εκμάθηση των δεξιοτήτων και των γνώσεων (Hanauer et al. 2009). Στο συμπόσιο συζητάμε τη διάκριση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας και της κατανόησης των μεταξύ τους διασυνδέσεων, την περίπτωση ανοιχτής-κλειστής διερεύνησης, την εκμάθηση της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (Boudreaux et al. 2008), την εισαγωγή των μαθητών στην πειραματική διαδικασία και στον πειραματισμό (Hatzikraniotis et al 2010), στη χρήση και έλεγχο των μοντέλων.
Τα μοντέλα και οι δραστηριότητες μοντελοποίησης αποτελούν αντικείμενο έρευνας στο χώρο της εκπαίδευσης αφού μπορούν να συμβάλλουν στη γνωστική εξέλιξη του μαθητή και ταυτόχρονα να συνεισφέρουν στην ενημερότητά του για τη φύση της επιστήμης (Saari 2003). Το μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ενός συστήματος ή μιας ιδέας και μπορεί να περιλαμβάνει πραγματικές οντότητες ή οντότητες που χρησιμοποιούνται σαν πραγματικές (Gilbert 1998). Τα μοντέλα, με αυτή την έννοια, είναι εργαλεία για την έκφραση επιστημονικών θεωριών τα οποία χρησιμοποιούνται για πρόβλεψη και εξήγηση.

Η μεθοδολογία κυκλικής αναθεώρησης της σειράς

Μια Διδακτική-Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ) είναι ένα προϊόν που περιλαμβάνει καλά ερευνημένες δραστηριότητες διδασκαλίας/μάθησης. Αναπτύσσεται βαθμιαία από διάφορες εφαρμογές κατά μια κυκλική εξελικτική διαδικασία. Σε κάθε βήμα αυτής της διαδικασίας συνεισφέρουν τόσο τα στοιχεία έρευνας όσο και τα εμπειρικά επικυρωμένα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών. Η διαδικασία αυτή οδηγεί στον εμπλουτισμό των δραστηριοτήτων της ΔΜΣ. Η ανάπτυξη ΔΜΣ έχει γίνει αντικείμενο διάφορων θεωρητικών και εμπειρικών μελετών (Lijnse 1995, Duit 1997). Μια εκτενής αναφορά παρουσιάζεται από τους Meheut και Psillos (2004).
Γενικά, η σχεδίαση μιας ΔΜΣ δεν είναι μια διαδικασία «ενός βήματος» αλλά μια μακροχρόνια προσπάθεια. Πρόκειται για ένα προϊόν, με συχνά ένα καινοτόμο επαναπροσδιορισμό του περιεχομένου (re-contextualization), διαφορετικό από εκείνα που εμφανίζονται στα πολυάριθμα εγχειρίδια και τα προγράμματα σπουδών παγκοσμίως (Andersson 2005). Μια τέτοια διαδικασία παρέχει τα μέσα για την έρευνα με την καινοτομία. Εντούτοις, δεν έχουν ακόμη ερευνηθεί επαρκώς οι ρητές και άρρητες υποθέσεις καθώς και οι αποφάσεις που επηρεάζουν, τη σχεδίαση και την ανάπτυξη τέτοιων προσεγγίσεων διδασκαλίας.

Στο συμπόσιο παρουσιάζεται ένα θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο υλοποιήθηκε η διαδικασία βελτίωσης των ΔΜΣ και αναδεικνύονται οι παράγοντες που επηρέασαν την ανάπτυξή τους.

Βιβλιογραφία

Κωνσταντίνου, Κ., Ψύλλος, Δ., Καριώτογλου, Π. (2009). Η σημασία της αυθεντικότητας, των συμμετοχικών διαδικασιών και της αναστοχαστικής έρευνας στην αξιοποίηση ερευνητικών πορισμάτων για σχεδιασμό εκπαιδευτικών επινοήσεων: το παράδειγμα του έργου Materials Science. Στα Πρακτικά: Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Ζουπίδης,Α. (επ.) 6^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα, 122-126. Εκδόσεις Γράφημα. http://www.uowm.gr/kodifeet/?q=el/node/374

Σκορδούλης, Κ. & Σωτηράκου, Μ. (2005). Περιβάλλον, Επιστήμη & Εκπαίδευση. Εκδόσεις Leader Books.

Aikenhead, G.S. (1994). What is STS teaching? In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), STS education: International perspectives on reform. New York: Teachers College Press, pp. 47-59.

Andersson, B. and Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. Science Education, 89, 196-218.

Baker S, Goodchild F, Crone W, Rosevear S. (ed) Communicating Materials Science—Education for the 21st Century, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 861 (2005)

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

Brewer, W., F. (2008). In what science can the child be considered to be a “Little Scientist”?. In: R. Duschl & R. Grandy (Eds.), Teaching Scientific Inquiry 38-49. Sense Publishers, The Netherlands.

Carpenter R, Seal S, Healy N, Shinn N, Braue W (eds) Education in Nanoscience and Engineering, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 931 (2006)

Chen K.C, Falk M.L, Finlayson T.R, Jones W.E Jr., Martinez-Miranda L.J (eds), Educating Tomorrow's Materials Scientists and Engineers, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 827 (2004)

Douglas E,P, Dubon O.D Jr., Isaacs J.A, Knowlton W.B, Whittingham M.S (eds) The Undergraduate Curriculum in Materials Science and Engineering, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 760 (2003)

Duit R., Komorek M, Wilbers J. (1997). Studies on educational reconstruction of chaos theory. Research in Science Education, 27, 339-357.

European Commission (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the future of Europe. http://ec.europa.eu/research/science -society/.

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.). International Handbook of Science Education (pp. 53 -66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Hanauer, D., I., Hatfull, G., F., Jacobs-Sera, D. (2009). Active Assessment. Springer.

Hatzikraniotis E, Kallery M, Molohidis A, Psillos D. (2010) Students’ design of experiments: the case of an inquiry module on thermal conductivity, Physics Education 45, 335.

Kipperman, D. (2006). Science and technology links in Israeli secondary schools-do we have a reason to celebrate? In: M. de Vries & I. Mottier (Eds.), International Handbook of Technology Education, 487-498. Sense Publishers, The Netherlands.

Lijnse P. L. (1995). “Developmental Research” As a Way to an Empirically Based “Didactical Structure” of Science. Science Education 79(2), 189-199.

McCropy, R. (2008). Science, technology, and teaching: The topic-specific challenges of TPCK in science. In: Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). Edited by AACTE Committee on Innovation and Technology. Roultledge Taylor & Francis Group, 193-206.

Méheut M. and D. Psillos. (2004). Teaching-Learning sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education, 26, 515-535.

Minner D.D, Abigail J. L., 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, 474.

Saari, H., Viiri, J. (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. International Journal of Science Education, 25, 1333 - 1352.

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 & N. Papadouris (Eds.), GIREP 2008 INTERNATIONAL CONFERENCE, Cyprus, 391-407.

Μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά για την εισαγωγή στοιχείων της διερευνητικής μεθόδου καθώς και της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, στα φαινόμενα πλεύσης και βύθισης: η διαδικασία βελτίωσης της σειράς

Ζουπίδης Αναστάσιος, Σπύρτου Άννα, Μαλανδράκης Γιώργος και Καριώτογλου Πέτρος
Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
azoupidis@uowm.gr, aspirtou@uowm.gr, gmalandr@edc.uoc.gr, pkariotog@uowm.gr

Περίληψη

Στο πλαίσιο του προγράμματος *Materials Science* σχεδιάσαμε, αναπτύξαμε, εφαρμόσαμε και βελτιώσαμε μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ) που εισάγει την πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα πλεύσης/βύθισης (Π/Β). Κύρια χαρακτηριστικά της ΔΜΣ είναι η διερευνητική μάθηση, υποβοηθούμενη από ΤΠΕ καθώς και από πειράματα με πραγματικά υλικά. Με ένα σενάριο βασισμένο σε πραγματικά γεγονότα αποσκοπούμε να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών, ενώ ταυτόχρονα γίνεται ο σύνδεσμος μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Βασικοί στόχοι της ΔΜΣ είναι: (α) η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών Ε' δημοτικού σχετικά με την πυκνότητα και το φαινόμενο Π/Β, και (β) η κατανόηση της διαδικαστικής και της επιστημολογικής γνώσης στο εν λόγω θέμα και πιο συγκεκριμένα, στοιχείων της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών και του ρόλου και της φύσης των μοντέλων. Σε αυτήν την ανακοίνωση, περιγράφουμε και αξιολογούμε τις βελτιωτικές αλλαγές από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης της ΔΜΣ. Για λόγους συντομίας, παρουσιάζουμε μόνο τις αλλαγές σχετικά με την κατανόηση στοιχείων της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών.

Abstract

In *Materials Science* project we designed, developed, implemented and refined a Teaching Learning Sequence (TLS) on the density as materials' property, applied into floating / sinking (F/S) phenomena. Main features of the TLS are the promotion of inquiry-based learning, enhanced by ICT tools and real experiments. Using a real-life scenario we aim to increase students' interest and motivation, while on the other hand is a way of linking science and technology. The main aims of the TLS are to improve 5th graders: (a) conceptual understanding about density and F/S, and (b) procedural and epistemological understanding, that is, control of variables strategy and the nature and the role of models. In this paper, we describe and validate the refinements from the 1st to the 2nd phase of the TLS development. For brevity, we present only the refinements related to the control of variables strategy.

Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του προγράμματος *Materials Science*[3], εστιάσαμε στην έννοια της πυκνότητας ως μιας ιδιότητας των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα πλεύσης και βύθισης (Π/Β) διαφόρων αντικειμένων από την καθημερινότητα όπως π.χ. ενός πλοίου. Τα φαινόμενα Π/Β θεωρήθηκαν κατάλληλα για την εισαγωγή της έννοιας της πυκνότητας επειδή είναι οικεία και παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε μαθητές/τριες (στη συνέχεια μαθητές χάρη συντομίας)

[3] © MaterialsScience Project, SAS6-CT-2006-042942-Material Science (042942)

δημοτικού καθώς και γιατί μας δίνουν τη δυνατότητα να διαπραγματευτούμε μόνο με τις δύο ακραίες περιπτώσεις αυτές της Π/Β. Από το ευρύ φάσμα προσεγγίσεων διερευνητικής μάθησης επιλέξαμε να αναπτύξουμε ένα διδακτικό – μαθησιακό περιβάλλον στοχεύοντας παράλληλα στην 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).

Δεδομένου ότι οι ΔΜΣ χαρακτηρίζονται από σταδιακή εξελικτική διαδικασία βασισμένη στα ερευνητικά αποτελέσματα (Lijnse 1995, Duit 1999, Méheut & Psillos 2004), και λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη συζήτηση που υπάρχει στην επιστημονική κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) σχετικά με διαδικασίες εξέλιξης των ΔΜΣ (Kariotoglou, Psillos & Tselfes 2003, Tiberghien, Vince & Gaitoz 2009), σε αυτήν την ανακοίνωση θέλουμε να αναδείξουμε την διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης της ΔΜΣ από την 1η στην 2η φάση εφαρμογής της. Για την ανάλυση της διαδικασίας βελτίωσης προτείνουμε ένα θεωρητικό πλαίσιο με βάση την σχετική βιβλιογραφία (Pickering 1995, Kariotoglou et al. 2003, Patsadakis 2003). Από την ανάλυση αυτή ελπίζουμε να αναδειχθεί, ποιοι από τους τρεις παρακάτω κύριους παράγοντες που προβλέπονται στο θεωρητικό πλαίσιο, επηρέασαν την διαδικασία βελτίωσης: (α) ο εκπαιδευτικός παράγοντας, π.χ. αναλυτικά προγράμματα και εκπαιδευτική παράδοση, (β) ο υλικός παράγοντας, π.χ. υλικά και διατάξεις εργαστηρίου, και (γ) ο επιστημονικός παράγοντας, π.χ. διδακτικές – μαθησιακές θεωρίες όπως ο εποικοδομισμός και η διερεύνηση.

Πιο συγκεκριμένα, εστιάζουμε σε μια επιστημολογική ανάλυση βασισμένη στο μοντέλο του Pickering (1992, 1995). Στην προσέγγιση αυτή η επιστημονική πρακτική θεωρείται ως «ένα μεταβλητό 'μοντέλο συμπεριφοράς' των επιστημόνων το οποίο εκτυλίσσεται μέσα στο χρόνο» (Kariotoglou et al. 2003). Σύμφωνα με την παραπάνω δήλωση ο Kariotoglou και η ομάδα του θεωρούν ότι: (α) οι ΔΜΣ είναι επιστημονικά προϊόντα στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και ότι έχουν μεταβλητό χαρακτήρα, (β) ένας ερευνητής των ΦΕ είναι ο επιστήμονας των ΦΕ που μέσα από τις πρακτικές του παράγει μια ΔΜΣ, (γ) τρεις παράγοντες, i. ο εκπαιδευτικός, ii. ο υλικός και iii. ο επιστημονικός παράγοντας, περιορίζουν τις διάφορες δραστηριότητες και τις σχέσεις μεταξύ τους. Οι ερευνητές των ΦΕ, όταν παράγουν μία ΔΜΣ, επιτυγχάνουν τους *στόχους* τους και ξεπερνούν τις *αντιστάσεις* που συναντούν, εφαρμόζοντας μια σειρά από *προσαρμογές*.

Ο *εκπαιδευτικός* παράγοντας σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο σχολείο ή τάξη και αναφέρεται στην καθημερινότητα της διδακτικής και μαθησιακής πρακτικής, την εκπαιδευτική παράδοση της περιοχής, τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών και των μαθητών, τη διοίκηση του σχολείου καθώς και τους γονείς των μαθητών. Ο *υλικός* παράγοντας αφορά στις υποδομές του σχολείου, π.χ. εργαστηριακές διατάξεις ΦΕ, απλά υλικά καθημερινής χρήσης, εργαστήρια (ΦΕ ή Πληροφορικής). Ο *επιστημονικός* παράγοντας αφορά στην κυρίαρχη διδακτική – μαθησιακή θεωρία (π.χ. εποικοδομισμός, διερεύνηση) και συγκεκριμένα στοιχεία αυτών των θεωριών, όπως είναι η διαπραγμάτευση των ιδεών των μαθητών, η εισαγωγή στοιχείων της μοντελοποίησης κ.α.

Οι *στόχοι* σχετίζονται με τα μαθησιακά αποτελέσματα π.χ. η μάθηση ενός συγκεκριμένου περιεχομένου ή στοιχείων της επιστημονικής μεθόδου. Οι *αντιστάσεις* σχετίζονται με τις δυσκολίες που συναντά η υλοποίηση των στόχων, π.χ. περιορισμένη μάθηση δηλωτικής ή διαδικαστικής γνώσης, δυσκολίες στη διαχείριση πειραμάτων κ.α. Οι *προσαρμογές* αφορούν σε τροποποιήσεις που γίνονται στη διδακτική πρόταση ώστε να ξεπεραστεί η αντίσταση, π.χ. αλλαγές στο περιεχόμενο που θα διδαχθεί ή στη διδακτική προσέγγιση, επιλογή κατάλληλων λειτουργικών υλικών, κ.α.

Σύμφωνα με την παραπάνω συζήτηση, θεωρούμε ότι η ανάλυση με βάση το μοντέλο του *Pickering*, από την μία δηλώνει τη διαφορά μεταξύ των δύο περιοχών, δηλαδή την περιοχή της έρευνας στις ΦΕ και την περιοχή των εκπαιδευτικών συστημάτων και από την άλλη τις

συνδέει μέσα από μια τριπολική διαδικασία, δηλαδή την διαδικασία *στόχος-αντίσταση-προσαρμογή*.

Ανάπτυξη και εφαρμογή της ΔΜΣ

Η ΔΜΣ αποτελείται από πέντε ενότητες, καθεμία από τις οποίες διαρκεί 80 λεπτά (βλ. Spyrtou, Zoupidis, & Kariotoglou, 2008). Παρακάτω θα περιγράψουμε τις ενότητες όπως αναπτύχθηκαν στην 1η φάση του προγράμματος. 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 συνέχεια, οι μαθητές συζητούν και προσπαθούν να προβλέψουν, με την καθοδήγηση της δασκάλας, τις μεταβλητές που πιθανόν επηρεάζουν την Π/Β. Τέλος, η δασκάλα παρουσιάζει την μέθοδο με την οποία ελέγχουμε εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο και ελέγχει εάν το σχήμα ενός συμπαγούς αντικειμένου επηρεάζει την Π/Β του αντικειμένου.
Στην 2η ενότητα, οι μαθητές ακολουθώντας την προσέγγιση ΠΠΕ δουλεύουν σε ομάδες σε προσομοιωμένο περιβάλλον ελέγχοντας διάφορες μεταβλητές σύμφωνα με δομημένα φύλλα εργασίας που τους καθοδηγούν σε μια διερευνητική διαδικασία. Σε αυτές τις διερευνήσεις τους δίνεται η μεταβλητή που θα ελεγχθεί καθώς και η μέθοδος την οποία θα εφαρμόσουν. Επίσης, οι μαθητές παρουσιάζουν στην τάξη τα συμπεράσματα της κάθε ομάδας.
Στην 3η ενότητα, εισάγουμε ένα πρόδρομο οπτικό μοντέλο της πυκνότητας ως ιδιότητας των υλικών, το μοντέλο *κουκίδες ανά κύβο* ενός υλικού (Smith, Snir & Grosslight 1992). Χρησιμοποιώντας προσομοιωμένα περιβάλλοντα, οι μαθητές αναμένεται να χρησιμοποιήσουν συσχετιστική αιτιακή λογική (Perkins, 2005) στις ερμηνείες τους για την Π/Β των συμπαγών αντικειμένων.
Στην 4η ενότητα, αντικαθιστούμε τον όρο *κουκίδες ανά κύβο* ενός υλικού με τον όρο *πυκνότητα* ενός υλικού. 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. Οι μαθητές συζητούν τα προβλήματα σε ένα τεχνολογικό πλαίσιο, δηλαδή προτρέπονται να λάβουν υπόψη τους στοιχεία όπως τα πιθανά ρίσκα και το συνολικό κόστος της πρότασής τους.
Η εφαρμογή της 1ης φάσης του προγράμματος πραγματοποιήθηκε στο 1ο Πειραματικό σχολείο Φλώρινας, τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο του 2007, με 12 μαθητές της Ε΄ τάξης (10-11 ετών). Αμέσως μετά την 1η φάση έλαβε χώρα η διαδικασία βελτίωσης της ΔΜΣ. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η 2η φάση του προγράμματος από άλλη δασκάλα στο 1ο Δημοτικό σχολείο Φλώρινας, τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2008, σε 41 μαθητές (δύο τμήματα) της Ε΄ τάξης. Και οι δύο δασκάλες έχουν μεγάλη εμπειρία στη διδασκαλία των ΦΕ και συνεργάστηκαν με την ερευνητική ομάδα στο σχεδιασμό της ΔΜΣ.
Η εφαρμογή της 1ης φάσης πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του κανονικού σχολικού ωραρίου. Περιορίσαμε τον αριθμό τον μαθητών σε δώδεκα γιατί θεωρήσαμε ότι ο συνολικός αριθμός των είκοσι τεσσάρων μαθητών, που ήταν όλη η τάξη, θα ήταν πάρα πολύ μεγάλος και θα δημιουργούσε πρόβλημα σε μια πιλοτική παρέμβαση ερευνητικού χαρακτήρα. Για παράδειγμα, μόνο η αίθουσα εφαρμογής του προγράμματος απαιτούσε αρκετή προετοιμασία π.χ. μεταφορά των απαραίτητων καλωδίων και προεκτάσεων για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για τους φορητούς υπολογιστές και τον προτζέκτορα, τακτοποίηση των θρανίων ώστε οι μαθητές να μπορούν να δουλέψουν σε ομάδες κ.α.

Η εφαρμογή της 2ης φάσης έγινε και πάλι στο πλαίσιο του συνηθισμένου ωραρίου του σχολείου και η αίθουσα έπρεπε να προετοιμαστεί με παρόμοιο τρόπο. Τα πειράματα με πραγματικά υλικά που προστέθηκαν σε αυτήν την φάση, μας οδήγησαν στο να ψάξουμε για μεγαλύτερη αίθουσα.

Ερευνητική μέθοδος

Στην ανακοίνωση αυτή εστιάζουμε στο είδος, τις διαδικασίες και την κατηγοριοποίηση των βελτιωτικών αλλαγών στην ΔΜΣ, που πραγματοποιήθηκαν από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης και εφαρμογής της. Οι συμμετέχοντες σε αυτήν την διαδικασία ήταν οι εξής: (α) οι μαθητές, (β) οι δάσκαλοι, (γ) η τοπική ομάδα ερευνητών ΔΦΕ (ερευνητές), (δ) η εξωτερική υποστηρικτική ομάδα ειδικών ερευνητών ΔΦΕ (ειδικοί).
Τα ερευνητικά ερωτήματα της συγκεκριμένης έρευνας είναι τα ακόλουθα:
Ποιες ήταν οι βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης της ΔΜΣ;
Ποιοι από τους τρεις παράγοντες του μοντέλου του Pickering καθοδήγησαν την τοπική ερευνητική ομάδα στο να πραγματοποιήσει αυτές της βελτιωτικές αλλαγές;
Για να απαντήσουμε σε αυτές τις ερωτήσεις χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω πηγές δεδομένων, που σχετίζονται με τους τέσσερις συμμετέχοντες στην ανάπτυξη και εφαρμογή της ΔΜΣ: (α) τα φύλλα εργασίας των μαθητών, τα πριν και μετά ερωτηματολόγια που επιδόθηκαν στα παιδιά, τις απομαγνητοφωνήσεις των βίντεο και των ηχητικών αρχείων της εφαρμογής, (β) τις σημειώσεις και προτάσεις των δασκάλων κατά τη διάρκεια των συναντήσεων της τοπικής ερευνητικής ομάδας, (γ) τις διδακτικά σενάρια καθώς και τις σημειώσεις και παρατηρήσεις των ερευνητών, (δ) τις προτάσεις των ειδικών.
Η διαδικασία ανάδειξης, αιτιολόγησης και κατηγοριοποίησης των βελτιωτικών αλλαγών της ΔΜΣ περιλαμβάνει τρία βήματα:
(1) *Διαφορές στα Διδακτικά Σενάρια*: Μελετώντας τα διδακτικά σενάρια κάθε ενότητας επισημάναμε τις διαφορές μεταξύ της 1ης και της 2ης φάσης. Οι διδακτικοί στόχοι αναφέρονται στην αρχή κάθε σεναρίου. Κάθε σενάριο αποτελείται από ένα συγκεκριμένο αριθμό επεισοδίων. Κάθε επεισόδιο διαπραγματεύεται ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο, π.χ. Π/Β, ή συγκεκριμένες διερευνητικές δεξιότητες, π.χ. τη ΣΕΜ. Επίσης, κάθε επεισόδιο αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό δραστηριοτήτων, που περιλαμβάνουν οργάνωση τάξης, ενέργειες της δασκάλας και των μαθητών, επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα καθώς και φύλλα εργασίας. Αρχικά, συγκρίναμε τα αντίστοιχα μέρη των δραστηριοτήτων στα διδακτικά σενάρια της ΔΜΣ, μεταξύ της 1ης και της 2ης φάσης. Για τη διασταύρωση και επιβεβαίωση των ευρημάτων, μελετήσαμε τις σημειώσεις των ερευνητών τόσο κατά τη διάρκεια της εφαρμογής στην 1η φάση όσο και κατά την διάρκεια της επανασχεδίασής της πριν την 2η φάση.
(2) *Σημαντικές Βελτιωτικές Αλλαγές*: Σύμφωνα με την σχετική βιβλιογραφία για τις ΔΜΣ (δες εισαγωγή), ορίσαμε ως σημαντικές βελτιωτικές αλλαγές τις διαφορές που σχετίζονται με: (α) τη διδακτική και μαθησιακή προσέγγιση κάθε δραστηριότητας, (β) τη διάρκειά της, (γ) τα υλικά και το λογισμικό που χρησιμοποιείται, (δ) το περιεχόμενο που διαπραγματεύεται. Κατηγοριοποιήσαμε αυτές τις βελτιωτικές αλλαγές σε σχέση με τους τέσσερις κύριους διδακτικούς στόχους της ΔΜΣ, οι οποίοι είναι: (α) οι ερμηνείες για την Π/Β και (β) η πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών, που θεωρούνται δηλωτική γνώση, (γ) η ΣΕΜ και (δ) η φύση και ο ρόλος των μοντέλων καθώς και η χρήση τους, που θεωρούνται διαδικαστική και επιστημολογική γνώση.
(3) *Ανάλυση με το μοντέλο του Pickering*: Αναλύσαμε κάθε βελτιωτική αλλαγή ακολουθώντας το μοντέλο ανάλυσης του Pickering. Στο πλαίσιο αυτής της ανάλυσης η ΔΜΣ έχει διάφορους

στόχους. Η ανάλυση των προαναφερθέντων δεδομένων ανάδειξε τις *αντιστάσεις* που επηρέασαν και καθοδήγησαν τους ερευνητές στις συγκεκριμένες *προσαρμογές*.

Αποτελέσματα

Σχετικά με την ΣΕΜ αναγνωρίσαμε έξι σημαντικές βελτιωτικές αλλαγές. Οι αλλαγές αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 1 με βάση το σχήμα *στόχος-αντίσταση-προσαρμογή*. Χάρη συντομίας, θα περιγράψουμε αντιπροσωπευτικά μόνο τις δύο από αυτές:

Από επίδειξη και καθοδηγούμενη διερεύνηση σε πιο ανοιχτή διερεύνηση
Στόχος: Αυτή η βελτιωτική αλλαγή αναφέρεται στο βαθμό καθοδήγησης (άρα στην διδακτική μέθοδο) με τον οποίο οι μαθητές ελέγχουν τις μεταβλητές που πιθανόν επηρεάζουν την Π/Β ενός αντικειμένου σε ένα υγρό. Στην 1η φάση η δασκάλα παρουσίαζε τη μέθοδο με την οποία ελέγχουμε τις μεταβλητές και πιο συγκεκριμένα τη μεταβλητή *σχήμα* του αντικειμένου. Έπειτα, οι μαθητές πραγματοποιούσαν σε ομάδες πειράματα, χρησιμοποιώντας δομημένα φύλλα εργασίας, στα οποία δίνονταν η μέθοδος και η μεταβλητή που θα ελεγχθεί. Θεωρήσαμε ότι οι μαθητές θα κατανοήσουν τη μέθοδο, χρησιμοποιώντας την σε φαινόμενα Π/Β. Επίσης, θεωρήσαμε ότι οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση στην εφαρμογή της μεθόδου γιατί δεν είναι εξοικειωμένοι με παρόμοιες διερευνήσεις.
Αντίσταση: Παρά την καθοδήγηση, οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες στην εφαρμογή της μεθόδου, τόσο στη φάση της διάκρισης και ελέγχου των μεταβλητών όσο και στη φάση εξαγωγής συμπεράσματος, όπως φαίνεται στις υπόλοιπες περιπτώσεις του πίνακα 1. Παρόλα αυτά, στο πλαίσιο του προγράμματος και καθοδηγούμενοι από το διερευνητικό παράδειγμα επιμείναμε στην χρήση της ΣΕΜ. Οι ειδικοί έκαναν μια προκλητική, για την ελληνική πραγματικότητα, πρόταση: να εφαρμόσουμε πιο ανοιχτή διερευνητική προσέγγιση.
Προσαρμογή: Σαν αποτέλεσμα, στην 2η φάση αντικαταστήσαμε την εφαρμογή της μεθόδου σε δύο βήματα με μια προσέγγιση που έχει στόχο τη βαθμιαία αύξηση της ενεργού συμμετοχής κάθε μαθητή στην εφαρμογή της μεθόδου, δηλαδή τη βαθμιαία αύξηση της *ανοιχτότητας* στη διερευνητική διαδικασία. Αρχικά, η δασκάλα εφαρμόζει την ΣΕΜ με επίδειξη, και πιο συγκεκριμένα ελέγχει τη μεταβλητή *βάρος* του αντικειμένου. Έπειτα, οι μαθητές ελέγχουν σε ομάδες τη μεταβλητή *πλάτος* του δοχείου ακολουθώντας δομημένα φύλλα εργασίας στα οποία δίνεται η μέθοδος. Στη συνέχεια, οι ίδιοι ελέγχουν την μεταβλητή *είδος του υγρού* και τους ζητείται να σχεδιάσουν το πείραμα που θα πραγματοποιήσουν. Τέλος, στο επόμενο επίπεδο *ανοιχτότητας* της διερεύνησης, οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν πειράματα για να ελέγξουν δύο μεταβλητές: το *είδος* του υλικού του αντικειμένου και το *σχήμα* του αντικειμένου, χωρίς καμία άλλη καθοδήγηση.
Ο καθοριστικός παράγοντας που οδήγησε την ερευνητική ομάδα σε μια πιο ανοιχτή διερευνητική προσέγγιση ήταν οι προτάσεις των ειδικών. Συνεπώς θεωρούμε ότι ο παράγοντας που καθοδήγησε την βελτιωτική αλλαγή ήταν κυρίως ο επιστημονικός.

Αλλαγή στη σειρά των μεταβλητών
Στόχος: Σε αυτή την περίπτωση ο στόχος είναι ο ίδιος με την προηγούμενη περίπτωση. Στην 1η φάση ο έλεγχος των μεταβλητών έγινε με την εξής σειρά: σχήμα αντικειμένου, βάρος αντικειμένου, φάρδος δοχείου, υλικό αντικειμένου, είδος υγρού.
Αντίσταση: Αλλάξαμε τη σειρά ελέγχου, γιατί οι μαθητές κατά τη διάρκεια επίδειξης από τη δασκάλα του ελέγχου της μεταβλητής *σχήμα*, δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν ότι αντικείμενα από το ίδιο υλικό αλλά με διαφορετικό σχήμα θα μπορούσαν να έχουν ίδιο βάρος. Η δυσκολία αυτή φαίνεται στο παρακάτω απόσπασμα στο οποίο συζητούν σχετικά με το ποιες μεταβλητές κρατούμε σταθερές και ποιες αλλάζουμε:
Δασκάλα: Τι έχουμε ίδιο;

Μαθητής Α: Το ίδιο υλικό.
Δασκάλα: Τι θα είναι διαφορετικό;
Μαθητής Α: Το σχήμα και το βάρος.
Δασκάλα: Το βάρος. Γιατί;
Μαθητής Α: Όχι το βάρος.
Μαθητής Β: και το υλικό.
Μαθητής Α: Το υλικό είναι το ίδιο.
Δασκάλα: Το υλικό είναι το ίδιο. Το σχήμα όμως, δεν είναι σίγουρα διαφορετικό;
Μαθητές: Ναι.

Πίνακας 1. Βελτιωτικές αλλαγές σχετικά με την ΣΕΜ

ΣΤΟΧΟΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Μάθηση της ΣΕΜ	Περιορισμένη μάθηση της ΣΕΜ	Από επίδειξη (1 μεταβλητή) και καθοδηγούμενη διερεύνηση (2 μεταβλητές) σε πιο ανοιχτή διερεύνηση (2 μεταβλητές) (*βαθμιαία*)	ΕΠ	Προτάσεις ειδικών Απομαγνητο-φωνήσεις
Μάθηση της διαδικασίας εξαγωγής συμπεράσματος	Οι μαθητές δεν μπορούν να περιγράψουν με σαφήνεια τον τρόπο με τον οποίο κατέληξαν σε συμπέρασμα	Έμφαση στη διαδικασία εξαγωγής συμπεράσματος, π.χ. παρουσίαση της διαδικασίας εξαγωγής συμπεράσματος και κατάλληλα ερωτήματα αναστοχασμού σχετικά με την διαδικασία αυτή στα φύλλα εργασίας	ΕΚ, ΕΠ	Σημειώσεις των ερευνητών Απομαγνητο-φωνήσεις Πριν και μετά ερωτηματολόγια
Μάθηση στοιχείων της ΣΕΜ	Οι μαθητές έχουν δυσκολία στην εφαρμογή της ΣΕΜ όταν η μεταβλητή που ελέγχεται είναι εξαρτημένη από άλλες μεταβλητές	Αλλαγή στη σειρά των μεταβλητών που ελέγχουμε	ΕΚ	Σημειώσεις των ερευνητών Απομαγνητο-φωνήσεις
Μάθηση του ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού δοκιμών στη ΣΕΜ	Οι μαθητές θεωρούσαν ότι χρειάζονται 6 δοκιμές για τον έλεγχο κάθε μεταβλητής αντί για δύο που είναι οι ελάχιστες απαιτούμενες	Μείωση των δοκιμών από 3 σε 2 (στις ελάχιστες απαιτούμενες) Σαφής διάκριση των δύο φαινομένων: πλεύση και βύθιση	ΕΚ	Σημειώσεις των ερευνητών Απομαγνητο-φωνήσεις
Μάθηση της διαδικασίας διάκρισης μεταβλητών της ΣΕΜ	Οι μαθητές έχουν δυσκολία να διακρίνουν τις πιθανές μεταβλητές που επηρεάζουν το φαινόμενο Π/Β με τα συγκεκριμένα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	Αλλαγές στα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάδειξη των μεταβλητών που πιθανά επηρεάζουν την Π/Β	ΕΚ, ΥΛ	Σημειώσεις των ερευνητών Σημειώσεις των δασκάλων Απομαγνητο-φωνήσεις
Καλλιέργεια και ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης	Οι μαθητές δεν γνώριζαν που να εστιάσουν κατά την δραστηριότητα αναζήτησης πληροφοριών	Δίνονται θεματικές για αναζήτηση π.χ. *περιβαλλοντικές συνέπειες* Από χρήση αρχείου pdf σε χρήση εικονικού δικτυακού τόπου	ΕΚ	Σημειώσεις των ερευνητών

Σημείωση: Στην 4η στήλη, ΕΚ = Εκπαιδευτικός, ΥΛ = Υλικός, ΕΠ = Επιστημονικός

Επιπλέον, κάποιοι από τους μαθητές ισχυρίστηκαν ότι θα μπορούσαμε να βγάλουμε συμπέρασμα σχετικά με το εάν η μεταβλητή *βάρος* επηρεάζει την Π/Β, παρόλο που σε αυτή τη δραστηριότητα κάναμε έλεγχο για τη μεταβλητή *σχήμα* του αντικειμένου. Θεωρούμε ότι η δυσκολία αυτή προέκυψε για δύο λόγους: (α) η ερμηνεία ότι το βάρος ενός αντικειμένου είναι υπεύθυνο για την Π/Β είναι μια από τις πιο συχνές και πιο ισχυρές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (Fassoulopoulos et al. 2003), και (β) όταν ελέγχουμε εάν το σχήμα ενός αντικειμένου επηρεάζει την Π/Β, κρατώντας σταθερό τον όγκο του, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι στον έλεγχο υπεισέρχονται εξαρτημένες μεταβλητές (βάρος, μάζα,

πυκνότητα). Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι μαθητές έχουν μεγάλη δυσκολία να εφαρμόσουν την ΣΕΜ.

Προσαρμογή: Για τους παραπάνω λόγους, αλλάξαμε τη σειρά ελέγχου των μεταβλητών. Αρχικά, αντί του σχήματος του αντικειμένου αποφασίσαμε να ελέγξουμε τη μεταβλητή *βάρος* του αντικειμένου, με επίδειξη από τη δασκάλα. Οι επόμενες δύο μεταβλητές (φάρδος δοχείου, είδος υγρού) που ελέγχονταν από τους μαθητές είναι ανεξάρτητες μεταβλητές, δηλαδή δεν παρουσιάζουν εξάρτηση από άλλες μεταβλητές που σχετίζονται με το φαινόμενο. Τέλος, οι μαθητές έχουν να ελέγξουν δύο μεταβλητές (υλικό και σχήμα του αντικειμένου) οι οποίες είναι εξαρτημένες μεταβλητές.

Θεωρούμε ότι με αυτόν τον τρόπο, είναι ευκολότερο όχι μόνο να γίνουν κατανοητά τα βήματα της μεθόδου αλλά και η σημασία των παρατηρήσεων στην εξαγωγή συμπεράσματος. Θεωρούμε, δηλαδή, πως όταν εισάγουμε την ΣΕΜ θα πρέπει να προσέξουμε ώστε οι πρώτες μεταβλητές τις οποίες θα ελέγξουν οι μαθητές χωρίς καθοδήγηση, να είναι ανεξάρτητες μεταβλητές.

Παρά το γεγονός ότι η πηγή της δυσκολίας είναι κυρίως επιστημολογικής φύσης, προτείνουμε ένα διδακτικό μετασχηματισμό ώστε να βοηθήσουμε τους μαθητές να κατανοήσουν τη μέθοδο. Έτσι, θεωρούμε ότι η προσαρμογή σε αυτή την περίπτωση καθοδηγήθηκε από τον εκπαιδευτικό παράγοντα.

Συζήτηση

Συνολικά, στις τέσσερις περιοχές μάθησης (Π/Β, πυκνότητα, ΣΕΜ, φύση και ρόλος μοντέλων) πραγματοποιήθηκαν δεκαπέντε αλλαγές. Θα συζητήσουμε σχετικά με τις αλλαγές στην περιοχή μάθησης για την μέθοδο ΣΕΜ απαντώντας στα δύο ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην ενότητα της ερευνητικής μεθόδου.

Σχετικά με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα (ποιες βελτιωτικές αλλαγές έγιναν), παρατηρήσαμε ότι οι αλλαγές αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: Η $1^{η}$ αλλαγή αφορά στην ανοιχτότητα της μεθόδου ΣΕΜ, ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που σχετίζεται με τη διερεύνηση. Οι επόμενες τέσσερις έχουν να κάνουν με επιμέρους στοιχεία της μεθόδου. Επομένως, παρά τη βαθμιαία μείωση καθοδήγησης που συνεπάγεται η πρώτη αλλαγή, ταυτόχρονα επιλέξαμε με τις επόμενες τέσσερις αλλαγές να συζητήσουμε με σαφή τρόπο τα στοιχεία της μεθόδου που φάνηκε να δυσκολεύουν τους μαθητές. Η δε τελευταία αλλαγή, αφορά στην ευρύτερη ανάπτυξη δεξιοτήτων της διερεύνησης, όπως είναι η αναζήτηση πληροφοριών σε κείμενα, δίνοντας έμφαση με αυτό τον τρόπο και σε άλλες πτυχές του επιστημονικού γραμματισμού.

Σχετικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα (ποιοι παράγοντες καθοδήγησαν τις αλλαγές), παρατηρούμε ότι πέντε από τις έξι αλλαγές επηρεάστηκαν κυρίως από τον εκπαιδευτικό παράγοντα, μία από τον επιστημονικό παράγοντα και καμιά δεν επηρεάστηκε από τον υλικό παράγοντα, παρά μόνο δευτερευόντως. Θεωρούμε ότι το εν λόγω αποτέλεσμα το οποίο δείχνει τον εκπαιδευτικό παράγοντα ως τον κύριο λόγο αλλαγών στο πρόγραμμα, οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ίδιο το πρόγραμμα. Από την μία πλευρά, ο καινοτομικός χαρακτήρας του προγράμματος αντιμετώπισε αρκετές δυσκολίες, σε ένα κατά βάση παραδοσιακό εκπαιδευτικό σύστημα (εκπαιδευτικός παράγοντας), χωρίς ταυτόχρονα να αποκλίνει από τις τάσεις της σύγχρονης βιβλιογραφίας ΔΦΕ (επιστημονικός παράγοντας). Από την άλλη πλευρά, η υλικοτεχνική υποστήριξη που παρείχε το πρόγραμμα για την πραγματοποίησή του, ουσιαστικά εξουδετέρωσε τον υλικό παράγοντα.

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

Duit, R. (1999). A model of educational Reconstruction – A framework for research and development in Science Education. In: *Koumaras, P. et al. (eds), Proceedings of the 1st Panhellenic conference on Science Education and New Technologies.* Thessaloniki, Christodoulides, Greece, 30-34.

Kariotoglou, P., Psillos, D., Tselfes, V. (2003). Modelling the evolution of Teaching – Learning Sequences: from discovery to constructivism. In *D. Psillos et al. (eds), Science Education Research in the Knowledge-based Society, 259-268, Kluwer Academic Publishers, Netherlands*

Fassoulopoulos, G., Kariotoglou, P., Koumaras, P. (2003). Consistent and Inconsistent Pupil's Reasoning about Intensive Quantities, The Case of Density and Pressure, *Research in Science Education*, 33: 71-87

Lijnse, P. L. (1995). 'Developmental Research' As a Way to an Empirically-Based 'Didactical Structure' of Science. *Science Education 79(2)*, 189-199.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.

National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.

Patsadakis, M. (2003). 'Educational Practices of Teachers and Students in the Teaching / Learning of Sciences'. In: D. Krnel (ed), *Proceedings, ESERA (European Science Education Research Association), Summer School 2002*, University of Ljubljana, Faculty of Education, Ljubljana,163-174. (in digital format – CD)

Perkins, D., Grotzer, T. (2005). Dimensions of causal understanding: the role of complex causal models in students' understanding of science. Studies in Science Education, 41,117-166

Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice*. Chicago: The University Chicago Press.

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

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 & N. Papadouris (Eds.), GIREP INTERNATIONAL CONFERENCE, *Physics Curriculum Design, Development and Validation, Selected Papers*, 391-407. ISBN978-9963-689-20-0.
http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/THE%20DESIGN%20AND%20DEVELOPMENT%20OF%20AN%20ICT-ENHANCED.pdf

Tiberghien, A., Vince, J. & Gaidoz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31(17), 2275-2314.

Treagust, D., Chittleborough, G., Mamiala, T. (2002). Student's understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.

Καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας μέσα από μια διδακτική μαθησιακή ακολουθία για τις Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες Υλικών: η περίπτωση της διάκρισης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας

Ροδοθέα Χατζηλουκά, Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου, Μιχάλης Λιβιτζής, Αργυρώ Σχολινάκη & Μάριος Παπαευριπίδου
Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, c.p.constantinou@ucy.ac.cy

Περίληψη
Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος *Materials Science*, αναπτύξαμε μια διδακτική-μαθησιακή ακολουθία για τις Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες Υλικών, η οποία συνδυάζει δραστηριότητες επιστημονικής και τεχνολογικής διερώτησης. Η ακολουθία επικυρώθηκε μέσα από μια κυκλική διαδικασία προκαταρκτικών εφαρμογών, αξιολόγησης μαθησιακών επιτευγμάτων και βελτιωτικών ρυθμίσεων. Στην παρούσα έρευνα, μελετήσαμε τη σημασία της ρητής επιστημολογικής συζήτησης ως προς τη δυνατότητα αξιοποίησης της ακολουθίας για προώθηση επιστημολογικής επάρκειας για τη διάκριση και τη διασύνδεση μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Για τους σκοπούς αυτής της έρευνας, οργανώσαμε διδακτικές εφαρμογές δύο διαφοροποιημένων εκδοχών της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας, μια με και μια χωρίς ρητές συζητήσεις για τις διαφορές και τις διασυνδέσεις μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Η συλλογή δεδομένων διενεργήθηκε στην αρχή και στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων. Χρησιμοποιήθηκαν γραπτά έργα και συνεντεύξεις για τη μέτρηση της επάρκειας μαθητών λυκείου ως προς την κατανόηση της διάκρισης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας. Τα αποτελέσματα της εργασίας παρέχουν εμπειρική στήριξη στο επιχείρημα αναφορικά με το ότι η προώθηση κατανόησης για τη φύση της επιστήμης υποστηρίζεται από την ενσωμάτωση δραστηριοτήτων προώθησης επιστημολογικών συζητήσεων στη διδασκαλία.

Abstract
The study explores how the combination of inquiry-oriented and design-oriented teaching and learning could provide a rich content for raising epistemological awareness about the interrelationship between science and technology. For this purpose, we applied a combined pre-post test and interview design to evaluate students' awareness of the interrelationship between science and technology as part of the implementations of two versions of a teaching learning sequence on electromagnetic properties of materials. The difference between the two implementations was the integration of explicit epistemological discourse activities regarding the interrelationship (i.e., differences and connections) between science and technology in the second version of the module. Both versions of the teaching learning sequence were outcomes of a process of design, development, iterative refinement and validation of a teaching learning sequence on the Electromagnetic Properties of Materials in the context of the European project *Materials Science*. The results of the study provide empirical support to the argument that students' epistemological awareness is better promoted by integrating explicit epistemological discourse in science teaching and learning.

Εισαγωγή – Θεωρητικό πλαίσιο

Η καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας (εφεξής: ΕΕ), δηλαδή κατανόησης για τη φύση της επιστήμης αποτελεί συνιστώσα της μάθησης των φυσικών επιστημών (Kang et al. 2005, Lederman 2007, NRC 1996). Παρά την ευρεία αναγνώριση της οποίας τυγχάνει, η προσοχή που λαμβάνει στο πλαίσιο της τυπικής διδακτικής πρακτικής είναι ιδιαίτερα περιορισμένη και υπάρχει ανάγκη για επικέντρωση ερευνητικών προσπαθειών, ώστε να ενισχυθεί το ερευνητικό υπόβαθρο και να αναπτυχθούν σχετικά μαθησιακά περιβάλλοντα που να

προωθούν ΕΕ (Lederman 2007, Sandoval & Morrison 2003) ιδιαίτερα σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Akerson & Volrich 2006, Kang et al. 2005). Η παρούσα εργασία ασχολείται με τη διάκριση ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία και των μεταξύ τους σχέσεων, μια πτυχή της ΕΕ για την οποία υπάρχει συναίνεση ότι πρέπει να διδάσκεται (McComas 2008, Osborne et al. 2003).

Βασικό εύρημα που αφορά στην καλλιέργεια ΕΕ το οποίο έχει τύχει εμπειρικής διερεύνησης για διάφορες πτυχές της φύσης της επιστήμης, αλλά όχι για τη συγκεκριμένη με την οποία ασχολείται η παρούσα εργασία, αναφέρεται στη σημασία άμεσης διδακτικής διαχείρισης μέσω συστηματικής εμπλοκής των μαθητών σε ρητή επιστημολογική διαλεκτική (explicit epistemological discourse, εφεξής: ΡΕΔ). Η θέση αυτή υποστηρίζεται από δύο ερευνητικές κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά στα μαθησιακά οφέλη που προέκυψαν σε διδακτικές παρεμβάσεις που εφάρμοσαν αυτή τη διδακτική στρατηγική (Akerson & Volrich 2006, Khishfe & Abd-El-Khalick 2002, Khishfe & Lederman 2006). Η δεύτερη αναφέρεται σε έρευνες που φανερώνουν ότι η απουσία άμεσου διδακτικού χειρισμού δεν επιφέρει βελτίωση της ΕΕ των μαθητών και οι έρευνες αυτές ομαδοποιούνται σε δύο υποκατηγορίες. Η πρώτη αναφέρεται σε παρεμβάσεις που βασίστηκαν στην πεποίθηση ότι η εκτεταμένη επαφή των μαθητών με την επιστημονική κουλτούρα μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους σε διεργασίες επιστημονικής διερώτησης είναι ικανή συνθήκη για την αναβάθμιση της ΕΕ τους. Ωστόσο, αποτελέσματα από τέτοιου είδους παρεμβάσεις αποκλίνουν από αυτή την πεποίθηση εφόσον δεν εντοπίστηκαν σημαντικά μαθησιακά οφέλη (Khishfe & Abd-El-Khalick 2002, Sandoval & Morrison 2003). Η δεύτερη υποκατηγορία αναφέρεται σε έρευνες που αξιολογούν την ΕΕ μαθητών, μέσα από τις οποίες φανερώνεται ότι η ηλικιακή ωρίμανση ή η μετάβαση σε μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες δεν αποτελούν προϋπόθεση για τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών σε αυτό το θέμα (Abd-El-Khalick 2006, Kang et al. 2005).

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το ζήτημα της παροχής άμεσων ή έμμεσων ευκαιριών καλλιέργειας κατανόησης για τη διάκριση επιστήμης-τεχνολογίας και των μεταξύ τους διασυνδέσεων σε μια προσπάθεια διερεύνησης των δυνατοτήτων μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες Υλικών στην καλλιέργεια ΕΕ για το θέμα αυτό. Συγκεκριμένα η εργασία απευθύνεται στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

(1) Σε ποιο βαθμό η παροχή εμπειριών επιστημονικής και τεχνολογικής μεθοδολογίας (απουσία ΡΕΔ) βοηθά στην ανάπτυξη κατανόησης για τη διάκριση επιστήμης-τεχνολογίας;

(2) Σε ποιο βαθμό η παρουσία ΡΕΔ σε μια ενότητα που συνδυάζει μάθηση μέσω διερώτησης και μάθηση μέσω σχεδιασμού συνεισφέρει στην ανάπτυξη κατανόησης για τη διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας;

Βιβλιογραφική επισκόπηση

Προσεγγίσεις στη διδακτική επεξεργασία της επιστημολογικής επάρκειας: τι γνωρίζουμε;

Η βιβλιογραφία προτείνει μέχρι στιγμής τριών ειδών προσεγγίσεις σχετικά με την ενσωμάτωση επιστημολογικής διαλεκτικής για ρητή διδακτική διαχείριση της ΕΕ: (i) ΡΕΔ ανεξάρτητα από το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών, η οποία προάγεται μέσα από τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας με δραστηριότητες οι οποίες δεν συνδέονται με το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών (π.χ. Bell 2008), (ii) ΡΕΔ στο πλαίσιο διδακτικής επεξεργασίας του εννοιολογικού περιεχομένου των φυσικών επιστημών, η οποία προάγεται μέσα από ακολουθίες δραστηριοτήτων που εντάσσονται στο περιεχόμενο των φυσικών επιστημών (π.χ. Khishfe & Lederman 2006), (iii) ΡΕΔ στο πλαίσιο της μελέτης περιπτώσεων από την ιστορία των φυσικών επιστημών (π.χ. Abd-El-Khalick & Lederman 2000).

Διάκριση και διασύνδεση επιστήμης και τεχνολογίας
Μολονότι στενά συνδεδεμένοι, οι δύο κλάδοι είναι σαφώς διακριτοί καθώς υπηρετούν διαφορετικές επιδιώξεις και στηρίζονται σε διαφορετικές διεργασίες. Η επιστήμη αποσκοπεί στην παραγωγή αξιόπιστης γνώσης για τη λειτουργία του φυσικού κόσμου, ενώ η τεχνολογία επιδιώξει την ανάπτυξη λύσεων σε προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα προς ικανοποίηση σχετικών αναγκών (ITEA 2000, NRC 1996). Η επιστήμη υιοθετεί τη διερεύνηση (investigation) ως τη θεμελιώδη διεργασία που υποστηρίζει την όλη προσπάθεια, ενώ η τεχνολογία στηρίζεται αντίστοιχα στο σχεδιασμό (design) (NRC 1996). Δύο βασικές πτυχές της συνεισφοράς της επιστήμης στην τεχνολογία είναι ότι η επιστήμη (α) παρέχει γνώσεις στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη ή βελτίωση τεχνολογικού εξοπλισμού και (β) διατυπώνει ερωτήματα που απαιτούν επινόηση εξειδικευμένων οργάνων-διαδικασιών μέτρησης, παρακολούθησης ή ελέγχου. Δύο αντίστοιχες πτυχές της συνεισφοράς της τεχνολογίας στην επιστήμη είναι ότι (α) παρέχει έγκυρο και αξιόπιστο εξοπλισμό (όργανα και διαδικασίες) για τη διενέργεια επιστημονικών διερευνήσεων και (β) δημιουργεί νέα ερωτήματα που χρειάζονται επιστημονική διερεύνηση.

Περιγραφή διδακτικού υλικού
Η διδακτική μαθησιακή ακολουθία (εφεξής: ΔΜΑ) αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος Material Science μέσω διεργασιών συμμετοχικού σχεδιασμού που περιλάμβανε μια κυκλική διαδικασία σταδιακής ερευνητικής επικύρωσης μέσα από την εφαρμογή και αξιολόγηση των μαθησιακών επιτευγμάτων (Σχολινάκη κ.ά. 2009, Constantinou, 2009). Ο σχεδιασμός της ΔΜΑ βασίστηκε στις αρχές της καθοδηγούμενης διερώτησης ως ενός πλαισίου διδασκαλίας και μάθησης και στο σχεδιασμό ως μιας τεχνολογικής διεργασίας και περιλαμβάνει την επεξεργασία ενός αυθεντικού προβλήματος. Το σενάριο είναι η κατασκευή ενός τρένου ως μέτρο αντιμετώπισης του μεταφορικού προβλήματος σε μια κοινωνία. Η ΔΜΑ διακρίνεται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο μέρος οι μαθητές εισάγονται σε έννοιες μαγνητισμού και ηλεκτρομαγνητισμού μέσω πληθώρας δραστηριοτήτων βασισμένων στην καθοδηγούμενη διερώτηση, ενώ στο δεύτερο μέρος καλούνται να εφαρμόσουν τεχνολογικό σχεδιασμό για την ανάπτυξη ενός πρότυπου τρένου το οποίο να βασίζεται σε νέες τεχνολογίες, να είναι οικονομικό και να απαιτεί χαμηλή ενέργεια (Σχολινάκη κ.ά. 2009, Constantinou, 2009). Θεωρούμε ότι ο συνδυασμός δραστηριοτήτων επιστημονικής και τεχνολογικής διερώτησης παρέχει ένα πλούσιο υπόβαθρο για επεξεργασία επιστημολογικών ζητημάτων αναφορικά με διαφορές και συνδέσεις ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία.
Οι διδακτικοί στόχοι που προκύπτουν από το πιο πάνω σκεπτικό είναι οι ακόλουθοι: (α) κατανόηση της διάκρισης ανάμεσα στις διαφορετικές επιδιώξεις της επιστήμης και της τεχνολογίας (στόχος της επιστήμης αποτελεί η παραγωγή αξιόπιστης γνώσης για το πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος, ενώ στόχος της τεχνολογίας αποτελεί η ανάπτυξη λύσεων σε προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα για τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής μας), (β) κατανόηση της διάκρισης ανάμεσα στις διαφορετικές κεντρικές διεργασίες που ακολουθούνται για την υλοποίηση των επιδιώξεων των δύο κλάδων (διερεύνηση στην επιστήμη, σχεδιασμός στην τεχνολογία), (γ) κατανόηση της συνεισφοράς της επιστήμης στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, λόγω του ότι (i) η επιστήμη παρέχει γνώσεις στις οποίες βασίζεται η ανάπτυξη τεχνολογικού εξοπλισμού και (ii) διατυπώνει ερωτήματα που απαιτούν επινόηση εξειδικευμένων οργάνων-διαδικασιών μέτρησης, παρακολούθησης ή ελέγχου, και (δ) κατανόηση της συνεισφοράς της τεχνολογίας στην ανάπτυξη της επιστήμης, λόγω του ότι (i) η τεχνολογία συνεισφέρει στη διεξαγωγή καλύτερων πειραματικών διερευνήσεων παρέχοντας όργανα και τεχνικές πειραματισμού και (ii) η τεχνολογική επινόηση δημιουργεί νέα ερωτήματα προς διερεύνηση

Σε προηγούμενη εκδοχή της ΔΜΑ (βλ. Σχολινάκη κ.ά. 2009) δεν περιλαμβάνονταν δραστηριότητες ΡΕΔ για αυτό το θέμα. Ωστόσο περιλαμβάνονταν δραστηριότητες που προωθούσαν την εκτεταμένη εμπλοκή των μαθητών στη διερεύνηση μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων μέσω συλλογής και ερμηνείας παρατηρήσεων, ανάπτυξης και βελτίωσης εννοιολογικών μοντέλων, σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων και ακολούθως στην ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία ανάπτυξης και αξιολόγησης μοντέλου ηλεκτρομαγνητικού τρένου.

Σε επόμενη εκδοχή της ΔΜΑ έγιναν τροποποιήσεις ώστε να ενσωματωθούν δραστηριότητες ΡΕΔ για διαφορές και σχέσεις ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία. Στη συνέχεια συνοψίζεται η φύση και το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων αυτών:

Ο στόχος της επιστήμης τυγχάνει επεξεργασίας μέσω σχετικής συζήτησης καθώς εισάγεται η ιδέα του μαγνητικού πεδίου μέσω ερωτημάτων που τίθενται στους μαθητές μέσω των φύλλων εργασίας που χρησιμοποιούν και σχετικών συζητήσεων του εκπαιδευτικού με τις ομάδες και ξανασυζητείται αργότερα καθώς οικοδομείται μοντέλο μαγνητικών υλικών ώστε να συνδεθεί η οικοδόμηση εννοιολογικών μοντέλων ως τρόπο με τον οποίο η επιστήμη προσπαθεί να εξηγεί και να προβλέπει φυσικά φαινόμενα

Σε επόμενο σημείο της ΔΜΑ, μετά από την εφαρμογή από τους μαθητές της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (διερεύνηση) για να διερευνήσουν παράγοντες που επηρεάζουν τη ένταση του ηλεκτρομαγνήτη τίθενται γραπτά και προφορικά ερωτήματα στους μαθητές με στόχο να συνδέσουν τη διαδικασία της διερεύνησης που μόλις έχουν ακολουθήσει με την εξυπηρέτηση του στόχου της επιστήμης για παραγωγή αξιόπιστης γνώσης για τη λειτουργία φυσικών φαινομένων

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής διαδικασίας τεχνολογικού σχεδιασμού και συγκεκριμένα όταν διατυπώνεται το πρόβλημα στους μαθητές γίνεται συζήτηση για το κατά πόσο ο στόχος της ανάπτυξης μαγνητικά αιωρούμενου τρένου αποτελεί στόχο της επιστήμης ή όχι, ώστε να συνειδητοποιηθεί ότι δεν εμπίπτει στον ορισμό που έχουν οικοδομήσει για το στόχο της επιστήμης

Ακολούθως κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού παρεμβάλλονται δραστηριότητες όπου οι μαθητές μελετούν σύντομες περιγραφές διαφόρων ερευνητικών στόχων και διεργασιών και καθοδηγούνται στο να γενικεύσουν τις δύο επιδιωκόμενες βασικές διαφορές ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία

Σε μια τελευταία ενότητα της ΔΜΑ οι μαθητές καλούνται να αναστοχαστούν σε σχέση με την αλληλεπίδραση επιστήμης και τεχνολογίας, εντοπίζοντας παραδείγματα επιστημονικών και τεχνολογικών στόχων και διαδικασιών που οι ίδιοι έχουν υλοποιήσει κατά τη διάρκεια της ΔΜΑ. Επίσης τους δίνονται δύο ιστορίες που περιγράφουν ερευνητικά προγράμματα που εμπλέκουν σύγχρονη επιστημονική έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη και καθοδηγούνται στο να εντοπίσουν περιπτώσεις από τον κάθε κλάδο καθώς και τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία μπορεί να συνεισφέρει στην επιστήμη και αντίστροφα.

Μεθοδολογία της έρευνας

Δείγμα και διαδικασία της έρευνας

Η ανάπτυξη της ΔΜΑ περιλάμβανε συνολικά έξι διδακτικές εφαρμογές. Η παρούσα έρευνα διεξάχθηκε στο πλαίσιο της πέμπτης και έκτης εφαρμογής. Η πέμπτη εφαρμογή έλαβε χώρα στο πλαίσιο καλοκαιρινού ομίλου φυσικών επιστημών (26 μαθητές/τριες Β' και Γ' λυκείου ετών από δύο τμήματα), ενώ η έκτη εφαρμογή έλαβε χώρα σε ένα δημόσιο λύκειο (37 μαθητές/τριες Β' λυκείου από δύο τμήματα). Κάθε εφαρμογή διήρκησε περίπου 40 διδακτικές περιόδους και στην κάθε εφαρμογή συμμετείχαν τρεις καθηγητές φυσικής. Στην πέμπτη εφαρμογή ίσχυσε η συνθήκη της απουσίας ΡΕΔ, ενώ στην έκτη εφαρμογή ίσχυσε η συνθήκη της παρουσίας ΡΕΔ στη διδασκαλία και μάθηση.

Περιορισμοί της έρευνας
Στην πέμπτη εφαρμογή η πλειοψηφία των συμμετεχόντων μαθητών είχε επιλογή ενισχυμένης φυσικής στο σχολείο, ενώ στην έκτη εφαρμογή συμμετείχαν μαθητές που στο πρόγραμμα μαθημάτων τους είχαν επιλέξει φυσική κοινού κορμού. Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά στο ότι η πέμπτη εφαρμογή έγινε στον ελεύθερο χρόνο των μαθητών αφού οι συμμετέχοντες συμμετείχαν προαιρετικά στον καλοκαιρινό όμιλο, ενώ η έκτη εφαρμογή και διεξάχθηκε στο πλαίσιο των μαθημάτων φυσικής του σχολείου. Τέλος, παρόλο που ο συνολικός χρόνος διδασκαλίας και στις δύο εφαρμογές είναι ο ίδιος, η κατανομή του ήταν διαφορετική λόγω των διαφορετικών συνθηκών εξαιτίας του δεύτερου περιορισμού, με αποτέλεσμα η εφαρμογή στον καλοκαιρινό όμιλο να διαρκέσει 5 βδομάδες ενώ η εφαρμογή στο λύκειο να διαρκέσει 10 βδομάδες.

Συλλογή και πηγές δεδομένων
Χρησιμοποιήθηκαν γραπτά έργα και συνεντεύξεις για τη μέτρηση της ΕΕ των συμμετεχόντων για τη διάκριση και τη διασύνδεση επιστήμης-τεχνολογίας τα οποία περιλάμβαναν ερωτήματα κλειστού και ανοικτού τύπου που κάλυπταν και τους τέσσερις διδακτικούς στόχους. Η συλλογή δεδομένων διενεργήθηκε στην αρχή και στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων με συμπλήρωση γραπτών έργων από όλους τους συμμετέχοντες και διενέργεια ημιδομημένων συνεντεύξεων με περίπου 30% του δείγματος.
Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν αποτελέσματα από την επίδοση των μαθητών στη χρήση ενός πειραματικού έργου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών για τη διάκριση ανάμεσα στους κύριους στόχους της επιστήμης και της τεχνολογίας. Το έργο αυτό περιλαμβάνει ερωτήματα κλειστού τύπου και ένα ερώτημα ανοικτού τύπου. Αποτελείται από 18 υποτιθέμενα ερευνητικά έργα, π.χ. «Προσπαθούμε να εξηγήσουμε πώς ακριβώς δημιουργείται ο κεραυνός», «Ψάχνουμε να βρούμε τον καλύτερο τρόπο για να μετρούμε με ακρίβεια την ταχύτητα του ανέμου». Με λίγα λόγια δόθηκαν στους μαθητές στόχοι διαφόρων ερευνών και τους ζητήθηκε να τις κατηγοριοποιήσουν χρησιμοποιώντας δοσμένο κριτήριο. Το κριτήριο είναι να αναφέρουν κατά πόσο κάθε ερευνητικός στόχος εντάσσεται: α) στον κλάδο της Επιστήμης, β) στον κλάδο της Τεχνολογίας, ή γ) σε κανένα από τους δύο κλάδους. Οι περιγραφές των ερευνητικών στόχων σχεδιάστηκαν, ώστε οι 5 να εντάσσονται στην Επιστήμη, οι 10 στην Τεχνολογία και οι υπόλοιπες 3 σε κανένα από τους δύο κλάδους. Στο τέλος του πειραματικού έργου οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στο ερώτημα ανοικτού τύπου «Σχετικά με τις πιο πάνω απαντήσεις που έδωσες, πότε αποφάσιζες ότι ο στόχος των ερευνητών ταιριάζει με το στόχο της επιστήμης ή με το στόχο της τεχνολογίας;». Πληροφορίες για το σχεδιασμό και την επικύρωση των έργων αξιολόγησης μπορούν να αναζητηθούν στο Constantinou et al. (2010).

Επεξεργασία δεδομένων
Τα ερωτήματα κλειστού τύπου έτυχαν επεξεργασίας με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon. Οι απαντήσεις των μαθητών στο ερώτημα ανοικτού τύπου και στις συνεντεύξεις μελετήθηκαν προσεκτικά και κατηγοριοποιήθηκαν, ώστε να αναπαριστούν τους ποιοτικά διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους απαντούν στα ερωτήματα, ιεραρχημένους σε επίπεδα εγκυρότητας. Η κατηγοριοποίηση βασίστηκε σε αντίστοιχα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας, ωστόσο στο πλαίσιο της παρούσας διαδικασίας ανάλυσης οι κατηγορίες προσαρμόστηκαν ώστε να περιγράφουν καλύτερα τα δεδομένα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Ερευνητικό ερώτημα 1: Σε ποιο βαθμό η παροχή εμπειριών επιστημονικής και τεχνολογικής μεθοδολογίας (απουσία ΡΕΔ) βοηθά στην ανάπτυξη κατανόησης για τη διάκριση επιστήμης-τεχνολογίας;

Το ερώτημα αυτό απαντήθηκε μέσα από τα αποτελέσματα από την διδακτική παρέμβαση χωρίς ΡΕΔ, όπου οι επιδόσεις των μαθητών στο πειραματικό έργο ΤΟ πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση ήταν 59,17% και 63,44%, αντίστοιχα. Η σύγκριση των διαφορών στις επιδόσεις αυτές με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon δεν κατέδειξε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών (z=1,36, p=0,17), αποτέλεσμα που εισηγείται ότι οι ΕΕ των μαθητών για τη διάκριση ανάμεσα στους κύριους στόχους επιστήμης-τεχνολογίας δεν προωθήθηκε μέσα από τη διδασκαλία.

Μια πρόσθετη ένδειξη αναφορικά με την ενημερότητα των μαθητών για τη διάκριση ανάμεσα στις επιδιώξεις επιστήμης και τεχνολογίας αφορά στην επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση ανοικτού τύπου που οδήγησε στη διαμόρφωση έξι ποιοτικά διαφορετικών επιπέδων διάκρισης επιστήμης-τεχνολογίας τα οποία διακρίνονται σε υποκατηγορίες όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 1 με ενδεικτικά παραδείγματα απαντήσεων μαθητών. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι επιστημολογικά έγκυρες απαντήσεις θεωρούνται όταν εμπίπτουν στην κατηγορία 1 (υποκατηγορίες Α-Δ) και ιδιαίτερα στην υποκατηγορία 1Α όπου γίνεται διάκριση με αναφορά στους επιδιωκόμενους βασικούς στόχους των δύο κλάδων. Η σύγκριση των ποσοστών κατηγοριοποίησης των απαντήσεων στο ερώτημα ανοικτού τύπου για την περίπτωση της απουσίας ΡΕΔ πριν και μετά από την παρέμβαση δεν φανερώνει μετατοπίσεις σε ενημερωμένες αντιλήψεις για τη διάκριση επιστήμης-τεχνολογίας με αναφορά στους διαφορετικούς βασικούς στόχους των δύο κλάδων.

Ερευνητικό ερώτημα 2: Σε ποιο βαθμό η παρουσία ΡΕΔ σε μια ενότητα που συνδυάζει μάθηση μέσω διερώτησης και μάθηση μέσω σχεδιασμού συνεισφέρει στην ανάπτυξη κατανόησης για τη διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας;

Οι επιδόσεις των μαθητών στο πειραματικό έργο ΤΟ πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση με ΡΕΔ ήταν 52,17% και 61,78 αντίστοιχα. Η σύγκριση των επιδόσεων αυτών με το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon κατέδειξε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών (z=2,99, p=0,003), αποτέλεσμα που εισηγείται ότι η ΕΕ των μαθητών για τη διάκριση επιστήμης-τεχνολογίας διαφοροποιήθηκε ως αποτέλεσμα της διδακτικής παρέμβασης.

Η σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο ερώτημα ανοικτού τύπου πριν και μετά από την παρέμβαση (βλ. Πίνακα 1, Παρουσία ΡΕΔ) ενισχύει την πεποίθηση αναφορικά με τη βελτίωση της ΕΕ των μαθητών να διακρίνουν ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία με αναφορά στη διαφορά των κύριων στόχων των δύο κλάδων όπως φαίνεται από τη μεγάλη μετατόπιση απαντήσεων μετά από την παρέμβαση στην υποκατηγορία 1Α.

Πίνακας 1: Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα «Πώς αποφασίζεις ότι ο στόχος των ερευνητών ταιριάζει με το στόχο της επιστήμης ή με το στόχο της τεχνολογίας;»

	Απουσία ΡΕΔ		**Παρουσία ΡΕΔ**	
	Πριν	**Μετά**	**Πριν**	**Μετά**
1. Διαφοροποίηση ανάλογα με την επιδίωξη του κάθε κλάδου	**50 %**	**46 %**	**11 %**	**62 %**
1Α. Προσπάθεια κατανόησης φυσικών φαινομένων από την επιστήμη, προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων από την τεχνολογία, π.χ. *«Σε μια έρευνα που ανήκει στον κλάδο της επιστήμης προσπαθούμε να καταλάβουμε τι συμβαίνει με τη*	19 %	19%	0%	53%

φύση και να καταλήξουμε σε θεωρίες και συμπεράσματα. Σε μια έρευνα που ανήκει στην τεχνολογία προσπαθούμε να βρούμε λύσεις σε προβλήματα και να βελτιώσουμε τις συνθήκες ζωής μας.»				
1Β. Προσπάθεια κατανόησης φυσικών φαινομένων από την επιστήμη, προσπάθεια κατασκευής ή βελτίωσης προϊόντων από την τεχνολογία, π.χ. *«Ο κλάδος της τεχνολογίας προσπαθεί να ασχολείται με πράγματα που κατασκεύασε ο άνθρωπος ή προσπαθεί βρει άλλα αντικείμενα πιο εξελιγμένα από αυτά που έχουμε τώρα. Η επιστήμη εξετάζει φυσικά πράγματα για να καταλάβει τι περιέχουν.»*	12 %	4%	3%	0%
1Γ. Προσπάθεια κατανόησης για κάτι από την επιστήμη, προσπάθεια λύσης προβλημάτων και ικανοποίησης αναγκών από την τεχνολογία, π.χ. *«Μια έρευνα ανήκει στον κλάδο της επιστήμης όταν έχουμε κάτι να ανακαλύψουμε και να ερευνήσουμε. Μια έρευνα ανήκει στον κλάδο της τεχνολογίας όταν πρέπει να φτιάξουμε κάτι που θα μας βοηθήσει.»*	8%	8%	5%	3%
1Δ. Προσπάθεια κατανόησης για κάτι από την επιστήμη, προσπάθεια κατασκευής ή βελτίωσης προϊόντων από την τεχνολογία. π.χ. *«Μια έρευνα ανήκει στον κλάδο της επιστήμης όταν οι άνθρωποι μελετούν ή διερευνούν κάτι. Μια έρευνα ανήκει στον κλάδο της τεχνολογίας όταν οι άνθρωποι προσπαθούν να φτιάξουν κάτι.»*	4%	4%	0%	0%
1Ε. Προσπάθεια κατανόησης για κάτι με απώτερο στόχο να λυθεί ένα πρόβλημα και να βοηθηθεί η ανθρωπότητα από την επιστήμη, συνεισφορά στον εντοπισμό αυτής της λύσης στην υλοποίηση αυτής της λύση μέσω κατασκευών από την τεχνολογία. Δηλ. επιστήμη και τεχνολογία έχουν κοινό προσανατολισμό αφού στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής, αλλά διαφέρουν ως προς το ρόλο που παίζει ο κάθε τομέα όπου η επιστήμη κάνει τη θεωρητική επεξεργασία ενός θέματος, ενώ η τεχνολογία αναλαμβάνει την πρακτική του εφαρμογή, π.χ. *«Επιστήμη είναι όταν προσπαθούμε να διερευνήσουμε ένα φαινόμενο και να βρούμε λύσεις σε ένα πρόβλημα. Τεχνολογία είναι όταν κατασκευάζουμε όργανα στην προσπάθειά μας να φτιάξουμε αυτές τις λύσεις που σκεφτήκαμε»*	4%	8%	0%	3%
1Ζ. Η επιστήμη εντοπίζει προβλήματα, η τεχνολογία επιλύει προβλήματα, π.χ. *«Ανάλογα αν εξέταζαν θέματα υγείας ή διάφορα προβλήματα που συμβαίνουν στην καθημερινότητα έβαζα στόχο της επιστήμης, ενώ αν εξέταζαν να βρουν ή να κατασκευάσουν ένα αντικείμενο για ωφέλεια κάποιων προβλημάτων έβαζα στόχο της τεχνολογίας.»*	4%	4%	3%	3%
2. Διαφοροποίηση ανάλογα με τις μεθόδους που εμφανίζονται στον κάθε κλάδο	**12 %**	**8%**	**8%**	**0%**
2Α. Παρατήρηση ή πείραμα ή πρόβλεψη στην επιστήμη, κατασκευή στην τεχνολογία, π.χ. *«Μια έρευνα ανήκει στον κλάδο της επιστήμης όταν έχουμε να κάνουμε πείραμα και στον κλάδο της τεχνολογίας όταν έχουμε να κατασκευάσουμε κάτι», «Στον κλάδο της επιστήμης ανήκει μια έρευνα όταν έχουμε να μετρήσουμε κάτι, π.χ. τη θερμοκρασία ενός ψυγείου. Στον κλάδο της τεχνολογίας ανήκει μια έρευνα όταν θέλουμε να κατασκευάσουμε μηχανήματα και κατασκευές»*	4%	8%	8%	0%
2Β. Μελέτη στην επιστήμη, κατασκευή στην τεχνολογία, π.χ. *«Στην επιστήμη είναι όταν μελετούμε κάτι, ενώ στην τεχνολογία κάνουμε κατασκευές»*	8%	0%	0%	0%
3. Διαφοροποίηση ανάλογα με το που εστιάζεται η μελέτη του κάθε κλάδου	***0%***	***19%***	***43%***	***14%***
3Α. Η επιστήμη ασχολείται με φυσικά πράγματα, ενώ η τεχνολογία με τεχνητά, π.χ. *«Για να ταιριάζει με το στόχο της τεχνολογίας· όταν για να βρούμε κάτι χρειαζόμαστε πράγματα που κατασκεύασε ο άνθρωπος. Για να ταιριάζει με το στόχο της επιστήμης· όταν για να ανακαλύψουμε κάτι χρειαζόμαστε κάτι από το φυσικό περιβάλλον (δηλ. φυτά, κλπ)»*	0%	4%	8%	14%
3Β. Διαφορετικές θεματικές περιοχές, π.χ. *«Η επιστήμη αναφέρεται κυρίως σε θέματα υγιεινής ενώ η τεχνολογία σε κατασκευές, κτλ»*	0%	15%	35%	0%
4. Ασαφής διάκριση	**15 %**	**15 %**	**16 %**	**8%**
4Α. Χρήση δύο ποιοτικά διαφορετικών κριτηρίων ένα για κάθε κλάδο, π.χ. *«Με το στόχο της επιστήμης οτιδήποτε έχει να κάνει με πειράματα και μετρήσεις. Με της*	0%	4%	5%	3%

τεχνολογίας οτιδήποτε έχει να κάνει με μηχανήματα και τεχνολογία»				
4Β. Χρήση πολύ συγκεκριμένων κριτηρίων με περιορισμένη εφαρμογή, π.χ. *«Πράγματα που σχετίζονται με την υγεία μας ανήκουν στην επιστήμη. Η τεχνολογία σχετίζεται περισσότερο με κτήρια, αυτοκίνητα και το τι κάνουν οι άνθρωποι για να έχουν μια καλύτερη ζωή.»*	0%	0%	5%	0%
4Γ. Χρήση κριτηρίου με τρόπο που οι δύο κλάδοι ταυτίζονται, π.χ. *«Πιστεύω πως η επιστήμη και η τεχνολογία συνυπάρχουν, το ένα αλληλοσυμπληρώνει το άλλο. Με τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, που ως ευρύτερη επιδίωξη να ανεβάσει το επίπεδο ζωής και να βελτιώσει τις συνθήκες διαβίωσης, επωφελείται η επιστήμη καθώς χρησιμοποιεί την τεχνολογία για να πραγματοποιήσει τον ευρύτερό της στόχο που είναι η λύση σε άλυτα προβλήματα η παροχή βοήθειας στο ανθρώπινο γένος ώστε να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής»*	15 %	11%	6%	5%
5. Δεν εντοπίζεται διάκριση, αλλά ρητή δήλωση ταύτισης των δύο κλάδων	**15 %**	**12 %**	**0%**	**5%**
Π.χ. *«Κατά τη γνώμη μου οι επιδιώξεις της επιστήμης και της τεχνολογίας είναι περίπου οι ίδιες, αφού το αποτέλεσμά τους συμβάλλει στην πρόοδο και των δύο. Η επιστήμη επιδιώκει στη βελτίωση καταστάσεων που αφορούν την υγεία και άλλα θέματα και η τεχνολογία στηρίζει την επιδίωξη αυτή της επιστήμης, αφού με τη δική της ανάπτυξη, δίνει εφόδια στην επιστήμη να προχωρήσεις στο καλύτερο.»*				
6. Άσχετη ή καμία απάντηση	**8%**	**0%**	**22 %**	**11 %**

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της εργασίας παρέχουν εμπειρική στήριξη στο επιχείρημα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα διδακτικών προσεγγίσεων που ενσωματώνουν ΡΕΔ για καλλιέργεια ΕΕ έναντι προσεγγίσεων που περιορίζονται στην παροχή πλούσιων εμπειριών διερώτησης στους μαθητές. Ταυτόχρονα μέσα από την παρούσα έρευνα επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό η ερευνητική επικύρωση μιας ΔΜΑ ως προς τη δυνατότητά καλλιέργειας ΕΕ για τη διάκριση ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία και των μεταξύ τους σχέσεων και βελτιώθηκε η κατανόησή μας αναφορικά με τη διδακτική διαχείριση αυτού του ζητήματος.

Βιβλιογραφία

Σχολινάκη, Α., Λιβίτζιης, Μ., Παπαδούρης, Ν., & Κωνσταντίνου, Κ. (2009). Σχεδιασμός διδακτικού υλικού μέσα από συμμετοχικές διεργασίες - εφαρμογή και αποτελέσματα. Πρακτικά 6ου Πανελλήνιο συνέδριο διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, σσ. 827-836, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, Ελλάδα.

Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: college students' views of nature of science. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education (pp. 389-425). Dordrecht: Springer.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). The influence of history of science on students' views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37(10), 1057-1095.

Akerson, V. L., & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. Journal of Research in Science Teaching, 43(4), 377-394.

Bell, R. L. (2008). Teaching the nature of science through process skills: activities for grades 3-8. Boston: Pearson Education Inc.

Constantinou, C.P. (2009). A research effort to combine inquiry oriented teaching with learning by design in the development and validation of a sequence on Electromagnetic Properties of Materials. European Science Education Research Association (ESERA) conference, Istanbul, Turkey.

Constantinou, C.P., Hadjilouka, R. and Papadouris, N. (2010) Students' Epistemological Awareness Concerning the Distinction between Science and Technology. *International Journal of Science*

Education, Vol. 32 (2) pp. 143 - 172.
ITEA. (2000). Standards for technological literacy: Content for the study of technology: International Technology Education Association.
Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. Science Education, 89(2), 314– 334.
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.
Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. Journal of Research in Science Teaching, 43(4), 395-418.
Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of Research on Science Education (pp. 831-879). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
McComas, W. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. Science & Education, 17(2), 249–263.
NRC: 1996, National Science Education Standards, Washington, DC: National Academy Press.
Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. Journal of Research in Science Teaching, 40(4), 369-392.

Η διαδικασία βελτίωσης μιας Διδακτικής-Μαθησιακής Ακολουθίας που βασίζεται στη διερεύνηση και στις ΤΠΕ για τις Θερμικές Ιδιότητες των Υλικών

Ε. Χατζηκρανιώτης[1] Μ. Καλλέρη[2], Α. Μολοχίδης[2,3], Δ. Ψύλλος[2]
[1]*Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.*
[2]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.*
[3]*Ειδική Παιδαγωγική Ακαδημία Θεσσαλονίκης*

Περίληψη
Στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος Materials Science αναπτύξαμε, εφαρμόσαμε και βελτιώσαμε μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά, η οποία αναφέρεται στις θερμικές ιδιότητες των υλικών, και ειδικότερα στην θερμική αγωγιμότητα. Η σειρά, μέσα από ένα εμπλουτισμένο με ΤΠΕ μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει πραγματικά και εικονικά πειράματα, μικροσκοπικά μοντέλα των μηχανισμών θερμικής αγωγιμότητας, χαρακτηρίζεται από τη διερευνητική μάθηση. Οι μαθητές κάνοντας εκτενή χρήση μικροσκοπικών μοντέλων για τους μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας στα διάφορα στερεά υλικά (κεραμικά, μέταλλα, κλπ) και συσχετίζοντάς-τα με τα αποτελέσματα των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων, καταλήγουν στο τέλος να προσδιορίσουν τις επιθυμητές ιδιότητες των υλικών για τη θερμική μόνωση σ' ένα σπίτι. Οι βασικοί στόχοι της σειράς είναι (α) η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών Γυμνασίου σε θέματα αγωγής της θερμότητας, (β) η εισαγωγή των μαθητών στη διαδικασία του πειραματισμού, και (γ) η εξοικείωση των μαθητών με τα μικροσκοπικά μοντέλα και τις διεργασίες μοντελοποίησης. Η σειρά εφαρμόστηκε, αξιολογήθηκε, και βελτιώθηκε τρεις φορές, σε διαδοχικές σχολικές χρονιές. Στην εργασία αυτή περιγράφουμε τη σειρά και τη διαδικασία των βελτιωτικών παρεμβάσεων.

Abstract
In the frame of the European program Materials Science we developed, applied and improved a Teaching-Learning Sequence on thermal properties of materials, and specifically in the thermal conductivity. The sequence, using an ICT-enriched learning environment which includes real and virtual experiments, microscopic models of mechanisms of heat transfer, is characterized by the inquiry-based learning. Students, making extensive use of microscopic models for the mechanisms of heat conduction in various solid materials (ceramic, metals, etc) and connecting them with the results of real and virtual experiments, are lead to the end to determine the desirable properties of materials for the thermal insulation in a house. The main objectives of the sequence are (a) the improvement of of high school students' conceptual understanding of issues involved in heat transfer, (b) the introduction of students into the process of experimentation, and (c) the familiarization of students with the microscopic models and the activities of modeling. The sequence was implemented, evaluated, and improved three times, in successive school years. In this work we describe the sequence and the process of refinement.

Εισαγωγή

Το ερευνητικό πρόγραμμα **Material Science** (MS), είναι μια σύμπραξη 6 Πανεπιστημίων από 5 διαφορετικές Ευρωπαϊκές χώρες (Κύπρου, ΑΠΘ, ΠΔΜ, Autonoma de Barcelona, «Federico II» Νάπολη, Helsinki). Στόχος του προγράμματος είναι η δημιουργία ενός μηχανισμού ο οποίος θα αξιοποιεί τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ), με σκοπό τη διαμόρφωση αρχών και παραδειγμάτων επιτυχούς πρακτικής για τη διδακτική διαχείριση συγκεκριμένων θεματικών

ενοτήτων. Η ομάδα του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης εστιάζει στην ανάπτυξη και στην έρευνα μιας Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς (ΔΜΣ) για τις θερμικές ιδιότητες των υλικών και συγκεκριμένα τη θερμική αγωγιμότητα, για τις κατώτερες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα θερμικά Φαινόμενα: Διάφορες προσεγγίσεις έχουν εστιάσει στην ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών σε θέματα θερμότητας και θερμοκρασίας (Clark & Jorde, 2004) αλλά λιγότερα είναι γνωστά για τη θερμική αγωγιμότητα, η οποία είναι συνήθως πέρα από το πεδίο των Προγραμμάτων σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Μια περιεκτική προσέγγιση της θερμικής αγωγιμότητας απαιτεί την κατανόηση των βασικών εννοιών της θερμότητας, της θερμοκρασίας και της θερμικής ισορροπίας καθώς επίσης και των παραγόντων και των μηχανισμών που περιλαμβάνονται στη θερμική αγωγή, η οποία υπονοεί την κατανόηση για τις μικροσκοπικές διαδικασίες (Wiser & Amin, 2001). Από την άποψη εισαγωγής στην Επιστήμη των Υλικών, η θερμική αγωγιμότητα είναι μια ουσιαστική ιδιότητα των υλικών αλλά και των αντικειμένων προηγμένης τεχνολογίας. Ο τομέας της εφαρμογής της θερμικής αγωγιμότητας είναι πολύ ευρύς καθώς περιλαμβάνει κεραμικά, μέταλλα, κράματα και τα σύνθετα υλικά (φυσικά ή συνθετικά) καθώς επίσης και αντικείμενα των οποίων η θερμική αγωγιμότητα έχει επιπτώσεις στη καθημερινή ζωή

Η διερεύνηση: Ευρήματα ερευνών υποστηρίζουν τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση και δείχνουν ότι τα παιδιά στην υποχρεωτική εκπαίδευση πρέπει να έχουν την ευκαιρία να τη βιώσουν και να αναπτύξουν την ικανότητα να σκέφτονται και να ενεργούν με τρόπους που συνδέονται με την επιστημονική έρευνα. Αυτή η ικανότητα περιλαμβάνει δεξιότητες όπως η οργάνωση και διεξαγωγή ερευνών, η χρήση κατάλληλων εργαλείων και τεχνικών για τη συγκέντρωση δεδομένων, η επεξεργασία των δεδομένων, η αναζήτηση κατάλληλων εννοιολογικών μοντέλων, ο προβληματισμός για τις σχέσεις μεταξύ ευρημάτων και εξηγήσεων, η παρουσίαση της επιστημονικής επιχειρηματολογίας (Minstrell & Van Zee, 2000, Flick & Lederman, 2006).

Η διδασκαλία της επιστήμης με διερευνητικό τρόπο περιλαμβάνει τη μετάβαση από μια δασκαλο-κεντρική παιδαγωγική, που συχνά συναντούμε στις συμβατικές τάξεις, προς μια πιο μαθητο-κεντρική παιδαγωγική. Θεωρούμε ότι η ανάπτυξη Διδακτικών Μαθησιακών Σειρών (ΔΜΣ) με θεματικό προσανατολισμό είναι μια προσέγγιση για την εισαγωγή, στις συμβατικές τάξεις, καινοτόμου διερευνητικής διδασκαλίας. Η προσέγγιση αυτή γίνεται πιο αποτελεσματική αν η ΔΜΣ αναπτύσσεται βαθμιαία σύμφωνα με μια επαναληπτική, κυκλική, εξελικτική διαδικασία σχεδιασμού και εφαρμογής την οποία καθοδηγούν τα ευρήματα των εφαρμογών (Méheut & Psillos, 2004). Η ανάπτυξη της παρούσας ΔΜΣ ακολουθεί αυτήν την προσέγγιση.

Στην εργασία αυτή, σύμφωνα με το στόχο του Προγράμματος Material Science ακολουθούμε την τάση που περιλαμβάνει την ανάπτυξη των θεματικά-προσανατολισμένων στον ΔΜΣ και μεταχειριζόμαστε το περιεχόμενο επιστήμης όπως υπόκειται σε διδακτικό μετασχηματισμό. Κατά τη διάρκεια του Προγράμματος αναπτύξαμε μια αρχική σειρά, τη ΔΜΣ1, και στη συνέχεια μετά από την επαναληπτική ανάπτυξη μέσω της εφαρμογής και του επανασχεδιασμού τις ΔΜΣ2 και ΔΜΣ3. Η έμφαση σε κάθε μια σειρά διευρύνεται όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα Ι.

Πίνακας Ι: Η εστίαση μεταξύ των διαφορετικών Διδακτικών Μαθησιακών Σειρών

ΕΣΤΙΑΣΗ	ΔΜΣ 1	ΔΜΣ 2	ΔΜΣ 3
Βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών σε θέματα αγωγής της θερμότητας	X	X	X
Ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματικού σχεδιασμού		X	X
Κατανόηση όψεων της φύσης των μοντέλων			X

Η περιγραφή της Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς

Η ΔΜΣ βασίζεται σ' ένα εμπλουτισμένο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο αποτελείται από πραγματικά και προσομοιωμένα πειράματα και μικροσκοπικά μοντέλα (Psillos et al, 2010). Η σειρά αποτελείται από 8 ενότητες, που καθεμιά αναμένεται να ολοκληρωθεί σε μία διδακτική ώρα. Μια επισκόπηση της δομής της ΔΜΣ παρατίθεται παρακάτω.

Ενότητα 1: Οι μαθητές μελετούν πειραματικά τη θερμική αλληλεπίδραση μεταξύ ποσοτήτων νερού που έχουν την ίδια θερμοκρασία σε δοχεία από διαφορετικά υλικά, κατά τη διάρκεια τους ψύξης τους και ταξινομούν τα υλικά που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με τη θερμική αγωγιμότητά τους. Συζητούν τα ευρήματά τους και αναστοχάζονται στις πειραματικές τους δραστηριότητες.

Ενότητα 2: Οι μαθητές διερευνούν προσομοιωμένα, μικροσκοπικά μοντέλα για τη θερμοκρασία σε κεραμικά υλικά και σε μέταλλα, συγκρίνουν διαφορετικές αναπαραστάσεις μοντέλων, ερευνούν το διαδίκτυο για τις αναπαραστάσεις των μικροσκοπικών μοντέλων και σκέφτονται τη λειτουργία των προσομοιώσεων για να κατανοήσουν τη μεταφορά θερμότητας.

Ενότητα 3: Οι μαθητές ερευνούν το ρόλο της ταλάντωσης των σωματιδίων του κρυσταλλικού πλέγματος κατά τη θερμική αγωγή σε κεραμικά υλικά και σε μέταλλα, καθώς και το ρόλο της κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων κατά τη θερμική αγωγή στα μέταλλα και ερμηνεύουν τη θερμική αγωγή. Χρησιμοποιούν μοντέλα για να διαμορφώσουν μια εικόνα και να ερμηνεύσουν την αγωγή θερμότητας, αναστοχάζονται και μαθαίνουν για τη λειτουργία και χρήση των μοντέλων τους Φυσικές Επιστήμες.

Ενότητα 4: Οι μαθητές μελετούν τις τεχνικές πειραμάτων, τη χρήση θερμογραφικού χαρτιού για την ανίχνευση αγωγής θερμότητας, σχεδιάζουν πειραματικές διερευνήσεις και ταξινομούν μεταλλικές ράβδους σύμφωνα με τη θερμική αγωγιμότητά τους. Γίνεται λόγος για τη χρήση των αγωγών σε οικιακές συσκευές και σε καθημερινές καταστάσεις.

Ενότητα 5: Οι μαθητές μελετούν την αγωγιμότητα σε κεραμικά υλικά και πώς επηρεάζει η πυκνότητα των υλικών την αγωγή θερμότητας. Συμμετέχουν στον προγραμματισμό πειραμάτων, σχεδιάζοντας μια πειραματική διαδικασία, για να ερευνήσουν τη σχέση μεταξύ της πυκνότητας και της αγωγιμότητας στα κεραμικά υλικά. Τέλος συζητούν και επιλέγουν το κατάλληλο μονωτικό υλικό για χρήση σε καθημερινές καταστάσεις.

Ενότητα 6: Οι μαθητές διεξάγουν διερεύνηση σε εικονικό εργαστήριο σχετικά με το πώς το πάχος των τοιχωμάτων ενός δοχείου επηρεάζουν την αγωγή θερμότητας, συζητούν το ρόλο της επιφάνειας και σκέφτονται πειραματικούς σχεδιασμούς για τη διερεύνηση διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την αγωγή θερμότητας τόσο σε καταστάσεις θέρμανσης όσο και ψύξης.

Ενότητα 7: Οι μαθητές συζητούν και στοχάζονται σχετικά με την ύλη και τις εφαρμογές που διδάχτηκαν καθώς και με όψεις της διερευνητικής μάθησης, συζητούν διάφορα μονωτικά και αγώγιμα υλικά και εξοικειώνονται με συνθετικά υλικά και με εφαρμογές στο σπίτι.

Ενότητα 8: Οι μαθητές εφαρμόζουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους για να μελετήσουν τη θερμική απώλεια σε μια κατοικία με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η καθοδηγούμενη διερεύνηση: Η σειρά μας σχεδιάστηκε ώστε να περιλαμβάνει δομημένη διαδοχή έργων καθοδηγούμενης διερεύνησης τα οποία βασίζονται σε ποικιλία πόρων, αλλά και σε διερευνητικές δραστηριότητες όπως διερεύνηση πειραματική και με μοντέλα. Η καθοδήγηση στις διερευνητικές δραστηριότητες των μαθητών παρέχεται από τα δομημένα φύλλα εργασίας και το συντονισμό του εκπαιδευτικού. Τα φύλλα εργασίας είναι ο πυρήνας

των διδακτικών δραστηριοτήτων στις 6 επιμέρους ενότητες της σειράς. Οι υπόλοιπες δύο βασίζονται περισσότερο στη συζήτηση που συντονίζει ο εκπαιδευτικός. Η δομή των φύλλων εργασίας είναι σπονδυλωτή, αποτελούμενη από διάφορα βήματα, όπως η πρόβλεψη, η εκτέλεση του πειράματος, η ερμηνεία και το συμπέρασμα. Προτείνονται συνεργατικές δραστηριότητες, ώστε οι μαθητές να μοιράζονται και να ερμηνεύουν τα δεδομένα, να συζητούν συγκεκριμένα ερωτήματα των φύλλων εργασίας και να συνάγουν συμπεράσματα.

Βελτιώνοντας την ικανότητα σχεδιασμού πειραμάτων: Η ικανότητα σχεδιασμού των πειραμάτων θεωρείται μια από τις σημαντικότερες δεξιότητες που συνδέονται με τις εργαστηριακές έρευνες (Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Με άλλα λόγια, το αν οι μαθητές μάθουν πώς να αντιμετωπίζουν ένα πρόβλημα, σχεδιάζοντας ικανοποιητικά ένα πείραμα, τα αποτελέσματα του οποίου θα οδηγήσουν στην επίλυσή του. Διάφορα σχήματα έχουν προταθεί για τη βαθμιαία μετατόπιση της ευθύνης από τον δάσκαλο στον μαθητή. Οι Du et. al. (2005) έχουν προτείνει ένα σχήμα για να μοντελοποιήσουν τη σχεδίαση πειράματος (δηλαδή, την «ικανότητα να σχεδιάσει και να εκτελέσει πειράματα») σε περιβάλλον διερευνητικής μάθησης. Κατηγοριοποίησαν τα πειράματα που γίνονται στην τάξη σε κατηγορίες από την "επίδειξη και εργαστήριο με βάση αναλυτικές οδηγίες (cook-book)" μέχρι τη "διερεύνηση που σχεδιάζεται και καθοδηγείται από τον μαθητή". Στην περίπτωσή μας, υιοθετήσαμε διάφορα επίπεδα από πειράματα επίδειξης μέχρι διερεύνηση που καθοδηγείται από τον μαθητή. Κατά την διάρκεια της σειράς οι μαθητές εισάγονται βαθμιαία σε όψεις της διερεύνησης μέσα από δραστηριότητες των φύλλων εργασίας.

Διερευνητική χρήση των μοντέλων: Σε μερικές ενότητες, όπως στις ενότητες 2 και 3, ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει μικροσκοπικά μοντέλα και οι μαθητές καθοδηγούνται να τα παρατηρήσουν, ιδιαίτερα στο τι αναπαριστούν. Στη συνέχεια οι μαθητές διερευνούν τα μοντέλα στην ερμηνεία των φαινόμενων. Με άλλα λόγια τα μικροσκοπικά μοντέλα δίνονται στους μαθητές που έπειτα θα τα ερευνήσουν προκειμένου να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Οι μαθητές εργάζονται κατά ομάδες, λύνουν προβλήματα, ερευνούν τα μοντέλα και εμπλέκονται σε συζήτηση στην τάξη σχετικά με το υπό μελέτη πρόβλημα.

Μετα-γνώση και μετα-εννοιολογική ευαισθητοποίηση*:* Πρέπει να σημειώσουμε ότι στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών η μετα-γνώση θεωρείται ότι διευκολύνει την αλλαγή των υπαρχουσών γνωστικών δομών σε νέες, πιο συμβατές με την επιστήμη. Κατά τη διάρκεια του αναστοχασμού οι μαθητές αντιλαμβάνονται καλύτερα τα γεγονότα και τις απαιτήσεις της ερευνητικής διαδικασίας, και αναπτύσσουν μεταγνωστικές δεξιότητες, όπως ο έλεγχος, η αναθεώρηση, και η αξιολόγηση. Στη σειρά μας φροντίζουμε να διευκολύνουμε τον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στα έργα που έχουν εκτελέσει. Ενθαρρύνουμε τους μαθητές να ενεργούν επιστημονικά και ταυτόχρονα να σκέφτονται επιστημονικά, ώστε να μην σχηματίσουν την άποψη ότι η έρευνα είναι απλά και μόνον η υλοποίηση μιας διαδικασίας.

Ανάπτυξη της Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς

Το θεωρητικό πλαίσιο: Η ανάπτυξη μιας ΔΜΣ έχει γίνει το κεντρικό σημείο διάφορων θεωρητικών και εμπειρικών μελετών. Εντούτοις, οι ρητές και υπονοούμενες υποθέσεις και αποφάσεις που έχουν επιπτώσεις, σε σημαντικό βαθμό, στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των αντίστοιχων διδακτικών προσεγγίσεων δεν αντιμετωπίζονται ευρέως και δεν μπορούν να παρουσιαστούν με σαφήνεια. Η παραγωγή διδακτικού περιεχομένου κατάλληλου για το γνωστικό ή μαθησιακό επίπεδο των μαθητών φαίνεται να περιλαμβάνει έμμεσα πείρα και ειδικές πρακτικές εκ μέρους των ερευνητών. Παραδείγματος χάριν, οι άρρητες επιστημολογικές υποθέσεις των υπεύθυνων για την ανάπτυξη του υλικού, που αναπόφευκτα επηρεάζουν σημαντικά το σχεδιασμό των ακολουθιών, συχνά δε γίνονται πολύ σαφείς. Αυτό κάνει την επικοινωνία και την αναπαραγωγή διδακτικών προσεγγίσεων, πέρα από τις ευρείες υποθέσεις, προβληματικές ακόμη και ως προς ευρέως συζητούμενα πεδία όπως τη δομή της

ύλης ή τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, και προκαλεί ανησυχίες για την ισχύ αυτών των προσεγγίσεων σε διαφορετικά πλαίσια.

Σε θεωρητικό επίπεδο, το πρότυπο «εκπαιδευτικής ανασυγκρότησης» έχει επιλεγεί ως πλαίσιο και για το σχεδιασμό και την εγκυροποίηση της σειράς. Αυτό το πρότυπο συνδέει στενά τις εκτιμήσεις για τη δομή της έννοιας επιστήμη με την ανάλυση της εκπαιδευτικής σημασίας του εν λόγω περιεχομένου, καθώς επίσης και με τις εμπειρικές μελέτες σχετικά με τις διαδικασίες εκμάθησης και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. (Duit et.al, 1998).

Τα βήματα ανάπτυξης της σειράς: Στην πρώτη φάση, αναπτύξαμε επιμέρους ενότητες σχετικές με τα πειράματα θερμικής ισορροπίας, τη θερμική αγωγή σε διαφορετικά υλικά, τη θερμική αγωγιμότητα στα κεραμικά υλικά, τη θερμική αγωγιμότητα στα μέταλλα, την επιφάνεια και το πάχος ως παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταφορά θερμότητας και τη θερμική αγωγιμότητα στα σύνθετα υλικά.

Σημαντικές αλλαγές πραγματοποιήθηκαν στο περιεχόμενο και την οργάνωση των επιμέρους ενοτήτων μεταξύ της πρώτης και των επόμενων δύο φάσεων, που βασίστηκαν σε μαθησιακά αποτελέσματα ερωτηματολογίων της πρώτης εφαρμογής και της δεύτερης εφαρμογής στα δεδομένα της άμεσης παρατήρησης πεδίου, στην παρατήρηση βιντεοσκοπημένων μαθημάτων, σε παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών, και των μαθητών (μέσα από συνεντεύξεις), σε συζητήσεις εμπειρογνωμόνων καθώς και στην ανάλυση περιεχομένου των επιμέρους ενοτήτων από την ομάδα σχεδιασμού. Η εξέλιξη της σειράς παρουσιάζεται στον Πίνακα ΙΙ.

Πίνακας ΙΙ: Παρατηρήσεις και αλλαγές στις διαδοχικές Διδακτικές-Μαθησιακές Σειρές

ΔΜΣ 1	ΔΜΣ 2	ΔΜΣ 3
1. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ		
• Εφαρμογή της σειράς σε παραδοσιακή διδασκαλία • Εννοιολογική κατανόηση της θερμικής αγωγιμότητας και των παραγόντων που επιδρούν • Ερμηνείες βασισμένες σε μοντέλα για τη θερμική αγωγιμότητα • Απόκτηση δεξιοτήτων στην πραγματοποίηση καθοδηγημένων πειραμάτων • Ενίσχυση του ενδιαφέροντος και των στάσεων των μαθητών για την Φυσική	• Οι βασικοί στόχοι κρατήθηκαν εμπλουτισμένοι • Ερμηνείες λιγότερο περίπλοκων μοντέλων για τη διάκριση της θερμικής αγωγιμότητας στα κεραμικά και στα μέταλλα • Επιπρόσθετα, δεξιότητες σχεδίασης πειράματος • Ενίσχυση του ενδιαφέροντος και των στάσεων των μαθητών για την Φυσική	• Ενίσχυση του ενδιαφέροντος και των στάσεων των μαθητών για την Φυσική ειδικά μέσα από διασυνδέσεις με καθημερινές εμπειρίες και εφαρμογές: • Τεχνολογική ματιά • Δυνατότητα κατευθυνόμενης χρήσης διαδικτύου και ανάκτηση πληροφοριών • Συνεργατική ματιά σε διαδικασίες πειραματικού σχεδιασμού • Συζήτηση περί μοντέλων εκτός από την απλή χρήση μοντέλου
2. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ		
• Το κινητικό πρότυπο της θερμότητας θεωρήθηκε δεδομένο λόγω της διδασκαλίας πριν από τη ΔΜΣ. Τα αποτελέσματα έδειξαν δυσκολίες μαθητών στο χειρισμό αυτού του μοντέλου. • Η πυκνότητα ως παράγοντας που επιδρά στη θερμική αγωγιμότητα των κεραμικών, αντιμετωπίστηκε με μικροσκοπικές προσομοιώσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσέγγιση δε ήταν αποτελεσματική • αντιμετωπίστηκαν μικροσκοπικά μοντέλα για τα σύνθετα υλικά. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν ότι αυτό ήταν γνωστικά απαιτητικό.	• Το κινητικό πρότυπο της θερμότητας αντιμετωπίστηκε σε ξεχωριστή ενότητα. • Η πυκνότητα ως παράγοντας που επιδρά στη θερμική αγωγιμότητα των κεραμικών, αντιμετωπίστηκε μακροσκοπικά. • Τα συνθετικά υλικά αντιμετωπίστηκαν μακροσκοπικά • Η ΔΜΣ εστιάστηκε περισσότερο στα κεραμικά και στα μέταλλα (με τα αντίστοιχα μικροσκοπικά μοντέλα)	• Η πυκνότητα ως παράγοντας που επιδρά στη θερμική αγωγιμότητα των κεραμικών, αντιμετωπίστηκε μακροσκοπικά, σε αντιπαράθεση με τα μέταλλα • Πειραματική έμφαση σε έναν παράγοντα που επηρεάζει τη θερμική αγωγιμότητα: το πάχος. • Επέκταση στην επιφάνεια μέσα από βιωματική κατάσταση.
3. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ		

• Αντιμετωπίστηκαν τα άμορφα υλικά και τα κράματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν υπερφόρτωση • Καθημερινές εφαρμογές μελετήθηκαν εκτενώς	• Περιορίστηκε η μελέτη άμορφων υλικών και κραμάτων. • Υιοθετήθηκε το σενάριο της θερμικής μόνωσης του σπιτιού	• Μελετήθηκαν εκτενώς καθημερινές εφαρμογές • Το σενάριο της θερμικής μόνωσης του σπιτιού συζητήθηκε εκτενέστερα
4. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ		
Κάποια χαρακτηριστικά του user interface αποδείχθηκαν παραπλανητικά για τους μαθητές.	Τα προσομοιωμένα μοντέλα βελτιώθηκαν ως προς τη σχεδίαση. Ενσωματώθηκαν εικονικά θερμόμετρα και γραφικές παραστάσεις	
5. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗ		
Τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά μοντέλα για κάθε τύπο θερμικής αγωγιμότητας διασυνδέονται σε κάθε μάθημα, όπως στα τυπικά εγχειρίδια. Τα αποτελέσματα έδειξαν δυσκολίες των μαθητών στην διάκριση των μοντέλων.	Οι ενότητες ήταν πιο εστιασμένες Τα μικροσκοπικά μοντέλα για τη θερμική αγωγιμότητα σε μέταλλα-κεραμικά αντιμετωπίστηκαν συγκριτικά σε μια ενότητα. Μετά, η διαπραγμάτευση στα μέταλλα και στα κεραμικά έγινε μακροσκοπικά και αιτιολογήθηκε από τα μικροσκοπικά μοντέλα	Οι ενότητες ήταν πιο ξεκάθαρες. Πολλές γραπτές απαντήσεις στα ΦΕ μετατράπηκαν σε προφορικές για κέρδος χρόνου.
6. ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ		
• Δόθηκε έμφαση στη δομημένη πειραματική διερεύνηση και σε δραστηριότητες με μοντέλα Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά περιόδους οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί επικεντρώνονταν στο να «κάνουν Φυσική» παρά στο να συζητούν για τα φαινόμενα • Οι μαθητές εκτελούσαν πειράματα, αλλά δεν τα σχεδίαζαν οι ίδιοι. έφερε τις έρευνες αλλά δεν προγραμμάτισε τα πειράματα	• Ελαττώθηκε η έκταση των ενοτήτων. Ενισχύθηκε η συζήτηση και ο αναστοχασμός στις πειραματικές διαδικασίες • Τα Φύλλα Εργασίας των μαθητών ανασχεδιάστηκαν ώστε να διευκολύνουν τη σχεδίαση πειραμάτων • Προστέθηκαν δυο τελευταίες ενότητες με στόχο τον αναστοχασμό και τη διαχείριση επίλυσης προβλήματος σχετικά με τη θερμική μόνωση του σπιτιού.	• Οι μαθητές εκτελούν διερευνητικές δραστηριότητες • Οι μαθητές σχεδιάζουν πειράματα, και στη συνέχεια συγκρίνουν τη σχεδίαση με το πείραμα • Τα Φύλλα Εργασίας των μαθητών ανασχεδιάστηκαν ώστε να διευκολύνουν τόσο τη σχεδίαση πειραμάτων όσο και την κατανόηση «περί μοντέλων» • Περισσότερη συζήτηση και εισαγωγή μετα-γνωστικής φάσης

Ακολουθούν επιλεγμένες παρατηρήσεις για τις αλλαγές:

<u>Ως προς το περιεχόμενο και τους πόρους της σειράς:</u>

- Στην ΔΜΣ1, το μικροσκοπικό πρότυπο αναπτύχθηκε για τη διαδικασία της μεταφοράς θερμότητας σε διαφορετικούς τύπους υλικών. Μολονότι οι μαθητές είχαν διδαχτεί το μικροσκοπικό πρότυπο για τη θερμοκρασία, τα αποτελέσματα σε κατάλληλα τεστ έδειξαν ότι η ενότητα θα έπρεπε να περιλαμβάνει πρόσθετη, ειδική αντιμετώπιση του θέματος αυτού. Κατά συνέπεια η επιμέρους ενότητα για το κινητικό πρότυπο της θερμοκρασίας βελτιώθηκε και συμπεριλήφθηκε χωριστά στις επόμενες εφαρμογές.
- Ένα άλλο αποτέλεσμα έδειξε ότι η επιρροή του ρόλου της πυκνότητας στη θερμική αγωγιμότητα στα κεραμικά υλικά ήταν δύσκολο να γίνει κατανοητή από τους μαθητές, έτσι η αντιμετώπιση του θέματος δε θα έπρεπε να συμπεριλάβει υπολογισμούς, όπως συνέβη στην πρώτη εφαρμογή. Αυτό οδήγησε σε αλλαγές στις δραστηριότητες ως προς την πυκνότητα.
- Επιπλέον τα προσαρμοσμένα για διδακτική χρήση μικροσκοπικά πρότυπα για τα σύνθετα υλικά θεωρήθηκαν μάλλον περίπλοκα για τους μαθητές και συμπεριλήφθηκαν στα υλικά αλλά ως προαιρετικά .
- Παράλληλα με τις αλλαγές στην ακολουθία των επιμέρους ενοτήτων στη Διδακτική Σειρά και στους πόρους (δηλ. μικροσκοπικά μοντέλα, πραγματικά και προσομοιωμένα

πειράματα) τα φύλλα εργασίας των μαθητών ανασχηματίστηκαν σε μεγάλο βαθμό, με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών.

Ως προς την οργάνωση της σειράς:

- Στην ΔΜΣ1, οι μαθητές (όπως και οι εκπαιδευτικοί) ασχολούνταν περισσότερο με τη διεξαγωγή πειραμάτων παρά με τη συζήτησή τους . Αυτό αποτελεί ένα φαινόμενο που έχει σημειωθεί επανειλημμένα στη βιβλιογραφία. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη διερεύνηση ως σύνολο χωριστών δραστηριοτήτων παρά ως συνεκτική μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων. Αυτή η παρατήρηση που προέκυψε από τις παρατηρήσεις των αλληλεπιδράσεων στην τάξη οδήγησε σε μια σειρά αλλαγών στις δραστηριότητες που συμπεριλήφθηκαν στις επιμέρους ενότητες και στο να συμπεριληφθούν οδηγίες για τους δασκάλους για τη βελτίωση των συζητήσεων σχετικά με τα πειραματικά αποτελέσματα.
- Οι επιμέρους ενότητες στις επόμενες εφαρμογές εστίασαν στη θερμική αγωγιμότητα σε διαφορετικά υλικά, στη θερμοκρασία και το μικρόκοσμο, στη θερμική αγωγιμότητα στα κεραμικά υλικά και στα μέταλλα, στα μικροσκοπικά πρότυπα θερμικής αγωγιμότητας στα μέταλλα και στα κεραμικά υλικά, στην έκταση και το πάχος της επιφάνειας ως παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στη μεταφορά θερμότητας και στις εφαρμογές και τη μεταγνωστική συζήτηση σχετικά με τα πρότυπα και τις έρευνες.

Συνολικά, η διδασκαλία διαρκεί περίπου 8 ώρες σε όλες οι σειρές. Εντούτοις, οι επιμέρους ενότητες στη δεύτερη και στην τρίτη εφαρμογή είναι πιο επικεντρωμένες από ότι στην πρώτη. Τα μακροσκοπικά φαινόμενα μελετώνται στα κεραμικά υλικά και τα μέταλλα, έτσι ώστε οι μαθητές να συμμετέχουν σε καθοδηγημένες πειραματικές έρευνες και να τις συσχετίζουν με οικείες εμπειρίες. Στη συνέχεια οι μικροσκοπικές διαδικασίες αντιμετωπίζονται σε χωριστά τμήματα, έτσι ώστε οι μαθητές να συγκεντρώνονται στην καθοδηγημένη παρατήρηση και εξερεύνηση, μέσω των προσομοιωμένων προτύπων, τα οποία συσχετίζονται στη συνέχεια με τα μακροσκοπικά φαινόμενα. Μια αλλαγή αφορά την έμφαση στον πειραματικό τομέα. Από τη δεύτερη εφαρμογή δίνεται έμφαση περισσότερο στα κεραμικά υλικά και μέταλλα παρά στα σύνθετα υλικά και το πώς συνδέονται με τα μικροσκοπικά πρότυπα.

Επίσης από τη δεύτερη εφαρμογή, σημαντικές προσθήκες αποτελούν δύο μαθήματα στα οποία οι μαθητές συμμετέχουν σε μια καθοδηγούμενη και συντονισμένη από το δάσκαλο συζήτηση. Αυτό το μάθημα στοχεύει στο να διευκολυνθούν οι μαθητές να στοχαστούν τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους στη διερεύνηση , καθώς επίσης και ως προς τις εφαρμογές της διδαχθείσας ύλης στην επίλυση προβλημάτων για τη βελτίωση της μόνωσης σε ένα σπίτι με στόχο να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες.

Τέλος επισημαίνουμε ότι οι μαθητές εργάζονται κατά ομάδες και ακολουθούν φύλλα εργασίας, με την καθοδήγηση των δασκάλων. Παράλληλα με τις αλλαγές στο περιεχόμενο των επιμέρους ενοτήτων, τα φύλλα εργασίας αναθεωρήθηκαν, προκειμένου να διευκολυνθούν οι μαθητές, να κάνουν προτάσεις για τις πειραματικές έρευνες, ώστε να ενισχυθούν οι πειραματικές δεξιότητές τους στο σχεδιασμό πειραμάτων. Επιπλέον, ενισχύθηκε ο στοχασμός των μαθητών ως προς τις πειραματικές διαδικασίες.

Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια Διδακτική Μαθησιακή Σειρά, η οποία αναφέρεται στις θερμικές ιδιότητες των υλικών, και ειδικότερα στην θερμική αγωγιμότητα. Η σειρά, μέσα από ένα εμπλουτισμένο με ΤΠΕ μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει πραγματικά και εικονικά πειράματα, μικροσκοπικά μοντέλα των μηχανισμών θερμικής αγωγιμότητας, χαρακτηρίζεται από τη διερευνητική μάθηση. Η σειρά εφαρμόστηκε, αξιολογήθηκε, και βελτιώθηκε τρεις φορές, σε διαδοχικές σχολικές χρονιές και περιγράφεται η διαδικασία των

βελτιωτικών παρεμβάσεων μέσω της εφαρμογής και του επανασχεδιασμού.

Τα αποτελέσματα εφαρμογής στης σειράς έχουν παρουσιαστεί αλλού. Συνοπτικά, σ' ότι αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα, οι μαθητές έδειξαν σημαντική βελτίωση, καθώς οι μαθητές είναι σε θέση να κατατάσσουν διαφορετικά υλικά ανάλογα με τη θερμική τους αγωγιμότητα και να ερμηνεύουν τη θερμική αγωγιμότητα με όρους μικροσκοπικού μοντέλου (Hatzikraniotis et al, 2010). Σ' ότι αφορά τις δεξιότητες των μαθητών στον πειραματισμό, οι μαθητές έδειξαν ότι μπορούν να διατυπώνουν και να ελέγχουν υποθέσεις, να σχεδιάζουν και να περιγράφουν ένα πείραμα προσδιορίζοντας την πειραματική διάταξη, τα απαιτούμενα όργανα και τις αρχικές συνθήκες (Hatzikraniotis et al, 2010). Τέλος, σ' ότι αφορά την εξοικείωση των μαθητών με τα μικροσκοπικά μοντέλα και τις διεργασίες μοντελοποίησης, οι μαθητές σημείωσαν σημαντική πρόοδο, σ' ότι αφορά τη φύση των μοντέλων και την διάκριση του μοντέλου από ένα πείραμα (Petridou et al, 2009).

Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή υποστηρίχθηκε από το European Communities Research Directorate General της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο project "Materials Science – University School-partnership for the design and implementation of research based ICT enhanced modules on Materials Properties", που συντελέστηκε στο πλαίσιο Science and Society, FP6, (contract SAS6-CT -2006-042942)

Βιβλιογραφία

Clark D. & Jorde D. (2004). Helping Students Revise Disruptive Experientially Supported Ideas about Thermodynamics:Computer Visualizations and Tactile Models, *JRST*, 411–23.

Du, W.Y., Furman B.F. & Mourtos N.J. (2005). On the ability to design engineering experiments, *8th UICEE Annual Conference on Engineering Education*, Kingston, Jamaica.

Duit R., Roth W-M, Komorek M. & Wilbers J. (1998). Studies on educational reconstruction of chaos theory, *Research in Science Education* 27, 339-357.

Flick, L.B., & Lederman, N.G. (2006). Introduction. In Flick, L.B., & Lederman, N.G. (eds) *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Springer, Dordrecht, pp. ix-xvii.

Johnstone, A.H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, V.5, 42-51.

Hatzikraniotis E, Kallery M, Molohidis A & Psillos D (2010). Students' design of experiments: the case of an inquiry module on thermal conductivity, *Physics Education* 45, 335.

Meheuet, M. & Psillos D. (2004). Teaching – learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, *Special Issue*, 26(5), 515-535.

Minstrell J. & van Zee E. (εds.) (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, Washington DC, American Association for the Advancement of Science.

Petridou E, Hatzikraniotis E, Molohides A & Psillos D. (2009). Microscopic Models in the Teaching of Physics: The Case of Polarization and of Thermal Conductivity, *Proceedings of BPU Conference*, A. Angelopoulos (ed), AIP publications vol. 1203, 1409

Psillos D, Hatzikraniotis E, Molohidis A, Kallery M & Petridou E. (2010). An Innovative Inquiry-Oriented Module on Thermal Conductivity: Design, Development and Application, *GIREP Proceedings, Selected papers*, Physics Curiculum Design, Development and Validation, C.P. Constantnou, N. Papadouris (eds), 372

Wiser M. & Amin T. (2001). "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena, *Learning and Instruction*, 11, 331-355

Συμπόσιο 4ο: Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η Οικοδόμηση των Εννοιών

Ανδρέας Βαλαδάκης (*Βαρβάκειο Λύκειο*)
Γιάννης Θάνος (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πειραιά*)
Κώστας Καμπούρης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου*)
Βαγγέλης Κολτσάκης (*Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης*)
Γιάννης Κυριακόπουλος (*2ο Λύκειο Αγίας Βαρβάρας*)
Πάνος Μουρούζης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κέρκυρας*)
Γιώργος Μωραΐτης (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Μερκούρης Παναγιωτόπουλος (*2ο Λύκειο Χαλανδρίου*)
Θοδωρής Πιερράτος (*2ο Γενικό Λύκειο Εχεδώρου*)
Σπύρος Σαμιακός (*1ο Λύκειο Νέου Ηράκλειου*)
Γιώργος Φασουλόπουλος (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Συντονιστής : Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας (*akasset@otenet*.gr)

Περίληψη
Το Συμπόσιο που προτείνουμε αφορά τη συζήτηση των αποτελεσμάτων μιας ευρύτερης συλλογικής εργασίας με θέμα «Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η οικοδόμηση των εννοιών». Στο πρώτο μέρος επιδιώκεται να δοθούν σαφείς απαντήσεις στα ερωτήματα όπως «ποιο ακριβώς είναι το σημαινόμενο του όρου έννοια και ειδικά του όρου τυπική έννοια;» και «τι ακριβώς σημαίνει οικοδόμηση εννοιών;». Στη συνέχεια, αφού επισημανθεί ότι κάθε έννοια οικοδομείται από περιγράψιμο υλικό αλλά και συμμετέχει στην οικοδόμηση μιας άλλης έννοιας και τελικά της επιστήμης Φυσική, επιδιώκεται η αναζήτηση απαντήσεων στο «πώς θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την όλη θεώρηση της οικοδόμησης των εννοιών κατά τη διδασκαλία μας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση;».

Abstract
The main topic of this is the evaluation of the results of our general, collective work on "Teaching Physics in Secondary Education. Construction of concepts". This first part seeks to give clear answers to the following questions: (a) What is the specific meaning of the term “conception” and especially “formal conception”, (b) What is the meaning of the term “construction of a scientific concept”. Moreover, once it is pointed that every concept is based on describable material and it takes part in the construction of another concept and finally in the construction of physics itself, we set a search for answers about "How we could utilize the whole vision of construction concepts in our teaching in Secondary Education? ".

Μαζί με τα *υλικά αντικείμενα*, τα *φαινόμενα* και τους *νόμους*, οι *έννοιες* της Φυσικής συνιστούν το αναπνευστικό της σύστημα.
Κάθε μία από αυτές
α. Προέρχεται από ανθρώπινη νοησιακή διεργασία υψηλού επιπέδου, από αφαίρεση σε προϊόντα αφαίρεσης,
β. Έχει ένα ορισμένο σημαινόμενο το οποίο επιδιώκεται να περιγραφεί βάσει του ορισμού της,
γ. Έχει ένα δικό της όνομα - αφηρημένο ουσιαστικό – το οποίο συνιστά το σημαίνον της.

Κάθε τυπική έννοια οικοδομείται αλλά και οικοδομεί. Οικοδομείται με υλικό προερχόμενο από την άμεση εμπειρία και κυρίως από εγχειρήματα της ανθρώπινης σκέψης. Παράλληλα συμβάλλει στην οικοδόμηση μιας επιστήμης, εν προκειμένω της Φυσικής.
Οποιοσδήποτε και αν είναι ο χαρακτήρας κάθε έννοιας, ο διδάσκων Φυσική οφείλει να γνωρίζει ότι ο μαθητής αδυνατεί να την οικοδομήσει μόνος του. Αυτό σημαίνει ότι δεν αρκεί το να μπαίνει στην τάξη και να ανακοινώνει το όνομά της έννοιας και τον ορισμό της, αγνοώντας τα εμπειρικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται πάντα στην άκρη του νήματος. Εκτιμούμε ότι *ενώ η οικοδόμηση μιας έννοιας απαιτεί απομάκρυνση από την εμπειρία, η διδασκαλία της εδράζεται σε στοιχεία της εμπειρίας*.
Στο προτεινόμενο Συμπόσιο *«Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση - η οικοδόμηση των εννοιών»*, θα επιχειρήσουμε να ανιχνεύσουμε τα ακόλουθα θεμελιακά ερωτήματα που αναφέρονται στη διδασκαλία των φυσικών εννοιών.
α. Ποιο ακριβώς είναι το σημαινόμενο του όρου *έννοια* και ειδικά του όρου *τυπική έννοια*;
β. Τι ακριβώς σημαίνει *οικοδόμηση εννοιών*;
Η συζήτηση θα εστιάσει στις ακόλουθες πέντε έννοιες οι οποίες έχουν επιλεγεί από την ομάδα μας: *μάζα, πίεση, θερμότητα, έργο και μαγνητικό πεδίο*.
Με δεδομένο ότι κάθε έννοια οικοδομείται αλλά και οικοδομεί - θα παρουσιάσουμε
α. Τα εμπειρικά δεδομένα, την αφαιρετική σκέψη και τις κρίσιμες ιδέες, που συνέβαλαν στην οικοδόμησή της κάθε μία από αυτές. Η σχετική παρουσίαση θα βασιστεί σε στοιχεία από την ιστορική εξέλιξη της κάθε έννοιας, που σκιαγραφούν την προσπάθεια οικοδόμησής της, στη βάση ενός συνεχούς «διαλόγου» εμπειρίας και θεωρητικής σκέψης. Αυτόν τον «διάλογο» θα επιχειρήσουμε να αναδείξουμε ως βασικό άξονα και της διδασκαλίας των φυσικών εννοιών.
β. Το «πώς» η έννοια συνέβαλε στην οικοδόμηση της Φυσικής ως επιστήμης
για να οδηγηθούμε
γ. Σε μία πρόταση για την -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της κάθε μιας από τις πέντε έννοιες, στη βαθμίδα Γυμνάσιο και στη βαθμίδα Λύκειο. Η κάθε πρόταση θα επιχειρεί απαντήσεις σε σημαντικά κατά τη γνώμη μας ερωτήματα, όπως «πώς θα αξιοποιήσουμε την εργαστηριακή πρακτική;» ή «πώς θα αξιοποιήσουμε τις νέες τεχνολογίες;».
Εβδομήντα περίπου έννοιες εμπεριέχονται στα Αναλυτικά Προγράμματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της Φυσικής στην Ελλάδα και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τις έννοιες που θα παρουσιάσουμε, θα τις συσχετίσουμε με το κρίσιμο διδακτικά ερώτημα «Σε ποιες από αυτές πρέπει να δοθεί έμφαση κατά τη διδασκαλία στη βαθμίδα Γυμνάσιο και σε ποιες έμφαση κατά τη διδασκαλία στη βαθμίδα Λύκειο, στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του μέλλοντος;»

Οι έννοιες έργο και μαγνητικό πεδίο

Ανδρέας Βαλαδάκης (*Βαρβάκειο Λύκειο*)
Γιάννης Θάνος (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πειραιά*)
Κώστας Καμπούρης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου*)
Βαγγέλης Κολτσάκης (*Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης*)
Γιάννης Κυριακόπουλος (*2ο Λύκειο Αγίας Βαρβάρας*)
Πάνος Μουρούζης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κέρκυρας*)
Γιώργος Μωραΐτης (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Μερκούρης Παναγιωτόπουλος (*2ο Λύκειο Χαλανδρίου*)
Θοδωρής Πιερράτος (*2ο Γενικό Λύκειο Εχεδώρου*)
Σπύρος Σαμιακός (*1ο Λύκειο Νέου Ηράκλειου*)
Γιώργος Φασουλόπουλος (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Συντονιστής : Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας (*akasset@otenet*.gr)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στην ευρύτερη συλλογική εργασία με θέμα «*Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση*. Η παρουσίαση της έννοιας *έργο* έχει ως αφετηρία τον *χρυσό κανόνα της Μηχανικής*. Η θεμελίωση αυτή μας επιτρέπει να προχωρήσουμε στην οικοδόμηση της έννοιας, συνδέοντας το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» με το «τι ξοδεύει» μια μηχανή ή ένας άνθρωπος και στη συνέχεια με την ενέργεια. Παράλληλα η έννοια *έργο* συμβάλλει στην οικοδόμηση των εννοιών *κινητική ενέργεια* και *δυναμική ενέργεια*. Στη βαθμίδα Λύκειο η διδασκαλία μας θα περιλάβει εμπλουτισμό των ορισμών, εισαγωγή νέων εννοιών όπως οι διατηρητικές δυνάμεις και το δυναμικό, κυρίως όμως θα εστιάσει στην ενοποίηση έργου και θερμότητας στο πλαίσιο της Θερμοδυναμικής. Στην παρουσίαση της έννοιας *μαγνητικό πεδίο* παρουσιάζονται επιλεγμένα στοιχεία από την ιστορική εξέλιξη της έννοιας με βάση τα οποία αρθρώνεται μία προσπάθεια οικοδόμησης της έννοιας, στη βάση ενός συνεχούς «διαλόγου» εμπειρίας και θεωρητικής σκέψης κατά τον οποίο αποδίδεται ο επιβαλλόμενος, κατά την άποψή μας, σεβασμός στα υλικά αντικείμενα. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση μιας πρότασης για την – μέσα από διδασκαλία – οικοδόμηση της έννοιας *μαγνητικό πεδίο* στη βαθμίδα Λύκειο. Με την πρόταση αυτή, αποδίδεται έμφαση στο ότι η διδακτική διαδικασία οφείλει να εμπεριέχει μια σύνθεση εργαστηριακής πρακτικής και αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών.

Abstract

This work is anchored in the collective work on "Teaching Physics in Secondary Education. The construction of concepts". In the presentation of the concept of work the starting point is the “Golden Rule of Mechanics”. This foundation allows us to move forward in the construction of the concept linking the product of "force and displacement” with the " what spends" a machine or a man and then with energy. Similarly, the concept of work contributes to the construction of the concepts of kinetic energy and potential energy. In Lyceum our teaching will include the enrichment of the definitions and the introducing of new concepts. Nevertheless, our main point of interest at this level should be the unification of work and heat in the realm of Thermodynamics. In the presentation of the concept of magnetic field the starting point is selected items from the historical evolution of the concept of magnetic field with which an attempt to “build” the concept is articulated, based on a continuous "dialogue" between experience and theoretical thought in which assigned the adequate, in our point of view, respect for the materials objects. The paper ends with the presentation of a proposal on the construction of the concept of magnetic field through teaching in Lyceum. In this proposal emphasis is given on the idea that the teaching process must involve a synthesis of laboratory practice and use of new technologies.

Η έννοια ΕΡΓΟ

Εμπειρία, ανθρώπινη σκέψη, κρίσιμες ιδέες, διαμόρφωση θεωριών
ΕΜΠΕΙΡΙΑ. **Η εμπειρία του πανάρχαιου μοχλού** (Holton 1985).
Ο χρυσός κανόνας της Μηχανικής. Όσο κερδίζουμε σε δύναμη χάνουμε σε δρόμο.
Η φύση δεν τσιγκουνεύεται τις δυνάμεις αλλά δείχνει φειδωλή στο εκάστοτε γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» το οποίο καμιά μηχανή δεν μπορεί να το μεγαλώσει (Κασσέτας 2000).
Η εμπειρία των μετρήσεων.
Οι μετρήσεις δείχνουν ότι το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» εμφανίζεται ανάλογο προς την ποσότητα καυσίμου που ξοδεύτηκε για τη μετατόπιση.
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ. Μια λογική προέκταση της ανθρώπινης σκέψης είναι ότι το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση», μπορεί να θεωρηθεί ανάλογο προς κάτι που ξοδεύει ο εργαζόμενος για την πραγματοποίηση της μετατόπισης ως βάση για την αποτίμηση της ανθρώπινης σωματικής εργασίας, βάση για το «πόσο κουράζεται ο άνθρωπος». Για το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση», το 1829 ο Γάλλος Coriolis θα προτείνει τον όρο *travail*, στην αγγλική θα αποδοθεί με το *Work*, στη γερμανική *Arbeit*, στην ιταλική *lavoro*, στην ελληνική *έργο*.
ΙΔΕΕΣ. Η παλιά ιδέα. Καθώς ο άνθρωπος εργάζεται και μοχθεί υπάρχει *κάτι* που μεταβιβάζεται από το σώμα του στα αντικείμενο, υπάρχει ένα αόρατο *κάτι* το οποίο ο εργαζόμενος ξοδεύει.
Η κρίσιμη ιδέα . Το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» (Hewitt 1985) μπορεί να μετρήσει την ποσότητα του αόρατου *κάτι* που μεταβιβάζεται από τον ασκούντα τη δύναμη στο μετατοπιζόμενο αντικείμενο. Το «κάτι» είναι ενέργεια (Lemeignn & Weil-Barais 1993).
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ. Υπάρχουν δυνάμεις που δεν εργάζονται. Κάθε δύναμη κάθετη στην ταχύτητα του κινουμένου σώματος δεν μεταβιβάζει ενέργεια. Χρειάζεται να εμπλουτίσουμε τον ορισμό του έργου (Holton 1985).
Το έργο στη νευτωνική δυναμική.
α. Μεταβιβάζοντας ενέργεια μέσω έργου σε ένα υλικό σημείο η νευτωνική δυναμική δείχνει ότι η τιμή του είναι ίση με την αύξηση μιας ποσότητας αναφερόμενης στο κινούμενο υλικό σημείο (Arons 1990). Η ποσότητα αυτή είναι το μισό του γινομένου μάζα επί τετράγωνο της ταχύτητας.
β. Με κριτήριο το έργο μπορούμε να διακρίνουμε τις δυνάμεις σε διατηρητικές και μη διατηρητικές. Σε περίπτωση που η αλληλεπίδραση περιγράφεται με διατηρητικές δυνάμεις μπορεί να εισάγουμε και την έννοια δυναμική ενέργεια.
γ. Στην περίπτωση του έργου δύναμης πεδίου μπορεί να θεμελιωθεί και η έννοια διαφορά δυναμικού.
ΕΜΠΕΙΡΙΑ. Η εμπειρία των θερμικών μηχανών (Segre 1983). Οι θερμικές μηχανές επινοήθηκαν για να παίρνουμε από αυτές έργο. Το αέριο μεταβιβάζει ενέργεια στο πιστόνι με μηχανισμό έργου, σε περίπτωση θέρμανσης με σταθερή πίεση το έργο είναι ίσο με το γινόμενο πίεση επί μεταβολή όγκου.
Η ΚΡΙΣΙΜΗ ΙΔΕΑ . Η εμπειρία της μηχανής του ατμού οδήγησε την ανθρώπινη σκέψη στην τολμηρή ιδέα ότι η θερμότητα είναι *κάτι* σαν το έργο. Η ιδέα μετασχηματίστηκε σε θεωρία αποδεκτή η οποία οδήγησε στον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής (Arons 1990).
Η εξισου ΚΡΙΣΙΜΗ ΙΔΕΑ . Η εμπειρία της μηχανής του ατμού οδήγησε την ανθρώπινη σκέψη και στην επίσης τολμηρή ιδέα ότι το έργο είναι πολυτιμότερο από τη θερμότητα. Η ιδέα μετασχηματίστηκε σε θεωρία αποδεκτή η οποία οδήγησε στον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.

Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας ΕΡΓΟ

α. Στη βαθμίδα *Γυμνάσιο*

Το πρώτο βήμα . Δραστηριότητες με μοχλό . Ο μοχλός μας διδάσκει τον πανάρχαιο κανόνα - όσο κερδίζουμε σε δύναμη χάνουμε σε δρόμο.

Το δεύτερο βήμα Ο μετασχηματισμός του στο ότι «με μια μηχανή μπορούμε να αυξήσουμε μια δύναμη αλλά δεν μπορούμε να αυξήσουμε το γινόμενο *δύναμη επί μετατόπιση*»

Το τρίτο βήμα . Προσομοιώσεις . Νέες τεχνολογίες. Το γινόμενο δύναμη επί μετατόπιση είναι ανάλογο προς την ποσότητα καυσίμου που ξοδεύτηκε.

Το τέταρτο βήμα. Το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση», μπορεί να θεωρηθεί ανάλογο προς *κάτι* που ξοδεύει ο εργαζόμενος για την πραγματοποίηση της μετατόπισης, να θεωρηθεί βάση για το «πόσο κουράζεται ο άνθρωπος», να θεωρηθεί βάση για την αποτίμηση της ανθρώπινης σωματικής εργασίας,

Το πέμπτο βήμα

Η κρίσιμη ιδέα . Το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» συνιστά ποσότητα ενός αόρατου «κάτι» που μεταβιβάζεται από το σώμα του μοχθούντος στο μετατοπιζόμενο αντικείμενο. Το «*κάτι*» είναι ενέργεια . Το γινόμενο «δύναμη επί μετατόπιση» λέγεται *έργο*. Διδασκαλία με επιδίωξη να αντιμετωπιστεί η εννοιακή σύγχυση (Driver et.al. 1994) ανάμεσα στις έννοιες, *δύναμη* και *μεταβιβαζόμενη ενέργεια* και οι σχετικές εναλλακτικές ιδέες.

Το έκτο βήμα**.** Μεταβιβάζοντας ενέργεια μέσω έργου σε ένα υλικό σημείο υποστηρίζουμε ότι η τιμή του είναι ίση με την αύξηση μιας ποσότητας αναφερόμενης στο κινούμενο υλικό σημείο. Η ποσότητα αυτή είναι το μισό του γινομένου μάζα επί τετράγωνο της ταχύτητας.

Το έβδομο βήμα. Βασιζόμενοι στην έννοια *έργο του βάρους* εισάγουμε την έννοια (βαρυτική) δυναμική ενέργεια

Το όγδοο βήμα Η ενέργεια που μεταβιβάζεται σε έναν λαμπτήρα– η λεγόμενη και ηλεκτρική ενέργεια – είναι **έργο**, ηλεκτρικό έργο. Είναι ενέργεια μεταβιβαζόμενη από το υπόλοιπο κύκλωμα – ή από το δίκτυο- στον λαμπτήρα. Το ίδιο ισχύει για μεταβίβαση ενέργειας σε έναν κινητήρα.

β. Στη βαθμίδα *Λύκειο*

Το ένατο βήμα. Εμπλουτίζουμε τον ορισμό του έργου σταθερής δύναμης έτσι ώστε να συμπεριλάβουμε το εμπειρικό δεδομένο ότι υπάρχουν δυνάμεις που δεν μεταβιβάζουν ενέργεια. Έργο θετικό και έργο αρνητικό.

Το δέκατο βήμα Εμπλουτίζουμε τον ορισμό με υπολογισμό του έργου δύναμης με σταθερή διεύθυνση η τιμή της οποίας μεταβάλλεται βάσει γνωστής συνάρτησης με τη μετατόπιση.

Το ενδεκατο βήμα Η έννοια *έργο* στη νευτωνική δυναμική Ι.

Μεταβιβάζοντας ενέργεια μέσω έργου σε ένα υλικό σημείο, με βάση τη νευτωνική δυναική αποδεικνύουμε ότι η τιμή του είναι ίση με την αύξηση μιας ποσότητας αναφερόμενης στο κινούμενο υλικό σημείο. Η ποσότητα αυτή λέγεται κινητική ενέργεια. .

Το δωδέκατο βήμα Η έννοια *έργο* στη νευτωνική δυναμική ΙΙ.

Με κριτήριο το έργο μπορούμε να διακρίνουμε τις δυνάμεις σε διατηρητικές και μη διατηρητικές. Σε περίπτωση που η αλληλεπίδραση περιγράφεται με διατηρητικές δυνάμεις μπορούμε, βασιζόμενοι στο έργο, να εισάγουμε την έννοια *δυναμική ενέργεια συστήματος , ως έννοια* ικανή να περιγράφει τις διατηρητικές αλληλεπιδράσεις, όχι μόνο τη βαρυτική

Το δέκατο τρίτο βήμα Η έννοια *έργο* στην ηλεκτροστατική.

Το έργο δύναμης και η έννοια ηλεκτρικό πεδίο . Με βάση την έννοια *έργο δύναμης πεδίου* μπορεί να θεμελιωθεί και η έννοια *διαφορά δυναμικού*.

Το δέκατο τέταρτο βήμα. Η έννοια έργο στην ηλεκτροδυναμική.

Επανερχόμαστε στην διδαγμένη στο Γυμνάσιο θεώρηση ότι η ενέργεια που μεταβιβάζεται σε έναν λαμπτήρα από το υπόλοιπο κύκλωμα είναι **έργο**, ηλεκτρικό έργο. Το ίδιο ισχύει για μεταβίβαση ενέργειας σε έναν κινητήρα.
Το δέκατο πέμπτο βήμα . Η έννοια *έργο* στη Θερμοδυναμική Ι.
Η εμπειρία των θερμικών μηχανών. Οι θερμικές μηχανές επινοήθηκαν για να παίρνουμε από αυτές έργο . Το αέριο μεταβιβάζει ενέργεια στο πιστόνι με μηχανισμό έργου, σε περίπτωση θέρμανσης με σταθερή πίεση το έργο είναι ίσο με το γινόμενο πίεση επί μεταβολή όγκου.
Το δέκατο έκτο βήμα . Η έννοια *έργο* στη Θερμοδυναμική ΙΙ**.**
Η εμπειρία των θερμικών μηχανών. Η ιδέα ότι η θερμότητα είναι κάτι σαν το έργο. Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής.
Το δέκατο έβδομο βήμα. Η έννοια *έργο* στη Θερμοδυναμική ΙΙΙ.
Η ιδέα ότι το έργο και η θερμότητα είναι μεν μηχανισμοί μεταβίβασης ενέργειας αλλά το έργο είναι πολυτιμότερο από τη θερμότητα. Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής.

Η έννοια ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Η πρόταση για την μέσω διδασκαλίας οικοδόμηση της έννοιας *μαγνητικό πεδίο* σχετίζεται με συγκεκριμένη άποψη για τον ρόλο της Ιστορίας των Επιστημών. Σύμφωνα με αυτήν «χρειάζεται να σκάψουμε στο έδαφος της Ιστορίας των Επιστημών με σκοπό να εξορύξουμε υλικό το οποίο θα εκμεταλλευθούμε μετατρέποντάς το σε υλικό οικοδόμησης διδακτικών καινοτομιών. Η μελέτη του υλικού αυτού θα μας βοηθήσει να διακρίνουμε τις ειδικές νοησιακές διεργασίες που οδήγησαν στη συγκρότηση επιστημονικών γνώσεων, διεργασίες που -σε ορισμένες περιπτώσεις- εμφανίζουν ομοιότητες με αυτές που συντελούνται μέσα στη σκέψη των νεαρών μαθητών μας» (Κασσέτας 2004).
Εάν δηλαδή θέλουμε να προχωρήσουμε σε ριζική αναδιάρθρωση των Προγραμμάτων Σπουδών και των μεθόδων διδασκαλίας τα βασικά μας καθήκοντα είναι δύο και σχετίζονται –μεταφορικά- με δύο συγκεκριμένα «ορυχεία».
Το πρώτο είναι να ενδιαφερθούμε για το «μέσα Σύμπαν» των νεαρών μαθητών μας, αναζητώντας το σχετικό «ορυχείο», ώστε να μελετήσουμε τις εναλλακτικές ιδέες τους και τα νοησιακά μοντέλα που χρησιμοποιούν και να αντλήσουμε διδακτικό υλικό.
Το δεύτερο είναι να σκάψουμε στο έδαφος της Ιστορίας των Επιστημών και να αναζητήσουμε μετάλλευμα για να το μετατρέψουμε σε υλικό διδασκαλίας.

Η έννοια *πεδίο* δεν σχετίζεται με βιωματική αισθητηριακή εμπειρία, όπως συμβαίνει με τις έννοιες πίεση, θερμοκρασία, μάζα, δύναμη, χρώμα, θερμότητα. Κατάγεται από εργαστηριακή εμπειρία η οποία συνδυάστηκε με την οξυδέρκεια του Michael Faraday, και έδωσε μια από τις πιο γόνιμες ιδέες στην εξέλιξη της Φυσικής.

Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ Μαγνήτης, Faraday και σιδηρορινίσματα.
Στον πάγκο του εργαστηρίου ο ραβδομαγνήτης με ένα χαρτονάκι πάνω του που τον σκεπάζει. Ρίχνει με τυχαίο τρόπο πάνω στο χαρτόνι σιδηρορινίσματα από την ειδική «αλατιέρα» που τα περιέχει. Αυτά πέφτουν και διατάσσονται σε έναν συγκρεκριμένο σχηματισμό, δημιουργούν έτσι μια εικόνα. Μαζεύει τα ρινίσματα και κάνει το ίδιο, ρίχνει δηλαδή και πάλι ρινίσματα με τυχαίο τρόπο. Η προηγούμενη εικόνα επανέρχεται. Όσες φορές κι αν επαναλάβει το εγχείρημα τα ρινίσματα θα διατάσσονται σε ορισμένες πάντοτε θέσεις, θα «ξαπλώνουν» σε καμπύλες γραμμές. Η φαντασία του τον οδηγεί στο «να δει» αόρατες γραμμές (Arons 1990) να διασχίζουν τον χώρο γύρω απο τον σκεπασμένο μαγνήτη.
Η ΣΚΕΨΗ. Θεωρεί ότι όλα συμβαίνουν λες και ο χώρος γύρω από τον μαγνήτη «έχει» ειδικές καμπύλες γραμμές, «δυναμικές γραμμές» δικές του πάνω στις οποίες θα ξαπλώνουν

πάντα τα ρινίσματα σιδήρου. Απομακρύνει τον μαγνήτη και ο σχηματισμός καταστρέφεται ενώ διαπιστώνει ότι τα επόμενα ρινίσματα ξαπλώνουν όπου νάναι. Η σκέψη λέει ότι η παρουσία του μαγνήτη δημιουργεί μια ιδιαίτερη δομή στον χώρο (Κασσέτας 2000) τον κάνει μαγνητικό πεδίο ενώ αν ο μαγνήτης δεν είναι παρών, ο χώρος είναι ένας γεωμετρικός χώρος τριών διαστάσεων με την ίδια ποσότητα αέρα αλλά χωρίς τις παράξενες δυναμικές γραμμές.

Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ Διατηρώντας τον ραβδομαγνήτη χρησιμοποιεί, εκτός από ρινίσματα, και μικρές μαγνητικές βελόνες τις οποίες έχει κατασκευάσει. Τις αφήνει να εκφραστούν ελεύθερα κι εκείνες ταλαντώνονται μέχρις ότου καθεμιά από αυτές αναπαυθεί όχι όπου νάναι αλλά πάνω σε μία δυναμική γραμμή του μαγνητικού πεδίου.

Η ΣΚΕΨΗ. Ο σημαντικότερος βιογράφος του, ο John Tyndall, μας λέει (Gillispie 1980) ότι *το βλέμμα του νου του μετακινήθηκε από τον μικρό μαγνήτη του εργαστηρίου προς τον πλανήτη Γη, τον οποίο αντίκρισε ως ένα μεγάλο μαγνήτη με δυναμικές γραμμές να διατρέχουν την ατμόσφαιρα και τις θάλασσες.* Θα υποστηρίξει ότι η υφίσταται γήινο μαγνητικό πεδίο στις δυναμικές γραμμές του οποίου ξαπλώνουν οι ανθρώπινες μαγνητικές βελόνες

<u>Το μαγνητικό πεδίο είναι χώρος όπου ασκούνται δυνάμεις σε επισκέπτες μαγνήτες. Δημιουργείται από μαγνήτες και περιγράφεται με δυναμικές γραμμές.</u>

Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ. Στον πάγκο του εργαστηρίου ένας κατακόρυφο καλώδιο, ένα οριζόντιο χαρτονάκι και σιδηρορινίσματα. Αν το καλώδιο ρευματοδοτηθεί τα ρινίσματα «ξαπλώνουν» πάνω σε αόρατες δυναμικές γραμμές (Holton 1985). Αν το καλώδιο τυλιχτεί ώστε να δημιουργηθούν σπείρες το φαινόμενο εκδηλώνεται πολύ πιο έντονα. Σε μια τέτοια περίπτωση φαίνεται να επιδρά όχι μόνο σε μικρές μαγνητικές βελόνες και σε σιδηρορινίσματα αλλά και σε ένα άλλο ρευματοφόρο αγωγό.

Η ΣΚΕΨΗ. Μαγνητικό πεδίο δεν δημιουργείται μόνο από μαγνήτη. Πηγή του μπορεί να είναι και ένας ρευματοφόρος ρευματοφόρος αγωγός και στην καλύτερη περίπτωση ένα ρευματοφόρο πηνίο.

Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ. Σε έναν μεγάλο πεταλοειδή μαγνήτη πλησιάζουμε έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό. Αν ο αγωγός ρευματοδοτηθεί εμφανίζεται να ασκείται σε αυτόν δύναμη με τιμή που γίνεται μέγιστη εάν ο αγωγός ειναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές. Η έρευνα στην τιμή της δύναμης οδηγεί τη θεωρητική σκέψη να οικοδομήσει μια έννοια με την οποία περιγράφεται και ποσοτικά το «πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο». Με την ίδια έννοια μπορεί να προβλεφθεί και η κατεύθυνση της δύναμης σε επισκέπτη ρευματοφόρο αγωγό. Η έννοια είναι η ένταση μαγνητικού πεδίου. Μπορούμε να επιτύχουμε το ίδιο εάν αντί για πεταλοειδή μαγνήτη χρησιμοποιήσουμε και ρευματοφόρο πηνίο.

Η ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ . Η θεωρητική σκέψη εμπλουτίζει την αρχική πρόταση για την έννοια *μαγνητικό πεδίο* . Την **ορίζει** ως χώρο όπου ασκούνται δυνάμεις είτε σε «επισκέπτες» μαγνήτες είτε σε «επισκέπτες»ρευματοφόρους αγωγούς. **Δημιουργείται** είτε από μαγνήτη είτε από ρευματοφόρο αγωγό. **Περιγράφεται** με την γεωμετρική έννοια *δυναμικές γραμμές* (Segre 1983) και με την έννοια *ένταση μαγνητικού πεδίου*

Η ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ. Από τη στιγμή που το ηλεκτρικό ρεύμα θεωρήθηκε κατευθυνόμενη κίνηση σωματιδίων με ηλεκτρικό φορτίο η σκέψη των φυσικών οδηγήθηκε στο να ερευνήσουν εάν τα μαγνητικό πεδίο δρα σε μεμονωμένο κινούμενο σωματίδιο με ηλεκτρικό φορτίο.

Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ. Από τη στιγμή που επινοήθηκε τρόπος να εικονοποιείται η τροχιά κινουμένων σωματιδίων, η έρευνα έδειξε ότι το μαγνητικό πεδίο δρα σε κινούμενα σωματίδια με ηλεκτρικό φορτίο. Η τιμή της σχετικής δύναμης θα οδηγήσει σε έναν νέο ορισμό της έννοιας *ένταση μαγνητικού πεδίου*

Η ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ . Το μαγνητικό πεδίο ορίζεται ως χώρος όπου ασκούνται δυνάμεις σε επισκέπτες μαγνήτες, ρευματοφόρους αγωγούς, κινούμενα σωματίδια με ηλεκτρικό φορτίο. Η θεωρητική σκέψη αναζητώντας το κοινό στοιχείο στα τρία είδη επισκεπτών θα

καταλήξει ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο κοινός παρονομαστής είναι σωματιδια με ηλεκτρικό φορτίο ευρισκόμενα σε κίνηση.
Οι συνέπειες
19ος αιώνας. 1. Η έννοια *μαγνητικό πεδίο* θα παίξει ρόλο πρωταγωνιστή στην περιγραφή, την ερμηνεία και την διατύπωση νόμων του φαινομένου *ηλεκτρομαγνητική επαγωγή*, της μεγαλύτερης επιστημονικής ανακάλυψης του πρώτου μισού του 19ου αιώνα
2. Η έννοια *μαγνητικό πεδίο* σε συνδυασμό με την έννοια *ηλεκτρικό πεδίο* θα οδηγήσει τη σκέψη του Maxwell στο να προβλέψει θεωρητικά την οντότητα *ηλεκτρομαγνητικό πεδίο* η οποία σύμφωνα με την πρόβλεψη θα διαδίδεται με μηχανισμό κύματος. Λίγα χρόνια χρόνια αργότερα η «προφητεία» του Maxwell θα γίνει πραγματικότητα και η οντότητα *ηλεκτρομαγνητικό κύμα* θα φέρει απρόβλεπτες ανατροπές στα θεμέλια του πολιτισμού
20ος αιώνας. Το μαγνητικό πεδίο θα αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα εργαστηριακά «μέσα» για την έρευνα των στοιχειωδών σωματιδίων.

Η - μέσα από τη διδασκαλία – οικοδόμηση της έννοιας μαγνητικό πεδίο

Το πρώτο βήμα (Knight 2004) Εργαστηριακή δραστηριότητα με αντικείμενα μαγνήτη, μαγνητικές βελόνες και σιδηρορινίσματα. Τα φαινόμενα *αλληλεπίδραση του μαγνήτη με τη βελόνα* και *αλληλεπίδραση του μαγνήτη με τα ρινόσματα*. Εστίαση στα αντικείμενα. Η μαγνητική βελόνα είναι μαγνήτης με σχετικά μικρή αδράνεια, σε ειδική κατασκευή ώστε να αγνοεί τη δράση του πεδίου βαρύτητας και να είναι ασήμαντη η παρουσία των τριβών. Τα σιδηρορινίσματα είναι αντικείμενα με μικρή αδράνεια, δεν είναι μαγνήτες αλλά με την εμφάνισή τους στο μαγνητικό πεδίο γίνονται μαγνήτες, μαγνητίζονται.
Το δεύτερο βήμα Καθοδήγηση προς το να διακρίνουν οι διδασκόμενοι τις αόρατες γραμμές στις οποίες ξαπλώνουν τα ρινίσματα. Η έννοια *δυναμικές γραμμές μαγνητικού* πεδίου ως μέσο για την περιγραφή του.
Το τρίτο βήμα . Το φαινόμενο αλληλεπίδραση δύο μαγνητών.
Η περιγραφή του **α.** ως δράση του ενός μαγνήτη στον άλλο
β. με βάση την έννοια *μαγνητικό πεδίο*.
Το τέταρτο βήμα. Διατύπωση των τριών βασικών ερωτημάτων
«Τι λέγεται μαγνητικό πεδίο ; » «Πώς δημιουργείται;» και «Πώς περιγράφεται ;» Οι πρώτες απαντήσεις στα τρία ερωτήματα. Εστίαση στη διάκριση των αντικειμένων *πηγή μαγνητικού πεδίου* και «*επισκέπτης*».
Το πέμπτο βήμα. Εργαστηριακές δραστηριότητες με ρευματοφόρους αγωγούς σιδηρορινίσματα και μαγνητικές βελόνες. Αρχικά με ευθύγραμμους αγωγούς στη συνέχεια με πηνία. Η μαγνητική βελόνα ένας εξαιρετικός ανιχνευτής μαγνητικου πεδίου. Καθοδήγηση προς το να διακρίνουν οι διδασκόμενοι τις δυναμικές γραμμές ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού και ρευματοφόρου πηνίου.
Τα περισσότερα από τα βήματα για την οικοδόμηση της έννοιας προτείνουμε να βασίζονται σε συνδυασμό πειραμάτων στο σχολικό εργαστήριο και αξιοποιησης νέων τεχνολογιών. Σύμφωνα με τον Randal D.Knight (2004) ακόμα και οι επιδείξεις πειραμάτων μαγνητισμού είναι ιδιαίτερα διδακτικές. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σκιαγραφηθούν με αποτελεσματικό τρόπο πολλές από τις βασικές ιδέες του Μαγνητισμού.
Το έκτο βήμα. Εμπλουτισμός της απάντησης στο ερώτημα « πώς δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο;» με την εισαγωγή του αντικειμένου-πηγή «*ρευματοφόρος αγωγός*». Το μαγνητικό πεδίο με πηγή το ρευματοφόρο πηνίο συγκριτικά ισχυρότερο από το μαγνητικό πεδίο με πηγή τον ευθύγραμμο ρευματοφορο αγωγό.
Το έβδομο βήμα. Εργαστηριακές δραστηριότητες με πεταλοειδές πηνίο και ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό. Καθοδήγηση στο να διακρίνουν οι διδασκόμενοι τη γεωμετρία της

σχετικής δύναμης Λαπλάς. Το ερώτημα για την τιμή της δύναμης Λαπλάς και η απάντησή του.

Χρήση νέων τεχνολογιών για την παρουσίαση της – σε τρεις διαστάσεις - δράσης της δύναμης Λαπλάς . Παρουσίαση και ορισμός της έννοιας *ένταση μαγνητικού πεδίου*. Η μονάδα ένα τέσλα.

Το έβδομο βήμα. Εμπλουτισμός της απάντησης στο ερώτημα « τι λέγεται μαγνητικό πεδίο ;» με την αποσαφήνιση ότι «επισκέπτης» θα μπορούσε να είναι όχι μόνο ο μαγνήτης αλλά και ένα ρευματοφόρο καλώδιο.

Εμπλουτισμός της απάντησης στο ερώτημα «πώς περιγράφεται ένα μαγνητικό πεδίο» με την προσθήκη της έννοιας ένταση μαγνητικού πεδίου

Το όγδοο βήμα. Η θεωρία για το τι είναι ηλεκτρικό ρεύμα. Το σωματίδιο ηλεκτρόνιο. Αναφορά σε πρωτόνια και σε ιόντα. Η δράση του μαγνητικού πεδίου σε κινούμενο σωματίδιο με ηλεκτρικό φορτίο. **Χρήση νέων τεχνολογιών.** Το ερώτημα για την τιμή και την κατεύθυνση της ασκούμενης δύναμης. Η εξίσωση Λόρεντς. Επαναδιατύπωση του ορισμού της έννοιας *ένταση μαγνητικού πεδίου*

Το ένατο βήμα. Εμπλουτισμός της απάντησης στο αρχικό ερώτημα « τι λέγεται μαγνητικό πεδίο ;» με την αποσαφήνιση ότι «επισκέπτης» θα μπορούσε να είναι ο μαγνήτης, το ρευματοφόρο καλώδιο είτε ένα κινούμενο σωματίδιο με ηλεκτρικό φορτίο. Το κοινό στοιχείο ανάμεσα στις τρεις μορφές του επισκέπτη (Feynman 1964).

Το δέκατο βήμα. Το μαγνητικό πεδίο ως βασικό εργαλείο για την έρευνα των σωματιδίων στον 20^{ο} αιώνα. Πώς μετρήθηκε η μάζα του πρωτονίου; Πώς οδηγήθηκαν οι φυσικοί στη θεώρηση ότι υπάρχουν ισότοπα ;

Η έννοια *μαγνητικό πεδίο* προτείνεται να διδάσκεται μόνο στο Λύκειο

Βιβλιογραφία

Κασσέτας, Ι., Α. (2000). Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω.Έκδοση Β’, Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα.

Κασσέτας, Ι., Α. (2004). Ορυχείο δύο. Πρακτικά από το 1^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Συμβολή της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .

Arons, A. (1990). A guide to introductory physics teaching, John Willey and Sons. Στην ελληνική μετάφραση Ανδρέα Βαλαδάκη, Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής, εκδ. Τροχαλία, 1992.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). Making sense of secondary science. Routledge, London and New York.

Feynman, R. (1964). The Feynman Lectures on Physics, Volume II. Addison-Wesley, USA.

Gillispie, C., C. (1980). The Edge of Objectivity. Σε ελληνική μετάφραση του Δημοσθένη Κούρτοβικ , Στην κόψη της αλήθειας, εκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης.

Hewitt, G., P. (1985). Conceptual Physics. Little, Brown and Company Boston Toronto.

Holton, G. (1985). Introduction to Concepts and Theories in Physical Science. Princeton Uniersity Press, USA.

Knight, D., R., (2007). Five Easy Lessons. Σε ελληνική μετάφραση Παύλου Τζαμαλή, - Πέντε εύκολα μαθήματα - 2006, εκδ. Δίαυλος.

Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). Σε ελληνική μετάφραση Νίκου Δαπόντε – Αγγελικής Δημητρακοπούλου, Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική εκδ. Τυπωθήτω, 1997.

Segré, E., (1983). Personaggi e scoperte della fisica classica σε ελληνική μετάφραση Κωνσταντίνας Μεργιά – Ιστορία της Φυσικής, τόμος Α΄- εκδ. Δίαυλος, 1997.

Οι έννοιες θερμότητα και πίεση

Ανδρέας Βαλαδάκης (*Βαρβάκειο Λύκειο*)
Γιάννης Θάνος (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πειραιά*)
Κώστας Καμπούρης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου*)
Βαγγέλης Κολτσάκης (*Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης*)
Γιάννης Κυριακόπουλος (*2ο Λύκειο Αγίας Βαρβάρας*)
Πάνος Μουρούζης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κέρκυρας*)
Γιώργος Μωραΐτης (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Μερκούρης Παναγιωτόπουλος (*2ο Λύκειο Χαλανδρίου*)
Θοδωρής Πιερράτος (*2ο Γενικό Λύκειο Εχεδώρου*)
Σπύρος Σαμιακός (*1ο Λύκειο Νέου Ηράκλειου*)
Γιώργος Φασουλόπουλος (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Συντονιστής : Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας (*akasset@otenet.*gr)

Περίληψη
Το έλλειμμα επικοινωνίας των στρατηγικών που εφαρμόζονται στη διδασκαλία των φαινομένων και εννοιών, ενισχύει την πεποίθηση των μαθητών, ότι η Φυσική αποτελεί «μάθημα για λίγους». Αυτή η εργασία επιχειρεί να συνεισφέρει στην υιοθέτηση εκείνων των "καλών πρακτικών" που έχουν εφαρμοστεί σε ορισμένα σχολικά εργαστήρια και ενισχύουν την οικοδόμηση των εννοιών *πίεση* και *θερμότητα* με έμφαση στη λειτουργική συνέχεια κατά τη διδακτική διαπραγμάτευσή τους στις δυο εκπαιδευτικές βαθμίδες. Παράλληλα, μέσα από μία ανάλυση των δύο εννοιών, επιχειρείται να αναδειχθούν τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά που θα διευκολύνουν μία «διαφορετική» αντίστοιχη διδασκαλία, έτσι ώστε να ξεπεραστεί το φράγμα των αφηρημένων χαρακτηριστικών τους και να συμμετάσχει ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός μαθητών στις διαδικασίες μάθησης .
Η παρουσίαση της έννοιας *θερμότητα* επικεντρώνεται στο «πώς οικοδομείται» η έννοια αυτή με αναφορά στις κρίσιμες ιδέες, οι οποίες σε συνδυασμό με ποικίλα εμπειρικά στοιχεία, οδήγησαν στην τελική της μορφή. Η παρουσίαση της έννοιας *πίεση* επικεντρώνεται σε υλικά αντικείμενα και σε φαινόμενα - τόσο σε συνήθη φαινόμενα της καθημερινής ζωής όσο και σε «παράξενα» φαινόμενα της εργαστηριακής εμπειρίας - με βάση τα οποία επιδιώκεται η περιγραφή μιας διαδρομής προς την οικοδόμησή της. Και οι δύο παρουσιάσεις καταλήγουν σε αντίστοιχες προτάσεις για μία, μέσα από διδασκαλία, οικοδόμηση καθεμιάς από τις δύο έννοιες τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο.

Abstract
The lack of communication between teaching strategies of Physics concepts and phenomena, strengthens the well established aspect of students that Physics is an elitist lesson, only for the brightest brains. This work tries to elicit the "good practices" which were applied in school science laboratories, and were aimed at the construction of the concepts of heat and pressure, emphasizing on the conceptual continuousness, in both educational grands. In the same time, an epistemological analysis of the concepts, points out the features which contribute to the teaching differentiation. The goal is to help the majority of students to take part in the learning processes .
The presentation of the concept of heat focuses on the critical ideas , which along with a variety of empirical data, led the concept to its final form. The presentation of the concept of

pressure focuses on to material objects and events, both common events of everyday life and "strange" phenomena of the laboratory experience and is intended to describe a path towards its construction. Both presentations lead to proposals for the construction of the two concepts through teaching in Gymnasium and Lyceum.

Η έννοια θερμότητα

Η έννοια διατρέχει κάθετα το ισχύον πρόγραμμα σπουδών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διδασκόμενη κυρίως στην Β' Γυμνασίου και στη Β' Λυκείου - τόσο στο μάθημα της Γενικής Παιδείας όσο και στο μάθημα της Κατεύθυνσης - αλλά χρησιμοποιούμενη, με έναν «χαλαρό» τρόπο, και σε όλες τις υπόλοιπες τάξεις. Η κατάσταση αυτή έχει ως συνέπεια να διδάσκονται οι μαθητές, κατά τη διάρκεια της σχολικής τους ζωής, ψηφίδες από τη συνολική εικόνα της έννοιας και να μετατοπίζουμε σε αυτούς την ευθύνη να τις τοποθετήσουν στις σωστές θέσεις ώστε να συμπληρώσουν το πάζλ.
Ξεκινώντας από αυτή τη διαπίστωση του «κατακερματισμού» στη διδασκαλία της έννοιας, η παρούσα παρέμβαση βασίζεται στην πεποίθηση έχει ως κύριο στόχο να προτείνει μια συνεκτική παρουσίαση της έννοιας θερμότητα (Knight 2004), μέσα από την οικοδόμησή της.
Η πρόταση φιλοδοξεί να καλύψει όλη τη διαδρομή της έννοιας στις δύο βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και θεμελιώνεται στην πεποίθηση ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση θα πρέπει να χαρακτηρίζεται πριν απόλα από το στοιχείο της σύγκρισης του επιστημονικού με τους άλλους τρόπους σκέψης (Mathews 1994). Η πρόταση επιδιώκει να παρουσιάσει, σε αδρές γραμμές, το ιστορικό πλαίσιο (Gillispie 1980) και τις ανάγκες που οδήγησαν στην εισαγωγή της έννοιας θερμότητα καθώς και τα κρίσιμα φαινόμενα αλλά και τις ιδέες εκείνες που μας ώθησαν να υιοθετήσουμε ένα συγκεκριμένο μοντέλο για τη φύση της, την ιδέα δηλαδή ότι η θερμότητα είναι ένας από τους μηχανισμούς με τους οποίους επιτυγχάνεται η μεταφορά της ενέργειας (Segré 1983). Σχηματικά λοιπόν, και με παράδειγμα την έννοια θερμότητα, παρουσιάζεται μια στοιχειώδης δομή για το πως μια έννοια δημιουργείται, αποκτά, ορισμένες φορές, ποσοτική υπόσταση και τέλος χάνει την ανεξαρτησία της καθώς ενσωματώνεται σε μια ευρύτερη έννοια.
Θα τεθεί επίσης προς συζήτηση το εάν ορισμένες σημαντικές για την εξέλιξη της Φυσικής ιδέες , όπως η ιδέα της ενοποίησης των διαφορετικών μέχρι την εποχή του Joule εννοιών θερμότητα και έργο έχουν θέση στο ισχύον πρόγραμμα σπουδών. Ας σημειωθεί ότι το σημερινό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο έχει ως αφετηρία την *εξ αρχής* παρουσίαση της θερμότητας ως «μια μορφή ενέργειας».
Η πρόταση για την -μέσω διδασκαλίας- οικοδόμηση της έννοιας, εμπεριέχει και την αντιμετώπιση της καταγραφόμενης εννοιακής σύγχυσης (Brook et al. 1984) ανάμεσα στις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία (Driver, 1994) και θερμική ενέργεια. Παραπλεύρως, μέσω της παρέμβασης που θα επιχειρηθεί, θα γίνει προσπάθεια να θιγούν η «χαλαρή» γλώσσα, που όλοι μας ως διδάσκοντες χρησιμοποιούμε καθημερινά, και να επισημανθούν ορισμένα κρίσιμα ζητήματα που άπτονται της ορολογίας – όπως για παράδειγμα η διάκριση θερμότητας και θερμικής ενέργειας (Κασσέτας 2004) και η διπλή σημασία του όρου *θέρμανση* - αλλά και της παρουσίασης των φαινομένων και των νόμων στα οποία εμπλέκεται η έννοια.

Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας θερμότητα

Το πρώτο βήμα . Η εμφάνιση της ιδέας ότι σε φαινόμενα όπως η θέρμανση, η ψύξη και η ανάμειξη ποσοτήτων διαφορετικής θερμοκρασίας υπάρχει «κάτι» που μεταβιβάζεται.
Το δεύτερο βήμα . Η αναγνώριση του ότι «αυτό που μεταβιβάζεται» δεν είναι ποσότητες θερμοκρασίας (Κασσέτας 2000) . Η διαπίστωση της ανεπάρκειας της έννοιας θερμοκρασία στο να προβλέπεται η εξέλιξη των φαινομένων .

Η αναγνώριση της ανάγκης για τη δημιουργία μιας νέας έννοιας – ποσότητας η οποία «μεταβιβάζεται».
Το τρίτο βήμα . Η παρουσίαση της πρότασης των φυσικών ότι «αυτό που μεταβιβάζεται δεν είναι «είτε ψύχος είτε θερμότητα» αλλά μόνο θερμότητα. Η αναγνώριση της κοινής αιτίας για μεταβίβαση ενέργειας με μηχανισμό θερμότητας. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων κατά τη μεταβίβαση ενέργειας μέσω θερμότητας .
Το τέταρτο βήμα. Η θερμότητα ως ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί .
Η σχέση της θερμότητας με τη μάζα - ποσότητα ύλης. Η μονάδα ένα cal.
Το πέμπτο βήμα . Η ιδέα ότι η θερμότητα είναι «κάτι όπως το έργο» και η επιβεβαίωσή της. Το πείραμα του Joule με έμφαση στην ενοποίηση δύο διαφορετικών μέχρι τότε εννοιών. Αξιοποίηση νέων τεχνολογιών.
Η μονάδα ένα joule.
Το έκτο βήμα . Η έννοια (εσωτερική) θερμική ενέργεια και αποσαφήνιση της εννοιακή διάκρισης ανάμεσα σε θερμότητα και θερμική ενέργεια .
Το έβδομο βήμα Θερμότητα και έργο στον πρώτο νόμο της Θερμοδυναμικής (Knight 2004)
Το όγδοο βήμα . Θερμότητα και έργο ως μορφές μεταβιβαζόμενης ενέργειας με έμφαση στο ότι το έργο είναι πολυτιμότερο από τη θερμότητα. Ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής
Το ένατο βήμα . Η έννοιες θερμοκρασία και θερμική ενέργεια από τη σκοπιά του Μικρόκοσμου

Τα πέντε πρώτα βήματα αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στο Γυμνάσιο. Τα βήματα από το τέταρτο έως το ένατο στη διδασκαλία της έννοιας στο Λύκειο.

Η έννοια πίεση

Η πρόταση βασίζεται στην πεποίθηση ότι η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση οφείλει να παρουσιάζεται ως μία «σύνθεση» εμπειρίας και θεωρητικής σκέψης και συγκριμένα μια σύνθεση (α) δράσης σε υλικά αντικείμενα, (β) περιγραφής φαινομένων, (γ) επινόησης εννοιών και (δ) διατύπωσης νόμων με βάση τους οποίους θα μπορούσαν να προβλεφθούν άλλα φαινόμενα αλλά και να εξηγηθούν φαινόμενα της καθημερινής όσο και της εργαστηριακής εμπειρίας .
Ένα ειδικό στοιχείο της πρότασης είναι η επιδίωξη του να αναδειχθεί ο «μη αποδιδόμενος» συνήθως σεβασμός στα υλικά αντικείμενα και στα φαινόμενα.
Η εμπειρία.
Πράγματα συνηθισμένα. Ρουφάει με το καλαμάκι και η πορτοκαλάδα ανεβαίνει στα χείλη της, πιέζει προς τα κάτω το στέλεχος και ανεβαίνει το χρωματιστό υγροσάπουνο για τα χέρια, οι βεντούζες κολλάνε στο τοίχωμα, είδε με τα μάτια της τον τζαμά να σηκώνει ένα απίστευτα βαρύ τζάμι με μια βεντούζα ή μια άλλη βεντούζα διαφορετική για το ξεβούλωμα του νεροχύτη, θυμάται και τη σύριγγα τότε που χρειάστηκε να της πάρουν αίμα, έκανε την καρδιά της πέτρα και κοίταξε τη σύριγγα που τράβαγε το αίμα, ανοίγει τη βρύση στην κουζίνας στον δεύτερο όροφο και το νερό έρχεται από τα χαμηλά, το νερό φθάνει ακόμα και στο καλοριφέρ του τρίτου αρκεί να γίνει η εξαέρωση, έχει προσέξει και την ηλεκτρική σκούπα καθώς τραβάει τη σκόνη κι ένα πρωινό θυμάται τον μπαμπά να κινεί ένα μοχλό και το νερό από το πηγάδι να ανεβαίνει.

Πράγματα παράξενα (Mathews 1994).
Στο σχολικό εργαστήριο, ένας τενεκές από λαμαρίνα, ο καθηγητής να αφαιρεί με μια αντλία τον αέρα και ο τενεκές να τσαλακώνεται σα να ήταν από χαρτί.

Τις προάλλες άκουσε την παράξενη ιστορία με εκείνα τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου, κάποιος είχε αφαιρέσει τον αέρα με μια αντλία και οκτώ άλογα τέσσερα από κάθε πλευρά δεν μπορούσαν να τα απομακρύνουν.
Το έκανε μόνη στο σπίτι. Ένα άδειο αλουμινόκουτο, το θέρμανε στο γκαζάκι κι ύστερα το έπιασε προσεκτικά με δύο πετσέτες και το έβαλε σε πιάτο με κρύο νερό, με το άνοιγμα προς τα κάτω. Το αλουμινόκουτο τσαλακώθηκε σαν να ήταν χαρτί. Πρόσεξε ότι και είχε τραβήξει νερό στο εσωτερικό του.
Το είδε με τα μάτια της . Ένα κερί σε λεκάνη με νερό και με ένα ποτήρι να σκεπάζεται το κερί και σε λίγο το κερί να σβήνει και το νερό να ανεβαίνει
Το έκανε μόνη της στο σπίτι. Το νερό στο ποτήρι, από πάνω ένα φύλλο χαρτί, αναστρέφει το ποτήρι και το νερό δεν χύνεται, το χαρτί μένει κολλημένο στα χείλη του ποτηριού και δεν πέφτει, λες και η βαρύτητα ξεχάστηκε.
Το έκανε μόνη της. Σφήνωσε ένα κομμάτι βαμβάκι στον πάτο του ποτηριού, αναποδογύρισε το ποτήρι και το βύθισε σε μεγαλύτερο διαφανές δοχείο με νερό. Ένιωσε να δυσκολεύεται για να το βυθίσει αλλά είδε με τα μάτια της ότι όσο και να το βύθιζε το βαμβάκι παρέμενε στεγνό
Η σκέψη: Ο αέρας «σπρώχνει»
Μεγαλώσαμε μέσα στον αέρα και το ότι «σπρώχνει» εντυπωσιακά συνήθως δεν το νιώθουμε (Driver et al. 1994). Μέχρι τον 17ο αιώνα οι άνθρωποι δεν είχαν φανταστεί πόσο μεγάλη είναι η δύναμη του ακίνητου αέρα. Ήξεραν βέβαια να φτιάχνουν αντλίες και να ανεβάζουν νερό από τα πηγάδια παρόλο που ήταν γνωστό και αινιγματικό ότι είναι αδύνατον να ανεβάσεις νερό από βάθος μεγαλύτερο των δέκα μέτρων.
Ο αέρας πάντα σπρώχνει (Knight 2004). Σπρώχνει το ταβάνι προς τα πάνω, σπρώχνει το τζάμι του παράθυρου προς τα έξω, σπρώχνει την οριζόντια επιφάνεια του νερού προς τα κάτω , αλλά η δύναμη την οποία ασκεί δεν είναι « κάτι που θα μπορούσε να προβλεφθεί από τη γνώση και μόνο της ύπαρξης του αέρα». Το «προς τα που θα σπρώξει» καθορίζεται από το «πώς είναι τοποθετημένη» η επιφάνεια ενώ το «πόσο θα σπρώξει» καθορίζεται και από τον ίδιο αλλά και από το «πόση είναι» η επιφάνεια στην οποία ασκείται. Η τιμή αυτής της δύναμης εξαρτάται και από το πόση είναι η επιφάνεια αλλά και από κάτι που έχει ο αέρας και αυτό το κάτι είναι η πίεση του αέρα στο σημείο εκείνο . «Δύναμη = εμβαδόν επιφάνειας επί πίεση» πίεση έγινε μια από τις ιδιότητες του αέρα και μία από τις αρχαιότερες εμπειρίες δίδασκε ότι η πίεση μιας ποσότητας αέρα αυξάνεται όταν μικραίνει ο όγκος και αντίστροφα. Τον 17ο αιώνα η πανάρχαια εμπειρία έγινε νόμος της Φυσικής ο οποίος έδινε απάντηση και στο ερώτημα « ποια ακριβώς είναι η σχέση της πίεσης με τον όγκο;» .
Αλλά για να διατυπωθεί ο σχετικός νόμος Boyle –Mariotte, ένας από τους πρώτους νόμους της Φυσικής, χρειάστηκε να επινοηθεί τρόπος για τη μέτρηση της πίεσης.
Η προσπάθεια για τη μέτρηση της πίεσης καρποφόρησε, όταν οι άνθρωποι ερευνητές ενδιαφέρθηκαν για το «τι συμβαίνει με την πίεση ενός υγρού».
Η γλώσσα της καθημερινής ζωής και η γλώσσα της επιστήμης
Τόσο εμείς όσο και οι μαθητές μας έχουμε ανατραφεί με τη γλώσσα της καθημερινής ζωής. Και στη γλώσσα της καθημερινότητας μάθαμε να λέμε ότι «το νερό ασκεί πίεση». Σύμφωνα με τη Φυσική, στην οποία η πίεση θεωρείται ιδιότητα του ρευστού, λέμε « η πίεση του νερού» και όχι «το νερό ασκεί πίεση».
Όπως και στην περίπτωση του αέρα η τιμή της «πιεστικής» δύναμης η οποία θα ασκηθεί, θα καθοριστεί και από το υγρό και από το «πόσο μεγάλη» είναι η επιφάνεια.
Η πίεση μεταφέρεται
Μια από τις πρώτες ιδέες που διατυπώθηκαν για την πίεση κάθε υγρού ήταν φαινομενικά παράξενη αλλά, στα μέσα του 17ου αιώνα, μέσα από την ιδιοφυία του Blaise Pascal έγινε νόμος τον οποίο αποδεχόμαστε μέχρι σήμερα.
Παράξενο. Ένα σημείο στη θάλασσα της Σαντορίνης θα «αισθανθεί» μια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με τον ίδιο τρόπο είτε βρίσκεται σε βάθος δύο μέτρων είτε σε βάθος

300 μέτρων. Αυτό σημαίνει ότι εάν, με ένα έμβολο, ασκήσουμε δύναμη στην επιφάνεια ενός υγρού, η δύναμη δεν μεταφέρεται, σε μια άλλη επιφάνεια, εκείνο που μεταφέρεται είναι η πίεση. Η δύναμη, εξάλλου, μπορεί να αυξηθεί. Η Αρχή καθοδήγησε τη σκέψη των ανθρώπων (Hewitt, 1995) στο να φτιάξουν έναν εκπληκτικό πολλαπλασιαστή δύναμης, το υδραυλικό πιεστήριο.

Εμπειρία. Αιχμηρά αντικείμενα

Η ιδέα του να οριστεί η πίεση τόσο με την αντίστοιχη πιεστική δύναμη όσο και με το εμβαδόν της επιφάνειας ενισχύθηκε και από την πανάρχαια εμπειρία των αιχμηρών αντικειμένων.

Η δασκάλα μας η Εμπειρία μας διδάσκει ότι αντικείμενα, όπως οι σουγιάδες, τα τσεκούρια, τα πιρούνια, τα καρφιά, τα νύχια της γάτας, οι γόβες στιλέτο, οι καρφίτσες, τα σπαθιά, κόβουν και τρυπάνε επειδή είναι αιχμηρά. Η Φυσική το «αιχμηρά » το μεταφράζει σε «έχουν σχετικά μικρή επιφάνεια » επινοεί την έννοια πίεση και την οικοδομεί έτσι ώστε κατά τη δράση μιας ορισμένης δύναμης, όταν η επιφάνεια είναι μικρή η πίεση να είναι μεγάλη.

Η έννοια πίεση σχετίζεται μόνο με δυνάμεις που περιγράφουν το «σπρώχνω», το «πιέζω» και το «συμπιέζομαι». Δεν έχει δηλαδή σχέση με δυνάμεις όπως η τριβή, ή όπως η δύναμη του τεντωμένου νήματος σε ένα αντικείμενο η οποία περιγράφει το γεγονός ότι το νήμα τραβάει το αντικείμενο. Όλες οι «πιεστικές» αυτές δυνάμεις παριστάνονται με μια ορισμένη Γεωμετρία, με ένα διάνυσμα κάθετο στην αντίστοιχη επιφάνεια

Η μεγάλη πρωταγωνίστρια. Η πίεση ως έννοια έχει περιορισμένο ενδιαφέρον για τη μελέτη των στερεών σωμάτων και περιορίζεται κυρίως στο να ερμηνεύσει φαινόμενα παραμορφώσεων. Κατά τη μελέτη όμως των υγρών και των αερίων η έννοια πίεση αναδεικνύεται σε μεγάλη πρωταγωνίστρια. Καταφέρνει τελικά να έχει τον πρώτο λόγο στην περιγραφή, την ερμηνεία και την πρόβλεψη τόσο της ισορροπίας των υγρών όσο και της σχετικής ροής .

Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας πίεση

Το πρώτο βήμα . Η αναγνώριση ενός γεγονότος το οποίο πάντοτε συμβαίνει χωρίς να γίνεται άμεσα αντιληπτό . Το γεγονός είναι ότι «ο αέρας σπρώχνει» (Holton 1985) και μάλιστα εντυπωσιακά.

Το δεύτερο βήμα . Η έμφαση στο ότι η δύναμη την οποία ασκεί ο αέρας δεν είναι « κάτι που ανήκει στον αέρα». Το «προς τα που θα σπρώξει» καθορίζεται από το «πώς είναι τοποθετημένη» η επιφάνεια ενώ το «πόσο θα σπρώξει» καθορίζεται *και* από τον ίδιο αλλά και από το «πόση είναι» η επιφάνεια την οποία σπρώχνει . Η ανεπάρκεια της έννοιας δύναμη στο να περιγράψει τα φαινόμενα με τον αέρα.

Το τρίτο βήμα . Η πρόταση για έναν ορισμό της έννοιας πίεση με τη σχέση «σπρώχνουσα δύναμη = εμβαδόν επιφάνειας επί πίεση » . Η μονάδα ένα pascal.

Η μετακίνηση από τη διατύπωση *πίεση που ασκεί ο αέρας* στη διατύπωση *πίεση του αέρα*.

Το τέταρτο βήμα . Η επίκληση σε «μνήμες πίεσης» . Η εμπειρία των αιχμηρών αντικειμένων ως ενίσχυση της ιδέας να οριστεί η πίεση με βάση τη «σπρώχνουσα»
(πιεστική) δύναμη και το εμβαδόν.

Το πέμπτο βήμα . Η εστίαση στην έννοια πίεση ενός υγρού προκειμένου να επινοηθεί τρόπος για τη μέτρηση της πίεσης. Η απάντηση στο ερώτημα «τι σημαίνει πίεση ενος υγρού σε μια περιοχή του;» Η πίεση του υγρού ως δυνατότητα του υγρού στο να σπρώχνει την επιφάνεια οποιουδήποτε επισκέπτη

Το έκτο βήμα . Η παρουσίαση της «παράξενης» ιδέας ότι κάθε μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια ενός υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλη την έκταση του υγρού, ενώ αυτο δεν ισχύει με τη μεταφορά δύναμης . Η Αρχή του Pascal. Η εφαρμογή του ότι μπορούμε να αυξάνουμε μια δύναμη

Το έβδομο βήμα . Η σχέση της πίεσης με τη βαρύτητα . Η αναγνώριση του ότι η πίεση ενός υγρού αυξάνεται με το βάθος εξαιτίας της βαρύτητας . Η έννοια *υδροστατική πίεση* ως «η λόγω βαρύτητας παραπάνω πίεση» κατά την ισορροπία ενός υγρού . Η μέτρηση της πίεσης. Το μανόμετρο.
Το όγδοο βήμα. Το φαινόμενο ισορροπία ενός ρευστού. Ισότητα πιέσεων στο ίδιο υψόμετρο σημαίνει ισορροπία του αρχικά ακίνητου ρευστού.
Το ένατο βήμα. Η παρουσίαση της ιδέας ότι «διαφορά πιέσεων» στο ίδιο υψόμετρο έχει ως αποτέλεσμα τη ροή του αρχικά ακίνητου ρευστού. Ο άνεμος. Ο νόμος Bernoulli.
Το δέκατο βήμα. Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το βαρόμετρο.
Το ενδέκατο βήμα. Η σχέση της πίεσης με τον όγκο ενός αερίου ανεξάρτητα από τη βαρύτητα. Ο νόμος Boyle-Mariotte .
Το δωδέκατο βήμα. Η έμφαση στο ότι «ένα αέριο έχει πάντα πίεση» ως γέφυρα για το πέρασμα στον Μικρόκοσμο.
Το δέκατο τρίτο βήμα. Η ιδέα ότι η τιμή της πίεση ενός αερίου σε δοχείο μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη από τη βαρύτητα . Τα μοντέλα *κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας*, *αντιστρεπτή μεταβολή* και *ιδανικό αέριο* ως στοιχεία για την οικοδόμηση της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων.
Το δέκατο τέταρτο βήμα. Η πίεση ως έννοια του Μακρόκοσμου και ο Μικρόκοσμος των αερίων

Τα δώδεκα πρώτα βήματα αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στο Γυμνάσιο. Τα βήματα από το ενδέκατο έως το δέκατο τέταρτο στη διδασκαλία της έννοιας στο Λύκειο.

Βιβλιογραφία

Κασσέτας, Ιωάννου, Ανδρέας (2000). *Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω*. Εκδόσεις Σαββάλα, Β΄έκδοση, Αθήνα.
Κασσέτας, Ιωάννου, Ανδρέας (2004). Το μήλο και το κουάρκ. Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα,

Brook, A., Briggs, H., Bell, B., Driver, R. (1984) Aspects of secondary students' understanding of heat, p. 48 Understanding of heat
Driver Rosalind, Squires Ann, Rushworth Peter,Wood-Robinson Valerie (1994). Making sense of secondary science. ed. Routledge, London and New York.
Gillispie, Coulston, Charles (1980) . *The Edge of Objectivity*. Σε ελληνική μετάφραση του Δημοσθένη Κούρτοβικ , Στην κόψη της αλήθειας, εκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης
Hewitt, G. Paul, (1985) Conceptual Physics. Ed. Little, Brown and Company, Boston - Toronto .
Holton Gerard (1985) *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science* ed. Princeton Uniersity Press, USA.
Knight D. Randall, (2004) Five easy lessons, Strategies for successful Physics tesching, ed. Addison Wesley. Σε ελληνική μετάφραση Παύλου Τζαμαλή, Πέντε εύκολα μαθήματα, εκδόσεις Δίαυλος , 2006.
Mathews R. Michael (1994) , Science Teaching, The Role of History and Philosophy of Science, ed. Routledge, New York London.
Segré, Emilio, (1983). Personaggi e scoperte della fisica classica, σε ελληνική μετάφραση Κωνσταντίνας Μεργιά – *Ιστορία της Φυσικής, τόμος Α΄*, εκδ. Δίαυλος, 1997

Η έννοια έννοια και η έννοια μάζα

Ανδρέας Βαλαδάκης (*Βαρβάκειο Λύκειο*)
Γιάννης Θάνος (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πειραιά*)
Κώστας Καμπούρης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου*)
Βαγγέλης Κολτσάκης (*Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης*)
Γιάννης Κυριακόπουλος (*2ο Λύκειο Αγίας Βαρβάρας*)
Πάνος Μουρούζης (*υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κέρκυρας*)
Γιώργος Μωραΐτης (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Μερκούρης Παναγιωτόπουλος (*2ο Λύκειο Χαλανδρίου*)
Θοδωρής Πιερράτος (*2ο Γενικό Λύκειο Εχεδώρου*)
Σπύρος Σαμιακός (*1ο Λύκειο Νέου Ηράκλειου*)
Γιώργος Φασουλόπουλος (*5ο Γυμνάσιο Καλλιθέας*)
Συντονιστής: Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας (*akasset@otenet*.gr)

Περίληψη

Η εργασία αυτή εντάσσεται στην ευρύτερη συλλογική εργασία με θέμα «Διδάσκοντας Φυσική στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η οικοδόμηση των εννοιών». Στο πρώτο αυτό μέρος επιδιώκεται να δοθούν σαφείς απαντήσεις στα ερωτήματα «ποιο ακριβώς είναι το σημαινόμενο του όρου έννοια και ειδικά του όρου τυπική έννοια ;» και «τι ακριβώς σημαίνει οικοδόμηση εννοιών;». Στη συνέχεια, αφού επισημανθεί ότι κάθε έννοια οικοδομείται από περιγράψιμο υλικό αλλά και συμμετέχει στην οικοδόμηση μιας άλλης έννοιας και τελικά της επιστήμης Φυσική, επιδιώκεται η αναζήτηση απαντήσεων στο «πώς θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε την όλη θεώρηση της οικοδόμησης των εννοιών κατά τη διδασκαλία μας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση;». Σαν πρώτο παράδειγμα γίνεται αναφορά στην έννοια μάζα με μια απόπειρα περιγραφής των εμπειρικών και νοησιακών στοιχείων από τα οποία οικοδομήθηκε η έννοια, για να ακολουθήσει μια πρόταση για την, μέσα από διδασκαλία, οικοδόμηση της έννοιας στη βαθμίδα Γυμνάσιο και στη Βαθμίδα Λύκειο.

Abstract
This work is anchored in the collective work on "Teaching Physics in Secondary Education. Construction of concepts". This first part seeks to give clear answers to questions "What exactly is signified the sense of the term conception, especially formal conception?" and "What does mean the term construction of a scientific concept?". In this issue, once it is observed that every concept it is constructed from describable material and it participates in the construction of another concept and finally in the building of physics, eventually takes place a search for answers in "How we could utilize the whole vision of construction concepts in our teaching in Secondary Education?". As a first example there is the concept of mass with an attempt to describe the empirical and mental data from which the concept "was built", followed by a proposal on the construction of the concept of mass through teaching in Gymnasium and Lyceum.

Η έννοια έννοια

Αφαιρέσεις σε προϊόντα αφαίρεσης

Η θλίψη, η αυτογνωσία, η απόλαυση, η πίεση, η ταχύτητα, η μαγνητικό πεδίο συνιστούν έννοιες που δεν προκύπτουν από εμπειρική αφαίρεση. Καμία από αυτές δεν παραμέμπει σε υλικό αντικείμενο. Έχουν όλες προκύψει από «αφαιρέσεις πάνω σε προϊόντα αφαίρεσης»,

νοησιακές δηλαδή διεργασίες που θα μπορούσαμε να τις χαρακτηρίσουμε αφαιρέσεις σε υψηλότερο επίπεδο. Στις αρχές του 20ου αιώνα ο Ernst Cassirer (1910) είχε προτείνει τις έννοιες αυτές να τις χαρακτηρίζουμε τυπικές. Καμία τους δεν έχει μορφικά χαρακτηριστικά και πρέπει να δεχθούμε ότι χωρίς αυτές δεν θα μπορούσε να καλλιεργηθεί η ανθρώπινη θεωρητική σκέψη. Αποτελούν τον βασικό κορμό για την οικοδόμηση της φιλοσοφίας και της επιστήμης. Εκατό χρόνια μετά τη διατύπωσή της η πρόταση του Cassirer διατηρείται σε ισχύ.
Η τυπική έννοια διαφέρει ουσιαστικά από την κατηγορική . Δεν έχει καμία σχέση με μορφικές ομοιότητες που υφίστανται μεταξύ διαφορετικών αντιτύπων σαν αυτές που υπάρχουν στις διαφορετικές ανεμώνες που έχουμε συναντήσει και μας οδηγούν στην έννοια ανεμώνα.
Για να οικοδομηθεί η τυπική έννοια, η ίδια η σκέψη αποδίδει στον εαυτό της ένα σύνολο θεωρήσεων και συσχετισμών. Πρόκειται για ένα «ανακλαστικό» εγχείρημα της ανθρώπινης σκέψης πάνω στον ίδιο τον εαυτό της, για αφαίρεση εντελώς διαφορετική από την εμπειρική. Έχουμε διαφοροποίηση των αντικειμένων πάνω στα οποία συντελείται. Από τη μια τα υλικά αντικείμενα, η εμπειρική αφαίρεση και η γέννηση της έννοιας χελιδόνι. Από την άλλη, προϋπάρχοντα τέκνα αφαίρεσης – χελιδόνι, ελέφαντας, κιβώτιο, χώρος, χρόνος, κίνηση – μια υψηλού επιπέδου αφαίρεση πάνω σε αυτά και η γέννηση της έννοιας αδράνεια. Το μονοπάτι για την αδράνεια είναι πολύ πιο ανηφορικό από εκείνο που οδηγεί στο χελιδόνι. Το ζήτημα έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για κάθε εκπαιδευτικό που είναι επιφορτισμένος να διδάξει Φυσική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Οικοδομείται αλλά και οικοδομεί.
Κάθε τυπική έννοια οικοδομείται αλλά και οικοδομεί (Κασσέτας 2000). Οικοδομείται με υλικό προερχόμενο λιγότερο από την άμεση εμπειρία και περισσότερο από εγχειρήματα της ανθρώπινης σκέψης. Παράλληλα συμβάλλει στην οικοδόμηση μιας άλλης έννοιας αλλά και στην οικοδόμηση μιας επιστήμης, όπως η Φυσική.

Στο εσωτερικό της Φυσικής.
Στο εσωτερικό της Φυσικής μπορεί κανείς να διακρίνει
α. τυπικές έννοιες αναφερόμενες σε οντότητες. Το φωτόνιο, το κύμα, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο συνιστούν έννοιες που παραπέμπουν σε οντότητες του Σύμπαντος.
β. τυπικές έννοιες που περιγράφουν ιδιότητες των αντικειμένων χωρίς το σημασιακό τους περιεχόμενο να υπάρχει ποσοτικό στοιχείο. Η αδράνεια, η αγωγιμότητα, η ελαστικότητα είναι ορισμένες από αυτές.
γ. τυπικές έννοιες/μεγέθη. Η δύναμη , η ροπή, το δυναμικό, η θερμοκρασία, το έργο, η ορμή αποτελούν έννοιες που όταν «ενηλικιώθηκαν», όταν δηλαδή επινοήθηκε τρόπος για τη μέτρησή τους, έγιναν έννοιες/μεγέθη. Για ορισμένες μάλιστα από αυτές – όπως η ταχύτητα, η δύναμη, η ένταση μαγνητικού πεδίου – η οικοδόμησή τους δεν ολοκληρώθηκε με την ποσοτικοποίησή τους. Χρειάστηκε να επινοηθεί και ένα γεωμετρικού χαρακτήρα στοιχείο – η κατεύθυνση – το οποίο θεωρήθηκε αναγκαίο για τον προσδιορισμό τους. Χαρακτηρίζονται διανυσματικά μεγέθη.

Διδάσκοντας φυσική

Οποιοσδήποτε και αν είναι ο χαρακτήρας της τυπικής έννοιας, ο διδάσκων Φυσική οφείλει να γνωρίζει ότι ο μαθητής αδυνατεί να την οικοδομήσει μόνος του (Lemeignan & Weil-Barais). Αυτό σημαίνει ότι δεν αρκεί το να μπαίνει στην τάξη και να ανακοινώνει το όνομά της και τον ορισμό της, αγνοώντας τα εμπειρικά χαρακτηριστικά που βρίσκονται πάντα στην άκρη του νήματος. Εκτιμούμε ενώ η οικοδόμηση μιας έννοιας απαιτεί μια απομάκρυνση από την εμπειρία, η διδασκαλία της έχει την ανάγκη μιας συνεργασίας με τα στοιχεία της εμπειρίας.

Τα εμπειρικά στοιχεία εξάλλου είναι εκείνα που θα επικυρώσουν το εάν μια έννοια «μπορεί να σταθεί στα πόδια της».

Η έννοια έννοια.

Η έννοια είναι τελικά μια συμπυκνωμένη γνώση, η οποία με την ύπαρξή της συμβάλλει στην ανάκληση άλλων γνώσεων. Μια έννοια δεν υπάρχει ποτέ μεμονωμένη στη σκέψη μας εφόσον α. για να την προδιορίσουμε είμαστε υποχρεωμένοι να επικαλεστούμε άλλες έννοιες και β. όταν εμφανιστεί στη σκέψη μας πυροδοτούνται συνειρμοί που μας οδηγούν σε άλλες έννοιες σχετιζόμενες με ποικίλλους τρόπους μαζί της. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι κάθε έννοια δεν υπάρχει παρά μόνο λόγω των σχέσεών της με άλλες έννοιες. Είναι όπως στο δίχτυ, όπου κάθε θηλιά δεν έχει αυτόνομη ύπαρξη. Υπάρχει λόγω των άλλων θηλιών με τις οποίες συνδέεται. Έτσι το δίχτυ συνιστά ένα σύνολο. Τέτοια είναι σε γενικές γραμμές η δομή της εννοιακής σκέψης. Τα στοιχεία της είναι οι έννοιες. Χάρη στις δυνατότητες της γλώσσας σχηματίζουν τις θηλιές ενός αδιασπαστου διχτυού που εμπεριέχει το σύνολο των γνώσεών μας. Η σκέψη μας είναι κυρίως μια απέραντη οργάνωση εννοιών.

Κάθε τυπική έννοια

α. προέρχεται από ανθρώπινη νοησιακή διεργασία υψηλού επιπέδου, από αφαίρεση σε προϊόντα αφαίρεσης

β. Έχει ένα ορισμένο σημαινόμενο το οποίο επιδιώκεται να περιγραφεί βάσει του ορισμού της.

γ. Έχει ένα δικό της <u>όνομα</u> - αφηρημένο ουσιαστικό – το οποίο συνιστά το σημαίνον της. Γι αυτό και στην ελληνική γλώσσα οφείλουμε να λέμε <u>η έννοια θερμοκρασία</u> (σε πτώση ονομαστική) <u>και όχι «η έννοια της θερμοκρασίας»</u>, μεταφράζοντας το αγγλικό the concept of temperature και ξεχνώντας ότι στις δομές της ελληνικής γλώσσας το θερμοκρασία είναι το όνομά της. Το ότι επιμένουμε να λέμε «η έννοια της θερμοκρασίας» ωθεί τον ακροατή μας στο να κατανοήσει ότι αναφερόμαστε «στο νόημα της θερμοκρασίας» δεδομένου ότι η λέξη έννοια στην καθομιλουμένη έχει πολλά σημαινόμενα.

Στις δομές της δικής μας γλώσσας , εφόσον θέλουμε να μεταφέρουμε το μήνυμα ότι υπάρχει μια έννοια με το όνομα θερμοκρασία, όπως λέμε ο κινηματογράφος Απόλλων και το θέατρο Ρεξ, πρέπει να λέμε η έννοια θερμοκρασία, να κάνουμε δηλαδή αυτό που κάνουν και οι Γερμανοί, η γλώσσα των οποίων έχει, από συντακτική σκοπιά, πολλά κοινά στοιχεία με την ελληνική.

Στο Συμπόσιο θα επιχειρήσουμε να φωτίσουμε το ζήτημα «οικοδόμηση των εννοιών» κατά τη διδασκαλία σε Γυμνάσιο και Λύκειο, εστιάζοντας στις έννοιες ΜΑΖΑ, ΠΙΕΣΗ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ, ΕΡΓΟ και ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Για κάθε μία από αυτές θα παρουσιάσουμε

α. τα βασικά «υλικά» - εμπειρία, ανθρώπινη σκέψη, κρίσιμες ιδέες, διεργασίες αφαίρεσης - από τα οποία <u>οικοδομήθηκε</u>

β. το «πώς» <u>συνέβαλε στην οικοδόμηση</u> της Φυσικής και, στη συνέχεια,

γ. την πρόταση για μια διδασκαλία βασιζόμενη στα παραπάνω.

Εξυπακούεται ότι, εκτός των άλλων, θα αναζητηθούν και απαντήσεις σε κρίσιμα ερωτήματα σχετιζόμενα με Αναλυτικά προγράμματα, όπως το «τι προτείνουμε για διδασκαλία στη βαθμίδα Γυμνάσιο και τι στη βαθμίδα Λύκειο ; ».

Η έννοια ΜΑΖΑ

Η διδασκαλία της έννοιας μάζα περιβάλλεται από αξιοσημείωτη σύγχυση η οποία χρονολογείται από τη δημοσίευση των Principia του Newton. Η σύγχυση οφείλεται στους πολλαπλούς εννοιολογικούς μανδύες που ενδύεται η λέξη μάζα στο πλαίσιο της κλασικής φυσικής. Στον ορισμό Ι των Principia (Newton 1686) η μάζα ορίζεται ως «ποσότητα της

ύλης», στο δεύτερο νόμο της κίνησης εμφανίζεται ως μέτρο της αδράνειας, ενώ στο νόμο της παγκόσμιας έλξης ως υπεύθυνη για την αμοιβαία βαρυτική έλξη μεταξύ των σωμάτων. Ο ίδιος ο Newton θεώρησε ότι απορρέει από το γινόμενο πυκνότητας και όγκου, οδηγώντας στη διατύπωση ενός μάλλον κυκλικού ορισμού, ενώ παρουσίασε ορισμένα «ακριβή πειράματα με εκκρεμή» για να θεμελιώσει ότι η μάζα είναι ανάλογη με το βάρος του σώματος. Με τον τρόπο αυτό νομιμοποίησε τη μέτρηση της μάζας με ζυγό, παρακάμπτοντας τις τεχνικές δυσκολίες της μέτρησης της αδρανειακής μάζας και πυροδοτώντας ατέρμονες συζητήσεις στους κύκλους των φυσικών και των φιλοσόφων (Mach 1883) μέχρι και σήμερα.
Η πολυσημία και η απουσία λειτουργικού ορισμού της μάζας (Segré 1983) έχει μεταφερθεί και στα σχολικά εγχειρίδια προκαλώντας σύγχυση τόσο στους εκπαιδευτικούς που καλούνται να διδάξουν την έννοια όσο και στους μαθητές. Πράγματι, στα εγχειρίδια παρουσιάζεται η έννοια μάζα να είναι είτε η ποσότητα ύλης ενός σώματος είτε/και το μέτρο της αδράνειας του σώματος (Holton 1985), η μέτρησή της όμως παραπέμπεται στη μέτρηση της βαρυτικής μάζας μέσω ζύγισης. Πώς όμως η ζυγαριά μετράει την ποσότητα ύλης ή την αδράνεια; Τι θα γινόταν αν μεταφερόμασταν σε περιβάλλον μικροβαρύτητας; πώς θα μετρούσαμε τότε τη μάζα (Πιερράτος 2009);
Έρευνες δείχνουν ότι η σύνδεση της μέτρησης της μάζας με το βάρος τροφοδοτεί τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, οδηγώντας τους για παράδειγμα να πιστεύουν ότι η μάζα μεταβάλλεται όπως και το βάρος.
Εύλογα λοιπόν εγείρονται διάφορα ερωτήματα. Μπορούμε να ορίσουμε την έννοια μάζα στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, είτε εννοιολογικά είτε λειτουργικά, με τρόπο ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση και να αποδομούνται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών; Είναι αναγκαίο, κατά τη διδασκαλία στο Λύκειο, να αποσαφηνίζεται η εννοιακή διαφορά αδρανειακής μάζας και βαρυτικής μάζας (Einstein & Infeld 1938) η οποία διατηρήθηκε στη φυσική μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα ;
Σε ποια εμπειρικά και εργαστηριακά δεδομένα πρέπει να στηριχθούμε για την εννοιακή της οικοδόμηση; Πώς πρέπει να προτείνεται η μέτρηση της μάζας (Arons 1990), στις βαθμίδες Γυμνάσιο και Λύκειο; Ποιους νόμους σχετιζόμενους με την έννοια μάζα θα συμπεριλάβουμε στα Αναλυτικά προγράμματα του μέλλοντος ; Είναι αναγκαίο να διδάσκεται ως ξεχωριστός νόμος, ο νόμος για τη Διατήρηση της μάζας τον οποίο ο Frank Wilczek (2008) θεωρεί «μηδενικό νόμο της κίνησης» αποδίδοντάς του τρομακτική δύναμη και μοιραία αδυναμία ; Θα ήταν δόκιμο να επεκταθούμε σε θεωρήσεις της έννοιας τις οποίες προτείνει η θεωρία της σχετικότητας και η κβαντική μηχανική;
Στο πλαίσιο της συζήτησης που θα αναπτυχθεί στη διάρκεια του Συμποσίου θα επιχειρηθεί να προταθούν απαντήσεις στις ερωτήσεις αυτές και να ξεκινήσει έτσι ένας γόνιμος διάλογος μεταξύ των συνέδρων.

Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας ΜΑΖΑ

Το πρώτο βήμα
είναι η αναγνώριση της διαφορετικής «δυσφορίας» που εκδηλώνει ένα οποιαδήποτε αντικείμενο κάθε φορά που επίκειται αλλαγή στην κινητική του κατάσταση (Feynman 1964).
Το δεύτερο βήμα
είναι η αναγνώριση της αναλογίας μάζας και βάρους
Το τρίτο βήμα
είναι η επινόηση ενός τρόπου για να μετρήσουμε τη μάζα.
Το τέταρτο βήμα
είναι η πρότασή μας για έναν ορισμό.
Το πέμπτο βήμα

είναι η ανάδειξη της προσθετικής ιδιότητας
Το έκτο βήμα
είναι η σχέση της μάζας ενός στερεού ή υγρού σώματος με τις μεταβολές θερμοκρασίας που προκαλούνται σε αυτό
Το έβδομο βήμα
είναι η παρουσίαση της ιδέας για τη Διατήρηση της μάζας
Το όγδοο βήμα
είναι η σύνδεσή της μάζας με τον δεύτερο νόμο της κίνησης
Το ένατο βήμα
είναι η μέτρηση της μάζας, απουσία βαρύτητας
Το δέκατο βήμα
Είναι η παρουσίαση της αδυναμίας της μάζας στο να περιγράψει ορισμένεςαδρανειακές εκδηλώσεις και η ανάγκη για την επινόηση μιας άλλης έννοιας, όπως η ροπή αδράνειας.
Το ενδέκατο βήμα
είναι η παρουσίαση στοιχείων της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Της θεώρησης ότι η μάζα ενός σώματος εξαρτάται από την ταχύτητά του και της σχέσης ισοδυναμίας μάζας και ενέργειας.
Το δωδέκατο βήμα είναι η θεωρία ότι το φωτόνιο δεν έχει μάζα
Τα επτά πρώτα βήματα αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στη βαθμίδα Γυμνάσιο. Τα βήματα από το δεύτερο έως το δωδέκατο αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στη βαθμίδα Λύκειο.

Βιβλιογραφία

Κασσέτας, Ι., Α. (2000). Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω. Έκδοση Β’, Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα.
Πιερράτος Θ. (2009) . Εργασία για μέτρηση της μάζας απουσία βαρύτητας. Πρώτο βραβείο στον διαγωνισμό της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (ESA) με θέμα «Πάρτε την τάξη σας στο Διάστημα».

Arons, A. (1990). A guide to introductory physics teaching, John Willey and Sons. Στην ελληνική μετάφραση Ανδρέα Βαλαδάκη, Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής, εκδ. Τροχαλία, 1992.
Cassirer E. (1910) Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik. Σε γαλλική μετάφραση Substance et fonction Éléments pour une théorie du concept, του Pierre Caussat, ed. Minuit, Paris, 1977 .
Einstein, A. & Infeld, L. (1938) The evolution of Physics. Simon and Schuster, New York
Feynman, R. (1964). The Feynman Lectures on Physics, Volume II. Addison-Wesley, USA.
Holton, G. (1985). Introduction to Concepts and Theories in Physical Science. Princeton Uniersity Press, USA.
Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). Σε ελληνική μετάφραση Νίκου Δαπόντε – Αγγελικής Δημητρακοπούλου, Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική εκδ. Τυπωθήτω, 1997.
Mach, E. (1883) Die Mechanik in ihrer entwinklung Η Μηχανική στην εξέλιξή της σελίδα 21 . Kritik des Massenbegriffs
Newton, I. (1686) Philosophiae Naturalis Principia Mathematica. Στην αγγλική μετάφραση του Andrew Motte αναθεωρημένη από τον Florian Cajori, University of California Press, 1934.
Segré, E., (1983). Personaggi e scoperte della fisica classica σε ελληνική μετάφραση Κωνσταντίνας Μεργιά – Ιστορία της Φυσικής, τόμος Α΄- εκδ. Δίαυλος, 1997.
Wilczek, F. (2008) The Lightness of being, Mass, Ether and the Unification of forces, Basic books. Σε μετάφραση Νίκου Αποστολόπουλου, Η ελαφρότητα του είναι εκδ. Κάτοπτρο, Αθήνα 2010.

Στρογγυλά Τραπέζια

Στρογγυλό Τραπέζι: Παιδαγωγική και Διδακτική Επάρκεια Εκπαιδευτικών

Συντονιστής: **Μικρόπουλος, Τ.,** Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Συμμετέχουν:
1**) Μικρόπουλος, Τ.,** Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
2**) Σιγάλας, Μ.,** Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
3) **Ζαφειριάδης Κ.,** Προϊστάμενος Επιστημονικής Παιδαγωγικής Καθοδήγησης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Α.Μ.Θ.

Στο στρογγυλό τραπέζι συζητούνται θέματα σχετικά με την παιδαγωγική και διδακτική επάρκεια των εκπαιδευτικών και παρουσιάζονται θέσεις και προβληματισμοί από εκπροσώπους Πανεπιστημιακών Τμημάτων Παιδαγωγικών και «Καθηγητικών» Σχολών αλλά και φορέων των Εκπαιδευτικών.

Παιδαγωγική και Διδακτική Επάρκεια Εκπαιδευτικών

Τάσος Α. Μικρόπουλος,
Πρόεδρος Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Η εκπαίδευση του μελλοντικού εκπαιδευτικού με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη συγκρότηση του επαγγελματικού προφίλ του, οφείλει να παρέχει τις απαραίτητες γνώσεις και να αναπτύσσει τις αντίστοιχες δεξιότητες ώστε ο εκπαιδευτικός να είναι σε θέση να προσδιορίζει με επιστημονικά έγκυρο τρόπο τις πρακτικές εργασίας του, καθώς και το πλαίσιο μέσα στο οποίο αυτές υλοποιούνται.

Οι στόχοι της παιδαγωγικής επάρκειας εμπλέκουν τέσσερις τομείς γνώσης:

τη γνώση για τη μαθησιακή διαδικασία και το μαθητή

τη γνώση για την οργάνωση του κατάλληλου διδακτικού και μαθησιακού περιβάλλοντος

τη γνώση για το σύστημα της τάξης και τη διαχείριση της γνώσης στην ομάδα

τη γνώση για το εκπαιδευτικό σύστημα και την κοινωνία.

Σύμφωνα και με τους παραπάνω τομείς, το περιεχόμενο ενός αναλυτικού προγράμματος για την απόκτηση παιδαγωγικής επάρκειας περιλαμβάνει τις ακόλουθες τρεις προσεγγίσεις που αναλύονται περαιτέρω σε αντίστοιχα γνωστικά αντικείμενα – μαθήματα:

διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης

ψυχοπαιδαγωγική προσέγγιση

διδακτική προσέγγιση.

Η παιδαγωγική επάρκεια αποτελεί προϋπόθεση για την ανάληψη εκπαιδευτικού έργου σε πολλές χώρες. Πρόσφατα, η παιδαγωγική και διδακτική επάρκεια έχει υιοθετηθεί και από το Υπουργείο Παιδείας Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων της χώρας μας και θεωρείται πλέον απαραίτητη για το διορισμό ή την πρόσληψη εκπαιδευτικών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Στο στρογγυλό τραπέζι θα συζητηθούν θέματα σχετικά με την παιδαγωγική και διδακτική επάρκεια και θα παρουσιασθούν θέσεις και προβληματισμοί από εκπροσώπους φορέων όπως Πανεπιστημιακά Τμήματα από τα οποία αποφοιτούν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί και από ομοσπονδίες εκπαιδευτικών.

Πιστοποιητικό Διδακτικής και Παιδαγωγικής Επάρκειας στη Σχολή Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ.

Μιχάλης Σιγάλας

Τμήμα Χημείας, Α.Π.Θ.

Μέχρι σήμερα οι απόφοιτοι των Τμημάτων της Σχολής Θετικών Επιστημών (ΣΘΕ) έχουν το δικαίωμα απρόσκοπτης διεκδίκησης θέσης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (συμμετοχή στις εξετάσεις του ΑΣΕΠ) με μόνο προσόν το πτυχίο ενός από τα Τμήματα της ΣΘΕ, εκτός των αποφοίτων του Τμήματος Τμήμα Πληροφορικής, οι απόφοιτοι του οποίου γίνονται με την προϋπόθεση της πρόσθετης κατάρτισης σε παιδαγωγικά και διδακτικά θέματα από την ΑΣΠΑΙΤΕ.

Πρόσφατα ορίσθηκε με Νόμο ότι το νομοθετημένο από το 1997 «Πιστοποιητικό Διδακτικής και Παιδαγωγικής Επάρκειας» (ΠΔΠΕ) θα αποτελεί προϋπόθεση συμμετοχής στις εξετάσεις του ΑΣΕΠ για το διορισμό των εκπαιδευτικών και ότι η παιδαγωγική και διδακτική επάρκεια πιστοποιείται με βεβαίωση περί επιτυχούς παρακολούθησης ειδικού προγράμματος σπουδών τουλάχιστον εξαμηνιαίας διάρκειας, το οποίο παρέχεται από τμήμα Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (Α.Ε.Ι.) ή από ομάδες συνεργαζόμενων τμημάτων του ίδιου ή περισσότερων Α.Ε.Ι..

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η έννοια της «καθηγητικής σχολής» δεν υφίσταται πλέον, και οι απόφοιτοι των Τμημάτων της Σχολής Θετικών Επιστημων (ΣΘΕ) που ενδιαφέρονται να απασχοληθούν επαγγελματικά στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση θα πρέπει να είναι κάτοχοι ΠΔΠΕ. Σημειώνεται ότι οι βασικές γνώσεις σε θέματα Διδακτικής των αντικειμένων και Παιδαγωγικής αποτελούν προϋπόθεση για τη δυνατότητα άσκησης εκπαιδευτικού έργου στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στις χώρες της ΕΕ. Ενόψει των σχετικών εξελίξεων επιτροπή που συστάθηκε από την Κοσμητεία της ΣΘΕ του Α.Π.Θ. έχει σήμερα (Ιανουάριος 2010) σχεδόν ολοκληρώσει εισήγηση σχετικά με την απόκτηση από τους φοιτητές ΠΔΠΕ, τα βασικά σημεία της οποίας είναι τα παρακάτω.

Αναγνωρίζεται ότι το ζήτημα της παιδαγωγικής και διδακτικής επάρκειας των εκπαιδευτικών αποτελεί επιτακτική ανάγκη και απαιτείται να αντιμετωπιστεί συνολικά. Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να διαθέτουν ταυτόχρονα *παιδαγωγική και διδακτική* επάρκεια και όχι απλώς παιδαγωγική κατάρτιση. Η παιδαγωγική επάρκεια αφορά γνώσεις σε θέματα αγωγής και η διδακτική επάρκεια γνώσεις μεθόδων διδασκαλίας και διδακτικής της επιστήμης του υποψήφιου καθηγητή.

Ένα αυτόνομο πρόγραμμα σπουδών (κύκλος σπουδών ΠΔΠΕ) παράλληλο με τις βασικές σπουδές, στο οποίο φαίνεται ότι προσανατολίζεται το Υπουργείο, θα πρέπει να συνδυάζεται αρμονικά με τις βασικές σπουδές και τις κατευθύνσεις των προγραμμάτων σπουδών κάθε Τμήματος, να είναι προσβάσιμο από όλους τους φοιτητές που ενδιαφέρονται να σταδιοδρομήσουν στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και να μην επιφέρει υπερβολικά μεγάλο πρόσθετο φόρτο εργασίας σε αυτούς.

Αποκλειστική ευθύνη για την εποπτεία της δομής του κύκλου σπουδών ΠΔΠΕ, τηνμ εκπαιδευτική διαδικασία και τη χορήγηση του ΠΔΠΕ έχει η Σχολή και τα Τμήματά της.

Ο κύκλος σπουδών ΠΔΠΕ πρέπει να συνδυασθεί με την ανάπτυξη της έρευνας στα Τμήματα σχετικής με την εκπαίδευση σε κάθε γνωστικό αντικείμενο ώστε να μην αποτελεί απλή κατάρτιση επαγγελματικού τύπου.

Στον κύκλο σπουδών ΠΔΠΕ πρέπει να δραστηριοποιούνται μέλη ΔΕΠ των Τμημάτων με διδακτική και ερευνητική εμπειρία σχετική με την εκπαίδευση, κάτι που προϋποθέτει διάθεση από το Υπουργείο των σχετικών νέων θέσεων ΔΕΠ.

Ο όποιος σχετικός νέος θεσμός πρέπει να διαθέτει βιωσιμότητα με τη διασφάλιση των Θπόρων που αφορούν την ανάπτυξη της υλικοτεχνικής υποδομής (κτίρια, αίθουσες, τεχνολογική υποδομή, διοικητική υποστήριξη, κλπ.).

Προτείνεται η λειτουργία ενός κύκλου σπουδών ΠΔΠΕ που θα παρέχει στους φοιτητές των Τμημάτων της Σχολής που το επιθυμούν όλα εκείνα τα μαθήματα τα οποία συνδέονται με:

(1) τη Διδακτική του γνωστικού αντικειμένου του αντίστοιχου Τμήματος και

(2) τη γενική Παιδαγωγική εκπαίδευση

Τη λειτουργία αυτού του προγράμματος θα συντονίζει και υποστηρίζει μια νέα οριζόντια μονάδα της σχολής. Η μονάδα αυτή θα διαθέτει το απαραίτητο για την αποστολή της διδακτικό και διοικητικό προσωπικό.

Ο κύκλος ΠΔΠΕ θα περιλαμβάνει σειρά μαθημάτων που θα οργανώνονται σε τρεις ομάδες υποχρεωτικών μαθημάτων και την πρακτική άσκηση:

Α. Μαθήματα Διδακτικής του αντικειμένου (υποχρεωτικά).

Β. Γενικότερα Μαθήματα Παιδαγωγικής εκπαίδευσης (υποχρεωτικά).

Γ. Πρακτική Άσκηση (υποχρεωτική).

Τα μαθήματα της ομάδας Α προσφέρονται από τα οικεία Τμήματα και αφορούν θέματα διδακτικής του αντικειμένου (πχ. μεθόδους διδασκαλίας του αντικειμένου, χρήση των νέων τεχνολογιών και των εφαρμογών τους στη διδασκαλία του αντικειμένου, στοιχεία της ιστορίας και εξέλιξης των ιδεών της κάθε επιστήμης, εργαστηριακές εφαρμογές), ενώ αυτά της ομάδας Β προσφέρονται από Τομείς ΠΤΔΕ ή ΦΠΨ και αφορούν γενικότερες γνώσεις Παιδαγωγικής, εκπαιδευτικής ψυχολογίας, μεθοδολογίας εκπαιδευτικής έρευνας, κλπ. Τέλος, σε ό,τι αφορά την Πρακτική Άσκηση (Γ), τονίζεται ότι το Υπουργείο Παιδείας πρέπει να εξασφαλίσει την έγκριση των σχετικών εγκυκλίων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση πρακτικής άσκησης στα σχολεία, αλλά και την απόσπαση των απαραίτητων εκπαιδευτικών στη ΣΘΕ.

Η Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών

Δρ. Ζαφειριάδης Κυριάκος

Προϊστάμενος Επιστ. Παιδ. Καθοδήγησης Β/θμιας Εκπ/σης Αν. Μακ. Θράκης

Σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα οι αποτελεσματικοί εκπαιδευτικοί διακρίνονται για την ικανότητά τους να δημιουργούν συναισθηματικό κλίμα στην τάξη, να οργανώνουν ένα αποτελεσματικό μαθησιακό περιβάλλον, να είναι προετοιμασμένοι πάντοτε στο μάθημα, οργανωμένοι και σαφείς. Όσον αφορά στον τομέα των κινήτρων που τους διακρίνουν, από την έρευνα καταγράφηκε ότι οι αποτελεσματικοί εκπαιδευτικοί ενδιαφέρονταν για τη μάθηση των μαθητών τους και για τη διδασκαλία, ενώ ως προς τη συμπεριφορά τους περιγράφονται ως ενθουσιώδεις. Σχετικά με τη συμμετοχή των μαθητών ως αποτελεσματικοί εκπαιδευτικοί χαρακτηρίζονται όσοι κινητοποιούν τους μαθητές και τους εμπλέκουν στη μαθησιακή δραστηριότητα και στη συζήτηση με ερωτήσεις αλληλεπίδρασης. Στον τομέα των κανονισμών και των βαθμών, οι αποτελεσματικοί εκπαιδευτικοί παρακινούν τους μαθητές και αντιμετωπίζουν ελάχιστες δυσκολίες στον έλεγχο της τάξης. Ακόμη, θέτουν δίκαιους κανόνες και βαθμολογούν αντικειμενικά.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα αποτελέσματα των ερευνών, όταν σχεδιάζονται προγράμματα κατάρτισης εκπαιδευτικών, δεν αρκεί αυτά να εστιάζουν μονοδιάστατα στην περιγραφή και στην απαρίθμηση των στοιχείων της συμπεριφοράς που συνθέτουν την εικόνα του αποτελεσματικού εκπαιδευτικού, γιατί η εξωτερική περιγραφή των χαρακτηριστικών δεν εξασφαλίζει τις δυνατότητες βελτίωσης. Απεναντίας, καλό θα ήταν εξασφαλιστεί η δυνατότητα και η ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς, εκτός από τη θεωρητική γνώση, να εφαρμόσουν τη γνώση σε συνθήκες καθημερινής διδακτικής πρακτικής. Ακόμη, όταν προσφέρονται στους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι καταρτίζονται, πολλές ευκαιρίες να διδάξουν στο ρεαλιστικό και πολυδιάστατο περιβάλλον της τάξης, εξασφαλίζουμε, παράλληλα, και τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη δηλωτική γνώση (τι να κάνω) σε διαδικαστική δραστηριότητα (πώς να το κάνω).

Προφορικές Εργασίες

Συνεδρία 1: Χρήση Πειραμάτων και Προσομοιώσεων στη Διδασκαλία της Φυσικής

Microcontrollers στη διδασκαλία της Φυσικής: μια προσομοίωση της κίνησης των ηλεκτρονίων σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

Δέσποινα Μ. Γαρυφαλλίδου Ph.D.

4ο Δημοτικό Σχολείο Ν. Ψυχικού, και
Επιστημονικός συνεργάτης του Εργαστηρίου Θετικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε του Πανεπιστημίου Πατρών
d.m.garyfallidou@upatras.gr ; d.m.garyfallidou@gmail.com

Περίληψη:
Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια νέα ηλεκτρονική συσκευή η οποία οδηγείται από ένα microcontroller και προσομοιάζει την κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα απλό κύκλωμα. Η συσκευή αποτελείται από ένα λαμπάκι, ένα διακόπτη και 32 LEDs (Light Emitting Diodes). Ο microcontroller προγραμματίστηκε να ανιχνεύει τη θέση του διακόπτη που υπάρχει στη κατασκευή, σε συνδυασμό με την παρουσία ή απουσία παροχής ρεύματος (DC ή AC) και ανάλογα να καθοδηγεί τα LEDs τα οποία αναπαριστούν τα ηλεκτρόνια που κινούνται στα «καλώδια» της εκπαιδευτικής πλακέτας. Στη συνέχεια μια διδακτική προσέγγιση με στόχο τη διδασκαλία των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων σχεδιάστηκε προσεκτικά. Στην διδακτική προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε και υλικό το οποίο είναι διαθέσιμο on-line. Ακολούθησε η εκπαιδευτική δοκιμή του on-line υλικού και της νέας πλακέτας. Μέρος από τα πρώτα αποτελέσματα από αυτή την εκπαιδευτική δοκιμή θα παρουσιαστούν εδώ, καθώς και οι παρατηρήσεις της ερευνήτριας.

Abstract:
In this paper a microcontroller-driven emulator board of a novel design is presented. The microcontroller has been programmed to detect the position of the switch-on-board, in combination to the presence or absence of electric current (either DC, or AC) and accordingly to drive some Light Emitting Diodes (LEDs) representing the moving electrons within the "circuit wires" emulated on the educational board. A teaching sequence, suitable for in order to teaching simple electrical circuits, has been carefully designed. During teaching, some material which had been designed by the author at an earlier time (and is available on-line) was used. The educational trial followed, testing together the on-line material in combination with the new microcontroller-driven device. The first results of this educational trial along with the observations made by the researcher will presented herein. .

Εισαγωγή

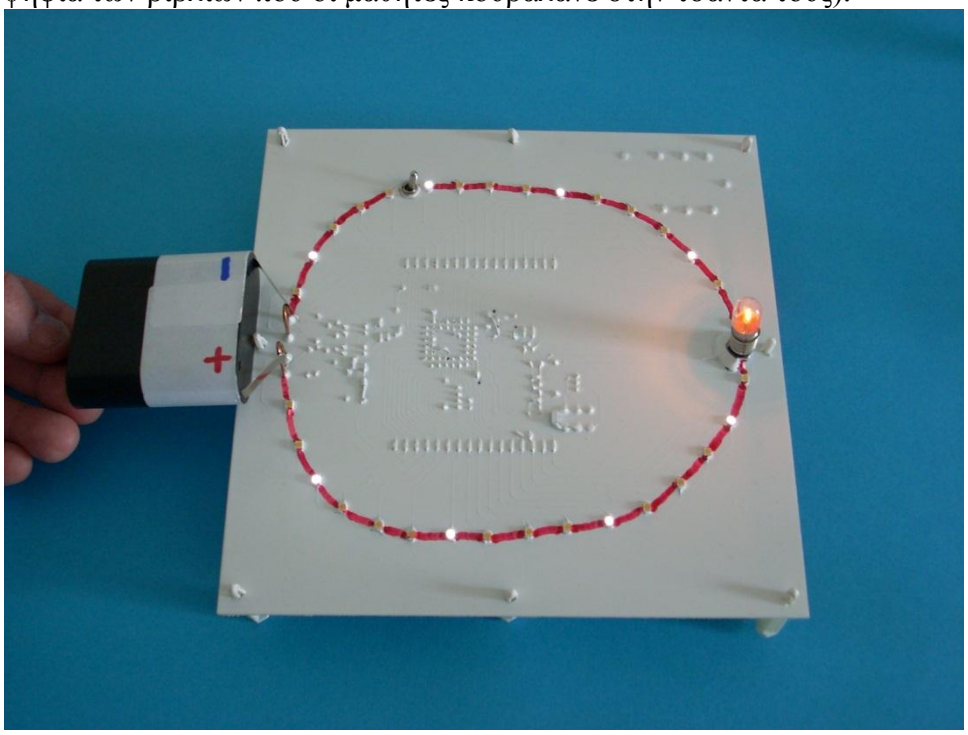
Η έρευνα στη διδασκαλία της φυσικής έχει δείξει ότι τα παιδιά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας της κίνησης των ηλεκτρονίων στο απλό κύκλωμα. Αναφέρουμε ενδεικτικά (Niedderer H. and Goldberg F 1985, Shipstone D 1988). Αυτό ίσως οφείλεται στο ότι η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι κάτι που τα παιδιά δεν μπορούν να δουν ή να αισθανθούν. Διάφορα νοητικά μοντέλα έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί σαν αναπαράσταση αυτού του φαινομένου, π.χ. το μοντέλο του σωλήνα με το νερό, το μοντέλο του κυλίνδρου μέσα στον οποίο κινούνται μπαλάκια αλλά το καθένα από αυτά παρουσιάζει τις δικές του δυσκολίες, και δημιουργεί τις δικές του παρανοήσεις. π.χ. σε κανένα από τα

μοντέλα αυτά δεν είναι προφανές ότι τα ηλεκτρόνια είναι κάτι που υπάρχει στο σύρμα και όχι κάτι με το οποίο τροφοδοτούμε τα καλώδια.
Στην εργασία αυτή, μια νέα ηλεκτρονική συσκευή η οποία προσομοιώνει την κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα παρουσιάζεται. Η ηλεκτρονική συσκευή η οποία καθοδηγείται από ένα microcontroller κατασκευάστηκε από την αρχή, και ακολούθησε η εκπαιδευτική της δοκιμή. Ο microcontroller προγραμματίστηκε να ανιχνεύει την παρουσία ή απουσία ρεύματος (AC ή DC) και ανάλογα να οδηγεί κάποια LEDs (Light Emitting Diodes) τα οποία αναπαριστούν την κίνηση των ηλεκτρονίων (εικόνα 1). Στη συνέχεια σχεδιάστηκε προσεκτικά η εκπαιδευτική εφαρμογή η οποία χρησιμοποίησε τη νέα αυτή ηλεκτρονική συσκευή καθώς και υλικό το οποίο είχε δημιουργηθεί παλαιότερα από την συγγραφέα και είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο http://www.garyfallidou.org/gr_index.html Ακολούθησε η εκπαιδευτική δοκιμή. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν μόνο οι παρατηρήσεις της ερευνήτριας

Η ηλεκτρονική συσκευή αναλυτικά

Η ηλεκτρονική συσκευή κατασκευάστηκε σε συνεργασία με Ελληνική εταιρία η οποία εξειδικεύεται στην κατασκευή ηλεκτρονικών. Μετά από αρκετές συνομιλίες μεταξύ της ερευνήτριας, η οποία καθόρισε τις εκπαιδευτικές προδιαγραφές και απαιτήσεις και του τεχνικού ο οποίος καθόρισε τις τεχνικά πραγματοποιήσιμες προδιαγραφές, καθορίστηκε το σχήμα της νέας συσκευής. Η πιο σημαντική απαίτηση της ερευνήτριας ήταν η προφανής και σαφής διαφοροποίηση ανάμεσα στην λάμπα που θα χρησιμοποιείτο στο κύκλωμα, και σε οτιδήποτε θα χρησιμοποιείτο για να αναπαραστήσει τα ηλεκτρόνια. Αποφασίστηκε τελικά να χρησιμοποιηθεί μια γνωστή (τουλάχιστον μέχρι πρόσφατα) στους μαθητές εργαστηριακού τύπου λάμπα πυρακτώσεως στο κύκλωμα, ενώ LEDs τύπου SMD (Surface Mounted Device), δηλαδή εξαιρετικά μικρά και σχεδόν επίπεδα, χρησιμοποιήθηκαν για να αναπαραστήσουν τα ηλεκτρόνια.
Αυτά τα 32 LEDs τοποθετήθηκαν στην περιφέρεια ενός κύκλου. Η μεταξύ τους απόσταση είναι περίπου ένα εκατοστό. Η περιφέρεια του κύκλου πάνω στον οποίο είναι τοποθετημένα τα ηλεκτρόνια χρωματίστηκε κόκκινη. Αυτή η κόκκινη γραμμή, μαζί με τα ηλεκτρόνια που έχουν τοποθετηθεί πάνω σε αυτή αναπαριστά τα καλώδια του κυκλώματος. Κόκκινα είναι και τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στο streaming video από το on line υλικό (το οποίο παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος) και εξηγεί στους μαθητές πώς να κατασκευάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα που περιέχει ένα λαμπάκι. Για το λόγο αυτό επιλέχτηκε το κόκκινο χρώμα και για τα «καλώδια» της ηλεκτρονικής συσκευής.
Η χρήση της νέας ηλεκτρονικής συσκευής, δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να πειραματιστούν και να παρατηρήσουν το φαινόμενο που προσομοιώνει, κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί με κάποιο άλλο τρόπο σε ένα σχολικό εργαστήριο φυσικής. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί προσομοίωση με πρόγραμμα σε υπολογιστή, αλλά η ιδέα αυτή απορρίφτηκε για πολλούς λόγους. Θεωρούμε ότι σε αυτή την ηλικία είναι καλύτερο οι μαθητές να χειρίζονται φυσικά αντικείμενα και όχι το πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Σε μια πειραματική διάταξη οι μαθητές θα πρέπει να τοποθετήσουν μόνοι τους την μπαταρία και θα παρατηρήσουν ότι αν δεν τοποθετηθεί σωστά το κύκλωμα δεν θα αντιδράσει όπως θα ανέμεναν. Αντίθετα σε μια προσομοίωση στην οθόνη ενός υπολογιστή, τα αντικείμενα τοποθετούνται πάντοτε σωστά. Η χρήση προσομοιώσεων στην οθόνη υπολογιστή εμφανίζει όπως αναφέρουν οι Ioannidis G. S. and Garyfallidou D. M 2001, πλεονεκτήματα σε πολλές άλλες περιπτώσεις π.χ. προσομοίωση πειραμάτων στα οποία αλλάζει ή και μηδενίζεται η δύναμη της τριβής, προσομοίωση της κίνησης των πλανητών κ.α. δηλαδή σε περιπτώσεις που το πείραμα δεν μπορεί να εκτελεστεί με πειραματικές διατάξεις τις οποίες να μπορούν να

χειριστούν οι μαθητές, ή η όποια πειραματική διάταξη είναι εξαιρετικά ακριβή για να υπάρχει σε κάθε σχολικό εργαστήριο.
Καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε η ηλεκτρονική συσκευή να είναι αρκετά ελκυστική, ώστε να τραβήξει την προσοχή των μαθητών.
Είναι προφανές ότι η χρήση της συσκευής έπρεπε να ενσωματωθεί σε μια διδασκαλία που θα διαπραγματευόταν τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνολικά. Για το σκοπό αυτό προσαρμόστηκε κατάλληλα μια διδασκαλία που είχε ήδη δοκιμαστεί με μαθητές (Garyfallidou D. M. 2009). Αυτή η προηγούμενη εκπαιδευτική δοκιμή ανέδειξε την ανάγκη για τη δημιουργία αυτής της ηλεκτρονικής συσκευής. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην εκπαιδευτική δοκιμή όπως ήδη αναφέρθηκε υπάρχει ελεύθερο στο διαδίκτυο.
Η ηλεκτρονική συσκευή είναι ασφαλής για χρήση από μαθητές, και εύκολη στη χρήση της, ακόμα και από πολύ μικρούς μαθητές δοκιμάστηκε σε επίπεδο συνέντευξης από παιδιά των πρώτων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Πριν όμως τόσο το υλικό όσο και η συσκευή χρησιμοποιηθούν στην τάξη ο εκπαιδευτικός καλό είναι να μελετήσει το υλικό που βρίσκεται στο site για να αποφασίσει τι από αυτό θέλει να χρησιμοποιήσει με τους μαθητές του.
Η συσκευή είναι περίπου στο μέγεθος ενός τετραδίου και ελαφρύτερη από ένα βιβλίο (από την πλειοψηφία των βιβλίων που οι μαθητές κουβαλάνε στην τσάντα τους).



Εικόνα 1.

Η νέα ηλεκτρονική συσκευή αποτελείται από 32 LEDs, ένα εργαστηριακού τύπου λαμπτήρα πυρακτώσεως, ένα διακόπτη, ενώ μία «είσοδος» του microcontroller έχει προγραμματιστεί να ανιχνεύει την παρουσία ή απουσία ρεύματος δηλαδή λειτουργεί σαν «αισθητήρας ηλεκτρισμού». Μια εξωτερική πηγή (AC ή DC) μπορεί να συνδεθεί στον αισθητήρα. Η πηγή αυτή παρέχει ισχύ στη συσκευή. Όταν η πηγή δεν είναι συνδεδεμένη σωστά, τα «ηλεκτρόνια» συμπεριφέρονται με περίεργο (μη αναμενόμενο) τρόπο (όπως δηλαδή στην περίπτωση του ανοικτού κυκλώματος). Έτσι τα παιδιά συνειδητοποιούν ότι μόνο όταν το κύκλωμα είναι κλειστό και η μπαταρία έχει συνδεθεί σωστά θα ανάψει το λαμπάκι. (εικόνα 1).
Ο microcontroller (μικροελεγκτής) είναι ένας μικρός υπολογιστής, σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα. (IC - chip) το οποίο περιέχει έναν επεξεργαστή(CPU), μνήμη RAM, μνήμη Flash,Timers και προγραμματιζόμενα περιφερειακά εισόδου εξόδου. Ένας microcontroller

είναι ένα είδος μικρού υπολογιστή. Οι microcontrollers χρησιμοποιούνται σε πολλές οικιακές συσκευές, μια και είναι κατασκευασμένοι να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες, σε αντίθεση με τους microprocessors (μικροεπεξεργαστές) οι οποίοι χρησιμοποιούνται για εφαρμογές γενικής χρήσης όπως π.χ. σε ένα προσωπικό υπολογιστή.
Ο microcontroller που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή, προγραμματίστηκε να αναγνωρίζει 7 διακριτές περιπτώσεις:
Την παρουσία DC ρεύματος προς τη φορά του ρολογιού, και το διακόπτη στη θέση on (κλειστό κύκλωμα).
Την παρουσία DC ρεύματος αντίθετα προς τη φορά του ρολογιού, και το διακόπτη στη θέση on (κλειστό κύκλωμα).
Την παρουσία DC ρεύματος προς τη φορά του ρολογιού, και το διακόπτη στη θέση off (ανοιχτό κύκλωμα).
Την παρουσία DC ρεύματος αντίθετα προς τη φορά του ρολογιού, και το διακόπτη στη θέση off (ανοιχτό κύκλωμα).
Την παρουσία AC ρεύματος και το διακόπτη στη θέση on (κλειστό κύκλωμα).
Την παρουσία AC ρεύματος και το διακόπτη στη θέση on (ανοιχτό κύκλωμα).
Την απουσία ηλεκτρικού ρεύματος. Σε αυτή την περίπτωση η θέση του διακόπτη είναι αδιάφορη γιατί το κύκλωμα είναι ανοιχτό και ο μικροεπεξεργαστής οδηγεί τα LEDs και την λάμπα κατάλληλα.
Όταν το κύκλωμα είναι κλειστό (περιπτώσεις a, b, e) ο microcontroller αναβοσβήνει τα LEDs διαδοχικά, με φορά από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας, προς το θετικό, και η λάμπα ακτινοβολεί. Όταν το κύκλωμα είναι ανοιχτό, (περιπτώσεις c, d, f και g) ο microcontroller αναβοσβήνει τα LEDs με τυχαίο τρόπο (προσομοιώνοντας την κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων) και η λάμπα δεν ακτινοβολεί.

Σύνδεση με τη θεωρία και ερευνητικές παρατηρήσεις

Όπως ήδη αναφέρθηκε, για την εκπαιδευτική δοκιμή της συσκευής δημιουργήθηκε μια νέα διδακτική προσέγγιση. Στην αρχή ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα απλό κύκλωμα. Οι μαθητές δούλεψαν σε ζευγάρια για το σκοπό αυτό. Οι περισσότεροι μαθητές δεν κατάφεραν να δημιουργήσουν το απλό κύκλωμα μόνοι τους. Τα κατάφεραν όμως όλοι, αφού παρακολούθησαν το σχετικό βίντεο. Στη συνέχεια οι μαθητές ρωτήθηκαν τι πιστεύουν ότι συμβαίνει όταν συνδέεται η μπαταρία, και αναγκάζει το λαμπάκι να ακτινοβολήσει. Αφού ακούστηκαν κάποιες απαντήσεις μαθητών, παρουσιάστηκε στους μαθητές η νέα συσκευή, και αναλύθηκε διεξοδικά η σχετική θεωρία. Αρχικά η συσκευή προσημειώνει την απουσία ρεύματος. Οι μαθητές γνωρίζουν από την θεωρία ότι «όταν δεν υπάρχει μπαταρία στο κύκλωμα, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται τυχαία, και η λάμπα δεν ακτινοβολεί». Στην προσομοίωση, διάφορα LEDs αναβοσβήνουν με τυχαίο τρόπο, και η λάμπα δεν ακτινοβολεί.
Η θεωρία λέει ότι «μόλις η μπαταρία συνδεθεί στο κύκλωμα, και το κύκλωμα κλείσει, δηλαδή όλα τα καλώδια έχουν συνδεθεί σωστά, και ο διακόπτης είναι στη θέση on η διαφορά δυναμικού (τάση) που εφαρμόζεται στο κύκλωμα από την μπαταρία αναγκάζει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια να κινηθούν από το σημείο με το χαμηλό δυναμικό προς αυτό με το υψηλό, δηλαδή από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας προς το θετικό. Τα κινούμενα αυτά ηλεκτρόνια είναι μια μορφή ηλεκτρικού ρεύματος.
Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε τα εξής: α) στην ελληνική γλώσσα χρησιμοποιείται η έκφραση «άνοιξε τα φώτα» που σημαίνει κλείσε το κύκλωμα και το διακόπτη. Αυτό δημιουργεί μία επιπλέον δυσκολία στη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.
β) στα περισσότερα σχολικά βιβλία ως ηλεκτρικό ρεύμα αναφέρεται η κίνηση ηλεκτρονίων και όχι και η κίνηση ιόντων. Με δεδομένο ότι η ηλεκτρονική συσκευή προσομοιάζει μόνο

την κίνηση ηλεκτρονίων, και την ηλικία των μαθητών που συμμετείχαν στην εκπαιδευτική δοκιμή (9-10 ετών) στην εκπαιδευτική δοκιμή, έγινε αναφορά μόνο στην κίνηση των ηλεκτρονίων. Στο on line υλικό όμως που χρησιμοποιήθηκε αναφέρεται ο επιστημονικά ορθός ορισμός.
Η ηλεκτρονική συσκευή όταν ανιχνεύσει μπαταρία συνδεδεμένη και διακόπτη στη θέση on, ανάβει και σβήνει τα LEDs διαδοχικά, αναπαριστώντας την κίνηση των ηλεκτρονίων και ακολουθώντας πάντα τη φορά από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας προς το θετικό. Αν η μπαταρία συνδεθεί με αντίθετη φορά, τα LEDs θα ανάβουν και θα σβήνουν διαδοχικά, ακολουθώντας πάλι την κατεύθυνση από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας προς το θετικό. Η κατεύθυνση περιστροφής των ηλεκτρονίων δεν επηρεάζει την λάμπα η οποία ακτινοβολεί και στις δύο περιπτώσεις.

Οι μαθητές γνωρίζουν ακόμα από τη θεωρία ότι «ηλεκτρικό ρεύμα υπάρχει μόνο σε κλειστό κύκλωμα, συνεπώς εάν ο διακόπτης είναι στη θέση off (ανοιχτό κύκλωμα) ακόμα και αν υπάρχει μπαταρία στο κύκλωμα, δεν υπάρχει εξαναγκασμένη κίνηση ηλεκτρονίων. Σε αυτή την περίπτωση τα ηλεκτρόνια κινούνται τυχαία και η λάμπα δεν ακτινοβολεί».
Στην προσομοίωση, στην περίπτωση που ο διακόπτης είναι στη θέση off (ανοιχτό κύκλωμα) ανεξάρτητα από το αν υπάρχει ή δεν υπάρχει μπαταρία στο κύκλωμα, τα LEDs αναβοσβήνουν τυχαία, και η λάμπα δεν ακτινοβολεί.
Όταν παρουσιάστηκαν όλες οι πιθανές καταστάσεις και εξηγήθηκε σχολαστικά η θεωρία, οι μαθητές (ένα ζευγάρι κάθε φορά) πειραματίστηκαν με τη συσκευή. Τους ζητήθηκε να προσπαθήσουν όλους τους πιθανούς συνδυασμούς μπαταρίας - διακόπτη και να παρατηρήσουν προσεκτικά το αποτέλεσμα.
Η συσκευή υποστηρίζει και εναλλασσόμενο ρεύμα. Στην περίπτωση αυτή, ένας κοινός μετασχηματιστής παρέχει στο κύκλωμα 12V AC. Για το εναλλασσόμενο ρεύμα η θεωρία αναφέρει ότι «Το **εναλλασσόμενο** ηλεκτρικό ρεύμα **AC** είναι το ρεύμα του οποίου το μέγεθος και η κατεύθυνση μεταβάλλεται περιοδικά. Η συχνότητα της πηγής καθορίζει το πόσες φορές στο λεπτό αλλάζει η φορά της κίνησης». Η συσκευή, όταν αναγνωρίσει εναλλασσόμενο ρεύμα, μειώνει την συχνότητα, έτσι ώστε η εναλλαγή της κίνησης να είναι αισθητή από το ανθρώπινο μάτι. Η κατεύθυνση της κίνησης αλλάζει από αριστερόστροφη σε δεξιόστροφη, και οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν την αλλαγή στη φορά της κίνησης. (όχι όμως στο μέγεθος του ρεύματος).
Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι ο τύπος του ρεύματος που χρησιμοποιείται περισσότερο στην καθημερινή ζωή, αφού είναι το ρεύμα που η ΔΕΗ (και γενικότερα οι εταιρίες παραγωγής ρεύματος) παρέχουν στα σπίτια. (ακόμα και το ρεύμα που παράγεται από φωτοβολταϊκά στοιχεία, μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο για να φτάσει στον τελικό χρήστη).
Παρ΄ όλα αυτά και παρόλο που το σχετικό βίντεο υπάρχει στο on-line υλικό (http://www.garyfallidou.org/gr_electricity.html) το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, το εναλλασσόμενο ρεύμα δεν διδάχτηκε στους μαθητές. Θεωρήθηκε σκόπιμο να αναβληθεί η διδασκαλία του για αργότερα, για πολλούς λόγους όπως α) γιατί η κατανόηση του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πιο δύσκολη για τους μαθητές, οι οποίοι δεν βλέπουν τον αρνητικό και το θετικό πόλο, (σε κανονικές συνθήκες δεν μπορούν να διακρίνουν την αλλαγή στην κίνηση του ρεύματος), αλλά βλέπουν την λάμπα να ακτινοβολεί συνεχώς, και β) από φόβο μήπως οι μαθητές θελήσουν να πειραματιστούν και μόνοι τους στο σπίτι, χρησιμοποιώντας ρεύμα από τις πρίζες. Αυτό γιατί στο εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιείται μετασχηματιστής που συνδέεται με την πρίζα ο οποίος κατεβάζει την τάση στα 12V. Οι μαθητές που συμμετείχαν στην εκπαιδευτική δοκιμή ήταν πολύ μικροί (9-10 ετών) και πιθανόν δεν καταλαβαίνουν τη διαφορά μεταξύ των 220V ρεύματος που παρέχει η πρίζα και των 12V του μετασχηματιστή. (ένας ακόμα παράγοντας που πιθανόν επηρεάζει την συμπεριφορά των μαθητών είναι οι διάφορες παιδικές τηλεοπτικές εκπομπές τύπου comics όπου οι ήρωες κάνουν διάφορα επικίνδυνα πράγματα π.χ. αγγίζουν καλώδια ή πρίζες, και

τελικά επιβιώνουν με μικρά μόνο προβλήματα). Έτσι η διδασκαλία του εναλλασσόμενου ρεύματος αναβλήθηκε για αργότερα, όταν οι μαθητές θα έχουν κατανοήσει το συνεχές ρεύμα, και την έννοια τάσης (μπαταρία, πρίζα, γραμμή μεταφοράς ΔΕΗ).

Η Εκπαιδευτική δοκιμή

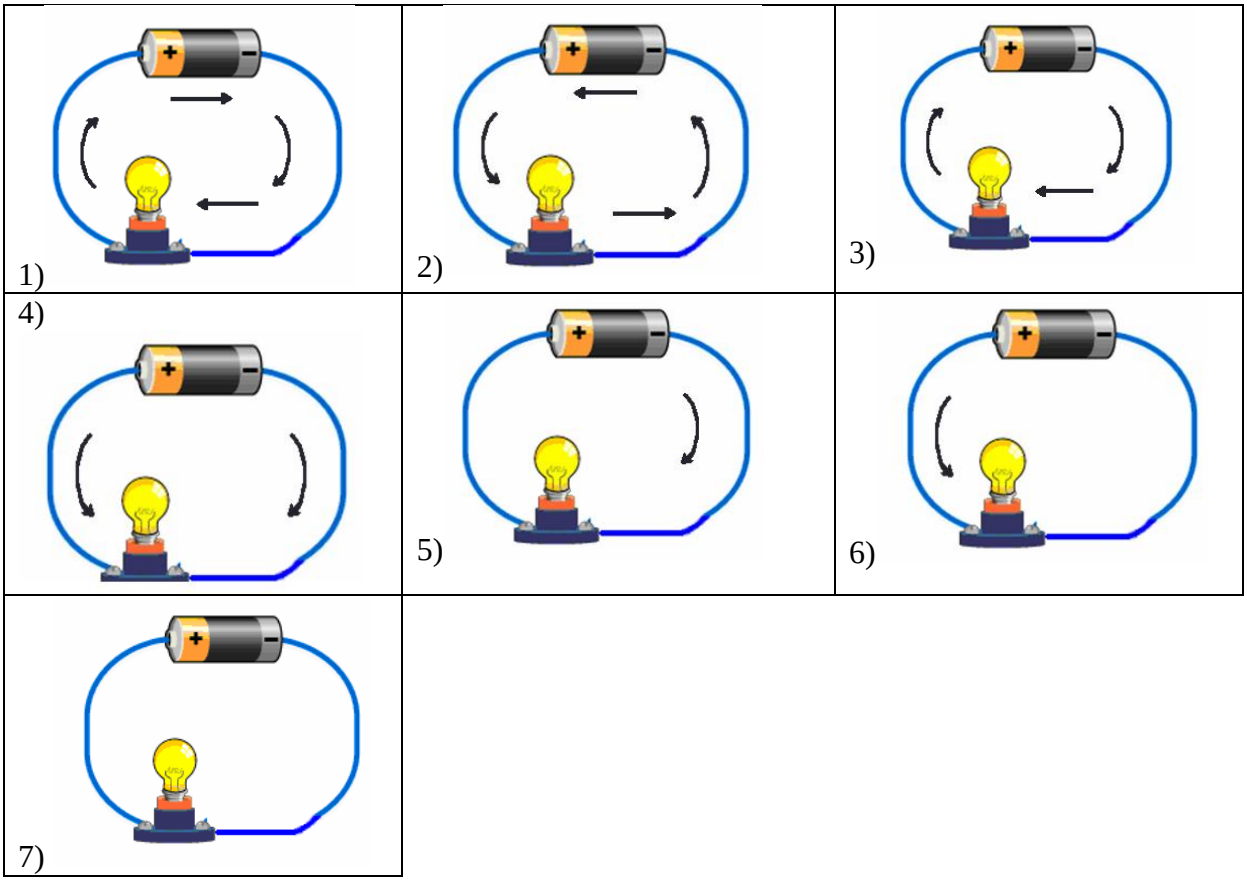
Ακολούθησε η εκπαιδευτική δοκιμή της νέας πλακέτας. Είναι προφανές ότι η συσκευή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα, για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μια σειρά μαθημάτων για τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.
Οι μαθητές συμπλήρωσαν το pre test πριν τη διδασκαλία ώστε να διερευνηθεί τι ήξεραν ήδη για τα ηλεκτρικά κυκλώματα και το ηλεκτρικό ρεύμα. Ακολουθήθηκαν οι διεθνώς αποδεκτές πρακτικές στην έρευνα της διδασκαλίας της επιστήμης. Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε προσεκτικά, και καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε οι ερωτήσεις να είναι σαφείς και σωστά διατυπωμένες. Αυτό είναι πολύ σημαντικό ώστε να αποφευχθούν τα συστηματικά σφάλματα.
Δεδομένου ότι το ηλεκτρικό ρεύμα έχει ένα καθοριστικό ρόλο στην καθημερινή ζωή, οι μαθητές διαμορφώνουν τις πρώτες ιδέες για το ηλεκτρικό ρεύμα σε πολύ μικρή ηλικία. Οι περισσότερες όμως από αυτές τις ιδέες δεν είναι επιστημονικά ορθές.
Είναι επίσης γνωστό, ότι συχνά οι εκπαιδευτικοί και ιδιαίτερα οι δάσκαλοι, έχουν διαμορφωμένες ιδέες που δεν είναι επιστημονικά ορθές. Για να αποφευχθεί η δημιουργία επιπλέον παρανοήσεων οι οποίες θα προέρχονταν από το δάσκαλο, η νέα πλακέτα μαζί με το δικτυακό εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε www.garyfallidou.org αποφασίσθηκε η εκπαιδευτική δοκιμή να πραγματοποιηθεί σε μαθητές 4^{ης} τάξης δημοτικού σχολείου. Αποφασίσθηκε ότι οι μαθητές θα δούλευαν σε ζευγάρια, ώστε να μπορούν να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν.
Η εκπαιδευτική δοκιμή συνεχίζεται σε δημοτικά σχολεία που επιλέχτηκαν τυχαία. Στην παρούσα ανακοίνωση, παρουσιάζονται τα πρώτα αποτελέσματα από μια ομάδα 19 μαθητών.
Μερικές εβδομάδες μετά την εκπαιδευτική δοκιμή, οι μαθητές συμπλήρωσαν το post test.
Αυτό χρειάστηκε μία ακόμα ώρα, αλλά ήταν απαραίτητο αφού αποτελεί την μόνη μέθοδο για την μέτρηση της επιτυχίας της νέας διδακτικής προσέγγισης και της πλακέτας. Ακολούθησε η ανάλυση των δεδομένων. Η εκπαιδευτική αξιολόγηση της νέας διδακτικής προσέγγισης και της πλακέτας προκύπτει από την σύγκριση του ερωτηματολογίου pre test με αυτό του post test τα οποία είχαν τις ίδιες ερωτήσεις.

Η ανάλυση των δεδομένων

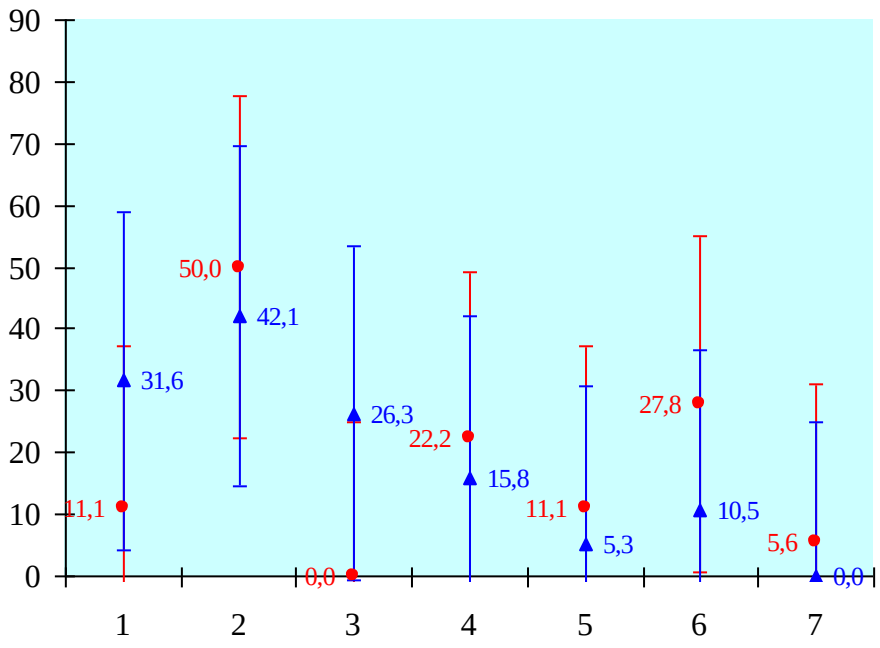
Όλοι οι στατιστικοί υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με ειδικά κατασκευασμένο λογισμικό, σε συνδυασμό με υπολογιστικό και σχεδιαστικό πακέτο. Υπολογίστηκε για κάθε σημείο καθενός διαγράμματος η στατιστική διασπορά (variance) όπως και η τυπική απόκλιση σύμφωνα με τη διόρθωση κατά Bessel (Bessel-corrected standard deviation). Το συστηματικό σφάλμα υπολογίστηκε σε 2,5%. Το τελικό συνολικό σφάλμα υπολογίσθηκε (για κάθε σημείο) αθροίζοντας τα τετράγωνα των συστηματικών και των στατιστικών σφαλμάτων, και λαμβάνοντας την τετραγωνική ρίζα του αθροίσματός τους.
Τα δεδομένα παρουσιάζονται με την μορφή συνδυαστικών ιστογραμμάτων. Οι κόκκινοι κύκλοι αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα του pre test και οι αριθμητικές τιμές εμφανίζονται στην αριστερή πλευρά, ενώ τα μπλε τρίγωνα απεικονίζουν τα δεδομένα του post test και οι αριθμητικές τιμές των δεδομένων εμφανίζονται στην δεξιά πλευρά.
Οι ράβδοι σφαλμάτων (error bars) που εμφανίζονται σε κάθε σημείο κάθε ιστογράμματος αντιστοιχούν (αριθμητικά) σε μία συνολική τυπική απόκλιση (standard deviation)

εκατέρωθεν του σημείου. Σε μερικές από τις ερωτήσεις που παρουσιάζονται, οι μαθητές μπορούσαν να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις. Για τον λόγο αυτό, είναι δυνατό το άθροισμα των ποσοστών σε αυτές τις ερωτήσεις να είναι μεγαλύτερο του 100.
Λόγω περιορισμένου χώρου, στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν μόνο τα αποτελέσματα που αφορούν στην συσκευή και κάποιες παρατηρήσεις της ερευνήτριας.

Ποια από τις παρακάτω εικόνες πιστεύεται ότι απεικονίζει την κίνηση των ηλεκτρονίων;



Εικόνα 2.



Εικόνα 3.
Κόκκινοι κίκλοι: pre-test , **μπλε τρίγωνα:** post test

Η ιδέα της κίνησης των ηλεκτρονίων είναι δύσκολη για τους νεαρούς μαθητές. Τα ηλεκτρόνια κινούνται ακολουθώντας τη φορά από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας προς το θετικό, ενώ στο εσωτερικό της μπαταρίας συμβαίνει το αντίθετο δηλαδή κινούνται από το θετικό προς τον αρνητικό ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος. Η κατάσταση περιπλέκεται από την «συμβατική φορά του ρεύματος» η οποία είναι αντίθετη από την κίνηση των ηλεκτρονίων. Η νέα ηλεκτρονική συσκευή, αναπαριστά την κίνηση των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα, αλλά οι μαθητές δεν βλέπουν το τι συμβαίνει μέσα στην μπαταρία. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν μαθητές 9-10 ετών. Για το λόγο αυτό καμία αναφορά στην συμβατική φορά του ρεύματος δεν έγινε στη διάρκεια του μαθήματος.
Στο post-test οι απαντήσεις των μαθητών μοιράζονται ανάμεσα στο (1) 31,6% (±27,3%) (2) 42,1% (±27,6%) και (3) 26,3% (±27,1%). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εκπαιδευτική δοκιμή διήρκεσε 2 ώρες, τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, τα περισσότερα παιδιά κατανόησαν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει σε έναν κύκλο, στο σύνολο του κυκλώματος, αλλά όχι όσο καλά θα θέλαμε.

Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας οι μαθητές παρακολούθησαν ένα βίντεο (από το on line υλικό που χρησιμοποιήθηκε) το οποίο παρουσίαζε το πείραμα το οποίο οι μαθητές κλίθηκαν να εκτελέσουν. Το βίντεο προβλήθηκε στο διαδραστικό πίνακα. Στη συνέχεια οι μαθητές έπρεπε να εκτελέσουν το πείραμα μόνοι τους. Τα υλικά και οι συσκευές που τους χρειάζονταν είχαν τοποθετηθεί σε ένα πάγκο και οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν μόνοι τους ό,τι θεωρούσαν απαραίτητο για το πείραμα. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες.
Δύο ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις έγιναν όταν στους μαθητές ζητήθηκε να κάνουν και άλλες λάμπες να ακτινοβολήσουν: α) όταν οι μαθητές δουλεύουν ατομικά (όπως έγινε σε προηγούμενη δοκιμή όπου η διδασκαλία έγινε με τη μορφή συνέντευξης) οι μαθητές πήραν καλώδια, λάμπα και βάση για λαμπάκι. Κανένας μαθητής δεν ζήτησε δεύτερη μπαταρία.

Αντίθετα όταν οι μαθητές δούλευαν σε ζευγάρια όλοι πήραν από τον πάγκο και δεύτερη μπαταρία. Αυτό ίσως εξηγείται από το γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν συνηθίσει να δουλεύουν σε ζευγάρια, έτσι όταν τους ζητήθηκε να κάνουν και άλλα λαμπάκια να ακτινοβολούν μετέφρασαν την ερώτηση «ο δεύτερος μαθητής να φτιάξει το δικό του κύκλωμα». Η ερευνήτρια έπρεπε να μαζέψει τη δεύτερη μπαταρία από τα θρανία των μαθητών και να επαναλάβει την ερώτηση και τότε β) όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην εκπαιδευτική δοκιμή έδωσαν την παράλληλη σύνδεση.
Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι ότι οι περισσότεροι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες με την σύνδεση σε σειρά. Πολλοί δε μαθητές εξακολουθούσαν να αντιμετωπίζουν δυσκολίες ακόμα και όταν παρακολούθησαν το σχετικό βίντεο, ενώ κάποιο αντιμετώπισαν δυσκολίες ακόμα και όταν εξηγήθηκε αναλυτικά το τι έπρεπε να κάνουν.
Σίγουρα για να εξαχθούν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα απαιτείται περισσότερη έρευνα.

Garyfallidou D. M., “A novel computer based environment designed to teach electric circuits”, International Conference ICL 2009 the challenges of Life Long Learning, in Auer M ed, Kassel University Press, ISBN 987-3-89958-481-3, total pages 9.
Ioannidis G. S. and Garyfallidou D. M., *Education using information and communication technology (ICT), and ICT education: categories methods and trends,* In: Auer M. and Auer U. (Eds.) Proc. ICL2001 workshop: “Interactive Computer aided Learning, Experiences and visions”, Villach, Austria, Kassel University Press, (2001) ISBN 3-933146-67-4
Niedderer H., and Goldberg F., *Learning pathway and knowledge construction in electric circuits,* Paper presented at “European Conference on Research in Science Education” University of Leeds, (1995)
Shipstone D., Pupils‘ understanding of simple, electrical circuit, Physics Education, 23,(1988)

Μια Εκπαιδευτική Μελέτη της Έντασης του Φωτός κατά τη Διάδοσή του – Εφαρμογή, Αξιολόγηση, Συμπεράσματα

Νικόλαος Βουδούκης, Σαράντος Οικονομίδης, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών
nvoudoukis@primedu.uoa.gr, sarecon@gmail.com,
kalkanis@primedu.uoa.gr, http://micro-kosmos.uoa.gr

Περίληψη
Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα εκπαιδευτικής πρότασης – έρευνας σχετικά με τη μελέτη του φωτός. Μελετάται η διάδοση του φωτός και η κατανομή της έντασης του στο χώρο σε σχέση με την απόσταση από την πηγή. Επίσης προτείνεται τρόπος διδασκαλίας αυτών των θεμάτων. Οι δραστηριότητες των φοιτητών στο εργαστήριο υποστηρίχθηκαν από υπερμεσική εφαρμογή δομημένη με βάση το "επιστημονικό / εκπαιδευτικό πρότυπο ή μέθοδο με διερεύνηση". Απευθύνεται σε φοιτητές, αλλά και σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009 σε 143 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών. Συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές ερωτηματολόγια (pre, post, final tests) για την αξιολόγηση της προσπάθειας και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Abstract
This study is a part of an educational proposal-research concerning the study of light. We study light propagation and light intensity distribution in space and we propose a model for teaching these subjects to non major science university students. Students' activities in laboratory are supported with software created in Front Page. This software developed from us especially for this application-study is based on "scientific / educational by inquiry model" scientific / educational model by inquiry. The didactical approach, which is a proposal for scientific to educational models transformation, was applied during the academic year 2008-2009 to 143 students of Pedagogical Department for Primary Education of the University of Athens. This software based didactical approach-proposal it also seems to be appropriate for secondary education students. Some general conclusions from the statistical analysis of pre, post and final tests are also cited.

Εισαγωγή

Κύρια επιδίωξη της παρούσας εκπαιδευτικής πρότασης αποτελεί ο μετασχηματισμός των επιστημονικών προτύπων σε εκπαιδευτικά πρότυπα, για τη διάδοση του φωτός και την κατανομή της έντασης του στο χώρο σε σχέση με την απόσταση από την πηγή (ακολουθεί νόμο αντιστρόφου τετραγώνου, ο οποίος είναι γενικός γεωμετρικός νόμος). Παρουσιάζονται ως γενικεύσεις και εφαρμογές το απόλυτο και φαινόμενο μέγεθος ενός αστέρα καθώς και η λειτουργία του ματιού ως λογαριθμικού ενισχυτή. Επίσης στη διδακτική παρέμβαση μελετάται και η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός με βάση κυρίως τα αποτελέσματα της σκιάς και των εκλείψεων. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές/φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών και παρουσιάζονται/αναλύονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης που ακολούθησε την εφαρμογή.

Η μελέτη του φωτός στα περισσότερα βιβλία αρχίζει με τους νόμους της ανάκλασης και της διάθλασης καθώς και με την αναφορά στην ευθύγραμμη διάδοσή του. Στο βιβλίο «Πανεπιστημιακή Φυσική» του Young (Τόμος Β', σελ. 945), για παράδειγμα, αναφέρεται ότι: «Το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα.. Η διάδοσή του μπορεί να περιγραφεί με βάση την έννοια του μετώπου κύματος ή με βάση την έννοια της φωτεινής ακτίνας. Το φως επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, εμφανίζει σωματιδιακές όψεις, δηλαδή το κβαντικό του πρόσωπο. Στη γεωμετρική οπτική, το φως περιγράφεται ως ακτίνες που οδεύουν ευθύγραμμα σε ένα ομογενές μέσο». Στο βιβλίο «Φυσική» του Serway (Τόμος ΙΙΙ, σελ.220) εστιάζεται η μελέτη στα φαινόμενα εκείνα τα οποία γίνονται καλύτερα κατανοητά με τη θεώρηση της κυματικής φύσης του φωτός. «Στην γεωμετρική οπτική χρησιμοποιούμε την προσέγγιση των φωτεινών ακτίνων, στην οποία υποθέτουμε ότι το φωτεινό κύμα (δηλαδή το φως) διαδίδεται σε ένα μέσο ευθύγραμμα κατά την κατεύθυνση των ακτίνων». Το φως έρχεται σε διάκριτες μονάδες (φωτόνια) με σωματιδιακές ιδιότητες (ενέργεια και ορμή) οι οποίες συνδέονται με τις κυματικές ιδιότητες της συχνότητας και του μήκους κύματος. «Η άποψη του Feynman είναι ότι τα φωτόνια συμπεριφέρονται με το δικό τους αμίμητο τρόπο. Αυτό δε μοιάζει με τίποτε που έχουμε δει μέχρι τώρα, επειδή δεν ζούμε στην πολύ μικρή κλίμακα των ατόμων, των ηλεκτρονίων και των φωτονίων». («Σύγχρονη Φυσική», Serway , Τόμος ΙΙΙ, σελ. 150).

Η οπτικοποίηση και η προσομοίωση χρησιμοποιούνται τόσο στην έρευνα όσο και στην εκπαίδευση για να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα και διαδικασίες (Barnea and Dori, 2000) καθώς και να βοηθήσουν στον έλεγχο και στην ανάπτυξη θεωριών και επιστημονικών προτύπων (Dori and Barak, 2000). Η ίδια η επιστημονική προσπάθεια έχει περιγραφεί ως μία διαδικασία δημιουργίας μοντέλων με εννοιολογική και προβλεπτική αξία (Gilbert, 1997). Υπάρχει μεγάλο διεθνές ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με τη διαμόρφωση και χρήση των προτύπων στην εκπαίδευση. Η έρευνα επισημαίνει τη σημασία των προτύπων σαν διδακτικά εργαλεία και τη δυνατότητά τους να συμβάλουν στη γνωστική εξέλιξη των σπουδαστών (Hestenes 1997, France 2000, Saari and Viiri 2003, Stylianidou *et al* 2004, Crawford and Cullin 2004, Justi andVan Driel 2005) και στην αποτελεσματική εκμάθηση (Jonassen and Strobel 2006). Η έρευνα δείχνει ότι η γνώση των δασκάλων για πρότυπα και η προτυποποίηση είναι περιορισμένη (Van Driel και Verloop 1999, Cullin και Crawford 2003). Ιδιαίτερα, η προβλεπτική λειτουργία των προτύπων γίνεται πολύ δύσκολα κατανοητή από τους φοιτητές, και τους δασκάλους (Treagust *et al* 2002, Cullin και Crawford 2003), όπως απαιτεί η κατανόηση των προτύπων ως ερευνητικά εργαλεία.

Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για να διαπιστωθούν οι απεικονίσεις που χρησιμοποιούν τα παιδιά για να δείξουν το φως. Διαπιστώθηκε ότι όλες σχεδόν οι απεικονίσεις των παιδιών παρίσταναν το φως γύρω από την πηγή με κοντές γραμμές. Επίσης τα παιδιά μιλούν για τις ακτίνες του φωτός σαν να ήταν "νήματα ενός σχοινιού από τα οποία ήταν κατασκευασμένη μια ακτίνα φωτός" και αναφέρονται σε "διαφορετικά είδη του φωτός" όπως είναι το φυσικό ή το ηλεκτρικό φως (R. Driver et al, 1998). Μεγαλύτεροι μαθητές όμως ηλικίας 13 και 14 ετών, φαίνεται ότι σταδιακά αρχίζουν να αναγνωρίζουν το φως ως μια οντότητα. Η πλειοψηφία μάλιστα από αυτούς χρησιμοποιεί αυτή την αντίληψη για να εξηγήσει το φαινόμενο της σκιάς, αλλά μόνο όπου το φως έχει αρκετή ένταση, ώστε να δημιουργεί αντιληπτά φαινόμενα σε κάποιο σημείο της διαδρομής του (R. Driver et al, 1998). Τα παιδιά δυσκολεύονται να προτείνουν τον αποδεκτό μηχανισμό για το σχηματισμό της σκιάς.

Έχουν γίνει προσπάθειες και έχουν προταθεί πειράματα για τη μελέτη του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου για το φως (Oikonomidis, Voudoukis et. al, 2006 και Οικονομίδης Σ., Καλκάνης Γ., 2009). Στην παρούσα εφαρμογή-έρευνα υλοποιούνται τρία πειράματα που προτείνονται στις προαναφέρομενες εργασίες και αξιολογούνται με ειδικά ερωτηματολόγια.

Η ένταση της επίδρασης μιας σημειακής πηγής *S*, χωρίς όριο στην εμβέλειά της η οποία επιδρά ισοδύναμα σε όλες τις κατευθύνσεις σε κάθε δεδομένη απόσταση *r* είναι ίση με το πηλίκο της ισχύος της πηγής *S* προς την επιφάνεια νοητής σφαίρας ακτίνας *r*.

Αν *I* είναι η ένταση της πηγής S σε απόσταση r, που αντιστοιχεί σε επιφάνεια εμβαδού *A*, τότε σε διπλάσια απόσταση 2*r* το ίδιο ποσό ενέργειας "απλώνεται" σε τετραπλάσια (4 A) επιφάνεια , οπότε η ένταση υποτετραπλασιάζεται κ.ο.κ. είναι δηλαδή, αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Διδακτική μεθοδολογία της παρέμβασης

Η εκπαιδευτική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη της εκπαιδευτικής πρότασης είναι η ιστορικά καταξιωμένη επιστημονική / ερευνητική μέθοδος, που όχι μόνο απετέλεσε - και αποτελεί - το εργαλείο του ανθρώπου / ερευνητή / επιστήμονα για την κατανόηση και περιγραφή του κόσμου του και εξοικειώνει / ασκεί το μαθητή με / στην επιστημονική σκέψη, αλλά - τελικά - και οριοθετεί (μαζί με την επιστημονική δεοντολογία) και αυτή την ίδια την επιστήμη από τις άλλες γνωσιακές περιοχές. Η επιστημονική / ερευνητική μέθοδος έχει διαμορφωθεί κατάλληλα σε εκπαιδευτική μέθοδο –ως επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση (Καλκάνης 2002)– με βήματα: 1. Έναυσμα ενδιαφέροντος – Παρατηρώ, Πληροφορούμαι, Ενδιαφέρομαι, 2. Διατύπωση Υποθέσεων – Προβληματίζομαι, Συζητώ, Υποθέτω, 3. Πειραματισμός – Ερευνώ, Ενεργώ, Πειραματίζομαι, 4. Διατύπωση Θεωρίας – Συμπεραίνω, Καταγράφω, Ερμηνεύω και 5. Συνεχής Έλεγχος – Εμπεδώνω, Γενικεύω.

Περιγραφή της έρευνας

Η διδακτική παρέμβαση-έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τριτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών, κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009. Στην έρευνα συμμετείχαν 143 φοιτητές και φοιτήτριες, χωρισμένοι σε τέσσερα τμήματα των 36 ατόμων το καθένα (ένα τμήμα είχε 35 φοιτητές/φοιτήτριες).. Σε κάθε εργαστηριακό τμήμα υπήρχαν 12 ομάδες των 3 φοιτητών/φοιτητριών η κάθε μία.

Η κάθε ομάδα εργάστηκε επί δύο ώρες, ακολουθώντας τα πέντε βήματα της εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Δόθηκε ένα φύλλο εργασίας και αναφοράς για κάθε ομάδα. Είχε προηγηθεί τεστ (pre-test) πριν την πραγματοποίηση της άσκησης και ακολούθησε τεστ ελέγχου (post-test) μία εβδομάδα αργότερα και τελικό τεστ (final test) περίπου δύο μήνες μετά. Το pre-test, το post-test και το final-test περιελάμβαναν 10 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με 4 απαντήσεις (α, β, γ, δ,) για κάθε μία ερώτηση. Η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των απαντήσεων έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος SPSS.

Οι τριτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών οι οποίοι παρακολουθούν το εργαστήριο και συμμετείχαν στην έρευνα είχαν διδαχθεί στο δεύτερο έτος των σπουδών τους δύο εξαμηνιαία μαθήματα φυσικής. Το μάθημα του χειμερινού εξαμήνου αναφέρεται στις θεωρίες που υπάρχουν ως σήμερα και καλύπτουν όλους τους κλάδους της φυσικής.. Το μάθημα του εαρινού εξαμήνου αναφέρεται στα φαινόμενα που παρατηρούνται και εξηγούνται από τις θεωρίες. Συνεπώς οι φοιτητές είχαν διδαχθεί τις θεωρίες και τα φαινόμενα του φωτός. Η διδασκαλία, βέβαια, είχε γίνει με έμφαση στην ποιοτική ερμηνεία και όχι στον μαθηματικό φορμαλισμό καθώς οι φοιτητές αφενός δεν είχαν το απαραίτητο μαθηματικό υπόβαθρο και αφετέρου οι φυσικές επιστήμες δεν είναι το κύριο και αποκλειστικό αντικείμενο των σπουδών τους. Με βάση αυτή την παρατήρηση πιστεύουμε ότι η παρούσα διδακτική πρόταση θα ήταν κατάλληλη και για μαθητές της ύστερης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (λυκείου).

Δομή του λογισμικού – Περιγραφή των πειραμάτων

Η διαδικασία των πέντε βημάτων της διδακτικής μεθόδου υποστηρίζεται από λογισμικό - υλικό το οποίο έχει αναπτυχθεί με τη χρήση του προγράμματος "Front Page". Κάθε ομάδα φοιτητών (3 φοιτητές) πηγαίνει στον Η/Υ του εργαστηρίου που αντιστοιχεί σε αυτήν. Στον Η/Υ υπάρχει το υποστηρικτικό υλικό – λογισμικό. Με βάση οδηγίες – φύλλα εργασίας που δίνονται σε μορφή φυλλαδίου οι φοιτητές χειρίζονται το υλικό. Στα φύλλα εργασίας τα οποία παραδίδονται στο τέλος καταγράφουν τις μετρήσεις και τις παρατηρήσεις τους.
Το λογισμικό περιλαμβάνει περιγραφή-παρουσίαση τριών (3) πειραμάτων που αφορούν στο νόμο αντιστρόφου τετραγώνου για το φως και τα οποία θα πρέπει να εκτελεστούν στο κλασικό-παραδοσιακό εργαστήριο, καθώς και μία παρουσίαση σχετική με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και τις εκλείψεις. Συγκεκριμένα τα πειράματα με τη σειρά εκτέλεσης είναι τα ακόλουθα.

Πείραμα 1: Με χαρτόνια κερί και κανόνα.
Πέτασμα χωρισμένο σε τετραγωνάκια, στηρίγματα-συνδετήρες, χάρακας, κερί, χαρτόνι με τετραγωνική οπή ίσου εμβαδού με καθένα από τα τετράγωνα του πετάσματος.
Για διατύπωση υποθέσεων θέτουμε τα παρακάτω ερωτήματα:
Όταν η απόσταση κεριού-οπής είναι ίση με την απόσταση οπής-πετάσματος πόσα τετραγωνάκια φωτίζονται;
Κρατώντας σταθερή την απόσταση κεριού οπής, τι νομίζετε ότι θα συμβεί στη φωτιζόμενη επιφάνεια του πετάσματος αν διπλασιάσουμε την απόσταση οπής – πετάσματος;

Πείραμα 2 : Κατασκευή φωτόμετρου παραφίνης– Επαλήθευση του νόμου για το φως.
Σκοπός: Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα φωτόμετρο και να επαληθεύσουν τη σχέση μεταξύ της έντασης του φωτός και της απόστασης.
Υλικά: 2 κομμάτια του κεριού παραφίνης, χάρακας, δύο όμοια φωτιστικά, τέσσερις λαμπτήρες, 2 λαστιχάκια, φύλλο αλουμινίου
Διαδικασία:
1. Τοποθετούμε το φύλλο αλουμινίου μεταξύ των δύο κομματιών του κεριού παραφίνης.
2. Τοποθετούμε τα δύο φωτιστικά έτσι ώστε να απέχουν μεταξύ τους 1m.
3. Και τα δύο φωτιστικά έχουν λαμπτήρες των 100W. Κλείνουμε όλα τα άλλα φώτα και τοποθετούμε το φωτόμετρο μεταξύ των δύο φωτιστικών έτσι ώστε τα δύο κομμάτια κεριού να έχουν την ίδια φωτεινότητα.
4. Συμπληρώνουμε τον πίνακα δεδομένων.
5. Αντικαθιστούμε τον ένα λαμπτήρα των 100W με έναν των 75W και επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3.
6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3 και με άλλους συνδυασμούς λαμπτήρων
Ισχύει $I= k / r^2$ όπου k σταθερά που εξαρτάται από την πηγή και είναι ανάλογη της ισχύος.

Πείραμα 3: Νόμος αντιστρόφου τετραγώνου για την ένταση του φωτός με χρήση αισθητήρων.
Σκοπός: Να βρεθεί η σχέση μεταξύ της έντασης του φωτός και της απόστασης
Υλικά: Ηλεκτρονικός υπολογιστής, πρόγραμμα coach 5, κονσόλα, αισθητήρας φωτός, αισθητήρας θέσης, λαμπτήρας.
Διαδικασία:
Κατασκευάζουμε την διάταξη τοποθετώντας τους αισθητήρες όπως φαίνεται σε εικόνα που δίνεται.
Ενεργοποιήστε το πρόγραμμα coach 5, καθορίστε τους αισθητήρες και ζητήστε από το πρόγραμμα πίνακα μετρήσεων και γραφική παράσταση της έντασης του φωτός με την απόσταση.

Αφού τοποθετήσετε τον λαμπτήρα σε απόσταση περίπου 2m από τους αισθητήρες, μετακινήστε τον με σταθερή ταχύτητα προς αυτούς.
Ταυτόχρονα με τη μετακίνηση του λαμπτήρα δημιουργείται το διάγραμμα της έντασης σε σχέση με την απόσταση όπως φαίνεται παρακάτω (εικόνα 5). Επίσης καταγράφονται σε πίνακα τιμών όλα τα ζεύγη των τιμών έντασης- απόστασης.
Από την επεξεργασία των τιμών εξάγεται ο νόμος.

Εικόνα 1 *Φωτογραφίες από το εργαστήριο*

Αποτελέσματα και σχόλια

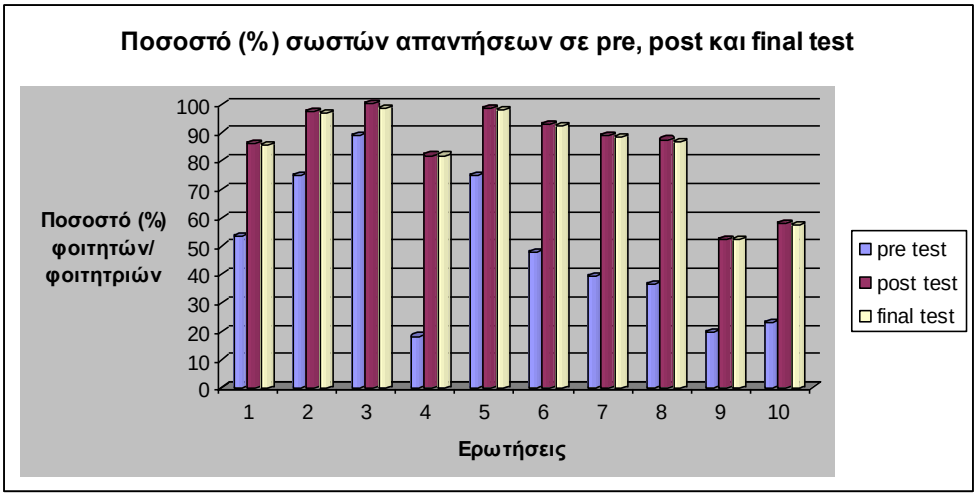
Τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης είναι πολύ ικανοποιητικά, καθώς η βελτίωση στις απαντήσεις των φοιτητών είναι περίπου κατά μέσο όρο 4 μονάδες σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις. Το μεγαλύτερο πρόβλημα εντοπίστηκε στην κατανόηση της διαφοράς μεταξύ απόλυτου και φαινόμενου μεγέθους αστέρα (ερώτηση 9), όπου το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ήταν αρχικά 19,58% και μετά 52,45%. Επίσης πρόβλημα υπήρξε στην ερώτηση 10 σχετικά με την παρατήρηση της Γης αοπό τη Σελήνη και την ύπαρξη φάσεων. Κάποιες ερωτήσεις (όπως οι 2, 3, 5) συγκέντρωσαν υψηλό ποσοστό (περίπου 80%) ορθών απαντήσεων εξαρχής.
Οι φοιτητές/τριες δυσκολεύτηκαν στην επαλήθευση του νόμου από τις μετρήσεις των μηκών και την ισχύ των λαμπτήρων στο πείραμα με το φωτόμετρο παραφίνης. Επίσης στο ερώτημα «Κρατώντας σταθερή την απόσταση κεριού οπής, τι νομίζετε ότι θα συμβεί στη φωτιζόμενη επιφάνεια του πετάσματος αν διπλασιάσουμε την απόσταση οπής – πετάσματος;» κανείς δεν απάντησε ότι θα φωτιστούν εννέα τετράγωνα του πετάσματος. Η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών/τριών απάντησε ότι θα φωτιστούν 8 τετράγωνα. Η δικαιολόγησή τους ήταν ότι αν ισχύει ο νόμος σε διπλάσια απόσταση η ένταση θα υποτετραπλασιάζεται. Δεν θεώρησαν δηλαδή την απόσταση από την πηγή η οποία τριπλασιάζεται όταν διπλασιάζεται η απόσταση της οπής από το πέτασμα. Στο πείραμα με τους αισθητήρες διαπίστωσαν την ισχύ του νόμου για το φως από πηγή που μπορεί να θεωρηθεί σημειακή και είχαν την αίσθηση του πολλαπλού ελέγχου της ισχύος του νόμου. Για την εξήγηση του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου η πλειοψηφία των φοιτητών/φοιτητριών χρησιμοποίησε το σωματιδιακό πρότυπο για το φως.

Αποτελέσματα ποσοτικής έρευνας
Συνοπτικά τα αποτελέσματα της ποσοτικής έρευνας παρατίθενται στη συνέχεια (Πίνακας 1). Οι 10 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (με 4 επιλογές η κάθε μία) ήταν ίδιες στο pre test, στο ποστ test και στο final test. Η σωστή απάντηση σε κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε με 1 και η λάθος με 0. Συνεπώς το άριστα ήταν το 10. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας στο pre test ήταν 4,76 στο post test 8,43 και στο final test 8,38 με άριστα το 10. Ο μέσος όρος είναι λίγο χαμηλότερος απ΄αυτόν του post test, γεγονός αρκετά ικανοποιητικό και ενθαρρυντικό.

Πίνακας 1 *Πλήθος και ποσοστό % σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση σε pre, post και final test*

Σωστές απαντήσεις / ερώτηση	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pre test	76	107	127	26	107	68	56	52	28	33
pre test %	53,15	74,83	88,81	18,18	74,83	47,55	39,16	36,36	19,58	23,08
post test	123	139	143	117	141	133	127	125	75	83
post test %	86,01	97,20	100,00	81,82	98,60	93,01	88,81	87,41	52,45	58,04
final test	122	138	141	117	140	132	126	124	75	82
post test %	85,31	96,50	98,60	81,82	97,90	92,31	88,11	86,71	52,45	57,34

Στο ακόλουθο ραβδόγραμμα φαίνεται το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση στα pre, post και final test.



Ενδεικτικά παρατίθενται οι ερωτήσεις 2 και 9 του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε.

2. Έστω μία φωτεινή πηγή S χωρίς όριο στην εμβέλειά της και η οποία επιδρά ισοδύναμα σε όλες τις κατευθύνσεις (πανκατευθυντική). Αν θεωρήσουμε ότι I είναι η ένταση της πηγής S σε απόσταση r, που αντιστοιχεί σε επιφάνεια εμβαδού *A* τότε σε διπλάσια απόσταση 2*r* το ίδιο ποσό ενέγειας "απλώνεται" σε:

α. τετραπλάσια (4 A)
β. διπλάσια επιφάνεια (2 A)
γ. οκταπλάσια (8 A) επιφάνεια
δ. μισή επιφάνεια (A/2)

9.Αν δύο αστέρες Α και Β έχουν το ίδιο απόλυτο μέγεθος, αλλά ο Α έχει 4 φορές μεγαλύτερο φαινόμενο μέγεθος από τον Β τότε:

α. ο Β απέχει τετραπλάσια απόσταση από τον παρατηρητή απ' ότι ο Α
β. ο Α απέχει τετραπλάσια απόσταση από τον παρατηρητή απ' ότι ο Β
γ. ο Β απέχει διπλάσια απόσταση από τον παρατηρητή απ' ότι ο Α
δ. ο Α απέχει διπλάσια απόσταση από τον παρατηρητή απ' ότι ο Β

Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, διαπιστώθηκε ότι η επίδοση των φοιτητών-φοιτητριών σε ερωτήσεις περιγραφής και ερμηνείας φαινομένων σχετικά με την ένταση του φωτός υπερείχε σημαντικά μετά την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Η προσπάθεια, σε μία πρώτη αποτίμηση, κρίνεται ως ιδιαίτερα επιτυχής. Αποσαφηνίστηκαν οι έννοιες της έντασης και της διάδοσης του φωτός και έγιναν κατανοητά από περισσότερους φοιτητές τα σχετικά φαινόμενα. Επισημάνθηκαν εκδηλώσεις των φαινομένων αυτών στην καθημερινή ζωή.

Τα επιστημονικά συμπεράσματα μετά τη διεξαγωγή της παρέμβασης είναι: Η ένταση του φωτός μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή της ακτινοβολίας και ακολουθεί τον νόμο $I=\kappa/ r^2$. Η σκιές και οι εκλείψεις είναι αποτέλεσμα της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός.

Το πρότυπο του φωτός που προτιμήθηκε για την εξήγηση του νόμου αντιστρόφου τετραγώνου και της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός ήταν το σωματιδιακό.

Επίσης γενικεύσεις που θα μπορούσαν να αναφερθούν και μελετηθούν είναι οι ακόλουθες:

1. Φαινόμενο μέγεθος αστέρα, 2. Απόλυτο μέγεθος αστέρα, 3. Το μάτι ως ένας λογαριθμικός ανιχνευτής, 4. Ο νόμος αντιστρόφου τετραγώνου για τις βαρυτικές και για τις ηλεκτρικές δυνάμεις και συσχέτισή του με τα σωματίδια φορείς των βαρυτικών και των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων.

Η παρούσα πρόταση αποτελεί την παρουσίαση, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής μελέτης της έντασης του φωτός κατά τη διάδοσή του. Στα καινοτομικά χαρακτηριστικά της εκπαιδευτικής παρέμβασης περιλαμβάνονται: ο μετασχηματισμός επιστημονικών προτύπων σε εκπαιδευτικά πρότυπα, η επιλογή προτιμότερου προτύπου του φωτός για την εξήγηση των φαινομένων (του σωματιδιακού στην περίπτωση αυτή), ο συνδυασμός, κατά τη διδασκαλία, λογισμικού (ηλεκτρονικού υπολογιστή) και κλασικού πειραματισμού, η προαγωγή του ενοποιητικού / συνεκτικού χαρακτήρα της επιστήμης.

Βιβλιογραφία

Βουδούκης Ν., Καλκάνης Γ. «Από τα Επιστημονικά στα Εκπαιδευτικά πρότυπα και πειράματα – Το "Κβαντικό Φως" στο Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών»5ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Ιωάννινα, Μάρτιος 2007

Βουδούκης Ν., Καλκάνης Γ. «Από τα Επιστημονικά στα Εκπαιδευτικά πρότυπα και πειράματα. Κύματα και Φως: Ανάπτυξη λογισμικού – Πρόταση διδασκαλίας – Εφαρμογή – Αξιολόγηση – Συμπεράσματα», 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα 7-10 Μαίου 2009

Οικονομίδης Σ., Καλκάνης Γ. «Ο Νόμος του Αντιστρόφου Τετραγώνου στο ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών», 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα 7-10 Μαίου 2009

Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν. & Χριστακόπουλος, Ι. (2000). Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ τάξης Ενιαίου Λυκείου. Έκδοση Β, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Καλκάνης Γ., (2002), ΕκΠαιδευτική ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ΕκΠαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και) στην ΕκΠαιδευση στις Φυσικές Επιστήμες, 1η έκδοση, Αθήνα.

Καλκάνης Γ., (2007), Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ Ι. οι Θεωρίες, 1η έκδοση, Αθήνα.

Καλκάνης Γ., (2007), Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΙΙ. τα Φαινόμενα, 1η έκδοση, Αθήνα.

Barnea, N. (2000), "Teaching and learning about chemistry and modeling with a computer-managed modeling system", in G. J.K. & B. C. (eds.), *Devel. Mod. in Sc. Ed.*, Dordrecht: Kluwer, pp. 307-324.

Crawford B A and Cullin M J 2004 Supporting prospective teachers' conceptions of modeling in science *Int. J. Sci. Educ.* 26 1379–401

Cullin M and Crawford B A 2003 Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models *Contemp. Issues Tech. Teach. Educ.* **2** 409–26

Domin 1999 A. Review of Laboratory Instruction Styles. Journal of Chemistry Education, 76 (4), 543-547, 1999.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood – Robinson, V. (1994), *Making sense of Secondary Science – Research into Children's Ideas,* London: Routledge.

France B 2000 The role of models in biotechnology education *Developing Models in Science Education* ed J Gilbert and C Boulter (Dordrecht: Kluwer) pp 271–88

Hestenes D 1997 Modeling methodology for physics teachers *Proc. Int. Conf. on Undergraduate Physics Ed.* ed E F Redish and J S Rigden (New York: The American Institute of Physics) pp 935–57

Hewitt P 2002 *Conceptual Physics* Greek edn, University of Crete Jonassen H D and Strobel J 2006 Modeling for meaningful learning *Engaged Learning with Emerging Technologies* ed D Hung and M S Khine (The Netherlands: Springer) pp 1–27

Justi S R and Van Driel J H 2005 The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing and understanding the process *Int. J. Sci. Educ.* 27 549–73

Justi, R.S. & Gilbert, J.K. (2002), "Modeling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers", *Inter.l Journal of Science Education* 24(4), pp. 369-387.

Oikonomidis Sarantos, Sotiropoulos Dimitrios, Voudoukis Nikolaos and Kalkanis George "Four Hands-on Activities Obeying the Inverse Square Law"HSCI2006, 3rd International Conference on Hands-on Science, University of Minho, Braga, Portugal, September 4-9, 2006

Gilbert, J.K. (1997) (Ed). Exploring Models and Modeling in Science and Technology Education. The University of Reading, The New Bulmershe Papers, UK.

Saari H and Viiri J 2003 A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students *Int. J. Sci. Educ.* 25 1333–52

Serway R 1990 «Σύγχρονη Φυσική», Τόμος ΙΙΙ, Greek edn

Stylianidou F, Boohan R and Ogborn J 2004 Science teachers' transformations of the use of computer modelling in the classroom: using research to inform training *Sci. Educ.* 89 56–70

Treagust D F, Chittleborough G and Mamiala L T 2002 Students' understanding of the role of scientific models in learning science *Int. J. Sci. Educ.* 24 357–68

Van Driel J H and Verloop N 1999 Teachers' knowledge of models and modelling in science *Int. J. Sci. Educ.* 21 1141–53

Voudoukis Nikolaos, Oikonomidis Sarantos and Kalkanis George "Hands-on Activities with LEDs and Light"HSCI2006, 3rd International Conference on Hands-on Science, University of Minho, Braga, Portugal, September 4-9, 2006

Voudoukis Nikolaos, Kalkanis George "Students Understanding and Teachers Education on Wave - Particle Duality — A Proposal for Scientific to Educational Models Transformation "ESERA conference "Research and the quality of science education", Sweeden, 2007.

Προσομοιώσεις / Συσχετίσεις Μικροσκοπικών Ταλαντώσεων και Μακροσκοπικών Κυμάτων με ένα Εκπαιδευτικό Λογισμικό – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση

Παναγιώτης Τσάκωνας, 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, gikopoulou@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη
Παρουσιάζεται μια πρώτη εκδοχή ενός εκπαιδευτικού λογισμικού το οποίο προσομοιώνει / οπτικοποιεί τις μικροσκοπικές ταλαντώσεις των σωματιδίων των υλικών και τα αντίστοιχα μακροσκοπικά κύματα των σωμάτων, συσχετίζοντας τις –πρωτογενείς– μικροσκοπικές διαδικασίες με τα –δευτερογενή– μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία προκαλούνται. Μια πρώτη εκπαιδευτική εφαρμογή και αξιολόγηση ενός τμήματος αυτού του λογισμικού, το οποίο αφορά –μόνο– στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων αποδεικνύει ότι μαθητές, φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί και εκπαιδευτικοί όχι μόνο κατανοούν καλύτερα και ερμηνεύουν ασφαλέστερα τα φαινόμενα αυτά, αλλά και είναι σε θέση να τα διδάξουν σε συναδέλφους τους, όπως αποδεικνύει μια συμπληρωματική, σχετική έρευνα. Η όλη ερευνητική διαδικασία όχι μόνο έδειξε / αξιολόγησε τα εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα της συσχέτισης μικροσκοπικών διαδικασιών και μακροσκοπικών φαινομένων αλλά και αξιολόγησε / βαθμολόγησε τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τη λειτουργικότητα του λογισμικού ως προς την εκπαιδευτική αξία τους.

Abstract
At this paper is presented an initial version of an educational software which simulates / visualizes microscopic oscillations of materials' particles as well as the corresponding macroscopic waves, interrelating the microscopic procedures with the macroscopic phenomena provoked by them. An initial educational application and evaluation of a part of this software, including –only– the transmission / reflection / confluence of wavepulses and waves in matter, demonstrates / proves that school students, university students / perspective teachers and teachers not only understand better and explain more effectively these phenomena, but they also are able to teach them to others, as demonstrated by a complementary relevant research. The whole research not only showed / evaluated the educational advantages of the interrelation of microscopic procedures with the macroscopic phenomena but also evaluated / ranked the technical characteristics, functionality and feasibility of the software as regards as their educational value.

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)– δεν είναι ασφαλώς «πανάκεια» όπως μερικοί τις εμφανίζουν, ούτε ευτυχώς «πρόβλημα» όπως τις θεωρούν άλλοι οι οποίοι απλώς

έχουν πρόβλημα με τη χρήση τους, είναι όμως ένα πολύτιμο «εργαλείο» για τους περισσότερους. Ειδικότερα οι ψηφιακές τεχνολογίες προσομοίωσης / οπτικοποίησης κατά τη γνώμη μας αποτέλεσαν –και θα αποτελούν– ένα καθοριστικό στοιχείο στην εξέλιξη όχι μόνο της έρευνας των φυσικών επιστημών 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).

Αν εξετάσουμε ειδικότερα τη θεματική των κυματοπαλμών και κυμάτων διαπιστώνουμε ότι τα συμβατικά εκπαιδευτικά βιβλία συνήθως παρουσιάζουν την τελική κατάσταση μιας κυματομορφής, είτε αυτή αναφέρεται στο απλό τρέχον κύμα, είτε σε ειδικές περιπτώσεις (υπέρθεση, συμβολή, στάσιμο κ.λπ.). Δε γίνεται ιδιαίτερη μνεία στη μεταβατική κατάσταση που παρουσιάζει το ελαστικό μέσο, ενώ οι συνοδευτικές ασκήσεις συχνά περιλαμβάνουν τέτοιες περιπτώσεις. Ακόμη κι όταν περιλαμβάνονται εικόνες, αυτές είναι μοιραία στατικές και απαιτούν την αυτενέργεια του αναγνώστη ώστε να σχηματίσει στη φαντασία του μια πλήρη εικόνα, συνδυάζοντας τις πληροφορίες από το εκπαιδευτικό υλικό που του παρέχεται.. Ομοίως, είναι αλήθεια ότι το αποτέλεσμα είναι τόσο καλύτερο όσο πληρέστερο είναι το εποπτικό υλικό που διατίθεται. Από την άλλη πλευρά, σε πολλές εφαρμογές (applets) που διατίθενται στο διαδίκτυο, οι προσομοιώσεις είναι μονόπλευρες με την έννοια ότι εστιάζουν σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του υπό μελέτη φαινομένου και δεν αφήνουν περιθώρια στο χρήστη ως προς την τροποποίηση των τιμών ενός πλήθους παραμέτρων. Έτσι, ο χρήστης στερείται δυνατοτήτων πειραματισμού. Επιπρόσθετα, η οπτικοποίηση γίνεται συνηθέστατα κατά τρόπο δισδιάστατο. Στις σπάνιες περιπτώσεις που είναι τρισδιάστατη, η προβολή γίνεται από συγκεκριμένη οπτική γωνία. Δεν υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα θέασης από εναλλακτικές θέσεις. Ταυτόχρονα τα τμήματα της εικόνας που είναι "πιο κοντά" στον παρατηρητή καλύπτουν τα υπόλοιπα.

Ένα ακόμη έλλειμμα / αιτούμενο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες αφορά στις προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις των «αόρατων» μικροσκοπικών διαδικασιών οι οποίες είναι δυνατό να ερμηνεύουν τα μακροσκοπικά φαινόμενα, συσχετίζοντας τις μικροσκοπικές διαδικασίες –αίτιο– και τα μακροσκοπικά φαινόμενα –αιτιατό– (Ιμβριώτη 2009).

Μερικά ερωτήματα για μια νέα σχετική ερευνητική διαδικασία είναι:

- είναι δυνατή η δημιουργία μιας συμβατής με τα σύγχρονα επιστημονικά πρότυπα (το πρότυπο του μικροκόσμου) αναπαράστασης / προσομοίωσης των δομών, αλληλεπιδράσεων, κινήσεων και διαδικασιών του μικροκόσμου οι οποίες προκαλούν συγκεκριμένα φαινόμενα του μακροκόσμου που περιλαμβάνονται στα αναλυτικά εκπαιδευτικά προγράμματα;
- ποια είναι η πλέον κατάλληλη παρουσίαση / οπτικοποίησή τους ώστε οι μικροσκοπικές διαδικασίες να είναι κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους;
- πώς επιτυγχάνεται η προφανής συσχέτισή τους με τα μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία προκαλούν και είναι αντιληπτά από τους εκπαιδευόμενους;

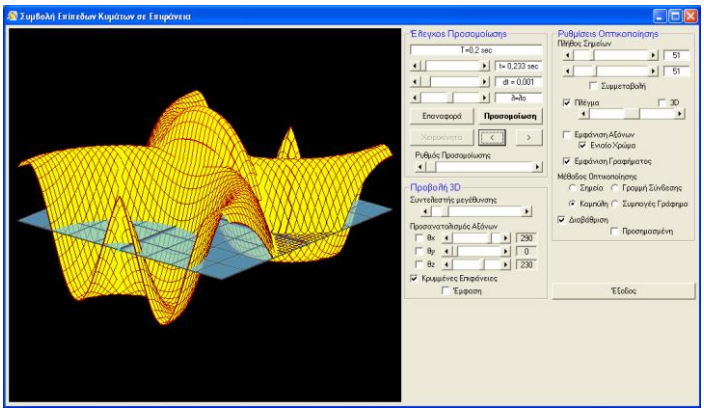
Οι εκπαιδευτικοί στόχοι της ερευνητικής διαδικασίας η οποία επιχειρήθηκε με τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης / συσχέτισης μικροσκοπικών ταλαντώσεων και μακροσκοπικών κυμάτων και την πειραματική εφαρμογή / αξιολόγηση ενός μέρους του το οποίο αφορά στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων είναι:

- η δημιουργία και εφαρμογή μιας συμβατής με τα σύγχρονα επιστημονικά πρότυπα (το πρότυπο του μικροκόσμου) αναπαράστασης / προσομοίωσης των δομών, αλληλεπιδράσεων, κινήσεων και διαδικασιών του μικροκόσμου οι οποίες χαρακτηρίζουν τις «μικροσκοπικές ταλαντώσεις» των σωματιδίων και οι οποίες προκαλούν τα μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία ονομάζονται «κύματα», ειδικότερα δε την εφαρμογή και αξιολόγηση του μέρους του εκπαιδευτικού λογισμικού το οποίο αφορά στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων και των οποίων η μελέτη προβλέπεται στα αναλυτικά προγράμματα της τυπικής εκπαίδευσης
- η παρουσίαση / οπτικοποίησή τους ώστε οι μικροσκοπικές διαδικασίες (ταλαντώσεις των σωματιδίων) να είναι κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους
- η συσχέτισή τους με τα μακροσκοπικά φαινόμενα (διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων) τα οποία προκαλούν και είναι αντιληπτά από τους εκπαιδευόμενους να είναι προφανής και επιτυχής.

Η Πρόταση – Η Μεθοδολογία

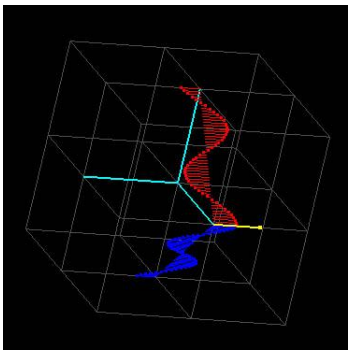
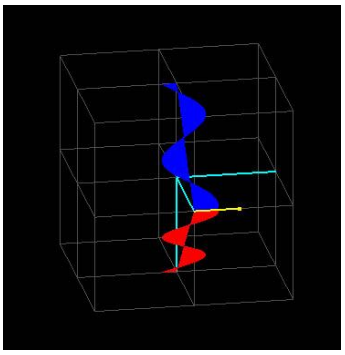
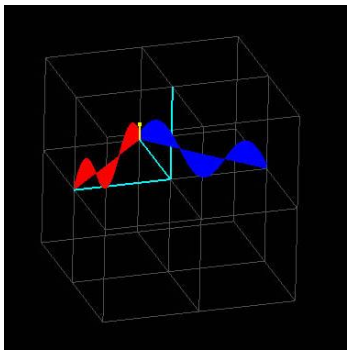
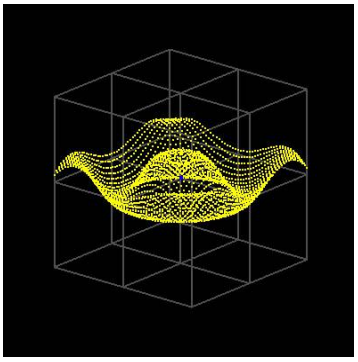
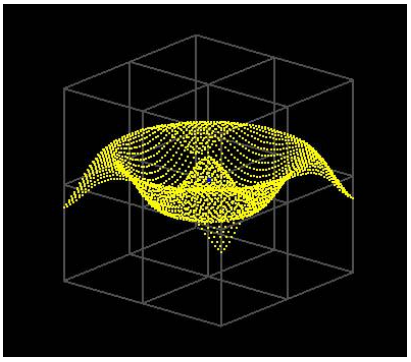
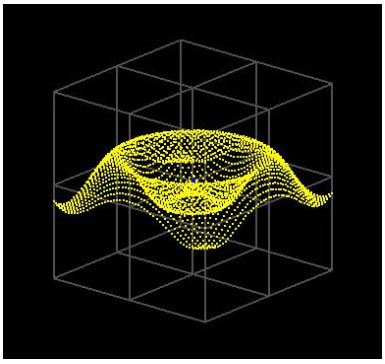
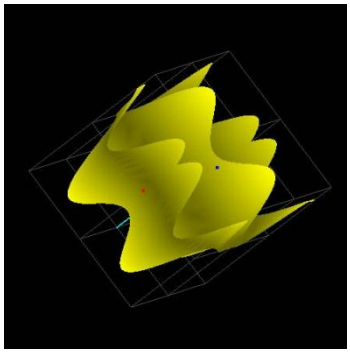
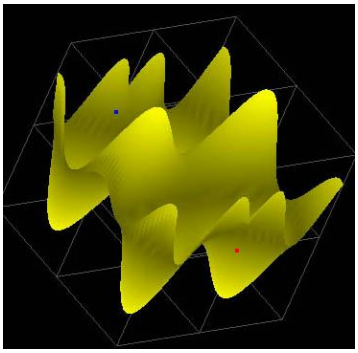
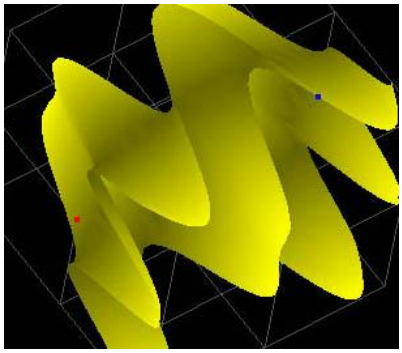
Στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών έχουν δημιουργηθεί στο παρελθόν εκπαιδευτικά λογισμικά με διάφορα θέματα για διάφορα γνωσιακά αντικείμενα κυρίως όμως εκπαιδευτικά λογισμικά για τις φυσικές επιστήμες (ενδεικτικά Καλκάνης κά. 2003, 2007γ, Grigoriou et al. 2010), ειδικότερα δε εκπαιδευτικά λογισμικά με 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 (ενδεικτικά Dimopoulos 2003, Tsakonas 1998) και τυχαίων αριθμών από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό του οποίου η εφαρμογή και αξιολόγηση παρουσιάζεται δημιουργήθηκε από τον διδάκτορα / εκπαιδευτικό ΠΕ4 Παναγιώτη Τσάκωνα ο οποίος είναι δημιουργός και πολλών από τα παραπάνω αναφερόμενα λογισμικά.



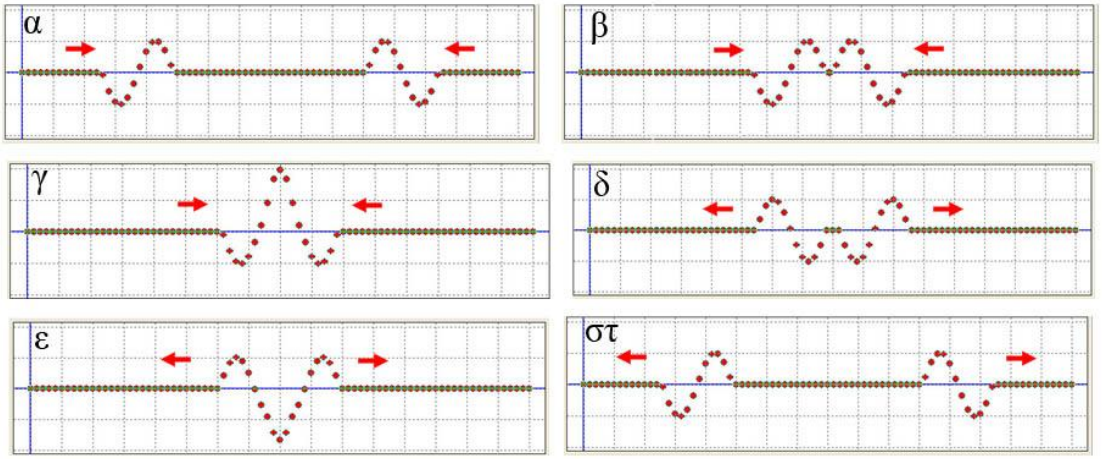
Όσον αφορά στα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού αυτού λογισμικού, σε αυτά περιλαμβάνονται οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, η επιλογή παραμέτρων για «πειραματισμό», η δυναμική εξέλιξη των αναπαραστάσεων, η δυνατότητα λήψης / αποθήκευσης στιγμιότυπων, η αναδραστικότητα, οι τρισδιάστατες γραμμικές ή

χρωματικές αναπαραστάσεις, οι επιλογές προοπτικής και κλίμακας κτλ. Ακόμη έχει δυνατότητες οι οποίες συνοψίζονται σε: πρόσβαση στο διαδίκτυο (με ενσωματωμένο φυλλομετρητή), επιλογή γλώσσας, παραμετροποίηση (καθορισμός γενικών παραμέτρων ως προς τη λειτουργία του), στοιχεία εφαρμογής (ταυτότητα της εφαρμογής και πληροφορίες τεχνικής φύσης σχετικά με το υπολογιστικό σύστημα στο οποίο εκτελείται το λογισμικό)…
Μερικά από τα τεχνικά / εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά του φαίνονται από μερικά ενδεικτικά στατικά στιγμιότυπα τα οποία έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια της δυναμικής λειτουργίας του:

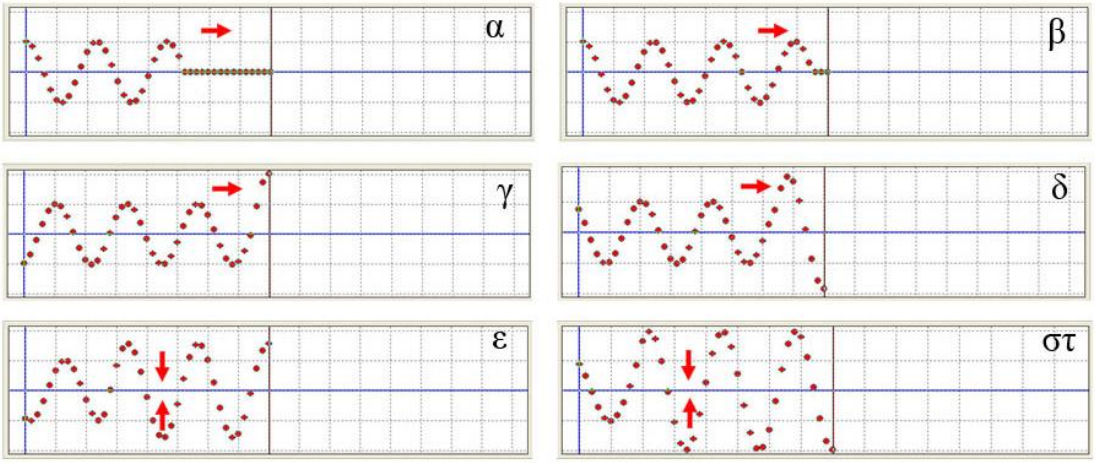










Μερικά στατικά επίσης στιγμιότυπα τα οποία έχουν ληφθεί από τη δυναμική λειτουργία του λογισμικού και αφορούν στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων φαίνονται στη συνέχεια συνοδευόμενα από σύντομα κείμενα:

Διάδοση και υπέρθεση κυματοπαλμών: δίνεται τη δυνατότητα να καθορίσουμε τη διαφορά φάσης μεταξύ των κυματοπαλμών, την κατεύθυνση κίνησής τους, το λόγο των πλατών τους κά.



Διάδοση και ανάκλαση κύματος, στάσιμο κύμα: αν αφήσουμε την προσομοίωση να εξελιχθεί για αρκετό χρόνο, τότε το προσπίπτον κύμα θα αρχίσει να υπερτίθεται με το ανακλώμενο, παράγοντας ένα στάσιμο κύμα:



Το μέρος αυτό του λογισμικού «διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα» περιλαμβάνει επίσης προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις ανάκλασης κυματοπαλμών και κυμάτων σε ελεύθερο και δεσμευμένο άκρο, διέλευσης κυματοπαλμών και κυμάτων από / σε υλικό με διαφορετική εμπέδηση, τρισδιάστατων κυμάτων σε επίπεδο μέσο, συμβολής επίπεδων τρισδιάστατων κυμάτων σε σημείο και επιφάνεια.
Το λογισμικό εφαρμόσθηκε και αξιολογήθηκε κατά την ερευνητική διαδικασία, ενταγμένο 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» θεωρούμε την αλλαγή / επιλογή παραμέτρων για τη μελέτη των παραγομένων κυματοπαλμών και κυμάτων.
Σε αυτή την επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση προτείνεται να εντάσσεται το λογισμικό και όποια εκπαιδευτική διαδικασία στην οποία χρησιμοποιείται. Η ερευνητική μεθοδολογία περιγράφεται στη συνέχεια.

Η Έρευνα – Η Εφαρμογή – Η Αξιολόγηση

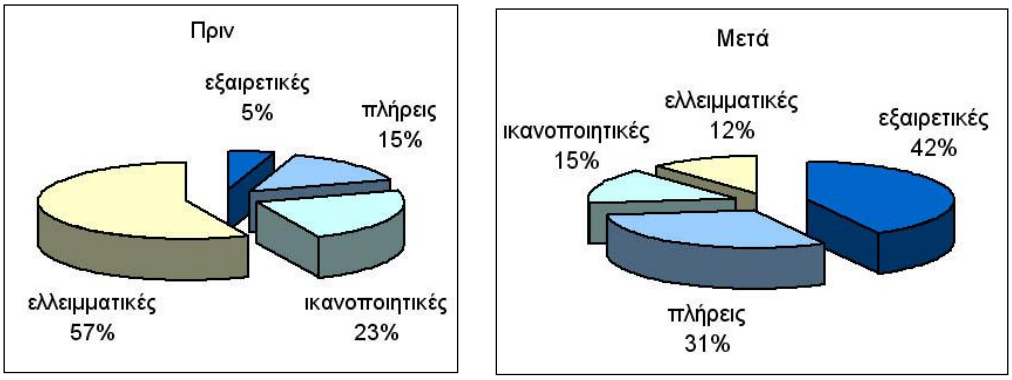
Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε 24 μαθητές της γ΄ λυκείου, σε 38 φοιτητές / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε 12 επιμορφούμενους / εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας

εκπαίδευσης, κατά το σχολικό / εκπαιδευτικό έτος 2008-2009. Επειδή όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές / φοιτητές / 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 4 ωρών με αναδραστική χρήση του προτεινόμενου λογισμικού ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με βάση ένα φύλλο εργασίας, μετά δε συμπλήρωσαν ένα ακόμη ερωτηματολόγιο (post test) στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Στα φύλλα εργασίας τους διάβαζαν τις οδηγίες χρήσης του λογισμικού και σε διατιθέμενο χώρο σχολίαζαν τη λειτουργικότητα του λογισμικού. Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων αφορούσαν στη διάκριση κυματοπαλμών και κυμάτων στα υλικά σώματα, στις κινήσεις των μικροσκοπικών σωματιδίων της ύλης όταν στα υλικά σώματα εμφανίζονται κυματοπαλμοί ή κύματα, στον τρόπο με τον οποίο οι κινήσεις αυτές των σωματιδίων συσχετίζονται / διασυνδέονται με τα διάφορα χαρακτηριστικά των κυματοπαλμών και κυμάτων στα σώματα, στην κατανόηση της συμπεριφοράς των κυματοπλαμών και κυμάτων κατά τη διάρκεια της διάδοσής τους, της ανάκλασής τους, της υπέρθεσης / συμβολής τους, της απορρόφησης / εμπέδησής τους, στην ερμηνεία των φαινομένων αυτών με βάση τις κινήσεις των σωματιδίων αλλά και στην πρόβλεψη της μορφής κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά σώματα όταν γνωρίζουμε τις υποθετικές κινήσεις των σωματιδίων τους (…)

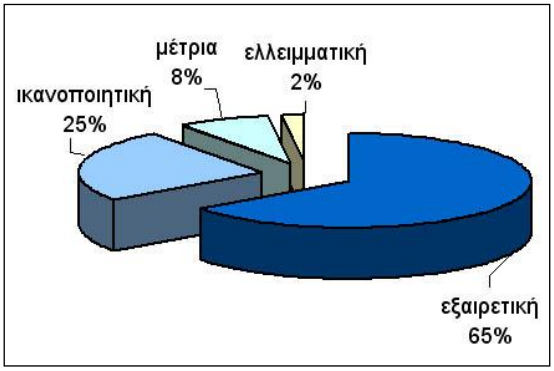
Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού έγινε με βάση τις απαντήσεις των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την εκπαιδευτική / ερευνητική διαδικασία καθώς και με βάση τις παρατηρήσεις / σχόλιά τους για τη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού, αλλά και τον «πειραματισμό» τους με το λογισμικό. Οι απαντήσεις των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών 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 και είχαν διαπραγματευτεί επιτυχώς όλα τα βήματα των σχεδίων εργασίας).

Οι παρατηρήσεις και τα σχόλια για τη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού ταξινομήθηκαν, επίσης, σε κατηγορίες: «ελλειμματική», «μέτρια», «ικανοποιητική», «εξαιρετική».

Μια πρώτη αποτίμηση των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια και των παρατηρήσεων / σχολίων στα φύλλα εργασίας έδειξε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών του δείγματος της έρευνας (μαθητών, φοιτητών, εκπαιδευτικών), γι' αυτό και τα αποτελέσματά της εμφανίζονται ενοποιημένα:



Ποσοστά (%) απαντήσεων ερωτηματολογίων πριν και μετά



Ποσοστά (%) λειτουργικότητας λογισμικού

Συμπληρωματικά της περιγραφείσας έρευνας, όλοι οι μαθητές, οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί, μετά τη συμπλήρωση του πρώτου ερωτηματολογίου και πριν την εκπαιδευτική διαδικασία με το λογισμικό, ρωτήθηκαν αν επιθυμούν (/ θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς) να διδάξουν τις θεματικές αυτές σε –άλλους– συναδέλφους τους. Η συντριπτική πλειοψηφία τους αρνήθηκε. Οι ίδιοι όταν ρωτήθηκαν μετά τη συμπλήρωση του δεύτερου ερωτηματολογίου και μετά την εκπαιδευτική διαδικασία με το λογισμικό, αν επιθυμούν (/ θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς) να διδάξουν τις θεματικές αυτές σε –άλλους– συναδέλφους τους, περισσότεροι από τους μισούς απάντησαν καταφατικά και κάποιοι το επιχείρησαν, χωρίς να καταγράψουμε / εκτιμήσουμε ποσοτικά τα αποτελέσματα. Τα ποιοτικά αποτελέσματα όμως ήταν ικανοποιητικά και ελπιδοφόρα.

Τα Συμπεράσματα – Οι Προτάσεις

Από τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών προκύπτει ότι το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό λογισμικό είναι δυνατό να υποστηρίζει πλήρως και αποτελεσματικά την εκπαιδευτική διαδικασία –στη δευτεροβάθμια / λυκειακή και την τριτοβάθμια εκπαίδευση– των εννοιών και των φαινομένων τα οποία σχετίζονται με τους κυματοπαλμούς και τα κύματα σε υλικά μέσα, στο πλαίσιο της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Ειδικότερα, επιτυγχάνει εκπαιδευτικά τη συσχέτιση από τους εκπαιδευόμενους των μικροσκοπικών ταλαντώσεων των σωματιδίων των υλικών με τα μακροσκοπικά κύματα σε υλικά και ερμηνεύει με αυτή τη συσχέτιση τα φαινόμενα της διάδοσης / ανάκλασης / υπέρθεσης κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων, αφού διαπιστώθηκε επίσης η λειτουργικότητα του λογισμικού και η προστιθέμενη αξία των τεχνικών και αισθητικών χαρακτηριστικών του, καθώς και η δυνατότητα επαναληπτικού «πειραματισμού» με το λογισμικό.
Θεωρούμε ως εκ τούτου ότι είναι δυνατή η γενίκευση της χρήσης / αξιοποίησης του λογισμικού στην τυπική –τουλάχιστον– εκπαίδευση, αφού το δείγμα της ερευνητικής διαδικασίας ήταν αρκετά ευρύ, πιστεύουμε ότι πρέπει να αξιολογηθούν και τα υπόλοιπα μέρη του λογισμικού, τα οποία αφορούν και σε άλλες θεματικές, προτείνουμε δε τη χρήση / αξιοποίησή του.

Η Βιβλιογραφία, οι Αναφορές

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, Stohastic 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

Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε΄ Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος[1] και Ευαγγέλου Β. Φίλιππος[2]
[1]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr*
[2]*Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, me01019@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 του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. 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 «Crocodile clips 3 elementary edition». Η συλλογή δεδομένων έγινε με φύλλα εργασίας που δόθηκαν και στις δυο ομάδες πριν και μετά τα πειράματα και περιείχαν τις ίδιες ερωτήσεις. Η αξιολόγηση των απαντήσεων έγινε με βάση την ταξινομία SOLO. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι στη πρώτη ερώτηση οι μαθητές της ομάδας ελέγχου είχαν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους μαθητές της πειραματικής, ενώ στη δεύτερη ερώτηση είχαν παρόμοια και στις δυο ομάδες.

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 simple electric circuit. 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 "Crocodile clips 3 elementary edition". 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 first question the students of control group had better learning outcomes than the students of experimental, while in the second question had similar learning outcomes in the two groups.

Εισαγωγή

Μολονότι σε πολλές έρευνες στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Hofstein & Lunetta 2004, Ζαχαρία & Ευαγόρου 2004, Ολυμπίου, Ζαχαρία & Παπαευριπίδου 2007, Zacharia, Olympiou & Papaevripidou 2008, Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009) υπάρχει μια αναγνώριση της αξίας τόσο των εικονικών (προσομοιώσεις) όσο και των πραγματικών πειραμάτων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής – ένα βασικό πλεονέκτημα είναι το ότι επιτρέπουν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με υλικά, μοντέλα και να κάνουν δοκιμές -, τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μια «διαμάχη» για την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα (Κώτσης & Ευαγγέλου 2007, Λεύκος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης 2009).

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα εργασία τα εικονικά πειράματα σχετίζονται με τη χρήση ενός περιβάλλοντος προσομοίωσης εκτέλεσης ενός πειράματος που περιλαμβάνει εικονικές συσκευές και αντικείμενα και ειδικότερα βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης φυσικών καταστάσεων που δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία, παρουσιάζοντας ένα πείραμα, ένα φαινόμενο ή μια φυσική κατάσταση (Τζιμογιάννης 2004). Ένα παράδειγμα εικονικού πειράματος είναι η προσομοίωση του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης που μπορεί να δημιουργηθεί με το εκπαιδευτικό λογισμικό Interactive Physics (Μικρόπουλος 2006) ή η προσομοίωση απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με το λογισμικό Crocodile Physics. Αντίθετα, τα πραγματικά πειράματα σχετίζονται με τη χρήση πραγματικών αντικειμένων.

Παράλληλα, όσον αφορά τη «διαμάχη» για την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα υπάρχουν ερευνητές που ισχυρίζονται ότι τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε προσομοιώσεις, μέσα από κατάλληλα διδακτικά σενάρια και διδακτικές προσεγγίσεις, έχουν θετικό αντίκτυπο σε φοιτητές ή μαθητές για την εννοιολογική κατανόηση εννοιών της Φυσικής και τους βοηθούν να ξεπεράσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες (Jimoyiannis, Mikropoulos & Ravanis 2000, Jimoyiannis & Komis 2001, de Jong 2006, Zacharia 2007). Ακόμη, άλλοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι κατά την εκτέλεση ενός πραγματικού πειράματος οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με δυσκολίες χειρισμού των πραγματικών οργάνων και διατάξεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Με αφορμή ,λοιπόν, την τελευταία διαπίστωση διατείνονται ότι η χρήση των ΤΠΕ μπορεί να ξεπεράσει, ως ένα βαθμό, τεχνικούς και διδακτικούς περιορισμούς του πραγματικού εργαστηρίου (Ταραμόπουλος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης 2010).

Αντίθετα, υπάρχουν άλλοι ερευνητές που αμφισβητούν την αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων και υπερασπίζονται την αποτελεσματικότητα των πραγματικών πειραμάτων. Για παράδειγμα, ασκούν κριτική στην αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων διότι θεωρούν ότι πολλές φορές στερούν την άμεση εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά, την άμεση παρατήρηση ή τον άμεσο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός πειράματος, τα οποία θεωρούνται ουσιαστικά για τη μάθηση (Steinberg 2000, Corter et al. 2004, Μιχαηλίδης 2006). Επίσης, ισχυρίζονται ότι είναι πιθανόν οι μαθητές που εκτελούν προσομοιωμένα πειράματα να ενδυναμώνουν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες, αντί να οδηγούνται πλησιέστερα στις παραδεκτές επιστημονικές θεωρίες.

Σχετικά, λοιπόν, με την αποτελεσματικότητα των εικονικών έναντι των πραγματικών αντικειμένων έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες (Κώτσης & Ευαγγέλου 2007, Ευαγγέλου & Κώτσης 2009). Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες δεν διατηρούσαν σταθερή τη διδακτική προσέγγιση, τη μέθοδο διδασκαλίας (το διδακτικό υλικό) που χρησιμοποιήθηκε και την προστιθέμενη αξία του κάθε μέσου πειραματισμού, όπως είναι η δυνατότητα των προσομοιώσεων να οπτικοποιούν τον μικρόκοσμο (Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009).

Ταυτόχρονα, διαπιστώνεται ότι υπάρχουν σχετικά ελάχιστες έρευνες που ασχολούνται αποκλειστικά και μόνο με τη χρήση εικονικών έναντι πραγματικών πειραμάτων στη μάθηση και διδασκαλία της Φυσικής (Finkelstein et. al. 2005, Klahr, Triona & Williams 2007, Λεύκος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης 2009). Επιπρόσθετα, μέσα από την ενδελεχή βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ένα έλλειμμα στη διερεύνηση του συγκεκριμένου ζητήματος σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Ευαγγέλου και Κώτσης 2009) διότι το σύνολο σχεδόν των ερευνών αναφέρονται σε μαθητές και φοιτητές της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αντίστοιχα.

Με βάση τα παραπάνω και μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, καθίσταται αναγκαία μια εκτεταμένη έρευνα σε μαθητές δημοτικών σχολείων σχετικά με την αξιολόγηση της

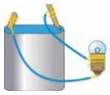
αποτελεσματικότητας μόνο των εικονικών έναντι μόνο των πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση, διατηρώντας σταθερές συγκεκριμένες μεταβλητές της μάθησης.
Τέλος, επιλέχθηκε να μελετηθεί η έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος για τους εξής λόγους: α) οι μαθητές αντιμετωπίζουν (έντονες) δυσκολίες και έχουν εναλλακτικές ιδέες στην κατανόηση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και γενικότερα του ηλεκτρισμού, όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι για να εξηγήσουν πώς φτάνει το ρεύμα από την πηγή στον «καταναλωτή» στρέφονται σε εναλλακτικά μοντέλα (μονοπολικό, μεριστικό, καταναλωτικό, μοντέλο «συγκρουόμενων ρευμάτων») καθώς επίσης και ότι υπάρχει λεκτική σύγχυση σε αρκετούς μαθητές σχετικά με το «ανοιχτό – κλειστό» κύκλωμα ή διακόπτη (Driver 1998, Zacharia 2007, Jaakkola & Nurmi 2008), β) έχει συμβατότητα με το αναλυτικό πρόγραμμα της Πέμπτης Δημοτικού, γ) προσφέρει δυνατότητες εκτέλεσης τόσο εικονικού όσο και πραγματικού πειράματος (Ευαγγέλου και Κώτσης 2009), δ) 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 διερευνήσει την επίδραση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, με την προϋπόθεση ότι ελέγχονται συνειδητά η διδακτική προσέγγιση, το διδακτικό υλικό και η προστιθέμενη αξία του κάθε μέσου πειραματισμού. Με άλλα λόγια, σκοπός της 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 του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
Το (δι)ερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι το εξής: «Ποιο είδος πειράματος (εικονικό ή πραγματικό) θεωρείται αποτελεσματικότερο για τους μαθητές της Πέμπτης Δημοτικού σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος;».
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, 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 1,2,3) των δυο ομάδων πριν 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 Crocodile clips 3 elementary edition.

Οι μαθητές τόσο στην ομάδα ελέγχου όσο και στην πειραματική ομάδα εργάστηκαν σε ομάδες των δυο ατόμων.
Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την υλοποίηση της έρευνας δεν είχαν διδαχθεί την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
Τα πραγματικά αντικείμενα και το λογισμικό Crocodile clips 3 elementary edition
Τα πραγματικά αντικείμενα που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα πραγματικά πειράματα ήταν: μια μπαταρία πλακέ 4,5V, τρία καλώδια με κροκοδειλάκια, ένα λαμπάκι 4,5V (βιδωτό) με λυχνιολαβή και ένας διακόπτης.
Το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποίησε κάθε δυάδα μαθητών για τα εικονικά πειράματα ήταν το Crocodile clips 3 elementary edition. Το συγκεκριμένο λογισμικό επιλέχθηκε για τους εξής λόγους: α) οι μαθητές ύστερα από σύντομη επίδειξη της χρήσης του προγράμματος είναι σε θέση να δημιουργούν τα δικά τους πειράματα. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει πληθώρα εργαλείων (όπως λαμπάκια, μπαταρία, καλώδια, διακόπτης κτλ.), τα οποία μπορούν πολύ εύκολα να επιλεχθούν από τους μαθητές και σύροντας τα με το ποντίκι να τοποθετηθούν στην επιθυμητή θέση, β) χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας και ο μαθητής μπορεί με απλούς χειρισμούς να εκτελέσει πειράματα και να δει άμεσα τα αποτελέσματα τους στην οθόνη του υπολογιστή, γ) ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να επαναλάβει το πείραμά του όσες φορές επιθυμεί.
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.
Τα φύλλα εργασίας – Μέσα συλλογής δεδομένων και η διδακτική παρέμβαση
Τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν φύλλα εργασίας, τα οποία χορηγήθηκαν και στις δυο ομάδες τόσο πριν όσο και μετά την εκτέλεση των πειραμάτων.
Η διδακτική προσέγγιση - παρέμβαση που χρησιμοποιήθηκε σε όλες τις ομάδες και στην οποία στηρίζονταν τα φύλλα εργασίας βασιζόταν στις αρχές και τη φιλοσοφία της εποικοδομητικής προσέγγισης. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από τη συγκεκριμένη δομή των φύλλων εργασίας - που στηρίζεται στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών - 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 πειράματα, προς τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις.
Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι πειραματικές δραστηριότητες πραγματοποιούνταν από τους ίδιους τους μαθητές οι οποίοι βρίσκονταν ανά δυάδες στη τάξη και στο εργαστήριο υπολογιστών, ενώ συμπλήρωναν ατομικά τα φύλλα εργασίας. Η συγκρότηση σε δυάδες στηρίζεται στις αρχές της ομαδοσυνεργατικής μάθησης και στο γεγονός ότι αυτός ο μικρός αριθμός της ομάδας δίνει τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να χειριστούν με ευκολία το πειραματικό υλικό, διασφαλίζοντας την ομοιογένεια στις συνθήκες αλληλεπίδρασης των μαθητών με το πειραματικό υλικό. Ακόμη, ο ερευνητής - δάσκαλος είχε το ρόλο του συμβούλου και καθοδηγούσε ,όπου χρειαζόταν, τους μαθητές στην πραγματοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων.
Ειδικότερα, τα φύλλα εργασίας, που στηρίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση και επιστημονική - εκπαιδευτική μεθοδολογία (Καλκάνης 2007), επιμερίζονται σε τέσσερα φύλλα εργασίας:
Ι) Αρχικό φύλλο εργασίας (pre-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν τέσσερις ερωτήσεις ανοικτού τύπου και στηρίζεται στη φάση της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών (Έναυσμα).
ΙΙ) Φύλλο προβλέψεων: Στηρίζεται στις φάσεις ανάδειξης και δοκιμασίας των ιδεών (προβληματισμός – διατύπωση προβλέψεων).

ΙΙΙ) Φύλλο πειραμάτων: Στηρίζεται στις φάσεις δοκιμασίας των ιδεών και εισαγωγής της επιστημονικής γνώσης (παρατήρηση, αποδεικτικές δραστηριότητες, επιβεβαίωση ή απόρριψη των προβλέψεων μέσω του αποδεικτικού πειραματισμού, διατύπωση συμπερασμάτων).
IV) Τελικό φύλλο εργασίας (post-test): Σε αυτό το φύλλο υπάρχουν οι ίδιες ακριβώς τέσσερις ερωτήσεις ανοικτού τύπου με το αρχικό φύλλο και στηρίζεται στη φάση εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης (εμπέδωση – γενίκευση).
Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την εκτέλεση των πειραμάτων δόθηκε σε όλες τις ομάδες το αρχικό φύλλο εργασίας (pre – test) που ήταν πανομοιότυπο με το τελικό φύλλο εργασίας (post –test), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην αξιολόγηση και στη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων και των μαθησιακών αποτελεσμάτων.
Στη συγκεκριμένη έρευνα θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την ανάλυση δυο ερωτήσεων (υπάρχουν τέσσερις ερωτήσεις στην έρευνα και λόγω περιορισμένης έκτασης δεν αναλύονται οι άλλες δυο που σχετίζονται με τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος) που περιέχονταν στα αρχικά και τελικά φύλλα εργασίας (pre και post):
«1)Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες και απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις για εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι:

1. **2.** **3.** 

Α)Στην εικόνα (1) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;
Β)Στην εικόνα (2) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;
Γ) Στην εικόνα (3) ανάβει το λαμπάκι; Ναι ή Όχι;.. Δικαιολόγησε την απάντησή σου;
2) Τι εννοούμε με την έκφραση «κλείσε το φως», την οποία την χρησιμοποιούμε καθημερινά στη ζωή μας: α) το ηλεκτρικό κύκλωμα μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστό ή ανοιχτό;…… Δικαιολόγησε την απάντησή σου:
β) ο διακόπτης μόλις «κλείσουμε το φως» θα είναι κλειστός ή ανοιχτός;…… 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 πέντε ιεραρχικά επίπεδα, με βάση το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης, πριν και μετά 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, Μπέλλου & Μικρόπουλος 2009) γίνεται για μια συγκεκριμένη ερώτηση (ερώτηση 1)Α), Β), Γ)) ως εξής:
1)Προδομικό: Δεν απαντά, απαντά λάθος χωρίς να δίνει κάποια ερμηνεία για την επιλογή του, απαντά λάθος κάνοντας άσχετο συνειρμό για τον τρόπο που πρέπει να συνδεθεί το λαμπάκι ώστε να ανάψει. Μια ενδεικτική απάντηση στην ερώτηση 1) Β) είναι: «Ναι, ανάβει το λαμπάκι». 2) Μονοδομικό: Στην απάντησή του για τη σωστή ή μη συνδεσμολογία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος επικεντρώνεται σε ένα παράγοντα – στοιχείο από τους τρεις που απαιτούνται για να ανάψει η λάμπα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Πιο συγκεκριμένα, επικεντρώνεται ή στα καλώδια ή στους δυο πόλους της μπαταρίας και στις δυο επαφές της λάμπας ή στον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων. Μια ενδεικτική απάντηση

στην ερώτηση 1) Β) είναι: «Όχι. Γιατί το καλώδιο δεν παίρνει όλη την ενέργεια έτσι ώστε να ανάψει το λαμπάκι. 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 στην ερώτηση 1) Β) είναι: «Όχι. Δεν ανάβει γιατί είναι μόνο το ένα καλώδιο συνδεδεμένο με τη μπαταρία». 4) Συσχετιστικό: Στην απάντησή του αναφέρει όλους τους παράγοντες, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπέρασμα, υιοθετώντας το επιστημονικά σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού ρεύματος που περιλαμβάνει μπαταρία, λάμπα και δυο καλώδια τα οποία συνδέουν τους δυο πόλους της μπαταρίας με τις δυο επαφές της λάμπας. Μια ενδεικτική απάντηση στην ερώτηση 1) Β) είναι: «Όχι. Γιατί πρέπει να υπάρχουν δυο καλώδια που να συνδέονται με τους δυο πόλους της μπαταρίας και τις δυο επαφές της λάμπας». 5) Εκτεταμένης Θεώρησης: Δεν βρέθηκαν σε αυτό το επίπεδο απαντήσεις.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STATISTICA 8.0 και ειδικότερα το Γενικό Γραμμικό Μοντέλο (GLM) και το στατιστικό κριτήριο ελέγχου Tukey HSD. Πιο συγκεκριμένα, στην ερώτηση 1)Α) η μέση τιμή της επίδοσης για την ομάδα ελέγχου στο φύλλο εργασίας που δόθηκε μετά τα πειράματα ήταν 3,3091 και για την πειραματική ομάδα 2,5091. Η διαφορά αυτή σύμφωνα με το κριτήριο ελέγχου Tukey HSD προέκυψε ότι είναι στατιστικά σημαντική [p=0,001109] (Πίνακας 1). Η ομάδα ελέγχου έχει στατιστικά σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις από ότι η πειραματική ομάδα μετά την εκτέλεση των πειραμάτων. Στην ερώτηση 1)Β) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακας 2), ενώ στην ερώτηση 1)Γ) υπάρχει.

Πίνακας 1: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 1Α)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Ερ. 1)Α)	{1} 1,6909	{2} 2,5091	{3} 1,5818	{4} 3,3091
1	Πειραματική	1)Α)pre		0,000035	0,999304	0,000032
2	Πειραματική	1)Α)post	0,000035		0,000084	0,001109
3	Ελέγχου	1)Α)pre	0,999304	0,000084		0,000032
4	Ελέγχου	1)Α)post	0,000032	0,001109	0,000032	

Πίνακας 2: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 1Β)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Ερ. 1)Β)	{1} 2,5455	{2} 2,8909	{3} 2,6182	{4} 3,2545
1	Πειραματική	1)Β)pre		0,003494	0,998908	0,000032
2	Πειραματική	1)Β)post	0,003494		0,325308	0,055990
3	Ελέγχου	1)Β)pre	0,998908	0,325308		0,000032
4	Ελέγχου	1)Β)post	0,000032	0,055990	0,000032	

Με βάση τα παραπάνω, στο σύνολο σχεδόν των απαντήσεων της ερώτησης (1) η επίδοση των μαθητών επηρεάστηκε περισσότερο από τα πραγματικά πειράματα σε σύγκριση με τα εικονικά. Μόνο στην ερώτηση 1)Β) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Πιθανόν αυτό συμβαίνει διότι οι μαθητές και στις δυο ομάδες αντικαθιστούν εξίσου την εναλλακτική ιδέα του μονοπολικού μοντέλου με την επιστημονική άποψη διότι τόσο στην εικόνα της ερώτησης όσο και κατά την εκτέλεση των εικονικών και πραγματικών πειραμάτων είναι εμφανείς οι δυο πόλοι της μπαταρίας (Αποστολάκης κ.ά. 2006).

Από τη στατιστική ανάλυση της ερώτησης (2) (Α και Β) προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων (Πίνακας 3 που αφορά μόνο τη 2Α).

Πίνακας 3: Σύγκριση των δυο ομάδων με το στατιστικό κριτήριο Tukey HSD στην ερώτηση 2Α)

Cell No.	Είδος_ομάδας	Ερ. 2)Α)	{1} 1,7455	{2} 2,2909	{3} 1,6000	{4} 2,6182
1	Πειραματική	2)Α)pre		0,001310	0,989929	0,000039
2	Πειραματική	2)Α)post	0,001310		0,001329	0,537560
3	Ελέγχου	2)Α)pre	0,989929	0,001329		0,000032
4	Ελέγχου	2)Α)post	0,000039	0,537560	0,000032	

Αυτό σημαίνει ότι στο σύνολο των απαντήσεων της ερώτησης (2) η επίδοση των μαθητών δεν επηρεάστηκε από κανένα είδος πειράματος, γεγονός το οποίο συναντάται και σε πρόσφατη έρευνα που υλοποιήθηκε σε μαθητές δημοτικών σχολείων (Jaakkola & Nurmi 2008). Πιθανόν αυτή η ισοδυναμία στα μαθησιακά αποτελέσματα οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν και στις δυο ομάδες η ίδια διδακτική προσέγγιση (που στηρίζεται στην εποικοδομητική θεωρία) και τα ίδια φύλλα εργασίας. Ακόμη, μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι στους περισσότερους μαθητές υπάρχει η λεκτική σύγχυση σχετικά με το «ανοιχτό – κλειστό» κύκλωμα ή διακόπτης, η οποία παραμένει ακόμη και μετά τη εκτέλεση πειραματικών δραστηριοτήτων (Χρηστίδου 2001).

Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία δείχνει πως στην ερώτηση, που σχετίζεται με την αναγνώριση από πλευράς των μαθητών του σωστού διπολικού μοντέλου του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, τα πραγματικά πειράματα είναι αποτελεσματικότερα σε σχέση με τα εικονικά πειράματα. Με άλλα λόγια, το γεγονός ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα της ομάδας των μαθητών που χειρίστηκε τα πραγματικά αντικείμενα είναι υψηλότερα από τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που χειρίστηκαν την προσομοίωση, ενισχύει τους υποστηρικτές των πραγματικών πειραμάτων που ισχυρίζονται ότι η άμεση εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά είναι αποτελεσματικότερη από την προσομοίωση.

Ταυτόχρονα, στην ερώτηση, που σχετίζεται με το πότε είναι κλειστό και πότε είναι ανοιχτό το ηλεκτρικό κύκλωμα, προκύπτει μια ισοδυναμία μεταξύ των δυο ομάδων, γεγονός που σημαίνει ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών είναι παρόμοια είτε χρησιμοποιήσουν τα πραγματικά αντικείμενα είτε την προσομοίωση. Κατά συνέπεια, διαπιστώνεται ότι σε αυτή την περίπτωση σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών δεν διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο το είδος πειράματος που θα εκτελέσουν, αλλά η ίδια διδακτική προσέγγιση και το ίδιο διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Ωστόσο, τα παραπάνω μαθησιακά αποτελέσματα των δυο ερωτήσεων δημιουργούν έναν προβληματισμό σχετικά με την εξαγωγή ενός γενικού συμπεράσματος για το ποιο είδος πειράματος είναι αποτελεσματικότερο, αφού δεν μας επιτρέπουν να απαντήσουμε με σαφήνεια στο διερευνητικό μας ερώτημα.

Κατά συνέπεια, για να οδηγηθούμε σε συγκεκριμένες απαντήσεις και σε πιο γενικευμένα συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των δυο ειδών πειραματισμού θεωρείται σημαντική η επέκταση της συγκεκριμένης έρευνας και σε άλλες θεματικές ενότητες της Φυσικής, όπως είναι η Μηχανική, το Φως και η Θερμότητα – Θερμοκρασία. Μέσα από αυτή την εκτεταμένη έρευνα είναι δυνατόν να απαντηθούν πιο διεξοδικά τα παραπάνω ερωτήματα και να εντοπισθούν τα κριτήρια που θα καθορίζουν τη χρήση του ενός είδους πειραματισμού ή του άλλου, προκειμένου να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα κατά τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής σε μαθητές Δημοτικών Σχολείων.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης,Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας,Σ., Τσαγλιώτης,Ν., Μακρή,Β.,Πανταζής,Γ., Πετρέα,Κ., Σωτηρίου,Σ.,Τόλιας,Β.,Τσαγκογέωργα και Καλκάνης,Γ. (2006). Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε΄ τάξης. Βιβλίο για το δάσκαλο, Αθήνα: ΟΕΔΒ.

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, http://www.uowm.gr/kodifeet, ημερομηνία πρόσβασης 16/12/2009.

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. 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, 335 – 342.

Ζαχαρία,Ζ. & Ευαγόρου,Μ.(2004).Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. στο Τσελφές,Β., Καριώτογλου,Π. και Πατσαδάκης, Μ. (επιμ.) Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση - Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση, , Α, 343-349, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Αθήνα.

Καλκάνης, Γ. (2007). Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ (Ι. Οι Θεωρίες, ΙΙ. Τα φαινόμενα). Αθήνα.

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.

Λεύκος, Ι., Ψύλλος, Δ. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2009). Ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον στην περιοχή των θερμικών φαινομένων. 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,495–503.

Μικρόπουλος, Τ.Α. (2006). Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Μιχαηλίδης, Π. (2006). Εξελίξεις στη Διδακτική των φυσικών επιστημών. Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών με θέμα: «Οι νέοι ορίζοντες της Φυσικής Επιστήμης στον Αιώνα μας, στην Έρευνα, στην Τεχνολογία και στην Εκπαίδευση», Λάρισα.

Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. στο 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, Χ.Ζ. & Παπαευριπίδου, Μ. (2007). Διερεύνηση της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης προπτυχιακών φοιτητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία μέσα από εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. στο Κατσίκης,Α., Κώτσης,Κ., Μικρόπουλος,Α. και Τσαπαρλής,Γ. (επιμ.) Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Γ, 1059 – 1068, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.

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.

Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ). στο Τζιμογιάννης, Α. (επιμ.) Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση", ΙΙ, 355 – 363, ΕΤΠΕ: Κόρινθος.

Τζιμογιάννης, Α (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. στο Βλαχάβας, Ι., Δαγδιλέλης,Β., Ευαγγελίδης,Γ. , Παπαδόπουλος,Γ., Σατρατζέμη, Μ. και Ψύλλος, Δ. (επιμ.) Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές, 240 - 254, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

Χρηστίδου, Β. (2001). Ηλεκτρισμός. στο Κουλαϊδής, Β.(επιμ.) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Β, ΕΑΠ, Πάτρα.

Biggs, J. B. & Collis, K. F. (1982), Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy, NY:Academic Press.

Corter, J.E., Nickerson, J.V., Esche, S.K. & Chassapis, C.(2004). Remote versus hands-on labs:A comparative study. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Savannah.

de Jong, T. (2006). Computer simulations: technological advances in inquiry learning. Science, 312, 532–533.

Driver, R. , Squires, A. , Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός.

Finkelstein, N.D., Perkins,K., Adams, W., Keller, K., Kohl,P., Podolefsky, N., Reid,S. & LeMaster,R.(2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. Physical Review, Special Topics: Physics Education Research, 1, 1-8.

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88 (1), 28-54.

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.

Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A. & Ravanis, K.(2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. Themes in Education, 1(4), 357-372.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion.Computers and Education, 36, 183-204.

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.

Steinberg, R. N.(2000). Computers in teaching science: to simulate or not to simulate?. American Journal of Physics, 68 (7), 37-41.

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., 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.

Στάσεις των μαθητών Δημοτικού Σχολείου ως προς το πείραμα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Κώτσης Θ. Κωνσταντίνος
Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη
Στην εργασία αυτή ερευνώνται οι στάσεις των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου απέναντι στο πείραμα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Η εργασία στηρίζεται σε εμπειρική έρευνα, στην οποία μετείχαν μαθητές Δημοτικών Σχολείων. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύουν ότι οι μαθητές ενθουσιάζονται με την εκτέλεση πειραμάτων και θέλουν να συμμετέχουν τόσο στην προετοιμασία τους όσο και στην εκτέλεσή τους. Από την έρευνα όμως προκύπτει και το συμπέρασμα, ότι πειράματα δεν γίνονται συχνά μέσα στην σχολική αίθουσα και το γεγονός αυτό εγείρει προβληματισμό για την ίδια την εκπαιδευτική διαδικασία.

Abstract
In this study are surveyed the attitudes and dispositions of the Primary School students for the experiments during the course of teaching science. This work is based on an empirical research, between primary school students. The results show that the students are intrigued with the experiments and they want to participate in their preparation and execution. Another clear result from this research is that experiments are not often in the classroom and this raises a concern for the educational process itself.

Εισαγωγή

Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών το πείραμα αποτελεί μια χρήσιμη πρακτική εργασία στο σχολικό περιβάλλον και είναι ένα σημαντικό μέσο για τη οικοδόμηση της γνώσης στους μαθητές. Το πείραμα ως διδακτικό μέσο στοχεύει κυρίως στην ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων και στην καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης και νοοτροπίας. Η σπουδαιότητα του πειράματος στη διδακτική πράξη είχε αναγνωριστεί από πολύ παλιά. Η Edgeworth στο βιβλίο της Essays on Practical Education το 1801, υποστηρίζει ότι οι μαθητές νιώθουν μεγάλη ικανοποίηση όταν αποκτούν πειραματικά τη γνώση και ότι τα πειράματα ταιριάζουν υπερβολικά στις ικανότητές τους. Οι μαθητές μαθαίνουν να μη θεωρούν τα πάντα δεδομένα, αλλά να πειραματίζονται, να διαπιστώνουν λάθη, να ξαναδοκιμάζουν, και τελικά να οικοδομούν τη γνώση. Ο μαθητής μέσα από το πείραμα ελέγχει τις υποθέσεις του, τις ισχυροποιεί ή τις απορρίπτει. Τα ισχύοντα σχολικά εγχειρίδια (ΟΕΔΒ 2006α και 2006β) των δύο τελευταίων τάξεων του Δημοτικού Σχολείου έχουν ενσωματώσει την αρχή αυτή του εποικοδομητισμού και το πείραμα αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η επιστημονική διαδικασία του πειραματισμού θέλει ο μαθητής να οργανώνει μια πειραματική εργασία, να διακρίνει λύσεις και να επιλέγει την κατάλληλη πορεία για την επαλήθευση της υπόθεσης του. Συνήθως η πορεία της διερεύνησης δίνεται με διατυπωμένη ή ημιδομημένη μορφή και αυτό που ζητείται από τους μαθητές είναι να συγκεντρώσουν στοιχεία, να περιγράψουν, να ερμηνεύσουν και να αντιστοιχίσουν τα στάδια της πειραματικής εργασίας με τα πραγματικά συμβάντα. Οι ενέργειες αυτές συντελούν στη

σύνδεση της θεωρίας με την πράξη και του εργαστηρίου με τη φύση και την καθημερινή ζωή. Η ανάγκη της ευρύτερης δυνατής συμμετοχής του μαθητή στην πειραματική διαδικασία τεκμηριώνεται επίσης από τη διεθνή βιβλιογραφία. Οι Hadden και Johnstone το 1982 διαπιστώνουν ότι ο μαθητής ενθουσιάζεται όταν ανακαλύπτει την εφαρμογή της νέας γνώσης μέσου των πειραμάτων, ο Bredderman (1982) μελετά την έκταση της πρακτικής άσκησης στο μάθημα και διαπιστώνει τη θετική της επίδραση στον γνωστικό τομέα, στη φαντασία, στη μεθοδικότητα και στη στάση των μαθητών, ενώ οι Aho, Huopio και Huttunen (1993) διαπιστώνουν την αποτελεσματικότερη κατανόηση των φαινομένων και τη γνωστική αφομοίωση σε Φινλανδούς μαθητές που διδάσκονται μ' έμφαση στην καλλιέργεια πρακτικών δεξιοτήτων και μάλιστα με τη χρήση απλών υλικών. Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από διάφορες έρευνες έδειξαν ότι οι μαθητές/ ριες θεωρούν την πειραματική διδασκαλία λιγότερο βαρετή από τις διαλέξεις (Hofstein & Lunetta 1982, Denny & Chennell 1986), και ότι το 57% θεωρούν την πειραματική διδασκαλία πολύ καλή, το 40% των ιδίων μαθητών του δημοτικού θεωρούν τις εργαστηριακές ασκήσεις ενδιαφέρουσες, όταν οι μαθητές καταλαβαίνουν τι κάνουν, ενώ δυσανασχετούν όταν κάτι δεν πάει καλά (Hodson 1989). Πολύ θετική στάση εκφράζουν διαχρονικά και μαθητές του Δημοτικού σχολείου στην Αυστραλία (Dawson, 2000).

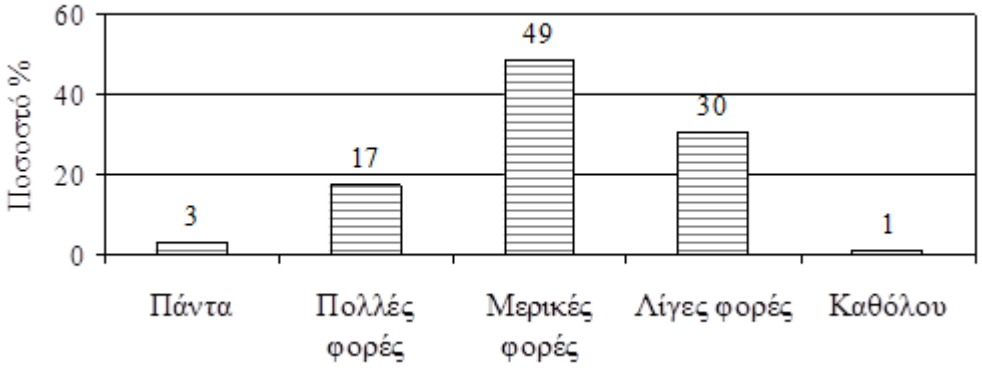
Μέσα στο πλαίσιο αυτής της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς τις στάσεις των μαθητών του σημερινού Ελληνικού Δημοτικού Σχολείου απέναντι στο πείραμα, και αυτό διερευνάται στην εργασία αυτή.

Έρευνα και Αποτελέσματα

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Ε' και Στ' τάξης Δημοτικών Σχολείων, όπου διδάσκονται το μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 210 μαθητές από 12 σχολικά τμήματα έξι Δημοτικών Σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων. Η δειγματοληπτική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων είναι το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου και μοιράστηκε περίπου στο τέλος του σχολικού έτους 2009-2010.

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται ανά ερώτηση με τη μορφή ραβδογραμμάτων με τις απαντήσεις των μαθητών.

Στην πρώτη ερώτηση τίθεται το ερώτημα αν κάνουν πείραμα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στο σχήμα 1.

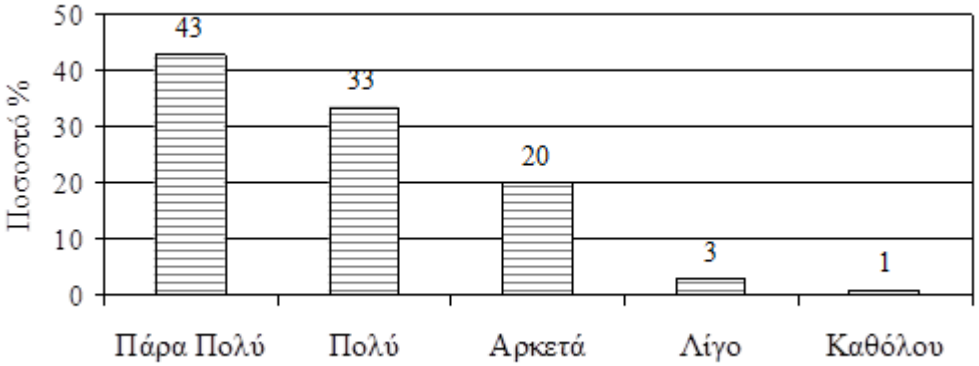


Σχήμα 1. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «αν κάνουν πειράματα στην τάξη κατά την διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών»

Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο 20% των μαθητών δηλώνει ότι γίνονται πάντα ή πολλές φορές πείραμα στη σχολική τάξη, ενώ υπάρχει ένα 30% των μαθητών που δηλώνουν ότι λίγες φορές γίνεται πείραμα στην τάξη. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με παλαιότερες έρευνες (Κώτσης, 2005), οι οποίες δείχνουν ότι ο εκπαιδευτικός της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης ακόμη δεν χρησιμοποιεί το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το γεγονός αυτό δεν είναι συμβαίνει μόνο στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, αλλά και έχει καταγραφεί και στην Αγγλία (Braund & Driver, 2005) για τις μικρές τάξεις του δημοτικού, το οποίο όμως αλλάζει στις μεγαλύτερες.
Στην ερώτηση αν τους αρέσει να γίνονται πειράματα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών, οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο σχήμα 2.

Σχήμα 2. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «αν τους αρέσει να γίνονται πειράματα στην τάξη κατά την διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.

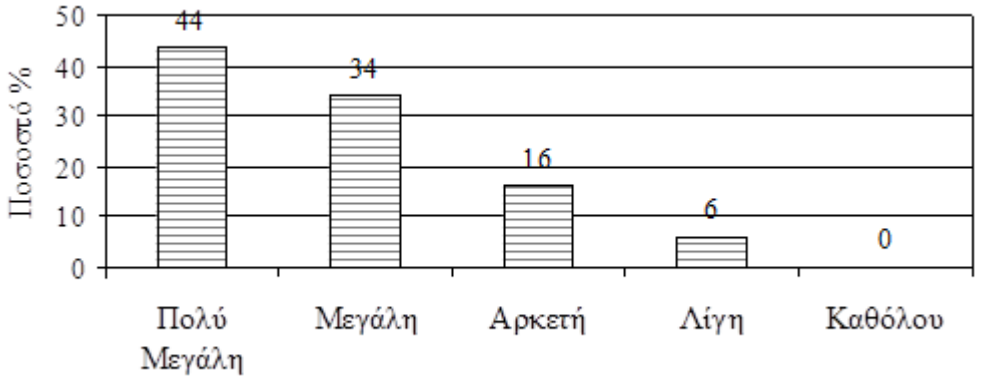
Από τις απαντήσεις των μαθητών φαίνεται ότι η συντριπτική πλειοψηφία 90% των μαθητών τους αρέσει πάρα πολύ έως πολύ το να γίνονται πειράματα στην τάξη. Αξίζει να σημειωθεί ότι κανένας μαθητής δεν σημείωσε τις απαντήσεις λίγο ή καθόλου, στην ερώτηση αυτή. Σε μαθητές της Ουαλίας (Parkinson, 1998) και της Αγγλίας (Pell & Javris, 2001) έχουν καταγραφεί ανάλογα ποσοστά σε παρεμφερείς ερωτήσεις.
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση «Όταν γίνονται πειράματα στο μάθημα της φυσικής, έχεις ενδιαφέρον να παρακολουθείς ή να συμμετέχεις σε ένα πείραμα;», φαίνονται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «αν έχουν ενδιαφέρον όταν γίνονται πειράματα στην τάξη κατά την διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.

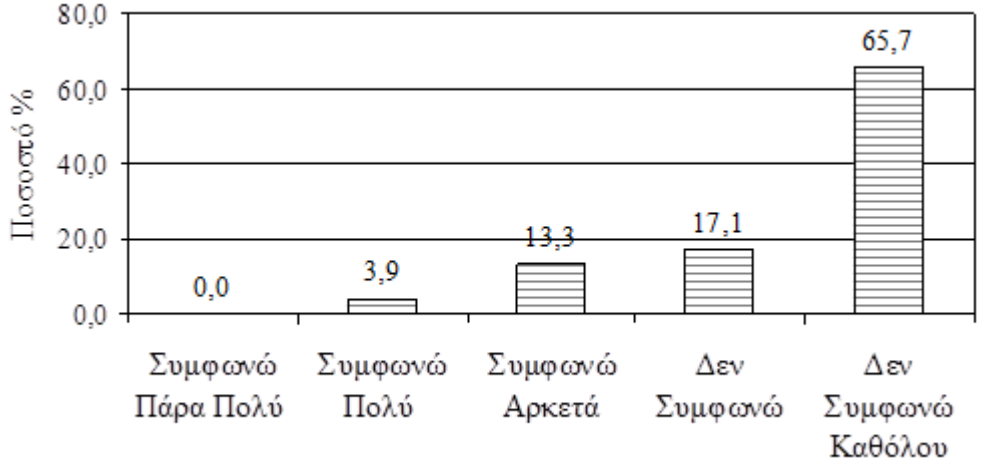
Από το σχήμα 3 φαίνεται ότι το 76% των μαθητών δηλώνουν ότι έχουν πάρα πολύ έως πολύ ενδιαφέρον κατά την εκτέλεση πειραμάτων. Ανάλογα αποτελέσματα (Reid, 2003)για μαθητές της Σκωτίας, έχουν δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία.

Σε ανάλογη ερώτηση αν έχουν περιέργεια για την εξέλιξη ενός πειράματος, οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «αν έχουν περιέργεια για την εξέλιξη ενός πειράματος.

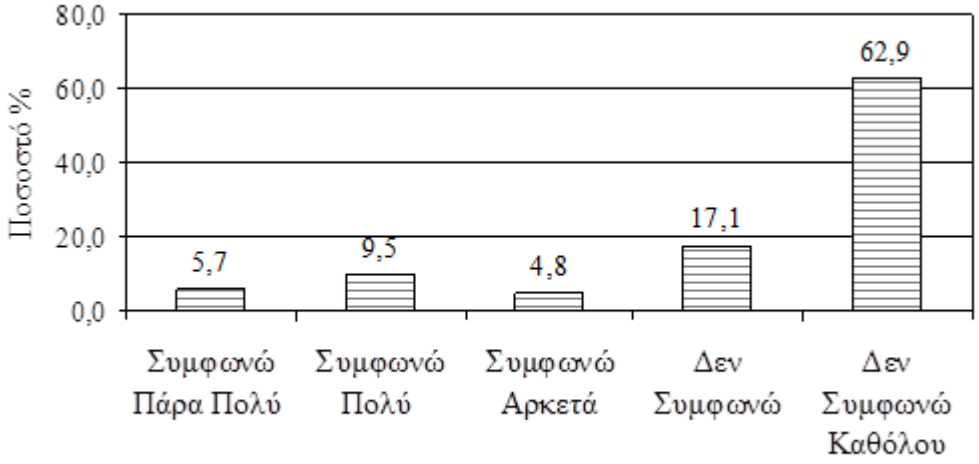
Το 78% των μαθητών δηλώνουν ότι έχουν από πολύ μεγάλη έως μεγάλη περιέργεια για την εξέλιξη της πορείας ενός πειράματος.
Στην ερώτηση αν προτιμούν το μάθημα των Φυσικών Επιστημών να το ακούν θεωρητικά και όχι με πειράματα οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «αν συμφωνούν να ακούν θεωρητικά το μάθημα των Φυσικών Επιστημών και όχι να γίνονται πειράματα.»

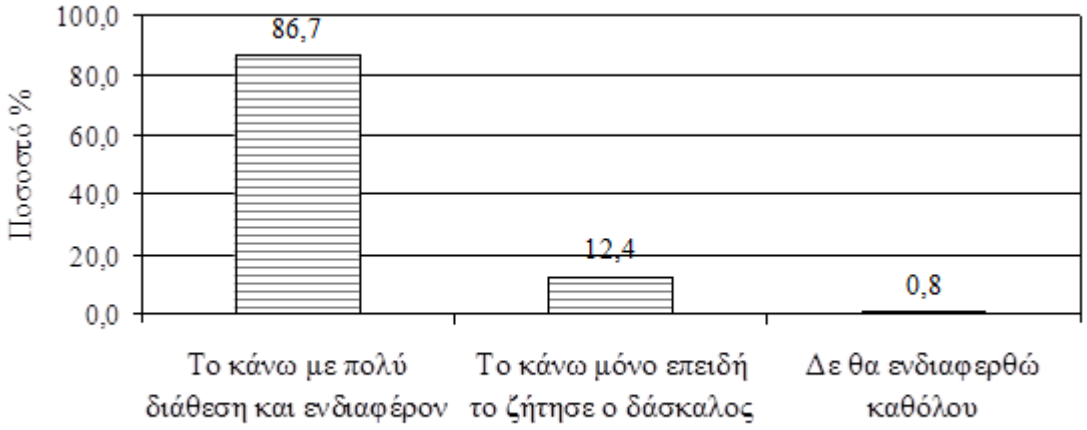
Το 82,8% απορρίπτουν τη θέση να γίνεται το μάθημα θεωρητικά και όχι με πειράματα. Το 17,1% δεν συμφωνεί με αυτή τη θέση και το 65,7 % δεν συμφωνεί καθόλου. Οι μαθητές με τη δήλωση αυτή, αποδέχονται το πόσο σημαντικό είναι το πείραμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν δημοσιευθεί το 2004 για μαθητές της Νορβηγίας (Angel et al, 2004).
Στην επόμενη ερώτηση οι μαθητές καλούνται να δηλώσουν κατά πόσο συμφωνούν με τη θέση ότι: το πείραμα μου φαίνεται βαρετή διαδικασία και συμμετέχω μόνο αν μου ζητηθεί από το δάσκαλο/α. Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο σχήμα 6.
Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών (80%) δεν αποδέχονται ότι το πείραμα τους φαίνεται βαρετή διαδικασία και συμμετέχουν μόνο αν τους ζητηθεί από το δάσκαλο Το 17,1% δεν

συμφωνεί με αυτή τη θέση και το 62,9 % δεν συμφωνεί καθόλου, γεγονός που αναδεικνύει το ενδιαφέρον τους για την εκτέλεση πειραμάτων.



Σχήμα 6. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «το πείραμα τους φαίνεται βαρετή διαδικασία και συμμετέχουν μόνο αν τους ζητηθεί από το δάσκαλο/α».

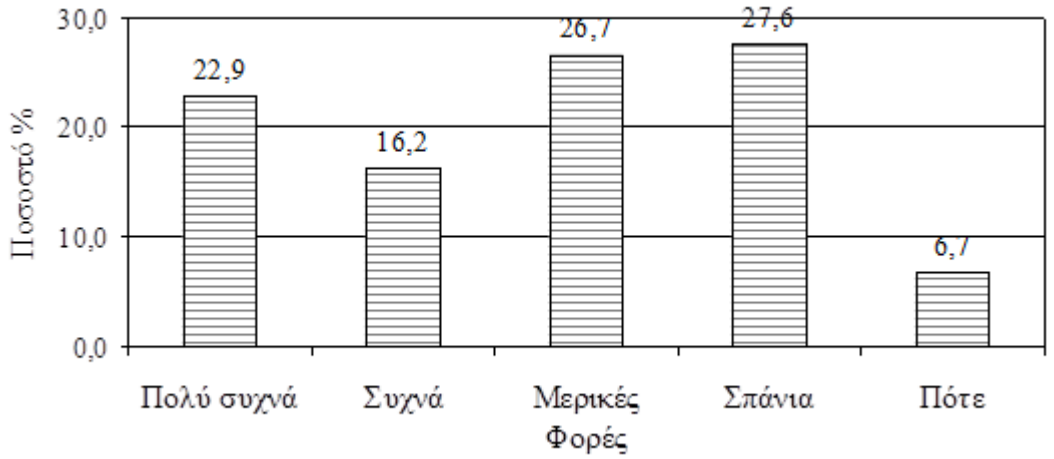
Το ενδιαφέρον αυτό καταγράφεται με τις απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση «Όταν σας ζητηθεί από το δάσκαλο/α να προετοιμάσετε τα κατάλληλα υλικά για το πείραμα της επόμενης μέρας, τι κάνεις;». Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται στο σχήμα 7.



Σχήμα 7. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν σας ζητηθεί από το δάσκαλο/α να προετοιμάσετε τα κατάλληλα υλικά για το πείραμα της επόμενης μέρας, τι κάνεις;»

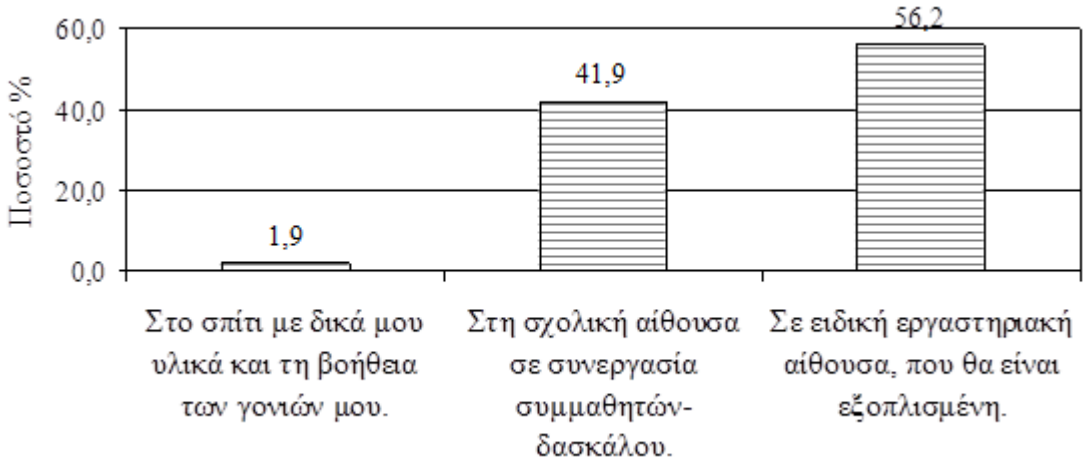
Η μεγαλύτερη πλειοψηφία των μαθητών (86,7%) με διάθεση και ενδιαφέρον προετοιμάζεται και αναζητά τα υλικά, τα οποία έχει ζητήσει ο εκπαιδευτικός για την εκτέλεση των πειραμάτων.

Σε άλλη ερώτηση για το αν ζητούν την βοήθεια των γονιών τους όταν είναι να προετοιμάσουν κάτι για το πείραμα στο σπίτι, οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στο σχήμα 8.



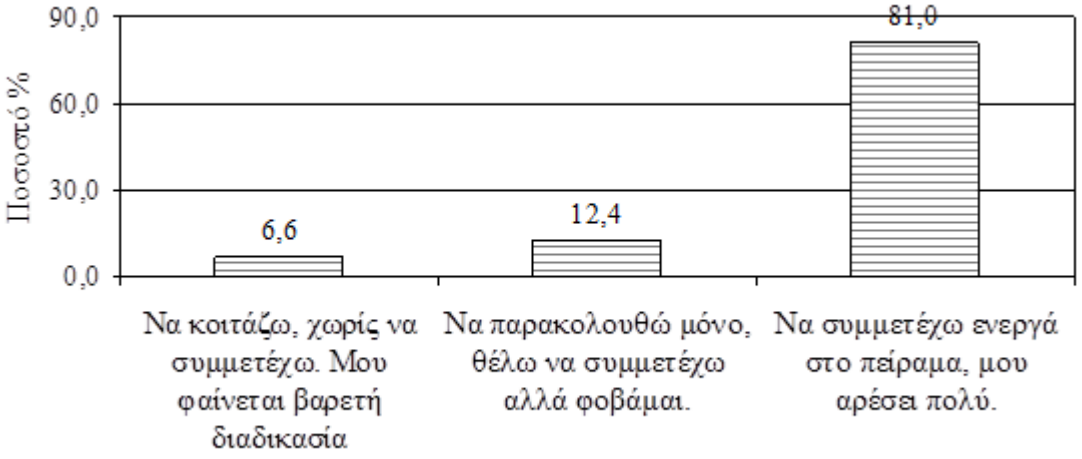
Σχήμα 8. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ζητάς τη βοήθεια των γονιών σου, όταν είναι να προετοιμάσεις κάτι στο σπίτι για το πείραμα;»

Από τις απαντήσεις των μαθητών φαίνεται ότι 34,3% ζητούν σπάνια ή ποτέ την βοήθεια των γονιών τους για την προετοιμασία ενός πειράματος, ενώ ένα 39,1% (πολύ συχνά και συχνά) μάλλον αναζητούν τη βοήθεια τους, γεγονός που αποτυπώνει ένα άλλο στοιχείο της Ελληνικής πραγματικότητας στο Δημοτικό Σχολείο, όπου οι γονείς εμπλέκονται στη προετοιμασία των μαθητών στο Δημοτικό Σχολείο.
Σε ερώτηση για το που προτιμούν να γίνονται τα πειράματα, οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στο σχήμα 9.



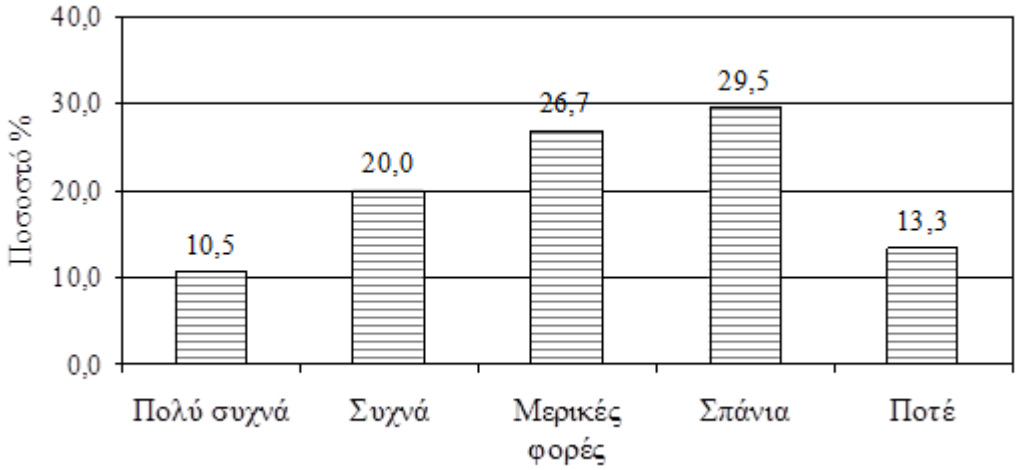
Σχήμα 9. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Που προτιμάς να γίνονται τα πειράματα φυσικής;»

Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση αυτή είναι μοιρασμένες. Το 56,2 % προτιμά να γίνονται πειράματα φυσικής σε ειδική αίθουσα, καταλλήλως εξοπλισμένη, ενώ το 41,9% μέσα στη σχολική αίθουσα. Η διαφοροποίηση αυτή ίσως προέρχεται από το γεγονός ότι πολλά σχολεία δεν έχουν εργαστήριο με αποτέλεσμα να το έχουν εξιδανικεύσει οι μαθητές.
Στην ερώτηση «Όταν πραγματοποιείται ένα πείραμα μέσα στην τάξη σου, τι προτιμάς να κάνεις;», οι μαθητές απαντούν όπως φαίνεται στο σχήμα 10.



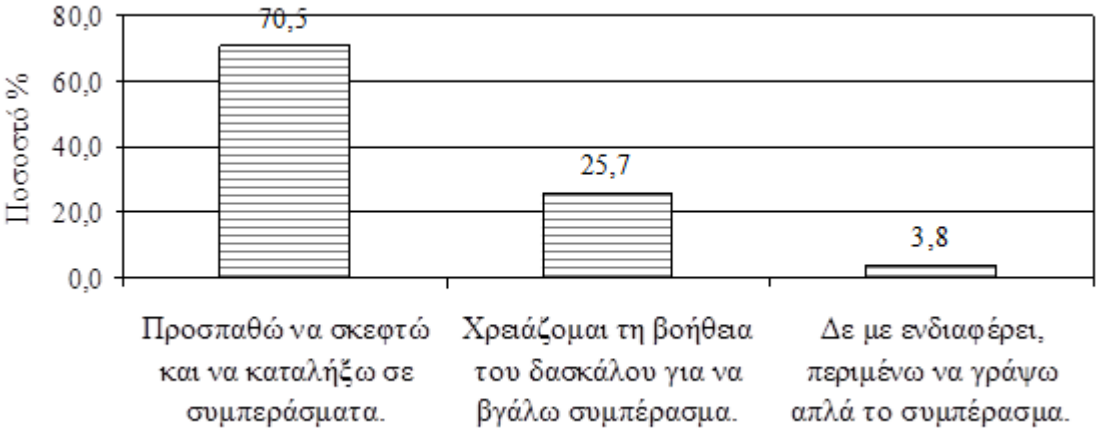
Σχήμα 10. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση:
«Όταν πραγματοποιείται ένα πείραμα μέσα στην τάξη σου, τι προτιμάς να κάνεις;»

Πάλι η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών (81%) δηλώνει μια πολύ θετική στάση με το να συμμετέχει ενεργά στο πείραμα, ενώ υπάρχει ένα μικρό ποσοστό του 12,4% που φοβάται την εκτέλεση του πειράματος.
Σε ερώτηση αν κάνουν πειράματα στην καθημερινή τους ζωή, εκτός του σχολείου, οι μαθητές δίνουν τις απαντήσεις που φαίνονται στο σχήμα 11.



Σχήμα 11. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Στην καθημερινή σου ζωή, εκτός σχολείου κάνεις πειράματα μόνος-η με υλικά, που θα βρεις στο σπίτι;»

Εδώ οι μαθητές δηλώνουν σε ένα ποσοστό 42,8% ότι σπάνια ή ποτέ δεν κάνουν πειράματα εκτός σχολείου, ενώ ένα ποσοστό 30,5% ότι συχνά ή πολύ συχνά κάνουν, γεγονός πολύ θετικό να πειραματίζεται ο μαθητής στην καθημερινότητά του. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία (Pell & Jarvis ,2001) σε μαθητές της Αγγλίας.
Τέλος στην ερώτηση «αφού κάνετε το πείραμα και έρχεται η στιγμή να βγάλετε τα συμπεράσματα, που προκύπτουν απ' αυτό, τι κάνεις;» οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται στο σχήμα 12.



Σχήμα 12. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν πραγματοποιείται ένα πείραμα μέσα στην τάξη σου, τι προτιμάς να κάνεις;»

Από τις απαντήσεις των μαθητών φαίνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό (70,5%) προσπαθεί να βγάλει συμπεράσματα, μετά την εκτέλεση του πειράματος, ενώ ένα 25,7% χρειάζεται τη βοήθεια του εκπαιδευτικού για να οδηγηθεί σε αυτά.

Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αναδεικνύουν την πολύ θετική στάση των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου στην εκτέλεση πειραμάτων για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Οι μαθητές ενθουσιάζονται με την εκτέλεση πειραμάτων και θέλουν να συμμετέχουν τόσο στην προετοιμασία τους όσο και στην εκτέλεσή τους. Συγκεκριμένα το 90% τους αρέσει πάρα πολύ ή πολύ να γίνονται πειράματα κατά την διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Το 76% έχουν ενδιαφέρον να παρακολουθούν και να συμμετέχουν σε ένα πείραμα, ενώ το 78% έχουν περιέργεια για την πορεία ενός πειράματος.
Το 82,8% απορρίπτουν τη θέση να γίνεται το μάθημα των Φυσικών Επιστημών θεωρητικά και όχι με τη χρήση πειραμάτων, ενώ το (80%) δεν αποδέχονται τη θέση, ότι το πείραμα τους φαίνεται βαρετή διαδικασία και ότι το κάνουν επειδή το ζητά ο εκπαιδευτικός.
Η μεγαλύτερη πλειοψηφία των μαθητών (86,7%) προετοιμάζεται με ευχαρίστηση και ενδιαφέρον και αναζητά τα υλικά, τα οποία έχει ζητήσει ο εκπαιδευτικός για την εκτέλεση των πειραμάτων. Επίσης η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών (81%) δηλώνει μια πολύ θετική στάση με το να συμμετέχει ενεργά στο πείραμα, ενώ ένα μεγάλο ποσοστό (70,5%) των μαθητών προσπαθεί να βγάλει συμπεράσματα, μετά την εκτέλεση του πειράματος.
Η πολύ θετική στάση των μαθητών δυστυχώς ακυρώνεται από την δήλωση των ιδίων των μαθητών, ότι γίνονται πειράματα στην σχολική αίθουσα, μόνο κατά 20% (πάντα ή πολλές φορές) κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Τίθεται λοιπόν ένα σημαντικό ερώτημα από το αποτέλεσμα αυτό. Ενώ ο μαθητής διάκειται πολύ θετικά στο να μετέχει ενεργά όταν πειράματα στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, οι εκπαιδευτικοί δεν τους δίνουν αυτή τη δυνατότητα. Σε προηγούμενη έρευνα (Κώτσης, 2005), έχουν διαπιστωθεί οι λόγοι (έλλειψη οργάνων, έλλειψη χρόνου, έλλειψη εμπειρίας και φόβος ατυχήματος για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δεν κάνουν πειράματα στη τάξη. Θα πρέπει να βρεθεί τρόπος να πεισθούν οι εκπαιδευτικοί και να αλλάξουν πρακτική. Ίσως θα πρέπει να δημιουργηθούν ενεργές καταστάσεις (εκτέλεση πειραμάτων) στις οποίες οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να

εμπλακούν και να αποτελούν ένα φυσικό μέρος της προετοιμασίας ή της επιμόρφωσής των (Korthagen et al., 2006). Έτσι ο εκπαιδευτικός, θα αποβάλλει εσφαλμένες αντιλήψεις (Gomez-Zwiep, 2008), θα αναγνωρίσει και θα κατανοήσει σημαντικά στοιχεία που απαιτούνται για τη διδασκαλία, τα οποία στη συνέχεια θα αποτελούν προϋπόθεση για να τα διδάξει (McDonnough & Matkins, 2010).

Βιβλιογραφία

Κώτσης Κ. Θ., (2005). Διδασκαλία Φυσικής και Πείραμα, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα
ΟΕΔΒ, (2006α). Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Μαθητή, Ε΄ Τάξη
ΟΕΔΒ, (2006β). Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Μαθητή, Στ΄ Τάξη

Aho, L., Huopio, J. and Huttunen, S. (1993). Learning science by practical work in Finnish primary schools using materials familiar from the environment; a pilot study. International Journal of Science Education, 15, No.5, pp. 497-507
Angel, C., Guttersrud, O., Henriksen, E., and Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. Science Education, 88, 5, 683-706
Braund, M., and Driver, M. (2005). Pupils' perceptions of practical science in primary and secondary school: implications for improving progression and continuity of learning. Educational Research, 47: 1, 77-91
Bredderman, T. (1982). Activity Science - The Evidence Shows it Matters. Science and Children, 20, pp.39-41.
Dawson, C. (2000). Upper primary boys' and girls' interests in science: have they changed since 1980?. International Journal of Science Education, 22: 6, 557-570
Denny, M., and Chennell, F. (1986). Science practicals: what do pupils think? European Journal Science Education, 8, pp. 325-336.
Edgeworth, M., and Edgeworth, R. L. (1801). Essays on Practical Education, Johnson, London
Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary Teachers' Understanding of Students' Science Misconceptions: Implications for Practice and Teacher Education. Journal of Science Teacher Education, 19, Number 5, 437-454
Hadden, R., A. and Johnstone, A. H. (1982). Primary school pupils' attitudes to science: the years of formation. International Journal of Science Education, 4: 4, 397-407
Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. SSR, Mar, 70 (256), pp. 33-40.
Hofstein, A., and Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research". Review Education Research, 52. pp. 201-217.
Korthagen, F., Loughran, J., & Russel, T. (2006). Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. Teaching and Teacher education, 22, 1020-1041.
McDonnough J., T. and Matkins J., J. (2010). The Role of Field Experience in Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy and Ability to Connect Research to Practice. School Science and Mathematics**,** 110, 1, 13-23
Parkinson, J., Hendley, D., Tanner H., and Stables, A. (1998). Pupils' Attitudes to Science in Key Stage 3 of the National Curriculum: a study of pupils in South Wales. Research in Science & Technological Education, 16: 2, 165-176
Pell, T., and Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. International Journal of Science Education, 23: 8, 847-862

Reid, N. (2003). Gender and physics. International Journal of Science Education, Vol 25, No. 4, 509-536

Συνεδρία 2: Εφαρμογές των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Ι

Χρήση του εργαλείου Wiki για το e-Twinning Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα: Οικοσυστήματα γύρω μας – Μαθητές/τριες από την Ελλάδα και την Πολωνία οδηγούνται στην ουσιαστική μάθηση με τους εννοιολογικούς χάρτες

Καρτσιώτου Θωμαΐς
Δ.Σ. Παληού Καβάλας, Εκπαιδευτικός ΠΕ 70, M.Sc., tzoymasn@hol.gr

Περίληψη
Η συστηματική παιδαγωγική αξιοποίηση των εννοιολογικών χαρτών με τη χρήση των ΤΠΕ και η αναγκαιότητα ένταξης των συνεργατικών περιβαλλόντων του κοινωνικού ιστού στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση ήταν οι λόγοι που οδήγησαν τις εκπαιδευτικούς δύο σχολείων (του Δ.Σ. Παληού Καβάλας και του Δ.Σ. Szkola Podstawowa της Πολωνίας) στη χρήση του διαδικτυακού εργαλείου, του mind42 και στην ανάπτυξη ενός Περιβάλλοντος Κοινωνικής Δικτύωσης, ενός εργαλείου Wiki (http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com), για το e-Twinning περιβαλλοντικό πρόγραμμα: «Οικοσυστήματα γύρω μας – Μαθητές/τριες από την Ελλάδα και την Πολωνία οδηγούνται στην ουσιαστική μάθηση με τους εννοιολογικούς χάρτες». Τα συμπεράσματα της εφαρμογής του προγράμματος επιβεβαιώνουν ότι οι μαθητές/τριες με τη χρήση των εννοιολογικών χαρτών σε ένα Περιβάλλον Κοινωνικής Δικτύωσης (Wiki) μπορούσαν να επεξεργαστούν τις πληροφορίες, να οργανώσουν τις ιδέες, να κάνουν συνδέσεις, να συγκρίνουν και να αναλύσουν έννοιες σχετικές με το γνωστικό αντικείμενο της Μελέτης Περιβάλλοντος, να συνεργαστούν και να επικοινωνήσουν διαδικτυακά με τους/τις μαθητές/τριες ενός άλλου ευρωπαϊκού σχολείου.

Abstract
The systematic educational use of mind maps in combination with the use of computers and the necessity to incorporate co-operative environments of the Social Web into Primary Education were the reasons which led the teachers of the two schools (Primary School of Palio in Kavala ,Greece and Primary School Szkola Podstawowa in Poland) to use mind42, a Web tool, and which also led to the development of a social networking environment, a Wiki tool (http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com) for the e-Twinning environmental program: "Ecosystems around us - Greek and Polish students leading to meaningful learning through mind maps". The outcome of this program confirms that by using mind maps the pupils could process the information, organize, connect and analyze ideas relevant to Environmental Studies. In addition the pupils managed to co-operate and communicate successfully with other European schools by using mind maps in a social networking environment.

Εισαγωγή

Ο Παγκόσμιος Ιστός 2.0 (Web 2.0) διαθέτει δυναμικές ιστοσελίδες, ιστολόγια και Wiki εργαλεία, ώστε να επιτυγχάνεται ο διαμοιρασμός περιεχομένου, η οικοδόμηση της γνώσης ατομικά και συλλογικά με τη συνεργασία και τη συν – δημιουργία. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποτελεί προϊόν γνωστικής επεξεργασίας, μέσα στο οποίο με δυναμικό τρόπο κατατίθενται επιχειρήματα, θέσεις και αντιθέσεις, προωθώντας έτσι την κριτική σκέψη, καθιστώντας τον δυναμικό εργαλείο μάθησης. (Βιβίτσου 2007). Αντίθετα, το Web 1.0, διαθέτει στατικές

ιστοσελίδες, είναι αδύνατη η παρέμβαση από το χρήστη και χρειάζεται η γνώση του κώδικα.
Ως περιβάλλοντα κοινωνικής δικτύωσης (ΠΚΔ) ορίζονται οι διαδικτυακές υπηρεσίες που επιτρέπουν στους χρήστες να διαμορφώσουν το εικονικό προφίλ τους, δημόσιο ή μη, μέσα σ' ένα οριοθετημένο σύστημα, να δημιουργήσουν δίκτυο επαφών και να έχουν πρόσβαση στα προφίλ των επαφών τους και άλλων μελών του συστήματος (boyd & Ellison 2007) (όπως αναφέρουν οι Βιβίτσου et al. 2009).
Τα ΠΚΔ διευκολύνουν την επικοινωνία, την ανταλλαγή ιδεών, την ανακάλυψη, τη συνεργασία, την οικοδόμηση νοήματος, περιεχομένου και γνώσης, παρέχουν κίνητρο συμμετοχής, είναι εύχρηστα και, λόγω της ασύγχρονης επικοινωνίας που υποστηρίζουν, μειώνουν τις χωροχρονικές αποστάσεις (Vivitsou et al. 2008).
Το διαδικτυακό λογισμικό Wiki αποτελεί ένα συνεργατικό εργαλείο του Web 2.0, που ενθαρρύνει την από κοινού σύνθεση και οργάνωση κειμένου πάνω σε ένα ή περισσότερα θέματα. Τα Wikis αναπτύσσονται πάνω σε συγκεκριμένα θέματα που ενδιαφέρουν τα μέλη μιας διαδικτυακής κοινότητας. Κατά τη διάρκεια της δημιουργίας τους αναπτύσσεται κλίμα συνεργασίας, η κριτική σκέψη και η δημιουργικότητα μεταξύ των μελών της κοινότητας που τα χρησιμοποιεί, καθώς και εναλλαγή ατομικής και ομαδικής εργασίας μέσω της δυνατότητας που προσφέρει το περιβάλλον για επεξεργασία του περιεχομένου.
Με τη χρήση των Wiki επιτυγχάνεται η συνεργατική παραγωγή του γραπτού λόγου, η ανάπτυξη δεξιοτήτων παραγωγής γραπτού λόγου, η παιδαγωγική χρήση του υπολογιστή, η συλλογή πληροφοριών, η καταγραφή αποτελεσμάτων έρευνας, η δημοσίευση σχεδίων εργασίας (project) κ.ά. Πρόκειται για ιστοχώρους ή ιστοσελίδες στους οποίους οι χρήστες, και όχι μόνο ο δημιουργός, επιτρέπεται να προσθέτουν ή να επεξεργάζονται το περιεχόμενο. Η δημιουργία και επεξεργασία των ιστοσελίδων δε γίνεται έμμεσα, δηλαδή αλλάζοντας τον κώδικα html, αλλά άμεσα, μέσω ενός φυλλομετρητή (web browser) (ΙΤΥ 2008).
Οι ιστοσελίδες wikis επιτρέπουν τη συνεργατική δημιουργία, ενημέρωση και συντήρηση ιστοσελίδων με τρόπο άμεσο και απλό. Έτσι, υποστηρίζουν τα ομαδικά σχέδια δράσης (projects) από τις πιο απλές εφαρμογές (οι μαθητές/τριες αναρτούν φωτογραφίες, κείμενα και ψηφιακό υλικό από την τελευταία σχολική εκδρομή) ως τις πιο προηγμένες διδακτικές δραστηριότητες (όπως μια έρευνα που πραγματοποιούν οι μαθητές). Τα wikis μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως «πίνακας κοινών δραστηριοτήτων» όλης της τάξης είτε μιας ομάδας σπουδαστών (ΙΤΥ 2010).
Η αναγκαιότητα ένταξης των συνεργατικών περιβαλλόντων του κοινωνικού ιστού στην εκπαίδευση, καθώς και η συστηματική παιδαγωγική αξιοποίησή τους που γεφυρώνει τη σχολική πραγματικότητα και δεν προωθεί τον ατομικισμό και την ανταγωνιστικότητα, ήταν οι λόγοι που οδήγησαν τις εκπαιδευτικούς των δύο σχολείων (του Δ.Σ. Παληού Καβάλας και του Δ.Σ. της Πολωνίας) στην ανάπτυξη ενός Περιβάλλοντος Κοινωνικής Δικτύωσης, ενός εργαλείου wiki, χρησιμοποιώντας ως wiki host το wikispaces (http://www.wikispaces.com).

Οι εννοιολογικοί χάρτες με τη χρήση των ΤΠΕ

Στη διερεύνηση των δυνατοτήτων των εννοιολογικών χαρτών μέσω της δημιουργίας, της χρήσης και της ανταλλαγής τους από μαθητές/τριες του δημοτικού σχολείου, προκειμένου να δημιουργήσουν γνωστικές αναπαραστάσεις καθώς και της σύνδεσης των δυνατοτήτων αυτών των γνωστικών εργαλείων με τις τεχνολογίες του διαδικτύου, συντελεί η αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. στην τάξη (Jonassen & Reeves 1996). Οι εννοιολογικοί χάρτες έχουν αξιοποιηθεί επιτυχώς ως παιδαγωγικό εργαλείο (Coleman 1998) καθώς και ως αξιολογικό εργαλείο (McClure 1999).
Ο χάρτης εννοιών αποτελεί βασικό γνωστικό εργαλείο, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στον/στην εκπαιδευόμενο/η να αναπαριστά τις γνωστικές δομές και να οικοδομεί την γνώση συνδέοντας με ιεραρχικό τρόπο τις έννοιες που σχετίζονται μ' ένα πρόβλημα (Novak &

Gowin 1984) και να οδηγεί στην ουσιαστική μάθηση (meaningful learning). Η ουσιαστική μάθηση στηρίζεται στη σχετική προηγούμενη γνώση, που πρέπει ο/η εκπαιδευτικός να συσχετίσει με τη νέα γνώση, στο ουσιαστικό υλικό και στον/στην εκπαιδευόμενο/η, που πρέπει να επιλέξει να μαθαίνει ουσιαστικά (Novak 1998).
Οι εννοιολογικοί χάρτες αποτελούν πολύτιμα εργαλεία στην εκπαιδευτική διαδικασία για την ενίσχυση της ουσιαστικής μάθησης. Η χρήση τους στη διδασκαλία αναπτύχθηκε αρχικά από τον J. D. Novak και η αξιοποίησή τους από τους/ις εκπαιδευτικούς βοηθά στη συσχέτιση της γνώσης, ώστε να δημιουργηθούν στέρεες δομές για την ουσιαστική μάθηση (Novak & Gowin 1984. Cañas et al. 2000).
Το λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης (concept mapping software) αφορά μια εξειδικευμένη μορφή νοητικού εργαλείου, αυτή του «διερευνητικού λογισμικού». Στις μέρες μας υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά εργαλεία χαρτογράφησης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και στο κυρίως στο διαδίκτυο, τα οποία παρέχουν σημαντική στήριξη στη διαδικασία κατασκευής, επεξεργασίας και διαμοιρασμού ενός εννοιολογικού χάρτη. Ένα τέτοιο εργαλείο του διαδικτύου είναι το mind42 (http://www.mind42.com), το οποίο χρησιμοποίησαν οι μαθητές/τριες του Δ.Σ. Παληού Καβάλας και του Δ.Σ. Szkola Podstawowa της Πολωνίας στο παρόν πρόγραμμα.

Το e-Twinning περιβαλλοντικό πρόγραμμα της Δ' τάξης του Δ.Σ. Παληού Καβάλας με το Δ.Σ. Szkola Podstawowa της Πολωνίας: «Οικοσυστήματα γύρω μας – Μαθητές/τριες από την Ελλάδα και την Πολωνία οδηγούνται στην ουσιαστική μάθηση με τους εννοιολογικούς χάρτες»

Για το συγκεκριμένο περιβαλλοντικό πρόγραμμα συνεργάστηκαν το Δ.Σ. Παληού Καβάλας με το Δ.Σ. Szkola Podstawowa της Πολωνίας και εκπονήθηκε στο πλαίσιο της συμμετοχής του Δ.Σ. Παληού στο Δίκτυο Σχολικής Καινοτομίας της Μορφωτικής Πρωτοβουλίας (www.protovoulia.org) και στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα e-twinning (http://www.etwinning.gr). Συνεργάστηκαν η δασκάλα της Δ΄ τάξης του Δ.Σ. Παληού μέσω της πλατφόρμας του e-twinning και του εργαλείου wiki (http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com), που ανέπτυξαν με την καθηγήτρια Αγγλικών του Δ.Σ. Szkola Podstawowa της Πολωνίας. Συμμετείχαν περίπου 60 μαθητές/τριες από τα δύο σχολεία. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν από τον Οκτώβριο έως τον Ιούνιο του 2010. Βραβεύτηκε με τις εθνικές ετικέτες ποιότητας των δύο χωρών και συμμετείχε στους διαγωνισμούς «Άνοιξη της Ευρώπης 2010» και «e-Learning Awards 2010» και θα συμμετάσχει στον ευρωπαϊκό διαγωνισμό e-Twinning τον Οκτώβρη.
Το θέμα της ενότητας που διαπραγματεύτηκε το πρόγραμμα περιλαμβανόταν στο ισχύον Δ.Ε.Π.Π.Σ. και στα Α.Π.Σ., σύμφωνα με τα οποία η Μελέτη Περιβάλλοντος συνιστά ένα ενιαίο τομέα μάθησης με διεπιστημονικό χαρακτήρα, στον οποίο ενσωματώνονται στοιχεία από το φυσικό, κοινωνικό, θρησκευτικό, πολιτισμικό, ιστορικό και οικονομικό περιβάλλον. Επιπλέον η Μελέτη Περιβάλλοντος διασυνδέεται με προγράμματα και αξιοποιεί την εμπειρία από την περιβαλλοντική εκπαίδευση, την αγωγή καταναλωτή, την κυκλοφοριακή αγωγή, τη σύγχρονη τεχνολογία, κ.ο.κ. Επιλέχθηκε για το πρόγραμμα η διδασκαλία της ενότητας: «Η φύση είναι το σπίτι μας» από το βιβλίο της Μελέτης Περιβάλλοντος με τη χρήση των ΤΠΕ.
Οι στόχοι που έπρεπε να επιτύχουν οι μαθητές/τριες, σύμφωνα με το ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ, ήταν:
Να γνωρίσουν τα οικοσυστήματα της περιοχής τους.
Να κατανοήσουν τη σημασία της χλωρίδας και της πανίδας στη ζωή των ανθρώπων της περιοχής.
Να αναγνωρίζουν και να περιγράφουν φυτά, να διακρίνουν και να ταξινομούν ζώα, να εντοπίζουν προβλήματα του φυσικού περιβάλλοντος, να αξιολογήσουν δράσεις, ώστε να προστατέψουν το περιβάλλον, να γνωρίσουν ζώα που βρίσκονται υπό προστασία.

Στους ειδικούς σκοπούς του μαθήματος της Μελέτης Περιβάλλοντος περιλαμβάνεται και η απόκτηση βασικής εμπειρίας και γνώσεων, ώστε ο μαθητής/τρια να αξιοποιεί την Πληροφορική και τη Σύγχρονη Τεχνολογία. Σύμφωνα όμως με το ισχύον Δ.Ε.Π.Π.Σ. και τα Α.Π.Σ. στην Ελλάδα ακολουθήθηκε το «ολιστικό πρότυπο» στην εισαγωγή των Τ.Π.Ε. στην εκπαίδευση, με το οποίο η διδασκαλία της χρήσης του υπολογιστή -και η ίδια η χρήση του- ενσωματώνονται στα επιμέρους γνωστικά αντικείμενα του προγράμματος σπουδών (Παναγιωτίδου & Κόλλιας 2008) και δε διδάσκεται η Πληροφορική ως ξεχωριστό μάθημα. Είναι ένα ανοικτό Α.Π.Σ. που ο/η εκπαιδευτικός το αξιοποιεί σύμφωνα με τις εκπαιδευτικές ανάγκες και τα μέσα που διαθέτει και οι εκπαιδευτικοί στόχοι είναι εντελώς «διαφανείς» για το μαθητή/τρια. Οι απαραίτητες γνώσεις θα αποκτηθούν με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού (ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι. 2003). Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε το διαδικτυακό λογισμικό mind42 για την αξιοποίηση των ΤΠΕ στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος συνδέθηκε διαθεματικά με το μάθημα της Ελληνικής και Αγγλικής Γλώσσας, τα Εικαστικά, την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και τις Νέες Τεχνολογίες. Επίσης στο παρόν περιβαλλοντικό πρόγραμμα αναπτύχθηκε ένα Wiki εργαλείο, του προγράμματος Wikispaces, για τη χρήση - εξοικείωση των μαθητών/τριών του Δ.Σ. Παληού με τον υπολογιστή και τα εργαλεία Wiki του Παγκόσμιου Ιστού 2.0, καθώς και για την επικοινωνία τους με σύγχρονο τρόπο με τους μαθητές/τριες του Δ.Σ. της Πολωνίας.
Σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις για συλλογικότητα και συνεργατικότητα στο πλαίσιο της δυναμικής αλληλεπίδρασης του ατομικού με το συλλογικό στοιχείο, που δίνει το εργαλείο αυτό, οι μαθητές/τριες οι μαθητές/τριες των Δ.Σ. Παληού και Πολωνίας μπορούσαν να «ανεβάζουν» τις δραστηριότητες που έκαναν για το κοινό τους πρόγραμμα, αντάλλαξαν απόψεις, συνεργάστηκαν και επικοινώνησαν, ενώ παράλληλα ανάπτυξαν τη διαδικτυακή κοινωνική ταυτότητά τους μέσα από το wiki εργαλείο: http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com. Κατασκευάστηκαν εννοιολογικοί χάρτες με το διαδικτυακό πρόγραμμα mind42 (http://www.mind42.com) και επιπλέον οι εκπαιδευτικοί των δύο σχολείων χρησιμοποίησαν για την επεξεργασία φωτογραφιών, βίντεο και ήχου, τα προγράμματα: http://www.picasa.com http://www.slide.com, http://www.flickr.com και http://www.youtube.com.

Στόχοι του περιβαλλοντικού e-Twinning προγράμματος

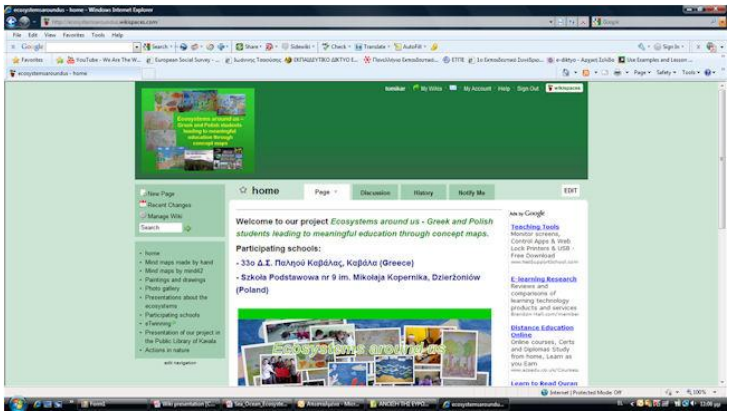
-Να μπορούν οι μαθητές/τριες να εξοικειωθούν με τη χρήση των εννοιολογικών χαρτών, ώστε να σχεδιάσουν, να αναλύσουν τη σκέψη τους, να επεξεργαστούν τις πληροφορίες, να οργανώσουν τις ιδέες, να κάνουν συνδέσεις, να συγκρίνουν και να αναλύσουν έννοιες σχετικές με το γνωστικό αντικείμενο της Μελέτη Περιβάλλοντος.
-Να αποκτήσουν οι μαθητές/τριες μ' ένα είδος βιώματος (επισκέψεις στο εργαλείο wiki, σε ιστοσελίδες, ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες και blogs του διαδικτύου) εύκολη πρόσβαση σε πρωτογενείς και δευτερογενείς πηγές που έχουν σχέση με θέματα που διαπραγματεύονται στο ειδικότερο γνωστικό αντικείμενο της Μελέτη Περιβάλλοντος.
-Να εξοικειωθούν οι μαθητές/τριες με τη χρήση των εννοιολογικών χαρτών ως εργαλείο ουσιαστικής μάθησης (meaningful learning), ως εργαλείο καλλιέργειας της κριτικής σκέψης και ως εργαλείο αξιολόγησης.
-Να εξοικειωθούν με ένα Περιβάλλον Κοινωνικής Δικτύωσης (wiki) το οποίο διευκολύνει την επικοινωνία, την ανταλλαγή ιδεών, την ανακάλυψη, τη συνεργασία, την οικοδόμηση νοήματος περιεχομένου και γνώσης και παρέχει κίνητρο συμμετοχής στη μάθηση.
-Να ενθαρρυνθούν οι μαθητές/τριες στη χρήση των Τ.Π.Ε. και να αναπτυχθούν οι δεξιότητες του ψηφιακού εγγραμματισμού.
-Να εξοικειωθούν οι μαθητές/τριες με τη χρήση μιας συνεργατικής online εφαρμογής εννοιολογικών χαρτών.

-Να χρησιμοποιήσουν ένα wiki εργαλείο, το οποίο θα τους/ις επιτρέψει να επικοινωνήσουν σ' ένα Περιβάλλον Κοινωνικής Δικτύωσης.
-Να εφαρμοστεί η συνεργατική διδασκαλία.
-Να βοηθηθεί η επικοινωνία και η θετική στάση και να ξεπεραστούν στάσεις και τάσεις κριτικής και απόρριψης.
-Να αναπτύξουν οι μαθητές την ικανότητα επικοινωνίας σε διαφορετικά εθνικά, γλωσσικά, και πολιτισμικά πλαίσια.

Υλοποίηση δραστηριοτήτων

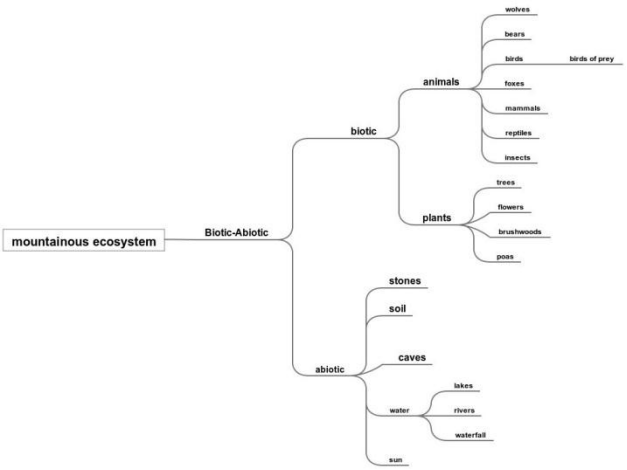
Τα οικοσυστήματα, που διαπραγματεύτηκαν οι μαθητές/τριες από την ενότητα που διδάσκεται στο γνωστικό αντικείμενο της Μελέτης Περιβάλλοντος: «Η φύση είναι το σπίτι μας», ήταν τα παρακάτω:
Ορεινό οικοσύστημα – Mountainous ecosystem
Θαλάσσιο οικοσύστημα – Ocean/Sea ecosystem
Πεδινό οικοσύστημα – Lowland ecosystem
Οικοσύστημα πόλης – Urban ecosystem
Στην τάξη υπήρχε ένας υπολογιστής και ένας video προβολέας και μπορούσε να αξιοποιηθεί το εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου. Οι δραστηριότητες υλοποιήθηκαν με τη συνεργατική διδασκαλία. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες των 4 μαθητών/τριών, με υποομάδες των 2 έως 3 μαθητών/τριών.
Η συνεργατική μάθηση αποτελεί μια ευρέως αποδεκτή εκπαιδευτική προσέγγιση των τρεχόντων εκπαιδευτικών δρώμενων, η οποία θεωρείται ότι ενισχύει τη μάθηση και την αποτελεσματικότητα στην επίδοση των μαθητών (Gillies & Ashman 2000) καθώς επίσης και την κοινωνική τους αλληλεπίδραση, βοηθώντας τους να καλλιεργήσουν θετικές στάσεις απέναντι στους συμμαθητές/τριες-συνεργάτες τους (Johnson & Johnson 1986). Μια από τις πιο σύγχρονες προσεγγίσεις συνεργατικής μάθησης στη σημερινή κοινωνία της πληροφορίας είναι η συνεργατική μάθηση μέσω της χρήση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση. Από την εποχή της εφαρμογής της τεχνολογίας στην εκπαίδευση το ερευνητικό ενδιαφέρον γύρω από τα ωφελήματά της στη συνεργατική μάθηση ολοένα μεγαλώνει (Lipponen & Lallimo 2004). Η συνύπαρξη μαθητών/τριών με διαφορετικές δυνατότητας και ικανότητες εξασφαλίζει τη δυνατότητα φροντιστηριακής βοήθειας (tutoring) προς τον/την αδύνατο/η μαθητή/τρια τόσο μέσα στα πλαίσια της ίδιας της ομάδας, όσο και στο πλαίσιο της τάξης από τον/την εκπαιδευτικό. Τα συνεργατικά σχήματα βοηθούν στη διερεύνηση των παιδαγωγικών-μαθησιακών δυνατοτήτων μέσω της διδασκαλίας συνομήλικων παιδιών (peer teaching) (Ehly, Stewart, & Larsen 1980, Goodlad, Sinclair & Beverly Hirst 1989).
Οι μαθητές/τριες ζωγράφισαν ομαδικά τα οικοσυστήματα συνεργατικά σε χαρτί του μέτρου χρησιμοποιώντας νερομπογιές, κατασκεύασαν εννοιολογικούς χάρτες σε χαρτόνια, στην ελληνική και αγγλική γλώσσα και στη συνέχεια κατασκεύασαν εννοιολογικούς χάρτες στον υπολογιστή και στις δύο γλώσσες, με το πρόγραμμα mind42. Επίσης, μπορούσαν να συμπληρώσουν τον εννοιολογικό χάρτη, να του προσθέσουν κείμενα από το μάθημα και να δημιουργήσουν συνδέσεις μέσω του google και της wikipedia για πληροφορίες σχετικές με το γνωστικό αντικείμενο. Στο τέλος κάθε δραστηριότητας παρουσίαζαν τη δουλειά τους στους/στις συμμαθητές/συμμαθήτριές τους. Όσα παιδιά διέθεταν στο σπίτι τους υπολογιστή και σύνδεση με το διαδίκτυο μπορούσαν να δουλέψουν κι από το σπίτι κι έτσι το πρόγραμμα mind 42 λειτουργούσε ως μια κλειστή πλατφόρμα για την τάξη.
Το ίδιο έκαναν και οι μαθητές/τριες του σχολείου της Πολωνίας και στη συνέχεια μέσα από την πλατφόρμα του e-twinning και τα εργαλεία του twin space οι μαθητές/τριες και από τις δύο χώρες μπορούσαν να ανταλλάξουν τις δουλειές τους, να συνομιλούν και να επικοινωνούν. Επίσης, μέσω του wiki εργαλείου «ανέβαζαν» τις ζωγραφιές, τους

εννοιολογικούς χάρτες που κατασκεύασαν σε χαρτόνι και στον υπολογιστή, τις ποικίλες δραστηριότητες που υλοποίησαν καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος και απέκτησαν τη διαδικτυακή τους ταυτότητα, μέσα από φωτογραφίες, videos και slides. Μ' αυτό τον τρόπο έμαθαν για τη ζωή και το περιβάλλον μιας άλλης χώρας και αλληλεπίδρασαν σε ένα περιβάλλον κοινωνικής δικτύωσης με σεβασμό στην εθνική, πολιτισμική και γλωσσική διαφορετικότητα.

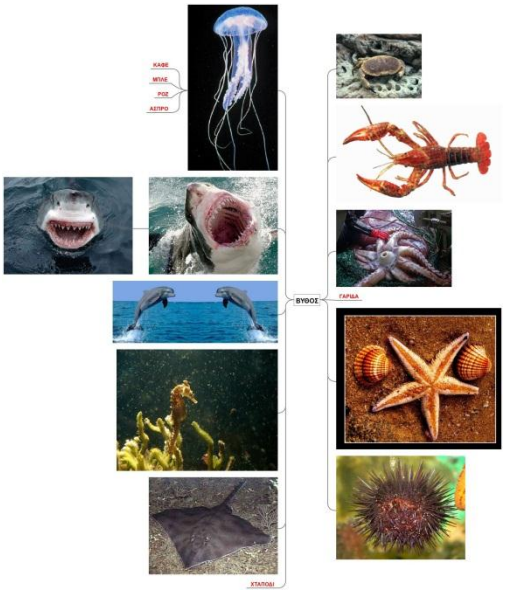


Εικόνα 1: Η κεντρική σελίδα του wiki: http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com

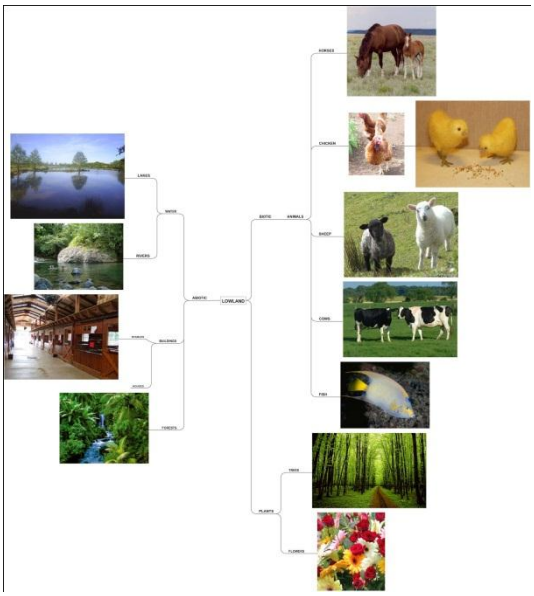
Ενδεικτικά παρατίθενται οι εννοιολογικοί χάρτες των παρακάτω οικοσυστημάτων:



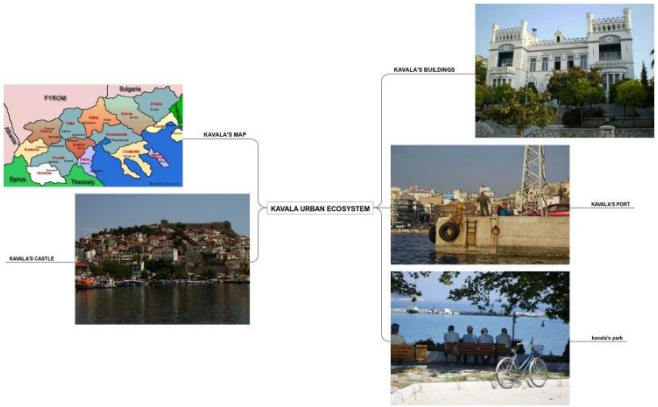
Εικόνα 2: Εννοιολογικός χάρτης ορεινού οικοσυστήματος



Εικόνα 3: Εννοιολογικός χάρτης θαλάσσιου οικοσυστήματος με εικόνες από το διαδίκτυο



Εικόνα 4: Εννοιολογικός χάρτης πεδινού οικοσυστήματος με εικόνες από το διαδίκτυο



Εικόνα 5: Εννοιολογικός χάρτης του οικοσυστήματος της πόλης της Καβάλας

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Οι μαθητές/τριες κατά τη διάρκεια του προγράμματος παρουσίαζαν τις εργασίες τους στις άλλες ομάδες αντάλλασσαν μεταξύ τους και με τους/τις μαθητές/τριες της Πολωνίας, ακολουθούσε συζήτηση και εξαγωγή συμπερασμάτων. Ευκαιρίες για ανατροφοδότηση δόθηκαν σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος με φύλλα εργασίας. Στο τέλος του προγράμματος έγινε η τελική αξιολόγησή του με φύλλα αξιολόγησης και με την παραγωγή εννοιολογικών χαρτών, που λειτουργούν και ως εργαλεία αξιολόγησης. Επίσης για την αξιολόγηση του προγράμματος διενεργήθηκε μια ποιοτική έρευνα από την οποία διαφάνηκε η μαθησιακή αξία της χρήσης των ΤΠΕ και των εννοιολογικών χαρτών και τα ωφελήματα της συνεργατικής μάθησης.

Επιτεύχθηκαν οι στόχοι του προγράμματος: Εξοικειώθηκαν οι μαθητές/τριες με ένα Περιβάλλον Κοινωνικής Δικτύωσης (wiki), μπορούσαν με τη χρήση των εννοιολογικών χαρτών να επεξεργαστούν τις πληροφορίες, να οργανώσουν τις ιδέες, να κάνουν συνδέσεις, να συγκρίνουν και να αναλύσουν έννοιες σχετικές με το γνωστικό αντικείμενο της Μελέτη Περιβάλλοντος. Χρησιμοποίησαν τους εννοιολογικούς χάρτες ως εργαλείο ουσιαστικής μάθησης (meaningful learning) και ως εργαλείο καλλιέργειας της κριτικής σκέψης και εργαλείο αξιολόγησης. Εφαρμόστηκε η συνεργατική διδασκαλία και ανάπτυξαν οι

μαθητές/τριες την ικανότητα επικοινωνίας σε διαφορετικά εθνικά, γλωσσικά, και πολιτισμικά πλαίσια. Δημιουργήθηκε κλίμα συνεργατικής κουλτούρας και δικτυώθηκε το σχολείο με την κοινωνία με τη δημιουργική επικοινωνία και συνεργασία της σχολικής μονάδας με ένα ευρωπαϊκό σχολείο και τη δραστηριοποίηση της εκπαιδευτικής κοινότητας πέραν των συμβατικών προγραμμάτων.

Βιβλιογραφία

Βιβίτσου, Μ. Κονετάς, Δ., Γκίκας, Αλ., Κωτούλας, Β. (2009). Από την κοινωνική δικτύωση στη διαδικτυακή συνεργατική μάθηση στο Γυμνάσιο: Μια μελέτη περίπτωσης. Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Επιστημών της Εκπαίδευσης, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 28-31 Μαΐου 2009 (υπό έκδοση).

Βιβίτσου, Μ., Γκίκας, Α., Μηνάογλου, Ν., Κονετάς, Δ., Οικονομάκος, Η., Λαμπροπούλου, Ν., & Παρασκευάς, Μ., (2007). Τα ιστολόγια ως εργαλεία συνεργασίας και μάθησης στο πλαίσιο της διαδικτυακής κοινότητας Ελλήνων εκπαιδευτικών του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου. Πρακτικά 4ου Συνεδρίου ΕΕ- ΕΠ-ΔΤΠΕ, http://users.sch.gr/animavit/ (Τελευταίος έλεγχος 15 Απριλίου 2010).

Παναγιωτίδου Σ.-Μ., & Κόλλιας, Β. (2008). Είναι εφικτή στη Σχολική Μονάδα της Ελληνικής Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης η Εφαρμογή Χαρακτηριστικών Ηγεσίας που έχουν Αναδειχθεί ως Κρίσιμα για την Εισαγωγή των Τ.Π.Ε. σε Αγγλοσαξωνικές Σχολικές Μονάδες; http://www.etpe.gr/files/proceedings/23/1236158055_63.%2056%20p%20453_460.pdf (Τελευταίος έλεγχος 13 Αυγούστου 2009).

Ι.Τ.Υ. (2010). Επιμορφωτικό Υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης (τεύχ. 1). ΙΤΥ, Πάτρα.

Ι.Τ.Υ. (2008). Επιμορφωτικό Υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης (τεύχ. 2). ΙΤΥ, Πάτρα.

ΥΠ.Ε.Π.Θ. – Π.Ι. (2003). Δ.Ε.Π.Π.Σ.. Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης (τόμοι Α΄ και Β΄). ΥΠ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι., Αθήνα.

Cañas, A. J., Ford, K. M., Coffey, J., Reichherzer, T., Carff, R., Shamma, D., & Breedy, M. (2000). Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales. Revista de Informática Educativa, 13(2), 145-158.

Coleman, E. (1998). Using explanatory Knowledge during collaborative problem solving in science, Journal of the Learning Sciences, 7(3&4), 387-427.

Ehly, Stewart, W. & Stephen C. Larsen (1980). Peer Tutoring for Individualized Instruction. Boston: Allyn and Bacon Inc.

Gillies, R.M., & Ashman, A.F. (2000). The Effects of Cooperative Learning on Students with Learning Difficulties in the Lower Elementary School. The Journal of Special Education, 34 (1), 19–27.

Goodlad, Sinclair & Beverly Hirst (1989). Tutoring: A Guide to Learning by Teaching. New York: Nichols Publishing.

Johnson D.W., & Johnson R.T. (1986). Mainstreaming and Cooperative Learning Strategies, Exceptional Children, 52 (6), 553 – 661.

Jonassen, D.H., Reeves, T.C. (1996). Learning with technology :using computers as cognitive tools, In Jonassen, D.H. (Ed). Handbook of research for educational communications and technology, 693-719, New York: Macmillan.

Lipponen, L., & Lallimo, J. (2004). Assessing applications for collaboration: from collaboratively usable applications to collaborative technology. British Journal of Educational Technology, 35 (4), 433 – 442.

McClure, J. R., Sonak, B., Suen, H. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity and logistical practicality. Journal of Research in Science Teaching, 36(4), 475-492.

Novak, J. D. (1998). Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). Learning How to Learn, Cambridge: Cambridge University Press.
Vivitsou, M., Lambropoulos, N., Konetas, D., Paraskevas, M., Grigoropoulos, E. (2008). The Project Method e-course: the use of tools towards the evolution of the Greek teachers' online community. Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning, Inderscience Enterprises Ltd.

http://ecosystemsaroundus.wikispaces.com
http://www.e-twinning.gr
http://www.flickr.com
http://www.mind42.com
http://www.picasa.com
http://www.protovoulia.org
http://www.slide.com
http://www.wikispaces.com/
http://www.youtube.com

«Πάω Δημοτικό»: Εκπαιδευτικό Λογισμικό - έκδοση Interactive Whiteboard-για τη διευκόλυνση της διδασκαλίας μαθημάτων στην τάξη

Χ. Αποστολούμη[1], Μ. Καραβελάκη-Καπλάνη[2], Ε. Γρηγοριάδης[3]

[1] *Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Έρευνας & Εκπαίδευσης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης* chaposto@eled.duth.gr
[2] *INTE*LEARN* Ε.Π.Ε 176 73 Καλλιθέα, Αθήνα, mkaravelaki@intelearn.gr
[3]*Σύμβουλος Πληροφορικής* Stathis@alphait.gr

Περίληψη
Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ιδιαίτερη ανάπτυξη εκπαιδευτικών λογισμικών, ενώ οι εκπαιδευτικές διαδραστικές εφαρμογές εξελίσσονται συνεχώς εμφανίζοντας σύγχρονα προϊόντα εκπαιδευτικής τεχνολογίας και δίνοντας τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να εμπλέξει ενεργά και εποικοδομητικά τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία. Το εκπαιδευτικό Λογισμικό «Πάω Δημοτικό» - έκδοση για Interactive Whiteboard αποτελείται από 6 εφαρμογές, μία για κάθε τάξη του Δημοτικού σχολείου και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς που σχεδιάζουν τη διδασκαλία του καθημερινού μαθήματος με χρήση Διαδραστικού Πίνακα. Το λογισμικό αυτό μπορεί να λειτουργήσει επικουρικά στη διδακτική διαδικασία και παράλληλα να υποστηρίξει την καθημερινή μελέτη του μαθητή του δημοτικού σχολείου.

Λέξεις κλειδιά: Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Δημοτικό, Διαδραστικός Πίνακας, ενεργητική μάθηση, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Abstract
A significant development of educational software has occurred during the last years, while educational interactive applications constantly evolve, producing modern products of educational technology and enabling teachers to introduce actively and constructively the use of ICT into teaching and learning procedure. The “I go to Primary School” – Interactive Whiteboard version - educational software is composed of six different applications, one for each primary school class, and is addressed to teachers who plan every day’s lesson by using interactive Whiteboard. This software can assist the teaching procedure and support the primary school students in successful managing every day’s homework.
Keywords: Educational Software, Primary School, Interactive Whiteboard, active learning, Primary Education

Εισαγωγή

Οι Νέες Τεχνολογίες στην εκπαίδευση, ιδιαίτερα οι διαδραστικές τεχνολογίες, βρίσκονται σε μια συνεχή εξελισσόμενη πορεία, ενώ παρατηρούνται σημαντικές επενδύσεις από πολλές χώρες του κόσμου σε θέματα που αφορούν στις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ - ICT) στην εκπαίδευση. Οι πρόσφατες διαδραστικές τεχνολογικές εξελίξεις, όπως Interactive Whiteboards, SmartBoards, TeamBoards, ACTIVstudio, MimioStudio, MimioVote, δεν είναι απλώς λέξεις εντυπωσιασμού, αλλά η νέα γλώσσα της

τεχνολογίας που βρίσκει δρόμο ανοικτό και ενσωματώνεται με ταχύτατους ρυθμούς στην εκπαιδευτική διαδικασία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η διατήρηση της τρέχουσας εκπαιδευτικής τεχνολογίας και ο εναρμονισμός των Προγραμμάτων Σπουδών με τις τεχνολογικές αλλαγές αποτελεί πλέον πρόκληση για τα εκπαιδευτικά προγράμματα των χωρών. Το μεγάλο ερώτημα δεν τίθεται στο πόσα χρήματα διατίθενται από τις χώρες για την ενσωμάτωση των ICTs στην εκπαίδευση, αλλά κατά πόσο οι ΤΠΕ ενσωματώνονται και χρησιμοποιούνται στην τάξη από τους εκπαιδευτικούς (Bransford, Brown & Cocking 2002). Ο αριθμός των δημοτικών σχολείων που ενσωματώνει σε κάθε αίθουσα διαδραστικά διαλογικά μέσα διδασκαλίας για την υποστήριξη των μαθημάτων αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς, ενώ παράλληλα προσαρμόζονται τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών αρκετών χωρών υπογραμμίζοντας την παιδαγωγική αξία των διαδραστικών τεχνολογιών και των Interactive Whiteboards για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Alexander 2010).

Ο μεγάλος καταλύτης που ανατρέπει τις παραδοσιακές εκπαιδευτικές πρακτικές στην Ευρώπη του 21ου Αιώνα, αλλά και σε όλο τον κόσμο, είναι ο υπολογιστής, όπως εμφανίζεται με διάφορες μορφές τεχνολογικών εξελίξεων. Η εισαγωγή των τεχνολογικών καινοτομιών στις σχολικές τάξεις της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης συμβάλλει στη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων μάθησης και παράλληλα μεταβάλλει τη σχέση και την αλληλεπίδραση μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών μέσα στα καινοτόμα περιβάλλοντα μάθησης (Levy 2002). Οι διαδραστικοί πίνακες μπορούν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα μέσα στα οποία οι μαθητές μπορούν να λειτουργήσουν και να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία. Για τη λειτουργία και την αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου περιβάλλοντος είναι αναπόφευκτη η επένδυση σε χρόνο αλλά και η προσπάθεια μάθησης και ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογικών αλλαγών, καθώς και η αλλαγή των υφιστάμενων διδακτικών προσεγγίσεων από την πλευρά των εκπαιδευτικών.

Η χρήση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στη διδακτική διαδικασία παρέχει στους εκπαιδευτικούς τη δυνατότητα να καλύψουν τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών μέσω της χρήσης πολλαπλών τρόπων παροχής της πληροφορίας. Η χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και Interactive Whiteboard στην τάξη αυξάνει την προσοχή των μαθητών προς την ενότητα που διδάσκεται ενώ παράλληλα αυξάνεται και η συμμετοχή τους στη διδακτική διαδικασία (Burns & Myhill 2004).

Πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι ένας μεγάλος αριθμός σχολείων της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της Αγγλίας υλοποιεί το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών με την υποστήριξη διαλογικών τεχνολογικών μέσων διδασκαλίας (Alexander 2010). Οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, οι οποίες χρησιμοποιούν διαδραστικό πίνακα, αυξάνουν την εμπλοκή των μαθητών κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές εμπλέκονται σε αυτήν καθορίζεται και από τον πλούτο των δυνατοτήτων που προσφέρει ο διαδραστικός πίνακας αλλά και το συνοδευτικό λογισμικό του καθώς και την αξιοποίηση τους από τον εκπαιδευτικό (Beeland 2002).

Παρά το γεγονός ότι κατά την τελευταία πενταετία παρατηρείται ραγδαία αύξηση της εισαγωγής Διαδραστικών Πινάκων στα σχολεία της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης της χώρας μας, όσο και άλλων χωρών της Ευρωπαϊκής ένωσης, ενδέχεται να υπάρξουν διαφορές μεταξύ των υποστηρικτών των περιβαλλόντων υποβοηθούμενης από υπολογιστή συνεργατικής μάθησης, με την πανταχού παρουσία IWBs και των υποστηρικτών των διαφορετικών προσεγγίσεων για τη συμμετοχή των παιδιών στην ενεργητική μάθηση (Kershner et al. 2010). Προηγούμενες έρευνες επισημαίνουν τους παράγοντες και τις συνθήκες που δύναται να προάγουν ή και να εμποδίσουν την αποτελεσματικότητα των μαθησιακών περιβαλλόντων με υποστήριξη υπολογιστών (Mercer 2000). Οι τρεις κατευθυντήριες γραμμές στις οποίες θα πρέπει να δοθεί έμφαση και προσοχή στη διδασκαλία μέσω συνεργατικής μάθησης υποβοηθούμενης από υπολογιστή με χρήση διαδραστικών περιβαλλόντων μάθησης είναι: (α) Να έχουν οι μαθητές επαρκή χρόνο και την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε ένα κατάλληλο

έργο, (β) να έχουν τα εργαλεία εκείνα με τα οποία θα μπορούν να συνεχίσουν την εργασία τους αλλά και να καταγράψουν τα αποτελέσματα αυτής και (γ) να εμπλέκονται σε διαδραστικές δραστηριότητες για την ανάπτυξη ανάλογου τύπου δεξιοτήτων έτσι, ώστε να μπορούν να εργαστούν από κοινού αποτελεσματικά (Mercer & Littleton 2007). Οι δυνατότητες που παρέχονται από το συνοδευτικό λογισμικό ενός διαδραστικού πίνακα συνδυαστικά με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό ενθαρρύνουν την προσοχή των μαθητών κατά την διδασκαλία ενός γνωστικού αντικειμένου και επιτρέπουν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη στις οποίες μπορούν να συμμετάσχουν όλοι οι μαθητές. Ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο η τεχνολογία χρησιμοποιείται με καινοτόμους τρόπους ενισχύει την ικανότητα ενός μαθητή για οργάνωση και επεξεργασία της πληροφορίας και μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της μάθησης (Kennewell & Beauchamp 2007, Wishart & Blease 1999). Παρότι όμως παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση στην εισαγωγή διαδραστικών εργαλείων στην εκπαιδευτική διαδικασία, από την άλλη μεριά καταγράφεται μικρός αριθμός εκπαιδευτικών λογισμικών - εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί για χρήση σε διαδραστικό πίνακα. Συνεπώς, ανακύπτει η αναγκαιότητα δημιουργίας εκπαιδευτικού λογισμικού σχεδιασμένο για χρήση σε Interactive Whiteboard.
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση του εκπαιδευτικού Λογισμικού «Πάω Δημοτικό» - έκδοση για Interactive Whiteboard, το οποίο μπορεί να αποτελέσει σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία ενός διαδραστικού πίνακα, πολύτιμο εργαλείο για την ενίσχυση της διδακτικής διαδικασίας και την υλοποίηση μαθησιακών στόχων.

Στόχοι του Εκπαιδευτικού Λογισμικού "Πάω Δημοτικό" - έκδοση Interactive Whiteboard

Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού Λογισμικού «Πάω Δημοτικό» - έκδοση για Interactive Whiteboard έχει ως στόχο την αξιοποίηση του ως υποστηρικτικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στη δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, προάγοντας την υποβοηθούμενη με νέες τεχνολογίες συνεργατική μάθηση. Συγκεκριμένα αποσκοπεί:

Να βοηθήσει τους μαθητές του δημοτικού σχολείου στη μελέτη παραδειγμάτων και την επίλυση ασκήσεων, προκειμένου να εμπεδώσουν τη διδακτέα ύλη όλων των μαθημάτων του σχολείου.
Να υποστηρίξει τη διδακτική διαδικασία και τη διδασκαλία του καθημερινού μαθήματος μιας διδακτικής ενότητας στην τάξη μέσα σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης υποβοηθούμενης από υπολογιστή (CSCL Computer-supported collaborative learning).

Μεθοδολογία Σχεδιασμού & Ανάπτυξης του Εκπαιδευτικού Λογισμικού

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «ΠΑΩ ΔΗΜΟΤΙΚΟ» χρησιμοποιεί και αξιοποιεί όλα τα χαρακτηριστικά, αλλά και τα ποικίλα πλεονεκτήματα, των πολυμεσικών και υπερμεσικών εφαρμογών με βασικό γνώμονα τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού εργαλείου για την επίτευξη των διδακτικών και μαθησιακών στόχων του κάθε γνωστικού αντικειμένου.
Η σχεδίαση και η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στηρίζεται σε σύγχρονες παιδαγωγικές αρχές, όπως η εποικοδομητική αντίληψη για τη μάθηση, η αντίληψη για την εγκατεστημένη γνώση, αλλά και η συνεργατική μάθηση, η αξιοποίηση των οποίων μπορεί να επιφέρει συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Μικρόπουλος 2000, Resaei & Katz 2001, Σολομωνίδου 2004). Η διδακτική προσέγγιση του κάθε γνωστικού αντικειμένου που

περιέχεται στις εφαρμογές του εκπαιδευτικού λογισμικού είναι αυτή που διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στη σχεδίαση αλλά και στην υλοποίηση του (Δαγδιλέλης, Σατρατζέμη & Ευαγγελίδης 2004, Σπαντιδάκης & Αναστασιάδης 2007, Σπαντιδάκης 2007).
Κοινά χαρακτηριστικά βάσει των οποίων σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν οι έξι εφαρμογές του Εκπαιδευτικού Λογισμικού είναι :
να καλύπτουν τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών της κάθε τάξης για τον οποία σχεδιάστηκε,
να καλύπτουν τη διδακτέα ύλη της κάθε τάξης του δημοτικού σχολείου σύμφωνα με τα νέα βιβλία και το αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Υπουργείου Παιδείας,
να λειτουργούν για τον εκπαιδευτικό ως εργαλείο διδασκαλίας των διαφόρων γνωστικών αντικειμένων με ταυτόχρονη χρήση Interactive Whiteboard,
να αξιοποιούνται από το μαθητή ως εργαλείο κατανόησης και εμπέδωσης διαφόρων εννοιών κατά την καθημερινή μελέτη.
Έχει ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι, ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός είναι από τα βασικότερα κριτήρια επιτυχίας των εφαρμογών ενός εκπαιδευτικού λογισμικού, ο οποίος καθορίζει εάν και κατά πόσον η εφαρμογή θα βρει ανταπόκριση στο εκπαιδευτικό κοινό για το οποίο σχεδιάστηκε ή θα εγκαταλειφθεί ως ένα δύσχρηστο και μη εύκολα αξιοποιήσιμο προϊόν (Μικρόπουλος 2000, Τζιμογιάννης 2002). Οι βασικές σχεδιαστικές αρχές της ολοκληρωμένης εκπαιδευτικής εφαρμογής «Πάω Δημοτικό» για χρήση σε Interactive Whiteboard συνοπτικά είναι οι εξής:
Φιλικό interface και απλό στη χρήση για μαθητές και εκπαιδευτικούς.
Ύπαρξη καλά οργανωμένου και με λειτουργικό τρόπο υλικού, με παράλληλη επάρκεια επιλογών και εικονιδίων.
Δυνατότητα αλληλεπίδρασης και ανατροφοδότησης προς το χρήστη – μαθητή.
Ποικιλότροπη παρουσίαση πληροφοριών, καθώς και η πολλαπλή αναπαράσταση της ίδιας έννοιας ή φαινομένου.
Ύπαρξη ισχυρών εργαλείων πλοήγησης (πίνακας περιεχομένων, πρόσβαση σε μενού επιλογών).
Ύπαρξη διαβαθμισμένων δραστηριοτήτων ως προς το βαθμό δυσκολίας.
Ελαχιστοποίηση των κειμένων και αύξηση των συμπληρωματικών εργαλείων της μάθησης (calculators, σημειωματάριων, interactive tools).
Σχεδιασμός οθονών με αισθητικά γραφικά, κατάλληλα και προσαρμοσμένα στην ηλικία των μαθητών, έχοντας λειτουργικό ρόλο χωρίς να αποσπούν την προσοχή του μαθητή.
Πολυμεσικά χαρακτηριστικά (γραφικά, εικόνα, κίνηση, ήχο, ανθρώπινη φωνή, video) για τη δημιουργία πλούσιου πολυαισθητηριακού περιβάλλοντος μάθησης με σκοπό τον εμπλουτισμό της μαθησιακής διαδικασίας, αλλά και διασύνδεση οθονών και πληροφοριών μεταξύ τους (χρήση υπερμέσων).
Διατήρηση αρχείου αξιολόγησης του μαθητή με στοιχεία χρόνου εργασίας ανά τμήμα και πρόβλεψη για παρακολούθηση της επίδοσης από τον ίδιο τον μαθητή και παράλληλα παρακολούθηση της επίδοσης του μαθητή από το περιβάλλον του εκπαιδευτικού.
Ολοκληρωμένο περιβάλλον μάθησης με εναλλακτικές τεχνικές μετάδοσης της γνώσης έτσι, ώστε το διδασκόμενο θέμα να εξαντλείται από την πλευρά των διαφορετικών δραστηριοτήτων, να μην γίνεται στείρα μετάδοση γνώσης, έστω και αν χρησιμοποιούνται τα πολυμέσα μετάδοσης και επιπλέον να μην πλήττει ο μαθητής.

Εκπαιδευτικό υλικό – ανάπτυξη των εφαρμογών

Η ανάπτυξη και η δημιουργία του περιβάλλοντος διεπαφής (user interface), καθώς και των μαθημάτων, πραγματοποιήθηκε με Director (Adobe ver. 11). Τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές δημιουργήθηκαν με Flash (Adobe ver. CS4).

Σύντομη περιγραφή του λογισμικού

Το εκπαιδευτικό πακέτο «Πάω Δημοτικό» - έκδοση IWB αποτελείται από 6 τμήματα, ένα για κάθε τάξη του δημοτικού σχολείου και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς δημοτικών σχολείων που κάνουν χρήση διαδραστικού πίνακα για τη διδασκαλία του καθημερινού μαθήματος στην τάξη τους. Η διδακτέα ύλη των μαθημάτων κάθε τάξης του Δημοτικού σχολείου που συμπεριλαμβάνονται στις εφαρμογές αναφέρονται αναλυτικά στον πίνακα 1:

Πίνακας 1: Μαθήματα ανά τάξη του Δημοτικού Σχολείου, τα οποία συμπεριλαμβάνονται στις εφαρμογές του Εκπαιδευτικού Λογισμικού «Πάω Δημοτικό» - έκδοση IWB

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΝΑ ΤΑΞΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ					
Α΄Δημοτικού	***Β΄Δημοτικού***	***Γ΄Δημοτικού***	***Δ΄Δημοτικού***	***Ε΄Δημοτικού***	***ΣΤ΄Δημοτικού***
Γλώσσα	Γλώσσα	Γλώσσα	Γλώσσα	Γλώσσα	Γλώσσα
Μαθηματικά	Μαθηματικά	Μαθηματικά	Μαθηματικά	Μαθηματικά	Μαθηματικά
	Μελέτη Περιβάλλοντος	Ιστορία	Ιστορία	Ιστορία	Φυσική
		Θρησκευτικά	Θρησκευτικά	Θρησκευτικά	Ιστορία
		Μελέτη Περιβάλλοντος	Μελέτη Περιβάλλοντος	Γεωγραφία	Γεωγραφία
				Μελέτη Περιβάλλοντος	Θρησκευτικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά και των 6 εφαρμογών του εκπαιδευτικού πακέτου είναι τα εξής: Κεντρικό menu ανά τάξη, ενότητα και κεφάλαιο του σχολικού βιβλίου.

Παρουσίαση της διδακτικής ύλης των νέων σχολικών βιβλίων.

Αναλυτική παρουσίαση της θεωρίας με παράθεση παραδειγμάτων.

Δυνατότητα του μαθητή να ανακαλύψει τον κανόνα με διαδραστικό τρόπο.

Ασκήσεις πολλών διαφορετικών τύπων, ανά κεφάλαιο και ενότητα του σχολικού βιβλίου για υποστήριξη της θεωρίας, δίνοντας τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές ή ένα μεγάλο μέρος των μαθητών της τάξης, να συμμετέχουν στη διδακτική διαδικασία .

Δυνατότητα επιβράβευσης του μαθητή για κάθε σωστή απάντηση ή παρακίνηση για εκ νέου προσπάθεια σε περίπτωση λάθους.

Αρχείο μαθητή.

Εικόνα1: Κεντρική οθόνη εφαρμογής

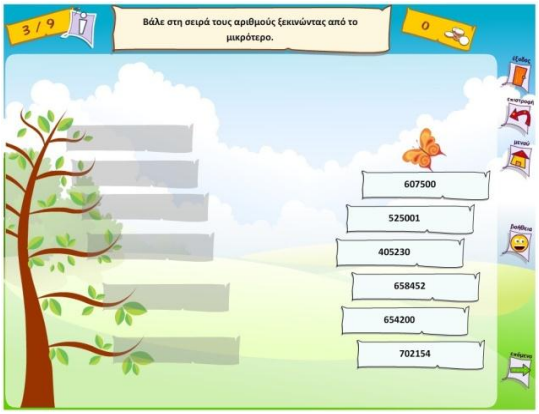
Από την κεντρική οθόνη (Εικόνα 1), στην οποία βρίσκονται και τα περιεχόμενα της κάθε εφαρμογής, δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό, αλλά και στο μαθητή, να επιλέξει το μάθημα και το Κεφάλαιο ή μια διδακτική ενότητα και στη συνέχεια να μεταβεί στην οθόνη της ενότητας αυτής. Σε όλες τις διδακτικές ενότητες (Εικόνα 2) υπάρχουν εργαλεία ειδικά σχεδιασμένα για χρήση πένας ή αφής σε Interactive Whiteboard. Συγκεκριμένα υπάρχουν:

Εργαλεία βοήθειας σχετικά με την άσκηση, η οποία παρουσιάζεται στην οθόνη.

Εργαλείο το οποίο παρουσιάζει τη θεωρία με παραδείγματα.

Εργαλεία για υποβολή και αξιολόγηση της επίλυσης της άσκησης, αλλά και επανάληψης σε περίπτωση λάθους

Εργαλεία πλοήγησης στην εφαρμογή



Εικόνα 2: Διδακτική ενότητα

On-line Σύστημα Μελέτης για το Δημοτικό

Παράλληλα με τη δημιουργία του εκπαιδευτικού Πακέτου «Πάω Δημοτικό» - έκδοση για Interactive Whiteboard έχει δημιουργηθεί και ένα διαδικτυακό On-line σύστημα μελέτης το οποίο υποστηρίζει την μικτή μορφή εκπαίδευσης συνδυάζοντας την ηλεκτρονική και εξ αποστάσεως εκπαίδευση με την παραδοσιακή μορφή εκπαίδευσης (Εικόνα 3). Το On-line σύστημα μελέτης προσφέρει παράλληλα στον μαθητή:

Τη δυνατότητα εκπαίδευσης στο χρόνο και στο χώρο που εκείνος προτιμά.

Τη δυνατότητα πρόσβασης σε ενιαίας μορφής εκπαίδευση.

Την επικοινωνία και προσωπική επαφή με τον εκπαιδευτικό ή και με άλλους μαθητές μέσω της υπηρεσίας του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου της πλατφόρμας.

Την υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό μέσα από την παρακολούθηση των επιδόσεων.

Εικόνα3: On-line Σύστημα εκπαίδευσης

Η εφαρμογή του On-line συστήματος μελέτης & αξιολόγησης έχει υλοποιηθεί σε πλατφόρμα δυναμικού περιεχομένου Microsoft ASP με χρήση βάσης δεδομένων (MS - SQL Server 2008). Στην πλατφόρμα αξιολόγησης και επιδόσεων του «Πάω Δημοτικό», ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να βλέπει τη χρονική εξέλιξη χρήσης του εκπαιδευτικού λογισμικού από τους μαθητές, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα επιδόσεων των μαθητών του. Επιλέγοντας τις επιθυμητές ημερομηνίες, δίνεται η δυνατότητα ο εκπαιδευτικός να παρακολουθεί πόση ώρα ασχολήθηκε ο μαθητής με το κάθε θεματικό πεδίο του κάθε μαθήματος, καθώς και τις αντίστοιχες επιδόσεις του.

Συζήτηση

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Πάω Δημοτικό» - έκδοση Interactive Whiteboard μπορεί να χρησιμοποιηθεί, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία ενός διαδραστικού πίνακα, ως ένα βασικό εργαλείο για την ενίσχυση της διδακτικής διαδικασίας στο καθημερινό μάθημα και την υλοποίηση των μαθησιακών στόχων του κάθε γνωστικού αντικειμένου του σχολικού βιβλίου, απαλλάσσοντας τον εκπαιδευτικό από τη διαδικασία δημιουργίας νέου υλικού. Σύμφωνα με αποτελέσματα άλλων ερευνών που δείχνουν ότι η

χρήση διαδραστικών πινάκων στην τάξη αυξάνει την εμπλοκή των μαθητών κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Beeland 2002), οι εφαρμογές του εκπαιδευτικού λογισμικού όλων των τάξεων του δημοτικού σχολείου μπορούν να συμβάλλουν κατά τη χρήση τους σε Interactive Whiteboard στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος συνεργατικής μάθησης, διατηρώντας «ζωντανή» τη διδασκαλία μιας διδακτικής ενότητας και, παράλληλα, αμείωτο το ενδιαφέρον των μαθητών με τη συμμετοχή τους ξεχωριστά ή και σε ομάδες.

Οι δυνατότητες που παρέχονται από το συνοδευτικό λογισμικό ενός διαδραστικού πίνακα συνδυαστικά με το εκπαιδευτικό λογισμικό «Πάω Δημοτικό»-έκδοση Interactive Whiteboard, όταν αξιοποιηθούν με τους κατάλληλους τρόπους από τον εκπαιδευτικό, μπορούν να ενθαρρύνουν την προσοχή των μαθητών κατά την διδασκαλία ενός γνωστικού αντικειμένου και να επιτρέπουν την ανάπτυξη δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη στις οποίες μπορούν να συμμετάσχουν όλοι οι μαθητές. Θεμελιώδης αρχή στη χρήση του IWB στην τάξη πρέπει να θεωρηθεί το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα του κρίνεται ως ένα βαθμό από τη μη ύπαρξη σημαντικών διαφοροποιήσεων των δεξιοτήτων μεταξύ των μαθητών που απαιτούνται για την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη. Βασική προϋπόθεση για την επιτυχή ενσωμάτωση του εκπαιδευτικού λογισμικού και των δυνατοτήτων που προσφέρει σε συνδυασμό με διαδραστικό πίνακα είναι να δημιουργηθούν από τον εκπαιδευτικό θετικά κίνητρα προς τους μαθητές και υπευθυνότητα για τη συμμετοχή και τη μάθηση, αλλά και την ενεργή υποστήριξη των άλλων συμμαθητών της ομάδας ή της τάξης μέσα από διαφοροποιημένους ή και συμπληρωματικούς ρόλους κατά την εκπόνηση δραστηριοτήτων (Mercer et al. 2010, Warwick et al. 2010). Άλλωστε ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο η τεχνολογία χρησιμοποιείται με καινοτόμους τρόπους ενισχύει την ικανότητα ενός μαθητή για οργάνωση και επεξεργασία της πληροφορίας και μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της μάθησης όπως υποστηρίζουν οι (Kennewell & Beauchamp 2007, Wishart & Blease 1999).

Οι σχεδιαστικές αρχές των εφαρμογών για Interactive Whiteboard πάνω στις οποίες βασίστηκε η κατασκευή και η ανάπτυξη των εφαρμογών του λογισμικού «Πάω Δημοτικό» μπορούν να δώσουν τη δυνατότητα να μην γίνεται στείρα μετάδοση της γνώσης από την πλευρά του εκπαιδευτικού, αλλά να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές μορφές παρουσίασης της θεωρίας με την ανακαλυπτική μέθοδο και εμπέδωση της με την αξιοποίηση και χρήση πολλών διαφορετικών τύπων ασκήσεων. Οι διαφορετικών τύπων ασκήσεις της κάθε διδακτικής ενότητας μπορούν επιπρόσθετα να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ως έναυσμα συζήτησης για τη μεθοδολογία και την εύρεση πιθανής λύσης ή απάντησης μέσα σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης υποβοηθούμενης από υπολογιστή και χρήση IWB. Αξίζει να σημειωθεί σύμφωνα με τους (Kershner et al. 2010, Mercer et al. 2010), ότι η επίτευξη των διδακτικών και μαθησιακών στόχων κατά τη διδασκαλία μιας ενότητας στην τάξη μέσα από ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης υποβοηθούμενης από υπολογιστή (CSCL) και η αποτελεσματική χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού σε IWB εξαρτάται εν μέρει και από παράγοντες, όπως οι στρατηγικές υποστήριξης του εκπαιδευτικού προς τους μαθητές κατά την εκπόνηση δραστηριοτήτων ατομικά ή σε ομάδα, η δομή και οι κανόνες λειτουργίας της τάξης, καθώς και η παραγωγική χρήση του κανόνα «Μιλώ στην τάξη» για συζήτηση και παραγωγική συνεργασία. Ερευνητές όπως οι Smith, Hardman & Higgins (2006) και Underwood et al. (2010), αλλά και εκπαιδευτικοί, έχουν παρατηρήσει ότι μια απλή εισαγωγή ενός διαδραστικού πίνακα δεν μπορεί από μόνη της να μετασχηματίσει μια αίθουσα διδασκαλίας σε αίθουσα μάθησης, αλλά μπορεί να ενισχύσει τα διδακτικά μοτίβα αλληλεπίδρασης δασκάλου – μαθητή μέσα σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης. Η χρήση και η «επιδέξια» ενσωμάτωση διαλογικών μέσων, όπως εκπαιδευτικού λογισμικού με χρήση σε διαδραστικό πίνακα, για την ενίσχυση της διδασκαλίας μπορεί να αναπτύξει τη αυτενέργεια των μαθητών και τη συνεργασία μεταξύ τους (Kershner et al. 2010).

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Πάω Δημοτικό» - έκδοση για Interactive Whiteboard μπορεί να συμβάλλει σε μια ριζική μεταβολή της προοπτικής χρήσης υπολογιστών από μαθητές μέσα

σε μια συνηθισμένη σχολική τάξη. Σύμφωνα με τους Kershner et al. (2010), ο διαδραστικός πίνακας είναι, σε σχέση με μια οθόνη υπολογιστή, ένα εργαλείο στο οποίο τα παιδιά μπορούν να σταθούν μπροστά, να κινηθούν και να εκφραστούν ελεύθερα, χωρίς να περιορίζονται στο χώρο του θρανίου τους, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα να εκθέτουν την εργασία τους ταυτόχρονα και στον δάσκαλό τους αλλά και στους υπόλοιπους μαθητές της τάξης, δημιουργώντας θετικές προϋποθέσεις για την επίτευξη των διδακτικών και μαθησιακών στόχων στην καθημερινή διδακτική διαδικασία.
Η ενσωμάτωση και αξιοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού «Πάω Δημοτικό» - έκδοση Interactive Board στη διδακτική διαδικασία μπορεί να αποτελέσει μια εξέλιξη – πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η οικοδόμηση της γνώσης των μαθητών μέσα από ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης υποβοηθούμενης από υπολογιστή (CSCL) και χρήση IWB προϋποθέτει την ένταξη των εκπαιδευτικών σε διαδικασία οικοδόμησης και προσαρμογής της γνώσης τους, αλλά και των στρατηγικών διδασκαλίας που χρησιμοποιούν, στη νέα εκπαιδευτική τεχνολογία (Hall & Higgins 2005, Higgins, Beauchamp & Miller 2007).
Στο διαρκώς εξελισσόμενο περιβάλλον της εκπαιδευτικής τεχνολογίας, η ύπαρξη ολοκληρωμένων εφαρμογών εκπαιδευτικού λογισμικού μπορεί να αποτελέσει για τον εκπαιδευτικό εργαλείο εναρμονισμού και συνεχούς παρακολούθησης των τεχνολογικών εξελίξεων για την αντιμετώπιση της πρόκλησης αυτής.
Οι οικονομικές επενδύσεις των χωρών με στόχο τον εναρμονισμό των Προγραμμάτων Σπουδών με τις τεχνολογικές εξελίξεις της εκπαιδευτικής τεχνολογίας θα πρέπει να πλαισιώνονται και από παράλληλη εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για τις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες απαιτούν ενσωμάτωση και αξιοποίηση ΤΠΕ και IWBs στην διδασκαλία.
Θα ήταν άδικο τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς στην εποχή των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών, στην οποία ζουν και λειτουργούν, να χαθούν τα όποια οφέλη θα μπορούσαν να αποκτηθούν από την ευδόκιμη χρήση και ενσωμάτωση των ΤΠΕ και των IWBs στην διδασκαλία, από την αποτυχία εναρμονισμού και προσαρμογής τους στις απαιτήσεις των νέων τεχνολογιών λόγω ελλιπούς προσπάθειας.

Επιδίωξη μας είναι μελλοντική αναβάθμιση των εφαρμογών του εκπαιδευτικού Λογισμικού «Πάω Δημοτικό» - έκδοση Interactive Whiteboard να περιλαμβάνει δυνατότητες “Learning Modules” που υποστηρίζουν τη διδασκαλία και επιμέρους μαθημάτων, εμπλουτισμό παραδειγμάτων – ασκήσεων, προσθήκη ανοικτών μικρόκοσμων πειραματισμού, καθώς επίσης και προσθήκη περιβάλλοντος εκπαιδευτικού με δυνατότητα δημιουργίας ασκήσεων και υλικού για ενσωμάτωση στην αντίστοιχη διδακτική ενότητα, αλλά και επέκταση των εργαλείων αξιολόγησης για λεπτομερέστερη αναφορά ανά τομέα δεξιοτήτων του μαθητή.

Βιβλιογραφία

Δαγδιλέλης, Β., Σατρατζέμη, Μ., Ευαγγελίδης, Γ. (2004). Οι τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνίας στην Ελληνική Εκπαίδευση, Εκδόσεις Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης – Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

Μικρόπουλος, Α. (2000). Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων, Εκδόσεις ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, Αθήνα.

Σολομωνίδου, Χ. (2004). Εφαρμογή σύγχρονων περιβαλλόντων μάθησης με τη χρήση των ΤΠΕ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στο Βλαχάβας, Ι., Δαγδιλέλης, Β., Ευαγγελίδης, Γ., Παπαδόπουλος, Γ., Σατρατζέμη Μ. & Ψύλλος, Δ., Οι τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνιών στην ελληνική

εκπαίδευση:Απολογισμός και Προοπτικές, σσ. 220-238, Μηχανισμός Εκδόσεων Πανεπιστημίου Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.

Σπαντιδάκης, Γ. & Αναστασιάδης, Π. (2007). Ζητήματα σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού σε υπερμεσικά περιβάλλοντα μάθησης με έμφαση στην ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Στο Λιοναράκης, Α., Μορφές Δημοκρατίας στην Εκπαίδευση: Ανοικτή Πρόσβαση και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, 4ο Διεθνές συνέδριο για την ανοικτή και εξ αποστάσεως εκπαίδευση, σσ. 556-588, Εκδόσεις Προπομπός, Αθήνα.

Σπαντιδάκης, Ι. (2007). Μαργαρίτα ΙΙΙ και IV: Σχεδιασμός και ανάπτυξη μαθησιακών περιβαλλόντων καλλιέργειας των μεταγνωστικών συγγραφικών δεξιοτήτων για τους μαθητές που μαθαίνουν την ελληνική ως ξένη γλώσσα. Στο Δαπόντες, Ν. & Τζιμόπουλος, Ν., Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη, 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο των εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ, σσ. 426-436, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Σύρος.

Τζιμογιάννης, Α. (2002). Προετοιμασία του σχολείου της Κοινωνίας της Πληροφορίας. Προς ένα ολοκληρωμένο μοντέλο ένταξης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στο Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 122, 55-65.

Alexander, R. (2010). Children, their world, their education: Final report and recommendations of the Cambridge Primary Review. Routledge, Abingdon.

Mercer, N., & Littleton, K. (2007). Dialogue and the development of children's thinking: A sociocultural approach. Routledge, London.

Beeland, W.D. (2002) Student engagement, visual learning and technology: Can interactive whiteboards help? University of New Castle website: http://plato75.ncl.ac.uk/beeland.pdf (last accessed 2007).

Bransford, J.D., Brown, A.L. & Cocking R.R. (2002). How People Learn: Brain, Mind, Experience and School. National Academy Press, Washington, DC.

Bryant, S. M. & Hunton, J. E. (2000). The use of technology in the delivery of instruction: imp lications for accounting educators and education researchers. Issues in Accounting Education, 15 129-163. Academic Search Elite on GALILEO: http://www.galileo.peachnet.edu.

Burns, C. & Myhill, D. (2004) Interactive or inactive? A consideration of the nature of interaction in whole class teaching. Cambridge Journal of Education, 34, 35-49.

Hall, I. & Higgins, S. (2005). Primary school student’s perceptions of interactive whiteboards. Journal of Computer Assisted Learning, 21, 102-117.

Higgins, S., Beauchamp, G., & Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards.Learning, Media and Technology, 32, 213–225.

Levy, P. (2002). Interactive Whiteboards in learning and teaching in two Sheffield schools: a developmental study. Department of Information Studies, University of Sheffield, Sheffield, England.

Kennewell, S. & Beauchamp, G. (2007). The features of interactive whiteboards and their influence on learning. Learning, Media and Technology, 32, 227–241.

Kennewell, S., Tanner, H., Jones, S., & Beauchamp, G. (2008). Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. Journal of Computer Assisted Learning, 24, 61–73.

Kershner, R., Mercer, N., Warwick, P., & Kleine Staarman, J., (2010). Can the Interactive whiteboard support young children's collaborative communication and thinking in classroom science activities? International Society of the Learning Sciences, Springer Science & Media, LLC 2010.

Mercer, N. (2000). Words and minds: How we use language to think together. Routledge, London.

Mercer, N. & Littleton, K. (2007). Dialogue and the development of children's thinking: A sociocultural approach. Routledge, London.

Mercer, N., Warwick, P., Kershner, R. & Kleine Staarman, J. (2010). Can the interactive whiteboard help provide 'dialogic space' for children's collaborative activity? Language and Education, 24, 367–384.

Smith, F., Hardman, F. & Higgins, S. (2006). Impact of interactive whiteboards on teacher-pupil interaction in the national literacy and numeracy strategies. British Educational research Journal, 32, 443–457.

Underwood, J., Baguley, T., Banyard, P., Dillon, G., Farrington-Flint, L., Hayes, M., et al. (2010). 'Understanding the impact of technology: Learner and school level factors' Becta 2010.

Warwick, P., Mercer, N., Kershner, R. & Kleine Staarman, J. (2010). In the mind and in the technology: The vicarious presence of the teacher in pupil's learning of science in collaborative group activity at the interactive whiteboard. Computers and Education, 55, 350-362.

Wishart, J. & Blease, D. 1999. Theories underlying perceived changes in teaching and learning after installing a computer network in a secondary school. British Journal of Educational Technology, 30, 25-4.

Μαθαίνω τον Ηλεκτρομαγνητισμό μέσω του MATHEMA

Παπαδημητρίου Αλέξανδρος

Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ, Αθήνα
e-mail: alexandr@di.uoa.gr

Περίληψη: *Αυτή η εργασία περιγράφει τις γενικές παιδαγωγικές και διδακτικές αρχές σχεδίασης του προσαρμοστικού εκπαιδευτικού συστήματος υπερμέσων MATHEMA. Ο γενικός σκοπός του MATHEMA είναι να υποστηρίξει τους μαθητές διαμέσου ενός αλληλεπιδραστικού και εποικοδομιστικού εκπαιδευτικού υλικού να οικοδομήσουν τη γνώση τους στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία ατομικά και/η συνεργατικά και να ξεπεράσουν τις εσφαλμένες αντιλήψεις τους και τις μαθησιακές τους δυσκολίες. Το MATHEMA εφαρμόζει τον κύκλο μάθησης του Kolb υιοθετώντας τις εξής διδακτικές προσεγγίσεις: ερωτήσεις σε αναλογίες και βιντεοσκοπημένες προσομοιώσεις, παρουσίαση θεωρίας και παραδειγμάτων, επίλυση ασκήσεων και δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος. Επίσης, στην εργασία αυτή περιγράφονται οι εξής προσαρμοστικές και ευφυείς τεχνικές: προσαρμοστική παρουσίαση, αλληλεπιδραστική επίλυση προβλήματος και προσαρμοστική δημιουργία ομάδων συνεργασίας. Στο τέλος, δίνονται κάποια παραδείγματα από την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού. Πειραματική μελέτη κατέδειξε ότι οι μαθητές βελτιώνουν τις επιδόσεις τους μελετώντας διαμέσου του MATHEMA. Επίσης, η διαμορφωτική αξιολόγηση κατέδειξε ότι σχεδόν όλες οι λειτουργίες του MATHEMA είναι χρήσιμες και εύχρηστες.*

Abstract: *This paper describes the general educational and didactic principles of the adaptive educational hypermedia system MATHEMA. The general aim of the MATHEMA is to support students through an adaptive and interactive educational material to construct knowledge in science and technology individually or/and collaboratively and to overcome their misconceptions and learning difficulties. The MATHEMA is based on Kolb's learning cycle and it adopts the following adaptive and intelligent techniques: adaptive presentation, interactive problem solving support and adaptive group formation. At the end of this paper, some examples from the educational material are given. Experimental study showed that the students improve their performance by studying the MATHEMA. Also, the formative assessment showed that almost all functions of the MATHEMA are useful and user-friendly.*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα *Προσαρμοστικά Εκπαιδευτικά Συστήματα Υπερμέσων* (ΠΕΣΥ) συνδυάζουν ιδέες από τα *υπερμέσα* και από τα *ευφυή διδακτικά συστήματα* για να παράγουν εφαρμογές των οποίων το περιεχόμενο προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου, όπως είναι ο μαθησιακός στόχος, το επίπεδο γνώσης, το υπόβαθρο ή πρότερη γνώση, οι προτιμήσεις, τα στερεότυπα, οι γνωστικές προτιμήσεις και το μαθησιακό στιλ (Brusilovsky, 2001).
Κατά τη μελέτη του αλληλεπιδραστικού εκπαιδευτικού υλικού οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν περισσότερη εμπειρική μάθηση, όταν προσαρμόζεται και περιεχόμενο και διδακτικό στιλ σε αυτούς, σύμφωνα με το μαθησιακό τους στιλ. Η βασική αρχή της εξατομικευμένης μάθησης είναι ότι μια απλή διδακτική στρατηγική δεν είναι επαρκής για όλους τους μαθητές. Επομένως, οι εκπαιδευόμενοι θα είναι ικανότεροι να επιτυγχάνουν τους μαθησιακούς στόχους πιο αποτελεσματικά, όταν οι παιδαγωγικές διαδικασίες προσαρμόζονται στις

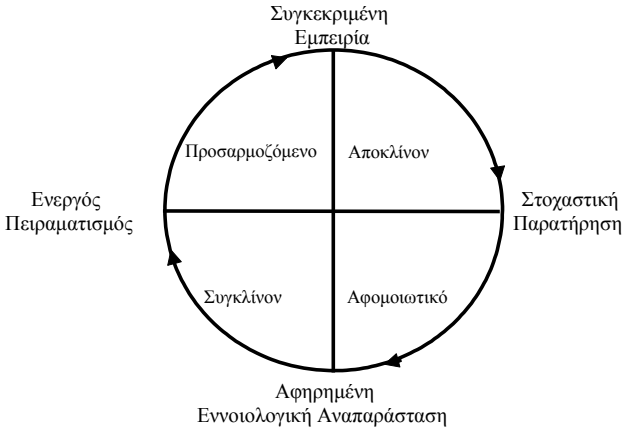
ατομικές διαφορές τους (Grigoriadou & Papanikolaou, 2000). Εκπαιδευόμενοι με διαφορετικό μαθησιακό στιλ ανταποκρίνονται διαφορετικά σε διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις και γι' αυτό οι διδακτικές στρατηγικές πρέπει να ταιριάζουν με το μαθησιακό στιλ των εκπαιδευομένων (Kolb, 1984). Κάποια ΠΕΣΥ που έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα συνδυάζουν την εξατομικευμένη μάθηση με τη συνεργατική μάθηση. Εκπαιδευόμενοι με διαφορετικά μαθησιακά στιλ έχουν διαφορετικές προοπτικές αποτελεσματικών στρατηγικών κατά τη δυναμική τους αλληλεπίδραση σε ομάδες (Kayes et al., 2005). Επίσης, κάποιες διαστάσεις των μαθησιακών στιλ (π.χ. συγκεκριμένη-αφηρημένη) έχουν μεγαλύτερη επίδραση στη συνεργατική μάθηση από κάποιες άλλες (Papadimitriou et al., 2007).
Το υπόλοιπο αυτής της εργασίας οργανώνεται ως εξής. Στην ενότητα 2 περιγράφονται ο διδακτικός σχεδιασμός (θεωρία μάθησης, μαθησιακά στιλ, διδακτικές προσεγγίσεις) στο MATHEMA. Στην ενότητα 3 περιγράφονται οι προσαρμοστικές και ευφυείς τεχνικές. Στην ενότητα 4 δίνονται κάποια παραδείγματα από το εκπαιδευτικό υλικό του MATHEMA και στην ενότητα 5 δίνεται μια περίληψη της εργασίας και αναφέρονται οι μελλοντικοί στόχοι.

2. ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο διδακτικός σχεδιασμός του MATHEMA(Meta-Adaptation Technology Hypermedia for Electro-Magnetism Approach) βασίζεται στο εποικοδομιστικό, στο κοινωνικό-πολιτισμικό και στο μεταγνωστικό διδακτικό μοντέλο εκπαίδευσης. Σε αυτή τη φάση σχεδίασης το MATHEMA προσφέρει μαθήματα Ηλεκτρομαγνητισμού. Ακόμη και οι πιο προχωρημένοι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση των μη διαισθητικών, αφηρημένων εννοιών του ηλεκτρομαγνητισμού (Furio & Guisasola, 1998). Για το λόγο αυτό είναι πιθανό οι εκπαιδευόμενοι να έχουν *εσφαλμένες αντιλήψεις* (misconceptions) και *μαθησιακές δυσκολίες* όταν μελετούν τον ηλεκτρομαγνητισμό. Ενδεικτικά, αναφέρουμε δυο κοινές εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών που έχουν τεκμηριωθεί από τους Maloney (1985) και Bagno & Eylon (1997): (α) *Οι μαθητές θεωρούν ότι οι μαγνητικοί πόλοι ασκούν δυνάμεις στα ηλεκτρικά φορτία ανεξάρτητα αν αυτά κινούνται ή όχι*, (β) *Το σταθερό μαγνητικό πεδίο αλλάζει το μέτρο της ταχύτητας του φορτισμένου σωματιδίου το οποίο κινείται μέσα σε αυτό*. Επίσης, οι Bagno & Eylon αναφέρουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στο να αποφασίζουν για την κατεύθυνση της δύναμης Lorentz.
Στην έρευνα έχει εδραιωθεί ότι οι εσφαλμένες αντιλήψεις των εκπαιδευομένων στις Φυσικές Επιστήμες είναι πολύ ανυποχώρητες και ότι οι παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις είναι αναποτελεσματικές στην παραγωγή της *εννοιολογικής αλλαγής* (Driver et al., 1985). Μια από τις γνωστές στρατηγικές για να καλλιεργηθεί η εννοιολογική αλλαγή είναι να έρθουν οι εκπαιδευόμενοι αντιμέτωποι με ασύμφωνα γεγονότα που να είναι σε αντίθεση με τις εσφαλμένες αντιλήψεις τους. Αυτή η στρατηγική αποσκοπεί στο να επικαλεστεί μια *ανισορροπία ή γνωστική σύγκρουση* (Piaget, 1985) η οποία βοηθάει τους εκπαιδευόμενους να αναστοχαστούν καθώς προσπαθούν να αποφασίσουν για τη σύγκρουση. Ο *αναστοχασμός* (reflection) είναι μια ενεργός διαδικασία της επανεξέτασης των ενεργειών μας, ορθών ή εσφαλμένων, για να εξηγήσουμε τι κερδίσαμε, τι χάσαμε ή τι πετύχαμε, με σκοπό να συνδέσουμε τα συμπεράσματά μας με τις μελλοντικές μας ενέργειες (Amulya, 2008).
Τα ασύμφωνα γεγονότα μπορεί να είναι επιδείξεις ή φαινόμενα για τα οποία οι εκπαιδευόμενοι απαιτείται να εξηγήσουν ή να κάνουν προβλέψεις. Πως θα εμπλέξουμε τους νεότερους εκπαιδευόμενους στη σύνθετη σκέψη που απαιτεί η Φυσική είναι μια πρόκληση. Όμως, οι προσομοιώσεις μας παρέχουν ένα μοναδικό τρόπο για να εμπλέξουμε τους εκπαιδευόμενους στη μελέτη των αφηρημένων, σύνθετων φυσικών φαινομένων (diSessa, 2000). Οι προσομοιώσεις μέσω υπολογιστών μπορούν να προσομοιώσουν ασύμφωνα γεγονότα. Αυτές προσφέρουν πρόσθετα πλεονεκτήματα όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να εξερευνήσουν την προσομοίωση, αλλάζοντας τις παραμέτρους και τις μεταβλητές,

οπτικοποιώντας με αυτό τον τρόπο άμεσα τα αποτελέσματα των χειρισμών τους. Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στον εκπαιδευτικό να κάνει τη δική του διδακτική σχεδίαση συμπεριλαμβάνοντας, όχι μόνο ποιοτική παρατήρηση, αλλά και ποσοτικά προβλήματα (Concari et al., 2006). Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να ερμηνεύσουν τις βαθύτερες επιστημονικές έννοιες του προγράμματος και να τις συγκρίνουν με τις δικές τους αντιλήψεις. Οι προσομοιώσεις έχουν δείξει ότι είναι αποτελεσματικές στην εννοιολογική αλλαγή (McDermott, 1990). Οι γνωστικές συγκρούσεις που αναδύονται από την προσομοίωση οδηγούν τους εκπαιδευόμενους να ανακαλύψουν πιθανές εσφαλμένες αντιλήψεις τους και να αναδομήσουν τα νοητικά τους μοντέλα (Grigoriadou & Papanikolaou, 2000).

Ο diSessa (2000) προτείνει ότι η Φυσική διδάσκεται καλύτερα δια μέσου πειραμάτων, εργαστηριακών ασκήσεων, επιδείξεων και οπτικοποιήσεων τα οποία βοηθούν τους εκπαιδευόμενους να οικοδομήσουν τη γνώση τους μέσω των σχετικών εννοιών της. Σύμφωνα με τους Concari et al (2006), για να είναι η Φυσική μια πειραματική επιστήμη, οι παρατηρήσεις, οι μετρήσεις και οι θεωρητικές υποθέσεις είναι διαδικασίες που δεν πρέπει να διαχωρίζονται από την οικοδόμηση της γνώσης της Φυσικής ακόμη και στην αίθουσα διδασκαλίας. Σύμφωνα με τους Snowman et al (2008), οι εκπαιδευτικοί θα έπρεπε να υιοθετούν ως πρωταρχικές διδακτικές προσεγγίσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας τις διερευνήσεις, την επίλυση προβλήματος και την επικοινωνία. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω προτάσεις σχεδιάσαμε το ΜΑΤΗΕΜΑ επιλέγοντας διδακτικές προσεγγίσεις στο πλαίσιο του εποικοδομισμού με σκοπό να βοηθήσουμε τους εκπαιδευόμενους να οικοδομήσουν τη γνώση τους στις έννοιες του γνωστικού αντικειμένου που μελετούν και να ξεπεράσουν τις εσφαλμένες αντιλήψεις τους και τις μαθησιακές τους δυσκολίες. Για να υποστηρίξουμε πολλαπλές διδακτικές στρατηγικές σε ένα εποικοδομιστικό περιβάλλον, επιλέγουμε τη *Θεωρία της Εμπειρικής Μάθησης* (Experiential Learning Theory) του Kolb (1984). Η Θεωρία Εμπειρικής Μάθησης του Kolb είναι μια ολιστική θεωρία μάθησης και προτείνει μια εποικοδομιστική θεωρία μάθησης στην οποία η κοινωνική γνώση δημιουργείται και αναδημιουργείται στην προσωπική γνώση του κάθε εκπαιδευόμενου διαμέσου του συνδυασμού της αντίληψης και του μετασχηματισμού της εμπειρίας. Σύμφωνα με τον Kolb, η μάθηση είναι μια διαδικασία στην οποία οι ιδέες δεν είναι σταθερές και αμετάβλητα στοιχεία της σκέψης, αλλά δημιουργούνται και αναδημιουργούνται διαμέσου της εμπειρίας. Το μοντέλο της Θεωρίας της Εμπειρικής Μάθησης του Kolb απεικονίζει δυο διαλεκτικά σχετιζόμενους τρόπους: (α) την αντίληψη μέσω εμπειρίας, που περιλαμβάνει τη *Συγκεκριμένη Εμπειρία* (*Concrete Experience, μάθηση μέσω συναισθημάτων*) και την *Αφηρημένη Εννοιολογική Αναπαράσταση* (*Abstract Conceptualization, μάθηση μέσω σκέψης*) και (β) το μετασχηματισμό της εμπειρίας, που περιλαμβάνει τη *Στοχαστική Παρατήρηση* (*Reflective Observation, μάθηση μέσω παρατήρησης)* και τον *Ενεργό Πειραματισμό* (*Active Experimentation, μάθηση μέσω ενεργού συμμετοχής και δράσης*) (βλ. Σχήμα 1). Η Θεωρία Εμπειρικής Μάθησης του Kolb είναι επίσης μια θεωρία γνωστικού μαθησιακού στιλ η οποία προτείνει τα εξής μαθησιακά στιλ: *Αποκλίνον (Diverging), Αφομοιωτικό (Assimilating), Συγκλίνον (Converging) και Προσαρμοζόμενο (Accommodating)* (Σχήμα 1). Αυτά τα μαθησιακά στιλ αναγνωρίζονται από το ερωτηματολόγιο Learning Style Inventory (LSI) του Kolb (2005).



Σχήμα 1: Ο κύκλος μάθησης του Kolb

3. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Τα θέματα που περιγράφονται στη συνέχεια βασίζονται σε ένα μαθητο-κεντρικό σχεδιασμό και είναι τα εξής: *(α) η προσαρμοστική παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, (β) η αλληλεπιδραστική επίλυση προβλήματος και (γ) ο προσαρμοστικός σχηματισμός ομάδων συνεργασίας*. Το σύστημα επίσης υποστηρίζει τις τεχνικές *της αλληλουχίας μαθημάτων, της προσαρμοστικής και μετα-προσαρμοστικής πλοήγησης*, αλλά για ευνόητους λόγους δεν θα γίνει καμία αναφορά σε αυτές.

3.1 Προσαρμοστική παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού

Η προτίμηση των μαθητών για κάποιο τρόπο μάθησης μπορεί να είναι ισχυρή, μέτρια, ή ήπια. Για το λόγο αυτό, ο κάθε εκπαιδευόμενος χρειάζεται διαφορετικές διδακτικές στρατηγικές όταν διδάσκεται ή μελετά. Σύμφωνα με τον Kolb (1984), οι εκπαιδευόμενοι για να έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα πρέπει να μελετήσουν αρκετές φορές το εκπαιδευτικό υλικό, για όλα τα στάδια του κύκλου μάθησης, ξεκινώντας από το στάδιο εκείνο που ταιριάζει με το μαθησιακό τους στιλ.

Έρευνες των Svinicki & Dixon (1987) και Harb et al (1995) σχετικά με το ποιες διδακτικές προσεγγίσεις ταιριάζουν καλύτερα με το μαθησιακό στιλ των εκπαιδευομένων κατέληξαν σε κάποιες προτάσεις. Επιλέξαμε κάποιες από τις προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις για τα τέσσερα στάδια του κύκλου μάθησης του Kolb και διεξήγαμε μια έρευνα στο 1ο ΕΠΑ.Λ-Τ.Ε.Ε. Νέας Φιλαδέλφειας τον Ιανουάριο 2007 προσαρμόζοντας διαμέσου του ΜΑΤΗΕΜΑ εκπαιδευτικό υλικό και διδακτικές στρατηγικές σε 12 μαθητές, σύμφωνα με το μαθησιακό τους στιλ, ως εξής:

Αποκλίνον: (α) Ερωτήσεις σε αναλογίες και βιντεοσκοπημένες προσομοιώσεις, (β) Παρουσίαση Θεωρίας και Παραδειγμάτων, (γ) Επίλυση Ασκήσεων; (δ) Δραστηριότητα Επίλυσης προβλήματος.

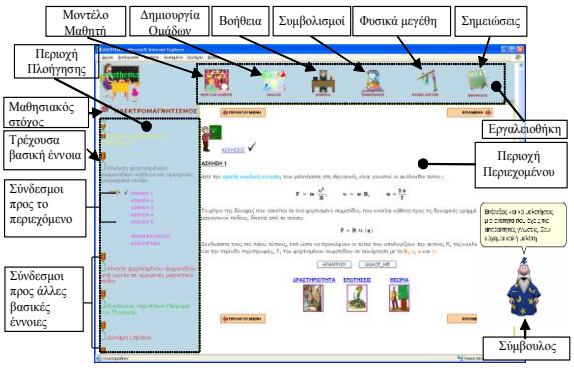
Αφομοιωτικό: (α) Παρουσίαση Θεωρίας και Παραδειγμάτων, (β) Επίλυση Ασκήσεων, (γ) Δραστηριότητα Επίλυσης προβλήματος, (δ) Ερωτήσεις σε αναλογίες και βιντεοσκοπημένες προσομοιώσεις.

Συγκλίνον: (α) Επίλυση Ασκήσεων, (β) Δραστηριότητα Επίλυσης προβλήματος, (γ) Ερωτήσεις σε αναλογίες και βιντεοσκοπημένες προσομοιώσεις, (δ) Παρουσίαση Θεωρίας και Παραδειγμάτων.

Προσαρμοζόμενο: (α) Δραστηριότητα Επίλυσης προβλήματος, (β) Ερωτήσεις σε αναλογίες και βιντεοσκοπημένες προσομοιώσεις, (γ) Παρουσίαση Θεωρίας και Παραδειγμάτων; (δ) Επίλυση Ασκήσεων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι οι μαθητές βελτιώνουν σημαντικά τις επιδόσεις τους ($F_{1,22}$=49.12, p=0.000) και ότι συνεργάζονται καλύτερα σε ομάδες συνεργασίας αυτοί που ανήκουν στο ίδιο μαθησιακό στιλ (Papadimitriou et al., 2007).

Στο σχήμα 2 φαίνεται το περιβάλλον του ΜΑΤΗΕΜΑ στο οποίο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο αυτό εφαρμόζει τη διδακτική στρατηγική στο μαθητή Γιάννη που έχει "Συγκλίνον" μαθησιακό στιλ.



Ο Γιάννης ενημερώνεται από το σύστημα ότι θα ήταν καλύτερο γι' αυτόν να ακολουθήσει όλα τα στάδια διαδοχικά, όπως αυτό του τα προτείνει, ώστε να έχει τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, ο Γιάννης είναι ελεύθερος να επιλέξει για να μελετήσει το επόμενο εκπαιδευτικό υλικό με οποιαδήποτε σειρά.

Σχήμα 2: Εκπαιδευτικό υλικό και διδακτικές στρατηγικές έχουν προταθεί για το Γιάννη που έχει Συγκλίνον μαθησιακό στιλ

3.2 Αλληλεπιδραστική επίλυση προβλήματος (μέσω δραστηριοτήτων)

Η επίλυση του προβλήματος υποστηρίζεται διαμέσου μιας δραστηριότητας κάνοντας χρήση των διδακτικών προσεγγίσεων του πειραματισμού μέσω προσομοιώσεων, των *διερευνήσεων*, της *καθοδηγούμενης ανακάλυψης* και της *ομότιμης συνεργασίας*. Ο Crook (1994) προτείνει ότι η συνεργασία ομότιμων εκπαιδευομένων προσφέρει τρία βασικά πλεονεκτήματα: την *άρθρωση*, τη *σύγκρουση* και τη *συν-οικοδόμηση*. Χάριν της κοινής δραστηριότητας οι εκπαιδευόμενοι απαιτείται να αρθρώνουν τις απόψεις τους, τις προβλέψεις τους και τις ερμηνείες τους. Καμιά φορά, γνωστικές συγκρούσεις αναδύονται κατά τη συνεργασία, όταν αυτοί διαφωνούν μεταξύ τους, όσον αφορά τις ερμηνείες τους ή τις προσεγγίσεις τους στο έργο τους. Όταν οι εκπαιδευόμενοι συνεργάζονται σε κάτι ή επιλύουν ένα πρόβλημα μαζί, τότε συν-οικοδομούν ο ένας πάνω στις ιδέες του άλλου (Tao & Gunstone, 1999).

Το γενικό πλαίσιο της δραστηριότητας επίλυσης προβλήματος περιλαμβάνει έξι βήματα που είναι τα εξής:

Βήμα 1: Ενεργοποίηση της πρότερης γνώσης (χρήση των τύπων από προηγούμενα κεφάλαια του πεδίου εφαρμογής και των τύπων από την τρέχουσα βασική έννοια που μελετούν οι εκπαιδευόμενοι με σκοπό να τους συνδυάσουν ώστε να εξάγουν άλλους τύπους)

Βήμα 2: Αναγνώριση των περιορισμών των τιμών των παραμέτρων των τύπων που εξήγαγαν στο Βήμα 1 σε τρεις φάσεις (Διερεύνηση – Παρουσίαση – Εξήγηση), διαμέσου ενός *καθοδηγούμενου διαλόγου* με το σύστημα.

Βήμα 3: Εφαρμογή των τύπων που εξήγαγαν οι εκπαιδευόμενοι στο Βήμα 1 σε συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων και πρόβλεψη του είδους της κίνησης ή υποθέσεις. **Βήμα 4**: Πειραματισμός με την προσομοίωση για τις ίδιες τιμές των παραμέτρων με το Βήμα 3 και παρατήρηση του είδους της κίνησης ή έλεγχος υποθέσεων. **Βήμα 5**: Συνεργασία σε ομάδες εκπαιδευομένων. **Βήμα 6**: Έλεγχος των αποτελεσμάτων διαμέσου ενός *καθοδηγούμενου διαλόγου* με το σύστημα (ατομικά ή συνεργατικά). Ο καθοδηγούμενος διάλογος στο Βήμα 2 της δραστηριότητας έχει ως σκοπό να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους να θέσουν περιορισμούς στις τιμές των παραμέτρων των τύπων που υπολόγισαν. Ο σκοπός του καθοδηγούμενου διαλόγου στο Βήμα 6 της δραστηριότητας είναι να ανιχνεύσει πιθανές εσφαλμένες αντιλήψεις ή μαθησιακές δυσκολίες των εκπαιδευομένων και διεξάγεται σε τέσσερις φάσεις.

3.3 Προσαρμοστικός σχηματισμός ομάδων συνεργασίας

Το ΜΑΤΗΕΜΑ υποστηρίζει τη συνεργασία των εκπαιδευομένων μέσω της τεχνικής του προσαρμοστικού σχηματισμού ομάδων. Τα περισσότερα προσαρμοστικά συστήματα χρησιμοποιούν διάφορα χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου για να υποστηρίξουν προσαρμοστικό σχηματισμό ομάδων συνεργασίας, αλλά αυτό το πραγματοποιούν είτε με δημιουργία ομάδων που αποφασίζονται είτε από το σύστημα είτε από τον εκπαιδευτικό. Δηλαδή, το σύστημα ή ο εκπαιδευτικός αποφασίζει για το ποιοι ταιριάζουν για να συνεργαστούν και οι εκπαιδευόμενοι εκτελούν την απόφαση. Το ΜΑΤΗΕΜΑ βασίζεται σε ένα μαθητο-κεντρικό σχηματισμό ομάδων ως εξής: Το σύστημα δημιουργεί ένα κατάλογο προτεραιότητας με τους πιθανούς υποψήφιους συνεργάτες, για κάποιο συγκεκριμένο μαθητή, λαμβάνοντας υπόψη τη συγκεκριμένη ή την αφηρημένη διάσταση του μαθησιακού του στιλ και των υποψήφιων συνεργατών του, καθώς και το επίπεδο γνώσης τους στον τρέχοντα γνωστικό στόχο μέχρι εκείνη τη στιγμή. Επίσης, το σύστημα ενημερώνει τον εκπαιδευόμενο ότι ο καλύτερος υποψήφιος για να συνεργαστεί είναι αυτός που βρίσκεται στην αρχή της λίστας, ενώ ο λιγότερο καλύτερος υποψήφιος είναι αυτός που βρίσκεται στο τέλος της λίστας. Μετά την ενημέρωση, ο εκπαιδευόμενος επιλέγει το συνεργάτη του και διαπραγματεύεται μαζί του.

4. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

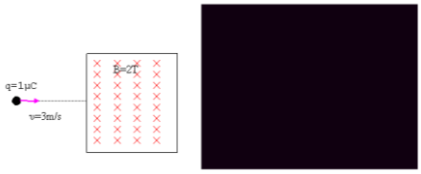
Στην ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού κυρίως δίνεται περισσότερη έμφαση στις εσφαλμένες αντιλήψεις και στις μαθησιακές δυσκολίες των μαθητών, όπως αυτές έχουν εντοπιστεί και τεκμηριωθεί από διάφορους ερευνητές.

Παράδειγμα ερωτήσεων: Στα επόμενα σχήματα, ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται με αρχική ταχύτητα και προσπίπτει κάθετα προς την κατεύθυνση ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Οι τιμές των φυσικών μεγεθών (μέτρο και κατεύθυνση) αναγράφονται πάνω σε κάθε σχήμα: (α) κάνοντας χρήση του κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού να κάνετε πρόβλεψη της κίνησης του φορτισμένου σωματιδίου, (β) να περάσετε το δρομέα του ποντικιού πάνω από το μαύρο ορθογώνιο, ώστε να τρέξει η προσομοίωση για να δείτε την πραγματική κίνηση του σωματιδίου και (γ) να απαντήσετε στις πιο κάτω ερωτήσεις.

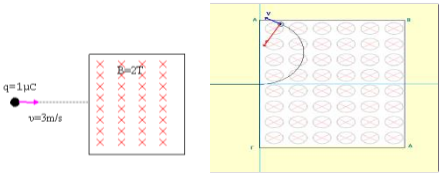
Σε ποια από τις δυο περιπτώσεις η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου είναι μεγαλύτερη;
στην πρώτη,
στη δεύτερη,
και στις δυο περιπτώσεις είναι ίσες.

Η διαφορετική τροχιά των δυο σωματιδίων οφείλεται:
στην αύξηση της ταχύτητας,
στην αντικατάσταση του θετικά φορτισμένου με αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο,
στην αλλαγή της κατεύθυνσης του μαγνητικού πεδίου.

Πρώτη περίπτωση

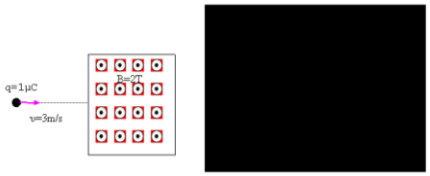


(α) πρόβλεψη της κίνησης

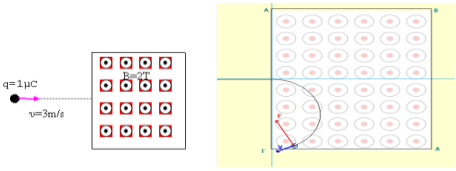


(β) προσομοίωση της κίνησης

Δεύτερη περίπτωση



(α) πρόβλεψη της κίνησης



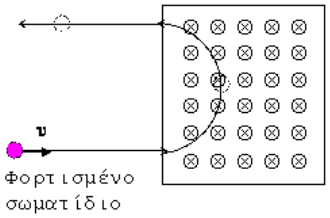
(β) προσομοίωση της κίνησης

Σχήμα 3: Συγκριτική παρουσίαση κινήσεων φορτισμένου σωματιδίου.

Σύμφωνα με τους Bagno & Eylon (1998), οι μαθητές, έχουν δυσκολία στο να αποφασίζουν για την κατεύθυνση της δύναμης Lorentz. Η ερώτηση αυτή αποσκοπεί στο να βοηθήσει τον εκπαιδευόμενο, μέσω της παρατήρησης, να εφαρμόζει σωστά τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, ώστε να εντοπίζει την κατεύθυνση της δύναμης Lorentz και συνεπώς την κατεύθυνση περιστροφής του σωματιδίου που κινείται κάθετα προς την κατεύθυνση ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

Επίλυση ασκήσεων: Το σύστημα παρέχει στον εκπαιδευόμενο ασκήσεις και τον καθοδηγεί μέσω ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής και ανατροφοδότησης να βρει τη σωστή λύση. Τελικά, ο εκπαιδευόμενος μέσω ανατροφοδότησης καθοδηγείται προς την επιστημονικά ορθή λύση.

Παράδειγμα επίλυσης άσκησης: Ένα φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με σταθερή γραμμική ταχύτητα, **υ**, (κατά μέτρο και κατεύθυνση) κάθετα προς την κατεύθυνσή του μαγνητικού πεδίου, και αφού διαγράψει ημικύκλιο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4, εξέρχεται από αυτό μετά από χρόνο t_1.



Σχήμα 4: Παράδειγμα επίλυσης άσκησης

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

α) Τι είδους φορτίο έχει το σωματίδιο;

Επιλογές	Ανατροφοδότηση
1. Είναι θετικά φορτισμένο.	Σωστή απάντηση! Πράγματι, χρησιμοποιώντας τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, για θετικά φορτισμένο σωματίδιο, προκύπτει αυτή η κίνηση.
2. Είναι αρνητικά φορτισμένο.	Να χρησιμοποιήσεις τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού. Να λάβεις υπόψη σου ότι, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σε ένα θετικά και σε ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο έχουν αντίθετες κατευθύνσεις (αντίρροπες).

β) Σε ποια θέση το μέτρο της ταχύτητας του σωματιδίου είναι μεγαλύτερο;

Επιλογές	Ανατροφοδότηση
1. Πριν το σωματίδιο εισέλθει στο μαγνητικό πεδίο.	Από την εκφώνηση προκύπτει ότι το σωματίδιο πριν εισέλθει στο μαγνητικό πεδίο κινείται με σταθερή γραμμική ταχύτητα (κατά μέτρο και κατεύθυνση). Όταν το σωματίδιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο ασκείται σε αυτό η δύναμη Lorentz κάθετη προς το διάνυσμα της γραμμικής του ταχύτητας, λόγω της επίδρασης του μαγνητικού πεδίου, η οποία αλλάζει την κατεύθυνσή γραμμικής του ταχύτητας, ενώ το μέτρο της παραμένει σταθερό, και το εξαναγκάζει να εκτελέσει ομαλή κυκλική κίνηση.
2. Όταν το σωματίδιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο.	[Το ίδιο κείμενο με την επιλογή 1] + [Τη στιγμή που το φορτισμένο σωματίδιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο δεν ασκείται σε αυτό καμία δύναμη. Επομένως, το μέτρο και η κατεύθυνση της γραμμικής ταχύτητας του σωματιδίου έξω από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου δεν μεταβάλλονται.]
3. Όταν το σωματίδιο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο.	[Το ίδιο κείμενο με την επιλογή 1]
4. Είναι παντού σταθερό.	[Σωστή απάντηση! Πράγματι, το σωματίδιο διατηρεί παντού το μέτρο της αρχικής του ταχύτητας σταθερό.] + [Το ίδιο κείμενο με την επιλογή 2]

Η προηγούμενη άσκηση, αποσκοπεί στο να βοηθήσει τους μαθητές, ώστε να αποφύγουν την λανθασμένη αντίληψη ότι: *το σταθερό μαγνητικό πεδίο αλλάζει το μέτρο της ταχύτητας του φορτισμένου σωματιδίου το οποίο κινείται μέσα σε αυτό* (Maloney, 1985).

5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται οι γενικές παιδαγωγικές, διδακτικές αρχές σχεδίασης και οι μαθητο-κεντρικές προσαρμοστικές και ευφυείς τεχνικές που χρησιμοποιεί το Διαδικτυακό προσαρμοστικό εκπαιδευτικό σύστημα υπερμέσων MATHEMA. Οι χρησιμοποιούμενες προσαρμοστικές τεχνικές βασίζονται στις αρχές ανάπτυξης ενός μαθητο-

κεντρικού συστήματος για να υποστηρίξουν προσαρμοστική παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, αλληλεπιδραστική επίλυση προβλήματος και προσαρμοστικό σχηματισμό ομάδων. Στα μελλοντικά μας σχέδια είναι η ενσωμάτωση στο σύστημα ευφυούς ανάλυσης των λύσεων του εκπαιδευόμενου και η επίλυση προβλήματος βασιζόμενη σε παραδείγματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Amulya, J. (2006). What is Reflective Practice? Center for Reflective Community Practice, Massachusetts Institute of Technology.

Bagno, E. & Eylon, B.S. (1997). From Problem Solving to Knowledge Structure: An Example from Electromagnetism. *American Journal of Physics*, 65, 726–736.

Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Educational Hypermedia (invited talk), *Proceedings of PEG Conference.* Tampere, Finland, 8-12.

Concari, S., Giorgi, S., Cámara, C., and Giacosa, N. (2006). Instructional Strategies Using Simulations for Physics Teaching. *Journal of Current Developments in Technology-Assisted Education*, 2042-2046.

Crook, C. (1994). Computers and the Collaborative Experiences of Learning. London: Routledge.

diSessa, A. (2000). *Changing Minds*: *Computers, Learning, and Literacy*. Cambridge: MIT Press.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.

Furio, C, & Guisasola, J. (1998). Learning Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. *Journal of Science Education*, 82(4), 511 – 526.

Grigoriadou, M., & Papanikolaou, K. (2000). Learning Environments on the WEB: The Pedagogical Role of the Educational Material. *Journal of Themes in Education*, 1(2), 145-161.

Harb, J.N., Hurt, P.K., Terry, R.E., & Williamson, K.J. (1995). *Teaching Through the Cycle: Application of Learning Style Theory to Engineering Education at Brigham Young University*. Provo, UT: Brigham Young University Press.

Kayes, A.B., Kayes, D.C., & Kolb, D.A. (2005). Experiential Learning in Teams," *J. Simulations and Gaming*, 36(3), 330-354.

Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Clifs, N.J.: Prentice-Hall Inc.

Kolb, D.A. (2005). *Learning Style Inventory: Technical Manual*. Boston: TRG Hay/McBer Training Resources Group.

Last, D.A., O'Donnell, A.M., & Kelly, A.E. (2001). The effects of prior knowledge and goal strength on the use of hypermedia, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(1), 3–25.

Maloney, D. P. (1985). Charged Poles. *Journal of Physics Education*, 20(6), 310-316.

McDermott, L.C. (1990). Research and Computer-Based Instruction: Opportunity for Interaction. *American Journal of Physics*, 58(5), 452-462.

Papadimitriou, A., & Gyftodimos, G. (2007). Use of Kolb's Learning Cycle through an Adaptive Educational Hypermedia System for a Constructivist Approach of Electromagnetism. *Proceedings of WSEAS/IASME International Conference on Engineering Education.* Agios Nikolaos, Crete Island, Greece, 226-231.

Piaget, J. (1985). *The Equilibrium of Cognitive Structure*. Chicago: Chicago University Press.

Snowman, J., McCown, R., & Biehler, R. (2008). *Psychology Applied to Teaching*. 12th Edition (Teaching in Action Guide).

Svinicki, M.D., & Dixon, N.M. (1987). The Kolb's Model Modified for Classroom Activities. *Journal of College Teaching*, 35(4), 141-146.

Tao, P-K., & Gunstone, R. F. (1999). Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the Computer. *International Journal of Science Education,* 21(1), 39-57.

Vosniadou, S. (2001). *How children learn*. International Academy of Education (IAE), International Bureau of Education. Educational practices series, 7.

Αξιοποιώντας τα μαθητικά netbooks - ο αντίκτυπος σε εκπαιδευτικούς και γονείς (μελέτη εφαρμογής).

Χαράλαμπος Αποστόλου, Μεταπτυχιακός φοιτητής ΠΤΔΕ, Παν. Δυτ. Μακ, capostolou@sch.gr
Νικόλαος Φαχαντίδης, Επίκουρος καθηγητής, ΠΤΔΕ, Παν. Δυτ. Μακ, nfaxanti@uowm.gr
Ιωάννα Βαζούρα, Καθηγήτρια Β΄βάθμιας Εκπαίδευσης, ioannavaz@gmail.com

Περίληψη
Η διανομή των μαθητικών netbooks σε όλους τους μαθητές της Α' Γυμνασίου, δε σήμανε απαραίτητα και την εκπαιδευτική τους αξιοποίηση. Για την ενσωμάτωσή τους στην καθημερινή διδασκαλία, σχεδιάστηκε πρόταση η οποία εφαρμόστηκε σε μάθημα του χώρου των Φυσικών Επιστημών (Βιολογία), στα τέσσερα τμήματα μιας τάξης Α΄ Γυμνασίου, καθ' όλη τη σχολική χρονιά 2009-2010. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προτεινόμενη αξιοποίηση των μαθητικών laptops είναι εφικτή και υλοποιήσιμη στο υπάρχον πλαίσιο του ελληνικού σχολείου. Η εκπαιδευτικός της δράσης, ενώ αρχικά είχε αρνητική άποψη και ενδοιασμούς στη χρήση των μαθητικών υπολογιστών στην καθημερινή διδασκαλία, μέσα από την εμπειρία της εφαρμογής, υιοθέτησε την πρακτική. Επίσης οι γονείς ανταποκρίθηκαν θετικά, θεωρώντας ότι διευκολύνεται η εμπλοκή τους στην εκπαίδευση των παιδιών τους. Οι συνάδελφοι του σχολείου επηρεάστηκαν από την εφαρμογή της πρότασης και αρκετοί από αυτούς παρακινήθηκαν στην αξιοποίηση των μαθητικών netbooks και στο δικό τους αντικείμενο.

Abstract
The program "one netbook per student" implemented in the academic year 2009-2010, in Greece. Notebooks were distributed free (in the manner of financial support) to the first grade students of junior high school. Stakeholders, educators, students and parents seemed to be unprepared for the educational exploitation of these "hardware pieces". In this work we study the results of an attempt to incorporate the netbooks in the every day educational activities in the subject of Biology and the influence on the attitudes of the class teacher, the other school educators and the parents of the students. Digital working sheets, enhanced with multimedia material and WiFi infrastructure developed in order to support the course. At the end of the year, the initial negative attitude of the teacher became positive in all the aspects of netbooks' educational exploitation. Also the other educators of the school got a positive attitude and attempted to incorporate netbooks in their course too. The parents also expressed their satisfaction, since they could have easier inspection and involvement in their children learning process.

Εισαγωγή

Η υλοποίηση διδασκαλιών σε περιβάλλον όπου ο κάθε μαθητής διαθέτει συνεχή πρόσβαση σε υπολογιστή, είναι σε παγκόσμιο επίπεδο, ένα σχετικά νέο φαινόμενο στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια βαθμίδα της εκπαίδευσης. Οι διδασκαλίες που πραγματοποιούνται σε τέτοιο περιβάλλον περιγράφονται με τον όρο *1 to 1 computing* ή *ubiquitous computing* (Zucker & Hug, 2007; Bebell & Kay, 2010). Ως πρακτική άρχισε να παρατηρείται στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας, ενώ βρήκε ευρύτερη εφαρμογή την τελευταία πενταετία (Bebell & Kay, 2010). Εντούτοις και σήμερα, συναντάται σε λίγες μόνο χώρες και σχετικά λίγα σχολεία, με εξαίρεση τις ΗΠΑ.
Παρά το αυξανόμενο ενδιαφέρον για το *1:1 computing*, δεν υπάρχουν διεθνείς έρευνες μεγάλης κλίμακας και αξιολόγησης, που να εστιάζονται στη διδασκαλία και μάθηση σε *1:1 computing* περιβάλλοντα (Penuel, 2006). Οι πρώτες έρευνες δείχνουν ενθαρρυντικά

αποτελέσματα, όπως η αυξημένη συμμετοχή των μαθητών (Bebell, 2005; Penuel, 2006), η μείωση των προβλημάτων απειθαρχίας (Baldwin, 1999; MEPRI, 2003), η αυξημένη χρήση υπολογιστών για ψηφιοποίηση, ανάλυση και έρευνα (Penuel, 2006), καθώς και η μετάβαση (από την παραδοσιακή διδασκαλία) προς μαθητοκεντρικού τύπου διδασκαλίες (Rockman, 1998). Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις διαπιστώνεται ότι οι μαθητές που συμμετέχουν σε *1:1 computing* προγράμματα παρουσιάζουν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις, σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές (Gulek and Demirtas, 2005; Dunleavy & Heinecke, 2007; Silvernail, 2008; Shapley, 2008).

Αν και οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν στο ότι η εφαρμογή των *1:1 computing* προγραμμάτων έχει μετρήσιμα θετικά αποτελέσματα στη διδασκαλία και στη μάθηση, υπάρχει μια μερίδα που δηλώνει ότι τα θετικά αποτελέσματα δεν είναι πάντα διασφαλισμένα (Weston & Bain, 2010). Ο σημαντικότερος παράγοντας που κρίνει την επιτυχία ή όχι των *1:1 computing* δράσεων στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, φαίνεται να είναι ο διδάσκοντας και οι πρακτικές με τις οποίες αξιοποιείται η τεχνολογία στην τάξη (eSchoolNews, Feb 16th, 2010).

Τον Οκτώβριο του 2009-2010, δόθηκαν στους μαθητές της Α' Γυμνασίου όλων των σχολείων της χώρας μας υπολογιστές τύπου netbook. Με στόχο την παιδαγωγική τους αξιοποίηση, αναζητήσαμε μια πρόταση αξιοποίησής τους στην καθημερινή διδασκαλία, μέσα από μια έρευνα δράσης σε τμήματα της Α' Γυμνασίου.

Στο παρόν άρθρο προηγείται μια σύντομη περιγραφή της παραπάνω πρότασης και στη συνέχεια περιγράφονται: 1) η στάση και η άποψη της εκπαιδευτικού που συμμετείχε στη δράση, 2) η στάση των γονέων και η άποψη των μαθητών οι οποίοι συμμετείχαν στην εφαρμογή της πρότασης και 3) η επίδραση που είχε η εφαρμογή της πρότασης στους συναδέλφους του σχολείου .

Υποδομή και μεθοδολογία αξιοποίησης των netbooks στο μάθημα

Μέσω τοπικού ασύρματου δικτύου (χωρίς πρόσβαση στο Διαδίκτυο) μεταφέρεται προς τους μαθητές κάθε μορφής κείμενο (Φ.Ε. Φύλλο εργασίας, Σημειώσεις κλπ) αλλά και το πολυμεσικό υλικό που συνοδεύει το μάθημα (βίντεο, animations κλπ). Με τον ίδιο τρόπο (ασύρματα) μεταφέρεται από τους μαθητές στον υπολογιστή του καθηγητή, κάθε εργασία ή άλλο υλικό που οι μαθητές θέλουν να αποστείλουν στον εκπαιδευτικό. Η μεταφορά σε κάθε περίπτωση γίνεται με πρωτοβουλία των μαθητών, χωρίς να επιβαρύνεται ο εκπαιδευτικός. Επίσης δημιουργήθηκε ένα λιτό blog (ιστολόγιο) μέσω της εταιρίας Google, ώστε να μπορούν οι μαθητές εκτός του σχολικού ωραρίου, αλλά και οι γονείς, να έχουν πρόσβαση στο ψηφιακό υλικό του μαθήματος και αν επιθυμούν να επικοινωνούν και με τον εκπαιδευτικό.

Στα Φ.Ε. περιέχονται α) οι στόχοι του μαθήματος, β) οι ερωτήσεις αξιολόγησης, γ) μια σύνοψη του μαθήματος με το τι πρέπει να ξέρουν οι μαθητές από το συγκεκριμένο μάθημα, και δ) το τι έχουν να διαβάσουν από το βιβλίο οι μαθητές αλλά και τι εργασίες πρέπει να πραγματοποιήσουν στο σπίτι. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές μεταφέρουν στο σπίτι τους όλη τη ροή του μαθήματος, καθώς και τις υποχρεώσεις τους.

Τα φύλλα εργασίας είναι ψηφιακά, πολυμεσικά και διαδραστικά. Περιέχουν υπερσυνδέσεις (hyperlinks) (στο υλικό που συνοδεύει το μάθημα και δίνεται στους μαθητές - όχι στο Διαδίκτυο) μέσω των οποίων οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν σε βίντεο, animations, εκπαιδευτικό λογισμικό, ή άλλο κείμενο. Επειδή κάθε μαθητής διαθέτει τον υπολογιστή του, δεν αναλώνεται πολύτιμος διδακτικός χρόνος σε εκτύπωση και διανομή των Φ.Ε. στους μαθητές αλλά ούτε και στη συγκέντρωσή τους από τον εκπαιδευτικό.

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες 2-3 ατόμων, και (συνεργαζόμενοι) απαντούν στις ερωτήσεις του Φ.Ε. το οποίο βλέπουν στην οθόνη του υπολογιστή τους (ο καθένας στο δικό του). Πληκτρολογούν τις απαντήσεις τους απευθείας στο ψηφιακό φύλλο εργασίας. Όσοι δεν προλαβαίνουν, τις γράφουν στο τετράδιο. Ο μαθητής έχει τον έλεγχο της πλοήγησης στο

Φ.Ε. και τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει τους υπερσυνδέσμους. Στο τέλος κάθε δραστηριότητας, ακολουθεί συζήτηση στη τάξη, στην οποία συμμετέχει και ο εκπαιδευτικός και μέσα από την οποία προκύπτουν οι κοινά αποδεκτές απαντήσεις του Φ.Ε..

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα

Η έρευνα δράσης διεξήχθη τη σχολική χρονιά 2009-2010, σε γυμνάσιο της πόλης της Κοζάνης - ένα τυπικό δημόσιο Ελληνικό σχολείο της περιφέρειας. Συμμετείχαν όλα (4) τα τμήματα της Α' τάξης. Η δυναμικότητα των τμημάτων κυμαίνεται μεταξύ είκοσι και είκοσι δύο (20-22) μαθητών (σύνολο 84 μαθητές). Οι μαθητές ήταν στην πλειοψηφία τους Έλληνες (1-3 αλλοδαποί μαθητές σε κάθε τμήμα) και τα δύο τρίτα των μαθητών διέθεταν πρόσβαση στο διαδίκτυο από το σπίτι τους.
Στο σύνολο των 35 εκπαιδευτικών του σχολείου, δύο μόνο εκπαιδευτικοί είχαν παρακολουθήσει επιμόρφωση Β επίπεδου στις ΤΠΕ. Η καθηγήτρια η οποία συμμετείχε στην έρευνα είναι η μία εξ αυτών (επιμόρφωση εκπαιδευτικών στις ΤΠΕ, Α και Β επιπέδου), με είκοσι χρόνια διδακτικής εμπειρίας. Επιλέχθηκε για να συμμετάσχει στην έρευνα, διότι διέθετε γνώσεις αξιοποίησης των ΤΠΕ στη διδασκαλία και ήταν θετική στο να συμμετάσχει στην έρευνα. Η εκπαιδευτικός δεν διέθετε εμπειρία παρόμοιας δράσης.

Ερευνητικές υποθέσεις και Μεθοδολογία έρευνας

Αντικείμενο της έρευνας ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσο και με ποιο τρόπο επηρεάζει το διδάσκοντα, τους εκπαιδευτικούς και τους γονείς των μαθητών, η υλοποίηση ενός προγράμματος αξιοποίησης των μαθητικών netbooks (1:1 computing) με τόσο έντονο χαρακτήρα (καθημερινή βάση, με τον υπολογιστή ως το βασικό εργαλείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας). Οι ερευνητικές υποθέσεις είναι:
Η καθημερινή και σε εύρος αξιοποίηση των μαθητικών netbooks (1:1 computing), με σωστή μεθοδολογία, μεταβάλλει τη στάση του διδάσκοντα προς τη θετική αντιμετώπιση και την τελική υιοθέτηση της πρακτικής, ως προσωπική διδακτική προσέγγιση.
Η κοινότητα των εκπαιδευτικών, που έρχονται σε επαφή με ολοκληρωμένη αξιοποίηση των μαθητικών netbooks και παρακολουθούν τη διαρκή προσπάθεια και πορεία της εφαρμογής, εξοικειώνονται, αναγνωρίζουν τη θετική διάσταση της πρακτικής και μεταβάλλουν τη στάση τους.
Η καταγραφή και «μεταφορά» του μαθήματος και στο σπίτι, με ένα δυναμικό φορητό μέσο, ενισχύει το ρόλο του γονέα στη μαθησιακή πορεία του μαθητή.
Η πρόταση εφαρμόστηκε στο αντικείμενο των θετικών επιστημών "Βιολογία Α' Γυμνασίου". Πριν τη δράση η εκπαιδευτικός ενημερώθηκε για τη μέθοδο και τους στόχους της έρευνας δράσης. Για την υποστήριξή της, σε όλη τη διάρκεια του έτους, υπήρχε συνάδελφος εκπαιδευτικός, που υποστήριξε τεχνικά αλλά και στη δημιουργία των φύλλων εργασίας.
Γι α τη συλλογή και καταγραφή των στοιχείων της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ως ερευνητικά εργαλεία η συνέντευξη, το ερωτηματολόγιο και η παρατήρηση. Για την ένταξη της χρονικής παραμέτρου, αξιοποιήθηκε το ημερολόγιο, όπου καταγράφονταν στοιχεία από ερευνητικά εργαλεία. Συγκεκριμένα στο ημερολόγιο στο καταγράφονταν:
Παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (τεχνικά προβλήματα, σχόλια μαθητών, κ.α.)
Συμβάντα εκτός διδασκαλίας (συνεντεύξεις και σχόλια μαθητών – καθηγήτριας – συναδέλφων – γονέων – σχολικών συμβούλων – διεύθυνσης σχολείου)
Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους μαθητές, συνολικά τρία (αρχή, μέση και τέλος της σχολικής χρονιάς). Τμήμα αυτών των ερωτηματολογίων αφορούσε τη στάση των γονέων.

Ημ/νία	Συμβάντα	Ερωτηματολόγια
12-18 Οκτ. 2009	Η 1η φορά που οι μαθητές φέρνουν τους υπολογιστές τους στο μάθημα	
12 Οκτ. – 27 Νοεμ. 2009	Αφιερώνονται 7 διδ. ώρες για την εξοικείωση των μαθητών με το νέο περιβάλλον διδασκαλίας	
27 Νοεμ. 2009	Η 1η φορά που επιχειρείται η εφαρμογή της προτεινόμενης διδασκαλίας	
21-25 Ιαν. 2010	Η 3η φορά (3ο μάθημα) που εφαρμόζεται η προτεινόμενη διδασκαλία	1ο Ερωτηματολόγιο
22-26 Φεβρ. 2010	Η 8η – 9η φορά που εφαρμόζεται η διδασκαλία (5-6 μαθήματα μετά το 1ο ερωτηματολόγιο)	2ο Ερωτηματολόγιο
6-10 Μαΐου 2010	Τελευταίο μάθημα βιολογίας για τη σχολική χρονιά	3ο Ερωτηματολόγιο

Πίνακας 1: Χρονική σειρά σημαντικών γεγονότων στην διεξαγωγή της έρευνας

Αποτελέσματα

Η στάση της διδάσκουσας

Αρχικά η καθηγήτρια θεωρούσε ότι η χρήση των μαθητικών netbooks στη διδασκαλία, αντί να ωφελήσει, μάλλον θα δημιουργούσε τεχνικής φύσεως προβλήματα και ότι θα χάνονταν πολύτιμος διδακτικός χρόνος. Εξέφρασε μεγάλη αυτοπεποίθηση για τη (συμβατική) διδασκαλία της και ότι απολαμβάνει μεγάλη αποδοχή από μαθητές, γονείς και συναδέλφους στο σχολείο της. Στην αρχή του όλου εγχειρήματος, δήλωσε: "*θεωρώ ότι η διδασκαλία μου είναι πολύ καλή και δε βλέπω κανένα λόγο να την αλλάξω. Θεωρώ ότι η χρήση των μαθητικών υπολογιστών στο μάθημα, μάλλον θα μου δημιουργήσει προβλήματα και το μάθημα θα γίνει χειρότερο. Γιατί να επιχειρήσω να αλλάξω κάτι που λειτουργεί και γίνεται ευρέως αποδεκτό;*". Παρόλη την εξοικείωσή της με τις ΤΠΕ, η στάση της ως προς την χρήση των μαθητικών netbooks σε καθημερινή βάση στη διδασκαλία, μέχρι και την συμμετοχή της στην έρευνα ήταν μάλλον αρνητική. Εκτιμούσε ότι τελικά οι μαθητές "*θα μάθαιναν πολύ λιγότερα*". Επίσης ανησυχούσε για το "*αν θα βγει η ύλη*". Η αρχική της συμφωνία ήταν "*να κάνουμε μερικά μαθήματα και μετά βλέπουμε*". Από την ημέρα που οι μαθητές έφεραν τους υπολογιστές στην τάξη, μέχρι την πρώτη ημέρα εφαρμογής της προτεινόμενης διδασκαλίας συνέχιζε να είναι αρνητική. Θεωρούσε ότι τα τεχνικά προβλήματα είναι τόσα πολλά που τελικά δεν πρόκειται όλα να λυθούν και ότι θα χάνεται πολύτιμος χρόνος από τη διδασκαλία με αποτέλεσμα να μην "βγαίνει" η ύλη ("*εγώ τελικά πότε θα κάνω μάθημα, και τι είδους μάθημα θα κάνω με αυτό το χάος;*"), θα απαιτείται υπερβολικά πολύς χρόνος για την δημιουργία των Φ.Ε. ("*Εγώ μπορεί να κάνω 1-2 τέτοια μαθήματα, αλλά δεν πρόκειται να καθίσω να δημιουργώ φύλλα εργασίας που τα βρίσκω χρονοβόρα και μη απαραίτητα*"). Εξέφρασε αμφιβολίες για το αν θα προκύψει διδακτικό όφελος ("*Περισσότερα θα προλάβαινα να τους πω με τον παραδοσιακό τρόπο*") και δήλωσε ότι δεν πρόκειται να εφαρμόσει την πρόταση σε μόνιμη βάση ("*Μπορεί να δοκιμάσω κάποιες τέτοιες διδασκαλίες αλλά δεν πρόκειται να τις υιοθετήσω σε μόνιμη βάση*"). Θεωρεί ότι υπάρχει θετική διάσταση μόνο σε ότι αφορά τον τεχνολογικό γραμματισμό των μαθητών ("*Αυτά τα παιδιά δεν βλέπω να μαθαίνουν βιολογία αλλά μπορεί να μάθουν χρήσιμα πράγματα για τους υπολογιστές*").
Στα τέλη Νοεμβρίου, η καθηγήτρια αποφάσισε να δώσει κάποιο χρόνο στα παιδιά να εργαστούν σε ομάδες χρησιμοποιώντας τα Φ.Ε. Στο τέλος του μαθήματος και αφού οι μαθητές εξέφρασαν θετικά σχόλια για τη διδασκαλία και έδειξαν τον ενθουσιασμό τους, η

άποψή της για την διδασκαλία γίνεται θετικότερη. Διέκρινε ότι η νέα διδασκαλία μπορεί να αποφέρει διδακτικό όφελος ("*Καλά πάει η διδασκαλία, μάλλον θα συνεχίσουμε να την εφαρμόζουμε μέχρι το τέλος της χρονιάς*") και η ανησυχία της φαίνεται να περιορίζεται στο χρόνο που απαιτείται για την δημιουργία των Φ.Ε.
Από τα τέλη Δεκεμβρίου έως το τέλος της σχολικής χρονιάς και αφού έχουν προηγηθεί τα ενθουσιώδη σχόλια των μαθητών, η άποψή της για την διδασκαλία ήταν θετική και όσο περνούσε ο χρόνος γινόταν θετικότερη. Δήλωσε εντυπωσιασμένη από την καθολική συμμετοχή των μαθητών. Παρατήρησε ότι εμπλέκονται και οι "αδύνατοι" μαθητές ("*Να βοηθήσουμε περισσότερο και τους αδύνατους στην εξοικείωσή τους με τους υπολογιστές- βλέπω ότι είναι δυνατόν να τους βάλουμε να συμμετέχουν στο μάθημα*"). Θεώρησε ότι ο νέος τρόπος διδασκαλίας είναι ευκολότερος και πιο ξεκούραστος για τον εκπαιδευτικό ("*Ο νέος τρόπος είναι ευκολότερος και πολύ πιο ξεκούραστος, δε χρειάζεται να θυμάσαι εκ των προτέρων τι ακριβώς έχεις να πεις*", "*Έτσι θα μπορούσα να κάνω μάθημα μέχρι και τα γεράματα*"). Ήταν σίγουρη πλέον ότι θα προτιμούσε το νέο τρόπο διδασκαλίας σε σχέση με την προηγούμενη διδασκαλία της ("*οποιοσδήποτε εκπαιδευτικός αν ακολουθήσει ένα σωστά σχεδιασμένο Φ.Ε. μπορεί να κάνει ένα πολύ καλό μάθημα*", "*Σε κάθε περίπτωση δε θα επέλεγα να κάνω μάθημα χωρίς Φ.Ε. στην περίπτωση που αυτά θα ήταν διαθέσιμα*"). Σχολίασε "*Το μάθημα πλέον είναι πολύ καλό, δεν περίμενα τέτοια εξέλιξη*" και αποφάσισε να εφαρμόσει τη διδασκαλία σε όλα τα μαθήματα, μέχρι το τέλος της σχολικής χρονιάς
Στα μέσα Απριλίου δήλωσε την πρόθεσή της να γράψει Φ.Ε. για τη βιολογία της Γ γυμνασίου που επίσης διδάσκει ("*Θα ήταν πολύ καλή ιδέα να έχω Φ.Ε. και στην Γ γυμνασίου όπου τα παιδιά προσέχουν λιγότερο και αναλώνω πολύ ενέργεια για να τους κάνω να προσέξουν*"). Αφιέρωσε αρκετό χρόνο για να γράψει πέντε (5) ψηφιακά Φ.Ε. Ήταν τα πρώτα Φ.Ε. που δημιούργησε η ίδια χωρίς βοήθεια.

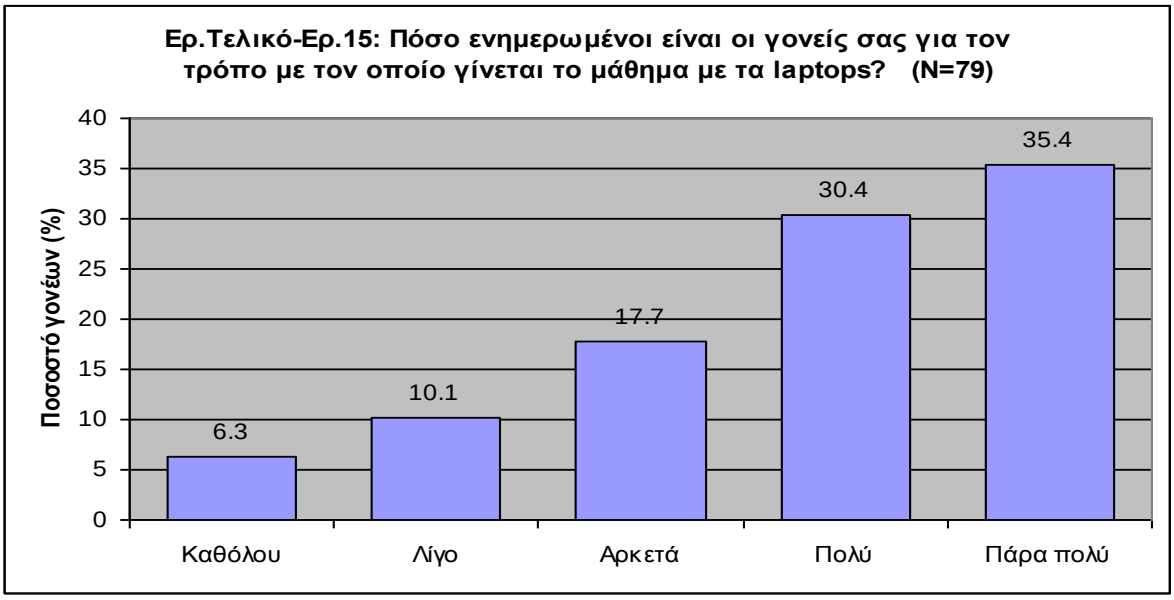
Η στάση της κοινότητας των εκπαιδευτικών

Η εφαρμογή της προτεινόμενης διδασκαλίας σε καθημερινή βάση φαίνεται ότι επηρέασε τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς του σχολείου. Το δεύτερο μήνα της εφαρμογής της πρότασης, αρκετοί συνάδελφοι έδειξαν ενδιαφέρον να ενημερωθούν για τη νέα διδασκαλία. Έξι από αυτούς ζήτησαν και παρακολουθήσουν τη διδασκαλία. Το ίδιο έκανε και ο διευθυντής του σχολείου, όπως και δύο σχολικοί σύμβουλοι. Τα σχόλια όλων ήταν πολύ θετικά και περισσότερο φαίνεται να τους εντυπωσίασε το γεγονός ότι οι μαθητές ήταν απορροφημένοι και εργάζονταν συνεργατικά πάνω στο Φ.Ε. και το πολυμεσικό υλικό που το συνόδευε.
Από τους παραπάνω καθηγητές, πριν το τέλος της χρονιάς, τρεις άρχισαν με κάποιον τρόπο να χρησιμοποιούν τα μαθητικά netbooks στο μάθημά τους, ενώ άλλοι τέσσερεις προσπαθώντας να βρουν τρόπο για να τα χρησιμοποιήσουν, ζήτησαν τη βοήθειά μας. Γενικότερα και πλησιάζοντας το τέλος του έτους, οι μαθητές εξέφραζαν θετική άποψη για το μάθημα, με αποτέλεσμα ο αριθμός των εκπαιδευτικών που ενδιαφέρθηκαν να ενημερωθούν να μεγαλώσει, ενώ παράλληλα αυξήθηκε και ο βαθμός αξιοποίησης των μαθητικών netbooks.

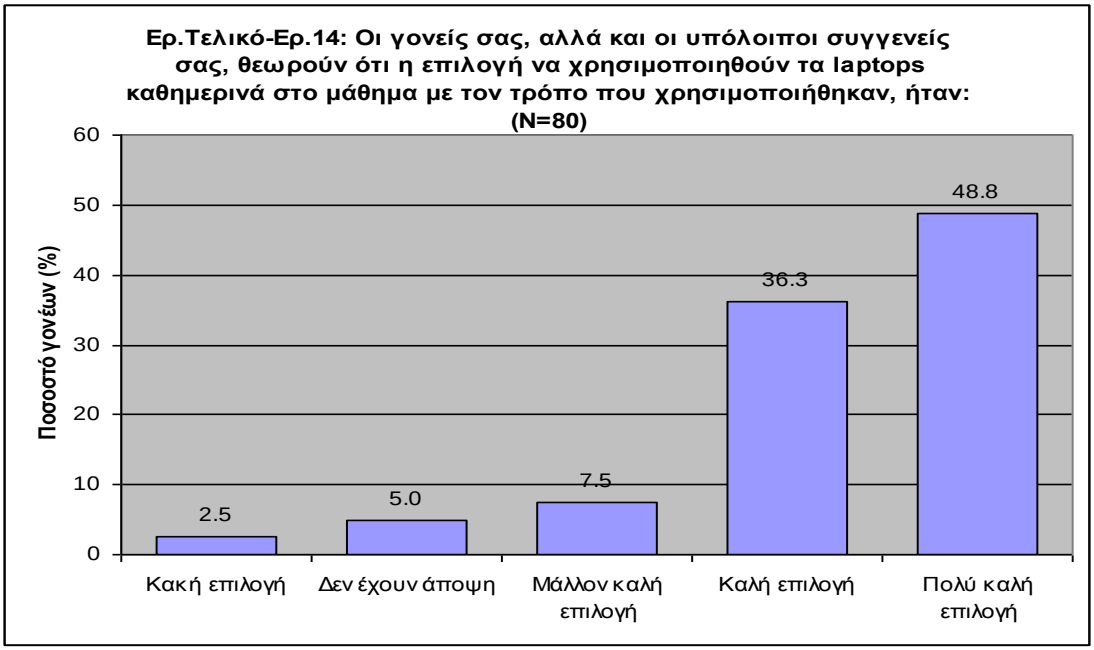
Η στάση των γονέων

Στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, που σχετίζονται με τους γονείς, οι μαθητές μεταφέρουν τη στάση, τη συμμετοχή και τη δράση που εκδήλωσαν οι γονείς τους. Επίσης σχετικά θέματα καταγράφηκαν και στο ημερολόγιο, από τις συναντήσεις των γονέων με τη διδάσκουσα. Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται κατά πόσο οι γονείς των μαθητών ενημερώθηκαν για τον τρόπο με τον οποίο έγινε η διδασκαλία της Βιολογίας. Η απάντηση στο ερώτημα, ως ένα βαθμό, είναι ενδεικτική και του βαθμού στον οποίο οι γονείς εμπλέκονται στη διαδικασία μάθησης των παιδιών τους. Στην πλειοψηφία τους (83,5%) οι γονείς των μαθητών θεωρήθηκε

ότι ήταν ενημερωμένοι για τον νέο τρόπο διδασκαλίας, και μόνο το 16,5% των γονέων φαίνεται να ήταν λίγο ή καθόλου ενημερωμένοι.



Γράφημα 1: Ενημέρωση των γονέων ως προς τον τρόπο διδασκαλίας



Γράφημα 2: Άποψη των γονέων για τρόπο διδασκαλίας

Στο Γράφημα 2 παρουσιάζεται η στάση των γονέων για τη διδασκαλία. Στην συντριπτική τους πλειοψηφία (92,5%) οι γονείς των μαθητών έδειξαν να υποδέχονται πολύ θετικά τη νέα πρόταση διδασκαλίας και σχολίασαν ότι ο νέος τρόπος μαθήματος ήταν μια καλή επιλογή. Αρκετοί γονείς ζήτησαν να συναντήσουν την καθηγήτρια της βιολογίας και την συνεχάρησαν για την προσπάθειά της. Οι περισσότεροι από αυτούς δήλωσαν ότι με τη δυνατότητα που έχουν οι μαθητές να φέρνουν τα Φ.Ε. και το συνοδευτικό υλικό στο σπίτι, είναι πολύ

ευκολότερο για αυτούς να βοηθήσουν τα παιδιά τους αλλά και να μάθουν και οι ίδιοι βιολογία.

Συζήτηση και συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση και η αξιοποίηση των netbooks στο μάθημα, καθ' όλη το σχολικό έτος, δείχνει ότι είναι εφικτή και υλοποιήσιμη πρακτική στο υπάρχον πλαίσιο του ελληνικού σχολείου, σε "καθημερινή" βάση - ακόμη και για τους μικρούς μαθητές της Α τάξης του Γυμνασίου. Αν και «σπαταλήθηκαν» κάποιες διδακτικές ώρες για την εξοικείωση των μαθητών με το νέο ψηφιακό περιβάλλον, ώστε να γίνει δυνατή η εφαρμογή της προτεινόμενης διδασκαλίας, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο χρόνος αυτός είναι επένδυση για τα επόμενα έτη φοίτησης των μαθητών αυτών, αφού αν εφαρμοστεί στους ίδιους μαθητές όταν πάνε στη Β' τάξη, δεν θα απαιτηθεί εξοικείωση.
Σχετικά με την πρώτη ερευνητική υπόθεση, που αφορά τη διδάσκουσα, ιδιαίτερης σημασίας είναι η άποψη της καθηγήτριας στο τέλος της σχολικής χρονιάς, όπως εξίσου σημαντική είναι και η αλλαγή στη στάση της κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της πρότασης. Το μάθημα έγινε για αυτήν ευκολότερο και ποιοτικότερο. Αν και η ίδια αρχικά ήταν αρνητική στην υιοθέτηση αυτής της μορφής διδασκαλίας, τελικά έγινε θερμή υποστηρικτής της. Όταν είδε τον ενθουσιασμό με τον οποίο οι μαθητές υποδέχθηκαν τη νέα διδασκαλία και εστίασε στα οφέλη που προκύπτουν, άρχισε να αλλάζει στάση και από εκεί που σκόπευε να εφαρμόσει την πρόταση σε κάποια μόνο μαθήματα, τελικά κατέληξε να την υιοθετήσει κατά τη διάρκεια όλης της σχολικής χρονιάς Η ίδια η καθηγήτρια διέκρινε ότι η συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα είναι πλέον καθολική και ότι δεν αντιμετωπίζει προβλήματα απειθαρχίας.
Η επίδραση του όλου εγχειρήματος στους εκπαιδευτικούς του σχολείου ήταν θετική (δεύτερη ερευνητική υπόθεση). Αρκετοί από αυτούς εκτίμησαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής και παρακινήθηκαν στη χρήση των ΤΠΕ στο μάθημά τους. Με βάση τα σχόλια και τις αντιδράσεις των εκπαιδευτικών αλλά και όσων παρακολούθησαν τις διδασκαλίες – όπως αυτά καταγράφονται στο ημερολόγιο - μπορούμε να πούμε ότι η διδασκαλία που τελικά υιοθετήθηκε, κίνησε το ενδιαφέρον τμήματος των εκπαιδευτικών του σχολείου. Πολλοί από αυτούς, παρότι αρχικά είχαν αρνητική στάση στην ενδεχόμενη χρήση των μαθητικών υπολογιστών και παρότι διέθεταν περιορισμένες δεξιότητες αξιοποίησης των ΤΠΕ στη διδασκαλία, εκδήλωσαν έντονο ενδιαφέρον για τη δράση. Πιθανόν αυτή η αλλαγή στάσης να προήλθε από την άποψη των μαθητών για το μάθημα ή να τους επηρέασε η άποψη όσων παρακολούθησαν το μάθημα ή και τη μεταστροφή της αρχικής αρνητικής άποψης της διδάσκουσας καθηγήτριας
Σχετικά με την τρίτη ερευνητική υπόθεση, δηλαδή τη στάση των γονέων, καταγράφηκε θετική ανταπόκριση από την πλειοψηφία των γονέων. Το ψηφιακό υλικό που παίρνουν οι μαθητές, όπως και η ύπαρξη του blog, δίνουν τη δυνατότητα στους γονείς να "παρακολουθήσουν" και οι ίδιοι τη ροή του μαθήματος, διευκολύνοντας έτσι την ενημέρωσή τους και την εμπλοκή τους στην εκπαίδευση των παιδιών τους. Αυτό έρχεται σε συμφωνία και με τα αποτελέσματα έρευνας, σε σχολεία των ΗΠΑ, όπου η εφαρμογή του 1:1 computing βελτιώνει την επικοινωνία ανάμεσα στο σπίτι και το σχολείο (Zucker, McGhee, 2005). Η εμπλοκή των γονέων θεωρείται σημαντικός παράγοντας στις σχολικές επιδόσεις των μαθητών και σύμφωνα με τον Robert Putman "*…αν υπήρχε η επιλογή αύξησης κατά 10% της κρατικής χορηγίας για το εκπαιδευτικό σύστημα ή αύξηση κατά 10% της γονικής εμπλοκής στην εκπαίδευση, σίγουρα θα επέλεγα το δεύτερο*".

Βιβλιογραφία

Baldwin, F. (1999). Taking the classroom home. *Appalachia, 32*(1), 10–15.

Bebell, D. & Kay, R. (2010). One to One Computing: A Summary of the Quantitative Results from the Berkshire Wireless Learning Initiative Journal of Technology,Learning, and Assessment, 9(2). Τελευταία πρόσβαση [21 Μαρτίου 2010] από http://www.jtla.org.

Bebell, D. (2005). Technology Promoting Student Excellence: An Investigation of the first year of 1:1 computing in New Hampshire Middle Schools. Boston, MA: Technology and Assessment Study Collaborative, Boston College. Τελευταία πρόσβαση [22 Μαρτίου 2010] από : http://www.bc.edu/research/intasc/researchprojects/nhLaptop/nhtpse.shtml.

Dunleavy, M. & Heinecke, W.F. (2007). The impact of 1:1 laptop use on middle school math and science standardized test scores. *Computers in the Schools, 24*(3/4), 7–22.

eSchoolNews (Feb 16th, 2010). Τελευταία πρόσβαση [21 Μαρτίου 2010] από: http://www.eschoolnews.com/2010/02/16/11-programs-only-as-good-as-their-teachers/

Gulek, J.C. & Demirtas, H. (2005). Learning with technology: The impact of laptop use on student achievement. *Journal of Technology, Learning, and Assessment, 3*(2).

Maine Education Policy Research Institute (MEPRI). (2003). The Maine Learning Technology Initiative: Teacher, Student, and School Perspectives Mid-Year Evaluation Report. Τελευταία πρόσβαση [22 Μαρτίου 2010] από: http://www.usm.maine.edu/cepare/Reports/MLTI_Report1.pdf

Penuel, W.R. (2006). Implementation and effects of one-to-one computing initiatives: a research synthesis. *Journal of Research on Technology in Education, 38*(3).

Putnam, R. D. (1993) *Making Democracy Work. Civic traditions in modern Italy*, Princeton, NJ: Princeton University Press. 258

Rockman, S. (1998). Powerful tools for schooling: Second year study of the laptop program. San Francisco, CA: Author.

Silvernail, D. (2008). Maine's Impact Study of Technology in Mathematics (MISTM). Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY.

Shapley, K. (2008). Evaluation of the Texas Technology Immersion Pilot (eTxTIP): Year 2.

Weston, M.E. & Bain, A. (2010). The End of Techno-Critique: The Naked Truth about 1:1 Laptop Initiatives and Educational Change. Journal of Technology, Learning, and Assessment, 9(6). Τελευταία πρόσβαση [Ιούνιος 10, 2010] από: http://www.jtla.org.

Zucker, A., & Hug, S. (2007). *A study of the 1:1 laptop program at the Denver School of Science and Technology*. Denver, CO: Denver School of Science & Technology

Zucker A, McGhee R (2005) A study of one-to-one computer use in mathematics and science instruction at the secondary level in Henrico County Public Schools. SRI International, Menlo Park, CA. Available at http://www.ubiqcomputing.org/FinalReport.pdf

Διαδραστικός Πίνακας – "Πανάκεια" ή, απλώς, "Εργαλείο"; – στην Εκπαίδευση Φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες

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

Περίληψη
Έχει αναφερθεί εκτενώς στη διεθνή βιβλιογραφία ότι η χρήση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να βοηθήσει στην ευκολότερη κατανόηση των φαινομένων από τους μαθητές. Η εισαγωγή τα τελευταία χρόνια του διαδραστικού πίνακα στις σχολικές τάξεις, δημιούργησε νέα δεδομένα ως προς τα διαθέσιμα εκπαιδευτικά μέσα που μπορούν να βοηθήσουν ουσιαστικά την εκπαιδευτική διαδικασία. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια ολοκληρωμένη πρόταση χρήσης του διαδραστικού πίνακα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, με σκοπό να δείξουμε το αν και κατά πόσο η χρήση του αυξάνει τα προσδοκώμενα οφέλη. Παράλληλα μέσα από την πρότασή μας εξετάζουμε αν ο διαδραστικός πίνακας αποτελεί «πανάκεια» για την εκπαιδευτική διαδικασία, αν δημιουργεί προβλήματα αντί να επιλύει, ή αν τελικά είναι απλώς ένα εργαλείο που προσφέρει κάποιες εναλλακτικές λύσεις στην εκπαίδευση.

Abstract
It has extensively been reported in the international bibliography that the use of new technologies in the teaching of Physics, can help students to comprehend physics phenomena easier. The past few years interactive whiteboard introduced in school classes and started a whole new discussion about the use of new technologies in the educational process. In our proposal we present a way of how to use interactive whiteboard for the teaching of Physics which can increase the expected educational profits. At the same time through our proposal we examine if the interactive board is “panacea” for the educational process, or if it creates problems rather than solve them, or if finally it is simply a tool that offers certain alternative solutions in teaching.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο γίνεται λόγος στη χώρα μας, για τη χρήση του διαδραστικού πίνακα στις σχολικές τάξεις. Η όλη συζήτηση αναδεικνύει τις θετικές παραμέτρους από τη χρήση του διαδραστικού πίνακα, την εμπλοκή των μαθητών με τις νέες τεχνολογίες καθώς και τις προοπτικές που μπορεί να αξιοποιήσει ο εκπαιδευτικός προκειμένου να μεγιστοποιήσει τα οφέλη για τους μαθητές κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η εμφάνιση του διαδραστικού πίνακα ως μέσου διδασκαλίας προκάλεσε (και συνεχίζει να προκαλεί) μεγάλες συζητήσεις ως προς την χρησιμότητα του μέσου. Υπήρξαν οι απόψεις που έθεταν το διαδραστικό πίνακα ως απαραίτητο εργαλείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η εντυπωσιακή άμεση απεικόνιση κάθε σκέψης, γραμμής, αναπαράστασης σε ένα ηλεκτρονικό επιτοίχιο πίνακα, με ευκολία στη χρήση και στην πρόσβαση τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές, άνοιγε έναν ολόκληρο κόσμο νέων διδακτικών προσεγγίσεων και ευκαιριών σχεδόν σε κάθε διδακτικό αντικείμενο. Η προσέγγιση αυτή που κατά κάποιο τρόπο θεωρούσε το διαδραστικό πίνακα ως «πανάκεια» έθετε πιεστικά το αίτημα εισαγωγής του νέου τεχνολογικού μέσου στις σχολικές αίθουσες. Την ίδια στιγμή έρευνες σε μαθητές έδειχναν πώς τα νέα στοιχεία

του λογισμικού και του υλικού του πίνακα μπορούν να παρακινήσουν, να βοηθήσουν τη συγκέντρωση, και να κρατήσουν την προσοχή των μαθητών (Wall, Higgins & Smith 2005), ενώ υπό κατάλληλες συνθήκες μειώνουν και τον απαιτούμενο χρόνο κάποιων δραστηριοτήτων (Latham 2002). Για τους εκπαιδευτικούς ο διαδραστικός πίνακας προσφέρει ευκαιρίες να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να χρησιμοποιήσουν τους ψηφιακούς πόρους και τις νέες τεχνολογίες που απαιτούνται ώστε να γίνει η διδασκαλία πιο δημιουργική (Wood & Ashfield 2008).

Εικόνα 1: Χρήση διαδραστικού πίνακα για καταγραφή υποθέσεων

Από την άλλη – και σχεδόν ταυτόχρονα - υπήρξαν και εκείνες οι προσεγγίσεις, οι πιο μετριοπαθείς ή και υπερβολικές κατά κάποιους, που αμφισβητούσαν την χρησιμότητα του διαδραστικού πίνακα. Ακόμη, μιλούσαν και για τον κίνδυνο εισαγωγής του μέσου στις τάξεις αφού η χρήση του θα επικέντρωνε την προσοχή του μαθητή στο μέσο και όχι στην ουσία. Δεν ήταν λίγοι εκείνοι που υποστήριξαν πως ο εντυπωσιασμός από τη χρήση του πίνακα θα υπερκάλυπτε στα μάτια και το νου των μαθητών την ουσία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, φέρνοντας τελικά αντίθετα από τα αναμενόμενα αποτελέσματα ενώ επίσης η πιθανή απογοήτευση τους όταν συναντούν τεχνικές δυσκολίες μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα (Wall, Higgins, Smith 2005). Παράλληλα η προαπαιτούμενη γνώση και εξοικείωση των εκπαιδευτικών με τις νέες τεχνολογίες προκειμένου να αξιοποιήσουν το διαδραστικό πίνακα έκανε περισσότερο «απόμακρη» και «επικίνδυνη» την χρήση του στις τάξεις.

Οι παραπάνω προσεγγίσεις έχουν ισχυρούς υποστηρικτές και είναι δύσκολο να αμφισβητήσει κάποιος το γεγονός των θετικών εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων από τη σωστή χρήση των νέων τεχνολογιών, αλλά και το γεγονός της επικέντρωσης της προσοχής των μαθητών σε κάτι εντυπωσιακό που τελικά δεν αποφέρει διδακτικά αποτελέσματα. Πέρα όμως από τα θεωρητικά σχήματα είναι ανάγκη να διατυπωθούν συγκεκριμένες προτάσεις και να τεθούν συγκεκριμένοι σκοποί και στόχοι ώστε να «δοκιμαστεί» η αξία της χρήσης του διαδραστικού πίνακα, σε πραγματικές συνθήκες με πραγματικά εκπαιδευτικά σενάρια.

Μέχρι σήμερα στη χώρα μας έχουν γίνει ελάχιστες προσπάθειες δημιουργίας κατάλληλων εκπαιδευτικών προτάσεων, αξιοποιήσιμων σε σχολικές τάξεις. Αυτό δημιουργεί ένα πρόβλημα και εγείρει ερωτηματικά ως προς την χρησιμότητα του τεχνολογικού εργαλείου. Πολύ δε περισσότερο όταν το κόστος αγοράς του διαδραστικού πίνακα είναι υψηλό. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα, με ποιους τρόπους θα μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα ώστε να δώσουμε μια αξιόπιστη, εφαρμόσιμη και παιδαγωγικά ορθή πρόταση προκειμένου να διδάξουμε θέματα των Φυσικών Επιστημών;

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια ολοκληρωμένη πρόταση χρήσης του διαδραστικού πίνακα με στόχο να αναδείξουμε τις δυνατότητες που παρέχουν οι νέες τεχνολογίες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, χρησιμοποιώντας ένα εκπαιδευτικό πρότυπο που στηρίζεται στην προτεινόμενη μεθοδολογία των σχολικών βιβλίων. Μέσα από την εφαρμογή που προτείνουμε, ερευνούμε εάν η μεθοδική χρήση του διαδραστικού πίνακα

σε όλα τα στάδια μιας διδασκαλίας μπορεί να επιλύσει προβλήματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όπως είναι η καλύτερη οργάνωση/προετοιμασία εκπαιδευτικού, το κέρδος σε χρόνο, η αύξηση του ενδιαφέροντος για το μάθημα, η προώθηση της συνεργασίας και της ομαδικότητας, η κατανόηση και η εμβάθυνση της γνώσης, κλπ.

Το πλαίσιο της έρευνας

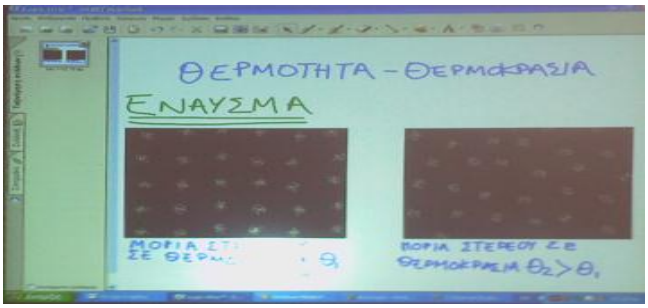
Η πρόταση εφαρμόστηκε σε φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Αθήνας, και πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια του Τομέα Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Επιλέξαμε να εφαρμόσουμε την παραπάνω πρόταση σε 64 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης οι οποίοι στο σύνολό τους έχουν εξοικείωση στη χρήση των νέων τεχνολογιών και στην εκτέλεση πειραμάτων (στα πλαίσια των υποχρεωτικών εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος), πράγμα απαραίτητο για την παρούσα εφαρμογή. Την ομάδα πειραματισμού αποτέλεσαν 32 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Αθήνας χωρισμένοι σε ομάδες των 4 ατόμων οι οποίοι συμμετείχαν σε διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση διαδραστικού πίνακα. Την ομάδα αναφοράς αποτέλεσαν ισάριθμοι φοιτητές που συμμετείχαν σε διδασκαλία των ίδιων θεμάτων Φυσικών Επιστημών χωρίς τη χρήση διαδραστικού πίνακα, αλλά με την υποστήριξη υπολογιστή και βιντεοπροβολέα. Κάθε τμήμα φοιτητών της ομάδας πειραματισμού και της ομάδας αναφοράς είχε 16 φοιτητές κάθε φορά. Κάθε ομάδα φοιτητών χρησιμοποίησε τα ίδια φύλλα εργασίας, στο ίδιο χρονικό διάστημα και ασκήθηκε με τους ίδιους εκπαιδευτές. Οι εκπαιδευτές ήταν 2 υποψήφιοι διδάκτορες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Αθήνας οι οποίοι παρακολουθούσαν και διεύθυναν τους φοιτητές σε όλα τα στάδια, έχοντας το ρόλο που έχει ένας εκπαιδευτικός σε μια τάξη. Κάθε εκπαιδευτής εφάρμοσε την πρόταση σε 16 φοιτητές της ομάδας ελέγχου και σε 16 φοιτητές της ομάδας αναφοράς.

Συλλογή δεδομένων: Η συλλογή δεδομένων έγινε με κατάλληλα ερωτηματολόγια στάσεων που συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές και τους εκπαιδευτές μετά το τέλος της παρέμβασης. Ενώ για τον έλεγχο του γνωστικού αντικειμένου πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης δόθηκαν σε όλες τις ομάδες τα ίδια pre tests ενώ μετά από τρεις περίπου εβδομάδες μετά την παρέμβαση μοιράστηκαν επίσης κοινά post tests. Τα pre tests, τα φύλλα εργασίας και η όλη πρόταση στο διαδραστικό πίνακα είχε πριν την έναρξη της έρευνας δοκιμαστεί ως προς τη λειτουργικότητα και την δομή της σε μια ανεξάρτητη ομάδα 4 φοιτητών.

Η Πρόταση: Φάσεις και υλοποίηση

Η πρότασή μας αφορά στη χρήση του διαδραστικού πίνακα ως πρόσθετο «εργαλείο» για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, δίνοντας έναν ολοκληρωμένο τρόπο χρήσης του τεχνολογικού μέσου αφού περιλαμβάνει: α)την προετοιμασία του εκπαιδευτικού, β)τη χρήση του πίνακα από τον εκπαιδευτικό και τις ομάδες των φοιτητών εντός της αίθουσας γ)την χρήση του παραγόμενου υλικού (σε όποια μορφή επιλέξουμε να εξάγουμε τα δεδομένα των «πινάκων») και μετά το πέρας της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τους φοιτητές για εμπέδωση και καλύτερη κατανόηση και δ)την χρήση από τον εκπαιδευτικό για βελτίωση (του ίδιου και της εκπαιδευτικής διαδικασίας). Η όλη εφαρμογή έγινε εφαρμόζοντας το εκπαιδευτικό πρότυπο που περιγράφουν τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα (Επιστημονικό Μοντέλο).



Εικόνα 2: Παράδειγμα επιλογής εναύσματος σε διαδραστικό πίνακα.

Το όλο μοντέλο εφαρμόστηκε στους φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Αθήνας και με τις κατάλληλες τροποποιήσεις /παρεμβάσεις/ αλλαγές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες βαθμίδες εκπαίδευσης. Δοκιμάσαμε να διδάξουμε την ενότητα Θερμοκρασία/Θερμότητας στους φοιτητές χρησιμοποιώντας φύλλα εργασίας που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της έρευνας ανταποκρινόμενα στο επίπεδο των φοιτητών και εφαρμόζοντας το εκπαιδευτικό πρότυπο (Επιστημονικό Μοντέλο) που προβλέπεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) των Φυσικών Επιστημών για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Ο διαδραστικός πίνακας παρέχει την δυνατότητα (ανάλογα και με το λογισμικό που τον συνοδεύει) της προετοιμασίας του μαθήματος μέσα από την δημιουργία μιας πολυμεσικής εφαρμογής φτιαγμένης και προσαρμοσμένης στο περιβάλλον του πίνακα. Έτσι δημιουργήσαμε μια πολυμεσική εφαρμογή για καθένα από τα βήματα της μεθοδολογίας ως εξής:

Έναυσμα: Χρησιμοποιώντας το λογισμικό του διαδραστικού πίνακα είχαμε ήδη έτοιμες εικόνες, βίντεο, ήχους που αντλούσαμε από μια βάση δεδομένων και η οποία μπορεί εύκολα και γρήγορα να προσπελαστεί μέσω των δυνατοτήτων του πίνακα. Για την παρουσίαση της ενότητας που επιλέξαμε παρουσιάστηκε μια προσομοίωση μορίων σε διάφορες θερμοκρασίες. Η προβολή σε προτζέκτορα δεν επέτρεπε παρά μόνο την παρακολούθησή του. Η προβολή της προσομοίωσης στο διαδραστικό πίνακα επέτρεπε παρεμβάσεις κατά τη διάρκεια της προβολής, καθώς και την τήρηση σημειώσεων ή σχεδίων/σχεδιαγραμμάτων πάνω στην οθόνη προβολής ώστε να χρησιμοποιηθούν αργότερα. (Εικόνα 2).

Διατύπωση υποθέσεων: Οι φοιτητές χρησιμοποιώντας το φύλλο εργασίας απαντούσαν στις ερωτήσεις και διατύπωναν τις απόψεις τους για την θερμότητα/θερμοκρασία, ενώ παράλληλα ένα μέλος κάθε ομάδας συγκέντρωνε και κωδικοποιούσε τις απαντήσεις στο διαδραστικό πίνακα. Στο τέλος, κάθε ομάδα είχε καταγράψει στον πίνακα τις υποθέσεις της σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.

Πειραματισμός: Οι φοιτητές ακολουθώντας τις οδηγίες του φύλλου εργασίας πραγματοποιούσαν τις απαιτούμενες δραστηριότητες / πειράματα. Κάθε ομάδα φοιτητών μπορούσε ταυτόχρονα να αποτυπώνει τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις, κλπ στο διαδραστικό πίνακα και να συγκρίνει δεδομένα στα αρχεία καταγραφής. Ο διαδραστικός πίνακας προσέφερε τη δυνατότητα της παράλληλης χρήσης από όλα τα μέλη της ομάδας. Έτσι την ίδια χρονική στιγμή κάποιο μέλος της ομάδας κατέγραφε παρατηρήσεις από τον πειραματισμό στον πίνακα, ενώ ένα άλλο μέλος πραγματοποιούσε απαιτούμενες πράξεις, ή κρατούσε σημειώσεις (Εικόνα 3). Παράλληλα όλα τα μέλη των ομάδων είχαν άμεση πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα, τις μετρήσεις, τα παρατηρήσιμα μεγέθη του πειραματισμού και μπορούσαν να επέμβουν αν χρειαζόταν, διορθώνοντας ή συμπληρώνοντας κάποια από τα δεδομένα.

Διατύπωση συμπερασμάτων: Αφού όλες οι ομάδες ολοκλήρωσαν τον πειραματισμό, συνεργάστηκαν στην διατύπωση των συμπερασμάτων για κάθε πείραμα / δραστηριότητα που

είχαν αναλάβει ως ομάδα. Στην περίπτωση των κεφαλαίων της Θερμότητας / Θερμοκρασίας που εφαρμόσαμε σε φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Αθήνας, κάθε ομάδα είχε ασχοληθεί με διαφορετικά πειράματα και κατέγραφε παρατηρήσεις και δεδομένα. Στο τέλος η παρουσίαση όλων των παρατηρήσεων και δεδομένων μαζί, ενεργοποίησε όλους τους φοιτητές σε μια συζήτηση για τη διατύπωση των ορθών συμπερασμάτων. Όλες οι ομάδες μπορούσαν να ανατρέξουν σε κάθε στάδιο της διαδικασίας συγκρίνοντας μετρήσεις, παρατηρήσεις και δεδομένα, ώστε να διατυπώσουν όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένα τα συμπεράσματα.

Εμπέδωση-Γενίκευση: Ολοκληρώνοντας τη διδακτική ενότητα οι φοιτητές ακολουθώντας το φύλλο εργασίας καλούνταν να εφαρμόσουν την αποκτηθείσα γνώση και σε άλλες περιπτώσεις της καθημερινής ζωής. Οι ομάδες που χρησιμοποίησαν τον προβολέα έκαναν τις δραστηριότητες εμπέδωσης και γενίκευσης πάνω στα φύλλα εργασίας που τους είχαν δοθεί. Οι ομάδες που χρησιμοποίησαν το διαδραστικό πίνακα συμπλήρωναν τις δραστηριότητες (σταυρόλεξο, ακροστιχίδες, κλπ που έχουν αναπτυχθεί στο ελεύθερο λογισμικό hot potatoes) πάνω στον πίνακα και ακολουθούσε άμεσα η διαδικασία αξιολόγησης (Εικόνα 4).

Εικόνα 3: Καταγραφή δεδομένων/παρατηρήσεων σε διαδραστικό πίνακα κατά τη διάρκεια του πειραματισμού

Στο τέλος του μαθήματος οι φοιτητές ανέβασαν όλα τα αρχεία που χρησιμοποίησαν από την αρχή του μαθήματος σε μια ομάδα συνεργασίας Google (και σε οποιαδήποτε άλλη ανάλογη πλατφόρμα όπως το e-class ή το moodle), ώστε να μπορούν να έχουν άμεση πρόσβαση από το σπίτι τους και να ανακαλέσουν όποτε χρειαστούν την όλη διαδικασία, αποσαφηνίζοντας έτσι πιθανές παρανοήσεις και χρησιμοποιώντας το σύνολο ως μελλοντικό σημείο αναφοράς. Το ίδιο αρχείο χρησιμοποίησαν και οι εκπαιδευτές προκειμένου να ελέγξουν την αρτιότητα και την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας μετά το πέρας της και να προχωρήσουν σε πιθανές αλλαγές, αναδιατυπώσεις, που θα βελτιώσουν το προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Οι ομάδες που χρησιμοποίησαν τον προβολέα είχαν πρόσβαση μόνο στην ηλεκτρονική μορφή του φύλλου εργασίας και μπορούσαν να το συμπληρώσουν με τις σημειώσεις και παρατηρήσεις τους, που κράτησαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής. Οι ομάδες που χρησιμοποίησαν το διαδραστικό πίνακα είχαν πρόσβαση σε όλο το ηλεκτρονικό αρχείο το οποίο περιείχε όλες τις σημειώσεις, μετρήσεις, παρατηρήσεις, σχεδιαγράμματα, δραστηριότητες, κλπ που είχαν καταγράψει στη διάρκεια της εφαρμογής.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η ολοκλήρωση συλλογής των ερωτηματολογίων στάσεων φοιτητών και εκπαιδευτών, καθώς και των pre tests και post test μας οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα σε ότι αφορά τη χρήση του διαδραστικού πίνακα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Οι φοιτητές:

- έδειξαν θετική στάση για τις Φυσικές Επιστήμες. Η διδασκαλία έγινε πιο εντυπωσιακή και άμεση με το νέο μέσο, κάτι που δημιούργησε ταυτόχρονα ενδιαφέρον και θετικές στάσεις απέναντι στο μάθημα όπως αυτό φάνηκε από τα ερωτηματολόγια στάσεων που συμπληρώθηκαν.

- έδειξαν ενδιαφέρον και ενεπλάκησαν ενεργά με τις νέες τεχνολογίες. Η άμεση και εντυπωσιακή απεικόνιση της προσωπικής γραφής κάθε φοιτητή σε έναν επιτοίχιο ψηφιακό πίνακα, ώθησε κάθε ομάδα σε πιο ενεργητική συμμετοχή και ενασχόληση τόσο με το διαδραστικό πίνακα όσο και με άλλες τεχνολογίες (mail, ομάδες google, σταυρόλεξα Hot potatoes, κλπ).

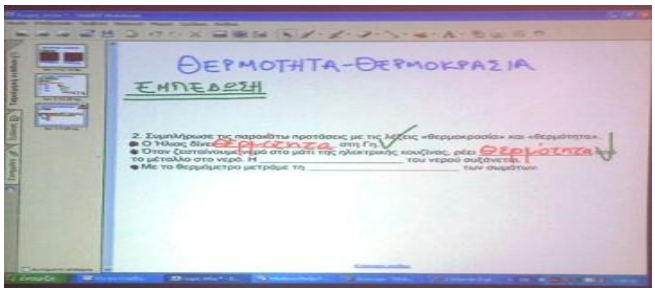
- μπορούσαν να δουλέψουν ομαδικά, πιο εύκολα και γρήγορα, καθώς και να ανατρέξουν σε προγενέστερο στάδιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η δυνατότητα που δίνει ο διαδραστικός πίνακας της ανάκλησης οποιασδήποτε πληροφορίας/αρχείου με την αφή διευκόλυνε την ομαδική εργασία και μείωσε το χρόνο που χρειαζόταν κάθε ομάδα για καταγραφή, επεξεργασία και διατύπωση παρατηρήσεων /απόψεων /συμπερασμάτων /προβληματισμών. Η άμεση απεικόνιση όλων μαζί των δεδομένων σε μια οθόνη διευκόλυνε περισσότερο στο να έχουν οι φοιτητές μια συνολική εικόνα των προηγούμενων βημάτων και να καταλήξουν έτσι πιο εύκολα σε ορθές προτάσεις. Μια τέτοια παρουσίαση όλων των δεδομένων και παρατηρήσεων είναι ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα με τον παραδοσιακό πίνακα, ή το τετράδιο, ενώ ακόμη και με τη χρήση απλού προτζέκτορα δεν υπήρχε η αμεσότητα και η ταυτόχρονη πρόσβαση με αποτέλεσμα να χρειάζεται περισσότερος χρόνος και να μην λειτουργούν οι ομάδες το ίδιο ομαδικά.

- παρουσίαζαν τα δεδομένα αλλά και τις προτάσεις τους πιο απλά και άμεσα. Κάθε φοιτητής που εκτελούσε ή παρατηρούσε ένα πείραμα μπορούσε χωρίς να απομακρυνθεί από το πείραμα να καταγράψει άμεσα με απλή γραφή ότι θεωρούσε σημαντικό και παράλληλα να προσθέσει εύκολα επιπλέον σημειώσεις σαν να δούλευε σε προσωπικό τετράδιο.

- αξιοποιούσαν μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων σε λιγότερο χρόνο. Με την ευκολία που προσφέρει ο τρόπος λειτουργίας του διαδραστικού πίνακα η πρόσβαση και προσπέλαση μεγάλου αριθμού και όγκου δεδομένων ήταν πιο εύκολα αξιοποιήσιμη και επιπλέον ήταν σημαντικό ότι η ανάκλησή και επεξεργασία τους γινόταν όχι από έναν χειριστή ενός υπολογιστή αλλά από κάθε μέλος της ομάδας ανά πάσα στιγμή και στον χώρο του πειραματισμού, κάτι που ενίσχυε την ομαδικότητα και την συνεργασία.

Οι εκπαιδευτές:

- όπως φάνηκε από τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι εκπαιδευτές, η χρήση του διαδραστικού πίνακα επιτάχυνε την εκπαιδευτική διαδικασία χωρίς αυτό να λειτουργήσει εις βάρος των φοιτητών. Ήταν πολύ σημαντικό πως κάθε εκπαιδευτής μπορούσε να δείξει/ανακαλέσει μεγάλο αριθμό αρχείων με απλά αγγίγματα της οθόνης, δίχως να πρέπει να βρίσκεται σε μια μόνο θέση κάθε φορά (μπροστά από έναν υπολογιστή), κάτι που ήταν αναγκαίο κατά τη χρήση του βιντεοπροβολέα.



Εικόνα 4: Δραστηριότητα εμπέδωσης σε διαδραστικό πίνακα. Οι φοιτητές συμπληρώνουν τα κενά και η αξιολόγηση γίνεται την ίδια χρονική στιγμή.

- μπορούσαν να παρουσιάζουν πολλά δεδομένα ταυτόχρονα και άμεσα και παράλληλα να εξειδικεύουν κάθε φάση της μεθοδολογίας για κάθε φοιτητή. Η μεταπήδηση από ένα αρχείο κειμένου, σε ένα βίντεο, μια εικόνα, έναν ήχο, η παρουσίαση μιας δραστηριότητας, η σύνδεση με το διαδίκτυο, η αξιολόγηση γίνονταν από τον εκπαιδευτή πιο άμεσα και πολλές φορές ταυτόχρονα. Κάτι τέτοιο ενίσχυε και βοηθούσε στην εξειδίκευση των παραδειγμάτων/δραστηριοτήτων σε φοιτητές αφού μπορούσε να γίνει ευκολότερα και σε λιγότερο χρόνο.

- έλεγχαν τις μετρήσεις των φοιτητών πολύ γρήγορα και αξιόπιστα. Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων των πειραμάτων, των μετρήσεων αλλά και της ακολουθούμενης διαδικασίας μπορούσε να γίνει άμεσα όπως επίσης και η σύγκριση μεταξύ των ομάδων.

- αποθήκευαν όλα τα δεδομένα και τις προτάσεις των φοιτητών για μελλοντική χρήση και βελτίωση του τρόπου διδακαλίας. Το πλεονέκτημα του διαδραστικού πίνακα σε σχέση με έναν απλό βιντεοπροβολέα είναι η απλούστερη καταγραφή και συγκέντρωση κάθε παρατήρησης /ερώτησης / συμπεράσματος /προβληματισμού των φοιτητών σε ένα ενιαίο αρχείο καταγραφής, στο οποίο όμως φαίνεται σαφώς η πορεία εργασίας κάθε ομάδας κάτι που διευκολύνει τον εκπαιδευτή στην αναζήτηση τρόπων βελτίωσης του τρόπου διδασκαλίας.

Στην πρότασή μας αναπτύξαμε ένα συγκεκριμένο σενάριο που αφορά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, με πολλές χρήσεις του διαδραστικού πίνακα σε κάθε στάδιο της μεθοδολογίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως έχουμε αρκετά οφέλη κυρίως ποιοτικά σε ότι αφορά τη διδαχθείσα ενότητα. Οι δυνατότητες και εφαρμογές σίγουρα δεν εξαντλούνται, σε κάθε περίπτωση όμως η πρότασή μας, ακολούθησε το σχολικό εγχειρίδιο, το προτεινόμενο αναλυτικό πρόγραμμα και ανέδειξε με διαφορετικό τρόπο κάποιες εναλλακτικές προσεγγίσεις στην πορεία της διδασκαλίας.

Συνολικά μπορούμε να πούμε ότι η οργανωμένη χρήση του διαδραστικού πίνακα μέσα από σαφώς προσδιορισμένα εκπαιδευτικά σενάρια (π.χ. φύλλα εργασίας) με διακριτούς σκοπούς και στόχους, υποστήριξε με θετικά αποτελέσματα τη διδασκαλία φαινομένων των Φυσικών Επιστημών σε φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος. Η χρήση των νέων τεχνολογιών από φοιτητές για την πραγματοποίηση πειραμάτων, την παρουσίαση δεδομένων, τη διατύπωση προτάσεων, κλπ αύξησε σημαντικά τα προσδοκώμενα εκπαιδευτικά οφέλη ενώ σε πολλές περιπτώσεις μείωσε και το συνολικό απαιτούμενο εκπαιδευτικό χρόνο.

Στο ερώτημα εάν ο διαδραστικός πίνακας είναι πανάκεια. ή απλώς ένα εργαλείο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών φαίνεται να είναι σαφής η απάντηση. Το νέο τεχνολογικό μέσο δε λύνει όλα τα προβλήματα, ούτε έχει απεριόριστες δυνατότητες, αλλά ούτε και εξασφαλίζει από μόνο του την πολυπόθητη εμβάθυνση στη γνώση. Αποτελεί ένα νέο μέσο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εξαιρετικό εργαλείο για τη διδασκαλία –και όχι μόνο- των Φυσικών Επιστημών. Εντυπωσιάζει αναμφισβήτητα αλλά από μόνο του δεν επαρκεί για να κάνουμε πιο ουσιαστική και αποδοτική τη διδασκαλία. Όπως κάθε τεχνολογία που εισάγεται στην εκπαίδευση χρειάζεται κατάλληλη σκοποθεσία και στοχοθεσία ώστε να ενταχθεί ομαλά στην εκπαιδευτική διαδικασία δίχως να ακυρώνει τον εκπαιδευτικό ή το μαθητή, δίχως να μας παρασύρει σε απλό εντυπωσιασμό. Στην πρότασή μας δώσαμε ένα ολοκληρωμένο σενάριο χρήσης του διαδραστικού πίνακα και παρότι παρατηρήσαμε θετικά αποτελέσματα σε κάποιους τομείς όπως της μείωσης του χρόνου, της καλύτερης ομαδικής εργασίας, της ευκολίας πρόσβασης/αξιολόγησης της διαδικασίας τα συνολικά αποτελέσματα (αν και παρουσιάζονται ελαφρώς καλύτερα) δεν έδειξαν σημαντική υπεροχή του σε σχέση με τη χρήση απλώς ενός υπολογιστή με βιντεοπροβολέα. Τα θετικά στοιχεία του διαδραστικού πίνακα όπως περιγράφηκαν παραπάνω, σε σχέση με το τι μπορεί να χρησιμοποιήσει σήμερα σε μια τάξη ένας εκπαιδευτικός, δεν είναι τόσα και τέτοια που θα τον καταστήσουν απαραίτητο. Σαν ένα εργαλείο όμως δίνει πολλές ευκαιρίες και προσφέρει δυνατότητες που

ενισχύουν το ενδιαφέρον των μαθητών, την ομαδική δουλειά και την χρήση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Βιβλιογραφία

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

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

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.

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

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

Συνεδρία 3: Διδασκαλία και Μάθηση στη Χημεία Ι

Γιατί το νερό δεν διαλύει ορισμένες ουσίες; Εξέλιξη των 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 τις αντιλήψεις των μαθητών για το νερό ως διαλύτη καθώς και πώς οι γνώσεις τους εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 80 μαθητές, ηλικίας 8–18 ετών, οι οποίοι έδωσαν ατομικές συνεντεύξεις σχετικά με την αναποτελεσματικότητα του νερού ως διαλύτη στην περίπτωση των δυσδιάλυτων στο νερό ουσιών. Οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία της Βοσνιάδου (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994, Vosniadou, 2003). Βρέθηκε ότι οι μαθητές έδωσαν εξηγήσεις για το νερό ως διαλύτη που ήταν διαφορετικές από τις επιστημονικές και είχαν δυσκολίες να εγκαταλείψουν τις αρχικές, διαισθητικές αντιλήψεις, σύμφωνα με τις οποίες το νερό είναι αντιληπτό ως υγρό και η ύλη ως συνεχής και στατική, παρά τη διδασκαλία της χημείας στο σχολείο. Οι μαθητές επίσης χρησιμοποίησαν έναν μικρό αριθμό επαναλαμβανόμενων τύπων απαντήσεων, με σταθερή κατανομή στις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και μόνο τέσσερις από τους μεγαλύτερους μαθητές έδωσαν επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις.

Abtract
In this work we study students' ideas about water as a solvent and how their knowledge develops with time, during primary and secondary education. We took individual interviews with pupils 8-18 years old, who answered questions about the inactivity of water as a solvent in the case of dissoluble in water substances. Pupils' answers were analyzed according to Vosniadou's methodology (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994, Vosniadou, 2003). It was found that pupils gave explanations about water as solvent that were different from the scientific explanations and they had difficulty to abandon their initial intuitive conceptions about water as a liquid as well as the continuous and static conception of matter, despite the teaching of chemistry in school. They used a small re-occurring number of types of answers, with a constant distribution over the various age groups, while only four among the elder pupils provided scientifically acceptable answers.

Εισαγωγή
Η έρευνα έχει δείξει ότι τα παιδιά από νωρίς αναπτύσσουν εξηγήσεις ή εννοιολογικά «σχήματα» (Driver et al., 1993) ή γενικά μικρές θεωρίες για το πώς λειτουργεί ο κόσμος και ακόμη και τα πολύ μικρά παιδιά γνωρίζουν πολλά πράγματα για το φυσικό κόσμο. Πολλές από τις γνώσεις όμως που διαμορφώνουν αυθόρμητα τα παιδιά είναι ελλιπείς ή λάθος ή παρανοήσεις. Όταν τα παιδιά πηγαίνουν στο σχολείο συχνά κάνουν λάθη στα μαθήματα των φυσικών επιστημών γιατί χρησιμοποιούν διαισθητικούς τρόπους εξήγησης όσων διδάσκονται, με αποτέλεσμα οι παρανοήσεις να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας μάθησης. Οι Vosniadou και Brewer (1992 & 1994) έδειξαν ότι πολλά παιδιά κάνουν λάθη για το σχήμα της γης και εξήγησαν τις παρανοήσεις που ανίχνευσαν ως την προσπάθεια των παιδιών να συμβιβάσουν την επιστημονική πληροφορία της γης ως σφαίρας που κινείται στο διάστημα με τις αρχικές εξηγήσεις σύμφωνα με τις οποίες η γη είναι επίπεδη, ακίνητη και υποβασταζόμενη.

Η Vosniadou (Vosniadou, 1994, Vosniadou & Brewer, 1992, 1994) υποστηρίζει ότι από νωρίς τα παιδιά δομούν αρχικά επεξηγηματικά πλαίσια τα οποία βασίζονται σε παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου και στις πληροφορίες που παίρνουν από το περιβάλλον τους. Οι επιστημονικές εξηγήσεις για το φυσικό κόσμο, τις οποίες διδάσκονται τα παιδιά στο σχολείο, βασίζονται σε έννοιες και αρχές οι οποίες είναι αφηρημένες κατασκευές, μακριά από την άμεση εμπειρία και έρχονται σε αντίθεση με τα αρχικά επεξηγηματικά πλαίσια των παιδιών, απαιτώντας τη ριζική αναδιοργάνωσή τους (Vosniadou, 1994, 2003). Από ό,τι έχουν δείξει οι μέχρι τώρα έρευνες, η αναδιοργάνωση αυτή είναι μια αργή διαδικασία, κατά την οποία τα αρχικά, αφελή επεξηγηματικά πλαίσια αλλάζουν βαθμιαία, δημιουργώντας στην πορεία παρανοήσεις, πολλές από τις οποίες είναι «συνθετικά μοντέλα». Τα συνθετικά μοντέλα προκύπτουν διότι τα παιδιά, μη έχοντας επίγνωση της διαφορετικότητας των επιστημονικών εξηγήσεων από τις δικές τους αφελείς εξηγήσεις, ενσωματώνουν τις επιστημονικές ιδέες στα αρχικά επεξηγηματικά τους πλαίσια. Πρόθεσή μας στην παρούσα εργασία είναι να διερευνήσουμε με τη βοήθεια του παραπάνω θεωρητικού πλαισίου το πώς σχηματίζονται οι αρχικές αντιλήψεις για το νερό ως διαλύτη και πώς αυτές αναδιοργανώνονται καθώς οι μαθητές μεγαλώνουν.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές δεν κατανοούν σωστά όσα διδάσκονται για την ύλη και τις μεταβολές της και έχουν παρανοήσεις π.χ. για τη φυσική μεταβολή γενικά και τις τρεις καταστάσεις της ύλης καθώς και τη διάλυση (Johnson, 1998; Valanides, 2000). Συγκεκριμένα στη διάλυση, φαινόμενο οικείο από την καθημερινή ζωή και συγχρόνως βασική γνώση για το μάθημα της χημείας, έχει βρεθεί ότι ορισμένοι μαθητές απαντούν ότι η προς διάλυση ουσία εξαφανίζεται ή λιώνει (Lee et al., 1993, Valanides, 2000) ή δεν διατηρείται η μάζα της (Stavy, 1995). Η διάλυση συνοδεύεται με πλήθος παρανοήσεων στο σωματιδιακό επίπεδο, π.χ. τα σωματίδια της ύλης γίνονται ελαφρύτερα (Johnson, 1998), και με απουσία αναφορών στα σωματίδια της ύλης (Slone and Borhurst, 1992). Η κατανόηση της διάλυσης με τη βοήθεια σωματιδίων φέρνει σε μεγάλη δοκιμασία τους μαθητές γιατί απαιτεί να φανταστούν την ύλη σε κλίμακα διαφορετική από εκείνη που υπαγορεύεται από τις καθημερινές εμπειρίες και μεταξύ άλλων παραβιάζει μεταφυσικές πεποιθήσεις, όπως ότι δεν υπάρχει κενό. Η καθημερινή εμπειρία η οποία υπαγορεύει ότι η ύλη είναι συνεχής φαίνεται ότι είναι βαθιά εμπεδωμένη και δεν συμβιβάζεται εύκολα με τις επιστημονικές εξηγήσεις για τις οντότητες του μικρόκοσμου (Lee et al., 1993).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών για το νερό ως διαλύτη καθώς και πώς εξελίσσονται κατά την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η επιλογή της μελέτης του νερού ως διαλύτη, του πλέον κοινού διαλύτη, έχει σημαντικές παιδαγωγικές επιπτώσεις γιατί συνιστά ένα σημαντικό βήμα για τον εντοπισμό των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές για την κατανόηση των υδατικών διαλυμάτων και του φαινόμενου της διάλυσης αλλά και συνολικότερα για την αποτελεσματική έκβαση της διδασκαλίας της χημείας λόγω του ότι πολλά θέματα της διδακτέας ύλης απαιτούν προαπαιτούμενα την κατανόησή τους. Χαρακτηριστικά σημειώνουμε ότι πολλά από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα (Fensham & Hunwick, 1986) συνδέονται με το νερό και η έννοια του νερού ως διαλύτη είναι απαραίτητη για την κατανόησή τους.

Τα προηγούμενα βιβλιογραφικά δεδομένα προσφέρουν σημαντικά στοιχεία για τις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάλυση, ωστόσο οι σχετικές εργασίες είναι κυρίως προσανατολισμένες στη διερεύνηση παρανοήσεων παρά στις εξηγήσεις των μαθητών. Για την αποτελεσματική διδασκαλία της χημείας πρέπει να έχουμε μια συνολική και σαφή εικόνα του πώς μαθαίνουν οι μαθητές. Συχνά οι μαθητές αναπαράγουν επιφανειακά τις πληροφορίες που διδάσκονται χωρίς να κατανοούν σε βάθος και να αναπτύσσουν κριτική σκέψη. Κεντρικό πρόβλημα για την εννοιολογική ανάπτυξη και τη διαδικασία της μάθησης αποτελεί η αναζήτηση των αιτίων των δυσκολιών των μαθητών και των παρανοήσεων που εμφανίζουν κατά την πορεία της μάθησης (Novak, 1987). Οι έρευνες στα θέματα αυτά, πέρα από το θεωρητικό ενδιαφέρον

που παρουσιάζουν, έχουν μεγάλη αξία για τη βελτίωση της διδασκαλίας. Προς την κατεύθυνση αυτή κινείται η παρούσα έρευνα.

Μέθοδος

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 80 μαθητές της δ΄ τάξης και της στ΄ τάξης του δημοτικού, της γ' γυμνασίου και της γ' λυκείου (20 ανά τάξη) των αντίστοιχων σχολείων μιας πόλης της Ανατολικής Αττικής (Νέα Μάκρη). Οι μαθητές, σε ιδιαίτερο χώρο του σχολείου, έδωσαν ατομικές συνεντεύξεις και οι απαντήσεις τους μαγνητοφωνήθηκαν. Οι συνεντεύξεις απομαγνητοφωνήθηκαν λέξη προς λέξη και συμπληρώθηκαν από τις ιδιόχειρες σημειώσεις που είχαμε κρατήσει για κάθε μαθητή.

Θέσαμε στους μαθητές συνολικά 20 ερωτήσεις οι οποίες απαιτούσαν μια προφορική απάντηση ή ένα σχέδιο, ενώ επιδεικνύαμε ουσίες κυρίως της καθημερινής ζωής και απλά πειράματα με σκοπό να διερευνήσουμε την έννοια του νερού ως διαλύτη. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι τέσσερις ερωτήσεις (Πίνακας 1) από τις 20 ερωτήσεις με τις οποίες στοχεύαμε να ελέγξουμε τις εξηγήσεις των μαθητών για το εύρος της διαλυτικής ικανότητας του νερού και γιατί δεν διαλύει ορισμένες ουσίες. Οι ερωτήσεις που αφορούσαν στο ρόλο του νερού ως διαλύτη ευδιάλυτης ουσίας και τη διάλυση του αλατιού τις έχουμε παρουσιάσει σε προηγούμενη εργασία (Κουκά, Βοσνιάδου & Τσαπαρλής, 2009). Οι υπόλοιπες ερωτήσεις της συνολικής έρευνας θα παρουσιαστούν σε μελλοντική εργασία.

Συγκεκριμένα, ρωτήσαμε τους μαθητές αν το νερό διαλύει όλες τις ουσίες (Ερώτηση 1). Σε περίπτωση θετικής απάντησης, ρωτήσαμε αν διαλύει τα πολύ γνωστά από την καθημερινή ζωή αδιάλυτα σώματα λάδι και λίπος (Ερώτηση 2α). Σε περίπτωση αρνητικής απάντησης ζητήσαμε παραδείγματα αδιάλυτων ουσιών (Ερώτηση 2β) και γιατί το νερό δεν διαλύει τις δυσδιάλυτες ουσίες (Ερώτηση 3). Τέλος, ρωτήσαμε γιατί χρησιμοποιούμε νερό όταν πλένουμε τα χέρια μας για να ελέγξουμε κατά πόσο κατανοούν το πλύσιμο ως διαδικασία διάλυσης και ότι το νερό ως διαλύτη ή όχι (Ερώτηση 4).

Αποτελέσματα

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία της Βοσνιάδου (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994, Vosniadou, 2003), αναλύσαμε τις απαντήσεις των μαθητών δύο φορές. Αρχικά στο επίπεδο των ερωτήσεων (Αποτελέσματα- Μέρος Α) και στη συνέχεια συνολικά στο σύνολο των ερωτήσεων (Αποτελέσματα – Μέρος Β). Η ανάλυση στο επίπεδο των ερωτήσεων οδήγησε στον εντοπισμό διαφορετικών τύπων απαντήσεων ανά ερώτηση και στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τις επιμέρους γνώσεις των μαθητών. Ωστόσο αυτά τα συμπεράσματα είναι μερικά και αποσπασματικά. Για να σχηματίσουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις αντιλήψεις των μαθητών για τη διαλυτική ικανότητα του νερού χρειάζεται να ελέγξουμε συνολικά τις απαντήσεις τους, ανάλυση που γίνεται στο Μέρος Β των αποτελεσμάτων.

Αποτελέσματα - Μέρος Α

Στην Ερώτηση 1 (Πίνακας 1) ρωτήσαμε τους μαθητές αν το νερό διαλύει όλες τις ουσίες, όπως το αλάτι του οποίου τη διάλυση είχαν παρακολουθήσει σε προηγούμενη φάση της έρευνας (Κουκά, Βοσνιάδου, & Τσαπαρλής, 2009). Η πλειονότητα όλων των μαθητών απάντησε ότι το νερό δεν διαλύει όλες τις ουσίες. Λίγοι μαθητές, κυρίως της δ΄ δημοτικού σε ποσοστό 15%, ένας μαθητής του γυμνασίου και ένας μαθητής του λυκείου, απάντησαν ότι το νερό διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι. Λίγοι μαθητές, κυρίως από τη δ΄ δημοτικού σε ποσοστό 15% και ένας μαθητής της

Πίνακας 1 Συχνότητες (%) ανά τάξη των Τύπων Απάντησης στις Ερωτήσεις 1-4 [&]

Ερωτήσεις	*Τύποι Απαντήσεων*	*Τάξη Δ'Δημ N=20*	*Τάξη ΣΤ'Δημ N=20*	*Τάξη Γ'Γυμν N=20*	*Τάξη Γ'Λυκ N=20*
1. Το νερό διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι;	1. Ναι (0)*	3 (15%)	0	1 (5%)	1 (5%)
	2. Ίσως ναι/ Το ζεστό νερό ναι/Όλες αλλά υπάρχουν και μερικές που δεν διαλύει (0)*	3 (15%)	1 (5%)	0	0
	3. Όχι όλες/ Μερικές/Τις περισσότερες/ Νομίζω όχι (2)*	14 (70%)	19 (95%)	19 (95%)	19 (95%)
	4. Δεν ξέρω	1 (5%)	0	0	0
2. α) Πες μας ουσίες που δεν διαλύει. το νερό.	1. Το νερό διαλύει όλες τις ουσίες (0)*	3 (15%)	0	1 (5%)	1 (5%)
	2. Ναι το ζεστό νερό διαλύει όλες τις ουσίες (0)*	3 (15%)	1 (5%)	0	0
	3. Το νερό δεν διαλύει το λάδι κ το λίπος (2)*	7 (35%)	8 (40%)	11 (55%)	8 (40%)
β) Διαλύει το λάδι κ το λίπος;	4. Το νερό δεν διαλύει τα υγρά σώματα (1)*	2 (10%)	4 (20%)	5 (20%)	2 (10%)
	5. Το νερό δεν διαλύει τα στερεά (σε σκόνη ή συμπαγή (1)*	7 (35%)	16 (80%)	5 (20%)	9 (45%)
	6. Το νερό δεν διαλύει τον άνθρακα ή γενικά τα μέταλλα ή ειδικά το σίδηρο ή τον υδράργυρο, (2)*	0	0	2 (10%)	7 (35%)
3. Γιατί το νερό δεν διαλύει το.. ; (παράδειγμα του παιδιού)	1. Γιατί είναι σα νερό (0)*	2 (10%)	1 (5%)	1 (5%)	0
	2. Γιατί προέρχεται από το στάρι ή τα ζώα (0)*	1 (5%)	1 (5%)	0	0
	3. Γιατί δεν λιώνει/ ανακατεύεται με το νερό, μένει στην επιφάνεια / στον πυθμένα (1)*	3 (15%)	5 (25%)	1 (5%)	0
	4. Γιατί είναι μικρό / έχει μικρό βάρος ή ογκώδες (1)*	0	3 (15%)	1 (5%)	0
	5. Γιατί είναι σκληρό (1)*	0	1 (5%)	0	1 (5%)
	6. Γιατί είναι παχύ/ πηχτό/ πυκνό/ συμπυκνωμένο/ χοντρό (1)*	3 (15%)	4 (20%)	1 (5%)	1 (5%)
	7. Γιατί έχει ουσίες/ συστατικά/ στοιχεία που δεν διαλύονται στο νερό (1)*	2 (10%)	4 (20%)	7 (35%)	5 (25%)
	8. Γιατί είναι υγρό ή στερεό (1)*	2 (10%)	4 (20%)	0	1 (5%)
	9. Γιατί έχει μικρή/ διαφορετική πυκνότητα ή ειδικό βάρος (1)*	0	0	1 (5%)	3 (15%)
	10. Γιατί είναι αδρανές (1)*	0	0	0	1 (5%)
	11. Γιατί δεν αντιδρά, δεν ενώνεται το νερό μαζί του (1)*	0	0	0	4 (20%)
	12. Τα μόρια του σώματος συνδέονται ισχυρά κ τα μόρια του νερού δεν μπορούν να τα διασπάσουν(2)*	0	0	1 (5%)	3 (15%)
	13. Δεν ξέρω γιατί	3 (15%)	1 (5%)	3 (15%)	0
4. Γιατί είναι απαραίτητο το νερό για να πλύνουμε τα χέρια μας;	1. Γιατί είναι καθαρό κ καθαρίζει τα χέρια μας/ βγάζει τις βρωμιές/ κ δεν κολλάει στα χέρια μας/ βγάζει το σαπούνι. Γιατί δεν είναι λιπαρό. (0)*	20 (100%)	20 (100%)	14 (70%)	13 (65%)
	2. Γιατί είναι διαλύτης κ διαλύει τις ουσίες/ τις βρωμιές(2)*	0	0	6 (30%)	7 (35%)

[&] Η βαθμολόγηση (2)* δείχνει γενικά συμφωνία με τις σωστές απαντήσεις που περιμέναμε να πάρουμε. Η (1)* δείχνει εναλλακτικές απαντήσεις και η (0)* δείχνει απαντήσεις σύμφωνες με διαισθητικές ιδέες.

στ΄ δημοτικού, απάντησαν ότι το νερό διαλύει όλες τις ουσίες αλλά υπάρχουν και μερικές εξαιρέσεις στη διαλυτική ικανότητα του νερού.

Στην Ερώτηση 2, τα περισσότερο δημοφιλή παραδείγματα αδιάλυτων ουσιών όλων των μαθητών ήταν σώματα της καθημερινής ζωής στερεά συμπαγή ή σε σκόνη (σε ποσοστά 35% και 80% για τους μαθητές της δ΄ και της στ΄ δημοτικού, 20% και 45% για τους μαθητές γυμνασίου και λυκείου αντίστοιχα) όπως και το λάδι και το λίπος (σε ποσοστά 35%, 40%,

55% και 40% για τους μαθητές της δ΄και της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και λυκείου αντίστοιχα). Μερικοί μαθητές γυμνασίου και λυκείου (10% και 35% αντίστοιχα) ανέφεραν ουσίες γνωστές και από τα σχολικά βιβλία της χημείας.

Στην Ερώτηση 3, η πλειονότητα των μαθητών χρησιμοποιώντας καθημερινές εκφράσεις υπέδειξε ένα ή περισσότερα άμεσα αντιπροσωπευτικά γνωρίσματα της ουσίας ως αιτία μη διάλυσης. Λίγοι από τους μικρότερους μαθητές έδωσαν ιδιότυπες αιτιολογήσεις, όπως ότι η ουσία δεν διαλύεται γιατί η ίδια «*είναι σα νερό*» (σε ποσοστά 10% οι μαθητές της δ΄ δημοτικού, 5% οι μαθητές της στ΄ δημοτικού, 5% οι μαθητές του γυμνασίου) ή γιατί η προέλευσή της είναι από το στάρι, στην περίπτωση του αλευριού, ή από τα ζώα, στην περίπτωση του λίπους (σε ποσοστό 5% τόσο για τη δ΄ όσο και τη στ΄ δημοτικού). Επίσης το 15%, 25% και 5% της δ΄ δημοτικού, στ΄ δημοτικού και γυμνασίου πρόβαλαν ως αιτία μη διάλυσης την παρατήρηση-ταυτολογία ότι η ουσία δεν ανακατεύεται με το νερό ή ότι πέφτει στον πυθμένα ή μένει στην επιφάνεια του νερού. Η πιο δημοφιλής αιτία μη διάλυσης ήταν το ότι η ίδια η ουσία περιέχει συστατικά/ουσίες που δεν διαλύονται το νερό, εξήγηση που έδωσαν το 10%, το 20%, το 35%, το 20% των μαθητών της δ δημοτικού, της στ΄ δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου αντίστοιχα. Λίγοι από τους μεγαλύτερους μαθητές πρόβαλαν διαφορετικό κριτήριο για τη μη διάλυση μιας ουσίας. Αντίθετα με την πλειονότητα των μαθητών που εστιάστηκαν στην προς διάλυση ουσία και σε κάποιο αντιπροσωπευτικό άμεσο χαρακτηριστικό της, 4 μαθητές λυκείου έλαβαν υπόψη τους και τους δυο παράγοντες της διάλυσης, διαλύτη και διαλυμένη ουσία, απάντησαν ωστόσο ότι δεν διαλύονται οι ουσίες που «*δεν αντιδρούν*» με το νερό. Τελικά, 1 μαθητής γυμνασίου και 3 μαθητές λυκείου χρησιμοποίησαν τις δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα μόρια της προς διάλυση ουσίας και του διαλύτη για να αιτιολογήσουν τη μη διάλυση.

Στην Ερ. 4, όλοι οι μαθητές του δημοτικού, 70% των μαθητών του γυμνασίου και 65% των μαθητών του λυκείου απάντησαν ότι το νερό καθαρίζει τα χέρια μας επειδή το ίδιο είναι καθαρό ή επειδή βγάζει τις βρωμιές και το σαπούνι, εμμένοντας δηλαδή στις πρόχειρες παρατηρήσεις της καθημερινής ζωής. Λίγοι μαθητές γυμνασίου (30%) και λίγοι μαθητές λυκείου (35%) είχαν μόνο κατανοήσει το ρόλο του νερού και απάντησαν ότι χρησιμοποιούμε το νερό γιατί είναι διαλύτης (άμεσος στην περίπτωση ευδιάλυτων στο νερό ουσιών, έμμεσος – μέσω του σαπουνιού - στην περίπτωση δυσδιάλυτων στο νερό ουσιών).

Οι απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις χαρακτηρίστηκαν με 2 όταν ήσαν σύμφωνες με την ορθή εξήγηση της διάλυσης ότι τα σωματίδια της προς διάλυση ουσίας αναμειγνύονται με τα μόρια του νερού και σχηματίζεται ένα ομογενές μείγμα ή ότι η ουσία αναμειγνύεται με το νερό σε μοριακό (ή σωματιδιακό) επίπεδο. Οι απαντήσεις χαρακτηρίστηκαν με 1 όταν ο μαθητής έδινε εναλλακτικές εξηγήσεις όπως χαρακτηριστικά των ουσιών ή μακροσκοπικές μεταβολές που συνεβαίνανε κατά τη διάλυση και με 0 για ιδιότυπες απαντήσεις και διαισθητικές εξηγήσεις.

Αποτελέσματα – Μέρος Β': Ανάλυση στο σύνολο των ερωτήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν πάλι, αυτή τη φορά στο σύνολο των ερωτήσεων. Οι συνολικές απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν με κριτήρια το αν διαλύονται στο νερό όλες οι ουσίες όπως το αλάτι ή όχι και ποια η αιτία της διάλυσης όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Η κατανομή των μαθητών στις κατηγορίες απαντήσεων δίδεται στον Πίνακα 3.

Παρατηρούμε (Πίνακας 3) ότι λίγοι κυρίως από τους μικρότερους μαθητές (Κατηγορία Απαντήσεων: *Νερό/Πανδιαλύτης*) απάντησαν ότι το νερό διαλύει ανεξαιρέτως όλες τις ουσίες, όπως το αλάτι, και αρκεί η παρουσία του νερού για να διαλυθεί μια ουσία. Φαίνεται δηλαδή να πιστεύουν ότι το νερό είναι ένα είδος πανδιαλύτη και ότι η αιτία της διάλυσης είναι το ίδιο το νερό και η εγγενής ικανότητά του να διαλύει.

Η πλειονότητα όλων των μαθητών (Κατηγορίες Απαντήσεων: *Νερό/Παθητικός παράγοντας*, *Νερό/Ισότιμος παράγοντας*, *Νερό/Διαλύτης*) απάντησαν ότι το νερό διαλύει ορισμένες ουσίες και άλλες ουσίες δεν διαλύει. Οι περισσότεροι μαθητές (Κατηγορία Απαντήσεων:

Νερό/Παθητικός παράγοντας) απαντούν ότι η αιτία της μη διάλυσης μιας ουσίας είναι η ίδια η ουσία και ορισμένα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα, και θεωρούν ότι το νερό απλά εμπεριέχει την ουσία. Τέσσερις μαθητές λυκείου (Κατηγορία Απαντήσεων: *Νερό/Ισότιμος παράγοντας*) απέδωσαν την αιτία της διάλυσης στη σχέση του νερού με την ουσία και θεώρησαν το νερό και την προς διάλυση ουσία ως ισότιμους παράγοντες της διάλυσης. Τέσσερις επίσης μαθητές, 1 μαθητής γυμνασίου και 3 μαθητές λυκείου (Κατηγορία Απαντήσεων: *Νερό/Διαλύτης*) αναζήτησαν στην αλληλεπίδραση των σωματιδίων νερού - ουσίας και στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους την αιτία της διάλυσης και αναγνώρισαν τον ενεργητικό ρόλο του νερού στη διάλυση.

Πίνακας 2 Κριτήρια για την κατηγοριοποίηση στις κατηγορίες απαντήσεων

Κατηγορίες Απαντήσεων	*Ερωτήσεις 1-4*
Νερό/ Πανδιαλύτης	Απαντήσεις στις οποίες δηλώνεται ότι το νερό διαλύει όλες τις ουσίες. Απαντήσεις με χαρακτηρισμό 0.
2. Νερό/ Παθητικός παράγοντας	Απαντήσεις στις οποίες δηλώνεται ότι το νερό διαλύει ορισμένες ουσίες και η αιτία είναι ένα άμεσα παρατηρούμενο χαρακτηριστικό της ουσίας. Απαντήσεις με χαρακτηρισμό 0 ή 1.
3. Νερό/ Ισότιμος παράγοντας	Απαντήσεις στις οποίες δηλώνεται ότι το νερό διαλύει μόνο εκείνες τις ουσίες με τις οποίες αντιδρά. Απαντήσεις με χαρακτηρισμό 1 ή 2.
4. Νερό/ Διαλύτης	Απαντήσεις στις οποίες δηλώνεται ότι το νερό διαλύει ορισμένες ουσίες εξ αιτίας των δυνάμεων μεταξύ των μορίων του νερού και της ουσίας. Απαντήσεις με χαρακτηρισμό 2.

Πίνακας 3 Συχνότητες (%)ανά τάξη των μαθητών στις κατηγορίες απαντήσεων στο σύνολο των ερωτήσεων

	Ερωτήσεις 1-4			
Κατηγορίες Απαντήσεων	Δ' Δημ	Στ' Δημ	Γ' Γυμν	Γ' Λυκ
Νερό/ Πανδιαλύτης	3 (15%)	0	1 (5%)	1 (5%)
Νερό/ Παθητικός παράγοντας	13 (65%)	16 (80%)	18 (90%)	12 (60%)
Νερό/ Ισότιμος παράγοντας	0	0	0	4 (20%)
Νερό/ Διαλύτης	0	0	1 (5%)	3 (15%)
Δεν ξέρω	4 (20%)	4 (20%)	0	0

Το πιο εντυπωσιακό συμπέρασμα στο οποίο, κατά τη γνώμη μας, μπορεί κανείς να οδηγηθεί από τα αποτελέσματα είναι το ότι συνολικά οι μαθητές έχουν πολύ λίγο κατανοήσει τη διάλυση με όρους φυσικής μεταβολής και οι χημικές τους γνώσεις είναι πολύ περιορισμένες. Πολλοί λίγοι καθηγητές θα έμεναν ικανοποιημένοι από την προηγούμενη επίδοση των μαθητών, ενώ οι περισσότεροι θα συμφωνούσαν ότι δεν είναι δύσκολη η κατανόηση του οικείου από την καθημερινή ζωή αυτού φαινόμενου.

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Vosniadou (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994 όπως και Vosniadou, 2003). Από τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές γνωρίζουν από νωρίς ότι το νερό δεν διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι και ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές αναζητούν την αιτία της μη διάλυσης μιας ουσίας στη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ νερού και ουσίας. Σταδιακά όσο αυξάνεται η ηλικία των μαθητών παρατηρείται μια εξέλιξη από την αρχική, αφελή έννοια του νερού/πανδιαλύτη, ο οποίος έχει την ιδιότητα να διαλύει όλες τις ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή, προς την έννοια του νερού διαλύτη και των δυνάμεων σε μοριακό επίπεδο, σχηματίζοντας τις ενδιάμεσες έννοιες του νερού/παθητικού παράγοντα και του νερού/ισότιμου παράγοντα της διάλυσης.

Η έννοια του νερού/πανδιαλύτη που εντοπίσαμε είναι πολύ διαφορετική από την έννοια του νερού ως χημικού διαλύτη και φαίνεται να εμπεριέχει αδιαφοροποίητες τις έννοιες «το νερό διαλύει» και «το νερό δεν διαλύει», μια και το νερό διαλύει όλες τις ουσίες όπως το αλάτι. Στην αρχική αυτή έννοια, η διαλυτική ικανότητα φαίνεται να προσδιορίζεται από τους μαθητές ως μια «εσωτερική» ιδιότητα, μια απόλυτη ιδιότητα που αποδίδεται στο ίδιο το νερό. Η απλοϊκή, συνεχούς ύλης αντίληψη της καθημερινής εμπειρίας και οι παρατηρήσεις για το νερό ως υγρό και αδρανές σώμα όπως γίνεται φαινομενικά αντιληπτό στις καθημερινές δραστηριότητες υποθέτουμε ότι υπαγορεύουν τη διαμόρφωση αυτής της αρχικής έννοιας. Πρόκειται για μια γενικότερη τάση της διαισθητικής σκέψης, σύμφωνα με την οποία τα ίδια τα αντικείμενα έχουν ιδιότητες που εξηγούν τη συμπεριφορά τους (Ιωαννίδης και Βοσνιάδου, 1994).

Στη δημοφιλή Κατηγορία του *Νερού/Παθητικού παράγοντα* της διάλυσης η οποία αποτελεί ένα συνθετικό μοντέλο, οι μαθητές απαντούν ότι το νερό άλλες ουσίες διαλύει και άλλες όχι. Ωστόσο η συνολική επιστημονική εξήγηση της διάλυσης ως μεταβολής τόσο για το διαλύτη όσο για την προς διάλυση ουσία έχει αφομοιωθεί εν μέρει. Η διάλυση εξηγείται από τους μαθητές με όρους αιτιώδους παράγοντα, και η αιτία της μη διάλυσης αποδίδεται στην προς διάλυση ουσία, προσδιορίζεται μάλιστα στο ότι αυτή είναι παχιά, πυκνή, βαριά κλπ. και το νερό αποτελεί τον παθητικό παράγοντα της διάλυσης. Η ιδέα ότι κατά τις μεταβολές η μια ουσία αλλάζει ενώ η άλλη παραμένει αμετάβλητη και αδρανής έχει εντοπιστεί και σε άλλες περιπτώσεις (Driver et al., 1993).

Συνθετικό μοντέλο αποτελεί και η Κατηγορία του *Νερού/Ισότιμου παράγοντα* της διάλυσης. Οι μαθητές αυτής της κατηγορίας επίσης παρερμηνεύουν την εξήγηση της διάλυσης ως φυσικής μεταβολής και απαντούν ότι δεν διαλύονται οι ουσίες οι οποίες δεν «*αντιδρούν*» με το νερό. Η αιτία της διάλυσης αναζητάται ωστόσο στη σχέση του νερού με την προς διάλυση ουσία, και οι λίγοι μαθητές της Κατηγορίας του *Νερού/Ισότιμου παράγοντα* αποδίδουν συμμετρικούς ρόλους στο νερό και στην προς διάλυση ουσία. Από τη σκοπιά της διάλυσης ως σχέσης αλληλεπίδρασης το να λάβουν υπόψη τους οι μαθητές το διαλύτη όπως και την προς διάλυση ουσία είναι σημαντικό επειδή αποτελεί την αφετηρία στο να αντιληφθούν ότι το καθοριστικό για τη διάλυση μιας ουσίας είναι η σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ αυτής και του διαλύτη και ως εκ τούτου αντιπροσωπεύει μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη διάλυση.

Τελικά, η έννοια του νερού ως διαλύτη έγινε κατανοητή στην Κατηγορία του *Νερού/ Διαλύτη* όταν η αιτία της μη διάλυσης αναζητήθηκε στη σχέση του νερού με τη διαλυμένη ουσία σε μοριακό επίπεδο και στις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων. Ο ενεργητικός ρόλος του νερού και η σχέση αλληλεπίδρασης προϋποθέτουν την έννοια του νερού ως χημική ένωση καθώς και τη δυναμική θεώρηση της ύλης και το ομολογουμένως εννοιολογικά πολύπλοκο σωματιδιακό μοντέλο.

Ωστόσο, η συνολική επίδοση των μαθητών είναι ελάχιστα ικανοποιητική με δεδομένο ότι στο σχολείο επιδιώκουμε να αναπτύξουμε κριτική σκέψη και βαθιά κατανόηση όσων διδάσκουμε. Πραγματικά η ιδέα του νερού ως υγρού και αδρανούς σώματος παρεμποδίζει τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων για την πλειονότητα των μαθητών. Όπως έγινε φανερό από τα αποτελέσματα της έρευνας, οι αρχικές εξηγήσεις των μαθητών επιμένουν και η εμπειρία της συνεχούς και στατικής ύλης είναι βαθιά εμπεδωμένη. Η μάθηση των χημικών εννοιών είναι μια πολύπλοκη διαδικασία (Staver, 2007) που επιτυγχάνεται με την εποικοδομητική συμμετοχή των μαθητών και περιλαμβάνει διαφορετικά επίπεδα επιδόσεων από την απλή αναπαραγωγή έως το προηγμένο επίπεδο της πλήρους κατανόησης των όσων διδάσκονται. Η μετάβαση από το χαμηλό επίπεδο δεξιοτήτων της επιφανειακής κατανόησης, στο ανώτερο επίπεδο της κριτικής σκέψης, όπως φαίνεται είναι μια μακριά πορεία που περνά μέσα από συνθετικά μοντέλα ή παρανοήσεις. Πρέπει να τονιστεί η αναγκαιότητα της συστηματικής διδασκαλίας της διάλυσης και η ένταξή της στο αναλυτικό πρόγραμμα. Οι εκπαιδευτικοί με

αφετηρία την προϋπάρχουσα γνώση πρέπει να οδηγούν τους μαθητές σε βελτίωση της κατανόησης σταδιακά μέσα από δυσκολότερα θέματα της αλληλεπίδρασης των ουσιών και τις εννοιολογικά περίπλοκες «μη προφανείς» εξηγήσεις της σωματιδιακής μορφής της ύλης όσο αυξάνεται η εμπειρία τους.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ιωαννίδης, Χ. και Βοσνιάδου, Σ. (1994). Νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την έννοια της δύναμης. Στο Κουλαϊδής (Επιμ). Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου. Εκδόσεις Gutemberg, Αθήνα.

Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ., & Τσαπαρλής, Γ. (2009). Οι δυσκολίες των μαθητών να κατανοήσουν τη διάλυση αλατιού σε νερό. Πρακτικά 6ο Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σσ. 420-428. Φλώρινα

Driver, R., Guesne, E. and Tibergien, A.(1993). Οι ιδέες των παιδιών και η μάθηση των φυσικών επιστημών. Στο Driver, R., Guesne, E. and Tibergien, A.(Eds). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες. Τροχαλία, Αθήνα.

Fensham, P. (1993). Students' alternative conceptions in Chemistry. Research implication for beginning to teach Chemistry. *Bulletin du CIFEC, 1, 13-20*

Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education, 20, 393-412*

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.*

Novak, J. D. (Ed.) (1987). Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol. I-III. Cornel University, Department of Education, Ithaca, NY.

Slone, M. and Borhurst, F.D. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Education, 14, 221-235.*

Staver, J. (2007). Teaching science. Unesco, International Academy of Education. Educational Practices Series – 17.

Stavy, R. (1995). Conceptual development of basic ideas in chemistry. In S. Glynn and R. Duit (Eds.), Learning science in the schools: Research reforming practice, 131-154. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.

Valanides, N. (2000). Primary students teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education:Research and Practice in Europe, 1,* 249-262

Vosniadou, S. (2003). Exploring the Relationships between conceptual change and international learning. In G. M. Sinatra and P.R. Pintrich (Eds). Intentional Conceptual Change. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). Mental models of earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Pshchology, 24, 535-585*.

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1994). Mental models of the day- Night cycle. *Cognitive Science, 18, 123 - 183.*

Ο ρόλος της Χημείας στη διδασκαλία θεμάτων Βιοχημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Γιώτα Μαρμαρωτή, Ντία Γαλανοπούλου
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, giotamarmaroti@hotmail.com
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, galanopoulou@.chem.uoa.gr

Περίληψη
Η Βιοχημεία είναι ένα αντικείμενο δύσκολο τόσο για τους μαθητές όσο και για τους καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Οι σχετικές παρανοήσεις δημιουργούνται κατά τη διδασκαλία, κυρίως λόγω της έλλειψης προαπαιτούμενης γνώσης. Η παρούσα εργασία μελετά τη σχέση της κατανόησης του Μεταβολισμού, ενός θέματος Βιοχημείας που διδάσκεται στο πλαίσιο των μαθημάτων Βιολογίας, με την κατανόηση χημικών εννοιών. Πραγματοποιήθηκε με τη διακίνηση δυο ερωτηματολογίων κλειστού τύπου σε 400 μαθητές της Β' Λυκείου. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα από τη μελέτη αυτή είναι ότι οι μαθητές της Β' Λυκείου α) δεν κατανοούν τις έννοιες του Μεταβολισμού με χημικούς όρους και β) έχουν προβλήματα κατανόησης και παρανοήσεις τόσο σε βασικές όσο και σε προαπαιτούμενες για το Μεταβολισμό χημικές έννοιες. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έδειξε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης του Μεταβολισμού και της Χημείας και αυτό αφορά τόσο τις βασικές όσο και τις προαπαιτούμενες έννοιες.

Abstract
Biochemistry is one of the difficult subjects in Secondary Education. The corresponding misconceptions are created during teaching mainly because of lack of prerequisite knowledge. The purpose of this study was to investigate the relationship between the understanding of Metabolism, which is taught in the frame of Biology courses, and the understanding of chemical concepts. For this, we administrated two questionnaires, both close-ended, to 400 students of the second class of Lyceum. Main findings of the study are: a) students do not understand the concepts of Metabolism in chemical terms. b) They have misconceptions concerning the basic chemical concepts as well as the chemical concepts needed for the teaching of Metabolism. Statistical analysis revealed a positive correlation between the understanding of Metabolism and the chemical concepts, both basic and prerequisite ones.

Εισαγωγή

Η Βιοχημεία περιγράφει τα χαρακτηριστικά των βιομορίων και τις αντιδράσεις στις οποίες αυτά συμμετέχουν (δηλαδή τους μετασχηματισμούς τους) σε ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς. Μελετά ακόμη πώς οι μετασχηματισμοί αυτοί αλλά και οι αλληλεπιδράσεις των βιομορίων καθορίζουν τις λειτουργίες των οργανισμών. Τα θέματα Βιοχημείας αποτελούν αντικείμενο δύσκολο τόσο για τους μαθητές όσο και για τους καθηγητές που τα διδάσκουν, ανάμεσα δε στα θέματα Βιοχημείας που δυσκολεύουν ιδιαίτερα τους μαθητές σημαντική θέση κατέχουν οι έννοιες που συνδέονται με το Μεταβολισμό (Johnstone & Mahmoud 1980, Gayford 1986, Wood 1990, Lazarowitz & Penso 1992, Lazarowitz & Lieb 2006). Οι έννοιες, ωστόσο, αυτές είναι σημαντικές για την επίτευξη του στόχου του επιστημονικού και τεχνολογικού αλφαβητισμού και γι' αυτό η διδασκαλία τους δεν είναι δυνατό να αποκλεισθεί από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (AAAS 1993, Dillon 2009).

Τα θέματα Βιοχημείας στην ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση διδάσκονται στο πλαίσιο των μαθημάτων Βιολογίας. Όπως και στις υπόλοιπες Φυσικές Επιστήμες, έτσι και στη Βιολογία, η έρευνα της Διδακτικής έχει αναδείξει το γεγονός ότι οι μαθητές εμφανίζουν προβλήματα κατανόησης που οφείλονται στο ότι έχουν διαμορφώσει για τα φυσικά φαινόμενα διαισθητικές αντιλήψεις πριν τα διδαχθούν, αλλά και στο ότι, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, δημιουργούνται εναλλακτικές ιδέες (παρανοήσεις) επειδή οι μαθητές αντιλαμβάνονται λανθασμένα ή ελλιπώς το αντικείμενο της διδασκαλίας και σχηματίζουν δικά τους μοντέλα (Osborne & Freyberg 1985, Wandersee, Mintzes & Novak 1994). Ειδικά οι παρανοήσεις στις έννοιες της Βιολογίας δημιουργούνται κυρίως κατά τη διδασκαλία λόγω της έλλειψης προαπαιτούμενης γνώσης, αλλά και από λάθη και παρανοήσεις των ίδιων των καθηγητών (Lazarowitz & Penso 1992, Sanders 1993, Johnson & Lawson 1998). Επίσης, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη γλώσσα, αφού οι μαθητές χρειάζεται να χειριστούν ένα ευρύ λεξιλόγιο νέων όρων με το οποίο συνήθως δεν έχουν το χρόνο να εξοικειωθούν (Adams & Griffard 2001). Τέλος, η δυσκολία των μαθητών να προσεγγίσουν τα επιστημονικά μοντέλα στη Βιολογία συνδέεται και με το γεγονός ότι τα μοντέλα που έχουν αναπτύξει για το χημικό ή φυσικό κόσμο απέχουν από τα επιστημονικά (Modell, Joel & Wenderoth 2005).

Άλλες μελέτες έχουν αναδείξει την αντίληψη που έχουν οι μαθητές για τη σχέση Βιολογίας-Χημείας ως πηγή προβλημάτων. Για παράδειγμα, οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από χημικά στοιχεία, θεωρώντας ότι τα μόρια υπάρχουν στα σώματα που εξετάζει η Φυσική και η Χημεία, ενώ οι ενώσεις που μελετώνται στο πλαίσιο του μαθήματος της Βιολογίας αποτελούνται από κύτταρα (Arnold 1983). Ο Burns (1995) τονίζει ότι τα μόρια βρίσκονται στο κέντρο της Βιολογίας, αλλά παρ' όλα αυτά είναι πιθανότατα μια από τις πιο τρομακτικές και «ξένες» έννοιες που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές. Σχετικά με το Μεταβολισμό, αν και οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η τροφή είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ζωής, δεν αναφέρονται στο ρόλο της στο Μεταβολισμό, ούτε αντιλαμβάνονται ότι είναι η πηγή των μορίων που χρησιμοποιούν οι οργανισμοί για την ανάπτυξή τους (Driver et al. 1998). Επίσης δεν αναγνωρίζουν ότι η γλυκόζη συμμετέχει στη χημική αντίδραση της Κυτταρικής Αναπνοής, αλλά ούτε και το ρόλο του οξυγόνου στην αντίδραση αυτή (Lazarowitz & Lieb 2006).

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η σχέση της κατανόησης από τους μαθητές της Β' Λυκείου βιοχημικών εννοιών που διδάσκονται στο πλαίσιο της Βιολογίας με την κατανόηση χημικών εννοιών. Οι βιοχημικές έννοιες που επιλέξαμε να μελετήσουμε είναι αυτές του Μεταβολισμού, η διερεύνηση δε αφορά την κατανόησή τους με χημικούς όρους αλλά και τις παρανοήσεις και γενικότερα το επίπεδο κατανόησης (των ίδιων μαθητών) των χημικών εννοιών, τόσο των προαπαιτούμενων για την κατανόηση του Μεταβολισμού (π.χ. χημική αντίδραση), όσο και εννοιών χαρακτηριστικών του χημικού γνωστικού υπόβαθρου των μαθητών όπως είναι η σωματιδιακή φύση της ύλης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Για τη μελέτη της κατανόησης του Μεταβολισμού χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου (Ερωτηματολόγιο Ι) που αφορά και τις τέσσερις διαστάσεις του, όπως τις καθορίζει το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το σχολικό βιβλίο: (α) Ενέργεια-τροφή, (β) Μεταβολισμός σε κυτταρικό επίπεδο, (γ) ΑΤΡ ως ενεργειακό νόμισμα, (δ) Ρόλος των ενζύμων. Το ερωτηματολόγιο αυτό παρουσιάστηκε στο 5^{ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Μαρμαρωτή & Γαλανοπούλου 2007), είναι δε σχεδιασμένο έτσι, ώστε να επιτρέπει την εφαρμογή διασταυρούμενης ανάλυσης για τον έλεγχο της κατανόησης των εννοιών που μελετά. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του, που συνδέεται άμεσα με το στόχο της παρούσας εργασίας, είναι ότι η επιλογή της σωστής απάντησης σε κάποιες ερωτήσεις προϋποθέτει τη μεταφορά χημικών εννοιών σε βιολογικό πλαίσιο. Έτσι η διασταυρούμενη

ανάλυση επιτρέπει να εξεταστεί αν οι μαθητές όχι μόνο έχουν αποκτήσει τη βιολογική γνώση, αλλά χρησιμοποιούν χημική ορολογία για να την εκφράσουν.
Για τη μελέτη της κατανόησης των χημικών εννοιών σχεδιάστηκε ένα επιπλέον ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου (Ερωτηματολόγιο ΙΙ). Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελείται από οκτώ ερωτήσεις, από τις οποίες οι πρώτες πέντε (1-5) αφορούν βασικές χημικές έννοιες, ενώ οι άλλες τρεις (6-8) αφορούν χημικές έννοιες που είναι προαπαιτούμενες για την κατανόηση του Μεταβολισμού. Η ανάλυση παραγόντων έδειξε ότι οι 8 ερωτήσεις ανήκουν σε δυο κλίμακες (Πίνακας 1). Στην κλίμακα 1 ανήκουν οι ερωτήσεις που ελέγχουν το χημικό γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών και ιδίως την κατανόηση της σωματιδιακής θεωρίας και στην κλίμακα 2 αυτές που ελέγχουν την προαπαιτούμενη χημική γνώση. Η ερώτηση 7 ανήκει και στις δυο κλίμακες επειδή αναφέρεται στην προαπαιτούμενη έννοια της χημικής αντίδρασης σε επίπεδο ατόμων και μορίων, ενώ η ερώτηση 2 μετρά και αυτή προαπαιτούμενη χημική γνώση, αυτή των καταστάσεων της ύλης.

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων του Ερωτηματολογίου ΙΙ

Ερώτηση	Χημικές έννοιες	Κλίμακα
1	Βασικές	1
2	Βασικές	2
3, 4	Βασικές	1
5	Βασικές	-
6, 8	Προαπαιτούμενες	2
7	Προαπαιτούμενες	1, 2

Τα δυο ερωτηματολόγια δόθηκαν, μετά και τη διδασκαλία του σχετικού κεφαλαίου της Βιολογία Γενικής Παιδείας της Β' Λυκείου, σε 396 μαθητές 10 Λυκείων του νομού Αττικής. Οι μαθητές αυτοί δήλωσαν επίσης το φύλο, αλλά και την Κατεύθυνση (Θεωρητική, Θετική ή Τεχνολογική) που είχαν επιλέξει.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του Ερωτηματολόγιου Ι (Μαρμαρωτή 2010), εδώ θα παρουσιαστούν μόνο αυτά που αφορούν τη σχέση της κατανόησης του Μεταβολισμού με τη Χημεία. Ενδεικτικά, από τις απαντήσεις στην ερώτηση «Τι γίνεται κατά το Μεταβολισμό;» προέκυψε ότι το 50% των μαθητών δεν επέλεξε τη σωστή απάντηση «Γίνεται τόσο απορρόφηση ή απελευθέρωση ενέργειας όσο και χημική αντίδραση», αλλά απάντησε «Γίνεται χημική αντίδραση» ή «Γίνεται χημική αντίδραση κατά την οποία τα ένζυμα μετατρέπονται σε άλλες ενώσεις». Έτσι, οι μισοί μαθητές της Β' Λυκείου όχι μόνο δεν περιγράφουν σωστά τι γίνεται κατά το Μεταβολισμό, αλλά επίσης δεν αναγνωρίζουν ότι τις αντιδράσεις του Μεταβολισμού συνοδεύουν μεταβολές της ενέργειας. Η διασταυρούμενη με το Ερωτηματολόγιο ΙΙ ανάλυση έδειξε ότι οι περισσότεροι από αυτούς (60%) διαθέτουν την προαπαιτούμενη χημική γνώση, αλλά δεν τη μεταφέρουν σε βιολογικό πλαίσιο. Επιπλέον, από τη διασταυρούμενη ανάλυση εντός του Ερωτηματολογίου Ι φάνηκε ότι: (α) από το 45% των μαθητών που έχει αποκτήσει τη γνώση ότι σε μια αντίδραση καταβολισμού πολύπλοκες ενώσεις μετατρέπονται σε απλούστερες, το 30% δεν απάντησε ταυτόχρονα ότι σε μια αντίδραση καταβολισμού τα προϊόντα είναι πιο απλές ενώσεις από τα αντιδρώντα. Αντίθετα, απάντησε είτε ότι τα αντιδρώντα είναι πιο απλές ενώσεις από τα προϊόντα είτε ότι αντιδρώντα και προϊόντα είναι απλές ανόργανες ενώσεις / πάντοτε πολύπλοκες οργανικές ενώσεις. Δεν μπορούν δηλαδή οι μαθητές αυτοί να χρησιμοποιήσουν σωστά τους όρους

αντιδρώντα και προϊόντα για μια χημική αντίδραση που συναντούν στο πλαίσιο της Βιολογίας. (β) Αν και το 75% των μαθητών έχει αποκτήσει τη γνώση ότι τα ένζυμα αυξάνουν την ταχύτητα των αντιδράσεων του Μεταβολισμού, το 25% δεν απάντησε ταυτόχρονα ότι τα ένζυμα βοηθούν ώστε τα αντιδρώντα μιας ενζυμικής αντίδρασης να γίνουν, ταχύτερα, προϊόντα. Δεν μπορούν δηλαδή να εφαρμόσουν τη γνώση αυτή με όρους χημικής κινητικής, επειδή δεν αντιλαμβάνονται τη σημασία του όρου «ταχύτητα αντίδρασης» σε επίπεδο αντιδρώντων και προϊόντων. Οι μαθητές επομένως δυσκολεύονται να χειριστούν τις ουσίες που συμμετέχουν στις χημικές αντιδράσεις του Μεταβολισμού σε μοριακό επίπεδο, ενώ δεν μεταφέρουν τις χημικές έννοιες σε βιολογικό πλαίσιο με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις έννοιες του Μεταβολισμού με χημικούς όρους. Ένα ακόμα εύρημα από τις απαντήσεις των μαθητών στο Ερωτηματολόγιο Ι, που αφορά τη σχέση μεταξύ Μεταβολισμού και Χημείας, προέκυψε από την ανάλυση διακύμανσης. Έτσι, οι επιδόσεις των μαθητών ανά κατεύθυνση διαφέρουν μεταξύ τους κατά στατιστικά σημαντικό τρόπο, με τους μαθητές της Θετικής κατεύθυνσης να έχουν καλύτερη επίδοση.
Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή, στην παρούσα εργασία μελετήθηκε επίσης το επίπεδο κατανόησης των ίδιων μαθητών σχετικά με χημικές έννοιες, τόσο βασικές (Πίνακας 1, κλίμακα 1) όσο και προαπαιτούμενες για την κατανόηση του Μεταβολισμού (κλίμακα 2).
Στους πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι απαντήσεις των μαθητών σε δυο από τις ερωτήσεις της κλίμακας 1 (ερωτήσεις 1 και 4) του Ερωτηματολογίου ΙΙ.

Πίνακας 2: % κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Στην ερώτηση αν το νερό (H_2O) είναι μίγμα ή χημική ένωση θα απαντούσαμε ότι:» (ερώτηση 1)

Απάντηση	**%**
Το νερό είναι χημική ένωση και αποτελείται από μόρια H_2 και μόρια O_2	51
Το νερό είναι χημική ένωση και αποτελείται από μόρια νερού*	**26**
Το νερό είναι μίγμα, επειδή αποτελείται από τα στοιχεία H_2 και O_2	11
Το νερό είναι μίγμα, επειδή αποτελείται από μόρια H_2 και μόρια O_2	11

***με έντονη γραφή η σωστή απάντηση**

Πίνακας 3: % κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Τι συμβαίνει όταν εξατμίζεται το νερό;» (ερώτηση 4)

Απάντηση	**%**
Σπάνε οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων Η και Ο	35
Το νερό γίνεται υδρατμός, τα μόρια του οποίου είναι ελαφρότερα από τα μόρια του νερού	34
Το νερό γίνεται υδρατμός, τα μόρια του οποίου είναι ίδια με τα μόρια του νερού	**22**
Παράγονται μόρια υδρογόνου (H_2) και οξυγόνου (O_2)	5

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις της κλίμακας 1 φανέρωσαν ότι οι μαθητές της Β' Λυκείου εμφανίζουν πολλά από τα προβλήματα κατανόησης που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και, γενικά, δεν έχουν το χημικό γνωστικό υπόβαθρο που θα στήριζε την κατανόηση των εννοιών του Μεταβολισμού. Έτσι, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2, το 50% των μαθητών, αν και αναγνωρίζει ότι το νερό είναι χημική ένωση δηλαδή ουσία και όχι μίγμα, δεν καταλαβαίνει ότι αποτελείται από μόρια ενός μόνο είδους. Δεν καταλαβαίνει επομένως ότι τα μόρια είναι οντότητες χαρακτηριστικές των ουσιών (Taber 1998). Από τις απαντήσεις του Πίνακα 3 εξάλλου είναι φανερό ότι μόνο το 25% των μαθητών κατανοεί ότι η αλλαγή φυσικής κατάστασης είναι αποτέλεσμα της αλλαγής στην οργάνωση και όχι στη

φύση των μορίων. Αντίθετα, το 35% των μαθητών δεν εφαρμόζει τη σωματιδιακή θεωρία στην ερμηνεία της εξάτμισης, ούτε αντιλαμβάνεται τη διατήρηση της ύλης κατά τη διάρκειά της (Harrison & Treagust 2002). Επίσης, το 35% των μαθητών έχει την παρανόηση ότι κατά την εξάτμιση σπάνε οι ομοιοπολικοί δεσμοί (Tan & Treagust 1999). Τέλος, από τις απαντήσεις των μαθητών στην άλλη ερώτηση της κλίμακας 1, την ερώτηση «Δίνονται οι ουσίες CO_2, $CaCO_3$ και CH_4. Σχετικά με τη δομή των ουσιών αυτών ισχύει ότι:» (ερώτηση 3), βγαίνει το συμπέρασμα ότι το 35% των μαθητών δεν διακρίνει τις οργανικές από τις ανόργανες ενώσεις.
Στους πίνακες 4 και 5 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών σε δυο από τις ερωτήσεις της κλίμακας 2 (ερωτήσεις 6 και 8) του Ερωτηματολογίου ΙΙ.

Πίνακας 4: % κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Τι από τα παρακάτω συμβαίνει πάντα σε μια χημική αντίδραση;» (ερώτηση 6)

Απάντηση	**%**
Δυο ουσίες αντιδρούν μεταξύ τους	39
Οι αρχικές ουσίες μετατρέπονται στις τελικές ουσίες	**38**
Μια αρχική ουσία μετατρέπεται σε άλλες ουσίες	16
Οι αρχικές ουσίες εξαφανίζονται και, ανεξάρτητα από αυτό, εμφανίζονται οι τελικές ουσίες	6

Πίνακας 5: % κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Στην ερώτηση αν η καύση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη θα απαντούσαμε ότι:» (ερώτηση 8)

Απάντηση	**%**
Η καύση είναι εξώθερμη, επειδή ελευθερώνεται ενέργεια	**59**
Η καύση είναι εξώθερμη, επειδή απαιτείται ενέργεια για να πραγματοποιηθεί	16
Η καύση είναι ενδόθερμη, επειδή χρειάζεται θερμότητα για να ξεκινήσει	15
Η καύση είναι ενδόθερμη, επειδή ελευθερώνεται ενέργεια	8

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις της κλίμακας 2 φανέρωσαν ότι αρκετοί από τους μαθητές της Β' Λυκείου δεν διαθέτουν την προαπαιτούμενη χημική γνώση για την κατανόηση του Μεταβολισμού. Έτσι, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4, λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (40%) αντιλαμβάνονται ότι κατά τη χημική αντίδραση οι αρχικές ουσίες μετασχηματίζονται με αποτέλεσμα την παραγωγή των τελικών ουσιών. Αντίθετα, το 40% των μαθητών πιθανότατα προσεγγίζει την έννοια της χημικής αντίδρασης με το αθροιστικό μοντέλο (Ahtee & Varjola 1998, Cokelez, Dumon & Taber 2008). Από τις απαντήσεις του Πίνακα 5 εξάλλου είναι φανερό ότι, αν και το 60% των μαθητών αναγνωρίζει πότε μια αντίδραση είναι εξώθερμη και πότε ενδόθερμη, υπάρχει ένα 25% που δεν διαθέτει τη γνώση αυτή (Boo 1998) και ένα 15% που έχει την παρανόηση ότι οι εξώθερμες αντιδράσεις δεν χρειάζονται θερμότητα ούτε καν για να ξεκινήσουν (Barker & Millar 2000). Τέλος, από τις απαντήσεις των μαθητών στην άλλη ερώτηση της κλίμακας 2, την ερώτηση «Που οφείλεται το γεγονός ότι το υδρογόνο σε συνθήκες περιβάλλοντος είναι αέριο, ενώ το νερό είναι υγρό;» (ερώτηση 2), βγαίνει το συμπέρασμα ότι το 60% των μαθητών διαθέτει τη γνώση των καταστάσεων της ύλης.
Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 7 που ανήκει και στις δυο κλίμακες. Από τις απαντήσεις αυτές προέκυψε ότι λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (40%) αντιλαμβάνονται ότι σε μια χημική αντίδραση τα μόρια μεταβάλλονται, ενώ

τα άτομα παραμένουν αναλλοίωτα και απλά συνδυάζονται μεταξύ τους διαφορετικά. Επιπλέον, το 35% των μαθητών απάντησε ότι τα μόρια παραμένουν σταθερά και επομένως δεν συσχετίζουν τη χημική αντίδραση με τη δημιουργία νέων μορίων (Ahtee & Varjola 1998, Cokelez, Dumon & Taber 2008).

Πίνακας 6: % κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Τι παθαίνουν τα άτομα και τα μόρια σε μια χημική αντίδραση;» (ερώτηση 7)

Απάντηση	**%**
Το είδος των ατόμων μένει σταθερό, αλλά το είδος των μορίων αλλάζει	**38**
Το είδος τόσο των ατόμων όσο και των μορίων αλλάζει	25
Το είδος των ατόμων και των μορίων παραμένει σταθερό	23
Το είδος των μορίων μένει σταθερό, αλλά το είδος των ατόμων αλλάζει	11

Για να υπολογιστεί η συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης των εννοιών του Μεταβολισμού και των χημικών εννοιών, υπολογίστηκε ο συντελεστής Pearson. Αρχικά, υπολογίστηκε ο συντελεστής αυτός μεταξύ της επίδοσης των μαθητών σε όλες τις ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου Ι και σε όλες τις ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου ΙΙ και βρέθηκε ότι είναι 0,491 (με επίπεδο σημαντικότητας μικρότερο του 0,001), υπάρχει δηλαδή θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης των εννοιών του Μεταβολισμού και της Χημείας. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης όλων των εννοιών του Μεταβολισμού με τις χημικές έννοιες των δυο κατηγοριών χωριστά. Η κατανόηση των εννοιών του Μεταβολισμού συσχετίζεται με την κατανόηση τόσο των βασικών όσο και των προαπαιτούμενων χημικών εννοιών, με τον συντελεστή Pearson να είναι μεγαλύτερος (0,434 έναντι 0,383) για τις ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου ΙΙ που μετρούν την προαπαιτούμενη χημική γνώση. Τέλος, υπολογίστηκε ο ίδιος συντελεστής για τις ερωτήσεις της κάθε διάστασης του Μεταβολισμού, οι οποίες συνδυάστηκαν τόσο με όλες τις ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου ΙΙ όσο και με τις ερωτήσεις των δυο κλιμάκων του χωριστά. Από τους υπολογισμούς αυτούς βρέθηκε ότι η μεγαλύτερη συσχέτιση με τη Χημεία αφορά τις έννοιες της διάστασης «Μεταβολισμός σε κυτταρικό επίπεδο» και η μικρότερη τις έννοιες της διάστασης «ΑΤΡ ως ενεργειακό νόμισμα», ενώ σε όλες τις περιπτώσεις ο συντελεστής Pearson ήταν μεγαλύτερος για τις ερωτήσεις της κλίμακας 2 του ερωτηματολογίου ΙΙ.

Συμπεράσματα

Η μελέτη της κατανόησης των βιοχημικών εννοιών που διδάσκονται στο πλαίσιο της Βιολογίας αποκάλυψε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να χειριστούν τις ουσίες που συμμετέχουν στις χημικές αντιδράσεις του Μεταβολισμού σε μοριακό επίπεδο και, επίσης, δεν μεταφέρουν τις χημικές έννοιες σε βιολογικό πλαίσιο. Οι δυσκολίες αυτές συνδέονται στενά με τη διδασκαλία της Χημείας αφού, όπως αναδείχτηκε από τη μελέτη αυτή, οι μαθητές δεν έχουν το χημικό γνωστικό υπόβαθρο που θα στήριζε την κατανόηση των εννοιών του Μεταβολισμού, ενώ αρκετοί από αυτούς στερούνται της προαπαιτούμενης χημικής γνώσης. Η έλλειψη της προαπαιτούμενης χημικής γνώσης πρέπει να απασχολήσει ιδιαίτερα όσους σχεδιάζουν τα Αναλυτικά Προγράμματα. Αν και στο ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα ακολουθείται η αλληλουχία Φυσική-Χημεία-Βιολογία, στη Χημεία Γενικής Παιδείας της Α' Λυκείου (που προηγείται της διδασκαλίας της Βιολογίας) γίνεται απλή αναφορά στις προαπαιτούμενες για τη διδασκαλία του Μεταβολισμού έννοιες. Οι έννοιες αυτές αναλύονται βέβαια στη Χημεία Θετικής Κατεύθυνσης της Β' Λυκείου, μάθημα που όμως δεν παρακολουθούν όλοι οι μαθητές. Αν τελικά ο στόχος του Αναλυτικού Προγράμματος είναι η

κατανόηση των βιοχημικών εννοιών που διδάσκονται στο πλαίσιο της Βιολογίας, το Πρόγραμμα θα πρέπει πιθανόν να αναμορφωθεί και, κυρίως, θα πρέπει η διδασκαλία στις προηγούμενες σχολικές βαθμίδες να θέσει ως βασικό στόχο την κατανόηση των συγκεκριμένων χημικών εννοιών. Εξάλλου το γεγονός ότι οι περισσότεροι μαθητές δεν διαθέτουν τα απαραίτητα χημικά γνωστικά σχήματα για να αντιληφθούν τις έννοιες του Μεταβολισμού, θα πρέπει να απασχολήσει και τους διδάσκοντες έτσι, ώστε να εγκαταλείψουν την παραδοσιακή διδασκαλία και να υιοθετήσουν ενεργές μεθόδους διδασκαλίας του Μεταβολισμού για να αντιμετωπίσουν την αδυναμία των μαθητών να «δουν» τις αντιδράσεις του Μεταβολισμού σε μοριακό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Μαρμαρωτή, Π. & Γαλανοπούλου, Ν. (2007). Διδασκαλία θεμάτων Βιοχημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: σχεδιασμός ερωτηματολογίου για τον έλεγχο της κατανόησης του Μεταβολισμού. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ιωάννινα.

Μαρμαρωτή, Π. (2010). Η διδασκαλία θεμάτων Βιοχημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

Adams, A.D. & Griffard, P.B. (2001). Analysis of alternative conceptions in Physics and Biology: similarities, differences and implications for conceptual change. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St Louis.

Ahtee, M. & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. International Journal of Science Education, 20, 305-316.

American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1993). Benchmarks for Science literacy. Oxford University Press, New York.

Arnold, B. (1983). Beware the molecell. Aberdeen College of Education Biology Newsletter, 42, 2-6.

Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? International Journal of Science Education, 22, 1171-1200.

Boo, H.K. (1998). Students' understanding of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. Journal of Research in Science Teaching, 35, 569-581.

Burns, E. (1995). DNA writing paper: an educational aid in A-level Biology. Journal of Biological Education, 29, 8-11.

Cokelez, A., Dumon, A. & Taber, K.S. (2008). Upper secondary French students, chemical transformations and the "register of models": a cross-sectional study. International Journal of Science Education, 30, 807-836.

Dillon, J. (2009). On scientific literature and curriculum reform. International Journal of Environmental and Science Education, 4, 201-213.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (μετάφραση Χατζή Μ.) (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Τυπωθήτω, Αθήνα.

Gayford, C. (1986). ATP: A coherent view for school advanced level studies in Biology. Journal of Biological Education, 20, 27-32.

Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. In Gilbert J.K., de Jong O., Justi R., Treagust D.F. and van Driel J.H. (eds.) Chemical education: towards a research-based practice (pp. 189-212). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Johnson, M.A. & Lawson, A.E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on Biology achievement in expository and inquiry classes? Journal of Research in Science Teaching, 35, 89-103.

Johnstone, A.H. & Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school Biology. Journal of Biological Education, 14, 163-166.

Lazarowitz, R. & Penso, S. (1992). High schools students' difficulties in learning Biology concepts. Journal of Biological Education, 26, 215-223.

Lazarowitz, R. & Lieb, C. (2006). Formative assessment pre-test to identify college students' prior knowledge, misconceptions and learning difficulties in Biology. International Journal of Science and Mathematical Education, 7, 741-762.

Modell, H., Joel, M. & Wenderoth, M.P. (2005). Helping the learner to learn: the role of uncovering misconceptions. The American Biology Teacher, 67, 20-26.

Osborne, R. & Freyberg P. (1985). Learning in Science: the implications of children's Science. Heinemann, Auckcland.

Sanders, M. (1993). Erroneous ideas about Respiration: the teacher factor. Journal of Research in Science Teaching, 30, 919-934.

Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from Chemistry education. International Journal of Science Education, 20, 597-608.

Tan, K.-C.D. & Treagust, D.F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. School Science Review, 81, 75-83.

Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in Science. In Gabel D. (ed.) Handbook of Research on Science Teaching and Learning (pp. 177-210). Macmillan, New York.

Wood, E.J. (1990). Biochemistry is a difficult subject for both student and teacher. Biochemical Education, 18, 170-171.

Ευχαριστίες
Ευχαριστούμε τον Καθηγητή Γ. Τσαπαρλή επειδή οι παρατηρήσεις του συνέβαλαν αποφασιστικά στα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης και τη Δρ. Κ. Σάλτα για τη βοήθεια της στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Διερεύνηση της συσχέτισης, από την πλευρά των μαθητών, βασικών εννοιών χημείας με το σταφύλι και τα παράγωγά του

Λύτρα Ναταλία[1], Βλάσση Μαρία[2], Καραλιώτα-Λυμπεροπούλου Αλεξάνδρα[3]
[1] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, nataliachemis@yahoo.gr*
[2] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, mvlassi@yahoo.com*
[3] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, akaraliota@chem.uoa.gr*

Περίληψη
Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο οι μαθητές Β΄ Λυκείου συσχετίζουν βασικές έννοιες χημείας με το φυσικό περιβάλλον. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η περίπτωση του σταφυλιού και των παραγώγων του. Σχεδιάστηκε κατάλληλο ερωτηματολόγιο με 29 ερωτήσεις κλειστού κυρίως τύπου. Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 101 μαθητές Β΄ Λυκείου και των 3 κατευθύνσεων. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ανιχνεύθηκαν παρανοήσεις μαθητών σε βασικές έννοιες χημείας που σχετίζονται με το θέμα της εργασίας. Για να εξαλειφθούν οι παρανοήσεις αυτές και για να κατανοήσουν οι μαθητές βασικές έννοιες χημείας που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον, κατασκευάστηκαν σχέδια μαθήματος και προτείνονται πειραματικές δραστηριότητες.

Abstract
The purpose of this study was to investigate whether high school students associate basic chemistry concepts with the natural environment. For this reason we selected the case of grape and its derivatives. A total of 101 high school students participated in the study. The data of the study were obtained from a questionnaire which included 29 questions. Analysis of data revealed high school students' levels of understanding and the occurrence of misconceptions to basic chemistry concepts. To eliminate these misconceptions we propose several experimental activities.

Εισαγωγή

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η επιστήμη της χημείας είναι σε θέση να διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο στην προσπάθεια κατανόησης, μελέτης και ερμηνείας των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στη φύση. Επίσης σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Lock 1998, Séquin 2005) έχει αναγνωριστεί η αναγκαιότητα της συσχέτισης του φυσικού περιβάλλοντος με χημικές έννοιες όπως και η «εργασία στο πεδίο» ως εναλλακτικός τρόπος διδασκαλίας.
Βασικός σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης από την πλευρά των μαθητών βασικών εννοιών χημείας με το φυσικό περιβάλλον με όχημα το σταφύλι. Η γνώση της χημικής σύστασης του σταφυλιού, των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξή του καθώς και η κατανόηση της πορείας που ακολουθείται για την παραγωγή του οίνου, του ξιδιού ή της σταφίδας, πιθανόν να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν βασικές έννοιες χημείας με το φυσικό περιβάλλον και με την εφαρμογή τους στην καθημερινή ζωή.

Μεθοδολογία έρευνας

Κατά το σχεδιασμό της παρούσης εργασίας αρχικά ορίστηκαν οι βασικές υποθέσεις της έρευνας. Π.χ. *«Συσχετίζουν οι μαθητές βασικές έννοιες χημείας με το φυσικό περιβάλλον;»*.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση της ύλης των σχολικών εγχειριδίων σχετικών με έννοιες που σχετίζονται με το σταφύλι και τα παράγωγα του (κρασί, ξίδι κλπ) καθώς και με παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξή του. Πραγματοποιήθηκε επίσης διεθνή βιβλιογραφική έρευνα (Gabel & Samuel 1987, Barker 1995, Odom & Barrow 1995, Ahtee & Varjola 1998) για την διερεύνηση παρανοήσεων σε βασικές έννοιες χημείας σχετικές με το θέμα.

Ανασκόπηση της ύλης των σχολικών εγχειριδίων

Μελετήθηκε στα σχολικά βιβλία χημείας του Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου όπως και στους αντίστοιχους εργαστηριακούς οδηγούς και τετράδια εργαστηρίων η σύνδεση χημικών εννοιών σχετικών με το θέμα της παρούσης εργασίας. Στα παραπάνω σχολικά εγχειρίδια αναζητήθηκαν σχετικές εφαρμογές, παραδείγματα, ασκήσεις καθώς και πειραματικές δραστηριότητες.

Πίνακας 1: Ανασκόπηση ύλης σχολικών εγχειριδίων

οινόπνευμα	**Μελέτη Περιβάλλοντος Δ΄ Δημοτικού Τετράδιο Εργασιών** Ενότ. 6 σελ.46: πείραμα *«Πώς διαφορετικά υγρά μετατρέπονται σε αέρια όταν βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία».*
	Χημεία Β΄ Γυμνασίου Παράγρ.1.2 σελ.16: *Αλλαγές φυσικών καταστάσεων* (εξάτμιση οινοπνεύματος)
	Χημεία Α΄ Λυκείου Παράγρ.1.4 σελ. 17: *Φυσικά φαινόμενα* (εξάτμιση οινοπνεύματος)
κρασί	**Χημεία Β΄ Γυμνασίου** Παράγρ.2.2 σελ.30: δραστηριότητα *«Παρασκευή μειγμάτων»*
	Χημεία Α΄ Λυκείου Παράγρ.1.4 σελ. 17: *Χημικά φαινόμενα* (ο μούστος γίνεται κρασί)
ξίδι	**Μελέτη Περιβάλλοντος Δ΄ Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών** Ενότ. 6 σελ.44: πείραμα *«Δημιουργούμε μείγματα»*
	Χημεία Β΄ Γυμνασίου Παράγρ.3.3 σελ.83: *Διοξείδιο του άνθρακα* (δραστηριότητα στην οποία προσθέτουμε ξίδι σε κομμάτι μαρμάρου).
	Χημεία Γ΄ Γυμνασίου Ενότ.1Παράγρ. 1: *Τα οξέα* (το οξικό οξύ περιέχεται στο ξίδι) Ενότ.1Παράγρ.3: *Εξουδετέρωση* (σε τσίμπημα από σφήκα βάζουμε ξίδι)
	Χημεία Α΄ Λυκείου Παράγρ.3.2 σελ.84: *Οξέα και Βάσεις* (το ξίδι περιέχει οξικό οξύ, προσδιορισμός pH στο ξίδι)

Στην πορεία της έρευνας έγινε η κατασκευή ερωτηματολογίου με σκοπό τη διερεύνηση της συσχέτισης των μαθητών βασικών εννοιών χημείας με το φυσικό περιβάλλον με όχημα το σταφύλι. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος εγκυρότητας και αξιοπιστίας των ερωτήσεων και έγιναν οι απαιτούμενες διορθώσεις. Προηγήθηκε προέλεγχος με 19 μαθητές, Β΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας. Μετά τον προέλεγχο μετρήθηκε η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των ερωτήσεων. Η εγκυρότητα μετρήθηκε τόσο με τον δείκτη Pearson r, όσο και από 5 κριτές, από τους οποίους 1 είναι μέλος Δ.Ε.Π., 4 είναι χημικοί εκπαιδευτικοί στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η αξιοπιστία μετρήθηκε με τον δείκτη Cronbach *α*. Μετά τον έλεγχο εγκυρότητας και αξιοπιστίας, έγινε ανακατασκευή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο περιέχει 12

ασκήσεις. Κάθε άσκηση αποτελείται από έναν αριθμό ερωτήσεων διαφόρων τύπων (πολλαπλής επιλογής, σωστού-λάθους κλπ.). Το σύνολο των ερωτήσεων το οποίο καλείται να απαντήσει ο μαθητής ανέρχεται στις 29. Στην κυρίως έρευνα συμμετείχαν 101 μαθητές Β΄ Λυκείου και των τριών κατευθύνσεων από διάφορα σχολεία της Αθήνας. Πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων (Παρασκευόπουλος 1990). Η αξιοπιστία των ερωτήσεων μετρήθηκε με τον δείκτη Cronbach *α* και βρέθηκε ίσος με 0,83 ενώ η εγκυρότητα μετρήθηκε με τον δείκτη r του Pearson ο οποίος βρέθηκε κατάλληλος (>0,2) για κάθε ερώτηση.

Αποτελέσματα της έρευνας

Στατιστική επεξεργασία των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν μετά την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο. Από τον πίνακα που ακολουθεί παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος βαθμολογίας των μαθητών βρέθηκε ίσος με 49,80% που είναι κοντά στη βάση της ποσοστιαίας βαθμολογικής κλίμακας. Η τιμή της διαμέσου (48,50%) υποδηλώνει μία ελαφριά τάση για βαθμολογία λίγο χαμηλότερη του μέσου όρου. Αυτό ενισχύεται και από τη δεσπόζουσα τιμή η οποία ανέρχεται και αυτή στα 48,50%.

Πίνακας 2: Πίνακας περιγραφικών στατιστικών στοιχείων

Συνολικό δείγμα (N)	101
Σύνολο έγκυρων	101
Μέσος όρος (Μ.Ο.) (%)	49,80
Τυπικό σφάλμα μέτρησης Μ.Ο.	1,44
Διάμεσος	48,50
Δεσπόζουσα τιμή	48,50
Τυπική απόκλιση	14,45
Διασπορά	208,81
Ασυμμετρία	0,33
Κύρτωση	-0,06
Εύρος	69,70

Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 3) παρουσιάζονται οι ερωτήσεις και το ποσοστό (%) των μαθητών που έδωσε τον αντίστοιχο τύπο απαντήσεων (σωστή απάντηση, σχεδόν σωστή απάντηση, λάθος απάντηση, καθόλου απάντηση, ανίχνευση παρανόησης). Ειδικότερα, στις ερωτήσεις κλειστού τύπου δεν υπήρχαν σχεδόν σωστές απαντήσεις.

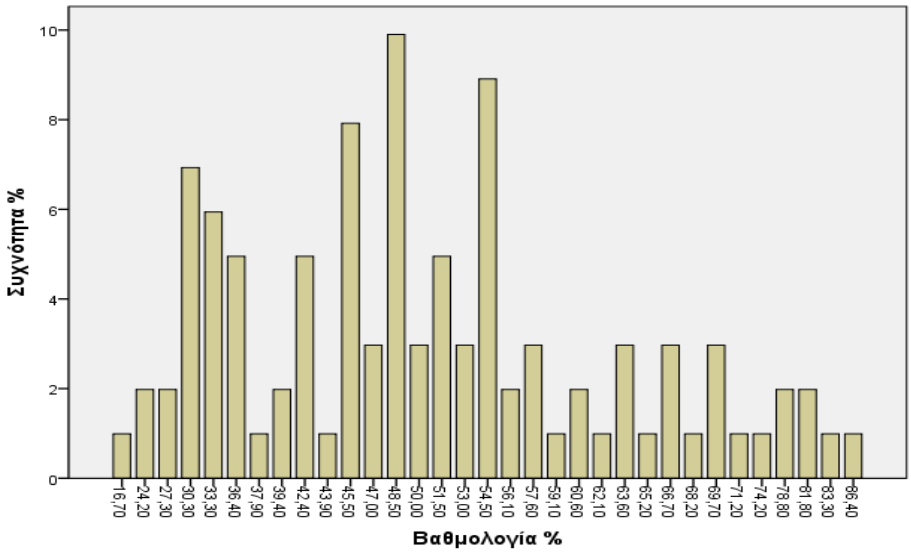
Πίνακας 3: Ποσοστό απαντήσεων ανά κατηγορία.

Περιγραφή ερώτησης	**Σωστή απ. (%)**	**Σχεδόν σωστή απ.(%)**	**Λάθος απ. (%)**	**Καθόλου απ. (%)**	**Παρανο-ήσεις (%)**
1α *«Να χαρακτηρίσουν τη μετατροπή του μούστου σε κρασί ως φυσικό φαινόμενο ή χημικό φαινόμενο»*	71	–	29	–	–

1b *«Να χαρακτηρίσουν τη διάλυση της ζάχαρης στο νερό ως φυσικό φαινόμενο ή χημικό φαινόμενο»*	84	–	16	–	–
1c *«Να χαρακτηρίσουν την εξάτμιση του οινοπνεύματος ως φυσικό φαινόμενο ή χημικό φαινόμενο»*	89	–	11	–	–
1d *«Να χαρακτηρίσουν την καύση του οινοπνεύματος ως φυσικό φαινόμενο ή χημικό φαινόμενο»*	88	–	12	–	–
1e *«Να χαρακτηρίσουν τη μετατροπή του κρασιού σε ξίδι ως φυσικό φαινόμενο ή χημικό φαινόμενο»*	66	–	34	–	–
2a *«Να προβλέψουν τι θα πάθει μια σταφίδα αν την αφήσουμε σε νερό»*	27	4	30	39	–
2b *«Να δώσουν μια χημική εξήγηση στο παραπάνω φαινόμενο»*	5	6	16	72	1
3a *«Να χαρακτηρίσουν το ξίδι ως μίγμα ή ως χημική ένωση»*	44	–	54	2	–
3b *«Να χαρακτηρίσουν την μπύρα ως μίγμα ή ως χημική ένωση»*	67	–	32	1	–
3c *«Να χαρακτηρίσουν το ανθρακικό ως μίγμα ή ως χημική ένωση»*	85	–	13	2	–
3d *«Να χαρακτηρίσουν το κρασί ως μίγμα ή ως χημική ένωση»*	73	–	25	2	–
3e *«Να χαρακτηρίσουν τη ζάχαρη ως μίγμα ή ως χημική ένωση»*	60	–	38	2	–
4a *«Να δικαιολογήσουν τον αφρό που δημιουργείται κατά το άνοιγμα σαμπάνιας»*	75	–	16	9	–
4b *«Να προσδιορίσουν την ουσία στην οποία οφείλεται ο αφρός»*	82	2	10	6	–
4c *«Να προσδιορίσουν την ουσία στην οποία οφείλεται ο αφρός»*	84	2	8	6	–
5 *«Να εξηγήσουν γιατί με το οινόπνευμα νιώθουμε δροσιά»*	25	6	31	35	3
6a *«Να ορίσουν τα φυσικά φαινόμενα»*	15	27	21	13	24
6b *«Να ορίσουν τα χημικά φαινόμενα»*	16	26	21	14	23
7a *«Να προβλέψουν τι διάλυμα θα προκύψει (ομογενές ή ετερογενές) αν ρίξουμε νερό σε κρασί»*	69	–	30	1	–
7b *«Να δικαιολογήσουν την απάντησή τους στο παραπάνω»*	16	13	44	24	3
8 *«Να πουν τι θα πάθει ένα μπουκάλι μπύρα και ένα μπουκάλι τσίπουρο στην κατάψυξη»*	45	–	52	3	–
9a *«Να ορίσουν τα μίγματα»*	9	19	43	29	–
9b *«Να ορίσουν τις χημικές ενώσεις»*	4	21	37	38	–
10I *«Να επιλέξουν το αέριο που παράγεται κατά την αλκοολική ζύμωση»*	69	–	29	2	–
10II *«Να επιλέξουν την ουσία που παράγεται κατά την αλκοολική ζύμωση»*	63	–	35	2	–
11a *«Να πουν αν οι ρώγες ενός σταφυλιού, σε ξηρά και άνυδρα εδάφη, θα έχουν μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα σε σάκχαρα»*	25	–	63	12	–
11b *«Να δικαιολογήσουν την απάντησή τους στο παραπάνω»*	–	4	29	64	3
12I *«Να επιλέξουν τη σωστή απάντηση σε υπολογιστική άσκηση που αφορά τις περιεκτικότητες % v/v»*	79	–	18	3	–

12ΙΙ *«Να επιλέξουν τη σωστή απάντηση σε υπολογιστική άσκηση που αφορά τις περιεκτικότητες % v/v»*	59	–	38	3	–

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται αναλυτικά η συχνότητα εμφάνισης της βαθμολογίας που συγκέντρωσαν οι μαθητές, σε σχέση με τη βαθμολογία επί τοις εκατό.



Σχήμα 1: Αποτελέσματα βαθμολογίας (%)

Αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένες ασκήσεις και τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών και επισημαίνονται οι σχετικές παρανοήσεις.

<u>Άσκηση 1</u>

1. Να χαρακτηρίσεις τα φαινόμενα ως φυσικά φαινόμενα (Φ.Φ.) ή ως χημικά φαινόμενα (Χ.Φ.) σημειώνοντας με **Χ** το αντίστοιχο κουτάκι.

Φαινόμενο	**Φ.Φ.**	**Χ.Φ.**
α) Ο μούστος γίνεται κρασί		
β) Η ζάχαρη διαλύεται στο νερό		
γ) Το καθαρό οινόπνευμα εξατμίζεται		
δ) Το καθαρό οινόπνευμα καίγεται		
ε) Το κρασί γίνεται ξίδι		

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 1^{α} είναι ότι είναι χημικό φαινόμενο. Από τους 101 μαθητές, το 29% απάντησε ότι ο μούστος που γίνεται κρασί αποτελεί φυσικό φαινόμενο ενώ σωστά απάντησε το 71%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 1^{β} είναι ότι είναι φυσικό φαινόμενο. Από τους 101 μαθητές, το 16% απάντησε λάθος ενώ σωστά απάντησε το 84%.

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 1^{γ} είναι ότι είναι φυσικό φαινόμενο. Από τους 101 μαθητές, το 11% απάντησε λάθος ενώ σωστά απάντησε το 89%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 1^{δ} είναι ότι είναι χημικό φαινόμενο. Από τους 101 μαθητές, το 12% απάντησε λάθος ενώ σωστά απάντησε το 88%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 1^{ε} είναι ότι είναι χημικό φαινόμενο. Από τους 101 μαθητές, το 34% απάντησε λάθος ενώ σωστά απάντησε το 66%.

Συμπερασματικά, όσον αφορά το φαινόμενο της διάλυσης, αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι οι μαθητές θεωρούν ότι είναι χημική αντίδραση (Ahtee & Varjola 1998).

Άσκηση 2

2. Τοποθετείς μια σταφίδα σε ποτήρι που περιέχει νερό. Η σταφίδα παραμένει στο ποτήρι για 12-24 ώρες.

α) Τι θα παρατηρήσεις στη σταφίδα μετά την παραμονή της στο ποτήρι;
…….
β) Δώσε μια χημική εξήγηση.
……

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 2^{α} είναι ότι η σταφίδα θα φουσκώσει. Σε σύνολο 101 μαθητών, το 69% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (30% Λάθος απ.-39% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 31%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 2^{β} είναι ότι θα έχουμε ώσμωση δηλ. θα μεταφερθούν μόρια διαλύτη από τον διαλύτη (αραιότερο) στο διάλυμα (πυκνότερο). Σε σύνολο 101 μαθητών, το 89% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (17% Λάθος απ.-72% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 11%.

Συμπερασματικά, αρκετοί είναι οι μαθητές που αδυνατούν να εξηγήσουν χημικά το φαινόμενο και συγχέουν τις έννοιες διάχυση και ώσμωση. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι μαθητές έχουν την παρανόηση ότι στην ώσμωση το νερό μετακινείται από το υπερτονικό στο υποτονικό διάλυμα (Odom & Barrow 1995).

Άσκηση 3

3. α) Να χαρακτηρίσεις τα παρακάτω ως μίγματα (Μ) ή ως χημικές ενώσεις (Χ.Ε.) σημειώνοντας με **Χ** το αντίστοιχο κουτάκι.

Υλικά	**Μ**	**Χ.Ε.**
α) Ξίδι		
β) Μπύρα		
γ) Ανθρακικό		
δ) Κρασί		
ε) Ζάχαρη		

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 3^{α} είναι ότι είναι μίγμα. Από τους 101 μαθητές, το 56% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (54% Λάθος απ.-2% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 44%.

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 3^{β} είναι ότι είναι μίγμα. Από τους 101 μαθητές, το 33% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (32% Λάθος απ.-1% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 67%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 3^{γ} είναι ότι είναι χημική ένωση. Από τους 101 μαθητές, το 15% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (13% Λάθος απ.-2% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 85%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 3^{δ} είναι ότι είναι μίγμα. Από τους 101 μαθητές, το 27% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (25% Λάθος απ.-2% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 73%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 3^{ε} είναι ότι είναι χημική ένωση. Από τους 101 μαθητές, το 40% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (38% Λάθος απ.-2% Καθόλου απ.) ενώ σωστά απάντησε το 60%.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά της βιβλιογραφίας, στην οποία αναφέρεται ότι γενικά οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες χημικό στοιχείο - χημική ένωση – μείγμα (Gabel & Samuel 1987, Barker 1995).

<u>Άσκηση 6</u>

6. α) Να δώσεις έναν ορισμό για τα φυσικά φαινόμενα.

Φυσικά φαινόμενα είναι τα φαινόμενα στα οποία …….
……

β) Να δώσεις έναν ορισμό για τα χημικά φαινόμενα.

Χημικά φαινόμενα είναι τα φαινόμενα στα οποία……
…….....

- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 6^{α} είναι ότι στα φυσικά φαινόμενα αλλάζουν ορισμένες μόνο από τις φυσικές ιδιότητες των ουσιών, ενώ η χημική τους σύσταση διατηρείται. Σε σύνολο 101 μαθητών, το 58% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (21% Λάθος απ.-13% Καθόλου απ.-24% Παρανόηση) ενώ σωστά απάντησε το 43%.
- Η σωστή απάντηση για την ερώτηση 6^{β} είναι ότι στα χημικά φαινόμενα αλλάζουν και οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες των ουσιών και επίσης συμβαίνει ριζική αλλαγή στη σύσταση των ουσιών. Σε σύνολο 101 μαθητών, το 58% δεν έδωσε τη σωστή απάντηση (21% Λάθος απ.-14% Καθόλου απ.-23% Παρανόηση) ενώ σωστά απάντησε το 42%.

Συμπεράσματα

Αρκετές παρανοήσεις σε βασικές έννοιες χημείας, οι οποίες είναι ήδη καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία, επαληθεύτηκαν μέσω του ερωτηματολογίου και μάλιστα μέσα από παραδείγματα που σχετίζονται με το σταφύλι και τα παράγωγα του. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ελλιπής συσχέτιση της επιστήμης της Χημείας με το φυσικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι οι μαθητές σε ποσοστό 24% συμφώνησαν στο ότι τα φυσικά φαινόμενα συμβαίνουν στη φύση χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου ενώ το 23% απάντησαν ότι τα χημικά φαινόμενα συμβαίνουν ύστερα από την παρέμβαση του ανθρώπου. Επίσης, εντοπίστηκαν παρανοήσεις σε βασικές έννοιες χημείας (μίγμα – χημική ένωση, ομογενές – ετερογενές διάλυμα, ώσμωση, ζύμωση) λανθασμένη συσχέτιση βασικών εννοιών χημείας με την χημεία της καθημερινής ζωής και συγκεκριμένα με τη χημεία του σταφυλιού και των παραγώγων του. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το 54% απάντησε ότι το ξίδι είναι χημική ένωση, το 25% ότι το κρασί είναι χημική ένωση και το 38% ότι η ζάχαρη είναι μίγμα.

Σχεδιασμός πειραματικών δραστηριοτήτων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδωσε τη δυνατότητα σχεδιασμού σχεδίων μαθήματος, καθώς και πρότασης πειραματικών δραστηριοτήτων διερευνητικού τύπου, project, εργασιών πεδίου, προκειμένου να εξαλειφθούν οι παρανοήσεις σε βασικές έννοιες χημείας και να μπορέσει ο μαθητής να συσχετίζει τις έννοιες αυτές με το φυσικό περιβάλλον.
Επιμέρους στόχοι των παραπάνω δραστηριοτήτων είναι να μπορεί ο μαθητής να παρατηρεί και να ερμηνεύει φαινόμενα που συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον όπως και επίσης και να συνδέσει την χημεία με τη ζωή και τη φύση και όχι μόνο με την παρέμβαση του ανθρώπου και την «κακή» χρήση της (χημειοφοβία).
Σε μία από τις πειραματικές δραστηριότητες ζητείται από τους μαθητές να παρασκευάσουν τις δικές τους σταφίδες με φυσικό τρόπο δίχως τη μεσολάβηση χημικών αντιδραστηρίων όπως συμβαίνει κατά την παρασκευή σταφίδων εμπορίου. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα προτείνεται να γίνει εκτός χημικού εργαστηρίου. Οι μαθητές προμηθεύονται ώριμα σταφύλια, χωρίς κουκούτσια, ζυγίζουν 10 ισομεγέθεις ρώγες από αυτά, τα ζεματίζουν για να ραγίσει ο φλοιός και στη συνέχεια τα τοποθετούν είτε στο φούρνο είτε στον ήλιο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα σε κάθε περίπτωση. Τέλος, ζυγίζουν πάλι τις ρώγες. Από τους μαθητές ζητείται να υπολογίσουν τη μάζα του νερού που χάθηκε συνολικά και ανά ρώγα σταφυλιού όπως επίσης και το ποσοστό νερού ανά ρώγα σταφυλιού. Η παραπάνω πειραματική δραστηριότητα απευθύνεται σε μαθητές Β΄ Γυμνασίου.
Σε μία άλλη πειραματική δραστηριότητα, ζητείται από τους μαθητές να υπολογίσουν την περιεκτικότητα σε τρυγικό οξύ στο κρασί. Στη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές παίρνουν λίγη ποσότητα δείγματος (λευκό κρασί) με σιφώνιο και το μεταφέρουν σε κωνική φιάλη. Στη συνέχεια, προσθέτουν δείκτη και απιοντισμένο νερό. Γεμίζουν την προχοΐδα με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1 M και ογκομετρούν υπό συνεχή ανάδευση μέχρι να σχηματισθεί ελαφρά κόκκινη χροιά. Καταγράφουν τον όγκο του διαλύματος NaOH που καταναλώνουν για την πλήρη εξουδετέρωση του οξέος του κρασιού. Στο φύλλο εργασίας, οι μαθητές θα κάνουν τους κατάλληλους υπολογισμούς έτσι ώστε να υπολογίσουν την περιεκτικότητα του δείγματος σε τρυγικό οξύ. Η παραπάνω πειραματική δραστηριότητα απευθύνεται σε μαθητές Γ΄ Λυκείου Θετικής κατεύθυνσης.

Βιβλιογραφία

Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (1990). Στατιστική εφαρμοσμένη στις επιστήμες της συμπεριφοράς. Τόμος Α΄ Περιγραφική Στατιστική.

Ahtee, M. & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. International Journal of Science Education, 20, 305-316.

Barker, V. (1995). A longitudinal study of 16-18 year olds' understanding of basic chemical ideas. Unpublished D.Phil. thesis, Department of Educational Studies, University of York.

Gabel, D.L. & Samuel, K.V. (1987). Understanding the particulate nature of matter. Journal of Chemical Education, 64, 695-697.

Lock, R. (1998). Fieldwork in the life sciences. International Journal of Science Education, 20, 633-642.

Odom, A. L. & Barrow, L. H. (1995). Development and Application of a Two-Tier Diagnostic Test Measuring College Biology Students' Understanding of Diffusion and Osmosis after a Course of Instruction. Journal of Research in Science Teaching, 32, 45-61.

Séquin, M. (2005). Exploration of the Chemistry of Plants: A General Education Course. Journal of Chemical Education, 82, 1787.

Διερεύνηση της συσχέτισης από την πλευρά των μαθητών, βασικών εννοιών χημείας με προϊόντα του ζαχαροπλαστείου.

Μ. Χουλιαροπούλου[1], Μ. Βλάσση[2], Α. Καραλιώτα[3]
[1] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, mariachoulia@yahoo.com*
[2] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, mvlassi@yahoo.com*
[3] *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας,akaraliota@chem.uoa.gr*

Περίληψη
Είναι αποδεδειγμένη πλέον η ανάγκη της σύνδεσης της Χημείας με την καθημερινή ζωή των μαθητών, ώστε να γίνει η επιστήμη αυτή αγαπητή στους μαθητές και να αποβάλλουν τη «χημειοφοβία». Παράλληλα ελληνικές και διεθνείς βιβλιογραφίες αναφέρουν παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με βασικές έννοιες Χημείας. Κύριος σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνήσει κατά πόσον οι μαθητές συνδέουν βασικές έννοιες Χημείας με προϊόντα που μπορεί να συναντήσουν σ' ένα ζαχαροπλαστείο, καθώς και με τις διεργασίες παρασκευής αυτών. Τελικά προτείνονται πειραματικές δραστηριότητες βασισμένες σε γλυκά ευρείας χρήσης, ώστε να αξιοποιηθούν στη διδακτική διαδικασία, σε μια προσπάθεια να εξαλειφθούν παρανοήσεις που εκμαιεύθηκαν κατά την πορεία της εργασίας μας.

Abstract
Nowadays, it's indisputable that students should combine knowledge with aspects of their everyday life. This is one of the central goals of the teaching process, so as to render chemistry more popular amongst students. Furthermore students' misconceptions on basic concepts of chemistry are reported in greek and international literature. The main purpose of this study is to investigate whether students combine basic concepts of Chemistry with the products they consume in a pastry shop, as well as with the processes of their production. Finally, we propose experimental activities based on widely consumed candies, in order to be used in the teaching process, in an effort to reduce the misconceptions we pointed out during the course of our work.

Εισαγωγή

Σύμφωνα με το ισχύον Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, δύο από τους γενικούς σκοπούς της διδασκαλίας της Χημείας στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι να βοηθήσει το μαθητή από τα πρώτα του βήματα:
Να αποκτήσει γνώσεις και να αποσαφηνίσει έννοιες της Χημείας που έχουν σχέση με την καθημερινή του ζωή.
Να κατανοήσει τη χρησιμότητα της Χημείας στη ζωή του.
Η εργασία αυτή επικεντρώνεται σε προϊόντα, που μπορούν να συναντήσουν οι μαθητές σ' ένα ζαχαροπλαστείο. Τα γλυκά θα αποτελέσουν το συνδετικό κρίκο της Χημείας με την καθημερινή ζωή. Με βάση το κριτήριο αυτό τα γλυκά αξιοποιήθηκαν για το σχεδιασμό και την υλοποίηση της ερευνητικής εργασίας, η οποία αποσκοπεί στη σύνδεση της χημείας με την καθημερινή ζωή των μαθητών και πιο συγκεκριμένα με τη σύσταση και κατανάλωση των γλυκών καθώς και με τις μεθόδους παρασκευής τους.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσουμε κατά πόσον οι μαθητές συσχετίζουν βασικές έννοιες Χημείας με προϊόντα του ζαχαροπλαστείου. Άμεσος στόχος ήταν η πρόταση διδασκαλίας βασικών εννοιών Χημείας, μέσω υλικών που χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική, με επιμέρους στόχους:
Να μπορούν οι μαθητές:
Να αναγνωρίζουν και να διαχωρίζουν τα κύρια συστατικά των γλυκών και τη διατροφική τους αξία.
Να αναφέρουν και να εξηγούν τις κυριότερες διαδικασίες-φυσικά και χημικά φαινόμενα (αντιδράσεις), που λαμβάνουν χώρα κατά την παρασκευή των γλυκών.
Μέσα από πειραματικές δραστηριότητες να αναπτύξουν δεξιότητες χειρισμού απλών οργάνων και κατά την αλληλεπίδραση με αντικείμενα και φαινόμενα να συνδέσουν τη Χημεία με απλές μεθόδους παρασκευής γλυκών (π.χ. μαρμελάδα).
Να αποκτήσουν ομαδικό πνεύμα συνεργασίας και συνυπευθυνότητας.
Να συνδέουν την κατάχρηση-υπερβολική κατανάλωση με τις κύριες συνέπειες στην υγεία τους και να αντιλαμβάνονται τις ωφέλιμες επιδράσεις κάποιων από αυτά τα προϊόντα (π.χ. σοκολάτα) για τον οργανισμό τους.

Μεθοδολογία Έρευνας

Αρχικά εξετάστηκε το περιεχόμενο των βιβλίων Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου και Λυκείου, καθώς και Οικιακής Οικονομίας του Γυμνασίου, ώστε να διαπιστωθεί εάν τα γλυκά χρησιμοποιούνται, ως παραδείγματα εφαρμογών στη διδασκαλία βασικών εννοιών Χημείας.
Στη συνέχεια κατασκευάστηκε ερωτηματολόγιο που αποτελείται από 10 ασκήσεις με διαφορετικό αριθμό ερωτήσεων η κάθε μία. Συνολικά οι ερωτήσεις στις οποίες καλούνται να απαντήσουν οι μαθητές είναι 14, κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής, σωστού λάθους, αντιστοίχισης, συμπλήρωσης). Η χρήση του ερωτηματολογίου συνετέλεσε:
Στη διερεύνηση της συσχέτισης βασικών εννοιών χημείας με προϊόντα του ζαχαροπλαστείου, από τους μαθητές.
Στο να εκμαιεύσουμε κάποιες παρανοήσεις των μαθητών, προκειμένου να βασίσουμε σ' αυτές τις προτεινόμενες δραστηριότητες.
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε προέλεγχος με 18 μαθητές της Β' Λυκείου, όπου μετρήθηκε η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των ερωτήσεων. Η εγκυρότητα μετρήθηκε με το δείκτη Pearson r και ακολούθησε κρίση 5 κριτών, εκ των οποίων οι 2 ήταν μέλη ΔΕΠ και οι 3 καθηγητές Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Η αξιοπιστία μετρήθηκε με τον δείκτη Cronbach a. Μετά τον έλεγχο εγκυρότητας και αξιοπιστίας, έγινε ανακατασκευή ερωτηματολογίου. Παρακάτω δίνονται τα αποτελέσματα μέτρησης της αξιοπιστίας και εγκυρότητας της δεύτερης μορφής του ερωτηματολογίου (Πίνακας 1). Στην κυρίως έρευνα συμμετείχαν 105 μαθητές της Β' Λυκείου και των τριών κατευθύνσεων, από διάφορα σχολεία της Αθήνας.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα μέτρησης αξιοπιστίας και εγκυρότητας.

αξιοπιστία	**εγκυρότητα**
Cronbach α: 0,72	Δείκτης Pearson r (όλες οι ερωτήσεις βρέθηκαν κατάλληλες)

Αποτελέσματα της έρευνας

Στατιστική επεξεργασία των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία που προέκυψαν μετά την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο. Από τον πίνακα που ακολουθεί παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος βαθμολογίας των μαθητών βρέθηκε ίσος με 69% . Η διάμεσος καθώς και η δεσπόζουσα τιμή που είναι ίσες με 70,4 και 74,10 αντίστοιχα δείχνουν ότι υπάρχει μία ελαφριά τάση για αύξηση του μέσου όρου.

Πίνακας 2: Περιγραφικά στοιχεία του γνωστικού τεστ (2η έκδοση)

Συνολικό Δείγμα (N)	105
Σύνολο Εγκύρων	105
Μέσος όρος (Μ.Ο.)	69%
Διάμεσος	70,4
Δεσπόζουσα τιμή	74,10
Τυπική Απόκλιση	14,048
Διασπορά	197,363
Ασυμμετρία	-0,284
Κύρτωση	-0,303
Εύρος	68,5

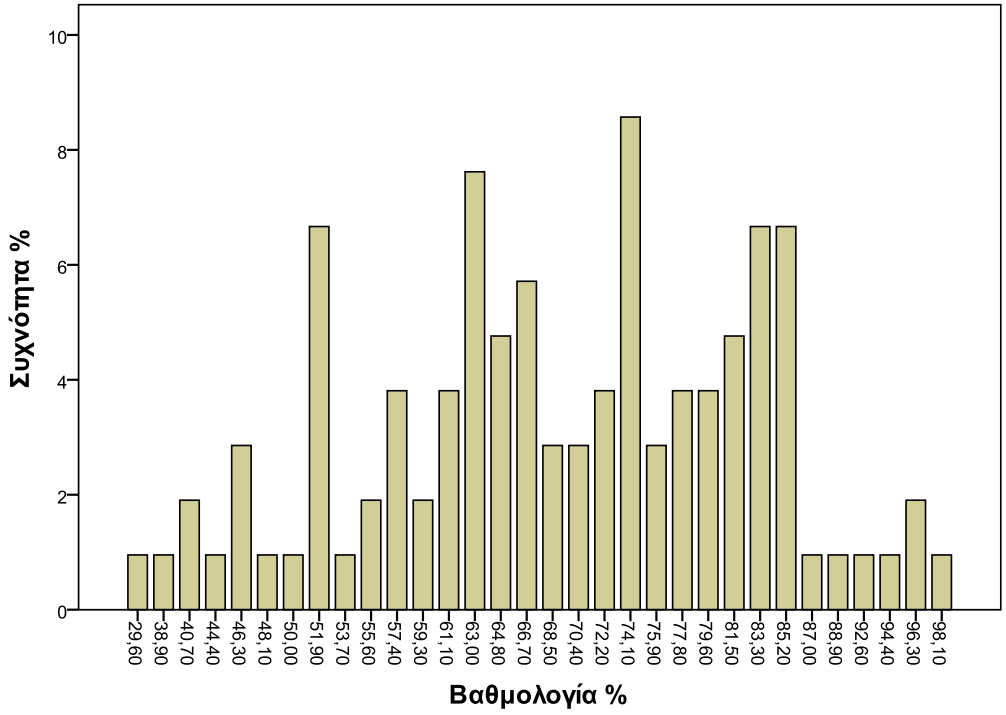
Στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 3) παρουσιάζονται οι ερωτήσεις και το ποσοστό (%) των μαθητών ανάλογα με την απάντηση που έδωσαν (σωστή απάντηση, σχεδόν σωστή, λάθος απάντηση, καθόλου απάντηση, ανίχνευση παρανόησης). Θα πρέπει να επισημανθεί ότι στις ερωτήσεις κλειστού τύπου δεν υπάρχει σχεδόν σωστή απάντηση.

Πίνακας 3: Ποσοστό απαντήσεων σε κάθε ερώτηση

Περιγραφή Ερώτησης	**Σωστή Απάντηση (%)**	**Σχεδόν Σωστή Απ. (%)**	**Λάθος Απ. (%)**	**Καθόλου Απ. (%)**	**Παρανο-ήσεις (%)**
q1a: Ζητείται από τους μαθητές να χαρακτηρίσουν την καύση της ζάχαρης ως φυσικό ή χημικό φαινόμενο.	89	-	11	-	-
q1b: Να χαρακτηρίσουν το λιώσιμο της κουβερτούρας ως φυσικό ή χημικό φαινόμενο.	83	-	17	-	-
q2Ai: Να χαρακτηρίσουν τη ζάχαρη ως μίγμα ή χημική ένωση.	84	-	15	1	-
q2Aii: Να χαρακτηρίσουν το νερό βρύσης ως μίγμα ή χημική ένωση.	60	-	40	-	-
q2Aiii: Να χαρακτηρίσουν τη μαγειρική σόδα ως μίγμα ή χημική ένωση.	76	-	24	-	-
q2Aiv: Να χαρακτηρίσουν το γάλα ως μίγμα ή χημική ένωση.	72	-	28	-	-
q2Av: Να χαρακτηρίσουν το σιρόπι για γλυκά ως μίγμα ή χημική ένωση.	82	-	18	-	-
q2Avi: Να χαρακτηρίσουν τη ζάχαρη και κανέλα ως μίγμα ή χημική ένωση.	95	-	5	-	-
q2Bi: Να αναφέρουν από ποια είδη ατόμων αποτελείται ο μοριακός τύπος της ζάχαρης (δίνεται).	79	3	9	9	-

q2Βii: Να αναφέρουν από πόσα άτομα αποτελείται ο Μ.Τ. της ζάχαρης.	87	1	3	9	-
q2Γi: Να επισημάνουν Σ ή Λ σε ερωτήσεις σχετικά με τις έννοιες άτομο, χημικό στοιχείο, χημική ένωση, χημική αντίδραση.	58	-	40	2	-
q2Γii: Ομοίως με το q2Γi.	90	-	9	1	-
q2Γiii: Ομοίως με το q2Γi.	79	-	19	2	-
q2Γiv: Ομοίως με το q2Γi.	77	-	20	3	-
q3: Να επιλέξουν τη σωστή απάντηση σε άσκηση με περιεκτικότητες.	38	-	1	1	60
q4: Να επιλέξουν τη σωστή απάντηση σε ερώτηση σχετική με το baking powder.	60	-	-	2	38
q5: Να εξηγήσουν την αλλαγή του χρώματος του ασπραδιού του αυγού όταν το τηγανίζουμε.	7	23	44	26	-
q6: Να επιλέξουν σε ποια κατηγορία θρεπτικών συστατικών ανήκει η ζάχαρη.	65	-	-	-	35
q7: Να τσεκάρουν τα κοινά θρεπτικά συστατικά που περιέχονται σε ένα γλυκό του κουταλιού πορτοκάλι και σε ένα παγωτό σοκολάτα.	23	45	32	-	-
q8a: Να αντιστοιχίσουν συστατικά που να περιέχονται σε μία τούρτα, με την κατηγορία του θρεπτικού συστατικού) στην οποία ανήκει, καθώς και με τη λειτουργία που επιτελεί.	83	-	15	2	-
q8b: Ομοίως με το q8a.	75	-	23	2	-
q8c: Ομοίως με το q8a.	83	-	16	1	-
q8d: Ομοίως με το q8a.	70	-	28	2	-
q8e: Ομοίως με το q8a.	63	-	35	2	-
q8f: Ομοίως με το q8a.	64	-	33	3	-
q9a: Να εξηγήσουν ποιο θρεπτικό συστατικό είναι υπεύθυνο για τη διαφορά απόδοσης ενέργειας στο παγωτό και στην μπανάνα.	63	1	27	9	-
q9b: Να αιτιολογήσουν την απάντησή τους στην παραπάνω ερώτηση ερώτηση.	9	26	38	27	-

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται αναλυτικά η συχνότητα εμφάνισης της βαθμολογίας που συγκέντρωσαν οι μαθητές, σε σχέση με τη βαθμολογία επί τοις εκατό.



Σχήμα 1: Αποτελέσματα βαθμολογίας (%).

Παρακάτω παραθέτουμε ορισμένες ενδεικτικές ερωτήσεις με τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών και επισημαίνουμε αντίστοιχες παρανοήσεις.

<u>Ερώτηση 1</u>

Να βάλεις σε κύκλο τη σωστή απάντηση:

Για να παρασκευάσουμε 100g ζαχαρόνερο με περιεκτικότητα 5% w/w, διαλύουμε:
α) 10g ζάχαρη σε 90g νερού
β) 5g ζάχαρη σε 100g νερού
γ) 5g ζάχαρη σε 95g νερού
δ) 95g ζάχαρη σε 5g νερού
ε) 100g ζάχαρη σε 5g νερού

Η σωστή απάντηση είναι η γ. Από τους 105 μαθητές, το 38% απάντησε σωστά, ενώ το υπόλοιπο 62% απάντησε λανθασμένα.. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεγάλο ποσοστό επέλεξε την απάντηση β που αναδεικνύει το γεγονός ότι οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες διάλυμα και διαλύτης.

<u>Ερώτηση 2</u>

Κατά την παρασκευή του κέικ προκειμένου αυτό να φουσκώσει προσθέτουμε στο μίγμα baking powder, το οποίο μεταξύ των άλλων περιέχει και όξινο ανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$). Ποια είναι κατά τη γνώμη σου η ουσία, που παράγεται κατά το ψήσιμο και είναι υπεύθυνη για το φούσκωμα του κέικ;
α) διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
β) μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
γ) ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$)
δ) ανθρακασβέστιο (CaC_2)
ε) οξυγόνο (O_2)

Η σωστή απάντηση είναι η α. Το 60% των μαθητών απάντησε σωστά, ενώ το 2% δεν απάντησε καθόλου. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 38% των μαθητών απάντησε λανθασμένα δίνοντας κυρίως ως απαντήσεις, μεταξύ άλλων, τη γ και την ε.

Ερώτηση 3

Σε ποια κατηγορία χημικών ενώσεων ανήκει η ζάχαρη; Να κυκλώσεις τη σωστή απάντηση.

α) Πρωτεΐνες
β) Υδατάνθρακες
γ) Λίπη
δ) Βιταμίνες
ε) Υδρογονάνθρακες

Η σωστή απάντηση είναι η β. Το 65% των μαθητών απάντησε σωστά, ενώ το 35% απάντησε λανθασμένα, δίνοντας κυρίως ως απαντήσεις , μεταξύ άλλων, την α και την ε.

Συμπεράσματα

Ενώ οι περισσότεροι μαθητές είχαν καλή επίδοση στο ερωτηματολόγιο, ωστόσο εμφανίζουν αρκετές παρανοήσεις, όπως φαίνεται και στον πίνακα 3, καθώς απαντούν μεμονωμένα σε κάθε ερώτηση, χωρίς να συνδυάζουν τις γνώσεις τους και να συσχετίζουν διάφορες βασικές έννοιες Χημείας μεταξύ τους. Οι παρανοήσεις αυτές σχετίζονται με το συμβατικό τρόπο διδασκαλία της Χημείας και συμφωνούν με ανάλογες έρευνες, αναδεικνύοντας τη διαχρονικότητά τους και την αντοχή τους στην εννοιολογική αλλαγή κατά τη διδασκαλία.

Διδακτική πρόταση

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας προτάθηκαν δραστηριότητες και πειράματα διερευνητικού χαρακτήρα βασισμένες σε γλυκά ευρείας χρήσης, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδασκαλία βασικών εννοιών Χημείας, σε μια προσπάθεια σύνδεσης του γνωστικού περιεχομένου με την καθημερινή ζωή των μαθητών (εποικοδομητισμός). Αυτό άλλωστε αποτελεί και σκοπό της διδασκαλίας της Χημείας, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για την Εκπαίδευση στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο. Μερικές από αυτές τις δραστηριότητες δίνονται αναφορικά παρακάτω:
Δραστηριότητα 1η: Η γλυκιά πλευρά της πυκνότητας.
Δραστηριότητα 2η: Η ζάχαρη γίνεται κάρβουνο.
Δραστηριότητα 3η: Χρωματογραφία καραμέλας!
Δραστηριότητα 4η: Μηλόπιτα από κράκερ!
Δραστηριότητα 5η: Εξερευνώντας το …φούσκωμα του κέικ.
Παρακάτω δίνονται ενδεικτικά τα κύρια σημεία της 1ης δραστηριότητας.
Δραστηριότητα 1η: Η γλυκιά πλευρά της πυκνότητας!
Διδακτική αξιοποίηση
Από το βιβλίο της Β' Γυμνασίου οι παράγραφοι: 1.3 Φυσικές ιδιότητες υλικών και 2.3 Περιεκτικότητα διαλύματος – εκφράσεις περιεκτικότητας.
Από το βιβλίο της Α' Λυκείου οι παράγραφοι: 1.2 Γνωρίσματα της ύλης (μάζα, όγκος, πυκνότητα). Μετρήσεις και μονάδες και 1.5 Ταξινόμηση της ύλης-διαλύματα-

περιεκτικότητες διαλυμάτων-διαλύματα.
Διδακτικοί στόχοι
Μετά το τέλος της διδακτικής ώρας να μπορεί ο μαθητής:
1. Να διατυπώνει τον τύπο της πυκνότητας ενός υλικού και τις μονάδες της, καθώς και να εφαρμόζει τον τύπο της πυκνότητας για να υπολογίζει ένα από τα μεγέθη m, V, p, αν δίνονται τα άλλα δύο.
2. Να αναγνωρίζει ότι ουσίες και κατ' επέκταση υλικά με μικρότερη πυκνότητα επιπλέουν σε σχέση με τα πιο πυκνά, όταν αυτά έρθουν σε επαφή.
3. Να προσδιορίζει πειραματικά την πυκνότητα του υλικού ενός διαλύματος, με τη βοήθεια ζυγού και ογκομετρικού κυλίνδρου.
4. Να εφαρμόζει την πυκνότητα σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής.
Πειραματική διαδικασία
Σ' αυτή τη δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται αρχικά να προσδιορίσουν την πυκνότητα διαλυμάτων ζάχαρης στο νερό διαφορετικών περιεκτικοτήτων (10% w/w, 20%w/w, 30%w/w, 40%w/w, 50%w/w). Στη συνέχεια η πρόκληση είναι να πάρουν αυτά τα αναμίξιμα διαλύματα και να βρουν ένα τρόπο να τα συνδυάσουν, ώστε να παραμείνουν σε διαχωρισμένα στρώματα.

Εικόνα 1. Η γλυκιά πλευρά της πυκνότητας.

Βιβλιογραφία

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1998), Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών για την Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Αθήνα.

Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (1990). Στατιστική εφαρμοσμένη στις επιστήμες της συμπεριφοράς. Τόμος Α΄ Περιγραφική Στατιστική.

ΥΠΕΠΘ-ΠΙ., Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Φυσικής και Χημείας, http://www.pischools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf.

Barker V. (1995). Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas.

Coulson S., Eiser R. & Eiser C. (1998). Research Note: Adolescents' perceptions of food chemical risks, Journal of Risk Research, 3, 237.

Davis M., Henry C. (2008). The Sweeter Side of Density, Journal of Chemical Education, 85, 1088.

Ennever F. (2007). A Spoonful of $C_{12}H_{22}O_{11}$ Makes the Chemistry Go Down: Candy Motivations in the High School Chemistry Classroom, Journal of Chemical Education, 84, 615-616.

Haim L. (2005). Finding Chemical Anchors in the Kitchen, Journal of Chemical Education, 82, 228-230.

Stevens K. (2006). Using Visible Absorption To Analyze Solutions of Kool-Aid and Candy, Journal of Chemical Education, 83, 1544-1545.

Αλλάζοντας τη θέση χημικής ισορροπίας σε διαλύματα σόδας και γαλαζόπετρας

Νίκη Σπάρταλη, Ρουμπίνη Μοσχοχωρίτου και Ρομπέρτος Αλεξιάδης
ΕΚΦΕ Χανίων ekfechan@sch.gr, ekfechan@gmail.com

Περίληψη

Η θέση της χημικής ισορροπίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την πίεση, και τη συγκέντρωση των σωμάτων που συμμετέχουν στην αντίδραση. Αν σε ένα σύστημα σε κατάσταση χημικής ισορροπίας μεταβληθεί ένας από τους παράγοντες που την επηρεάζουν, η ισορροπία μετατοπίζεται προς εκείνη την κατεύθυνση που τείνει να αναιρέσει την επιφερόμενη μεταβολή (αρχή Le Châtelier) (Atkins & Paula 2009). Οι προτεινόμενες ασκήσεις στους σχολικούς εργαστηριακούς οδηγούς που αφορούν στην επίδραση των παραγόντων αυτών στη θέση της χημικής ισορροπίας χρησιμοποιούν αντιδραστήρια που καλό θα είναι να αποφεύγεται η επαφή των μαθητών με αυτά, όπως η ισορροπία μετατροπής χρωμικών CrO_4^{2-} σε διχρωμικά $Cr_2O_7^{2-}$ και του $CoCl_4^{-2}$ σε $Co(H_2O)_6^{+2}$ (Λιοδάκης Σ. & Γάκης Δ. 2001). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται πειραματικές διαδικασίες οι οποίες μπορούν εύκολα να πραγματοποιηθούν στην σχολική αίθουσα. Στις διαδικασίες αυτές εμφανίζονται έντονες χρωματικές μεταβολές ώστε να γίνεται κατανοητό το φαινόμενο της μετατόπισης. Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται είναι ασφαλή και τα περισσότερα μπορεί κανείς να τα προμηθευθεί από καταστήματα τροφίμων (σόδα) και αγροτικών προϊόντων (γαλαζόπετρα).

Abstract

In a chemical system the equilibrium depends on concentration, temperature, and pressure. If in a system at the state of chemical equilibrium any of the factors that affect the equilibrium is disturbed, a shift in the position of the equilibrium will result to the direction that tends to relieve the caused disturbance (Le Châtelier's principle) (Atkins & Paula 2009). In order to study the effect of these factors on a system at chemical equilibrium, school laboratory manuals use reagents that demand extreme caution in handling by the students such us the transformation of CrO_4^{2-} to $Cr_2O_7^{2-}$ and the conversion of $CoCl_4^{-2}$ to $Co(H_2O)_6^{+2}$ (Λιοδάκης Σ. & Γάκης Δ. 2001). In the present work, we present experiments that can be easily carried out in classroom. Colour changes are observed as the equilibrium shifts between the reactants and products, allowing one to see which side of the reaction is favoured. The reagents we use are safe and most of them can be bought from supermarkets and from agricultural products shops.

Εισαγωγή

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που ακολουθούν προτείνονται για το 4ο κεφάλαιο της χημείας Β΄ λυκείου θετικής κατεύθυνσης (το κεφάλαιο της χημικής ισορροπίας). Βοηθούν στην κατανόηση της αρχής Le Châtelier και διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την εργαστηριακή άσκηση λόγω της ευκολίας τους στην εκτέλεση και των χρωματικών αλλαγών που εμφανίζονται. Μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με τη μορφή επίδειξης από τον εκπαιδευτικό, είτε από τους ίδιους τους μαθητές σε μετωπικό εργαστήριο. Στο πρώτο τμήμα της εργασίας χρησιμοποιείται σόδα, υλικό που συχνά συναντάται σε εργαστηριακές ασκήσεις

στη διεθνή βιβλιογραφία ιδιαίτερα για τον υπολογισμό της πίεσης στη διαλυτότητα αερίου σε υγρό και για την επίδραση αυτής στη θέση χημικής ισορροπίας (Howald, 1999, Hans de Grys 2007). Στην παρούσα εργασία η σόδα χρησιμοποιείται για τη μελέτη της επίδρασης της συγκέντρωσης στη θέση χημικής ισορροπίας μειώνοντας ή αυξάνοντας το διαλυμένο CO_2 στο αναψυκτικό.

Επίδραση της συγκέντρωσης στη θέση χημικής ισορροπίας σε διάλυμα σόδας

Απαιτούμενα όργανα
Δύο άδεια πλαστικά μπουκάλια με το πώμα τους (χωρητικότητας 250-500mL).
Ογκομετρικός κύλινδρος των 100mL
Δύο ποτήρια ζέσης των 250 mL.
Σπάτουλα.
Φιάλη διήθησης κενού με πώμα.
1 δοκιμαστικός σωλήνας
Ελαστικός σωλήνας.
Μεταλλικό στήριγμα με λαβίδα.
Απαιτούμενα αντιδραστήρια
Σόδα (αναψυκτικό)
Δείκτης ερυθρό του μεθυλίου
Στερεό ανθρακικό νάτριο Na_2CO_3
Διάλυμα HCl 2M
Παγάκια και νερό

Εκτέλεση της άσκησης Ι:
Παίρνουμε ένα αναψυκτικό σόδας. Το ανοίγουμε και με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου ρίχνουμε στο πλαστικό μπουκάλι 50 mL (περίπου) σόδας.
Το μοιράζουμε στα δύο μπουκάλια.
Προσθέτουμε και στα δύο λίγες σταγόνες δείκτη ερυθρό του μεθυλίου. Το διάλυμα παίρνει χρώμα κόκκινο. Κλείνουμε τα μπουκάλια με το πώμα τους. Το ένα το κρατάμε για σύγκριση και το άλλο το ανακινούμε έντονα. Το χρώμα μετατρέπεται απευθείας σε κίτρινο (εικ. 1).

Εικόνα 1. Μεταβολή του χρώματος του δείκτη λόγω μετατόπισης της θέσης χημικής ισορροπίας.

Εκτέλεση της άσκησης ΙΙ:
Επαναλαμβάνουμε τα δύο πρώτα βήματα χρησιμοποιώντας τα ποτήρια και όχι τα μπουκάλια.

Προσθέτουμε στο ένα ποτήρι λίγο στερεό Na_2CO_3.
Παρατηρούμε έντονο αφρισμό και απότομη αλλαγή του κόκκινου χρώματος σε κίτρινο.

Εκτέλεση της άσκησης ΙΙΙ:
Στηρίζουμε το δοκιμαστικό σωλήνα στη λαβίδα. Βάζουμε μέσα μικρή ποσότητα κίτρινου διαλύματος που προέκυψε από τις προηγούμενες ασκήσεις. Βυθίζουμε το δοκιμαστικό σωλήνα σε ποτήρι που έχουμε προσθέσει παγάκια και νερό. Συνδέουμε την φιάλη διήθησης με τον ελαστικό σωλήνα και τοποθετούμε την άλλη άκρη του ελαστικού σωλήνα μέσα στο διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα. Βάζουμε στην κωνική φιάλη ποσότητα HCl, προσθέτουμε το στερεό Na_2CO_3 και σκεπάζουμε αμέσως με το πώμα. Παρατηρούμε αφρισμό, το αέριο που εκλύεται διοχετεύεται στο δοκιμαστικό σωλήνα και το διάλυμα της σόδας ξαναγίνεται κοκκινωπό (εικ. 2).

Εικόνα 2. Η συσκευή του πειράματος. Περιλαμβάνει τη φιάλη όπου παράγεται το αέριο CO_2, τον ελαστικό σωλήνα μέσω του οποίου διοχετεύεται το παραγόμενο αέριο στο δοκιμαστικό σωλήνα με το κίτρινο διάλυμα και το ποτήρι με τα παγάκια.

Συμπεράσματα και συζήτηση

Το αναψυκτικό σόδα περιέχει διαλυμένο αέριο διοξείδιο του άνθρακα το οποίο προστίθεται κατά την εμφιάλωση.
Οι ισορροπίες που έχουν αποκατασταθεί από την αντίδραση CO_2 και νερού μέσα στο διάλυμα του αναψυκτικού είναι οι παρακάτω (Χατζηιωάννου 1985):

i. $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$

ii. $CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$ (ανθρακικό οξύ)

iii. $H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$ (όξινο ανθρακικό ιόν)

iv. $HCO_3^-(aq)\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (ανθρακικό ιόν)

Το ερυθρό του μεθυλίου είναι ένας δείκτης που σε όξινο περιβάλλον με pH<4,2 έχει χρώμα κόκκινο και σε διάλυμα με pH>6,3 έχει χρώμα κίτρινο (www.metal.ntua.gr/uploads/2202/lab4.pdf).

Κατά την προσθήκη του δείκτη μέσα στο διάλυμα σόδας, το χρώμα είναι κόκκινο γιατί όπως φαίνεται από τις παραπάνω ισορροπίες μέσα στο διάλυμα έχουμε αυξημένη συγκέντρωση H_3O^+ και επομένως pH<4,2.
Με την ανακίνηση του αναψυκτικού ποσότητα διαλυμένου CO_2 μεταφέρεται συνεχώς προς την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και απομακρύνεται με τη μορφή φυσαλίδων. Η ισορροπία (i) μετακινείται προς τα αριστερά κι επομένως το ίδιο γίνεται και για τις υπόλοιπες ισορροπίες. Έτσι μειώνεται η συγκέντρωση των H_3O^+, το διάλυμα γίνεται πιο βασικό και ο δείκτης αλλάζει χρώμα.
Στην άσκηση (ΙΙ) το αλάτι που προστίθεται διίσταται μέσα στο νερό και δίνει CO_3^{2-}. Αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων αυτών και η ισορροπία (iv) μετατοπίζεται αριστερά. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες ισορροπίες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μετατραπεί μέρος του διαλυμένου $CO_2(aq)$ σε $CO_2(g)$ το οποίο απομακρύνεται με τη μορφή φυσαλίδων και γι' αυτό παρατηρούμε αφρισμό. Επίσης μειώνεται η συγκέντρωση των H_3O^+, το διάλυμα γίνεται πιο βασικό και ο δείκτης αλλάζει χρώμα.
Με τις ασκήσεις Ι και ΙΙ μετατοπίσαμε τις ισορροπίες προς τα αριστερά, απομακρύνοντας το CO_2 με μορφή αερίου και το χρώμα του δείκτη γινόταν κίτρινο.
Στην άσκηση (ΙΙΙ) μετατοπίσαμε τις ισορροπίες εκ νέου προς τα δεξιά, διοχετεύοντας αέριο διοξείδιο του άνθρακα στο διάλυμα. Το χρώμα ξαναέγινε κοκκινωπό Αυτό συνέβη γιατί από την αντίδραση HCl με Na_2CO_3 παράγεται αέριο CO_2. Η διαλυτότητά του $CO_2(g)$ υπό ατμοσφαιρική πίεση είναι μικρή, αλλά αυξάνεται με μείωση της θερμοκρασίας. Η χρήση του πάγου οδηγεί σε αύξηση της διαλυτότητας του παραγόμενου αερίου και συνεπώς σε αύξηση της συγκέντρωσης $CO_2(g)$. Αυτό οδηγεί τις παραπάνω ισορροπίες προς τα δεξιά, αυξάνεται η συγκέντρωση των H_3O^+ άρα αλλάζει χρώμα ο δείκτης.
Παρότι το σύστημα περιλαμβάνει ένα σύνολο ισορροπιών που το καθιστά πολύπλοκο (Stirling* & Papai 2010), σκοπός της εργασίας δεν είναι η εμβάθυνση των μαθητών σε αυτές καθαυτές τις αντιδράσεις. Η έντονη αλλαγή του χρώματος προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών και καταδεικνύει πειραματικά την επίδραση της συγκέντρωσης στη θέση της χημικής ισορροπίας. Η πλήρης ερμηνεία όλων των ισορροπιών δεν αντιστοιχεί στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών της Β΄ Λυκείου, προχωρήσαμε όμως στην αναγραφή τους απευθυνόμενοι στον διδάσκοντα καθηγητή, ο οποίος χρειάζεται το πλήρες θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης.

Επίδραση της θερμοκρασίας στη θέση χημικής ισορροπίας σε διάλυμα γαλαζόπετρας

Απαιτούμενα όργανα και συσκευές.
Στήριγμα δοκιμαστικών σωλήνων
4 δοκιμαστικοί σωλήνες
Ογκομετρικός κύλινδρος των 10 mL
Ξύλινη λαβίδα
Γκαζάκι
Υδροβολέας

Απαιτούμενα αντιδραστήρια
Υδατικό διάλυμα θειικού χαλκού 0,1M
Πυκνό διάλυμα HCl
Απιοντισμένο νερό

Εκτέλεση της άσκησης
Αριθμούμε τους σωλήνες 1-4

Ρίχνουμε περίπου 1 mL από το διάλυμα του θειικού χαλκού στους δοκιμαστικούς σωλήνες 1,2.
Κρατάμε το σωλήνα 1 για να συγκρίνουμε το χρώμα του με το χρώμα των επόμενων διαλυμάτων.
Στο σωλήνα 2 προσθέτουμε σταγόνα – σταγόνα το διάλυμα υδροχλωρικού οξέος (περίπου 12 σταγόνες) ανακινώντας κάθε φορά το σωλήνα. Το διάλυμα γίνεται πράσινο. Αν συνεχίσουμε να προσθέτουμε οξύ, το χρώμα θα γίνει κιτρινοπράσινο.
Μοιράζουμε το πράσινο διάλυμα στους σωλήνες 2,3.
Κρατάμε το σωλήνα 2.
Προσθέτουμε στο σωλήνα 3 απιοντισμένο νερό ανακινώντας κάθε φορά το σωλήνα.
Το διάλυμα γίνεται μπλε.
Βάζουμε το μισό από το διάλυμα του σωλήνα 3 στον σωλήνα 4 και θερμαίνουμε με προσοχή το σωλήνα 4 κρατώντας τον με την ξύλινη λαβίδα. Το διάλυμα αυτό ξαναγίνεται πράσινο. Συγκρίνουμε τα χρώματα στους τέσσερις σωλήνες.

Συμπεράσματα και συζήτηση

Αν διαλύσουμε ένυδρο θειικό χαλκό (γαλαζόπετρα) σε νερό, προκύπτει ένα ανοιχτόχρωμο μπλε διάλυμα που οφείλει το χρώμα του στα ενυδατωμένα ιόντα Cu^{2+}. Αν τα μόρια του νερού αντικατασταθούν από ιόντα Cl^- σχηματίζονται τα ιόντα $CuCl_4^{2-}$ που έχουν πράσινο χρώμα.(http://www.practicalchemistry.org/experiments/).
Η αντίδραση είναι η ακόλουθη:

$[Cu(H_2O)_4]^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons CuCl_4^{2-} + 4H_2O \quad \Delta H>0.$
γαλάζιο πράσινο

Η αντίδραση είναι ενδόθερμη. Επομένως αύξηση της θερμοκρασίας στο γαλάζιο διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα 4, σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier, οδηγεί την ισορροπία προς τα δεξιά και έτσι το διάλυμα αυτό αποκτά πάλι πράσινο χρώμα.
Το παραπάνω πείραμα είναι ακίνδυνο. Η μόνη διαδικασία που απαιτεί λίγη προσοχή είναι η χρήση του πυκνού διαλύματος υδροχλωρικού οξέος και η χρήση φλόγας.
Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι παρατηρείται έντονη αλλαγή στο χρώμα του διαλύματος κι επομένως οι μαθητές μπορούν με θέρμανση και ψύξη του σωλήνα να παρατηρούν τη μετατόπιση της ισορροπίας.

Φύλλο εργασίας μαθητή: Καταγραφή αποτελεσμάτων και παρατηρήσεων

Α. Επίδραση της συγκέντρωσης στη θέση χημικής ισορροπίας σε διάλυμα σόδας.

Οι ισορροπίες που έχουν αποκατασταθεί από την αντίδραση CO_2 και νερού μέσα στο διάλυμα του αναψυκτικού είναι οι παρακάτω

i. $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$

ii. $CO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$ (ανθρακικό οξύ)

iii. $H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HCO_3^-(aq)$ (όξινο ανθρακικό ιόν)

iv. $HCO_3^-(aq)\ H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (ανθρακικό ιόν)

Το ερυθρό του μεθυλίου είναι ένας δείκτης που σε όξινο περιβάλλον με pH<4,2 έχει χρώμα κόκκινο και σε διάλυμα με pH>6,3 έχει χρώμα κίτρινο . Με βάση αυτές τις πληροφορίες και τις παρατηρήσεις σας κατά την πειραματική διαδικασία να συμπληρώσετε τις ερωτήσεις που ακολουθούν.

Ποιο χρώμα παίρνει ο δείκτης μας στο διάλυμα της σόδας;

……
Ποιο είναι το χρώμα που πήρε ο δείκτης μετά την ανακίνηση του μπουκαλιού;
……
α. Τι αποτέλεσμα πιστεύετε ότι είχε η ανακίνηση κι επομένως η απομάκρυνση αερίου CO_2 στη θέση χημικής ισορροπίας (ii) και για ποιο λόγο;
……
β. Τι συνεπάγεται η παραπάνω μεταβολή στη συγκέντρωση των H_3O^+ των ισορροπιών (iii, iv);
……
α. Προς τα που πιστεύετε ότι θα μετατοπιστούν όλες οι παραπάνω ισορροπίες αν αυξήσουμε τη συγκέντρωση CO_3^{2-} όπως κάνουμε με την προσθήκη στερεού Na_2CO_3;
…….
β. Περιγράψτε τις αλλαγές και τις παρατηρήσεις σας κατά την προσθήκη στερεού Na_2CO_3 και δώστε μια εξήγηση για αυτές;
……..
Ποιών σωμάτων την συγκέντρωση πρέπει να αυξήσουμε για να μετατοπιστούν οι ισορροπίες πάλι προς τα δεξιά και να ξαναγίνει το χρώμα κόκκινο;
…….
Γράψτε την αντίδραση που πραγματοποιήθηκε μέσα στη φιάλη διήθησης ανάμεσα στο HCl και το Na_2CO_3. Ποιο είναι το αέριο που παράγεται από την αντίδραση;
.....
Τι χρώμα περιμένετε να πάρει το διάλυμα της σόδας όταν διοχετεύουμε μέσα σε αυτό αέριο CO_2 και γιατί; …….

Συνοψίζοντας:

	Αρχικό διάλυμα (με τον δείκτη)	Ανακίνηση αρχικού διαλύματος	Προσθήκη στερεού Na_2CO_3	Διοχέτευση αερίου CO_2
Θέση ισορροπιών (προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά)				
Χρώμα δείκτη στο διάλυμα				

Β. Επίδραση της θερμοκρασίας στη θέση χημικής ισορροπίας σε διάλυμα γαλαζόπετρας

Περιγράψτε για την αλλαγή που παρατηρήσατε κατά την προσθήκη νερού στο σωλήνα 3 και δώστε μια εξήγηση για αυτήν.
.....
Ποια χρώμα επικρατεί αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία στο σωλήνα 4;
.....
Προς τα που μετατοπίστηκε η ισορροπία με την αύξηση της θερμοκρασίας;
.....

Τι συμπεραίνετε για την αντίδραση (εξώθερμη, ενδόθερμη);
.....
Τι μεταβολή θα πρέπει να κάνουμε στη θερμοκρασία ώστε το χρώμα να γίνει από πράσινο μπλε;
.....

Βιβλιογραφία

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., (2001) Εργαστηριακός οδηγός Χημείας Β΄ Λυκείου Κατεύθυνσης Εκδοση Β, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Χατζηιωάννου Θ., (1985) Ποιοτική ανάλυσις και χημική ισορροπία, ΟΕΔΒ Αθήνα.

Atkins P. W. & Paula J., (2009) Elements of Physical Chemistry, 5th Edition, Oxford University Press,.

Hans de Grys, (2007), Determining the Pressure inside an Unopened Carbonated Beverage *J. Chem. Educ.*, 84 (7), p 1117

Howald Reed, (1999), The Fizz Keeper, a Case Study in Chemical Education, Equilibrium, and Kinetics, *J. Chem. Educ.*, 76 (2), p 208

Stirling* Andras & Papai Imre , (2010) H_2CO_3 Forms via HCO^-_3 in Water, J. Phys. Chem. B 114, 16854–16859.

www.metal.ntua.gr/uploads/2202/lab4.pdf

http://www.practicalchemistry.org/experiments/

Συνεδρία 4: Αναλυτικά Προγράμματα και Εγχειρίδια Ι

Ανάπτυξη και Εφαρμογή Εργαλείου Ανάλυσης Εργαστηριακών Ασκήσεων

Κώστας Χαρίτος, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη

10ο Γυμνάσιο Αχαρνών, kcharit@sch.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την κατασκευή ενός συστήματος ανάλυσης εργαστηριακών ασκήσεων, που να δίνει έμφαση στη σύνδεση των μαθησιακών στόχων με όλες τις δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές κατά τη διδασκαλία μέσα στον εργαστηριακό χώρο. Η μεθοδολογία μας στηρίχθηκε στην καταγραφή και μελέτη των πιο διαδεδομένων συστημάτων ανάλυσης εργαστηριακών δραστηριοτήτων, καθώς επίσης στην ανάλυση 17 εργαστηριακών οδηγών φυσικών επιστημών. Με βάση αυτήν, αναπτύξαμε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τρεις συνιστώσες: (α) τους μαθησιακούς στόχους, (β) τις πειραματικές δραστηριότητες, και (γ) τις συνοδευτικές δραστηριότητες και έχει ως άξονα τη σύνδεση μαθησιακών στόχων και δραστηριοτήτων. Κατόπιν, εφαρμόσαμε αυτό το σύστημα για την ανάλυση των καινούριων εργαστηριακών οδηγών Χημείας Β' και Γ' Γυμνασίου. Από την εφαρμογή αποδείχτηκε ότι ο αναλυτής μπορεί άμεσα να διαπιστώσει: (α) αν οι μαθησιακοί στόχοι σχετίζονται με τις εργαστηριακές δραστηριότητες, και (β) το επίπεδο των δεξιοτήτων τις οποίες καλείται ο μαθητής να αποκτήσει.

Abstract

The purpose of this study was the development of an analysis tool-system for the laboratory work, which emphasizes the connection between learning objectives and activities, in which students are engaged during the teaching. Our methodology was based on the study of the widely used systems of analysis of laboratory work, and on the analysis of 17 science laboratory manuals. We developed an analysis tool-system which consisted of three dimensions: a) the learning objectives, b) the laboratory activities and c) the post laboratory activities and has as cornerstone the connection between learning objectives and activities. As an application, we used this tool to analyze the laboratory sheets for the new 8th and 9th – grade chemistry courses. From this analysis, it proved that the analyst can find: (a) whether the learning objectives are connected with the laboratory activities; (b) the level of the cognitive skills that students are ought to acquire.

Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι οι φυσικές επιστήμες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την εργαστηριακή πρακτική. Δεν είναι τυχαίο ότι η εισαγωγή της πειραματικής διαδικασίας από το Γαλιλαίο, ως μέσο ελέγχου των θεωριών, συχνά αναφέρεται ως το σημείο κλειδί για την ανάπτυξη των επιστημών όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία κ.α. Από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς πάνω στο θέμα (Johnstone & Al-Shuaili 2001, Hodson 2005), η εργαστηριακή άσκηση έχει ως στόχο την ανάπτυξη: α) κινητικών δεξιοτήτων χειρισμού οργάνων και συσκευών, β) δεξιοτήτων παρατήρησης, γ) της ικανότητας ερμηνείας πειραματικών δεδομένων και δ) της ικανότητας σχεδίασης πειραμάτων.

Όπως είναι φυσικό, η διδασκαλία στο εργαστήριο δεν επιτυγχάνει αυτόματα τους στόχους που θέτει. Υπάρχουν αρκετές δυσκολίες όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα μιας εργαστηριακής διδασκαλίας. Ένα θέμα που έχει απασχολήσει και συνεχίζει να απασχολεί τους ερευνητές είναι η δυσαρμονία μεταξύ των επιδιωκόμενων στόχων, των πρακτικών που χρησιμοποιούνται και του αποτελέσματος που επιτυγχάνεται. Έτσι, μια βασική κατεύθυνση της έρευνας στη διδακτική των φυσικών επιστημών, μέσω του εργαστηρίου, είναι η βελτίωση της διαδικασίας της μάθησης και ο εντοπισμός των στόχων και των δραστηριοτήτων που οδηγούν εκεί (Hofstein & Lunetta 2004).

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία υπάρχουν δύο διαδεδομένα συστήματα ανάλυσης εργαστηριακών οδηγών το Laboratory Analysis Inventory (LAI) (Lunetta & Tamir 1979) και το Map of the Variety of Labwork (MVL) (Tiberghien et. al. 2001). Τα συστήματα αυτά βοηθούν τον αναλυτή να συγκεντρώσει μεγάλο αριθμό στοιχείων με αρκετό εύκολο τρόπο, αλλά ταυτόχρονα υστερούν στην επισήμανση των αδυναμιών μιας εργαστηριακής άσκησης και στην ανάδειξη των στοιχείων που θα συνεισφέρουν στη βελτίωσή της. Ένα σύστημα ανάλυσης που θα αναδείκνυε με διαυγή τρόπο τους στόχους μιας εργαστηριακής άσκησης και τη σύνδεσής τους με τις δραστηριότητες που συνοδεύουν μια πειραματική διδασκαλία, θα βοηθούσε τον αναλυτή/εκπαιδευτικό να διακρίνει με ποιο τρόπο μπορεί να τροποποιήσει μια διδασκαλία, ώστε να επιτύχει όσο το δυνατόν καλύτερα τους επιδιωκόμενους στόχους. Επίσης, θα βοηθούσε τον αναλυτή να εκτιμήσει τι ελλείψεις έχουν και κατά πόσο μπορούν να ανταποκριθούν σε ευρύτερους στόχους της εργαστηριακής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών οι εργαστηριακοί οδηγοί και οι προτεινόμενες από το αναλυτικό πρόγραμμα εργαστηριακές ασκήσεις. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος ανάλυσης αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Μεθοδολογία της έρευνας

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε για την κατασκευή του προτεινόμενου συστήματος ανάλυσης εργαστηριακών οδηγών, αποτελείτο από τρία βήματα.

i) Αρχικά μελετήσαμε τα συστήματα LAI και MVL. Κατόπιν, αναλύσαμε (ανεξάρτητα δύο ερευνητές) δεκαεπτά εργαστηριακούς οδηγούς φυσικών επιστημών (Χαρίτος 2010), από όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Έτσι, επιτύχαμε να ορίσουμε τις τρεις διαστάσεις πάνω στις οποίες θα βασίζεται το σύστημα ανάλυσης που προτείνουμε (αρχική εκδοχή).

ii) Πραγματοποιήσαμε μια πιλοτική έρευνα, όπου δύο ανεξάρτητοι ερευνητές χρησιμοποίησαν την αρχική εκδοχή του συστήματος ανάλυσης, για να αναδειχθούν τα σημεία στα οποία χρειάζεται βελτίωση, αλλά και να εντοπιστούν ασάφειες και δυσκολίες στον τρόπο με τον οποίο καλείται ο ερευνητής να το χρησιμοποιήσει. Έτσι, αρκετά σημεία διασαφηνίστηκαν, ενώ προέκυψαν και αλλαγές στον τρόπο ανάλυσης των πειραματικών ασκήσεων, ειδικά όσον αφορά στις πειραματικές δραστηριότητες

iii) Στη συνέχεια, επιλέξαμε 200 εργαστηριακές ασκήσεις (Χαρίτος 2010) από τους παραπάνω οδηγούς για να αντλήσουμε παραδείγματα για κάθε κατηγορία που περιλαμβάνεται στο σύστημα που προτείνουμε. Ο σκοπός μας ήταν να βελτιώσουμε τη δομή του, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικά στα εργαστήρια φυσικών επιστημών, αλλά και να μην περιέχει περιττή πληροφορία, η οποία αποπροσανατολίζει τον αναλυτή. Έτσι προέκυψε η τελική μορφή του συστήματος ανάλυσης.

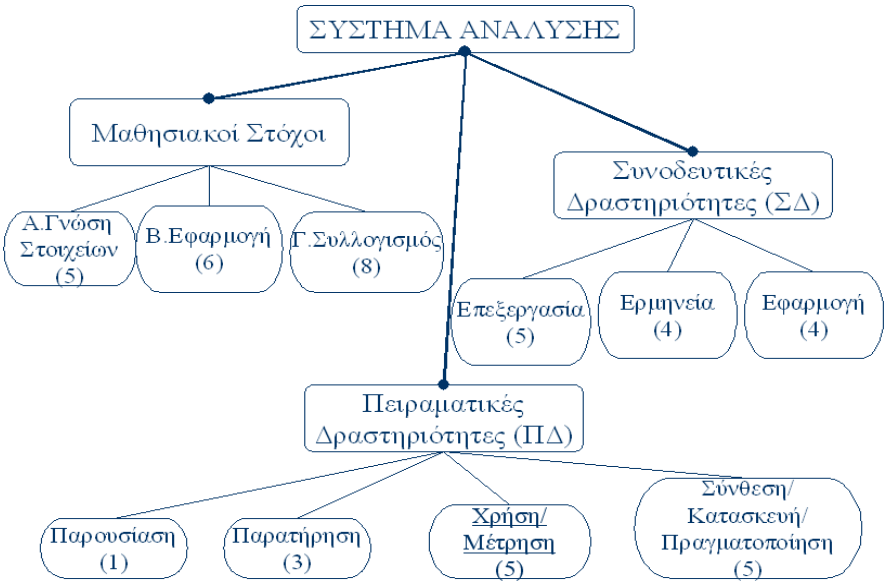
iv) Τέλος, χρησιμοποιήσαμε την τελική μορφή του συστήματος στην ανάλυση των εργαστηριακών οδηγών Χημείας της Β’ και Γ’ Γυμνασίου, για να διαπιστώσουμε την ευχρηστία του και να ελέγξουμε αν ανταποκρίνεται στο σκοπό της ανάπτυξής του.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Το σύστημα ανάλυσης που αναπτύξαμε αναδεικνύει με σαφή τρόπο τους στόχους μιας εργαστηριακής άσκησης και τη σύνδεσής τους με τις δραστηριότητες που συνοδεύουν μια πειραματική διδασκαλία, και είναι σύμφωνο με τις σύγχρονες κατευθύνσεις της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Κατά τη διαδικασία κατασκευής του συστήματος αναδύθηκαν τρεις κύριες διαστάσεις πάνω στις οποίες στηρίζεται και είναι οι ακόλουθες:
Α) Οι μαθησιακοί στόχοι της εργαστηριακής άσκησης, οι οποίοι βασίζονται στην ταξινόμηση της IEA (Garden R.A. et. al. 2008). Η ταξινόμηση περιλαμβάνει τις κατηγορίες: **Γνώση στοιχείων (Α)** με υποκατηγορίες στόχων: Ανάκληση/Αναγνώριση (Α1), Διατύπωση ορισμών (Α2), Διατύπωση περιγραφών (Α3), Χρήση εργαλείων και διαδικασιών (Α4), Επεξήγηση με παραδείγματα (Α5), **Εφαρμογή (Β)** με υποκατηγορίες στόχων: Χρήση μοντέλων (Β1), Σύγκριση/ Ταξινόμηση (Β2), Συσχέτιση (Β3), Ερμηνεία Πληροφοριών (Β4), Εύρεση Λύσεων (Β5), Εξήγηση (Β6) και **Συλλογισμός (Γ)** με υποκατηγορίες στόχων: Ανάλυση/ Επίλυση προβλημάτων (Γ1), Ενοποίηση/Σύνθεση (Γ2), Υπόθεση/ Πρόβλεψη (Γ3), Σχεδιασμός (Γ4), Εξαγωγή Συμπερασμάτων (Γ5), Γενίκευση (Γ6), Αξιολόγηση (Γ7), Αιτιολόγηση (Γ8).
Β) Οι δραστηριότητες που πραγματοποιούν οι μαθητές μέσα στον εργαστηριακό χώρο και αφορούν στις πειραματικές δραστηριότητες της άσκησης, καθώς και στη σχέση τους με τους μαθησιακούς στόχους. Αυτή τη διάσταση την ονομάσαμε: **Πειραματικές Δραστηριότητες (ΠΔ**) και περιλαμβάνει τις κατηγορίες δραστηριοτήτων: **Παρουσίαση (ΠΔ1)** για δραστηριότητες κατά τις οποίες οι μαθητές παρουσιάζουν ή επιδεικνύουν ένα αντικείμενο, π.χ. μια συλλογή ορυκτών. **Παρατήρηση (ΠΔ2)** για δραστηριότητες κατά τις οποίες οι μαθητές παρατηρούν ένα αντικείμενο, ένα υλικό ή ένα φαινόμενο. Π.χ. η παρατήρηση της διάλυσης μελανιού σε νερό. **Χρήση/Μέτρηση (ΠΔ3)** για δραστηριότητες κατά τις οποίες οι μαθητές χρησιμοποιούν ένα όργανο ή μια πειραματική διάταξη, συνήθως, για να κάνουν ποιοτικές ή ποσοτικές μετρήσεις ενός φυσικού μεγέθους ή μιας ιδιότητας. Π.χ. Η μέτρηση του βάρους ενός σώματος με δυναμόμετρο. **Σύνθεση/Κατασκευή/Πραγματοποίηση (ΠΔ4**) για δραστηριότητες κατά τις οποίες οι μαθητές συνθέτουν μια ουσία, κατασκευάζουν ένα αντικείμενο, ή πραγματοποιούν ένα φαινόμενο Π.χ. η σύνθεση βενζοκαΐνης από πρώτη ύλη PABA. Οι κατηγορίες των πειραματικών δραστηριοτήτων συμφωνούν εν μέρει με τις κατηγορίες του συστήματος MVL (Tiberghien et. al. 2001).
Γ) Οι δραστηριότητες των μαθητών που δεν ανήκουν στις πειραματικές δραστηριότητες, συνδέονται όμως με αυτές, και είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν εκτός εργαστηριακού χώρου. Αυτή τη διάσταση την ονομάσαμε: **Συνοδευτικές Δραστηριότητες (ΣΔ),** και περιλαμβάνει τις κατηγορίες δραστηριοτήτων: **Επεξεργασία (ΣΔ1)** για δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές επεξεργάζονται τα πειραματικά δεδομένα, π.χ. πραγματοποιώντας αριθμητικούς υπολογισμούς, καθορίζοντας την ακρίβειά τους, τοποθετώντας τα σε πίνακες ή διαγράμματα, κάνοντας γραφικές παραστάσεις, κ.α. **Ερμηνεία (ΣΔ2)** για δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν τα πειραματικά αποτελέσματα, π.χ. διερευνώντας για την ύπαρξη σχέσεων, εξηγώντας τις παρατηρήσεις τους μέσω επιστημονικών εννοιών, ή γενικεύοντας το μοντέλο που εξηγεί τα ευρήματά τους. **Εφαρμογή (ΣΔ3)** για δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν γνωστικές και πρακτικές δεξιότητες που απόκτησαν κατά την εργαστηριακή άσκησης, π.χ. να προβλέψουν τα αποτελέσματα ενός ανάλογου πειράματος ή να προτείνουν έναν τρόπο για να συνεχιστεί η έρευνα που πραγματοποίησαν.
Η κάθε μία από τις κατηγορίες στόχων και δραστηριοτήτων του συστήματος ανάλυσης περιλαμβάνει ορισμένες υποκατηγορίες (Σχήμα 1).

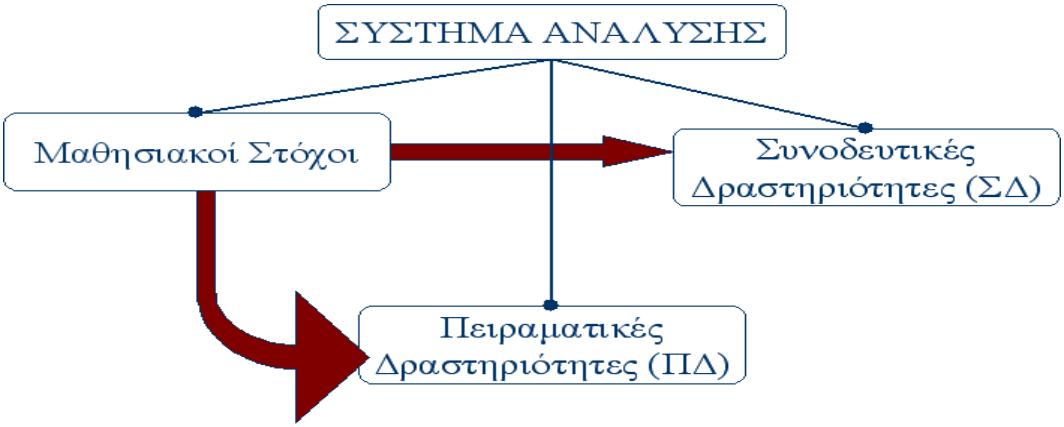
Η πρώτη διάσταση του συστήματος, οι μαθησιακοί στόχοι, συνδέεται με τις άλλες δύο διαστάσεις: πειραματικές και συνοδευτικές δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, σε κάθε μία από τις υποκατηγορίες των πειραματικών και συνοδευτικών δραστηριοτήτων αντιστοιχεί ένας ή

και περισσότεροι μαθησιακοί στόχοι που δύνανται να επιτευχθούν κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας.



Σχήμα 1: Σχεδιάγραμμα των τριών διαστάσεων του συστήματος ανάλυσης που προτείνουμε και των κατηγοριών που περιλαμβάνει η καθεμία. Οι αριθμοί μέσα στις παρενθέσεις δείχνουν πόσες υποκατηγορίες αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία.

Αναλύοντας μια εργαστηριακή άσκηση με τη βοήθεια του συστήματος ένας αναλυτής μπορεί: (α) να καταγράψει και ταξινομήσει τους μαθησιακούς στόχους που θέτει η άσκηση, (β) να καταγράψει και ταξινομήσει τις πειραματικές και συνοδευτικές δραστηριότητες που προτείνει η άσκηση, και (γ) να αντιστοιχήσει σε κάθε μία δραστηριότητα έναν ή περισσότερους μαθησιακούς στόχους οι οποίοι μπορούν να επιτευχθούν με αυτή. Το σχήμα 2 αποτελεί μια συνοπτική αναπαράσταση αυτής της διαδικασίας. Συγκρίνοντας, τέλος, τους μαθησιακούς στόχους που θέτει η άσκηση με αυτούς που μπορούν να επιτευχθούν από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνει η άσκηση, ο αναλυτής μπορεί να έχει μια εικόνα για την πληρότητα της άσκησης και να προτείνει τρόπους βελτίωσής της.



Σχήμα 2: Σχεδιάγραμμα των τριών διαστάσεων του συστήματος ανάλυσης που προτείνουμε και της λειτουργίας του. Τα βέλη υποδεικνύουν την ανάλυση μέσω της σύνδεσης των μαθησιακών στόχων με τις δραστηριότητες που πραγματοποιεί ο μαθητής.

Εφαρμογή

Μετά την ανάπτυξη του συστήματος ανάλυσης εργαστηριακών οδηγών, προχωρήσαμε στην εφαρμογή του, επιλέγοντας να αναλύσουμε τους καινούριους εργαστηριακούς οδηγούς Χημείας της Β' Γυμνασίου (Αβραμιώτης κ.α. 2007) και της Γ' Γυμνασίου (Θεοδωρόπουλος κ.α. 2007). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του εργαστηριακού οδηγού χημείας της Β΄ Γυμνασίου μας αποκαλύπτουν ότι οι μαθησιακοί στόχοι τους οποίους θέτουν οι εργαστηριακές ασκήσεις ανήκουν στις υποκατηγορίες: Ανάκληση/Αναγνώριση (Α1), Χρήση εργαλείων και διαδικασιών (Α4), Σύγκριση/Ταξινόμηση (Β2), Εύρεση Λύσεων (Β5), Εξήγηση (Β6), και Εξαγωγή Συμπερασμάτων (Γ5), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.

Σχήμα 3: Η συχνότητα εμφάνισης κάθε υποκατηγορίας μαθησιακών στόχων στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Β' Γυμνασίου.

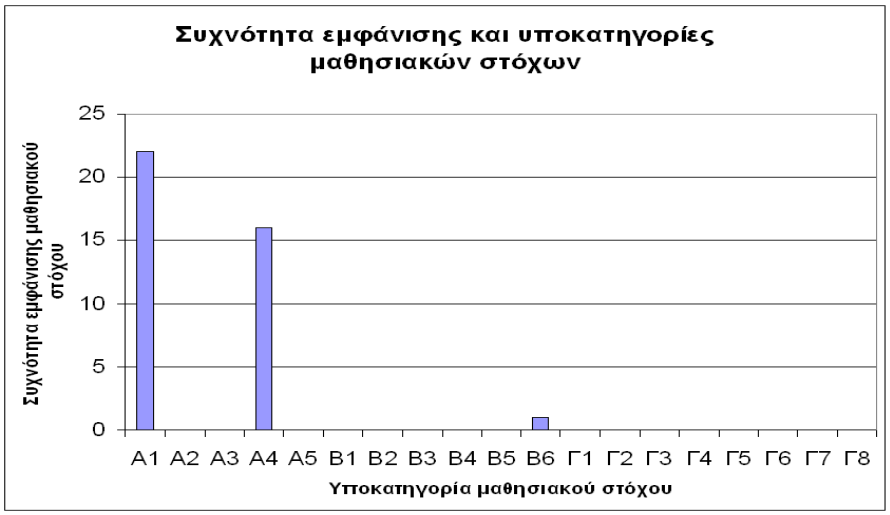
Οι πειραματικές δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται από τον εργαστηριακό οδηγό της Β' Γυμνασίου κατανέμονται στις υποκατηγορίες: Παρατήρηση ενός υλικού (ουσίας) (ΠΔ2.2), Παρατήρηση ενός φαινομένου (ΠΔ2.3), Χρησιμοποίηση οργάνου/ Χρησιμοποίηση πειραματικής συσκευής ή διάταξης/ Εκτέλεση μιας πειραματικής διαδικασίας για μέτρηση ενός μεγέθους(ποιοτική ή ποσοτική) με οδηγίες βήμα προς βήμα (ΠΔ3.1), Χρησιμοποίηση ενός οργάνου/ Χρησιμοποίηση ενός οργάνου για μέτρηση μεγέθους (ποιοτική ή ποσοτική) χωρίς οδηγίες (ΠΔ3.1.2), και Κατασκευή ενός αντικειμένου/ Σύνθεση μιας ουσίας/ Πραγματοποίηση ενός φαινομένου, με οδηγίες βήμα προς βήμα (ΠΔ4.1). Όλες οι παραπάνω πειραματικές δραστηριότητες συνδέονται με τους μαθησιακούς στόχους: Ανάκληση/ Αναγνώριση στοιχείων (Α1) και Χρήση εργαλείων και διαδικασιών (Α4) (Σχήμα 4).

Σχήμα 4: Η συχνότητα εμφάνισης κάθε υποκατηγορίας πειραματικής δραστηριότητας στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Β' Γυμνασίου. Με διαφορετικά χρώματα δείχνονται οι υποκατηγορίες μαθησιακών στόχων στις οποίες αντιστοιχεί κάθε πειραματική δραστηριότητα.

Οι συνοδευτικές δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται από τον εργαστηριακό οδηγό της Β' Γυμνασίου κατανέμονται στις πέντε υποκατηγορίες: Πραγματοποίηση αριθμητικών υπολογισμών-Χρήση τύπων (ΣΔ1.4), Διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ αντικειμένων, φυσικών μεγεθών κτλ. (ΣΔ2.1), Εξήγηση των παρατηρήσεων με βάση μια δοθείσα ερμηνεία ή προτείνοντας ερμηνείες (ΣΔ2.2), Γενίκευση του μοντέλου που εξηγεί τα ευρήματα της έρευνας (ΣΔ2.4), και Πρόβλεψη με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας που έκανε (ΣΔ3.1). Με τις δραστηριότητες αυτές οι μαθητές μπορούν να πετύχουν περισσότερους και διαφορετικής γνωστικής απαίτησης μαθησιακούς στόχους όπως: Ανάκληση/ Αναγνώριση (Α1) Επεξήγηση με παραδείγματα (Α5), Σύγκριση/Ταξινόμηση (Β2), Εύρεση Λύσεων (Β5), Εξήγηση (Β6), Υπόθεση/ Πρόβλεψη (Γ3), Εξαγωγή συμπερασμάτων (Γ5) και Γενίκευση (Γ6) όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.

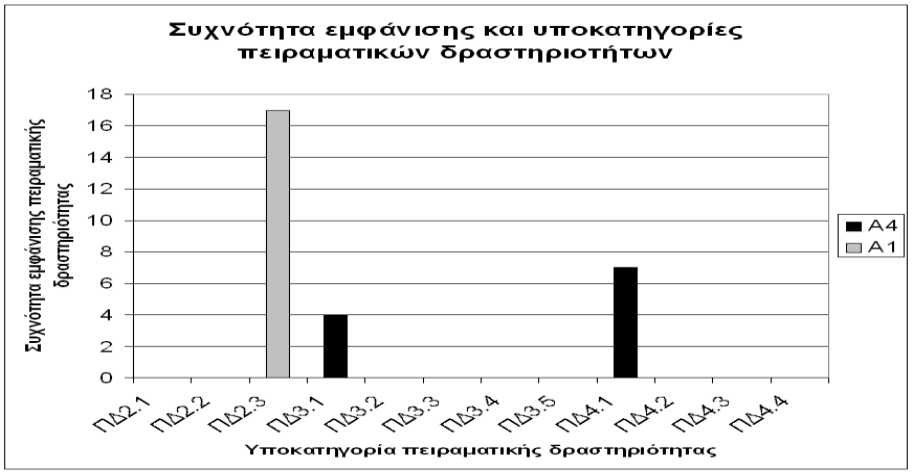
Σχήμα 5: Η συχνότητα εμφάνισης κάθε υποκατηγορίας συνοδευτικής δραστηριότητας στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Β' Γυμνασίου. Με διαφορετικά χρώματα και μοτίβα δείχνονται οι υποκατηγορίες μαθησιακών στόχων στις οποίες αντιστοιχεί κάθε συνοδευτική δραστηριότητα.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του εργαστηριακού οδηγού χημείας της Γ Γυμνασίου μας αποκαλύπτουν ότι οι μαθησιακοί στόχοι τους οποίους θέτουν οι εργαστηριακές ασκήσεις κατανέμονται μόνο σε τρεις υποκατηγορίες: Ανάκληση/Αναγνώριση (Α1), Χρήση εργαλείων και διαδικασιών (Α4), και Εξήγηση (Β6) (Σχήμα 5).



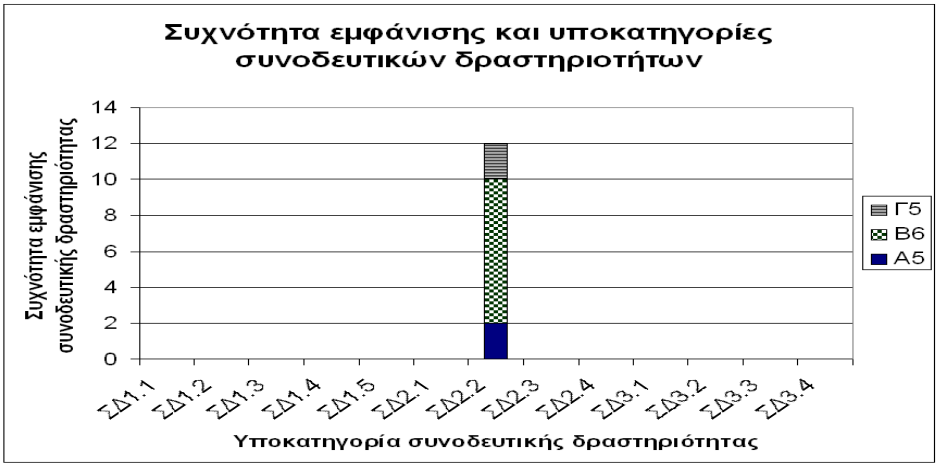
Σχήμα 6: Η συχνότητα εμφάνισης κάθε υποκατηγορίας μαθησιακών στόχων στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Γ' Γυμνασίου.

Οι πειραματικές δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται από τον εργαστηριακό οδηγό της Γ' Γυμνασίου κατανέμονται στις κατηγορίες: Παρατήρηση ενός φαινομένου (ΠΔ2.3), Χρησιμοποίηση οργάνου/ Χρησιμοποίηση πειραματικής συσκευής ή διάταξης/ Εκτέλεση μιας πειραματικής διαδικασίας για μέτρηση ενός μεγέθους (ποιοτική ή ποσοτική) με οδηγίες βήμα προς βήμα (ΠΔ3.1), και Κατασκευή ενός αντικειμένου/ Σύνθεση μιας ουσίας/ Πραγματοποίηση ενός φαινομένου, με οδηγίες βήμα προς βήμα (ΠΔ4.1). Όλες οι παραπάνω πειραματικές δραστηριότητες συνδέονται με τους μαθησιακούς στόχους: Ανάκληση/ Αναγνώριση στοιχείων (Α1) και Χρήση εργαλείων και διαδικασιών (Α4) (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: Η συχνότητα εμφάνισης κάθε υποκατηγορίας πειραματικής δραστηριότητας στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Γ' Γυμνασίου. Με διαφορετικά χρώματα δείχνονται οι υποκατηγορίες μαθησιακών στόχων στις οποίες αντιστοιχεί κάθε πειραματική δραστηριότητα.

Οι συνοδευτικές δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται από τον εργαστηριακό οδηγό της Γ' Γυμνασίου εντάσσονται στην κατηγορία Ερμηνεία (ΣΔ2) και στην υποκατηγορία: Εξήγηση των παρατηρήσεων με βάση μια δοθείσα ερμηνεία ή προτείνοντας ερμηνείες (ΣΔ2.2). Επιπλέον, οι δραστηριότητες αυτές βοηθούν τους μαθητές να πετύχουν μόνο τρεις μαθησιακούς στόχους διαφορετικής γνωστικής απαίτησης: Επεξήγηση με παραδείγματα (Α5), Εξήγηση (Β6), και Εξαγωγή συμπερασμάτων (Γ5) όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8: Η συχνότητα εμφάνισης και η κατηγορία συνοδευτικής δραστηριότητας στις ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού Χημείας Γ Γυμνασίου. Με διαφορετικά χρώματα και μοτίβα δείχνονται οι υποκατηγορίες μαθησιακών στόχων στις οποίες αντιστοιχεί κάθε συνοδευτική δραστηριότητα.

Συμπεράσματα

Η διδασκαλία στο εργαστήριο μπορεί να είναι αποτελεσματική εάν είναι σαφείς οι αρχικοί της στόχοι και εάν οι δραστηριότητες που θα πραγματοποιήσουν οι μαθητές συνδέονται με τους στόχους της διδασκαλίας. Η σύνδεση αυτή αποτελεί τον άξονα του συστήματος ανάλυσης που προέκυψε από την εργασία αυτή. Από την εφαρμογή του συστήματος στην ανάλυση των δύο εργαστηριακών οδηγών Χημείας Β' και Γ' Γυμνασίου εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Όσον αφορά στην αξιολόγηση των εργαστηριακών οδηγών:

Οι πειραματικές δραστηριότητες κυριαρχούνται από εκτέλεση οδηγιών βήμα προς βήμα και επικεντρώνονται σε μικρό αριθμό μαθησιακών στόχων κυρίως χαμηλότερου επιπέδου γνωστικών δεξιοτήτων

Οι συνοδευτικές δραστηριότητες συνδέονται με μεγαλύτερο εύρος μαθησιακών στόχων στη Β' Γυμνασίου απ' ότι στη Γ' Γυμνασίου, όπου υπάρχει πολύ μικρότερη ποικιλία, παρότι θα περίμενε κανείς το αντίθετο, καθώς οι μικρότεροι μαθητές είναι λιγότερο εξοικειωμένοι με εργαστηριακές πρακτικές.

Όσον αφορά στην ευχρηστία του συστήματος ανάλυσης:

Αναδύεται με σαφήνεια το επίπεδο των γνωστικών και πρακτικών δεξιοτήτων τις οποίες καλείται ο μαθητής να αξιοποιήσει είτε στις πειραματικές είτε στις συνοδευτικές δραστηριότητες

Ο αναλυτής/εκπαιδευτικός μπορεί άμεσα να διαπιστώσει ποιοι στόχοι δεν σχετίζονται με δραστηριότητες, όπως και ποιες δραστηριότητες δεν αντιστοιχούν σε στόχους

Διαπιστώνεται με σχετική ευκολία ποιοι στόχοι και δραστηριότητες απουσιάζουν εντελώς από ένα πακέτο ασκήσεων και ποιοι υπερεκπροσωπούνται.

Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης ο εκπαιδευτικός μπορεί να αποφασίσει είτε την αναπροσαρμογή των στόχων είτε την απάλειψη ή την προσθήκη κάποιων δραστηριοτήτων.

Βιβλιογραφία

Αβραμιώτης Σ., Αγγελόπουλος Β., Καπελώνης Γ., Σινιγάλιας Π., Σπαντίδης Δ., Τρικαλίτη Α., Φίλος Γ. (2007). Χημεία Β' Γυμνασίου. Εργαστηριακός οδηγός. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Θεοδωρόπουλος Π., Παπαθεοφάνους Π., Σιδέρη Φ. (2007). Χημεία Γ' Γυμνασίου, Εργαστηριακός οδηγός. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Χαρίτος, Κ. (2010). Ανάπτυξη και Εφαρμογή Εργαλείου Ανάλυσης Εργαστηριακών Ασκήσεων. Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ Αθήνα.

Garden R.A., Lie, S., Robitaille, D.F., Angell, C., Martin, M.O., Mullis, I.V.S. Foy, P., Arora, A., (2008).TIMSS Advanced 2008 Assessment Frameworks.

Hodson, D. (2005). Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. Education Quimica, 16, 60-68.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N., (2004). The Laboratory in Science Education :Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88, 28-54.

Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughths from the literature. University Chemistry Education, 5, 42-51.

Lunetta, V.N., & Tamir, P. (1979). Matching lab activities with teaching goals. The Science Teacher, 46, 22-24.

Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C. and Millar, R. (2001), An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. Science Education, 85, 483–508.

Η Σύνδεση Επιστημονικού Περιεχομένου και Κοινωνικού Πλαισίου στα γραπτά κείμενα των σχολικών εγχειρίδιων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω»

Νίκος Αλχασίδης, Εκπαιδευτικός, *Μ.α. στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών ΠΤΔΕ, ΠΔΜ, Π.Ε. Καστοριάς*, ***nalchas@sch.gr***
Κατερίνα Δημητριάδου *Επίκουρος Διδακτικής Μεθοδολογίας ΠΤΔΕ, ΠΔΜ*, ***adimitriadou@uowm.gr***

Περίληψη

Η στροφή των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών προς τον επιστημονικό γραμματισμό και η σύνδεση του περιεχόμενου της επιστήμης με ευρύτερα κοινωνικά πλαίσια αντικατοπτρίζονται στα σχολικά εγχειρίδια με την ενσωμάτωση αναπλαισιωμένων ειδών κειμένων, τα οποία προσδίδουν στο επιστημονικό περιεχόμενό τους ένα νέο προσανατολισμό. Αξιοποιώντας τις θεωρίες που προέρχονται από το χώρο της Συστημικής Λειτουργικής Γλωσσολογίας, στην παρούσα εισήγηση αναλύονται τα γραπτά κείμενα των εγχειριδίων της Στ΄ Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Ο στόχος της ανάλυσης είναι διπλός: α) να αναδειχθεί ο λειτουργικός ρόλος που πραγματώνουν τα κείμενα αυτά σε σχέση με το σχολικό και επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών και β) να ανιχνευτούν τα πλαίσια των κοινωνικών περιστάσεων που υιοθετούνται στα εγχειρίδια για την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης των μαθητών.

Abstract

Provided the turn of the Greek curriculum to scientific literacy and the connection of scientific content to broader social contexts, school textbooks tend to incorporate recontextualized types of texts in order to give an innovative orientation to their content. Based on the theory of Systemic Functional Linguistics, an effort is made in this paper to analyse the written texts of the 6th grade primary school Science textbooks. The aim of this analysis is both to reveal the functional role of the written texts for the students' school and science literacy and to examine which social circumstances are formed in the textbooks in order for this literacy to be attained.

Εισαγωγή

Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) αναγνωρίζει ότι για τη μετάδοση της επιστημονικής γνώσης αλληλεπιδρά το περιεχόμενο με την παιδαγωγική σε ένα ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο (Shulman 1987).
Θεωρητικές προσεγγίσεις αλλά και εμπειρικές μελέτες ανέδειξαν το σημαντικό ρόλο του κοινωνικού διαλόγου στην ερμηνεία και οικοδόμηση της φυσικοεπιστημονικής γνώσης (Myers 1983,Gilbert & Mulkay 1984, Latour 1987, Latour 2004, Wallace, Prain & Hand 2004). Οι έρευνες για το ρόλο του λόγου (discourse) στην κατασκευή της φυσικοεπιστημονικής γνώσης και των επιστημονικών πρακτικών στη μελέτη των διαδικασιών διαλόγου που λαμβάνουν χώρα σε επιστημονικά πλαίσια ανάδειξε τους τρόπους με τους οποίους η *διαδικασία πραγμάτευσης νοημάτων* επηρεάζει τη δόμηση και αναδόμηση των επιστημονικών θέσεων. Ως σημαντική διαπίστωση προκύπτει ότι το νόημα από μια

κοινωνική δράση δεν μπορεί να γενικευτεί για το σύνολο των δράσεων που λαμβάνουν χώρα, αλλά γίνεται αντιληπτό με διαφορετικούς τρόπους από τους συμμετέχοντες σε ένα επιστημονικό διάλογο, καθώς παράγει διαφορετικές ερμηνείες σε διαφορετικά κοινωνικά πλαίσια (Gilbert & Mulkay 1984).

Αξίζει μάλιστα να σημειωθεί ότι αν και υπάρχουν ενστάσεις κατά πόσον η κοινωνική διαπραγμάτευση είναι το ζητούμενο στην επιστήμη (Shamos 1995: 37), ωστόσο η κοινωνική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης είναι προϋπόθεση του επιστημονικού γραμματισμού, ο οποίος επιζητεί από τα υποκείμενα να αναπτύξουν κοινωνικές διαδικασίες διαλόγου (OECD 2006, OECD 2007).

Στα σχολικά εγχειρίδια η επιστημονική γνώση μετασχηματίζεται σε σχολική, προκειμένου να παρουσιάζει «οικολογική εγκυρότητα» σε σχέση με τα ενδιαφέροντα και τις ικανότητες των μαθητών (Bernstein 1991). Ανεξαρτήτως όμως μετασχηματισμού ή μη, το περιεχόμενο αναφέρεται σε συγκεκριμένες διαφορετικές επιστημονικές πρακτικές, τις οποίες αποδέχεται κάθε επιστημονικός κλάδος. Το είδος ενός κειμένου αποκαλύπτει μία σειρά κοινωνικών παραμέτρων που εκτείνονται από την επισημότητα μιας ανακοίνωσης σε επιστημονικό συνέδριο μέχρι την ανεπίσημη επιστολή σε ένα φίλο. Σύμφωνα με τους Prain & Hand (2006) ένα σχολικό εγχειρίδιο μπορεί να περιλαμβάνει δύο κατηγορίες κειμένων: α) *επίσημα επιστημονικά είδη* κειμένων, όπως αναφορές (reports), εξηγήσεις, βιογραφίες επιστημόνων, άρθρα επιστημονικών περιοδικών, ημερολόγια επιστημόνων, διαγράμματα και β) *ανεπίσημα είδη,* όπως αφηγήσεις, οδηγούς και οδηγίες, γνωστικούς χάρτες, επιστολές, ενημερωτικά φυλλάδια, ποιήματα, αφίσες, ημερολόγια ταξιδίων, σενάρια, κείμενα για αντιπαράθεση απόψεων (debates), ομιλίες σε ακροατήριο, κόμικς, κ.λπ.

Όταν λοιπόν το εγχειρίδιο πραγματεύεται ζητήματα επιστημονικού περιεχομένου και μεθοδολογίας, το κοινωνικό πλαίσιο μπορεί να αφορά τις σχέσεις και γενικότερα τη διαλεκτική που αναπτύσσεται σε ένα επιστημονικό εργαστήριο μέσα από πειραματικές διαδικασίες· μπορεί όμως να αφορά και ένα ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο, όταν το εγχειρίδιο δίνει έμφαση σε κοινωνικές όψεις στη διαπραγμάτευση της επιστημονικής γνώσης, όπως ανακοινώσεις σε συνέδρια, άρθρα σε εφημερίδες ή αντιπαράθεση απόψεων μεταξύ ειδικών και μη ειδικών.

Για την κατασκευή του εκάστοτε κοινωνικού πλαισίου σημαντικό ρόλο παίζει η γλώσσα, είτε εικονιστική είτε γραπτή. Ο Fairclough και οι Wallace, Prain & Hand αναγνωρίζουν την επίδραση ευρύτερων κοινωνικών και πολιτισμικών αλλαγών στη γλώσσα, θεωρώντας τη χρήση της σημαντική για το γραμματισμό των υποκειμένων (Fairclough 1992: 73, 198, Wallace, Prain & Hand 2004: 5-19). Επομένως οι κοινωνικές διαδικασίες διαλόγου αναπτύσσονται μέσα από διαφορετικά είδη κειμένων, πραγματώνοντας το κοινωνικό περιβάλλον διαπραγμάτευσης των εννοιών, επιβάλλοντας στα υποκείμενα νόρμες συμπεριφοράς και τρόπους σκέψης (Miller 1994: 35–36, Shamos 1995: 80-81,89, Knain 2001). Στην κατεύθυνση αυτή, έρευνες έδειξαν ότι μαθητές που εξασκήθηκαν στη γραπτή έκφραση μέσα από διαφορετικά είδη κειμένων που είχαν σχεδιάσει οι ίδιοι ανέπτυξαν καλύτερη κατανόηση γύρω από τις επιστημονικές έννοιες και απάντησαν σε υψηλότερου επιπέδου επιστημονικά ερωτήματα από ομάδες μαθητών που δεν είχαν ασκηθεί στο σχεδιασμό γραπτών δραστηριοτήτων (Hand & Prain 2004: 62).

Τα σχολικά εγχειρίδια στη χώρα μας έχουν άμεση σχέση με τον επιστημονικό γραμματισμό, όπως αυτός περιγράφεται στον ορισμό του OECD (ΦΕΚ 304/13-03-2003 σ. 4230), καθώς αντανακλούν τις αρχές των ΑΠΣ του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος που τον υιοθετούν. Επομένως, αναμένεται – πέρα από το επιστημονικό τους περιεχόμενο – να συνδέουν τις επιστημονικές έννοιες και πρακτικές με την κοινωνία (Αποστολάκης κ.α. 2006γ:24-25). Η πρώτη εντύπωση που αποκομίζει κανείς αν φυλλομετρήσει τα εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών είναι ότι συνδέουν το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον με την επιστημονική γνώση. Μια προσεκτικότερη ανάγνωση γεννά τον προβληματισμό αν πράγματι

τα εγχειρίδια ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του επιστημονικού γραμματισμού, αν δηλαδή συνδέουν ουσιαστικά τις επιστημονικές με τις κοινωνικές πρακτικές, οδηγώντας τους μαθητές στην ανάπτυξη μιας διαλεκτικής αναφορικά με τη σχέση της επιστήμης και των κοινωνικών εφαρμογών της ή ωθώντας τους σε τρόπους ανάληψης κοινωνικής δράσης.
Στην παρούσα εισήγηση εξετάζουμε τα σχολικά εγχειρίδια της Στ΄ Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» κάτω από το πρίσμα που περιγράφηκε παραπάνω. Στόχος της έρευνάς μας είναι να διερευνήσει: α) τα είδη του λόγου (genres) τα οποία εμπεριέχονται στα σχολικά εγχειρίδια και β) τα γλωσσικά στοιχεία των κειμένων σε σχέση με αυτά τα είδη. Όπως προαναφέραμε, τα είδη αυτού του λόγου αντανακλούν τα πλαίσια της κοινωνικής περίστασης, ενώ τα γλωσσικά στοιχεία των κειμένων αφορούν αφενός το μετασχηματισμό του περιεχομένου και αφετέρου την πρόσκτηση ικανοτήτων γλωσσικού και αριθμητικού γραμματισμού (Lemke 2002, Vaughan & Waldrip 2006: 1843–1866).

Μεθοδολογία

Προκειμένου να εξετάσουμε τα εγχειρίδια της διερεύνησής μας σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο που θέσαμε, τα ερωτήματα της έρευνάς μας διαμορφώθηκαν ως εξής:
Ποια είδη κειμένων ενσωματώνουν τα εγχειρίδια της Στ΄ Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω»;
Τα ενσωματωμένα είδη κειμένων στα εγχειρίδια αυτά διατηρούν τα ιδιαίτερα γλωσσικά χαρακτηριστικά τους ή όχι;
Το πρώτο ερώτημα αφορά την προώθηση του κοινωνικού διαλόγου αναφορικά με την επιστήμη και τις εφαρμογές της μέσα από είδη κειμένων που παραπέμπουν σε διαφορετικά πλαίσια κοινωνικής περίστασης, επιβάλλοντας έτσι στα υποκείμενα διαφορετικές νόρμες κοινωνικής ή επιστημονικής συμπεριφοράς. Το δεύτερο αφορά τα γλωσσικά στοιχεία του κάθε είδους που αναδεικνύουν τους ιδιαίτερους κώδικες επικοινωνίας των επιστημόνων, έτσι ώστε ο μαθητής να είναι σε θέση να συνδέσει την ιδιαίτερη γλώσσα της επιστήμης με τα επίσημα επιστημονικά είδη γραφής· με τον τρόπο αυτό θα είναι σε θέση να διακρίνει την επιστημονική από την καθημερινή γλώσσα που χρησιμοποιείται σε άτυπες περιστάσεις επικοινωνίας.

Ερευνήθηκαν τα τρία εγχειρίδια της Στ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου. (Αποστολάκης κ.α. 2006 α, β, γ,). Η εξέτασή τους έγινε με γνώμονα το γεγονός ότι πρόκειται για τρία διαφορετικά εγχειρίδια που απευθύνονται σε διαφορετικά υποκείμενα (δάσκαλο και μαθητή) και χρησιμοποιούνται σε περιστάσεις επικοινωνίας διδασκαλίας, οι οποίες όμως διαφοροποιούνται μεταξύ τους. Η υπόθεση που διατυπώθηκε αφορά δύο άξονες εξέτασης, κατά πόσο δηλαδή: α) η ταξινόμηση[4] των κειμένων δεν διαφοροποιείται σε σχέση με το είδος του καθενός και β) η *τυπικότητα*[5] των κειμένων παρουσιάζει ομοιογενείς κατανομές μέσα στα *είδη* κειμένων. Αν ισχύουν οι δύο παραπάνω διαπιστώσεις, τότε το ισχυρό επιστημονικό περιεχόμενο δεν συνδέεται με επίσημες περιστάσεις επιστημονικού λόγου ούτε το ασθενές επιστημονικό περιεχόμενο συνδέεται με ανεπίσημες περιστάσεις λόγου. Αυτό θα σημαίνει ότι δεν παρατηρούνται λεκτικές διακρίσεις μέσα στα είδη κειμένων, επομένως δεν είναι δυνατόν

[4] Ο όρος *ταξινόμηση* αναφέρεται στον Bernstein (1991) και αφορά δύο τύπους *ταξινόμησης*: την *ταξινόμηση* τύπου *α΄* και την *ταξινόμηση* τύπου β΄. Η ταξινόμηση αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ περιεχομένων και προσδιορίζει τη φύση της διαφοροποίησης που υπάρχει μεταξύ τους. Η *ταξινόμηση* τύπου *α΄* αναφέρεται στη διαφύλαξη των συνόρων μεταξύ των πεδίων της επιστημονικής γνώσης (π.χ. γνώση της φυσικής, γνώση της χημείας). Η *ταξινόμηση* τύπου β΄ αναφέρεται στη διαφύλαξη των συνόρων μεταξύ της σαφούς και ασαφούς διατύπωσης της φυσικοεπιστημονικής γνώσης μέσα σε ένα κείμενο, όπως θα συζητήσουμε παρακάτω. Η δική μας μελέτη εξετάζει την *ταξινόμηση* τύπου β΄.
[5] Με τον όρο τυπικότητα αναφερόμαστε στα ιδιαίτερα γλωσσικά στοιχεία των επιστημονικών κειμένων, όπως η ύπαρξη συμβόλων και μαθηματικών τύπων.

να παρατηρηθούν και διακρίσεις σε γνωστικό επίπεδο (Μπόρχες 2001: 59) .

Με δεδομένα τα προαναφερθέντα ερωτήματα, οι παράμετροι οι οποίες πρέπει να ανιχνευθούν είναι: 1) το είδος του κειμένου, 2) ο βαθμός μετασχηματισμού α) του περιεχομένου σε σχέση με το είδος του κειμένου και β) του γλωσσικού κώδικα σε σχέση με το είδος του κειμένου. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν τα κείμενα που αναφέρονται σε δύο ενότητες του σχολικού εγχειριδίου, τον ηλεκτρομαγνητισμό και την ενέργεια. Οι εν λόγω ενότητες επιλέχθηκαν επειδή η πρώτη αναφέρεται σε ένα θεωρητικό κατασκεύασμα και η δεύτερη σε μετρήσιμα φυσικά μεγέθη και πειραματικές αποδείξεις. Επιλέχθηκαν επίσης επειδή τα κεφάλαια αυτά των Φυσικών Επιστημών διδάσκονται σε πιο ανεπτυγμένη ακαδημαϊκή εκδοχή σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Ως πλαίσια κοινωνικής περίστασης ορίστηκαν τόσο το επίσημο όσο και το ανεπίσημο επιστημονικό πλαίσιο επικοινωνίας. Το πλαίσιο μετασχηματισμού του γλωσσικού περιεχομένου αφορούσε τις διαφοροποιήσεις των κειμένων ως προς το ισχυρό ή ασθενές επιστημονικό τους περιεχόμενο (ταξινόμηση) και ως προς τους γλωσσικούς τους κώδικες (τυπικότητα)[6].

Για την διευκρίνιση του πλαισίου κοινωνικής περίστασης κατασκευάσαμε ένα ερευνητικό εργαλείο συναφές με το σύστημα ταξινόμησης των Prain & Hand (2006: 162-163) ενώ για να διερευνήσουμε τη σχέση επιστημονικού περιεχομένου και κωδίκων επικοινωνίας στηριχτήκαμε στο εργαλείο που ανέπτυξαν οι Κουλαϊδής κ.ά. (2002), προβαίνοντας σε ανάλυση λόγου των κειμένων αναφοράς .

Αποτελέσματα

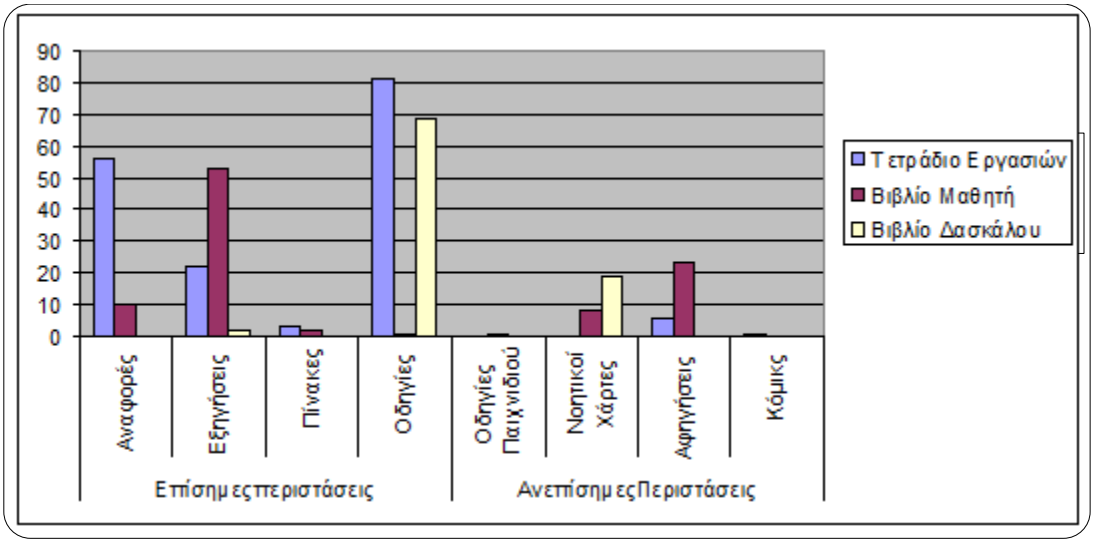
Εξετάσαμε συνολικά N=357 μονάδες γραπτών κειμένων. Κατά τον έλεγχο τυχαιότητας του δείγματος (χ2 τεστ καλής προσαρμογής), για τις μεταβλητές *δημιουργός κειμένου, είδος κειμένου, ταξινόμηση* και *τυπικότητα* του γραπτού κειμένου, παρατηρήσαμε ότι οι παρατηρούμενες συχνότητες των κατηγοριών των ανωτέρω μεταβλητών απέχουν πολύ από τις αντίστοιχες θεωρητικές/ αναμενόμενες συχνότητες μιας κατανομής. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο 0,05 (p=0,0) για όλες τις κατανομές των συχνοτήτων των κατηγοριών των ανωτέρω μεταβλητών. Ο βαθμός ελευθερίας κυμαίνεται σε σχετικά μικρές τιμές, για όλες τις μεταβλητές. Επίσης, τα ποσοστά των κελιών που μετρούν κάτω του 5 είναι μηδενικά, γεγονός που μας επιτρέπει να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για τις κατηγορίες των μεταβλητών των γραπτών κειμένων.

Πλαίσιο Κοινωνικής Περίστασης

Στα εγχειρίδια της περίπτωσης που εξετάζουμε και αναφορικά με τα γραπτά κείμενα (Διάγρ. 1) οι συγγραφείς επικεντρώθηκαν κυρίως στις επίσημες (85%) και όχι στις ανεπίσημες (15%) περιστάσεις του επιστημονικού λόγου. Στα εγχειρίδια μαθητή εξαιρετικά μεγάλα ποσοστά συγκεντρώνει το είδος της *αναφοράς* και της *εξήγησης*, που αποτελούν και τα πλέον επίσημα είδη επιστημονικής γραφής. Οι συγγραφείς στα εγχειρίδια μαθητή προτίμησαν να ακολουθήσουν την ακαδημαϊκή κατεύθυνση της γνώσης, ενσωματώνοντας στα εγχειρίδια γραπτά κείμενα που ανήκουν στο *είδος* της *αναφοράς* (18,9% επί συνόλου γραπτών κειμένων) και της *εξήγησης* (21,6% επί συνόλου γραπτών κειμένων). Ενσωματώνουν επίσης ελάχιστους *πίνακες* οι οποίοι αφορούν τη συμπλήρωση λέξεων ή προτάσεων και όχι αριθμητικών δεδομένων (1,4% επί συνόλου γραπτών κειμένων), και δίνουν ιδιαίτερο βάρος στη διεξαγωγή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (πειραμάτων, καταγραφή παρατηρήσεων και

[6] Για τα κριτήρια ταξινόμησης και τυπικότητας, βλ. Αλχασίδης (2010), Ανάλυση Σχολικών Εγχειριδίων της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο: Διδακτικές και Κοινωνικο-Πολιτισμικές Διαστάσεις (αδημοσίευτη διπλωματική εργασία στο πλαίσιο του ΠΜΣ του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του ΠΔΜ)

συμπερασμάτων) μέσα από κείμενα που εμπεριέχουν *οδηγίες* προς τα υποκείμενα (43,1% επί συνόλου γραπτών κειμένων). Η διαπίστωσή μας αυτή ισχυροποιείται αν εξετάσουμε το πλήθος των γραπτών κειμένων τα οποία θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν και δεν συμπεριέλαβαν (άρθρα εφημερίδων, ημερολόγια, βιογραφίες επιστημόνων κ.λπ.).

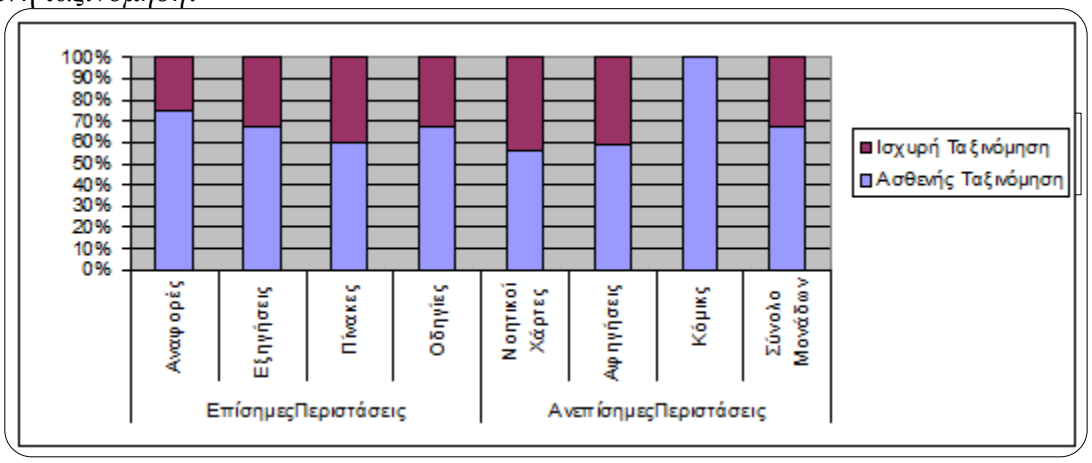


Διάγρ. 2. Κατανομές ειδών κειμένων ανά εγχειρίδιο

Πλαίσιο Μετασχηματισμού του Περιεχομένου

Αναφορικά με το επιστημονικό περιεχόμενο, τέθηκε το ζήτημα του αν ένα ισχυρό επιστημονικό περιεχόμενο χαρακτηρίζεται και από ένα ισχυρό γλωσσικό κώδικα ή όχι. Εξετάσαμε λοιπόν τις μεταβλητές *είδος κειμένου* σε σχέση με την *ταξινόμηση* και την *τυπικότητα*, αλλά και την *ταξινόμηση* καθεαυτή σε σχέση με την *τυπικότητα*, προκειμένου: α) να έχει ο αναγνώστης πληρέστερη εικόνα και β) να τεκμηριώσουμε καλύτερα τους ισχυρισμούς μας.

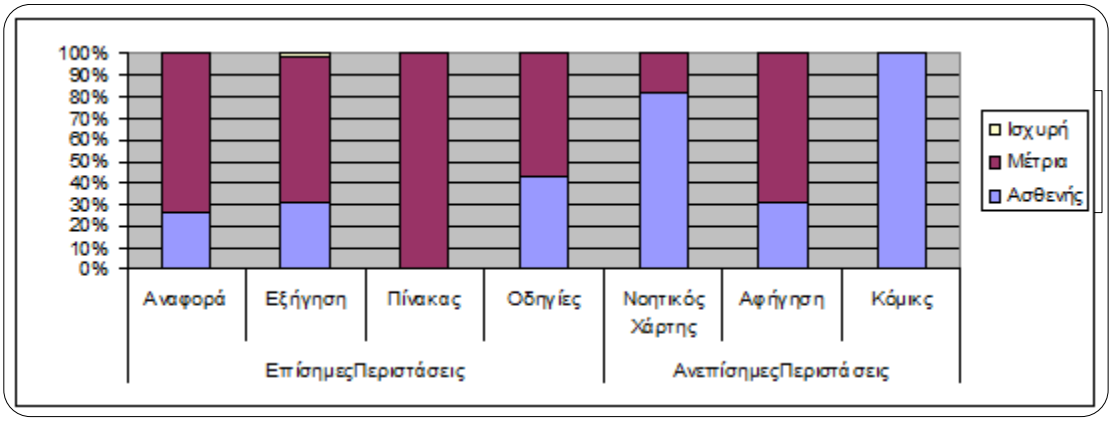
Φάνηκε λοιπόν ότι οι συγγραφείς δεν προσέδωσαν ένα επίσημο ύφος στα κείμενα (Διάγρ. 2), το οποίο θα ήταν ανάλογο με την επισημότητα του είδους του γραπτού κειμένου, μια και το μεγαλύτερο ποσοστό των γραπτών κειμένων (67,3%), ανεξαρτήτως είδους διακρίνεται από ασθενή *ταξινόμηση*.



Διάγρ. 2. Ταξινόμηση ανάλογα με το είδος Κειμένου

Παρόμοια εικόνα παρατηρείται και ως προς την τυπικότητα των κειμένων. Τα γραπτά κείμενα (Διαγρ. 3), στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (63,3% επί του συνόλου των μονάδων που

εξετάσαμε), χαρακτηρίζονται κυρίως από *μέτρια τυπικότητα*, ανεξαρτήτως επισημότητας της γραφής. Ωστόσο, το ποσοστό των γραπτών κειμένων με ασθενή τυπικότητα είναι επίσης αρκετά μεγάλο (36,4% επί του συνόλου των μονάδων που εξετάσαμε), και οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μόνο ένα γραπτό κείμενο που τείνει να έχει ισχυρή τυπικότητα (0,3% επί του συνόλου των μονάδων που εξετάσαμε). Ο λόγος των κειμένων είναι μικροπερίοδος, χωρίς ιδιαίτερα μεγάλα σύνολα ουσιαστικών. Επίσης, απουσιάζουν σύμβολα, αριθμοί και μαθηματικοί τύποι, στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα στοιχεία της επιστημονικής πρακτικής (Thomas & Durant 1987, Shamos 1995: 64-65, 95-96, 226,236).



Διαγρ. 3. Τυπικότητα ανάλογα με το είδος του κειμένου.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στόχος της έρευνάς μας ήταν να θέσει μία σειρά κριτηρίων για την ανάλυση των κειμένων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών, τα οποία αποτελούν απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξη όχι μόνο της επιστημονικής σκέψης αλλά και της κοινωνικής συμπεριφοράς των μαθητών που σχετίζεται με την επιστημονική σκέψη. Με την έννοα αυτή, έμμεσος στόχος ήταν να φέρει στο προσκήνιο ζητήματα που αφορούν την προσεκτική χρήση της γλώσσας κατά την πραγμάτευση εννοιών από την περιοχή των Φυσικών Επιστημών.

Στηριζόμενοι στον Fairclough (1972:73), στους Wallace, Prain & Hand (2004: 5, 11, 13, 15, 19), στον Kress (1985: 27), σε συνδυασμό με τα ευρήματα της έρευνάς μας, τολμούμε να υποστηρίξουμε ότι τα εγχειρίδια αποτυγχάνουν να διακρίνουν το επιστημονικό από το κοινωνικό πλαίσιο πραγμάτευσης του επιστημονικού περιεχομένου, παρά τις οποιεσδήποτε φιλότιμες προσπάθειες να συμπεριλάβουν αναφορές σε τεχνολογικά επιτεύγματα της καθημερινής μας ζωής (ανεμογεννήτριες, ηλιακούς συλλέκτες κ.λπ.).

Στηριζόμενοι επίσης στο Lemke (2002), ο οποίος υποστηρίζει ότι η επιτυχία κατανόησης των εννοιών της Φυσικής οφείλεται στην ικανότητα του μαθητή να μεταφράζει τις έννοιες από το ένα είδος κειμένου στο άλλο, διατηρώντας και κατανοώντας τα ιδιαίτερα γλωσσικά χαρακτηριστικά του κάθε είδους σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερες σημειωτικές πρακτικές που υπαγορεύουν τους περιορισμούς κάθε κειμένου, τολμούμε να υποστηρίξουμε ότι τα εν λόγω εγχειρίδια δεν παρουσιάζουν ούτε τις επιστημονικές γλωσσικές πρακτικές με σαφήνεια, ούτε τις κοινωνικές πρακτικές που θεραπεύουν την επιστήμη. Προτείνουμε επομένως την ενσωμάτωση στα σχολικά εγχειρίδια κειμένων τα οποία θα αφήνουν να διαφανούν τα κοινωνικά πλαίσια και οι περιστάσεις επικοινωνίας των ειδικών με τους μη ειδικούς, ώστε το υποκείμενο να είναι σε θέση να διακρίνει την επιστημονική λογική και διαλεκτική από την ψευδοεπιστήμη (pseudoscience) και τις ασάφειες που εγγράφονται στη γλώσσα των κειμένων (Latour 2004). Αυτές οι διακρίσεις μπορεί να οδηγήσουν τα

υποκείμενα στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης αναφορικά με επιστημονικά ζητήματα που τις περισσότερες φορές παρουσιάζουν εννοιολογικές, σημασιολογικές και γλωσσικές διαστρεβλώσεις όχι μόνο στους μαθητές, αλλά και στο ευρύτερο ενδιαφερόμενο κοινό.

Βιβλιογραφία

Αποστολάκης, Ε. Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2006α). *Φυσικά (Στ΄) Δημοτικού: Ερευνώ και Ανακαλύπτω: Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: ΟΕΔΒ

Αποστολάκης, Ε. Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2006β). *Φυσικά (Στ΄) Δημοτικού: Ερευνώ και Ανακαλύπτω: Βιβλίο Μαθητή*. Αθήνα: ΟΕΔΒ

Αποστολάκης, Ε. Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., Καλκάνης, Γ. (2006γ). *Ερευνώ και Ανακαλύπτω: Βιβλίο Δασκάλου Στ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ

Κουλαϊδής, Β , Δημόπουλος, Κ. Σκλαβενίτη, Σ & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα Κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στο Δημόσιο Χώρο.* Αθήνα: Μεταίχμιο

Μπόρχες, Λ. (2001). *Η Τέχνη του Στίχου. Ηράκλειο*: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Bernstein, B. (1991). *Παιδαγωγικοί Κώδικες και Κοινωνικός Έλεγχος* (Μτφ) Ι. Σολομών. Αθήνα: Αλεξάνδρεια

Fairclough, N. (1992). *Discourse and Social Change.* Cambridge: Polity Press
Gilbert, G. N. & Mulkay, M. (1984). *Opening Pandora's box: A sociological analysis of scientists discourse.* New York: Cambridge University Press.

Hand, B., Prain, V. (2004). A Research Program on Writing for Learning in Science: 1992 -2002. Στο Wallace, C., Prain, V., Hand, B.(Επμ.) *Writing and learning in the science classroom. (23)* London:Kluwer Academic Publishers, *σ. 47- 66*

Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education,* 23(2), σ. 319–329.

Kress, G. (1985). *Γλωσσικές Διαδικασίες σε Κοινωνικό-Πολιτισμική Πρακτική*. (Μτφ.) Ε. Γεωργιάδη. Αθήνα Σαββάλας

Latour, B. (1987). *Science in Action.* Cambridge, M.A.: Harvard University Press

Latour, B. (2004). *Politics of Nature: How to Bring the Sciences into Democracy*. Cambridge and London: Harvard University Press

Lemke, J. (2002). *Teaching All the Languages of Science: Words, Symbols, Images, and Actions* Ανακτήθηκε στις 9/2/2009 από το δικτυακό τόπο
http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm

Miller, C.R. (1994). Genre as social action. In A. Freedman and P. Medway (eds.) *Genre and the New Rhetoric* (London: Taylor & Francis), σ. 23–42.

Myers, G. (1992). Textbooks and the Sociology of Scientific Knowledge. *English for Specific Purposes 11, σ. 3-17*

Organization for Economical Cooperation and Development (OECD) (2006). The Programme for International Student Assessment (PISA). Ανακτήθηκε στις 6 – 11 – 2008 από το δικτυακό τόπο **http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/15/13/39725224.pdf**

Organization for Economical Cooperation and Development (OECD) (2007). *PISA 2006. Science Competencies for Tomorrow's World.* Ανακτήθηκε στις 11-12-2007 από το δικτυακό τόπο **http://www.oecd.org/document/2/0,3343,en_32252351_32236191_39718850_1_1_1_1,00.html**

Prain, V., Hand, B. (2006). Language, learning and science literacy. Στο Appleton, K. (eds). *Elementary Science teacher Education.* New Jersey: Lawrence Erbaum Associates Inc., Publishers

Shamos, M. (1995). The Myth of Scientific Literacy. New Brunswick, New Jersey: Rudgers University Press.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), σ. 1-22.

Thomas, G., Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science ? Στο M. Shortland (ed.), *Scientific Literacy Papers*, Oxford, Department of External Studies, *σ. 1-14.*

Waldrip, B., Prain, V. (2006). Changing representations to learn primary science concepts. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association , 52 (4), σ. 17-21*

Wallace, C., Prain, V., Hand, B. (2004). *Writing and learning in the science classroom. (23)* London: Kluwer Academic Publishers

Διερεύνηση της αναγκαιότητας εισαγωγής της διδακτικής ενότητας «ΚΑΥΣΙΜΑ» στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Γυμνασίου

Ευστάθιος Αθ. Ζωγόπουλος
Μηχανολόγος Μηχανικός, Εκπαιδευτικός ΕΠΑ.Σ Αιγάλεω, Διδάκτωρ Ε.Μ.Π
e-mail: ezogo@otenet.gr

Περίληψη
Η σημασία και η συμβολή της ενέργειας στην ανάπτυξη της οικονομίας των σύγχρονων κοινωνιών αποδεικνύεται από την ιστορική πορεία και εξέλιξη των κοινωνιών, όπου η διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων συνέβαλε καθοριστικά στην τεχνολογική και οικονομική τους ανάπτυξη.
Η πρωτοφανής σε μέγεθος κατανάλωση ενέργειας από τη σύγχρονη κοινωνία, η οποία συνδέεται άρρηκτα με την παραγωγή και διανομή καυσίμων, έχει διευρύνει σημαντικά τις ανθρώπινες δυνατότητες (διάρκεια και ποιότητα ζωής), συνοδεύεται όμως και από την εμφάνιση προβλημάτων, τα οποία απαιτούν διεπιστημονική προσέγγιση για την αντιμετώπισή τους (ταχεία ανάλωση των συμβατικών πηγών ενέργειας, ρύπανση του περιβάλλοντος, προβλήματα ασφάλειας κ.ά.).
Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι να τονιστεί η σπουδαιότητα συγγραφής της διδακτικής ενότητας «Καύσιμα» και η αναγκαιότητα ένταξής της στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών Γυμνασίου, καθώς από τη μελέτη των σχετικών σχολικών εγχειριδίων Γυμνασίου το θέμα « Καύσιμα» καλύπτεται ανεπαρκώς.

Abstract
The importance and contribution of energy in economic development of modern societies is evidenced by the historical course and evolution of societies where the availability of energy resources was vital for technological and economic development.
The unprecedented size of energy consumption of modern society, which is linked with the production and distribution of fuels, has significantly expanded human capabilities (length and quality of life), but accompanied however from the appearance of problems (rapid consumption of conventional energy sources, environmental pollution, safety problems, etc.), the solution of which requires a multidisciplinary approach.
The purpose of this paper is to stress the importance of writing a module about 'Fuels' and the necessity of integration it into the high school curriculum, because from the study of relative school textbooks the topic "fuels" in the relative school textbooks is covered inadequately.

Εισαγωγή-Μεθοδολογική προσέγγιση

Για τη διασφάλιση και προαγωγή του επιπέδου διαβίωσης και της ανάπτυξης των κοινωνιών, απαιτείται τόσο η ορθολογική χρήση των ήδη διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας, όσο και η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων νέων ενεργειακών πηγών και τεχνολογιών.
Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της αναγκαιότητας εισαγωγής της διδακτικής ενότητας «Καύσιμα» στο Αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών Γυμνασίου, καθώς τα ζητήματα που σχετίζονται με τον παράγοντα «καύσιμα» είναι αντικειμενικά κεφαλαιώδους και ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη κάθε χώρας.
Αναφορικά με την ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, η πορεία ήταν η εξής: Αρχικά έγινε μελέτη των σχολικών εγχειριδίων Τεχνολογίας Α’ και Β΄ Γυμνασίου, Φυσικής

Β' και Γ' Γυμνασίου, Χημείας Β' και Γ' Γυμνασίου, Γεωλογίας-Γεωγραφίας Β' και Βιολογίας Γ' Γυμνασίου, για να διερευνηθεί κατά πόσο καλύπτονται επαρκώς θέματα που σχετίζονται με το θέμα καύσιμα.

Από την έρευνα προέκυψε πως μια επιδερμική αναφορά στα καύσιμα γίνεται μόνο στην ενότητα «Η χημεία του άνθρακα» στο σχολικό εγχειρίδιο Χημεία Γ' Γυμνασίου, όπου μετά τους υδρογονάνθρακες γίνεται εξασέλιδη αναφορά στο πετρέλαιο, στο φυσικό αέριο και στα πετροχημικά.

Στη συνέχεια, προβήκαμε στη διεξαγωγή έρευνας μέσω δομημένων ερωτηματολογίων σε μαθητές και σε καθηγητές τεσσάρων διαφορετικών Γυμνασίων της Αττικής που δίδασκαν μαθήματα Χημείας, Γεωλογίας-Γεωγραφίας, Φυσικής και Τεχνολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, συντάξαμε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο απευθυνόταν στους μαθητές Γυμνασίου και ένα ερωτηματολόγιο το οποίο απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς οι οποίοι διδάσκουν μαθήματα συναφή με το προς διερεύνηση θεματικό αντικείμενο.

Το ερωτηματολόγιο μαθητών περιελάμβανε ερωτήσεις τέτοιες ώστε να μπορεί να ελεχθεί το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών σε θέματα ενέργειας, καυσίμων και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, και να ανιχνευθεί ο βαθμός ενδιαφέροντός τους για τη διδασκαλία τέτοιων θεμάτων.

Το ερωτηματολόγιο καθηγητών συντάχθηκε με το σκεπτικό ότι η εμπειρία των εκπαιδευτικών που διδάσκουν σχετικά με το προς εξέταση αντικείμενο μαθήματα, θα συνεισφέρει σημαντικά και καθοριστικά στην τεκμηρίωση της έρευνάς μας.

Το ερωτηματολόγιο, ως οργανωμένο σύνολο ερωτήσεων που καλύπτουν τους σκοπούς που έχουν τεθεί, είναι ένα εργαλείο μέσω του οποίου συγκεντρώνονται συγκεκριμένες πληροφορίες (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Για τη διαδικασία κατάρτισης και σχεδιασμού τόσο του ερωτηματολογίου το οποίο απευθυνόταν στους μαθητές όσο και του ερωτηματολογίου που απευθυνόταν στους συναδέλφους εκπαιδευτικούς, λάβαμε υπόψη τις ακόλουθες παραμέτρους (Bell 2005):

Το ερωτηματολόγιο να ευθυγραμμίζεται απόλυτα με τους σκοπούς (γενικούς και ειδικούς) της ερευνητικής προσπάθειας και το περιεχόμενό του να καθορίζεται αυστηρά και μόνο απ' αυτούς. Έτσι, οι ερωτήσεις καταρτίστηκαν και διατυπώθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι απαντήσεις να μας εξασφαλίζουν τις ζητούμενες πληροφορίες. Η επιλογή, η προετοιμασία και η σύνταξη του είδους των ερωτήσεων καθορίστηκε από τους επιμέρους άξονες-θέματα που συνθέτουν τον κύριο στόχο της έρευνάς μας. Έγινε προσπάθεια οι ερωτήσεις να είναι κατά το δυνατό σαφείς, με ευκρίνεια και περιεκτικότητα.

Η σειρά των ερωτήσεων έχει δομηθεί κατά τρόπο τέτοιο ώστε η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου να προχωρά από τη μία ερώτηση στην άλλη με λογικό και φυσικό τρόπο. Το ερωτηματολόγιο έχει οργανωθεί με μία λογική ακολουθία, με ομαδοποιημένες τις ερωτήσεις με συναφές περιεχόμενο. Οι ερωτήσεις είναι τέτοιες και τόσες, ώστε να εξασφαλίζουν τη συγκέντρωση των επιθυμητών δεδομένων, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα.

Το είδος των ερωτήσεων που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι αυτό της εναλλακτικής δεδομένης (κλειστής) απάντησης. Πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι ερωτήσεις του τύπου αυτού είναι ότι οι ερωτώμενοι απαντούν με μεγαλύτερη προθυμία σε τέτοιες ερωτήσεις, ενώ ο ερευνητής έχει τη δυνατότητα μεγαλύτερου ελέγχου στις αντιδράσεις των ερωτώμενων, έχει προγραμματίσει την ανάλυση των απαντήσεων, ταξινομεί εύκολα τις επιλογές και δεν έχει πρόβλημα ερμηνείας των απαντήσεων. Επίσης, γίνεται οικονομία χώρου, χρόνου, αφού οι ερωτώμενοι δεν απαντούν όπως και όσο θέλουν (Opie & Sikes, 2004).

Το ερωτηματολόγιο συνοδεύεται από σύντομο και ευανάγνωστο εισαγωγικό σημείωμα που αποσκοπεί στη δημιουργία μιας σχέσης προσωπικής επικοινωνίας ανάμεσα στον ερευνητή και τον ερωτώμενο. Έγινε προσπάθεια ώστε το σημείωμα αυτό να μπορεί να μεταδίδει ορισμένες σημαντικές πληροφορίες και να αφήνει κάποιες εντυπώσεις στον ερωτώμενο.

Επεξηγήσαμε επίσης το σκοπό της έρευνας μας, έτσι ώστε να πειστεί ο ερωτώμενος ότι πρόκειται για σημαντική έρευνα και ότι αξίζει να απαντήσει.
Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην εμφάνιση καθώς και στην έκταση του ερωτηματολογίου. Έτσι, το ερωτηματολόγιο που απευθύνεται στους συναδέλφους εκπαιδευτικούς είναι αρκετά πιο περιεκτικό σε έκταση απ' ότι το αντίστοιχο των μαθητών.
Επίσης, έγινε προσπάθεια ώστε το ερωτηματολόγιο να διέπεται από τις αρχές της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας. Με την έννοια εγκυρότητα εννοούμε την καταλληλότητα, τη σημασία και τη χρησιμότητα συγκεκριμένων πορισμάτων τα οποία θα αντληθούν από την ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου. Με την έννοια αξιοπιστία εννοούμε σε ποιό βαθμό άλλοι ανεξάρτητοι ερευνητές, θα καταλήξουν σε παρόμοια συμπεράσματα εάν έκαναν την ίδια έρευνα με ακριβώς τις ίδιες διαδικασίες που ακολουθήσαμε (Johnson & Christensen, 2007).
Το ερωτηματολόγιο εξασφάλιζε την πλήρη ανωνυμία.
Μετά τη διαδικασία της αρχικής σύνταξης των ερωτηματολογίων, ακολούθησε η διαδικασία της προέρευνας (φάση Α').
Κατά τη διαδικασία αυτή, έγινε πιλοτική δοκιμαστική διανομή των ερωτηματολογίων, έτσι ώστε να μπορούν να διορθωθούν πιθανές προβληματικές διατυπώσεις και τυχόν άλλα σφάλματα, όπως επίσης και η εσωτερική συνέπεια των απαντήσεων.
Το ερωτηματολόγιο των μαθητών διανεμήθηκε αρχικά σε 60 μαθητές Γυμνασίου ως εξής:
Σε 20 μαθητές Α' Γυμνασίου, σε 20 μαθητές Β' Γυμνασίου και σε 20 μαθητές Γ' Γυμνασίου ενός Γυμνασίου στη Διεύθυνση Γ' Αθήνας.
Το ερωτηματολόγιο των καθηγητών διανεμήθηκε σε 7 εκπαιδευτικούς με οργανική θέση στο συγκεκριμένο Γυμνάσιο ως εξής: σε 1 εκπαιδευτικό ο οποίος διδάσκει Τεχνολογία Α' Γυμνασίου, σε 2 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική Β' και Φυσική Γ' Γυμνασίου αντίστοιχα, σε 2 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Χημεία Β' και Χημεία Γ' Γυμνασίου αντίστοιχα, σε 2 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Γεωλογία-Γεωγραφία Β' Γυμνασίου και Γ' Γυμνασίου αντίστοιχα.
Η ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων των υποκειμένων της προέρευνας μας ωφέλησε ιδιαίτερα. Κι αυτό, γιατί μας δόθηκε η δυνατότητα να διορθώσουμε ορισμένα συντακτικά λάθη και να οριστικοποιήσουμε το περιεχόμενο τόσο του ερωτηματολογίου των καθηγητών αλλά κυρίως αυτό των μαθητών, αναδιαρθρώνοντας τη δομή των ερωτήσεων και περιορίζοντας την έκτασή του. Επίσης, το πολύ σημαντικό στοιχείο το οποίο προέκυψε από τη φάση της προέρευνας είναι το ότι οι μαθητές της Α' και της Β' Γυμνασίου παρουσίασαν ιδιαίτερη δυσκολία τόσο στην κατανόηση όσο και στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, γεγονός το οποίο ενισχύθηκε και από την επεξεργασία των απαντήσεων των εκπαιδευτικών.
Το γεγονός αυτό μας ώθησε στα παρακάτω συμπεράσματα σχετικά με το ερωτηματολόγιο μαθητών :
Η τελική μορφή του ερωτηματολογίου μαθητών να διανεμηθεί μόνο σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου.
Πριν από τη διανομή του ερωτηματολογίου μαθητών να υπάρχει προειδοποιητική επικοινωνία έτσι ώστε να έχει προετοιμαστεί η συνεργασία και η κατάλληλη ψυχολογική ετοιμότητα των μαθητών.
Πριν από τη διανομή του ερωτηματολογίου μαθητών να προηγηθεί εισαγωγική ενημερωτική συζήτηση γύρω από τα θέματα «Καύσιμα – Ενέργεια – Περιβάλλον» έτσι ώστε να επικεντρωθεί και να εστιάσει το ενδιαφέρον των μαθητών στην συμπλήρωση του ερωτηματολογίου που θα ακολουθήσει. Η χρονική διάρκεια της συζήτησης καθώς και της επεξήγησης των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου προσδιορίστηκε στα 15 λεπτά, ενώ στα υπόλοιπα 30 λεπτά της διδακτικής ώρας οι μαθητές να ασχοληθούν με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.
Να γίνει κωδικοποίηση των απαντήσεων ως εξής :

Απάντηση ΝΑΙ = 1, Απάντηση ΟΧΙ = 0.
Με βάση τα πορίσματα της προέρευνας διαμορφώθηκαν τα τελικά ερωτηματολόγια (Φάση Β', κυρίως έρευνα). Αυτό των μαθητών και αυτό των καθηγητών. Κατά τη διαμόρφωσή τους χρησιμοποιήθηκε στις περισσότερες περιπτώσεις η φρασεολογία και το σκεπτικό των σχετικών προτάσεων που προέκυψαν από την ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων στις ερωτήσεις της προέρευνας. Κατ' αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η καλή αναγνωσιμότητα του ερωτηματολογίου με την ευρύτερη έννοια, ενώ επιτυγχάνεται η θεματολογία των ερωτήσεων να είναι κοντά στους προβληματισμούς τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών.
Η εγκυρότητα των ερωτηματολογίων προέκυψε μέσα από μια διαδικασία ελέγχου του σχεδιασμού του από στατιστικολόγο με ειδικές σπουδές και εμπειρία στην έρευνα και κατασκευή ερωτηματολογίων. Ο συγκεκριμένος κριτής, διερεύνησε τις ερωτήσεις και έκανε προτάσεις για κατάργηση κάποιων ερωτήσεων που δεν ενέπιπταν με το προς διερεύνηση θέμα, αξιολόγησε κάθε ερώτηση των ερωτηματολογίων με επιλογή χαρακτηρισμού από δεδομένη κλίμακα, συμπλήρωσε τα ερωτηματολόγια και έκανε γενικά σχόλια και παρατηρήσεις επί των ερωτηματολογίων γενικά και επί των συγκεκριμένων ερωτήσεων ειδικότερα.
Κατ' αυτόν τον τρόπο διαμορφώθηκαν σε τελική μορφή το ερωτηματολόγιο των μαθητών και το ερωτηματολόγιο των καθηγητών.
Το ερωτηματολόγιο των μαθητών δόθηκε σε 200 μαθητές της Γ' Γυμνασίου. Πιο συγκεκριμένα: Σε 50 μαθητές σε Γυμνάσιο στη Δυτική Αττική, σε 50 μαθητές σε Γυμνάσιο στη Γ' Αθήνας, σε 50 μαθητές σε Γυμνάσιο στη Β' Αθήνας και σε 50 μαθητές σε Γυμνάσιο στην Α' Αθήνας.
Το ερωτηματολόγιο των καθηγητών δόθηκε σε 15 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική Β' και Γ' Γυμνασίου, σε 15 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Χημεία Β' και Γ' Γυμνασίου σε 6 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Τεχνολογία Α' και Β' Γυμνασίου και σε 6 εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Γεωλογία- Γεωγραφία Β' και Γ' Γυμνασίου.

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Το ερωτηματολόγιο των μαθητών περιελάμβανε 14 ερωτήσεις και αφορούσε γενικές γνώσεις περί καυσίμων (τρόποι παραγωγής, επεξεργασία, χρήσεις προϊόντων καυσίμων), περιβαλλοντικές επιπτώσεις των καυσίμων (στο οικολογικό σύστημα, στην ανθρώπινη υγεία, στην πολιτιστική κληρονομιά), καθώς και θέματα γενικότερου ενδιαφέροντος (ποιότητα καυσίμου, θέματα τεχνολογίας, εφαρμογών, σχεδιασμού και ανάπτυξης, οικονομικά θέματα, επαγγελματικές διέξοδοι).
Από τις απαντήσεις των μαθητών και μετά από τη σχετική στατιστική επεξεργασία, προέκυψε η διαπίστωση ότι οι μαθητές δεν έχουν επαρκείς γνώσεις για ζητήματα που αφορούν βασικά καύσιμα όπως ο λιγνίτης και το φυσικό αέριο, για την μεταφορά, διανομή καυσίμων, για τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις αυτών.
Επίσης, από τις αντιφατικές απαντήσεις που δόθηκαν σε ορισμένες ερωτήσεις, προέκυψε το συμπέρασμα ότι υπάρχει αδυναμία κατανόησης βασικών εννοιών στο σύνολο του προς θεματικού αντικειμένου «καύσιμα- ενέργεια-περιβάλλον». Από τις απαντήσεις των μαθητών προέκυψε όμως επίσης ότι οι μαθητές επιδεικνύουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο να πληροφορηθούν θέματα με το προς εξέταση αντικείμενο. Το γεγονός αυτό προέκυψε και από την εποικοδομητική διαλογική συζήτηση που πραγματοποιήθηκε με τους μαθητές μετά το πέρας της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, η οποία διήρκεσε μια διδακτική ώρα (40 λεπτά) σε κάθε τάξη.
Όσον αφορά το ερωτηματολόγιο καθηγητών, αυτό περιείχε 7 ερωτήσεις σχετικές με το πόσο ικανοποιητικά αναπτύσσεται το συγκεκριμένο θέμα στα σχετικά σχολικά εγχειρίδια Γυμνασίου, σε ποια τάξη εκτιμάται ότι οι μαθητές θα πρέπει να ασχοληθούν περισσότερο με

το προς αντικείμενο θέμα, τη γνώμη των εκπαιδευτικών για τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού που θα συνοδεύει τη διδασκαλία, κ.ά.
Από τις απαντήσεις τους οι εκπαιδευτικοί, στο σύνολο τους, συμφωνούν ότι το αντικείμενο το οποίο διερευνήθηκε δεν διδάσκεται σε καμία τάξη του Γυμνασίου ικανοποιητικά και απαιτείται εμπλουτισμός της ύλης. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε και κατά την διερεύνηση και αξιολόγηση των ήδη υπαρχόντων σχολικών διδακτικών εγχειριδίων που πραγματοποιήσαμε.

Μαθησιακοί στόχοι και διδακτική προσέγγιση

Αναφορικά με τους γενικούς διδακτικούς και μαθησιακούς στόχους, οι μαθητές θα πρέπει να:
Αντιληφθούν την ανάγκη επαναπροσδιορισμού της ενεργειακής πολιτικής του ανεπτυγμένου κόσμου, ώστε η ανάπτυξη να καταστεί βιώσιμη.
Ευαισθητοποιηθούν σε καίρια περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η εξάντληση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων (πετρέλαιο, λιγνίτης κ.λπ.), το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η ατμοσφαιρική ρύπανση.
Απώτερο στόχο αποτελεί η ενότητα να συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πιο θετικής στάσης των μαθητών σε σχέση με την επιστήμη τους, καθώς και στη μεταξύ τους συνεργασία, αλλά και στη συνεργασία με τον εκπαιδευτικό.
Βάση θα πρέπει να δοθεί στην επίτευξη των στόχων του συναισθηματικού τομέα, αφού η θεματική αυτή ενότητα είναι ιδανική για την ανάπτυξη περιβαλλοντικής και κοινωνικής συνείδησης. Το περιεχόμενο είναι τέτοιο που ευνοείται η χρήση διαθεματικών προσεγγίσεων σε σχέση με το περιβάλλον, την τεχνολογική ανάπτυξη και τη βιοηθική.
Όσον αφορά το θεωρητικό μέρος της διδασκαλίας, προτείνεται να ακολουθηθεί η χρήση σύγχρονων παιδαγωγικών και διδακτικών μεθόδων όπως η ομαδοσυνεργατική εποικοδομητική διδασκαλία (Ζωγόπουλος, 2009), καθώς οι έρευνες των τελευταίων δεκαετιών στο χώρο της Διδακτικής των Θετικών Επιστημών και στη διδασκαλία τεχνολογικών μαθημάτων φανερώνουν ότι οι εκπαιδευόμενοι όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων αντιμετωπίζουν συχνά μεγάλη δυσκολία στην ουσιαστική κατανόηση βασικών εννοιών (Mc Dermott, 1984, Roth, 1995). Παρανοήσεις, αδρανής γνώση, λάθη και αντιφάσεις στη λύση ασκήσεων και στην ερμηνεία φυσικών φαινομένων είναι οι κύριες αιτίες της δυσκολίας αυτής (Barton, 1998).
Ακόμη και μετά από ειδικά σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις, οι μαθητές εξακολουθούν να κατέχουν αντιλήψεις, οι οποίες διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές (Mc Dermott & Rosenquist, 1987). Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι στηρίζονται σε νοητικά μοντέλα, τα οποία αναπτύσσονται πρόχειρα μέσα από τη μη συστηματική αλληλεπίδρασή με το φυσικό κόσμο και την έλλειψη μεθοδικότητας στην προσπάθειά τους να τον ερμηνεύσουν (Dykstra et al.,1992). Τα μοντέλα αυτά καθώς και οι επιστημολογικές ερμηνείες των ατόμων συχνά παρεμποδίζουν τη μάθηση εννοιών και επηρεάζουν δυσμενώς την ικανότητά τους να οικοδομούν τις επιστημονικά αποδεκτές ιδέες (Hammer, 1995).
Γενικότερα, οι δυσκολίες που εμφανίζονται σχετίζονται όχι μόνο με το περιεχόμενο αλλά και με τον τρόπο που παρουσιάζονται στα εγχειρίδια καθώς και τις παγιωμένες διδακτικές πρακτικές που υιοθετούνται από τους εκπαιδευτικούς και έχουν ως αποτέλεσμα τη χαμηλή επίδοση των εκπαιδευόμενων και συχνά την εκδήλωση της αποστροφής τους στο συγκεκριμένο μάθημα (Κόκκοτας, 2008).
Απαιτείται να αφιερωθεί πολύ περισσότερος χρόνος σε θεμελιώδεις έννοιες στο πλαίσιο κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων, για να παρέχονται στους εμπλεκόμενους ευκαιρίες για να οικοδομούν τις ιδέες τους, να εφαρμόζουν και να δοκιμάζουν τις αντιλήψεις τους και να επαναλαμβάνουν όσα έχουν κατανοήσει, σε ένα υποστηρικτικό περιβάλλον μάθησης.
Μελετώντας τα αναλυτικά προγράμματα αλλά και τις σχετικές παιδαγωγικές έρευνες,

προκύπτει η αναγκαιότητα ανάπτυξης νέων διδακτικών μέσων και εργαλείων που αρχικά θα κεντρίζουν το ενδιαφέρον, θα ανατρέπουν την αρνητική στάση των εκπαιδευόμενων απέναντι στις φυσικές επιστήμες και θα οδηγούν βιωματικά στην ουσιαστική απόκτηση γνώσης. Στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, οι μαθητές θα καθοδηγούνται σύμφωνα με τις αρχές της επιστημονικής μεθόδου σε ερευνητικές διαδικασίες, ώστε να μπορούν οι ίδιοι να συλλέγουν τη γνώση και να αποκτούν κριτικό τρόπο σκέψης (Nohara & Goldstein, 2001).

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί πρωταρχικό μέτρο για την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και για τον περιορισμό της εκροής συναλλάγματος από την εθνική οικονομία προς εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων και κατά κύριο λόγο του πετρελαίου. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι εμφανής στα κτίρια του οικιακού και τριτογενούς τομέα, όπου η χρήση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και συσκευών καλύπτει ένα ποσοστό 30% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4% από τα μέσα της δεκαετίας του ’70.
Επιπλέον, η λειτουργία των κτιριακών ενεργειακών συστημάτων προκαλεί το 40% περίπου των συνολικών εκπομπών CO_2 στην ατμόσφαιρα, ενός αερίου που ευθύνεται για τη δημιουργία του “φαινομένου του θερμοκηπίου” στον πλανήτη. Όσον αφορά το βιομηχανικό τομέα, αν και η συνολική κατανάλωση ενέργειας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ελαφριά κάμψη (κυρίως λόγω της ύφεσης σε ενεργειοβόρους βιομηχανικούς κλάδους), η συνεισφορά του στην τελική κατανάλωση ενέργειας είναι σημαντική και ανέρχεται σε ποσοστό περίπου 25%.
Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μπορεί να αποδώσει οικονομικά, λειτουργικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Το καθένα από τα οφέλη αυτά αναμένεται να εκπληρωθεί σταδιακά και να έχει αθροιστική επίπτωση. Ορισμένα οφέλη μπορεί να γίνουν άμεσα αισθητά, ενώ κάποια άλλα οφέλη μπορεί να γίνουν αισθητά αρκετά αργότερα, μετά από την υλοποίηση κάποιων μακροπρόθεσμων μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας. Έτσι, θεωρούμε πως είναι απαραίτητο οι μαθητές να γνωρίζουν τις συμβατικές αλλά και τις σύγχρονες μορφές καυσίμων, τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τις επιπτώσεις τους.
Από τα πορίσματα και ευρήματα της έρευνας που πραγματοποιήσαμε, προκύπτει εμφανώς ότι η θεματική ενότητα «Καύσιμα» θα πρέπει να εισαχθεί ως αυτόνομη – αυτοδύναμη ενότητα στο Γυμνάσιο. Η πρότασή μας είναι να εισαχθεί στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας Γ’ Γυμνασίου. Η διδασκαλία του μαθήματος καλό θα ήταν να ακολουθήσει την ενότητα « Η Χημεία του Άνθρακα», καθώς στη Χημεία της Β’ Γυμνασίου οι μαθητές έχουν διδαχθεί για την ατμοσφαιρική ρύπανση, ενώ στο μάθημα της βιολογίας της Γ’ Γυμνασίου έρχονται σε επαφή με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντικές είναι και οι προϋπάρχουσες γνώσεις που έχει αποκτήσει ο μαθητής από μη σχολικές δραστηριότητες. Στόχος του καθηγητή θα πρέπει να είναι η ανάδειξη και η συγκρότηση των προϋπάρχουσων γνώσεων.
Ιδιαίτερα χρήσιμη θα ήταν η συγγραφή ενός ολοκληρωμένου εγχειριδίου – βοηθήματος, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως εισαγωγικός οδηγός ενημέρωσης και θα συμβάλει στην αποτελεσματικότερη και πιο ολοκληρωμένη διδασκαλία του θέματος, καθώς και η δημιουργία κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού.
Προτείνεται επίσης, η διδασκαλία του αντικειμένου να υποστηρίζεται από διαλέξεις – ενημερώσεις για τις σχετικές εξελίξεις σε θέματα ενέργειας – καυσίμων – περιβάλλοντος από ειδικούς επιστήμονες, φορείς οργανισμών, βιομηχανίες, κ.λπ.
Ακόμη, προτείνεται να αξιοποιηθούν τα διάφορα κοινοτικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα επισκέψεων (ανταλλαγή εμπειριών και γνώσεων)

σε άλλα Ευρωπαϊκά κράτη, καθώς και η πραγματοποίηση σχετικών με το αντικείμενο σεμιναρίων για την επιμόρφωση – κατάρτιση των εκπαιδευτικών που θα ασχοληθούν με τη διδασκαλία του θεματικού αυτού αντικειμένου.

Βιβλιογραφία

Ζωγόπουλος, Ε. (2009), Νέες τεχνολογίες και μέσα επικοινωνίας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την εφαρμογή τους. 5° Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ « Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη», Σύρος, Πρακτικά τόμος Β, σσ.337-349.

Κόκκοτας, Π. (2008), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Γρηγόρη.

Barton, R. (1998), Why do we ask pupils to plot graphs? Physics Education, 33(6), 366-367.

Bell, J. (2005). Doing your research project. Mc Graw Hill.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2007). Research methods in education. Routledge.

Dykstra, D. I., Boyle, F. and Monarch, A. (1992), Studying conceptual change in learning physics, Physics Education, 76 (6), 615–65.

Hammer D. (1995), Epistemological considerations in teaching introductory physics. Science Education 79, 393-413.

Johnson, B & Christensen, J. (2007). Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches. Sage, London.

McDermott L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics, Physics Today. 37, (7), 24-32 & (1987) Student difficulties in connecting graphs and physics. American Journal of Physics, 55(6), 503- 513.

McDermott, L.C., Rosenquist. M.L &. Van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. American Journal of Physics, 55, 503-513.

Nohara, D. & Goldstein, A. (2001). A Comparison of the National Assessment of Educational Progress (NAEP), the Third International Mathematics and Science Study Repeat (TIMSS-R) and the Program for the International Student Assessment (PISA).

Opie, C & Sikes, P (2004). Doing educational research. Sage, London.

Roth, W. (1995). Affordances of Computers in Teacher-Student Interactions: The Case of Interactive Physics. Journal of Research in Science Teaching, 32, 329-347.

Εισαγωγή των ΣΓΠ στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Ουτοπία ή Εφικτή Πραγματικότητα;

Κλωνάρη Αικατερίνη
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας
aklonari@geo.aegean.gr

Περίληψη
Η εργασία αυτή παρουσιάζει την αξιολόγηση μιας εφαρμογής των ΣΓΠ, σε εκπαιδευτικούς και μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης,. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε επιμόρφωση 10 εκπαιδευτικών από 5 σχολεία της Λέσβου και το ΚΠΕ Ασώματου, το Σεπτέμβριο του 2009. Στους εκπαιδευτικούς δόθηκαν το λογισμικό ArcGIS 9.3, ψηφιακά δεδομένα, φύλλα εργασίας καθώς και απλές οδηγίες χρήσης των ΣΓΠ, ώστε να τους διευκολύνει και να τους υποστηρίξει να χρησιμοποιήσουν τα ΣΓΠ για να διδάξουν διάφορα γνωστικά αντικείμενα στην τάξη. Η μελέτη αποκάλυψε ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί ήταν θετικοί στη χρήση των ΣΓΠ στο σχολείο, και αρκετοί προσπάθησαν να τα εισάγουν στη διδασκαλία των μαθημάτων τους. Εξαιτίας όμως διαφόρων εμποδίων μόνο 2 εκπαιδευτικοί από τους 10 εφάρμοσαν τα ΣΓΠ στη διδασκαλία της Γεωγραφίας με επιτυχία. Η επιτυχία της χρήσης των ΣΓΠ από τους μαθητές όμως, δείχνει ότι θα μπορούσαν μελλοντικά να εισαχθούν στα Προγράμματα Σπουδών τουλάχιστον της Γεωγραφίας.

Abstract
This study presents the evaluation of the use of Geographic Information Systems (GIS), by school teachers and students. A workshop, focusing on ways to implement GIS-based application in the classroom for 10 primary and secondary school teachers from 5 schools and CEE on Lesvos island, was conducted in September 2009. The teachers were given ArcGIS 9.3 software, digital data for applications, worksheets, infosheets and the necessary written documents describing the applications, to support and facilitate them to use GIS in various subjects' teaching in the classroom. The study revealed that the great majority of the teachers were positive to implement GIS in teaching their school. Due to various obstacles, only two teachers out of 10 implemented the application of GIS in teaching Geography successfully. The success of the students in this study substantiates the need GIS to be incorporated at least into the Geography curriculum in the secondary school level.

Εισαγωγή

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)[7], συγκαταλέγονται μεταξύ των 25 πιο σημαντικών εξελίξεων που επηρέασαν τη ζωή της ανθρωπότητας στον 20ο αιώνα. Έχουν φέρει επανάσταση στις μεθόδους και τις διαστάσεις της χωρικής ανάλυσης με αποτέλεσμα η ίδια η γεωγραφία να έχει αλλάξει σημαντικά και επιπλέον να αποτελεί μια σημαντική συνιστώσα σε άλλους κλάδους επιστημών που χρησιμοποιούν χωρικά στοιχεία όπως η βιολογία, οι πολιτικές επιστήμες, ο αστικός σχεδιασμός, η γεωλογία, η κοινωνιολογία, κλπ. Αυτή η εξέλιξη έχει οδηγήσει, επίσης, σε σημαντικές μεταρρυθμίσεις την γεωγραφική εκπαίδευση.

[7] Τα ΣΓΠ είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών συστημάτων (hardware), ένα σύνολο ολοκληρωμένων προγραμμάτων λογισμικού (software), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, σχεδιασμένων για την συλλογή, αποθήκευση, την ανάκτηση, την διαχείριση, την ανάλυση και απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων και πληροφοριών που αφορούν ανθρώπους, θέσεις/τόπους και το περιβάλλον (Κουτσόπουλος 2005, Hwang 2006).

Η χρήση των ΣΓΠ στην γεωγραφική εκπαίδευση ξεκίνησε αρχικά σε πανεπιστημιακό επίπεδο (αμερικανικά και καναδικά πανεπιστήμια) στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και σήμερα αποτελούν πλέον αναπόσπαστο μέρος των Προγραμμάτων Σπουδών (Π.Σ.) όλων των τμημάτων γεωγραφίας στα περισσότερα πανεπιστήμια του κόσμου. Αυτό το γεγονός επηρέασε σημαντικά και τις εξελίξεις στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, με αποτέλεσμα να γίνεται όλο και περισσότερο αντιληπτή η αναγκαιότητα εισαγωγής τους σε σχολεία, σε Αμερική και την Ευρώπη. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, τα ΣΓΠ θεωρήθηκε ότι θα μπορούσαν να αποτελούν ένα βασικό στοιχείο της εκπαίδευσης των μαθητών, και επομένως να εισαχθούν κυρίως στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ώστε να δώσουν ώθηση και κίνητρα στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες όχι μόνο στο σχολείο αλλά και στη καθημερινή τους ζωή. Από τότε μέχρι σήμερα το ενδιαφέρον σε αυτόν τον τομέα έχει αυξηθεί και έχουν γίνει πολλές μελέτες σε επίπεδο σχολικής μονάδας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε όλο σχεδόν τον κόσμο. Πολλές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν αποκάλυψαν ότι τα ΣΓΠ είναι ένα εκπαιδευτικό εργαλείο, και όχι απλά μια τεχνολογία, που βοηθά σημαντικά στην καλλιέργεια χωρικών δεξιοτήτων και στην ανάπτυξη της χωρικής σκέψης των μαθητών (Patterson et al. 2003, Bednarz 2004, Johansson 2006, Kerski 2009), στην δημιουργία ενός περιβάλλοντος διερευνητικής μάθησης, μάθησης με επίλυση προβλήματος, που μπορεί να συνδυάσει πολλές σύγχρονες πρακτικές όπως εργασία πεδίου και μέθοδο project. Λόγω αυτών των παιδαγωγικών πλεονεκτημάτων, τα ΣΓΠ έχουν βρει μια θέση στα προγράμματα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε ποικίλα διδακτικά αντικείμενα εκτός από τη Γεωγραφία, στη Χημεία, Βιολογία, Μαθηματικά, Περιβάλλον και Κοινωνικές Επιστήμες, στις ΗΠΑ, στον Καναδά, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία και την Ευρώπη.

Σύμφωνα με τους Bednarz και Van deSchee (2006), οι εκπαιδευτικοί γεωγράφοι χρησιμοποιούν τα ΣΓΠ, για τρεις βασικούς λόγους 1) Τα ΣΓΠ υποστηρίζουν τη διδασκαλία και μάθηση στη γεωγραφία, 2) Τα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο για τη διερεύνηση γεωγραφικών προβλημάτων σε διαφορετικές κλίμακες, 3) Τα ΣΓΠ αποτελούν απαραίτητο εργαλείο για τον κόσμο των επιχειρήσεων στον 21ο αιώνα.

Παρά το γεγονός ότι τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν για τους μαθητές και καθηγητές από την χρήση των ΣΓΠ, έχουν τεκμηριωθεί ευρέως στη βιβλιογραφία, η ένταξή τους στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εξακολουθεί να αποτελεί μια πρόκληση για την εκπαίδευση. Σήμερα, αν και μερικοί εκπαιδευτικοί θεωρούν τα ΣΓΠ ως ένα ελπιδοφόρο μέσο για μεταρρύθμιση, εντούτοις αυτά έχουν υιοθετηθεί από ελάχιστους εκπαιδευτικούς και. παραμένουν ασαφείς οι λόγοι στους οποίους μπορεί να οφείλεται η αργή εφαρμογή των ΣΓΠ στα σχολεία. Σύμφωνα πάντως με έρευνες (Olsen 2002, Bednarz & Van deSchee 2006, Kerski 2009) τα σοβαρότερα εμπόδια για τη χρήση των ΣΓΠ στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι συνδεδεμένα με:

1) τεχνικούς παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα του υλικού, λογισμικού και δεδομένων,
2) η έλλειψη κατάρτισης των εκπαιδευτικών και κατάλληλου διδακτικού υλικού,
3) "άλλα" προβλήματα που ενθαρρύνουν ή αποθαρρύνουν την καινοτομία στην εκπαίδευση.

Ορισμένα πρόσθετα εμπόδια που αναφέρθηκαν σε άλλες μελέτες, ήταν η έλλειψη χρόνου για τους εκπαιδευτικούς να μάθουν τα ΣΓΠ και να τα χρησιμοποιήσουν σε δραστηριότητες στην τάξη τους, η απροθυμία των εκπαιδευτικών να μάθουν τη χρήση νέων τεχνολογιών, και η ανεπαρκής αναφορά των ΣΓΠ στη διδακτέα ύλη. Παρόλα αυτά τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον τόσο από την διεθνή κοινότητα (Yap et al. 2008), όσο και την Ευρωπαϊκή Ένωση για την ένταξη των ΣΓΠ στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτό αποδεικνύεται τόσο από τις προσπάθειες απλοποίησης χρήσης των ΣΓΠ, όσο και από την δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού και δεδομένων για εφαρμογές στα σχολεία, σε Αμερική και Ευρώπη, από χρηματοδοτούμενα προγράμματα. Επίσης με την πρόσφατη ένταξη των ΣΓΠ στο Ευρωπαϊκό πρόγραμμα σπουδών, ορισμένες χώρες που είτε είχαν ήδη εισάγει τα ΣΓΠ (Ηνωμένο Βασίλειο, πάνω από μια δεκαετία, Αυστρία, Ολλανδία και Βέλγιο) ή πρόσφατα τα

ενέταξαν στα Π.Σ., όπως η Γαλλία, η Σουηδία η Φινλανδία και η Τουρκία έχουν αντιμετωπίσει δυσκολίες στην ενσωμάτωση των ΣΓΠ στη διδασκαλία της γεωγραφίας. Ωστόσο δεν υπάρχει αρκετή έρευνα σχετικά με τα εμπόδια και τους φραγμούς για τη χρήση των ΣΓΠ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και την Ελλάδα.

Τα ΣΓΠ στην ελληνική εκπαίδευση

Η χρήση των ΣΓΠ και στην Ελλάδα ξεκίνησε από τα Πανεπιστήμια την δεκαετία του 1990 και ήταν ελάχιστα. Σήμερα ο αριθμός των προγραμμάτων ΣΓΠ, που προσφέρονται σε ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (ΑΕΙ και ΤΕΙ), είναι ικανοποιητικός και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των Π.Σ. πολλών προπτυχιακών τμημάτων τους. Επιπλέον σε κάποια από τα τμήματα αυτά παρέχονται ειδικά προγράμματα γεωπληροφορικής τόσο σε προπτυχιακό, όσο και σε μεταπτυχιακό και διδακτορικό επίπεδο.
Αντίθετα μέχρι και σήμερα τα ΣΓΠ δεν εμφανίζονται (καμία άμεση αναφορά) στα επίσημα προγράμματα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (γενικής και επαγγελματικής). Θα μπορούσε μόνο κάποιος να υποθέσει ότι μέσα από τα προγράμματα πληροφορικής που προσφέρονται στο σχολείο οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα, εφόσον τα γνωρίζουν, να αναφέρονται και σε εφαρμογές της γεωπληροφορικής. Μόνο μια αναφορά υπάρχει στα ΣΓΠ στο βιβλίο Γεωλογία-Γεωγραφία της Α΄ Γυμνασίου (Παυλόπουλος & Γαλάνη 2009, σελ. 19). Αν λάβουμε δε υπόψη μας την ιδιαίτερη έμφαση που δίνεται τα τελευταία χρόνια στις Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, θα περίμενε ίσως κανείς να δει να γίνεται κάποια αναφορά ή και εφαρμογή των ΣΓΠ, έστω και σε στοιχειώδες επίπεδο, σε κάποιο από τα προγράμματα αυτά. Επίσης, μέσα από τις ελάχιστες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα και αφορούν στη χρήση των ΣΓΠ στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Κιμιωνής 1995, Κοντόση 2007, Κλωνάρη & Λαϊνά 2010) προκύπτει ότι εκτός του ότι τα ΣΓΠ δεν υπάρχουν στα σχολεία και φυσικά δεν χρησιμοποιούνται στην διδασκαλία και μάθηση, αποτελούν ένα "μαύρο κουτί" ακόμα για την συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, αν και υπήρξε ένα σημαντικό ποσοστό εκπαιδευτικών κλάδου ΠΕ4 που εκφράστηκε θετικά στην προοπτική να χρησιμοποιήσει τα ΣΓΠ στη διδασκαλία του μαθήματος της Γεωγραφίας.
Παρόλα αυτά στην Ελλάδα στην δεκαετία που διανύουμε δυο ευρωπαϊκά προγράμματα πραγματοποιήθηκαν με επιτυχία και αφορούσαν την χρήση των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στην εκπαίδευση. Ήταν το τριετές πρόγραμμα GISAS (Εφαρμογές των ΣΓΠ σε Μαθήματα Γεωγραφίας στα Σχολεία) που ολοκληρώθηκε το 2006. Ήταν ένα εκπαιδευτικό και ερευνητικό πρόγραμμα που χρηματοδοτήθηκε από τη δράση MINERVA της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στο οποίο συμμετείχαν 8 ευρωπαϊκά σχολεία και μεταξύ αυτών και ένα ελληνικό (2^{ο} Λύκειο Λάρισας). Επίσης, πραγματοποιήθηκε το διετές πρόγραμμα (2008–2010) IGUESS (Εισαγωγή των ΣΓΠ στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σε Διάφορα σχολικά Αντικείμενα). Το πρόγραμμα αυτό χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Δια Βίου Μάθησης/Comenius της Ε.Ε, και στόχο είχε την επιμόρφωση εκπαιδευτικών και την δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού το οποίο θα διευκολύνει και θα υποστηρίξει την εμπλοκή των ΣΓΠ στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε διαφορετικά αντικείμενα (και άλλα εκτός της γεωγραφίας). Σε αυτό το πρόγραμμα συμμετείχαν επίσης 8 ευρωπαϊκές χώρες και μεταξύ αυτών και η Ελλάδα (Πανεπιστήμιο Αιγαίου). Με αφορμή λοιπόν τα παραπάνω και μέσα από την συμμετοχή μας στο ερευνητικό πρόγραμμα IGUESS πρόεκυψαν δυο βασικά ερωτήματα: α) Πως θα μπορούσαν και σε ποιο βαθμό τα ΣΓΠ να ενσωματωθούν στην διδασκαλία και μάθηση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα, όταν γνωρίζουμε ότι δεν υπάρχει σχετική εμπειρία και λαμβάνοντας υπόψη μας τις δυσκολίες που εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν άλλες χώρες (Ηνωμένο Βασίλειο, ΗΠΑ, κ.α.) με μεγαλύτερη εμπειρία να τα εντάξουν στην διδασκαλία στην τάξη, και β) Πως θα μπορούσαν τα ΣΓΠ να αφομοιωθούν

και να χρησιμοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς ακόμα και για το μάθημα της Γεωγραφίας, πόσο μάλλον και σε άλλα μαθήματα, όταν έχουν περιορισμένη γνώση των τεχνολογιών και των ΣΓΠ, αλλά και των δυνατοτήτων χρήσης ελεύθερων λογισμικών και βάσεων δεδομένων.

Το πρόγραμμα IGUESS: Πιλοτική εφαρμογή στην Λέσβο

Προβλήματα και περιορισμοί της έρευνας

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα έχει γίνει μια σημαντική προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας της εκπαίδευσης, μέσα από τα νέα ΑΠΣ σε όλα τα μαθήματα, τη δημιουργία σύγχρονου εκπαιδευτικού υλικού και τα προγράμματα επιμόρφωσης όλων σχεδόν των εκπαιδευτικών στις Νέες Τεχνολογίες. Παρόλα αυτά όμως εξακολουθούν στα σχολεία να υπάρχουν ακόμα και σήμερα δυσκολίες στην εφαρμογή καινοτόμων προγραμμάτων εξαιτίας ανεπαρκών υποδομών και πόρων στα σχολεία, αλλά και δυνατότητας των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιήσουν τις νέες τεχνολογίες στη διδασκαλία τους. Αυτά είναι μόνο κάποια από τα εμπόδια που δεν επιτρέπουν επίσης τη διδασκαλία στο σχολείο να είναι μαθητοκεντρική, προσανατολισμένη σε μεθόδους έρευνας και επίλυσης προβλήματος, όπως αναφέρουν τα νέα ΑΠΣ (2003), αλλά και οι Rocard et al. (2007) στην ΕΕ συστήνουν.

Σε αυτό το πλαίσιο δεν ήταν εύκολο να χρησιμοποιηθεί ένα νέο τεχνολογικό σύστημα όπως τα ΣΓΠ και να δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητα του στη μάθηση των μαθητών σε περισσότερα μαθήματα ακόμα και στη γεωγραφία, όταν και μέχρι σήμερα είναι γνωστό ότι η διδασκαλία είναι κυρίως δασκαλοκεντρική και χρησιμοποιείται μόνο το βιβλίο από μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Για την υλοποίηση της έρευνας αυτής αρχικά αντιμετωπίσαμε τα παρακάτω προβλήματα:

Οι εκπαιδευτικοί δεν γνώριζαν το τρόπο χρήσης των ΣΓΠ

Ήταν αβέβαιοι στο πως θα μπορούσαν να τα ενσωματώσουν στα μαθήματά τους

Δεν διέθεταν την απαραίτητη υποδομή, όπως το λογισμικό στο σχολείο τους

Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίστηκαν ως εξής: 1) Αρχικά ζητήθηκε να δηλώσουν εθελοντικά ποιοι εκπαιδευτικοί, ανεξάρτητα ειδικότητας, θα επιθυμούσαν να πάρουν μέρος σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης για τη χρήση των ΣΓΠ στη διδασκαλία και μάθηση, στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IGUESS. 2) Χορήγηση δωρεάν άδειας χρήσης του ArcGIS 9.3 για ένα χρόνο (και σε περίπτωση που το χρησιμοποιούσαν και για τα επόμενα χρόνια) στο σχολείο τους. 3) Δημιουργία εκπαιδευτικού υποστηρικτικού υλικού και ψηφιακά δεδομένα για δραστηριότητες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν στα μαθήματά τους (όχι μόνο της γεωγραφίας).

Διαδικασία της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: Στην πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών (3 ημέρες, 9π.μ. - 6μ.μ) στο Εργαστήριο Γεωπληροφορικής του Τμήματος Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου και υπήρξε και μια πρώτη αξιολόγηση των δραστηριοτήτων που είχαν δημιουργηθεί από τα μέλη του προγράμματος (ερωτηματολόγιο). Στην δεύτερη φάση, παρακολουθείται η επιτυχία εφαρμογής του προγράμματος στα σχολεία τους. Στην τρίτη φάση αξιολογούνται τα αποτελέσματα της εφαρμογής στους μαθητές (φύλλα εργασίας και φύλλα αξιολόγησης).

Το δείγμα της έρευνας

Οι εκπαιδευτικοί που πήραν μέρος στην πρώτη φάση της έρευνας, στα πλαίσια του προγράμματος, ήταν συνολικά 10, διαφόρων ειδικοτήτων (3 καθηγητές Πληροφορικής, 2 καθηγητές και 1 καθηγήτρια Φυσικών Επιστημών, 1 καθηγήτρια Ελληνικής και 1 Αγγλικής Φιλολογίας, μια δασκάλα και μια νηπιαγωγός που εργάζονταν στο ΚΠΕ Ασώματου), από 5 σχολεία της Λέσβου (2 Γυμνάσια και 3 Λύκεια.) και από το ΚΠΕ Ασώματου Λέσβου, όλοι

είχαν πάνω από 10 χρόνια υπηρεσία. Όλοι οι εκπαιδευτικοί είχαν εμπειρία στη χρήση Η/Υ και όλοι γνώριζαν πολύ καλά αγγλικά. Από τους εκπαιδευτικούς αυτούς όμως μόνο δύο γνώριζαν τι είναι τα ΣΓΠ και ο ένας δήλωσε ότι τα είχε χρησιμοποιήσει, όχι όμως στη διδασκαλία του μαθήματός του. Στην τρίτη φάση συμμετείχαν 45 μαθητές Β΄ Γυμνασίου από 2 τμήματα του Πειραματικού Γυμνασίου Μυτιλήνης.

Υλικά
Μια σειρά μαθημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, φάκελοι με ψηφιακά δεδομένα, σχέδια μαθημάτων, φύλλα εργασίας και φυλλάδιο με κατάλογο επεξηγηματικών πληροφοριών για την χρήση των ΣΓΠ. Το λογισμικό πακέτο ArcGIS 9.3., και ερωτηματολόγια (για εκπαιδευτικούς και μαθητές) με κλειστές και ανοικτές ερωτήσεις για την αξιολόγηση.

Σκοπός της έρευνας
Να εξοικειωθούν οι εκπαιδευτικοί με μεθόδους διδασκαλίας και μάθησης με τη χρήση της γεωπληροφορικής
Να καλλιεργήσουν δεξιότητες χρήσεις ψηφιακής τεχνολογίας για την διδασκαλία διαφόρων αντικειμένων μέσα από τη χρήση συγκεκριμένων παραδειγμάτων
Να χρησιμοποιήσουν σύγχρονες μεθόδους διδακτικής προσέγγισης, μαθητοκεντρικές και αυτό-υποστηριζόμενες, όπως ερευνητική μέθοδο και μέθοδο επίλυσης προβλήματος, για αποτελεσματική μάθηση

Αποτελέσματα

Στην πρώτη φάση της έρευνας, που περιλάμβανε την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία ασκήσεων διαβαθμισμένης δυσκολίας ως προς τις απαιτήσεις στην χρήση των ΣΓΠ. Το πρόγραμμα περιελάμβανε τρία μέρη: στο πρώτο μέρος δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς βασικές πληροφορίες για τα ΣΓΠ και την χρήση τους στην καθημερινή ζωή, και τους παρουσιάστηκαν κάποια έτοιμα παραδείγματα μαθημάτων. Επιπλέον παρουσιάστηκαν και ελευθέρα λογισμικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν, αλλά και ιστοσελίδες όπου μπορούν να πάρουν δεδομένα.. Στην συνέχεια, στο δεύτερο μέρος, οι εκπαιδευτικοί πραγματοποίησαν οι ίδιοι δραστηριότητες (σχέδια μαθημάτων) με την χρήση του ArcGIS 9.3. και με την βοήθεια φύλλων εργασίας που είχαν δημιουργηθεί στα πλαίσια του προγράμματος IGUESS. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν 3 βασικές ασκήσεις, χαμηλού βαθμού δυσκολίας, ώστε να εξοικειωθούν οι εκπαιδευτικοί με την χρήση των ΣΓΠ, όπου τους δόθηκαν αναλυτικά φύλλα εργασίας με οδηγίες για καθοδηγούμενη διερεύνηση βήμα-βήμα. Ακολούθως πραγματοποίησαν άλλες 3 δραστηριότητες (σχέδια μαθημάτων) υψηλότερου βαθμού δυσκολίας, όπου βασίζονταν σε πιο ανεξάρτητη μάθηση. Τους δινόταν το αρχικό "σενάριο" για την άσκηση, φυσικά τα δεδομένα που θα χρειάζονταν και τα προς διερεύνηση ερωτήματα και ένας κατάλογος με πληροφορίες που μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν όποτε το έκριναν απαραίτητο. Δεν υπήρχε βήμα – βήμα καθοδήγηση για την πραγματοποίηση αυτών των μαθημάτων. Τέλος στο τρίτο μέρος έγινε η παρουσίαση των μαθημάτων που είχαν ολοκληρώσει, συζήτηση και αξιολόγηση τόσο του προγράμματος όσο και των δραστηριοτήτων που δοκιμάσθηκαν από τους συμμετέχοντες.
Από την αξιολόγηση προέκυψαν τα παρακάτω: Όλοι δήλωσαν (10/10) ότι κατά τη διάρκεια αυτής της επιμόρφωσης απόκτησαν κάποιες νέες ιδέες για το πώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν και να εντάξουν τα ΣΓΠ στα μαθήματά τους. Μάλιστα οι έξι από τους δέκα δήλωσαν ότι θα μπορούσαν και θα ήθελαν να εφαρμόσουν όσα έμαθαν στο σχολείο τους. Στην ερώτηση κατά πόσο αυτή η επιμόρφωση ικανοποίησε τις προσδοκίες τους, οι απαντήσεις ήταν: Περισσότερο από ότι περίμενα! (5), Ναι, ήταν ακριβώς όπως το περίμενα

(4) και Θα μου άρεσε να μάθω κάτι παραπάνω από αυτά που έμαθα (1). Όσο για τη διάρκεια του σεμιναρίου από τους μισούς θεωρήθηκε ότι ήταν πολύ σύντομο, ενώ για τους άλλους μισούς ότι η διάρκεια του ήταν ακριβώς όση χρειαζόταν. Δύο από τους συμμετέχοντες θεώρησαν αρκετά δύσκολες τις "ασκήσεις", ενώ οι υπόλοιποι ότι ήταν στα πλαίσια των δυνατοτήτων τους. Οκτώ εκπαιδευτικοί βρήκαν το υλικό που τους δόθηκε σαφές και καλά δομημένο και ότι θα μπορούσαν να το χρησιμοποιήσουν για να διδάξουν τα δικά τους αντικείμενα, ενώ δυο παρατήρησαν ότι θα ήθελαν περισσότερες και πιο σαφείς οδηγίες και περισσότερα δεδομένα για γνωστικά αντικείμενα που δεν υπήρχαν. Εννέα από τους δέκα εκπαιδευτικούς δήλωσαν ότι θα προσπαθούσαν να δημιουργήσουν δικά τους σχέδια μαθήματος με την χρήση των ΣΓΠ, τα οποία θα μπορούσαν να τα μοιραστούν και με άλλους εκπαιδευτικούς. Μόνο μια εκπαιδευτικός δήλωσε ότι δεν θα μπορούσε να το κάνει γιατί δεν ένοιωθε πολύ σίγουρη γιαυτό.

Η δεύτερη φάση της έρευνας περιελάμβανε την διαδικασία παρακολούθησης αυτών των εκπαιδευτικών στα σχολεία τους κατά πόσο θα μπορούσαν να εφαρμόσουν κάποια από τα διδακτικά σενάρια στα μάθημά τους με την χρήση των ΣΓΠ. Ενώ τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση του σεμιναρίου ήταν πολύ ενθαρρυντικά εντούτοις κατά την φάση εφαρμογής στα σχολεία υπήρξαν προβλήματα. Αρχικά καθηγητές που υπηρετούσαν σε λύκεια δεν τα χρησιμοποίησαν λόγω έλλειψης χρόνου και μη συνάφειας της ύλης των έτοιμων σχεδίων με τα μαθήματα που δίδασκαν. Ένας καθηγητής πληροφορικής μόνο χρησιμοποίησε κάποια σχέδια (παρουσίαση) ως παραδείγματα εφαρμογών της πληροφορικής στους μαθητές του. Οι εκπαιδευτικοί που υπηρετούσαν στο ΚΠΕ δεν το εφάρμοσαν σε μαθητές, αλλά όλη την χρονιά προσπάθησαν να δημιουργήσουν μια δικιά τους άσκηση που να την χρησιμοποιήσουν στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Το αποτέλεσμα ήταν η μια εκπαιδευτικός ήδη να έχει δημιουργήσει δικά της δεδομένα (με χρήση GPS) από εργασία στο πεδίο και να έχει έτοιμο διδακτικό σενάριο με παιχνίδι ρόλων και φύλλα εργασίας για ένα "Περιβαλλοντικό μονοπάτι", το οποίο θα εφαρμόσει τη τρέχουσα χρονιά σε παιδιά Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης δημοτικών σχολείων. Τέλος οι εκπαιδευτικοί των δύο γυμνασίων προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν τα δυο σχέδια μαθημάτων (Οι σεισμοί στην Ελλάδα και Τα ηφαίστεια στην Ελλάδα) που οι ίδιοι είχαν πραγματοποιήσει στο σεμινάριο και διέθεταν τόσο τα δεδομένα όσο και όλο το εκπαιδευτικό υλικό (σχέδια μαθήματος, φύλλα εργασίας και φύλλα αξιολόγησης) στο μάθημα της γεωγραφίας. Παρόλα αυτά κανένας δεν κατόρθωσε να πραγματοποιήσει τα συγκεκριμένα μαθήματα στο σχολείο του, γιατί οι Η/Υ που διέθεταν για να εργαστούν οι μαθητές τους δεν είχαν την δυνατότητα να υποστηρίξουν το πρόγραμμα των ArcGIS. Έτσι έγινε πρόταση να έρθουν με τους μαθητές τους και να πραγματοποιήσουν τα συγκεκριμένα μαθήματα στο εργαστήριο γεωπληροφορικής του πανεπιστημίου. Όμως και αυτό δεν ήταν εφικτό να γίνει από το ένα σχολείο γιατί ήταν έξω από την πόλη και δεν μπορούσαν να διαθέσουν ολόκληρη ημέρα για ένα μάθημα (δεν τους δόθηκε άδεια). Τελικά μόνο οι εκπαιδευτικοί από το Πειραματικό Γυμνάσιο του Παν. Αιγαίου στη Μυτιλήνη εφάρμοσαν τα ΣΓΠ στο μάθημα της Γεωγραφίας.

Η τρίτη φάση λοιπόν της έρευνας περιλάμβανε την παρακολούθηση διεξαγωγής των μαθημάτων στο εργαστήριο με την χρήση όλου του εκπαιδευτικού πακέτου από τις καθηγήτριες και τους/τις μαθητές/τριες, και τέλος την αξιολόγηση του μαθήματος. Μέσα από τις εργασίες των μαθητών/τριών αξιολογήθηκε: ο βαθμός επίτευξης των διδακτικών στόχων του μαθήματος, ελέγχθηκε ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, και ο βαθμός ικανοποίησης των μαθητών/τριών από την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου μαθήματος. Το μάθημα που πραγματοποιήθηκε με την χρήση των ΣΓΠ ήταν "Οι σεισμοί στην Ελλάδα" και στους μαθητές είχαν δοθεί τυπωμένα τα Φύλλα Εργασίας του μαθήματος. Μέσα από τις συγκεκριμένες δραστηριότητες σκοπός ήταν οι μαθητές να οπτικοποιήσουν την χωρική κατανομή σεισμών που έχουν συμβεί στην Ελλάδα. Να εντοπίσουν τη διαμόρφωση σεισμικών ζωνών σύμφωνα με την κατανομή των επικέντρων των σεισμών και να

συσχετίσουν τη σεισμική δραστηριότητα με τα όρια των τεκτονικών πλακών και των ενεργών ρηγμάτων. Επίσης να μπορέσουν να προσδιορίσουν τις πόλεις που κινδυνεύουν περισσότερο από την σεισμική δραστηριότητα.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν καθοδηγούμενη διερεύνηση (βήμα-βήμα) και η διάρκεια 2 διδακτικές ώρες. Πήραν μέρος 2 τμήματα του σχολείου και στο σύνολο ήταν 45 (22 κορίτσια και 23 αγόρια) μαθητές/τριες. Κάθε μαθητής/τρια δούλευε μόνος/η του/της σε ένα Η/Υ, όπου υπήρχε εγκατεστημένο το ArcGIS 9.3 και στην επιφάνεια κάθε Η/Υ υπήρχε φάκελος με όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες για την πραγματοποίηση όλων των δραστηριοτήτων. Οι εκπαιδευτικοί μπορούσαν να βοηθήσουν τους/τις μαθητές/τριες εφόσον το ζητούσαν. Στο τέλος του μαθήματος όλοι οι μαθητές/τριες είχαν δημιουργήσει τους δικούς τους χάρτες, τους οποίους τύπωσαν και πήραν μαζί τους. Να σημειώσουμε ότι πριν την έναρξη του μαθήματος στους/στις μαθητές/τριες είχε δοθεί ερωτηματολόγιο που εκτός από τα ατομικά τους στοιχεία, περιείχε ερωτήσεις σχετικές με την εξοικείωση τους με την χρήση των Η/Υ και τα ΣΓΠ, αλλά και ερωτήσεις για τον έλεγχο των γνώσεων που είχαν σχετικά με τους σεισμούς. Από τις απαντήσεις προέκυψε ότι όλοι οι μαθητές/τριες ήταν πολύ εξοικειωμένοι με την χρήση των Η/Υ, τον χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση, αλλά κανείς δεν γνώριζε τα ΣΓΠ και δεν τα είχε χρησιμοποιήσει. Όσο για τις απαντήσεις που πήραμε στο τι περίμεναν από αυτό το μάθημα η πλειοψηφία των μαθητών απάντησε ότι θα ήταν ένα μάθημα αλλιώτικο και πιο ενδιαφέρον. Στις ερωτήσεις δε που αφορούσαν γνώση του περιεχομένου για τους σεισμούς όπως:

Α. Σε ποιες περιοχές της Ελλάδας συμβαίνουν οι περισσότεροι σεισμοί και γιατί;

Β. Ποιες περιοχές της Ελλάδας θα λέγατε ότι έχουν την μικρότερη πιθανότητα να εκδηλωθούν σεισμοί;

Γ. Σε ποιες θέσεις εκδηλώνονται συνήθως επιφανειακοί σεισμοί, μέσου βάθους και μεγάλου βάθους;

Δ. Ποιοι σεισμοί, με το ίδιο μέγεθος, τυπικά προξενούν περισσότερες ζημιές σε μια περιοχή α) πάνω από το επίκεντρο και β) σε μεγαλύτερη απόσταση από το επίκεντρο, οι μέσου βάθους σεισμοί ή οι επιφανειακοί σεισμοί; Αιτιολόγησε την άποψη σου.

Ε. Ονόμασε πέντε πόλεις με υψηλή επικινδυνότητα και πέντε πόλεις με χαμηλή επικινδυνότητα από την εκδήλωση σεισμού.

Οι μαθητές/τριες πριν από την διδακτική παρέμβαση στις ερωτήσεις Α και Ε είχαν το μεγαλύτερο ποσοστό σωστών απαντήσεων που ήταν το 40%, ενώ το 44,4% απάντησε εν μέρει σωστά και οι υπόλοιποι (15,6%) δεν απάντησαν καθόλου. Στην ερώτηση Β η πλειοψηφία (84,4%) απάντησε λάθος ή συγκεχυμένα και οι υπόλοιποι επίσης δεν έδωσαν καμία απάντηση. Στις ερωτήσεις όμως Γ και Δ μόνο 3 μαθητές/τριες απάντησαν εν μέρει σωστά, το 33,3% απάντησε λάθος και οι υπόλοιποι (40%) δεν απάντησαν καθόλου.

Κατά την διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης με την χρήση των Φύλλων Εργασίας οι απαντήσει των μαθητών/τριών ήταν πάρα πολύ βελτιωμένες, όχι μόνο σε ποσοστά των σωστών απαντήσεων αλλά και στα ποσοστά των ερωτήσεων που δεν απαντήθηκαν. Έτσι κατά την διάρκεια του μαθήματος με τη βοήθεια των ΣΓΠ και την συμπλήρωση των Φύλλων Εργασίας που περιείχαν τις παραπάνω ερωτήσεις αλλά και κάποιες συμπληρωματικές που αφορούσε παρατηρήσεις των μαθητών κατά την διαδικασία των εργασιών τους με τα ΣΓΠ, όλοι οι μαθητές απάντησαν σε όλες τις ερωτήσεις. Η συντριπτική πλειοψηφία (80%) απάντησε σωστά στις ερωτήσεις Α, Β, Γ και Ε, 11,1% απάντησαν εν μέρει σωστά και μόνο 4 μαθητές/τριες έδωσαν λάθος απαντήσεις. Στην μόνη ερώτηση που οι μαθητές σε ποσοστό 31,1% απάντησαν λάθος ήταν η Δ, ενώ η πλειοψηφία και εδώ των απαντήσεων ήταν είτε σωστές είτε εν μέρει σωστές.

Όσον αφορά στο τρίτο μέρος του ερωτηματολογίου οι μαθητές/τριες απάντησαν ότι ήταν πάρα πολύ ικανοποιημένοι/ες από το μάθημα και το βρήκαν πάρα πολύ ενδιαφέρον. Η μεγάλη πλειοψηφία θεώρησε ότι ήταν σχετικά εύκολο να τελειώσουν όλες τις εργασίες και

να φτάσουν μέχρι και τη εκτύπωση του χάρτη, και μόνο πέντε μαθητές/τριες είπαν ότι είχαν δυσκολίες με την κλίμακα του χάρτη και την εκτύπωση του. Στην ανοικτή ερώτηση που υπήρχε στο τέλος και τους ζητούσαμε να γράψουν ότι άλλο επιθυμούσαν για αυτή την εμπειρία τους, όλες οι απαντήσεις ήταν ότι ήταν ένα συναρπαστικό μάθημα γεωγραφίας, πολύ ωραίο και θα ήθελαν να είχαν τη δυνατότητα να συμμετέχουν σε τέτοια προγράμματα πιο συχνά.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε, όσον αφορά τους εκπαιδευτικούς, ότι όλοι ήταν πολύ θετικοί στην προοπτική χρήσης των ΣΓΠ στην εκπαίδευση και όλοι ανεξάρτητα ειδικότητας κατάφεραν να πραγματοποιήσουν και να τελειώσουν όλα τα σχέδια μαθήματος και τις δραστηριότητες με την χρήση των ΣΓΠ. Αν και οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούσαν ως τα προσφορότερα μαθήματα για να γίνουν τέτοιες εφαρμογές ήταν η Γεωγραφία και η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, εντούτοις μετά το πρόγραμμα αναθεώρησαν την άποψή τους και είδαν προοπτικές χρήσης τους και σε άλλα μαθήματα. Επίσης δήλωσαν ότι αν οι συνθήκες στο Λύκειο βελτιωθούν, από άποψη πίεσης χρόνου, Προγράμματος Σπουδών και καλύτερων υποδομών (σύγχρονα εργαστήρια Η/Υ, περισσότερες θέσεις εργασίας και με γρήγορη πρόσβαση στο διαδύκτιο και σε ψηφιακά δεδομένα) η εφαρμογή των ΣΓΠ θα είναι εφικτή. Αρκετά δηλαδή από τα ευρήματα της έρευνάς μας συμφωνούν με αυτά που αναφέρονται και στην διεθνή βιβλιογραφία, όσον αφορά τα εμπόδια χρήσης των ΣΓΠ στα σχολεία. Έτσι κατά την παρακολούθηση της δεύτερης φάσης της έρευνας το αξεπέραστο εμπόδιο για τους καθηγητές που δεν εφάρμοσαν το πρόγραμμα ήταν αυτό της έλλειψης χρόνου και συνάφειας των ήδη έτοιμων ασκήσεων που τους δόθηκαν με τα μαθήματα που ήδη δίδασκαν στο Λύκειο. Επίσης σημαντικό εμπόδιο ήταν η απασχόληση των εργαστηρίων των Η/Υ για την διδασκαλία των αντίστοιχων μαθημάτων, μια και ο αριθμός των Η/Υ ήταν μικρός και οι μαθητές μιας τάξης έπρεπε να χωρίζονται σε δυο ομάδες για να δουλέψουν και έτσι οι ώρες απασχόλησης των εργαστηρίων διπλασιάζονταν. Αυτό το πρόβλημα το αντιμετώπισαν και οι εκπαιδευτικοί των Γυμνασίων και μαζί με το πρόβλημα του παλαιού εξοπλισμού των εργαστηρίων δεν κατάφεραν να τρέξουν το πρόγραμμα στο σχολείο τους. Παρόλα αυτά θεωρώ εξαιρετικά σημαντικό ότι οι μισοί από τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στο πρόγραμμα πραγματικά κατέβαλαν προσπάθειες για να το εφαρμόσουν στους μαθητές τους και έδειξαν αρχικά πολύ μεγάλο ενθουσιασμό με τις δυνατότητες που παρέχουν τα ΣΓΠ στη διδασκαλία και μάθηση. Η μεγαλύτερη όμως επιτυχία του προγράμματος πιστεύω ότι ήρθε μέσα από την συμμετοχή των δυο εκπαιδευτικών από το ΚΠΕ, οι οποίες προσπάθησαν να δημιουργήσουν δικές τους εφαρμογές και τελικά ήδη υπάρχουν νέα δεδομένα και νέα δραστηριότητα που πρόκειται να εφαρμοστεί σε μαθητές δημοτικού. Τέλος για τους δυο καθηγητές που πραγματοποίησαν με επιτυχία την εφαρμογή με τους μαθητές τους, έστω και στο εργαστήριο του τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου Αιγαίου, με τα υπάρχοντα δεδομένα και το έτοιμο υλικό, θεωρώ ότι μας έδωσαν ένα σημαντικό υλικό για σκέψη και συζήτηση. Αυτό που προέκυψε από την εφαρμογή του συγκεκριμένου υλικού με τους μαθητές είναι ότι οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου (14 ετών) έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν τα ΣΓΠ με αποτελεσματικό τρόπο και να ολοκληρώσουν δραστηριότητες, κάτι που και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί αρχικά δεν φαντάζονταν. Ο ενθουσιασμός και η ικανοποίηση των μαθητών ήταν κάτι το εξαιρετικό. Αλλά και ο υψηλός βαθμός επίτευξης των στόχων μάθησης ήταν επίσης πολύ σημαντικός. Τέλος, το ότι για μια τέτοια εφαρμογή, με μαθητές που δεν είχαν ξαναχρησιμοποιήσει ΣΓΠ, χρειάστηκαν για να την ολοκληρώσουν μόνο δύο διδακτικές ώρες δείχνει ότι με τις κατάλληλες συνθήκες θα μπορούσαν να ενσωματωθούν τα ΣΓΠ στην εκπαιδευτική πράξη. Θεωρώ βέβαια ότι μεγάλο μέρος της επιτυχίας οφείλεται στην πολύ καλή οργάνωση του

εκπαιδευτικού υλικού, στον αναλυτικό τρόπο που ήταν γραμμένες οι οδηγίες για την χρήση των ΣΓΠ, και στις δυνατότητες που είχαν οι Η/Υ ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα κατά την λειτουργία τους και φυσικά στην θετική διάθεση των εκπαιδευτικών απέναντι στην διαδικασία.
Είναι λοιπόν ουτοπία να πούμε ότι θα μπορούσαν τα ΣΓΠ να χρησιμοποιηθούν στην διδασκαλία ή μια εφικτή πραγματικότητα;
Πόσο δύσκολο είναι τα σχολεία να αναβαθμίσουν τα εργαστήρια τους και οι επιμορφώσεις των εκπαιδευτικών να είναι πραγματικά "επιμορφώσεις επί της ουσίας και όχι τύποις";

Βιβλιογραφία

Κιμιωνής, Γ. (1995). Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS) ως Διδακτικά Εργαλεία στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο

Κλωνάρη, Αικ. & Λαϊνά, Β. (2010). Οι Απόψεις των Εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης για τη Χρήση των Σ.Γ.Π στην Εκπαίδευση. 9^{ο} πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα.

Κοντόση, Κ. (2007). Τα GIS στην Εκπαιδευτική διαδικασία. Δυνατότητες και προοπτικές χρησιμοποίησής τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. 2ο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Γλώσσα, Σκέψη και Πράξη στην Εκπαίδευση, 19 - 21 Οκτωβρίου 2007, Ιωάννινα. http://ipeir.pde.sch.gr/educonf/2/html/dnaeoeeu.html

Κουτσόπουλος, Κ. (2005). Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και ανάλυση χώρου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

Παυλόπουλος, Κ. & Γαλάνη, Α. (2009). Γεωλογία - Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα

Bednarz, S. W. (2004). Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education? GeoJournal, 60, 191–199.

Bednarz, S. W., & Van der Schee, J. (2006). Europe and the United States: The implementation of geographic information systems in secondary education in two contexts. *Technology, Pedagogy and Education*, 15(2), 191–205.

Hwang, L. (2006). Mapping it out. geographic information systems can help administrators make enrollment and facilities decisions. American school & University, 4, 34-36.

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.

Olsen, A. (2002). Using GIS software in school teaching programmes: An initial survey. *New Zealand* Journal of Geography, 113, 17–19.

Patterson, M., Reeve, K., & Page, D. (2003). Integrating geographic information systems into the secondary curricula. Journal of Geography, 102(6), 275–281.

Rocard, M., P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson & V. Hemmo (2007). Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. European Commission, Directorate-General for Research Science, Economy and Society. Belgium, EUR 22846.

Yap, Lee Yong, Ivy Tan, Geok Chin, Zhu, Xuan & Wettasinghe, M. C. (2008). An assessment of the use of geographical information systems (GIS) in teaching geography in Singapore schools. Journal of Geography, 107(2), 52–60.

Συνεδρία 5: Διδακτικές Προσεγγισεις στις Φυσικές Επιστήμες

Καλλιέργεια συλλογιστικών στρατηγικών για τη διαχείριση καταστάσεων λήψης απόφασης

Άντρη Αλκιβιάδου, Νίκος Παπαδούρης & Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου
Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου
{alkiviadou.antri, npapa, c.p.constantinou }@ucy.ac.cy

Περίληψη
Παρά την ευρεία αναγνώριση της καλλιέργειας δεξιοτήτων λήψης απόφασης ως βασικής μαθησιακής επιδίωξης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, η μέχρι στιγμής έρευνα αναφορικά με την ανάπτυξη και τεκμηρίωση σχετικών διδακτικών προτάσεων είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Αυτό ισχύει πιο έντονα στην περίπτωση της καλλιέργειας συλλογιστικών στρατηγικών για τη σύνθεση των διαθέσιμων πληροφοριών, ώστε να εντοπίζεται η προτιμητέα λύση. Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε μια ερευνητική προσπάθεια που εμπίπτει σε αυτή την περιοχή και επιδιώκει την ανάπτυξη και ερευνητική επικύρωση διδακτικού υλικού για την καλλιέργεια μιας συγκεκριμένης συλλογιστικής στρατηγικής, της βελτιστοποίησης. Σε αυτή την εργασία περιγράφεται συνοπτικά το διδακτικό υλικό που έχει αναπτυχθεί και παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα από την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του, στο πλαίσιο της εφαρμογής του με μια ομάδα 22 μαθητών Λυκείου. Τα αποτελέσματα φανερώνουν, αφενός, την αδυναμία των μαθητών να χειριστούν αποτελεσματικά καταστάσεις λήψης απόφασης πριν από τη διδασκαλία και, αφετέρου, τη σημαντική βελτίωση που επέδειξαν μετά την ολοκλήρωσή του.

Abstract
Despite the wide recognition of the development of decision-making skills as a significant learning objective of science teaching, research in this area has been quite limited so far. This is particularly relevant to the reasoning aspect of decision-making in that there is a clear lack of teaching innovations about the development of reasoning strategies for selecting among rival solutions. The present study is part of a research effort that purports to develop curriculum materials to help students develop a specific optimization strategy for decision-making. This study provides an overview of the curriculum materials we have developed and reports on the results that emerged from its implementation with a group of 22 high-school students. These data suggest that prior to the implementation, students' fell short of effectively processing the data in given decision-making situations, whereas their interaction with the curriculum materials led to a significant improvement in this respect.

Εισαγωγή – Θεωρητικό πλαίσιο

Η λήψη απόφασης περιλαμβάνει την πραγματοποίηση αιτιολογημένων επιλογών ανάμεσα σε εναλλακτικούς τρόπους δράσης (σχετικά με προσωπικά ή δημόσια θέματα). Η καλλιέργεια δεξιοτήτων λήψης απόφασης αναγνωρίζεται ευρέως ως βασική επιδίωξη της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (AAAS 1993, NRC 1996). Σε μεγάλο βαθμό, αυτή η αναγνώριση συνδέεται με τα αυξανόμενα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που αντιμετωπίζει η σύγχρονη κοινωνία και την επιδίωξη για κατάλληλη προετοιμασία των μαθητών ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται με ενημερωμένο τρόπο τέτοια ζητήματα σε προσωπικό επίπεδο (π.χ. ισοζυγισμός πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων από τη λήψη ενός καινούριου εμβολίου) και επίσης να παρακολουθούν (και ενδεχομένως να συμμετέχουν) στο δημόσιο διάλογο για ευρύτερα ζητήματα (π.χ. παγκόσμια θέρμανση). Παρά την ευρεία αναγνώριση,

είναι σημαντικό να παρατηρήσει κανείς την ιδιαίτερα περιορισμένη ερευνητική δραστηριοποίηση αναφορικά με την ανάπτυξη διδακτικών προτάσεων για τη ρητή προώθηση δεξιοτήτων λήψης απόφασης.

Οι δεξιότητες λήψης απόφασης μπορούν να αναλυθούν σε διάφορες πτυχές. Για παράδειγμα, μια από αυτές, περιλαμβάνει τη διατύπωση κριτηρίων και τη συνεπή χρήση τους για τη συστηματικοποίηση της επεξεργασίας των δεδομένων. Ενδεικτικά, ερευνητικά δεδομένα από τη διδακτική των φυσικών επιστημών εισηγούνται ότι ο προσδιορισμός και η διασαφήνιση των παραμέτρων μιας κατάστασης απόφασης από μέρους των μαθητών, εξαρχής (π.χ. μέσα από τον καθορισμό των σχετικών κριτηρίων) τείνει να αυξάνει την ποιότητα και το βάθος της εμπλοκής τους στη διαδικασία λήψης απόφασης (Ratcliffe 1997). Μια άλλη πτυχή αφορά στην εννοιολογική κατανόηση αναφορικά με τα θέματα που υπεισέρχονται στην κατάσταση λήψης απόφασης. Ειδικότερα, η έλλειψη εννοιολογικής κατανόησης, ή η αδυναμία μεταφοράς και εφαρμογής της στη συζήτηση για τη λήψη απόφασης, τείνουν να υπονομεύουν την αποτελεσματικότητά της (Hogan 2002). Τέλος, μια τρίτη πτυχή η οποία αποτελεί το σημείο εστίασης της παρούσας εργασίας, αφορά στην εφαρμογή κατάλληλων συλλογιστικών στρατηγικών για την αξιόπιστη επεξεργασία των διαθέσιμων πληροφοριών και σύγκριση των πιθανών λύσεων, ώστε να εντοπίζεται η βέλτιστη (Arvai et al. 2004). Συνήθως οι καταστάσεις λήψης απόφασης περιπλέκονται από διάφορους παράγοντες όπως η παρουσία πολλαπλών κριτηρίων που θα πρέπει να συντονιστούν και η διαφοροποίηση ως προς τη σχετική βαρύτητά τους, η οποία χρειάζεται να σταθμίζεται. Συνήθως, αυτή η πολυπλοκότητα παρακάμπτεται μέσω απλών και διαισθητικών στρατηγικών (heuristics), οι οποίες, παρά τη δυνατότητά τους να επιτρέπουν τη σύντομη και εύκολη διατύπωση αποφάσεων, τείνουν να υποπίπτουν σε διάφορα συλλογιστικά σφάλματα και να οδηγούν σε στρεβλωμένα συμπεράσματα (Kahneman, Slovic & Tversky 1982, Baron 2008,). Προφανώς, η αποτελεσματική διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας προϋποθέτει κατάλληλες στρατηγικές οι οποίες παρέχουν διαδικασίες για τη συστηματική επεξεργασία και σύνθεση της διαθέσιμης πληροφόρησης αναφορικά με την υπό μελέτη κατάσταση λήψης απόφασης σε κάθε περίπτωση (Arvai et al. 2004). Τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι αυτές οι στρατηγικές δεν προκύπτουν αυθόρμητα, ως αποτέλεσμα της έκθεσης των μαθητών στη συμβατική διδασκαλία. Αντίθετα, προϋποθέτουν ρητό διδακτικό χειρισμό. Όπως έχει προαναφερθεί, αυτό το στοιχείο δεν έχει λάβει επαρκή προσοχή μέχρι στιγμής στην έρευνα στο πεδίο της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Παρά τα ενδιαφέροντα και σημαντικά δεδομένα αναφορικά με τη διδασκαλία βασικών πτυχών της δεξιότητας λήψης απόφασης, η ανάπτυξη και ερευνητική επικύρωση σχετικών διδακτικών επινοήσεων για την καλλιέργεια συλλογιστικών στρατηγικών δεν έχει απασχολήσει ρητά τη μέχρι στιγμής έρευνα.

Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε μια ευρύτερη ερευνητική προσπάθεια[8] ανάπτυξης και επικύρωσης διδακτικού υλικού, για την προώθηση μιας συγκεκριμένης συλλογιστικής στρατηγικής για την επεξεργασία πληροφοριών σε καταστάσεις λήψης απόφασης και την επιλογή της βέλτιστης λύσης. Πιο κάτω, περιγράφεται συνοπτικά η επιδιωκόμενη συλλογιστική στρατηγική και το σκεπτικό του διδακτικού υλικού και ακολούθως παρουσιάζονται αποτελέσματα από την αξιολόγηση των μαθητών κατά την εφαρμογή του.

Το σκεπτικό και η δομή του διδακτικού υλικού

Η συλλογιστική στρατηγική της βελτιστοποίησης

Η συγκεκριμένη στρατηγική παρέχει μια δομή για τη συστηματικοποίηση της διαδικασίας ισοζυγισμού και σύνθεσης των διάφορων στοιχείων που υπεισέρχονται σε μια κατάσταση λήψης απόφασης με στόχο τον εντοπισμό προτιμητέας λύσης. Συνοπτικά, μπορεί να αναλυθεί

[8] Η εργασία εντάσσεται στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος CoReflect το οποίο χρηματοδοτείται από την ευρωπαϊκή επιτροπή (7th Framework Programme, Contract No 217792).

σε τρία στάδια. Το πρώτο περιλαμβάνει τη μετατροπή των δεδομένων για όλα τα κριτήρια σε μια ενιαία κλίμακα. Για το σκοπό αυτό, οι υποψήφιες λύσεις βαθμολογούνται για το κάθε κριτήριο χωριστά, ανάλογα με την καταλληλότητά τους, σε μια ενιαία κλίμακα (π.χ. κλίμακα 1-10, με το μεγαλύτερο δυνατό βαθμό να αντιστοιχεί στην καταλληλότερη λύση). Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει τη στάθμιση των κριτηρίων ανάλογα με τη σημαντικότητά τους μέσω της ανάθεσης συντελεστών βαρύτητας (π.χ. σε μια κλίμακα 1-10, με το μεγαλύτερο δυνατό συντελεστή να δίνεται στο σημαντικότερο κριτήριο). Στο τελικό στάδιο, οι αρχικές βαθμολογίες σταθμίζονται ανάλογα με τη βαρύτητα των αντίστοιχων κριτηρίων. Η λύση που συγκεντρώνει μεγαλύτερη συνολική σταθμισμένη βαθμολογία, συνυπολογίζοντας όλα τα κριτήρια, καθορίζεται ως η καταλληλότερη.

Δομή διδακτικού υλικού[9]

Το διδακτικό υλικό, το οποίο λειτουργεί διαδικτυακά, μπορεί να διακριθεί σε τέσσερις βασικές ενότητες. Στην πρώτη, εισάγεται το σενάριο λήψης απόφασης στο οποίο εστιάζει το διδακτικό υλικό. Ειδικότερα, η υπό μελέτη κατάσταση λήψης απόφασης επικεντρώνεται στην επιλογή ανάμεσα σε τρεις τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού (κατασκευή αιολικών πάρκων, φωτοβολταϊκών πάρκων ή μετατροπή υφιστάμενων θερμοηλεκτρικών σταθμών, ώστε να λειτουργούν με φυσικό αέριο αντί με πετρέλαιο) με βάση τρία κριτήρια ίσης βαρύτητας (εκπομπές ρύπων, συνολικό κόστος λειτουργίας για εικοσιπέντε χρόνια, αριθμός νέων θέσεων εργασίας). Ανατίθεται στις ομάδες μαθητών ο ρόλος του κυβερνητικού συμβούλου και τους ζητείται να μελετήσουν τις πληροφορίες που έχουν στη διάθεσή τους, μέσω του διδακτικού υλικού, για τις τρεις πιθανές λύσεις και να καταλήξουν σε απόφαση, ως ομάδα, τεκμηριώνοντας την όσο πιο πειστικά μπορούν. Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές δεν καθοδηγούνται με οποιοδήποτε τρόπο ως προς την προσέγγιση που ακολουθούν για την επεξεργασία των πληροφοριών και τη σύγκριση των υποψήφιων λύσεων. Στη δεύτερη ενότητα, οι μαθητές μελετούν διάφορες συλλογιστικές στρατηγικές λήψης απόφασης οι οποίες εντάσσονται σε ένα συγκείμενο το οποίο δεν συνδέεται με το υπό μελέτη σενάριο. Η κατάσταση λήψης απόφασης που αξιοποιείται ως παράδειγμα είναι ιδιαίτερα απλή και εξαιρεί το στοιχείο της διαφοροποίησης στη βαρύτητα των κριτηρίων. Μια από τις προσεγγίσεις που ζητείται από τους μαθητές να επεξεργαστούν είναι η βελτιστοποίηση, η οποία παρουσιάζεται σε μια απλή μορφή από την οποία εξαιρείται η διαδικασία στάθμισης των κριτηρίων ανάλογα με τη βαρύτητά τους. Η έμφαση βρίσκεται στο συλλογιστικό μέρος των προσεγγίσεων και στον εντοπισμό πτυχών τους που ενδέχεται να υπονομεύουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των συμπερασμάτων στα οποία οδηγούν. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές καθοδηγούνται να διαμορφώσουν κριτήρια για την αξιολόγηση του σκεπτικού συλλογιστικών στρατηγικών λήψης απόφασης, τα οποία εφαρμόζουν στη συνέχεια στην προσέγγιση που είχαν ακολουθήσει οι ίδιοι ως ομάδα στην πρώτη ενότητα. Σε αυτό το πλαίσιο αναμένεται να εντοπίζουν αδυναμίες της προσέγγισης που είχαν υιοθετήσει και να αντιλαμβάνονται τη δυνητική συνεισφορά της στρατηγικής της βελτιστοποίησης, ως μιας αποτελεσματικής προσέγγισης για τη συστηματική σύνθεση όλης της διαθέσιμης πληροφόρησης. Στο τρίτο μέρος του διδακτικού υλικού, ζητείται από τους μαθητές να χειριστούν μια παραλλαγή του αρχικού σεναρίου λήψης απόφασης, στο οποίο προστίθεται το στοιχείο της διαφοροποίησης στη βαρύτητα. Αφού αντιληφθούν την αδυναμία της υφιστάμενης εκδοχής της βελτιστοποίησης να χειριστεί αυτό το στοιχείο καθοδηγούνται ώστε να την τροποποιήσουν, ενσωματώνοντας τη διαδικασία στάθμισης των κριτηρίων ανάλογα με τη βαρύτητά τους. Στο καταληκτικό στάδιο οι μαθητές επεξεργάζονται μια δεύτερη

[9] Εκτός από την καλλιέργεια της συλλογιστικής στρατηγικής της βελτιστοποίησης το διδακτικό υλικό απευθύνθηκε επίσης σε πρόσθετες, εννοιολογικά προσανατολισμένες επιδιώξεις, όπως η διάκριση ανάμεσα στην ενέργεια και την ισχύ. Ωστόσο, η παρούσα εργασία περιορίζεται αποκλειστικά στα στοιχεία που αφορούν στην καλλιέργεια της στρατηγικής της βελτιστοποίησης.

παραλλαγή του σεναρίου στην οποία αυξάνεται η πολυπλοκότητα, προσθέτοντας δύο ακόμα κριτήρια. Καθώς οι μαθητές εργάζονται με τις δύο τελευταίες ενότητες, περνούν από δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί ώστε να τους φέρνουν αντιμέτωπους με δυσκολίες που αναμένεται να αντιμετωπίζουν και να τους παρέχουν στη συνέχεια καθοδήγηση, ώστε να τις υπερβούν.

Μεθοδολογία της έρευνας

Συμμετέχοντες
Το διδακτικό υλικό εφαρμόστηκε στο πλαίσιο καλοκαιρινού ομίλου φυσικής με μια ομάδα 22 μαθητών Λυκείου (Α΄– Γ΄ Λυκείου). Κατά τη διδασκαλία οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες των τριών (και σε μεμονωμένες περιπτώσεις των δύο). Οι ομάδες αποτελούνταν από μαθητές που φοιτούσαν στην ίδια βαθμίδα ή, όπου δεν ήταν εφικτό, από μαθητές που φοιτούσαν σε δύο συνεχόμενες βαθμίδες. Για την ολοκλήρωση του διδακτικού υλικού απαιτήθηκαν οκτώ διδακτικές περίοδοι διάρκειας 110 λεπτών.

Είδη δεδομένων
Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του διδακτικού υλικού, έχουν συλλεγεί δεδομένα μέσω γραπτών έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου τα οποία συμπληρώθηκαν ατομικά πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα έργα αξιολόγησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τέσσερα έργα αξιολόγησης που παρουσίαζαν στους μαθητές παραλλαγές ενός σεναρίου λήψης απόφασης (επιλογή τοποθεσίας για την εγκατάσταση σταθμού αφαλάτωσης) ζητώντας τους να το επεξεργαστούν και να προτείνουν τη λύση που θεωρούν καταλληλότερη παρέχοντας όσο το δυνατό πιο πειστική τεκμηρίωση. Η διαφοροποίηση ανάμεσα στις τέσσερις παραλλαγές αφορά στο πλήθος των πιθανών λύσεων και των κριτηρίων καθώς επίσης και στη σχετική σημαντικότητά τους. Ο στόχος αυτών των έργων αξιολόγησης ήταν η καταγραφή των προσεγγίσεων στις οποίες καταφεύγουν οι μαθητές για να επεξεργαστούν τα δεδομένα και να καταλήξουν σε συμπεράσματα για την προτιμητέα λύση. Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από τρία έργα αξιολόγησης, στα οποία ζητήθηκε από τους μαθητές να κρίνουν δοσμένες στρατηγικές λήψης απόφασης. Μέσα από αυτά τα έργα αξιολόγησης επιδιώχθηκε να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο αντιλαμβάνονται συλλογιστικές πτυχές των προσεγγίσεων οι οποίες υπονομεύουν την αξιοπιστία τους. Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από ένα μόνο έργο αξιολόγησης της κάθε κατηγορίας.

Ανάλυση δεδομένων:
Οι απαντήσεις των μαθητών στο κάθε έργο αξιολόγησης κωδικοποιήθηκαν, ώστε να σχηματιστούν κατηγορίες που περιγράφουν τη διαφοροποίηση (α) στις προσεγγίσεις που ακολουθούν οι μαθητές για τη διαχείριση καταστάσεων λήψης απόφασης (πρώτη κατηγορία έργων αξιολόγησης) και (β) στα επιχειρήματα που διατυπώνουν κατά την αξιολόγηση δοσμένων προσεγγίσεων λήψης απόφασης (δεύτερη κατηγορία έργων αξιολόγησης).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Έργο Αξιολόγησης Ι
Το σενάριο λήψης απόφασης που ζητήθηκε από τους μαθητές να χειριστούν σε αυτό το έργο αξιολόγησης περιλάμβανε τρεις πιθανές λύσεις και τρία κριτήρια διαφορετικής βαρύτητας. Οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους δεδομένα για την επίδοση της κάθε λύσης στο καθένα από τα κριτήρια και επίσης για την ιεράρχηση των κριτηρίων ως προς τη βαρύτητά τους. Μια από τις λύσεις υπερτερούσε στο σημαντικότερο κριτήριο και κατατασσόταν στη χειρότερη θέση σε

σχέση με τα υπόλοιπα δύο κριτήρια, μια άλλη λύση υπερτερούσε σε δύο από τα κριτήρια και ήταν η χειρότερη στο τρίτο ενώ η επίδοση της τελευταίας λύσης στα τρία κριτήρια ήταν η διάμεσος. Το διάγραμμα 1 παρουσιάζει συνοπτικά την πληροφόρηση που είχαν στη διάθεσή τους οι μαθητές (τα κριτήρια είναι διαβαθμισμένα σε φθίνουσα σειρά σημαντικότητας).

Κριτήρια	Πιθανές λύσεις: Πεντάκωμο	Πιθανές λύσεις: Παρεκκλησιά	Πιθανές λύσεις: Χοιροκοιτία
Αριθμός κατοίκων που θα επωφεληθούν[i]	100000	190000	120000
Συνολικό κόστος[ii]	9 εκ.	12 εκ.	11.5 εκ.
Απόσταση από κατοικημένες περιοχές[i]	4 Km	2 Km	3 Km

i: Αυτό/ή πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο μεγάλο/η

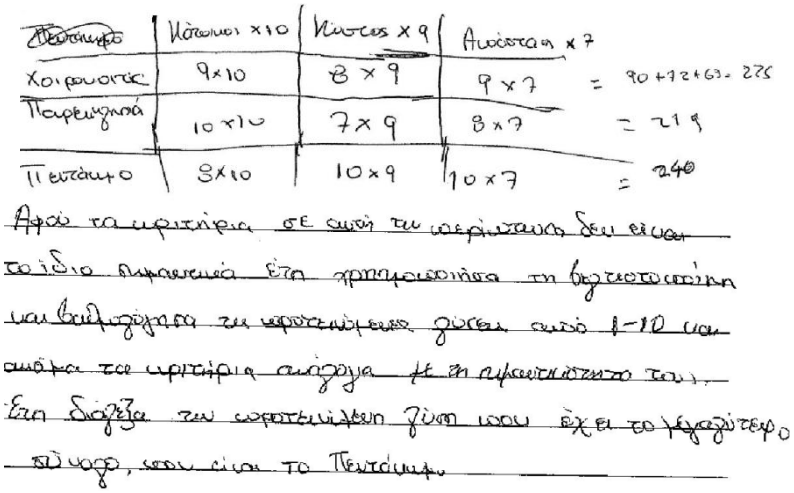
Διάγραμμα 1: Σύνοψη των παραμέτρων του σεναρίου λήψης απόφασης στο Έργο Αξιολόγησης Ι

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις προσεγγίσεις λήψης απόφασης στις οποίες κατέφυγαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία. Αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις προσεγγίσεις που κατέληξαν να περιορίζονται μόνο σε ένα μέρος των διαθέσιμων δεδομένων εξαιρώντας έτσι βασικές πληροφορίες του σεναρίου λήψης απόφασης. Όλες οι απαντήσεις των μαθητών (N=22) κατά την αρχική αξιολόγηση εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία ενώ το ποσοστό τους μειώθηκε αισθητά μετά τη διδασκαλία σε 27% (N=6). Αυτή η κατηγορία αναλύεται σε τρεις υποκατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις απαντήσεις μαθητών, που επέλεξαν με βάση ένα μόνο από τα τρία κριτήρια (N=15, 68%, κατά την αρχική αξιολόγηση και N=2, 9%, κατά την τελική αξιολόγηση). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης είναι το ακόλουθο: «*Πιστεύω η καλύτερη λύση είναι η Παρεκκλησιά, αφού το κριτήριο που είναι πιο σημαντικό είναι το πόσοι κάτοικοι θα επωφεληθούν, παρόλο που υστερεί στα άλλα δύο κριτήρια*». Σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από μία (κατά την αρχική αξιολόγηση) το κριτήριο στο οποίο επικεντρώθηκαν οι μαθητές ήταν αυτό που καθοριζόταν από το σενάριο του έργου αξιολόγησης ως το πιο σημαντικό. Η δεύτερη υποκατηγορία, περιλαμβάνει δύο μόνο περιπτώσεις (μία από την αρχική και μία από την τελική αξιολόγηση από δύο διαφορετικούς μαθητές) όπου επιλέγηκε η λύση που υπερτερεί στα περισσότερα κριτήρια. Ενδεικτικά, μια από τις απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία ήταν η εξής: *«Στο Πεντάκωμο επειδή τηρεί τα περισσότερα κριτήρια…δύο από τα τρία»*. Αυτή η προσέγγιση, αγνοεί τόσο την πληροφόρηση για τη διαφοροποίηση στη βαρύτητα των κριτηρίων όσο και το μέγεθος των διαφορών ανάμεσα στις υποψήφιες λύσεις στα τρία κριτήρια, θεωρώντας δεδομένο ότι το πλήθος των κριτηρίων στα οποία κατατάσσονται πρώτες οι υποψήφιες λύσεις καθορίζει τη βέλτιστη λύση. Τέλος, η τρίτη υποκατηγορία περιλαμβάνει τις περιπτώσεις όπου οι μαθητές επέλεξαν τη μέση λύση, δηλαδή την περιοχή που τυγχάνει να κατατάσσεται στη δεύτερη θέση (διάμεσος) στο καθένα από τα τρία κριτήρια. Ενδεικτικά, ένας από αυτούς τους μαθητές απάντησε: «Στη *Χοιροκιτία γιατί είναι η μέση λύση. Εξυπηρετεί αρκετούς ανθρώπους, το κόστος δεν είναι το μεγαλύτερο και η απόσταση είναι ο μέσος όρος των άλλων*». Όπως και στην προηγούμενη υποκατηγορία, οι μαθητές που εφαρμόζουν αυτό το σκεπτικό (N=6, 27% στην αρχική και N=3, 13% στην τελική αξιολόγηση) αγνοούν τόσο τις διαφορές μεταξύ των τριών περιοχών στα σχετικά κριτήρια όσο και τη διαφοροποίηση στη βαρύτητα.

Πίνακας 1: Κατηγορίες απαντήσεων των μαθητών στο Έργο Αξιολόγησης Ι

Στρατηγικές Λήψης Απόφασης	Αρχική Αξιολόγηση		Τελική Αξιολόγηση	
	N	%	N	%
Προσεγγίσεις που επεξεργάζονται τμήμα των δεδομένων				
Επιλογή με βάση ένα μόνο κριτήριο	15	68	2	9
Επιλογή λύσης που υπερτερεί στα πιο πολλά κριτήρια	1	5	1	5
Επιλογή ενδιάμεσης λύσης	6	27	3	13
Προσεγγίσεις που ενσωματώνουν όλη τη διαθέσιμη πληροφόρηση				
Βελτιστοποίηση	-	-	16	73
Σύνολο	22	100	22	100

Η δεύτερη κύρια κατηγορία απάντησης, η οποία εμφανίστηκε μόνο στα δεδομένα από την τελική αξιολόγηση, περιλαμβάνει 16 μαθητές (73%) που επιχείρησαν να συνθέσουν όλη τη διαθέσιμη πληροφόρηση, περιλαμβανομένων της διαφοροποίησης στη βαρύτητα και του μεγέθους των διαφορών μεταξύ των υποψήφιων λύσεων στο καθένα από τα τρία κριτήρια. Όλοι αυτοί οι μαθητές επέλεξαν να χειριστούν την κατάσταση λήψης απόφασης μέσω της στρατηγικής της βελτιστοποίησης και ήταν σε θέση να την εφαρμόσουν με έγκυρο τρόπο και να αξιοποιήσουν τα αποτελέσματά τους για να αιτιολογήσουν την απόφασή τους, όπως φαίνεται στο παράδειγμα στο διάγραμμα 2.



Διάγραμμα 2: Ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης με βάση τη στρατηγική της βελτιστοποίησης

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών κατά την αρχική αξιολόγηση συνάδουν με τη διαθέσιμη ερευνητική βιβλιογραφία, η οποία εισηγείται ότι αποτυγχάνουν να διαχειριστούν την πολυπλοκότητα των καταστάσεων λήψης απόφασης, τείνοντας να υιοθετούν απλές και σύντομες προσεγγίσεις οι οποίες, ωστόσο, είναι επιρρεπείς σε συλλογιστικά σφάλματα και στρεβλώσεις. Αντίστοιχα, τα δεδομένα από την τελική αξιολόγηση, δείχνουν ότι οι μαθητές, σε μεγάλο βαθμό, εκτίμησαν τη συλλογιστική στρατηγική της βελτιστοποίησης ως ένα αποτελεσματικό τρόπο επεξεργασίας των δεδομένων και ήταν σε θέση να την εφαρμόσουν με έγκυρο τρόπο.

Έργο Αξιολόγησης ΙΙ

Στο δεύτερο έργο αξιολόγησης ζητήθηκε από τους μαθητές να αξιολογήσουν το σκεπτικό μιας συγκεκριμένης προσέγγισης λήψης απόφασης, η οποία διατυπώθηκε σε γενική μορφή χωρίς να απευθύνεται σε κάποια συγκεκριμένη κατάσταση λήψης απόφασης. Συγκεκριμένα,

το σκεπτικό στο οποίο στηρίζεται αυτή η προσέγγιση είναι ότι σε περιπτώσεις όπου υπάρχει διαβάθμιση των σχετικών κριτηρίων ως προς τη βαρύτητά τους, η καταλληλότερη λύση είναι εκείνη που υπερτερεί στο σημαντικότερο κριτήριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η προσέγγιση, υιοθετήθηκε από σημαντικό ποσοστό μαθητών για τη διαχείριση του έργου αξιολόγησης Ι, όπως συζητήθηκε νωρίτερα.

Πίνακας 2: Κατηγορίες απαντήσεων των μαθητών στο Έργο Αξιολόγησης ΙΙ

Κατηγορίες απάντησης	**Αρχική Αξιολόγηση**		**Τελική Αξιολόγηση**	
	N	**%**	**N**	**%**
Διαφωνούν αναφέροντας συλλογιστικά προσανατολισμένα επιχειρήματα	8	36.5	17	77
Συμφωνούν,				
..χωρίς να αναφέρουν συλλογιστικά προσανατολισμένα επιχειρήματα	8	36.5	2	9
..αναφέροντας συλλογιστικά προσανατολισμένα επιχειρήματα που δεν ισχύουν	2	9	-	-
..θέτοντας προϋποθέσεις που περιορίζουν την πιθανότητα επιλογής λανθασμένης λύσης	4	18	1	5
Άσχετες απαντήσεις	-	-	2	9
Σύνολο	22	100	22	100

Η επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών οδήγησε στην ομαδοποίησή τους σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Η πρώτη κατηγορία απάντησης, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως η πιο έγκυρη, περιλαμβάνει τους μαθητές που διαφώνησαν με το σκεπτικό στο οποίο στηρίζεται η προσέγγιση εστιάζοντας στην αδυναμία της να οδηγεί σε έγκυρα και αξιόπιστα συμπεράσματα. Συγκριμένα, όλοι οι μαθητές επικεντρώθηκαν στην αποτυχία της να λάβει υπόψη όλα τα κριτήρια επισημαίνοντας ότι η λύση που υπερτερεί στο σημαντικότερο κριτήριο δεν είναι κατ' ανάγκη η καταλληλότερη λύση, συνολικά. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης που εντάχθηκε σε αυτή την κατηγορία είναι το εξής: «*Διαφωνώ με το σκεπτικό γιατί μ' αυτό τον τρόπο δε λαμβάνουμε υπόψη όλα τα κριτήρια και μπορεί η επιλογή να μην είναι η καταλληλότερη*». Αυτή η κατηγορία απάντησης αποτελείται από 25 συνολικά απαντήσεις (57%) η πλειοψηφία των οποίων (N=17) προέρχεται από την τελική αξιολόγηση. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες εκφράστηκε συμφωνία με το σκεπτικό αυτής της προσέγγισης, οι οποίες διακρίνονται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες. Στην πρώτη υποκατηγορία εντάσσονται δέκα συνολικά απαντήσεις (οκτώ από την αρχική αξιολόγηση και δύο από την τελική αξιολόγηση) στις οποίες θεωρήθηκε αυτονόητο ότι η λύση που υπερτερεί στο σημαντικότερο κριτήριο είναι όντως η καταλληλότερη. Για παράδειγμα ένας από τους μαθητές δήλωσε: «*Συμφωνώ γιατί αφού ικανοποιεί το σημαντικότερο κριτήριο, είναι η καλύτερη επιλογή*». Η δεύτερη υποκατηγορία περιλαμβάνει δύο μόνο απαντήσεις από την αρχική αξιολόγηση οι οποίες εστίασαν στην εγκυρότητα της προσέγγισης, πιστώνοντας την ωστόσο με ιδιότητες που δεν διαθέτει πραγματικά. Συγκεκριμένα, και οι δύο μαθητές δήλωσαν ότι συμφωνούν με το σκεπτικό της διότι λαμβάνει υπόψη όλα τα κριτήρια. Τέλος, η τρίτη υποκατηγορία αποτελείται από πέντε (11%) συνολικά περιπτώσεις (τέσσερις από την αρχική αξιολόγηση και μία από την τελική) στις οποίες οι μαθητές εξέφρασαν τη συμφωνία τους χωρίς περαιτέρω τεκμηρίωση, θέτοντας ωστόσο προϋποθέσεις. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης είναι: *«Είναι ένας έμπιστος τρόπος όταν δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα δεδομένα μεταξύ των προτεινόμενων λύσεων και όταν δεν υπάρχουν πολλά κριτήρια».* Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει δύο συνολικά περιπτώσεις, στις οποίες οι μαθητές απέτυχαν να απευθυνθούν στο ερώτημα καταλήγοντας ουσιαστικά να δίνουν άσχετες απαντήσεις. Για

παράδειγμα, ένας από αυτούς τους μαθητές αγνόησε την παραδοχή στην οποία στηρίχθηκε η προσέγγιση ότι υπάρχει όντως κάποιο κριτήριο που είναι σημαντικότερο από τα υπόλοιπα και εξέφρασε τη διαφωνία του δηλώνοντας ότι: *«για κάποιους κάποια κριτήρια είναι σημαντικά ενώ για άλλους όχι»*.
Συνοπτικά, τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στο δεύτερο έργο αξιολόγησης, υποστηρίζουν πως κατά την αρχική αξιολόγηση ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών αντιλαμβάνεται ορισμένες συλλογιστικές πτυχές της προσέγγισης οι οποίες υπονομεύουν την αξιοπιστία της. Εντούτοις ένα εξίσου μεγάλο ποσοστό αποτυγχάνει να εστιάσει σε συλλογιστικές αδυναμίες. Τα δεδομένα από την τελική αξιολόγηση, δείχνουν αισθητή βελτίωση της ικανότητας των μαθητών να αξιολογούν με ενημερωμένο τρόπο δοσμένες προσεγγίσεις λήψης απόφασης.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αρχική αξιολόγηση συνάδουν με τα αντίστοιχα ευρήματα που έχουν δημοσιευτεί στην ερευνητική βιβλιογραφία, αναδεικνύοντας (α) την αποτυχία των μαθητών να χρησιμοποιήσουν κατάλληλες συλλογιστικές στρατηγικές για να χειριστούν με έγκυρο τρόπο καταστάσεις λήψης απόφασης και (β) την τάση τους να επιστρατεύουν απλές και σύντομες προσεγγίσεις οι οποίες, ωστόσο, οδηγούν σε συλλογιστικά σφάλματα. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα από την τελική αξιολόγηση, εισηγούνται τη δυνατότητα του διδακτικού υλικού που έχει αναπτυχθεί να επιδράσει στις συλλογιστικές στρατηγικές των μαθητών βοηθώντας τους, αφενός, να εκτιμήσουν τη συλλογιστική στρατηγική της βελτιστοποίησης ως ένα αποτελεσματικό τρόπο διαχείρισης καταστάσεων λήψης απόφασης και, αφετέρου, να την εφαρμόζουν με έγκυρο τρόπο αξιοποιώντας τα αποτελέσματά της για να τεκμηριώσουν τις αποφάσεις τους. Επίσης, τα δεδομένα εισηγούνται εξέλιξη αναφορικά με την ικανότητα των μαθητών να αξιολογούν δοσμένες συλλογιστικές στρατηγικές και να εντοπίζουν σφάλματα στα οποία τείνουν να υποπίπτουν.
Σε αυτό το στάδιο, η ερευνητική προσπάθεια επικεντρώνεται στην επεξεργασία των δεδομένων, ώστε να τεκμηριωθεί ο βαθμός επίτευξης των μαθησιακών επιδιώξεων του διδακτικού υλικού και κυρίως να εντοπιστούν πτυχές του οι οποίες χαρακτηρίζονται από περιορισμένη αποτελεσματικότητα και, συνεπώς, θα ήταν χρήσιμο να αναθεωρηθούν.

Βιβλιογραφία

Arvai, J., Campbell, V., Baird, A., & Rivers, L. (2004). Teaching Students to Makes Better Decisions About the Environment: Lessons From the Decision Sciences. Reports & Research, 36(1), 33 - 44.

AAAS. (1993). Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Baron, J. (2008). Thinking and Deciding (fourth ed.). New York: Cambridge University Press.

Hogan, K. (2002). Small Groups' Ecological Reasoning While Making an Environmental Management Decision. Journal of Research in Science Teaching, 39(4), 341-368.

Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (1982). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. Cambridge, England: Cambridge University Press.

NRC. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. International Journal of Science Education 19(2), 167-182.

Μπορούν κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις να προωθήσουν την εννοιολογική αλλαγή; Ανασκόπηση επιλεγμένης βιβλιογραφίας επί της κατανόησης της κινηματικής στη μέση εκπαίδευση

Πανταζή Γιαννούλα, Τσαπαρλής Γεώργιος
Ε.Κ.Φ.Ε. Πρέβεζας, liannapantazi@in.gr
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

Περίληψη
Σκοπός αυτής της ανασκοπικού χαρακτήρα έρευνας, είναι, αφενός να διερευνήσει και να συνθέσει την εκπαιδευτική ερευνητική βιβλιογραφία επί των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην κινηματική και αφετέρου να διαπιστώσει κατά πόσο η κατάλληλη μεθόδευση της διδασκαλίας προωθεί την εννοιολογική αλλαγή. Η επιλογή της κινηματικής έγινε γιατί η κίνηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με την καθημερινή ζωή και άρα είναι πολύ πιο δύσκολο για τους μαθητές να εγκαταλείψουν τις πεποιθήσεις τους και να αποδεχθούν τις επιστημονικές απόψεις. Η εργασία στηρίχθηκε σε 13 σχετικές έρευνες, στις οποίες πήραν μέρος περίπου 3000 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από διάφορες χώρες. Τα συμπεράσματα μπορεί να είναι χρήσιμα τόσο για το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών όσο και για τη βελτίωση της διδασκαλίας.

Abstract
The aim of this review-type study is on the one hand to explore and synthesize the educational-research literature on the secondary school students' alternative conceptions in kinematics, and on the other hand, to determine if proper teaching approaches promote conceptual change. The choice of kinematics was made on the ground that motion is directly related to everyday life and, therefore, it is much more difficult for the students to abandon their beliefs and accept the scientific views. The study was based on 13 relevant studies, in which about 3000 secondary-school students from various countries participated. These findings can be useful both for designing curricula and for improving teaching.

Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι από παιδιά και πριν ακόμη φοιτήσουν σε σχολείο έχουν μια πρότερη γνώση και έχουν διαμορφώσει μια άποψη για τα φυσικά φαινόμενα. Αυτή η πρότερη γνώση αποτελεί εμπόδιο στην κατανόηση των φαινόμενων, στην πρόβλεψη και την αιτιολόγησή τους και πριονίζει τα θεμέλια της μάθησης. Από την έρευνα της διδακτικής των φυσικών επιστημών εδώ και μερικές δεκαετίες γνωρίζουμε ότι οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν οι μαθητές 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 ανθεκτικές και επίμονες στην αλλαγή τους, ενώ τις περισσότερες φορές αλλάζουν παροδικά, σχεδόν όσο διαρκεί η διδασκαλία, και μετά επανέρχονται. Έτσι οι πρότερες αντιλήψεις του μαθητή παραμένουν με όλα τα επακόλουθα. Προκαλούν σοβαρές δυσκολίες τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή των βασικών εννοιών των φυσικών επιστημών. Ανάλογες δυσκολίες έχουν παρατηρηθεί σε φοιτητές ακόμη και σε εκπαιδευτικούς (Abell 2007). Το φαινόμενο αυτό είναι παγκόσμιο, διαπερνά δηλαδή πολιτισμούς, γλώσσες, κοινωνικά και οικονομικά συστήματα και επίπεδα. Ανάμεσα στους τομείς της φυσικής που έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής όσον αφορά στη διερεύνηση των

εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών είναι αυτός της κλασικής μηχανικής και ιδιαίτερα της κινηματικής με τον οποίο και θα ασχοληθούμε στην εργασία αυτή.
Αναγνωρίζοντας λοιπόν οι επιστήμονες αφενός το πόσο επίμονες και ανθεκτικές είναι οι πρωταρχικές ιδέες των μαθητών και αφετέρου το ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δεν καταφέρνει να αλλάξει τις προ-υπάρχουσες ιδέες τους, προσπαθούν μέσα από διαφορετικές στρατηγικές διδασκαλίας να μπορέσουν να δημιουργήσουν μοντέλα που θα επιτυγχάνουν να κατανοούν οι μαθητές τις παρανοήσεις τους, να συμπληρώνουν τις ελλείψεις τους και να προωθούν την γνώση τους.
Στην παρούσα εργασία μελετάμε 13 έρευνες οι οποίες εστιάζονται στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών στην κινηματική. Μία έρευνα ασχολείται με τη μέση ταχύτητα. Οι 8 επόμενες αναφέρονται στις έννοιες δύναμη και κίνηση. Μία έρευνα διαπραγματεύεται τον ανυσματικό χαρακτήρα του μεγέθους της ταχύτητας. Δύο άλλες έρευνες μελετούν τα μεγέθη ταχύτητα, δύναμη και επιτάχυνση. Η τελευταία έρευνα αφορά τη διάδοση των κυμάτων.
Οι παρεμβάσεις έγιναν με διαφορετικούς τρόπους διδασκαλίας όπως συνεργατική μάθηση, εποικοδομητική διδασκαλία, γνωσιακή σύγκρουση, προσομοίωση, επαγωγικό συλλογισμό, επεξηγηματική επαγωγική διδασκαλία, παραδοσιακή διδασκαλία, διδασκαλία με πειράματα και ενεργοποίηση της μεταγνώσης. Βασικός μας στόχος είναι να διαπιστώσουμε ποια είδη διδασκαλίας, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, προσφέρονται να ακολουθήσουμε για να αντιμετωπίσουμε τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και σε ποια εννοιολογικά σημεία θα πρέπει να εστιάσουμε την προσοχή μας ώστε η εννοιολογική αλλαγή να είναι αποτελεσματική.

Μέθοδος

Η επιλογή των ερευνών στην παρούσα εργασία έγινε με βάση τις έννοιες κυρίως της κινηματικής, τον τρόπο διδασκαλίας με τον οποίο έγιναν οι παρεμβάσεις και τον τρόπο διδασκαλίας με τον οποίο διδάσκονταν οι μαθητές, την ηλικία και το πλήθος του δείγματος, τη χώρα που διεξήχθησαν και την χρονική περίοδο, καθώς και συγκριτικές μελέτες ίδιων ηλικιακά πληθυσμών αλλά διαφορετικών εθνοτήτων για την ίδια έννοια.
Ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει κατάλογο των ερευνών που χρησιμοποιήσαμε. Οι έρευνες επιλέχθηκαν από το: *Bibliography – STCSE Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. Full Version fv09.rtf / March 23, 2009 Reinders Duit* duit@ipn.uni-kiel.de. Ο εντοπισμός τους έγινε είτε από διαθέσιμα επιστημονικά περιοδικά είτε διαδικτυακά μέσω του Google.

Ανασκόπηση των ερευνών

Α. Μέση ταχύτητα
Στην έρευνα Α.1, που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία, σε 319 μαθητές μέσης εκπαίδευσης και με τίτλο «*Κατασκευή και επικύρωση ενός διαγνωστικού μοντέλου (με υπολογιστή) που θα ερευνά κατά πόσο οι μαθητές έχουν κατανοήσει την έννοια της μέσης ταχύτητας*», βρέθηκε ότι το ποσοστό των μαθητών που γνωρίζουν τον ορισμό της μέσης ταχύτητας είναι μεγάλο, ενώ το ποσοστό της σωστής εφαρμογής της έννοιας της μέσης ταχύτητας είναι χαμηλό. Η συχνότητα των διαισθητικών απαντήσεων των μαθητών δεν τους επέτρεψε να δημιουργήσουν στον υπολογιστή ένα μοντέλο μαθητή, το οποίο λαμβάνοντας υπόψη τα

Πίνακας 1. Κατάλογος των χρησιμοποιηθεισών ερευνών και κατηγοροποίησή τους ανάλογα με τη θεματολογία τους.

Αναφέρονται σε	Πρωτότυπος Τίτλος	Χώρα	Συγγραφέας/ Έτος
Α. Μέση ταχύτητα	Α.1. Construction and validation of a computer-based diagnostic module on average velocity	Ιταλία	Andaloro et al. (1994)
Β. Δύναμη και κίνηση	Β.1. Misconceptions in physics amongst Nigerian secondary school students	Νιγηρία	Lvowi (1984)
	Β.2. Cultural factors in the origin and remediation of alternative conceptions in physics	Ολλανδία και Ζιμπάμπουε	Thijs & Berg, (1995)
	Β.3. Readiness to change the conception that "motion-implies-force" a comparison of 12-year-old and 16-year-old students	Αυστραλία	Palmer & Flanagan (1997)
	Β.4. Confronting students' alternative conceptions in mechanics with the force and motion micro-world	Αυστραλία	Tao (1997)
	Β.5. Using deductive reasoning to promote the change of students' conceptions about force and motion	Κορέα	Park & Han (2002)
	Β.6. Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion	Τουρκία	Eryilmaz (2002)
	Β.7. Investigating Greek students' ideas about forces and motion	Ελλάδα	Jimoyiannis & Komis (2003)
	Β.8. Parallel conceptions in the domain of force and motion	Γερμανία	Hartmann & Niedderer (2005)
Γ. Ανυσματικός χαρακτήρας των μεγεθών της κινηματικής	Γ.1. College students' conceptions about vector kinematics	Καναδάς	Aguirre & Rankin (1989)
Δ. Ταχύτητα, δύναμη, επιτάχυνση,	Δ.1. The paradigmatic change in mechanics: implications of historical processes for physics education	Γερμανία	Schecker (1992)
	Δ.2. Exploring students' intuitive ideas based on physics items in TIMSS – 1995	Νορβηγία	Angell (2004)
Ε. Κύματα	Ε.1. The persistence of students' alternative conceptions in wave propagation	Ταϊλάνδη	Tongchai, Arayathanitkul & Soankwan (2007)

σφάλματα και την συλλογιστική του μαθητή, ανάλογα με την διαδρομή που θα ακολουθούσε για την επίλυση του προβλήματος, να συσχετιστεί με το πρότυπο που έδωσε ο εκπαιδευτικός.

Β. Δύναμη και κίνηση

Η έρευνα Β.1, με τίτλο «*Παρανοήσεις των Νιγηριανών μαθητών μέσης εκπαίδευσης στη Φυσική»* πραγματοποιήθηκε σε 258 μαθητές 15-17 ετών, για μεγάλο πλήθος εννοιών της φυσικής και ανάμεσα σε αυτές ήταν και ο ρόλος της δύναμης στην κίνηση. Η έρευνα έδειξε ότι αρκετές εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών είναι ίδιες με αυτές των καθηγητών τους. Η διδασκαλία γίνεται με τον παραδοσιακό τρόπο.

Η διαπολιτισμική μελέτη Β.2, με τίτλο «*Η επίδραση του πολιτισμού στην προέλευση και στην αποκατάσταση των εναλλακτικών ιδεών στη Φυσική*», ερευνά 1140 μαθητές ηλικίας 12-22 ετών, από την Ολλανδία και τη Ζιμπάμπουε, ως προς την κατανόησή τους για την έννοια της δύναμης και το ρόλο της στην κίνηση. Το αποτέλεσμα της έρευνας έχει μεγάλο ενδιαφέρον όχι τόσο για τα αρχικά ποσοστά των εναλλακτικών αντιλήψεων, τα οποία είναι περίπου ίδια και για τις δύο χώρες, αλλά για το πόσο αυτά τα ποσοστά μεταβάλλονται μετά την διδακτική παρέμβαση. Και για τις δύο χώρες το ποσοστό της εναλλακτικής αντίληψης των μαθητών ότι: «για να εκτελέσει ένα σώμα ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, πρέπει να δρα πάνω του δύναμη» είναι 87% περίπου. Για μεν την Ζιμπάμπουε, φτάνει στο 70% περίπου μετά την διδασκαλία, ενώ για την Ολλανδία φτάνει περίπου στο 20%. Άρα, επισημαίνουν οι ερευνητές, η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας όσον αφορά τη μείωση αυτών των εναλλακτικών αντιλήψεων είναι διαφορετική στις δύο χώρες και αυτό μπορεί να απορρέει από το διδακτικό στυλ των καθηγητών, τις σπουδές τους, τη γλώσσα που χρησιμοποιούν, δηλαδή αν είναι κατανοητή για τους μαθητές, τα σχολικά εγχειρίδια και τις προκαταλήψεις. Στην Ολλανδία, η διδασκαλία είναι συνεργατική-εποικοδομητική ενώ στη Ζιμπάμπουε παραδοσιακή.

Η έρευνα Β.3, με τίτλο «*Ετοιμότητα για την αλλαγή της αντίληψης ότι «κίνηση σημαίνει δύναμη». Μια σύγκριση μεταξύ δωδεκάχρονων και δεκαεξάχρονων μαθητών*», έγινε στην Αυστραλία και οι μαθητές που πήραν μέρος ήταν μόνο αυτοί που είχαν παρανοήσεις όσον αφορά την έκφραση: «ποια ή ποιες δυνάμεις ενεργούν στη μπάλα του τένις που κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω». Η παρέμβαση που μεσολάβησε στους 129 μαθητές 15-17 ετών ήταν τέτοια ώστε να προκαλέσει γνωσιακή σύγκρουση σε αυτούς και να τους αναγκάσει να σκεφθούν, να σχολιάσουν μεταξύ τους αλλά και με τον καθηγητή και τελικά να δικαιολογήσουν την άποψή τους για το ποια ή ποιες δυνάμεις ασκούνται σε ένα κινούμενο σώμα. Δηλαδή ακολουθήθηκαν τα στάδια: ο εκπαιδευτικός εντοπίζει την παρανόηση, προκαλεί γνωσιακή σύγκρουση, βοηθά τους μαθητές με συνεργατική διδασκαλία να ξεπεράσουν την εναλλακτική αντίληψη μέσα από συζήτηση μεταξύ των μαθητών και με τον ίδιο και τελικά ενεργοποιεί τη μεταγνώση τους για να μπορέσουν να δικαιολογήσουν τις απαντήσεις τους και να τις αξιολογήσουν. Εμφανώς, η παρέμβαση δεν έχει καμιά σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Το άμεσο και το μετά από 2 εβδομάδες τεστ και οι μεταγνωστικές τους απαντήσεις έδειξαν ότι εννοιολογική αλλαγή συνέβη στο 35% των μαθητών του γυμνασίου και στο 44% των μαθητών του λυκείου. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι: «είναι σαφές ότι πολλοί από τους μαθητές στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης βίωσαν μια εννοιολογική αλλαγή. Οι μαθητές επέδειξαν επίσης μεταγνώση στη διαδικασία, περιγράφοντας και αντικατοπτρίζοντας την αλλαγή στην άποψή τους».

Μια άλλη έρευνα, η Β.4., μελέτησε 27 μαθητές ηλικίας 15-16 ετών από τη Μελβούρνη της Αυστραλίας, με τίτλο «*Αντιμετωπίζοντας τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών στη μηχανική με προσομοιώσεις σε υπολογιστή που αναπαριστούν τη δύναμη και την κίνηση*». Εξετάζει την επίδραση της δύναμης στην κίνηση και χρησιμοποιεί προσομοιώσεις σε υπολογιστή για την αναπαράσταση της κίνησης. Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να μελετήσει αν οι προσομοιώσεις και η συνεργατική μάθηση κατάφεραν να αλλάξουν τις παρανοήσεις που είχαν οι μαθητές. Για τη συνεργατική μάθηση χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα FMM (μαντεύοντας – παρατηρώντας – εξηγώντας) και κατέληξαν στο

συμπέρασμα ότι μάλλον ο συνδυασμός προσομοιώσεις και συνεργατική μάθηση μπορεί να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή και προτείνουν περαιτέρω έρευνες για το θέμα αυτό.
Η έρευνα Β.5 πραγματοποιήθηκε στην Κορέα με τίτλο «*Χρησιμοποιώντας επαγωγικό συλλογισμό για την προώθηση της αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με δύναμη και κίνηση*» και ασχολήθηκε μόνο με μικρό δείγμα 27 μαθητών 14 ετών, οι οποίοι αποδεδειγμένα είχαν παρανοήσεις στις έννοιες αυτές. Η παρέμβαση έγινε με επαγωγική–επεξηγηματική διδασκαλία για να διαπιστωθεί αν ο επαγωγικός συλλογισμός μπορεί να προωθήσει την αλλαγή στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση. Διαπιστώθηκε ότι ο συλλογισμός αυτός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εννοιολογική αλλαγή. Σε αυτή την παρέμβαση διακρίνονται τέσσερα στάδια: (1) Αναγνώριση της προ-υπάρχουσας εναλλακτικής ιδέας, (2) γνωσιακή σύγκρουση, (3) επίλυση σύγκρουσης, και (4) αναγνώριση του ότι η ιδέα άλλαξε. Ο ερευνητές πιστεύουν ότι η επαγωγική–επεξηγηματική διδασκαλία είναι ένας χρήσιμος τρόπος για να προκαλέσει τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις εναλλακτικές τους ιδέες.
Η έρευνα Β.6, με τίτλο «*Η επίδραση που έχει η ανάθεση εννοιολογικών εργασιών και η συζήτηση στην εννοιολογική αλλαγή των παρερμηνειών των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση»,* πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία, με 396 μαθητές 15-19 ετών, για να μελετήσει τις αρχικές ιδέες των μαθητών όσον αφορά τις έννοιες της δύναμης και της κίνησης και κατά πόσο αυτές αλλάζουν προς τη σωστή θεώρηση μετά από συζήτηση και όχι διάλεξη. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εννοιολογική αλλαγή μέσα από συζήτηση ήταν ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη μείωση του αριθμού των παρανοήσεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση και η εννοιολογική αλλαγή που επήλθε άλλαξε και την αντιμετώπιση των μαθητών ως προς το μάθημα της φυσικής. Να σημειωθεί ότι αν και οι παρανοήσεις μειώθηκαν, εν τούτοις δεν εξαλείφθηκαν εντελώς. Παρατηρήθηκε μια διαφορά μεταξύ των φύλων στις παρανοήσεις: τα αγόρια είχαν λιγότερες παρανοήσεις από τα κορίτσια τόσο στη δύναμη όσο και στην κίνηση.
Η έρευνα Β.**7,** με τίτλο «*Ερευνώντας τις ιδέες των μαθητών της Ελλάδας για την δύναμη και κίνηση*» πραγματοποιήθηκε σε 146 μαθητές ηλικίας 15-16 ετών, έξι μήνες περίπου μετά την παραδοσιακή σχολική διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα. Χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο με σκίτσα και πληροφορίες που αναφέρονταν στις έννοιες της δύναμης, της βαρύτητας και της κίνησης για να ερευνηθεί η κατανόηση των μαθητών σε αυτές τις έννοιες. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ξανά ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δεν μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές σε εννοιολογική αλλαγή. Μια μεγάλη ομάδα μαθητών εξακολουθούσε να έχει την πεποίθηση ότι "η αρχική δύναμη ασκείται συνεχώς στην μπάλα κατά την κίνησή της, για να μπορεί αυτή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά". Επίσης οι ερευνητές θεωρούν ότι σε πολλές περιπτώσεις, οι καθηγητές τείνουν να διδάσκουν θέματα της μηχανικής με επιφανειακό τρόπο, όπου η έμφαση δίνεται στη λύση προβλημάτων, χωρίς να χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις υπολογιστών και εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης, τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά εργαλεία και εύκολα μπορεί να εφαρμοστούν στα σχολεία, με σκοπό την υποστήριξη μοντέλων διδασκαλίας που βοηθούν την εννοιολογική αλλαγή και προάγουν τη μάθηση.
Τέλος, στην έρευνα Β.8 που πραγματοποιήθηκε στη Γερμανία, με τίτλο «*Παράλληλες αντιλήψεις στον τομέα της δύναμης και της κίνησης*», παρατηρήθηκε ότι οι 37 μαθητές 12 και 16 ετών, έδιναν πολλές και διαφορετικές εξηγήσεις για κάθε μία από τις συγκεκριμένες ερωτήσεις που τους θέτονταν. Τέσσερες μήνες μετά την διδασκαλία, οι μαθητές εξακολουθούσαν να απαντούν με περισσότερες από μία εξηγήσεις για κάθε συγκεκριμένη ερώτηση που τους θέτονταν. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να έχουμε κατανόηση για τις απαντήσεις αυτές των μαθητών και να ενθαρρύνουμε τους μαθητές να μειώσουν τις πολλές απαντήσεις σε μία μόνο επιστημονική απάντηση. Πρέπει να γνωρίζουμε ότι βαθύτερη γνώση κερδίζεται αν οι μαθητές μάθουν να διακρίνουν μεταξύ των διαφόρων εξηγήσεων και να

αναπτύσσουν κριτήρια με τα οποία να μπορούν να θεμελιώνουν τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες των εξηγήσεών τους. Κανένας δεν πρέπει να αμφισβητεί ότι πρέπει να ενθαρρύνουμε τις αιτιολογίες των μαθητών και να τις διορθώνουμε, αντί απλώς να τους συστήνουμε να απομνημονεύσουν επιστημονικές έννοιες.

Γ. Ανυσματικός χαρακτήρας των μεγεθών της κινηματικής

Σκοπός της έρευνας Γ.1, με τίτλο «*Αντιλήψεις των μαθητών για τον ανυσματικό χαρακτήρα της κινηματικής*», η οποία πραγματοποιήθηκε στον Καναδά με 73 μαθητές 15-17 ετών, ήταν να μελετήσει τις ιδέες των μαθητών για μερικά βασικά χαρακτηριστικά του ανυσματικού χαρακτήρα των μεγεθών της κινηματικής. Οι μαθητές είχαν διδαχθεί με παραδοσιακή διδασκαλία μηχανική για ένα έτος αλλά δεν είχαν μελετήσει τον ανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας. Η παρέμβαση έγινε με πείραμα και παραδοσιακή επεξηγηματική διδασκαλία. Διαπιστώθηκε (μετά από διαγώνισμα) ότι μόνο το 50% του δείγματος των μαθητών είχαν κατανοήσει την σύνθεση των κάθετων ταχυτήτων του κινητού. Το άλλο 50% των μαθητών κράτησε τις πρότερες αντιλήψεις τους ή δεν ενδιαφέρθηκαν. Ο ερευνητής θεωρεί ότι αν υπήρχε αναλυτική συζήτηση των ανεξάρτητων χαρακτηριστικών της κίνησης και λαμβάνονταν υπόψη και οι πρότερες αντιλήψεις των μαθητών, ίσως τότε να οδηγούνταν οι μαθητές σε καλύτερη κατανόηση της κινηματικής.

Δ. Ταχύτητα, δύναμη, επιτάχυνση

Η έρευνα Δ.1, με τίτλο «*Η παραδειγματική αλλαγή στην μηχανική: Οι επιδράσεις των ιστορικών αναφορών για την κατανόηση της φυσικής*», πραγματοποιήθηκε στην Γερμανία, σε 254 μαθητές 16-17 ετών, με σκοπό να ελέγξει την κατανόηση των μαθητών για τις έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της δύναμης. Χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή διδασκαλία με ταυτόχρονες αναφορές στον Αριστοτέλη, τον Γαλιλαίο και τον Νεύτωνα και συγκρίσεις των αναφορών αυτών με τις απόψεις των μαθητών. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ιστορία της φυσικής είναι ένα μέσο που βοηθάει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν τις ιδέες τους και να υποστηριχθεί η αντιπαράθεση και η εκμάθηση των νέων επιστημονικών εννοιών. Όμως ο εκπαιδευτικός πρέπει πρώτα να απαριθμήσει τα χαρακτηριστικά της σκέψης των μαθητών, να εντοπίσει τις εναλλακτικές τους ιδέες, κατόπιν να στραφεί προς τις ιστορικές και μετά στις επιστημολογικές θεωρήσεις.

Στην έρευνα Δ.2, με τίτλο «*Διερεύνηση των διαισθητικών ιδεών των μαθητών στη Φυσική με ερωτηματολόγια ανοικτού και κλειστού τύπου, TIMSS – 1995*» η οποία εντάσσεται στο διεθνές πρόγραμμα TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), πραγματοποιήθηκε στη Νορβηγία, με ερωτηματολόγιο ανοικτού και κλειστού τύπου. Ελέγχθηκαν μαθητές μέσης εκπαίδευσης και ανάμεσα στις έννοιες της έρευνας ήταν η δύναμη και η επιτάχυνση. Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές έχουν μεγαλύτερες δυσκολίες με την έννοια της επιτάχυνσης από την έννοια της δύναμης, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την κατεύθυνσή τους. Μια πιθανή ερμηνεία αυτού του αποτελέσματος, σύμφωνα με τον ερευνητή, μπορεί να είναι ότι η κατανόηση της έννοιας του φορέα, είναι πιο εύκολο να γίνει αντιληπτή για μια δύναμη από ότι για την επιτάχυνση και επιπλέον, μπορούμε να το ερμηνεύσουμε ως ένδειξη ότι η κατανόηση των μαθητών είναι κατακερματισμένη. Δηλαδή, και όταν έχουν μια σωστή ιδέα για την κατεύθυνση της δύναμης, η κατανόησή τους δεν είναι βαθιά ώστε να συμπεριλάβει και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένα τμήματα ορθής σκέψης που θα μπορούσαν να αποτελέσουν το θεμέλιο για περαιτέρω βαθύτερη κατανόηση των παρανοήσεων των μαθητών. Αν ο καθηγητής βρει κάτι σωστό στη λάθος απάντηση, αυτή η λανθασμένη απάντηση μπορεί να γίνει αφετηρία συζήτησης και να αντιμετωπιστεί μέσω της διδασκαλίας.

Ε. Κύματα
Η έρευνα Ε.1, με τίτλο «*Η επιμονή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του κύματος*», πραγματοποιήθηκε σε 138 Ταϊλανδούς μαθητές 13 και 15 ετών. Η έρευνα έγινε σε 2 ομάδες μαθητών, για να συγκρίνει τα αποτελέσματα. Η μία ομάδα των 13 ετών δεν είχε διδαχθεί τα κύματα και η άλλη των 15 ετών τα είχε διδαχθεί με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο ομάδες των μαθητών έχουν σχεδόν ταυτόσημες εναλλακτικές αντιλήψεις. Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό δεδομένου ότι, αν οι μαθητές που είναι δύο χρόνια μεγαλύτεροι και έχουν μελετήσει το θέμα, εξακολουθούν να κάνουν τις ίδιες λάθος επιλογές, τότε ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας δεν επιφέρει καμία εννοιολογική αλλαγή στις εδραιωμένες παρανοήσεις των μαθητών.

Συνόψιση των ευρημάτων

Τα πιο σημαντικά ευρήματα για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι τα ακόλουθα:

Γενικές παρατηρήσεις
Συχνά απαντούν με τη διαίσθηση και όχι με τη λογική.
Για μια συγκεκριμένη ερώτηση, ο ίδιος μαθητής μπορεί να δώσει περισσότερες από μία απαντήσεις.

Μέση ταχύτητα (έρευνα Α.1).
Αν και γνωρίζουν τον ορισμό της μέσης ταχύτητας δεν μπορούν να τον εφαρμόσουν.

Δύναμη και κίνηση (έρευνες Β.1, Β.2, Β.3, Β.4, Β.5, Β.6, Β.7, Β.8, Δ.2).
Η ταχύτητα είναι δύναμη.
Θεωρούν ότι η κίνηση χρειάζεται μια συνεχή δύναμη.
Θεωρούν ότι η αρχική δύναμη ασκείται συνεχώς στο σώμα κατά την κίνησή του.
Θεωρούν ότι η κίνηση χρειάζεται μια συνεχή δύναμη κατά την κατεύθυνση της κίνησης. Ασπάζονται τις ιδέες του Αριστοτέλη.
Αν ένα σώμα ηρεμεί δεν ασκούνται σε αυτό δυνάμεις.
Αν σ' ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις τότε το σώμα δεν κινείται.
Ένα κινούμενο σώμα έχει μια δύναμη μέσα του.
Με την επίδραση σταθερής δύναμης τα σώματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα.
Όλα τα αντικείμενα τελικά σταματούν να κινούνται όταν μηδενιστεί η δύναμη.
Ένα σώμα επιβραδύνεται και σταματά, καθώς η δύναμή του βαθμιαία ελαττώνεται.
Η ταχύτητα ενός σώματος είναι ανάλογη με το μέγεθος της δύναμης που εφαρμόζεται σε αυτό.
Μια δύναμη που ασκείται από το χέρι μας σε ένα αντικείμενο εξακολουθεί να ασκείται στο αντικείμενο ακόμη και όταν το χέρι μας εγκαταλείψει το αντικείμενο.

Βαρυτική δύναμη, βάρος, βαρύτητα (έρευνα Β.1, Β.2, Β.3, Β.7, Δ.2).
Πολλές φορές αγνοούν την παρουσία της βαρυτικής δύναμης.
Η βαρύτητα ενεργεί μόνο σε σώματα που πέφτουν.
Τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν πιο γρήγορα.
Η βαρυτική δύναμη είναι ίδια σε όλα τα σώματα που πέφτουν.
Όταν μια μπάλα πετάγεται ψηλά τότε στο ανώτατο σημείο της διαδρομής της δεν επιδρά καμιά βαρυτική δύναμη.
Τα σώματα που τα αφήνουμε ελεύθερα, μπορούν να κινηθούν μόνο προς τα κάτω.

Όλα τα αντικείμενα μπορούν να κινηθούν με την ίδια ευκολία αν δεν υπάρχει βαρύτητα.
Το βάρος του αντικειμένου δεν είναι η δύναμη της βαρύτητας.
Η βαρύτητα δρα μόνο στα βαριά σώματα.
Δεν υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα. Τα σώματα στο διάστημα δεν έχουν βάρος.

Σύνθεση ταχυτήτων (έρευνα Γ.1).
Δυσκολεύονται στη σύνθεση των ανυσμάτων και ιδιαίτερα των ταχυτήτων.
Δεν έχουν κατανοήσει πλήρως την αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων.

Επιτάχυνση (έρευνα Β.6, Δ.1, Δ.2).
Μπερδεύουν τις έννοιες ταχύτητα – επιτάχυνση.
Η επιτάχυνση και η ταχύτητα έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.
Αν η ταχύτητα είναι μηδέν τότε και η επιτάχυνση είναι μηδέν.
Ένα σώμα που ηρεμεί δεν μπορεί να επιταχυνθεί.
Αν αυξάνεται η ταχύτητα αυξάνεται και η επιτάχυνση.
Η επιτάχυνση ενός σώματος που πέφτει εξαρτάται από τη μάζα του.
Ένα σώμα που κάνει ομαλή κυκλική κίνηση δεν έχει επιτάχυνση.

Κύματα (έρευνα Ε.1).
Ηχητικά κύματα υψηλότερης συχνότητας μπορούν να κινηθούν γρηγορότερα από ό, τι εκείνα των χαμηλότερων συχνοτήτων.
Ηχητικά κύματα μεγαλύτερης έντασης κινούνται γρηγορότερα γιατί έχουν υψηλότερες τιμές της ενέργειας.
Τα κύματα με μεγαλύτερο πλάτος έχουν περισσότερη ενέργεια, ως εκ τούτου κινούνται πιο γρήγορα.
Η ταχύτητα των κυμάτων αλλάζει όταν αλλάξουμε τη συχνότητα.

Ρόλος προσομοιώσεων σε Η/Υ και της ιστορίας της φυσικής
Σε μία από τις έρευνες που ανασκοπούμε (την Β.4) χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις σε υπολογιστή που αναπαριστούν τη δύναμη και την κίνηση και βρέθηκε ότι ο συνδυασμός προσομοιώσεις και συνεργατική μάθηση μπορεί να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή. Εξάλλου, από την έρευνα Δ.1 προέκυψε ότι η ιστορία της φυσικής είναι ένα μέσο που βοηθάει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν τις ιδέες τους και να υποστηριχθεί η αντιπαράθεση και η εκμάθηση των νέων επιστημονικών εννοιών.

Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής διαπιστώνουμε ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις στην κινηματική των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εμφανίζουν δύο χαρακτηριστικά. Αφενός στηρίζονται στις διαισθητικές ή εμπειρικές ιδέες τους, που βιωματικά αποκόμισαν, αφετέρου στηρίζονται στις επιστημονικές γνώσεις που αποκόμισαν από τη διδασκαλία, οι οποίες όμως δεν έχουν γίνει πλήρως κατανοητές. Αυτό σημαίνει ότι το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας, δηλαδή η διάλεξη και το στείρο πείραμα, δεν μπορούν να επιφέρουν εννοιολογική αλλαγή. Αλλά ακόμη και αν ο εκπαιδευτικός διαπιστώσει ότι επήλθε εννοιολογική αλλαγή, αυτή δεν είναι μόνιμη, διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα, όσο σχεδόν διαρκεί και η διδασκαλία, όπως έδειξαν οι έρευνες.
Η αποτελεσματική αντιμετώπιση επομένως των εναλλακτικών αντιλήψεων απαιτεί κάτι παραπάνω από αυτό που προσφέρει η παραδοσιακή διδασκαλία. Η συνεργατική και εποικοδομητική μέθοδος (Βοσνιάδου 2002, Κόκκοτας 2003, Κουλαϊδής 1994, Ματσαγγούρας 2002, Σπυροπούλου-Κατσάνη 2001, Τσαπαρλής 1991, 2002, 2009), με χρήση

νέων τεχνολογιών όπως οι προσομοιώσεις (Ράπτης & Ράπτη 2001, Σγουροπούλου & Κουτρουμάνος 2001, Σολομωνίδου 1999), το πείραμα (Κόκκοτας 2003, Τσαπαρλής 1991, 2009, Σπυροπούλου-Κατσάνη 2005), έχουν πολύ καλύτερα και πιο μόνιμα αποτελέσματα. Τέλος, πρέπει να ληφθούν αποφάσεις για να εξαλειφθούν οι αδυναμίες των εκπαιδευτικών συστημάτων (Φλουρής 2000), στοχεύοντας στην ενεργοποίηση του μαθητή αλλά επίσης και στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών (Abell 2007) σε πιο εποικοδομητικές μορφές διδασκαλίας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Βοσνιάδου, Σ. (2002). Πώς μαθαίνουν οι μαθητές. Σειρά Ψυχολογίας, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Κόκκοτας, Π. (2003). Διδακτική των φυσικών επιστημών - Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Εκδόσεις Γρηγόρης, Αθήνα.

Κουλαϊδής, Β. (1994). Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου: γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2002). Στρατηγικές διδασκαλίας. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2001). Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας, Τόμοι Α΄ και Β΄. Εκδόσεις Α. Ράπτη, Αθήνα.

Σγουροπούλου, Κ. & Κουτουμάνος, Α. (2001). Η επικοινωνία μέσω υπολογιστή για την υποστήριξη κοινοτήτων μάθησης, Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνέδριου στην Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση, σελ. 705-719. ΕΑΠ, Τόμος Β΄, Πάτρα.

Σολομωνίδου, Χ. (1999). Εκπαιδευτική τεχνολογία. Μέσα, υλικά: διδακτική χρήση και αξιοποίηση. Εκδόσεις Καστανιώτη, Αθήνα.

Σπυροπούλου–Κατσάνη, Δ. (2005). Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες. Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

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

Τσαπαρλής, Γ. (2002). Ο εποικοδομητισμός στη διδασκαλία της χημείας. Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών - Έρευνα και Πράξη, Τεύχος 3, 50-52.

Τσαπαρλής, Γ. (2009). Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης της χημείας: έμφαση στο μακρο-επίπεδο και ο ρόλος της πρακτικής εργασίας. Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σσ. 37-54. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα.

Φλουρής, Γ. (2000). Αναλυτικά προγράμματα για μια νέα εποχή στην εκπαίδευση. Εκδόσεις Γρηγόρης, Αθήνα.

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (eds.). Handbook of Research on Science Education (pp. 1105-1140). N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Aguirre, J. M. & Rankin, G. (1989). College students' conceptions about vector kinematics. Physics Education, 24, 290-294

Andaloro, G., Bellomonte, L., Lupo, L., & Sperandeo-Mineo, R.M.. (1994). Construction and validation of a computer-based diagnostic module on average velocity. Journal of Research in Science Teaching, 31, 53-63.

Angell, C. (2004). Exploring students' intuitive ideas based on physics items in TIMSS – 1995. Proceedings of the IEA International Research Conference IRC. 2004, Cyprus

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. Journal of Research in Science Teaching, 39, 1001–1015.

Hartmann, S. & Niedderer, H. (2005). Parallel conceptions in the domain of force and motion. Research and the Quality of Science Education, 2005, Part 8, 471-481.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2003). Investigating Greek students' ideas about forces and motion. Research in Science Education, 33, 375–392.

Lvowi, U. M O. (1984). Misconceptions in physics amongst Nigerian secondary school students. Physics Education, 19. 279-285.

Palmer, D. H. & Flanagan,R. B.. (1997). Readiness to change the conception that "motion-implies-force"- A comparison of 12-year-oldand 16-year-old students. Science & Education, 6, 317-331.

Park, J. & Han, S. (2002). Using deductive reasoning to promote the change of students' conceptions about force and motion. International Journal of Science Education, 24, 593-609

Schecker, H. P. (1992). The paradigmatic change in mechanics: implications of historical processes for physics education. Science & Education 1, 171-76.

Tao, P.-K. (1997). Confronting students' alternative conceptions in mechanics with the force and motion micro-world. Computers in Physics, 11, No. 2.

Thijs, G. D. & Berg, E. V. D. (1995). Cultural factors in the origin and remediation of alternative conceptions in physics. Science & Education, 4, 317-347.

Tongchai, A., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2007). The persistence of students' alternative conceptions in wave propagation. UniServe Science 2007 Conference proceedings, Paper presented at Siam Physics Congress 2007, Thailand.

Έρευνα και πράξη στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες: αξιολόγηση διδακτικής ακολουθίας για το φαινόμενο του ανέμου

Αχιλλέας Μανδρίκας, Κωνσταντίνος Σκορδούλης
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εργαστήριο Διδακτικής & Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας
amandrik@otenet.gr, kostas4skordoulis@gmail.com

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα ερευνητικά αποτελέσματα μιας διδακτικής ακολουθίας για τη διδασκαλία του φαινομένου του ανέμου μέσω της χρήσης πειραμάτων, λογισμικού και διαδικτύου. Η διδακτική ακολουθία εφαρμόστηκε σε ομάδα υποψηφίων δασκάλων-φοιτητών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν σαφή βελτίωση των γνώσεων των εκπαιδευομένων και ανέδειξαν προβλήματα που αντιμετώπισαν στη διαχείριση εννοιών των Φυσικών Επιστημών, στη δυνατότητα προσανατολισμού, στην αναγνώριση συμβόλων και στην ερμηνεία διαγραμμάτων.

Abstract
In the present paper a teaching sequence on the wind and its results is described through the use of hands-on experiments, software and the internet. This teaching sequence was practised on prospective elementary teachers, currently undergraduate students of the Faculty of Education, University of Athens, during winter semester 2008-2009. The research findings demonstrated a proper improvement to students' knowledge and revealed problems concerning confusion of science concepts and phenomena, capability of orientation, recognition of symbols and interpretation of diagrams.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια πυκνώνουν οι προτάσεις για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στις Περιβαλλοντικές Επιστήμες (Veal et al. 2002) και ταυτόχρονα για εισαγωγή της περιβαλλοντικής συνιστώσας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Meichtry et al. 2001). Ο βασικός λόγος για τη διατύπωση αυτών των αιτημάτων είναι ότι οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες συμβάλλουν σημαντικά στον εμπλουτισμό των επιστημονικών γνώσεων των εκπαιδευομένων, καθώς εμβαθύνουν στην κατανόηση των περιβαλλοντικών φαινομένων και μελετούν τους φυσικούς και ανθρωπογενείς παράγοντες που τα επηρεάζουν.
Τα μετεωρολογικά φαινόμενα αποτελούν ιδανικό πεδίο για την ενοποίηση των επιστημών (Kahl 2001) και αποτελούν το θεματικό πυρήνα πολλών διδακτικών προτάσεων που απευθύνονται σε μαθητές (Lee & Butler-Songer 2003) ή σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς (Whittaker & Ackerman 2002), καθώς σχετίζονται τόσο με τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων όσο και με τη χρήση αυτής της γνώσης στην καθημερινή ζωή.
Παρόλα αυτά, για το φαινόμενο του ανέμου δεν εντοπίζονται στη διεθνή βιβλιογραφία αποκλειστικές έρευνες, παρά μόνο επιμέρους στοιχεία σε έρευνες για την καταγραφή αντιλήψεων γενικότερων μετεωρολογικών φαινομένων (Stepans & Kuehn 1985, Dove 1998, Papadimitriou & Londridou 2001, Henriques 2002). Επίσης, ο άνεμος δεν εμφανίζεται ως αντικείμενο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών παρά την εμπλοκή της κίνησης των ρευστών στην ερμηνεία και κατανόησή του (Rozier & Viennot 1991). Ωστόσο, το φαινόμενο

του ανέμου κατέχει σημαντική θέση στη Μετεωρολογία καθώς σχετίζεται α) με φαινόμενα μετατροπής της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας σε άλλες μορφές ενέργειας β) με ακραία καιρικά φαινόμενα που ενδέχεται να αποτελούν ένδειξη κλιματικών αλλαγών γ) με τη διάχυση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε τοπική κλίμακα.
Με βάση τα παραπάνω δεδομένα αναπτύξαμε μια διδακτική ακολουθία για τη διδασκαλία του φαινομένου του ανέμου σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται σύντομα η διδακτική ακολουθία και αναλυτικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της σε φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009.

Σχεδιασμός και περιεχόμενο της διδακτικής ακολουθίας

Η διδακτική ακολουθία σχεδιάστηκε με βάση το μοντέλο διερευνητικής μάθησης Learning for Use (Μάθηση για χρήση), το οποίο δίνει έμφαση στη χρησιμότητα της γνώσης και διαθέτει τέσσερα διακριτά χαρακτηριστικά: α) Είναι προσανατολισμένο σε μελέτες περίπτωσης β) Πρεσβεύει μια ισορροπημένη διερευνητική παιδαγωγική προσέγγιση γ) Θεωρεί απαραίτητη την υποστήριξη της τεχνολογίας στη διερεύνηση δ) Οδηγεί στη λήψη αποφάσεων βασισμένων σε τεκμήρια (Edelson 2001).
Η διδακτική ακολουθία για τη διδασκαλία του φαινομένου του ανέμου αποτελείται από τρία μέρη. Στο πρώτο μέρος (εννοιολογικό επίπεδο) μελετώνται και ερμηνεύονται οι οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις του αέρα, οι οποίες προκαλούν τον άνεμο, τα μέτωπα καιρού και τη θερμοκρασιακή αναστροφή (βλ. Lutgens & Tarbuck 2007). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται αντίστοιχα τρεις πειραματικές διαδικασίες με τη βοήθεια συσκευής-μοντέλου ροής ρευστών και συσκευής δημιουργίας αερίων μαζών. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται δυο εφαρμογές εκπαιδευτικού λογισμικού, όπως αυτή στο http://www.phys.ufl.edu/~matchev/MET1010/notes/_ActiveFigures/A_54_files/A_54.swf για τις οριζόντιες κινήσεις των αερίων μαζών και μια άλλη που κατασκευάσαμε στο Εργαστήριο για τις φυσικές διαδικασίες του υδρολογικού κύκλου.
Στο δεύτερο μέρος (συμβολικό επίπεδο) μελετώνται και ερμηνεύονται ειδικά σύμβολα των ανέμων, ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί η διεύθυνση & η ένταση των ανέμων σε μετεωρολογικούς χάρτες και μετεωρολογικά δελτία (βλ. Meyer 2006). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται καταρχήν μετεωρολογικά όργανα (πυξίδα, ανεμοδείκτης, ανεμόμετρο), ο συνοπτικός κύκλος και το ανεμολόγιο. Έπειτα, χρησιμοποιείται εφαρμογή λογισμικού με κινούμενους μετεωρολογικούς χάρτες που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο (βλ. Μανδρίκας κ.ά. 2009) και μετεωρολογικοί χάρτες από καθημερινές εφημερίδες. Τέλος, χρησιμοποιούνται οι ιστοσελίδες της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) και του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ).
Στο τρίτο μέρος (χρηστικό επίπεδο-καθημερινής ζωής) μελετώνται η συσχέτιση του ανέμου και της τοπογραφίας με την ατμοσφαιρική ρύπανση (βλ. Hewitt & Jackson 2003) και καλλιεργείται η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων με βάση αυτή τη γνώση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται καταρχήν ειδικά διαγράμματα από την ιστοσελίδα του ΥΠΕΧΩΔΕ, χάρτης της Αττικής με τα χαρακτηριστικά του λεκανοπεδίου της Αθήνας, χάρτης της Ελλάδας με επισήμανση της οροσειράς της Πίνδου, μετεωρολογικοί χάρτες από καθημερινή εφημερίδα και εφαρμογή εκπαιδευτικού λογισμικού που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο με σκοπό την κατάταξη των καιρικών παραμέτρων ανάλογα με τη συμβολή τους στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Έπειτα, επιλύονται προβλήματα που αφορούν την πρόβλεψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, την πραγματοποίηση ενός ταξιδιού με ιστιοφόρο και την εγκατάσταση μιας ανεμογεννήτριας. Τέλος, χρησιμοποιούνται οι ιστοσελίδες του

Πανευρωπαϊκού Συστήματος Προειδοποίησης για επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα και της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας ως αντίστοιχου εθνικού φορέα.

Στόχοι της έρευνας

Η διδακτική ακολουθία που αναπτύχθηκε είχε εννέα διδακτικούς στόχους, οι οποίοι αποτελούν ταυτόχρονα και τα ερευνητικά ερωτήματα, που θα διερευνηθούν και θα συζητηθούν στην παρούσα εργασία: α) Πώς εξηγείται η δημιουργία του ανέμου; β) Πώς εξηγείται η δημιουργία των μετώπων καιρού; γ) Πώς εξηγείται η δημιουργία της θερμοκρασιακής αναστροφής; δ) Ποια είναι τα σύμβολα των ανέμων σε μετεωρολογικό χάρτη; ε) Πώς διακρίνεται η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου πάνω σε μετεωρολογικούς χάρτες; στ) Πώς αναζητούμε έγκυρο μετεωρολογικό δελτίο και πώς διακρίνουμε τα χαρακτηριστικά του ανέμου σε αυτό; ζ) Πώς συσχετίζεται ο άνεμος με την ατμοσφαιρική ρύπανση; η) Ποιο ρόλο παίζει η τοπογραφία στις επιδράσεις του ανέμου; θ) Πώς λαμβάνουμε αποφάσεις με βάση γνώσεις & δεξιότητες για τον άνεμο σε επίπεδο καθημερινών προβλημάτων;

Ερευνητική μεθοδολογία

Η διδακτική ακολουθία εφαρμόστηκε κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2008-2009 στο πλαίσιο του κυμαινόμενου μαθήματος «Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον – Εργαστηριακή προσέγγιση» σε εξήντα (60) υποψήφιους εκπαιδευτικούς – φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών. Για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν: α) τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι φοιτητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση β) τα φύλλα εργασίας που συμπλήρωναν οι φοιτητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων γ) ημιδομημένες συνεντεύξεις των φοιτητών που έγιναν μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται ακολούθως προέρχονται από ομάδες ερωτήσεων που ελέγχουν την επίτευξη κάθε διδακτικού στόχου ξεχωριστά. Σε κάθε περίπτωση έχει γίνει συνδυασμός στοιχείων από όλα τα προαναφερθέντα ερευνητικά εργαλεία.

Πίνακας 1: εξήγηση δημιουργίας του ανέμου

Πώς δημιουργείται ο άνεμος;	Πριν τη διδασκαλία		Μετά τη διδασκαλία	
	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό
Δεν γνωρίζω	39	65%	8	13%
Διάφορες λανθασμένες απαντήσεις	10	16%	5	8%
Λόγω διαφοράς θερμοκρασίας	7	12%	13	22%
Με ρεύματα αέρα	2	3%	5	8%
Αναφορά σε βαρομετρικά	1	2%	7	12%
Λόγω διαφοράς πίεσης	1	2%	22	37%

Βελτίωση καταγράφηκε στην κατανόηση του μηχανισμού δημιουργίας του ανέμου ως οριζόντιας μετακίνησης αερίων μαζών λόγω διαφοράς πιέσεων (πιν. 1). Κατά την ταξινόμηση των απαντήσεων με βάση σημασιολογική ανάλυση περιεχομένου, το ποσοστό των φοιτητών που εξηγούν με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο το μηχανισμό δημιουργίας του ανέμου αυξήθηκε από 2% σε 37%. Επίσης, οι φοιτητές που δήλωσαν πλήρη άγνοια για το θέμα μειώνονται από 65% στο 13% μετά τη διδακτική παρέμβαση. Γενικά, οι 45 από τους 60 φοιτητές του δείγματος βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική ($Z=-5,718$, $p= ,000$).

Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια βελτιωτικών παρεμβάσεων, καθώς οι απολύτως ορθές απαντήσεις παραμένουν σε σχετικά χαμηλά ποσοστά, ενώ αρκετές γραπτές απαντήσεις δείχνουν ότι οι φοιτητές εξακολουθούν να διατηρούν σύγχυση μεταξύ εννοιών και διάφορες παρανοήσεις. Μια συνήθης σύγχυση είναι η ταύτιση των οριζόντιων επιφανειακών κινήσεων του αέρα, που αποτελούν τον άνεμο, με τις κατακόρυφες κινήσεις που προκαλούνται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και προηγούνται των οριζόντιων. Αυτό διαφαίνεται και από τη γενικότερη προβληματική διαχείριση του όρου «ρεύματα», τα οποία άλλοτε ερμηνεύονται ως «οριζόντια κίνηση του αέρα», άλλοτε ως «κίνηση των αέριων μαζών με κατακόρυφη διεύθυνση» και άλλοτε ως «συνολική κυκλική κίνηση».

Για τους περισσότερους φοιτητές είναι δυσδιάκριτο αν η κατακόρυφη κίνηση του αέρα προκαλεί διαφορά πίεσης ή το αντίθετο. Φαίνεται να θεωρούν πως η ύπαρξη υψηλής ατμοσφαιρικής πίεσης προκαλεί την κάθοδο αερίων μαζών, ενώ στην πραγματικότητα συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, φαίνεται να υιοθετούν το μοντέλο της πιεσο-δύναμης (Kariotoglou & Psillos 1993), θεωρούν δηλαδή την πίεση μια δύναμη που σχετίζεται με το βάρος και την πυκνότητα του ρευστού και κάνουν επιλεκτικές συνδέσεις μεταξύ πίεσης-πυκνότητας και πίεσης-θερμοκρασίας: «…Κάνει κυκλική… από τη μία πιέζει ο αέρας και σπρώχνει το υγρό προς τα κάτω… έρχεται κάνει κυκλική κίνηση κι ανεβαίνει προς τα πάνω πάλι…» (Φ6). Είναι χαρακτηριστική η έκφραση ότι η ατμοσφαιρική πίεση «ασκεί» μια δύναμη: «…όταν είναι κρύος ο αέρας και επομένως συστέλλεται, ασκεί μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση, λόγω του ότι είναι πιο συμπαγής, έχει μεγαλύτερη πυκνότητα…» (Φ44).

Μικρή βελτίωση παρουσίασε η ικανότητα των φοιτητών να εξηγούν τη δημιουργία των μετώπων με όρους ροής ρευστών, καθώς το αρχικό ποσοστό ορθών απαντήσεων αυξήθηκε από 22% σε 28% μετά τη διδασκαλία, παρότι συνολικά η βελτίωση των απαντήσεων διαπιστώθηκε να είναι στατιστικά σημαντική (Z=-2,842, p= ,004). Γενικά, οι 27 από τους 60 φοιτητές του δείγματος βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία, 8 φοιτητές έδωσαν απάντηση με λιγότερα ορθά στοιχεία και 25 έδωσαν απάντηση ίδιου επιπέδου. Η ερμηνεία που μπορεί να δοθεί για τις δυσκολίες των φοιτητών στον τρόπο σχηματισμού των μετώπων μέσω του δεύτερου πειράματος βασίζεται καταρχήν στις δυσκολίες διαχείρισης εννοιών των Φυσικών Επιστημών αλλά και στον ελάχιστο διαθέσιμο χρόνο για παρατήρηση που επιτρέπει το σχετικό πείραμα λόγω της ταχύτητας με την οποία γίνονται οι κινήσεις των ρευστών.

Σημαντική βελτίωση διαπιστώθηκε στην γνώση για τη θερμοκρασιακή αναστροφή. Ενώ στο αρχικό ερωτηματολόγιο μόνο το 3% των φοιτητών έδωσε την ορθή απάντηση για τον τρόπο σχηματισμού του φαινομένου και το 73% απάντησε «δεν γνωρίζω», στο τελικό το 52% φαίνεται να προσδιορίζει τις αιτίες του φαινομένου και το 87% τις συνέπειές του. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική (Z=-6,608, p= ,000). Παρόλα αυτά, διαπιστώθηκαν προβλήματα στην παροχή εξήγησης για το σχηματισμό νεφών ως μέρος του υδρολογικού κύκλου. Πολλοί φοιτητές παρουσίασαν σημαντικά προβλήματα έκφρασης. Σε μια περίπτωση διαπιστώθηκε και πάλι η παρανόηση ότι το αίτιο της ανοδικής κίνησης του αέρα, που θα συμπυκνωθεί για να σχηματιστούν νέφη, είναι η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση, ενώ στην πραγματικότητα η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση είναι το αποτέλεσμα της ανοδικής κίνησης του αέρα. Το σημαντικότερο εύρημα, όμως, ήταν ότι το 10% των φοιτητών αντιλήφθηκε τη λέξη «νέφος» με την έννοια της συσσώρευσης καυσαερίων.

Σημαντική βελτίωση καταγράφηκε στην αναγνώριση συμβόλων, η οποία διαπιστώθηκε σε τρεις ομάδες ερωτήσεων ελέγχου (πιν. 2). Στην αναγνώριση οργάνων, ενώ αρχικά μόνο το 25% των φοιτητών μπορούσε να ονομάσει τον ανεμοδείκτη και το 47% το ανεμόμετρο, στο τέλος το 95% προσδιορίζει την πυξίδα και τον ανεμοδείκτη ως όργανα προσδιορισμού της διεύθυνσης του ανέμου (Z=-6,118, p= ,000). Στον τρόπο ονομασίας των ανέμων, ενώ αρχικά

μόνο το 22% των φοιτητών γνώριζαν ότι ο άνεμος ονομάζεται με βάση το σημείο προέλευσης, στο τέλος της παρέμβασης όλοι οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί τον ονομάζουν με σωστό τρόπο. Επιπλέον, το 78% έμαθε να διαβάζει σωστά το ανεμολόγιο, πράγμα που σημαίνει ότι βελτίωσε και την ικανότητα προσανατολισμού (Z=-4,539, p= ,000). Στην ικανότητα ανάγνωσης συμβόλων σε μετεωρολογικούς χάρτες, το 75% των φοιτητών προσδιορίζει στο τέλος σωστά τη διεύθυνση και το 57% την ένταση του ανέμου με βάση το ειδικό σύμβολο του συνοπτικού κύκλου, το οποίο ήταν μη αναγνωρίσιμο στα αρχικά ερωτηματολόγια (Z=-3,843, p= ,000). Σημεία που παρουσίασαν δυσκολίες σε αυτό το διδακτικό στόχο ήταν η περιορισμένη ικανότητα προσανατολισμού, η ελλιπής προηγούμενη ενασχόληση με όργανα μέτρησης, λάθη στην ανάγνωση του χρωματικού υπομνήματος χαρτών και σε μικρότερο βαθμό λάθη στον τρόπο ανάγνωσης του συνοπτικού κύκλου.

Πίνακας 2: αναγνώριση συμβόλων του ανέμου

Θέμα	Πριν τη διδασκαλία		Μετά τη διδασκαλία	
	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό
Αναγνώριση ανεμοδείκτη	15	25%	57	95%
Τρόπος ονομασίας ανέμου	13	22%	60	100%
Διεύθυνση ανέμου με βάση συνοπτικό κύκλο	0	0%	45	75%

Σημαντική βελτίωση παρουσιάστηκε στην ικανότητα διάκρισης των ανέμων στους μετεωρολογικούς χάρτες, η οποία διαπιστώθηκε σε τρεις ομάδες ερωτήσεων ελέγχου (πιν. 3). Όσον αφορά την ικανότητα προσδιορισμού της διεύθυνσης των ανέμων με βάση τον κανόνα της δεξιόστροφης διάταξής τους γύρω από τα υψηλά βαρομετρικά συστήματα στο βόρειο ημισφαίριο, το αρχικό 7% όσων είχαν επιλέξει τη σωστή απάντηση αυξήθηκε σε 67% (Z=-6,184, p= ,000). Όσον αφορά την ικανότητα συσχέτισης της έντασης των ανέμων με την πυκνότητα και τις αποστάσεις των ισοβαρών, το αρχικό 8% όσων είχαν επιλέξει τη σωστή απάντηση αυξήθηκε σε 85%, ενώ για την αναγνώριση περιοχών όπου επικρατεί άπνοια, οι σωστές απαντήσεις αυξήθηκαν από 40% σε 93% (Z=-6,304, p= ,000). Όσον αφορά την ικανότητα προσδιορισμού των μεταβολών των ανέμων που προκαλεί η κίνηση βαρομετρικών συστημάτων & μετώπων, περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές αντιλαμβάνονται κινδύνους που υποδηλώνονται με σύμβολα σε ένα μετεωρολογικό χάρτη και αιτιολογούν επιτυχώς την απάντησή τους (Z=-4,804, p= ,000). Επιμέρους δυσκολίες των φοιτητών διαπιστώθηκε κατά τις συνεντεύξεις ότι οφείλονται: στην αντίστροφη εφαρμογή του δεξιόστροφου κανόνα διάταξης ανέμων γύρω από τα υψηλά βαρομετρικά, στην παρανόηση ότι το σύμβολο Χ σημαίνει χαμηλής έντασης ανέμους ή χαμηλές θερμοκρασίες, στην παρανόηση ότι ένα βαρομετρικό μπορεί να επηρεάσει μια περιοχή όσο μακριά κι αν βρίσκεται και σε προβλήματα προσανατολισμού.

Πίνακας 3: διάκριση ανέμων σε μετεωρολογ. χάρτες

Θέμα	Πριν τη διδασκαλία		Μετά τη διδασκαλία	
	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό
Προσδιορ. διεύθυνσης ανέμου με κανόνα δεξιόστροφης διάταξης	4	7%	40	67%
Συσχέτιση έντασης ανέμων με πυκνότητα ισοβαρών	5	8%	51	85%
Αναγνώριση περιοχών με άπνοια	24	40%	56	93%

Δεν καταγράφηκε βελτίωση στην ικανότητα εύρεσης των χαρακτηριστικών του ανέμου στα μετεωρολογικά δελτία, όπως παρουσιάζονται σε εξειδικευμένες ιστοσελίδες στο διαδίκτυο, καθώς οι απόλυτα ορθές απαντήσεις αυξήθηκαν μόλις από 32% σε 35% (πιν. 4). Επιμέρους στοιχεία δείχνουν ότι το 53% των υποψηφίων εκπαιδευτικών κατάφερναν να προσδιορίσουν σωστά τη διεύθυνση του ανέμου και το 50% την ένταση του ανέμου πριν από τη διδασκαλία, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά μετά τη διδασκαλία ήταν 61% και 73%. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία δεν είναι στατιστικά σημαντική (Z=-,772, p= ,440) και είναι ο μοναδικός διδακτικός στόχος της διδακτικής ακολουθίας που φαίνεται ότι δεν

επιτεύχθηκε με την εφαρμογή της. Στην ερώτηση αυτή βελτιώθηκαν λιγότεροι φοιτητές από κάθε άλλη ερώτηση (17), έδωσαν χειρότερη απάντηση περισσότεροι φοιτητές από κάθε άλλη ερώτηση (13) και παρέμειναν στα ίδια επίπεδα οι μισοί φοιτητές του δείγματος (30). Οι κύριες αιτίες, που ερμηνεύουν την αποτυχία επίτευξης του διδακτικού στόχου, όπως προσδιορίστηκαν ή επιβεβαιώθηκαν από τις συνεντεύξεις των φοιτητών, είναι α) η έλλειψη ακρίβειας κατά την απόδοση της απάντησης που οφείλεται σε βιασύνη και επιπολαιότητα β) η έλλειψη εξοικείωσης με την κλίμακα μποφόρ, η οποία ενδέχεται να οφείλεται στον περιορισμένο χρόνο ενασχόλησης με αυτήν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων γ) προβλήματα με τον κανόνα ονοματοδοσίας των ανέμων ή τουλάχιστον με τον τρόπο εφαρμογής του και δ) προβλήματα προσανατολισμού.

Βελτίωση σημειώθηκε στην ικανότητα συσχέτισης του ανέμου με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Κατά την πρώτη επαφή με τα γωνιακά διαγράμματα μόνο το 3% του δείγματος μπορούσε να αποδώσει επακριβώς τη σημασία τους, ενώ στο τέλος το ποσοστό αυτό φτάνει το 32%. Επίσης, σε ερώτηση εφαρμογής του φύλλου εργασίας το 80% των φοιτητών κατάφερε να εντοπίσει πόλεις με αυξημένη πιθανότητα ατμοσφαιρικής ρύπανσης με βάση μόνο τους ανέμους που επικρατούν σε αυτές και να το αιτιολογήσει επαρκώς. Συνολικά, οι 27 από τους 60 φοιτητές του δείγματος βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία, 9 φοιτητές έδωσαν απάντηση με λιγότερα ορθά στοιχεία και 24 έδωσαν απάντηση ίδιου επιπέδου. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική (Z=-3,599, p= ,000). Η σημαντικότερη παρανόηση που διαπιστώθηκε σε μερίδα φοιτητών κατά την ερμηνεία των γωνιακών διαγραμμάτων, ήταν ότι συγχέουν τα γεωγραφικά σημεία του λεκανοπεδίου με τα σημεία προέλευσης των ανέμων. Ως αποτέλεσμα, συμπεραίνουν ότι στα ΝΔ του λεκανοπεδίου υπάρχει μεγάλη ρύπανση και στα ΒΑ μικρή ρύπανση, αντί του ορθού ότι οι ΝΔ άνεμοι αυξάνουν τη ρύπανση, ενώ οι ΒΑ άνεμοι τη μειώνουν. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι το λεκανοπέδιο θεωρήθηκε από μερικούς ως πρότυπο αναφοράς και σε κάθε περίπτωση που έβλεπαν νότιους ανέμους τους θεωρούσαν ασθενείς και συμβάλλοντες στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον, καταγράφηκε η παρανόηση ότι όσο μεγαλώνει η ένταση του ανέμου, τόσο περισσότεροι ρύποι μεταφέρονται. Τέλος, κάποιοι φοιτητές εμπλέκουν στις ερμηνείες τους τη βιομηχανική δραστηριότητα και τη δόμηση της πόλης, ωστόσο, ο ακριβής τρόπος εμπλοκής τους παραμένει συγκεχυμένος.

Πίνακας 4: εύρεση των χαρακτηριστικών του ανέμου στα μετεωρολογικά δελτία

Θέμα	Πριν τη διδασκαλία		Μετά τη διδασκαλία	
	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό
Απόλυτα ορθές απαντήσεις	19	32%	21	35%
Ορθή διεύθυνση ανέμου	32	53%	37	61%
Ορθή ένταση ανέμου	30	50%	44	73%

Βελτίωση σημειώθηκε στην ικανότητα αναγνώρισης του ρόλου της τοπογραφίας στις επιδράσεις του ανέμου. Την ειδική τοπογραφία του λεκανοπεδίου της Αθήνας αναγνώριζε το 80% των φοιτητών, αλλά μόνο το 18% κατανοούσε εξαρχής ότι εμποδίζεται η έξοδος των ΝΔ ανέμων. Τελικά, το 32% των φοιτητών που έδωσε ολοκληρωμένη ερμηνεία στα γωνιακά διαγράμματα είναι το τελικό ποσοστό όσων έχουν κατανοήσει πλήρως το ρόλο της τοπογραφίας στη διασπορά και διάχυση των ρύπων στο λεκανοπέδιο της Αθήνας, ενώ διαπιστώθηκαν δυο κύριες παρανοήσεις σε ποσοστά περίπου 15% του δείγματος. Η πρώτη παρανόηση αφορά την εντύπωση ότι οι άνεμοι φέρνουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους μέσα στο λεκανοπέδιο και όχι ότι αυτοί παράγονται από το αστικό συγκρότημα της πρωτεύουσας! Η δεύτερη παρανόηση αφορά την εντύπωση ότι τα βουνά που υπάρχουν στα βόρεια και ανατολικά της πόλης εμποδίζουν τους βόρειους ανέμους να εισέλθουν στο λεκανοπέδιο, γι΄ αυτό και στα διαγράμματα παρουσιάζονται μειωμένες οι τιμές των ατμοσφαιρικών ρύπων όταν πνέουν ΒΑ άνεμοι. Όσον αφορά την Πίνδο, το 78% φαίνεται ότι κατανοεί το ρόλο της

οροσειράς στη διαμόρφωση του καιρού και του κλίματος της ηπειρωτικής Ελλάδας. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι οι λέξεις «καιρός» και «κλίμα» χρησιμοποιούνται μερικές φορές με ταυτόσημο νόημα, ότι ορισμένοι φοιτητές εμπλέκουν απρόσμενα το θέμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρασυρόμενοι από την περίπτωση του λεκανοπεδίου της Αθήνας και ότι υπάρχουν σαφείς δυσκολίες προσανατολισμού, όπως υποδηλώνεται από τη συνεχή χρήση των όρων «δεξιά», «αριστερά», «πάνω», «κάτω» αντί των αντίστοιχων ορθών «ανατολικά», «δυτικά», «βόρεια», «νότια». Συνολικά, οι 27 από τους 60 φοιτητές βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική (Z=-4,599, p=,000).

Πίνακας 5: πηγές πληροφόρησης για επίλυση προβλημάτων

Θέμα	Πριν τη διδασκαλία		Μετά τη διδασκαλία	
	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό	Αρ. Φοιτ. N=60	Ποσοστό
Δελτίο καιρού από εξειδικευμένη ιστοσελίδα	12	20%	55	92%
Δελτίο καιρού από τα τηλεοπτικά δελτία	24	40%	5	8%
Εμπειρικές απαντήσεις	13	22%	0	0%
Διασταύρωση πηγών	0	0%	30	50%

Σημαντική βελτίωση καταγράφηκε στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, στα οποία εμπλέκεται ως παράμετρος ο άνεμος (πιν. 5). Το 20% των φοιτητών που δήλωσε αρχικά ότι θα ενημερωθεί από εξειδικευμένη ιστοσελίδα για την επίλυση καθημερινού προβλήματος αυξάνεται τελικά σε 92% έχοντας στο μεταξύ αυξήσει τις γνώσεις του για την ύπαρξη εξειδικευμένων ιστοσελίδων και έχοντας καλλιεργήσει τις σχετικές δεξιότητες διερεύνησης των κατάλληλων στοιχείων. Επίσης, ενώ ως συνηθέστερη πηγή πληροφόρησης είχαν καταγραφεί αρχικά τα τηλεοπτικά δελτία (40%) στο τέλος περιορίζονται στο 8%. Τέλος, δεν υπάρχουν καθόλου εμπειρικές απαντήσεις («θα κοιτάξω τον ουρανό») στα τελικά ερωτηματολόγια, ενώ αντίθετα εμφανίζονται απαντήσεις για διασταύρωση πηγών. Συνολικά, οι 40 από τους 60 φοιτητές του δείγματος βελτίωσαν τις απαντήσεις τους μετά τη διδασκαλία. Η διαφορά των σωστών απαντήσεων πριν και μετά τη διδασκαλία είναι στατιστικά σημαντική (Z=-5,132, p=,000). Συμπερασματικά, φαίνεται ότι καλλιεργήθηκε σε σημαντικό βαθμό η ικανότητα των φοιτητών να λαμβάνουν αποφάσεις, που βασίζονται σε τεκμήρια, τα οποία απέκτησαν τη δεξιότητα και να τα εντοπίζουν και να τα αξιολογούν.

Συμπεράσματα και προτάσεις

Η διδακτική ακολουθία που αναπτύχθηκε φαίνεται ότι βελτίωσε τις γνώσεις και δεξιότητες των φοιτητών στη διαπραγμάτευση φαινομένων που έχουν ως επίκεντρο τον άνεμο, καθώς καταγράφηκε στατιστικά σημαντική διαφορά σε οκτώ από τους εννέα διδακτικούς στόχους. Ωστόσο, δεν αντιμετωπίστηκαν πλήρως γενικότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη διαχείριση εννοιών από τις Φυσικές Επιστήμες, με την ικανότητα προσανατολισμού και με την ανάγνωση συμβόλων, κλιμάκων & διαγραμμάτων. Ως εκ τούτου, θεωρούμε χρήσιμη τη δημιουργία μιας συνεκτικής ενότητας με θέμα «Ατμόσφαιρα» εντός της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών και τη συμπερίληψη στα ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Φυσικών Επιστημών δραστηριοτήτων χειρισμού οργάνων, προσανατολισμού, μετρήσεων & μακροχρόνιας καταγραφής μετεωρολογικών δεδομένων.

Βιβλιογραφία

Μανδρίκας, Α., Χαλκίδης, Α. & Σαριδάκη, Α. (2009). Ένα παράδειγμα συμβολής των ΤΠΕ στη διδασκαλία Περιβαλλοντικών Επιστημών: διερευνητικές δραστηριότητες για τη διδασκαλία του ανέμου, στο Π. Πολίτης (Επιμ.) Πρακτικά 1ου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία», Βόλος, Απρίλιος 2009, σελ. 332-338.

Dove, J. (1998). Alternative Conceptions about the Weather. School Science Review, 79, 289, 65-69.

Edelson, D.C. (2001). Learning-for-Use: A Framework for the Design of Technology-Supported Inquiry Activities. Journal of Research in Science Teaching, 38, 3, 355-385.

Henriques, L. (2002). Children's Ideas about Weather: A Review of the Literature. School Science and Mathematics, 102, 5, 202-215.

Hewitt, C. N. & Jackson, A. (2003). Handbook of Atmospheric Sciences - Principles and Applications, Oxford, Blackwell Publishing, UK.

Kahl, J. D. W. (2001). Weather forecasting using the Internet. The Science Teacher, Feb 2001, 22-25.

Kariotoglou, P. & Psillos, D. (1993). Pupils' pressure models and their implications for instruction. Research in Science and Technological Education, 11, 1, 95-108.

Lee, H.-S. & Butler-Songer, N. (2003). Making authentic science accessible to students. International Journal of Science Education, 25, 8, 923-948.

Lutgens, F. K. & Tarbuck, E. J. (2007). The Atmosphere, An Introduction to Meteorology. 10th Ed., New Jersey, Pearson Prentice Hall, USA.

Meichtry, Y., Zint, M., Carlsen, W., Hart, P., Sammel, A., Zandvliet, D. & Dillon, J. (eds) (2001). Relations between Science Education and Environmental (Science) Education - A NARST Symposium (History, Philosophy, Epistemology), March 27, 2001.

Meyer, S. (2006). A new perspective on surface weather maps. Science Activities, 42, 4, 3-9.

Papadimitriou, V. & Londridou, P. (2001). A Cross-Age Study of Pupils' Conceptions Concerning the Movement of Air Masses in the Troposphere. Note: In: Science and Technology Education: Preparing Future Citizens. Proceedings of the IOSTE Symposium in Southern Europe (1st, Paralimni, Cyprus, April 29-May 2, 2001).

Rozier, S. & Viennot, L. (1991). Students' reasoning in thermodynamics. International Journal of Science Education, 13, 2, 159-170.

Stepans, J. & Kuehn, C. (1985). What research says: Children's conceptions of weather. Science and Children, 23, 1, 44-47.

Veal, W.R., Kubasko, D.S. Jr. & Fullagar, P. (2002). Web Based Course on Earth and Environmental Science for Preservice and Inservice Teachers. Journal of Science Teacher Education, 13, 2, 131-146.

Whittaker, T.M. & Ackerman, S.A. (2002). Interactive Web-based learning with Java. Bulletin of the American Meteorological Society, 83, 7, 970-975.

Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικού υλικού για προώθηση της κατανόησης μαθητών λυκείου για το μηχανισμό λειτουργίας τουφαινομένου του θερμοκηπίου

Χριστάκης Αβραάμ, Νίκος Παπαδούρης & Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου
Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες, Πανεπιστήμιο Κύπρου, {avraam.christakis, npapa, c.p.constantinou}@ucy.ac.cy

Περίληψη
Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην προσπάθεια ανάπτυξης, και ερευνητικής επικύρωσης, διδακτικού υλικού για την προώθηση κατανόησης μαθητών λυκείου για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Το διδακτικό υλικό στηρίζεται στην προσέγγιση της διερώτησης (inquiry) και επιχειρεί να καθοδηγήσει τους μαθητές να αναπτύξουν αρχικά επιμέρους ιδέες στις οποίες στηρίζεται το φαινόμενο και να τις συνθέσουν σταδιακά, ώστε να οικοδομήσουν το μηχανισμό λειτουργίας του. Το διδακτικό υλικό έχει εφαρμοστεί σε μια ομάδα 28 μαθητών λυκείου και έχουν συλλεγεί δεδομένα πριν και μετά την εφαρμογή του, μέσω γραπτών έργων αξιολόγησης και συνεντεύξεων, ώστε να διερευνηθεί η εξέλιξη στην κατανόησή τους. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων φανερώνουν τη δυνατότητα του διδακτικού υλικού να προωθεί αποτελεσματικά την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών. Ειδικότερα, καταδεικνύουν τη σημαντική βελτίωση στην ικανότητά τους να περιγράφουν το μηχανισμό λειτουργίας του φαινόμενου και να τον εφαρμόζουν σε ανοίκειες καταστάσεις για να διατυπώσουν προβλέψεις για τη θερμοκρασία της γης.

Abstract
The present study reports on a research attempt to develop and empirically verify the potential effectiveness of a teaching module on the greenhouse effect for high school students. The teaching and learning materials embody an inquiry-based activity sequence that gradually guides the students to develop aspects of the greenhouse effect and to synthesize them so as to formulate the mechanism underlying its operation. The teaching and learning materials have been implemented with a group of 28 high-school students and we collected data on their conceptual understanding, prior to and after the implementation, through open-ended written tasks and interviews. These data indicate the potential of the teaching module to effectively promote students' conceptual understanding. Specifically, they demonstrate a significant improvement in students' ability to describe the mechanism underlying the operation of the greenhouse effect and to apply it in unfamiliar situations to derive predictions about the temperature of the earth's surface.

Εισαγωγή

Παραδοσιακά, η διδασκαλία της φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στηρίζεται σε εγχειρίδια που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεματικών ενοτήτων και περιορίζονται συνήθως στην απλή παράθεση εξηγήσεων για διάφορα φυσικά φαινόμενα, σε τελική μορφή, και ορισμών για σχετικές έννοιες (Kesidou & Roseman 2002) μεταθέτοντας την έμφαση στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων. Αυτή η διδακτική προσέγγιση τείνει να ευνοεί την αντίληψη ότι ένας αποτελεσματικός τρόπος να ανταποκριθεί κανείς με επιτυχία στις απαιτήσεις μαθημάτων φυσικής περιλαμβάνει την απομνημόνευση ορισμών για έννοιες, θεωρημάτων ή νόμων και την αποστήθιση αλγόριθμων για την επίλυση ποσοτικών

προβλημάτων. Παρά το γεγονός ότι αυτή η προσέγγιση συχνά τείνει να πιστώνεται όντως με «ψηλή επίδοση» είναι σαφές ότι σε καμιά περίπτωση δεν οδηγεί σε πραγματική εννοιολογική κατανόηση (McDermott 1991). Ο σημαντικότερος ίσως λόγος για αυτό είναι η σύγκρουση αυτής της διδακτικής προσέγγισης με την τρέχουσα κατανόηση για το πώς οικοδομείται η μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Ειδικότερα, η σύγκρουση έγκειται στην παράκαμψη της ανάγκης να παρέχεται στους μαθητές η ευκαιρία να εμπλέκονται σε διεργασίες διερώτησης (inquiry) και μέσα από κατάλληλη στήριξη να συλλέγουν δεδομένα και να αναπτύσσουν οι ίδιοι εννοιολογικά μοντέλα τα οποία να εφαρμόζουν για να ερμηνεύουν και να προβλέπουν τη λειτουργία φαινομένων και φυσικών συστημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, καθίσταται προφανής η ανάγκη για μετάθεση της έμφασης της διδασκαλίας η οποία, ωστόσο, συνοδεύεται από διάφορες προϋποθέσεις. Μια από αυτές, σχετίζεται με την ανάγκη σχεδιασμού διδακτικού υλικού που να μπορεί να υποστηρίξει αυτή τη μετάθεση. Η παρούσα εργασία συνδέεται με αυτή την ανάγκη, αφού εστιάζει στο σχεδιασμό και την ερευνητική επικύρωση διδακτικού υλικού για μια συγκεκριμένη θεματική ενότητα· το μηχανισμό λειτουργίας του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, σε αυτή την εργασία συνοψίζεται η δομή και το περιεχόμενο του διδακτικού υλικού που έχει αναπτυχθεί και παρουσιάζονται εμπειρικά δεδομένα που έχουν προκύψει κατά την εφαρμογή του στο μαθησιακό περιβάλλον.
Η επιλογή για επικέντρωση στη συγκεκριμένη θεματική περιοχή μπορεί να αιτιολογηθεί με διάφορους τρόπους. Ένας από αυτούς περιλαμβάνει την ευρεία αναγνώριση της κατανόησης του φαινομένου του θερμοκηπίου ως βασικής μαθησιακής επιδίωξης (NRC 1996), ενδεχομένως λόγω της σύνδεσής του με το επίκαιρο κοινωνικο-επιστημονικό ζήτημα της παγκόσμιας θέρμανσης. Ένας άλλος λόγος, σχετίζεται με την ιδιαίτερα περιορισμένη μέχρι στιγμής εμπειρική έρευνα αναφορικά με την ανάπτυξη διδακτικών επινοήσεων που να εστιάζουν στο μηχανισμό λειτουργίας του. Παρά την ιδιαίτερη προσοχή που έχει λάβει το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ερευνητική βιβλιογραφία της διδακτικής των φυσικών επιστημών, η ανάπτυξη και θεμελίωση προτάσεων για τη διδακτική διαχείριση του μηχανισμού λειτουργίας του δεν έχει τύχει επαρκούς και συστηματικού χειρισμού. Αντίθετα, η έμφαση στη μέχρι στιγμής έρευνα σε αυτή την περιοχή εστιάζεται κυρίως στην καταγραφή των στάσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Συνοπτικά, τα ευρήματα που έχουν προκύψει από αυτή την κατεύθυνση αφορούν στην τάση των μαθητών να συσχετίζουν, συνήθως αιτιακά, το φαινόμενο του θερμοκηπίου με την τρύπα του όζοντος (Boyes & Stanisstreet 1993, Koulaidis & Christidou 1998, Österlind 2005) και να το περιγράφουν ως ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα ταυτίζοντάς το με την παγκόσμια θέρμανση αγνοώντας τη λειτουργία του ως μιας διεργασίας που απαιτείται για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη (Koulaidis & Christidou 1998). Τα ευρήματα σε σχέση με την κατανόηση των μαθητών για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου, η οποία έχει λάβει αισθητά λιγότερη προσοχή, καταδεικνύουν την αδυναμία τους να διακρίνουν ανάμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία και την ακτινοβολία που εκπέμπει η γη και να προσδιορίσουν με σαφήνεια τον τρόπο με τον οποίο η ατμόσφαιρα εμποδίζει τη διάδοση θερμότητας (ακτινοβολίας) από τη γη (Andersson & Wallin 2000, Koulaidis & Christidou 1999).
Στο υπόλοιπο μέρος της εργασίας συνοψίζεται η δομή του διδακτικού υλικού, προσδιορίζονται μεθοδολογικά στοιχεία αναφορικά με την εφαρμογή του και τη συλλογή εμπειρικών δεδομένων για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του και παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα από την επεξεργασία μέρους αυτών των δεδομένων.

Μεθοδολογία της έρευνας

Συμμετέχοντες
Η εφαρμογή του διδακτικού υλικού πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο ενός καλοκαιρινού μαθητικού ομίλου φυσικής. Στη διδασκαλία συμμετείχαν 28 μαθητές Β’ και Γ’ Λυκείου. Οι

μαθητές αυτοί είχαν εκτεθεί στη συμβατική διδασκαλία για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (στη Γ' Γυμνασίου) η οποία περιορίζεται στην επιφανειακή περιγραφή της ιδέας ότι μέρος της ακτινοβολίας που φεύγει από τη γη συγκρατείται από ένα στρώμα αερίων με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα κοντά στην επιφάνεια της γης. Για την υλοποίηση του διδακτικού υλικού και τη συλλογή δεδομένων για την αξιολόγηση των μαθητών απαιτήθηκαν συνολικά 8 διδακτικές περίοδοι διάρκειας 110 λεπτών. Οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και καθοδηγούνταν από το διδακτικό υλικό, ώστε να υλοποιήσουν την ακολουθία δραστηριοτήτων. Σε προκαθορισμένα σημεία, κάθε ομάδα συζητούσε με τον εκπαιδευτικό πτυχές των δραστηριοτήτων που είχε ολοκληρώσει, ενώ σε συγκεκριμένα σημεία πραγματοποιούνταν δομημένες συζητήσεις του εκπαιδευτικού με όλες τις ομάδες μαθητών ταυτόχρονα.

Δομή διδακτικού υλικού

Τόσο η δόμηση του διδακτικού υλικού όσο και η διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε κατά την υλοποίησή του στηρίχθηκε στο πρότυπο *Φυσική με Διερώτηση* (McDermott et al., 1996). Το διδακτικό υλικό περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες και αντίστοιχα φύλλα εργασίας που καθοδηγούν τους μαθητές να κάνουν συγκεκριμένες παρατηρήσεις και να αναπτύξουν διάφορες ιδέες που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου τις οποίες αξιοποιούν στη συνέχεια για να οικοδομήσουν το μηχανισμό λειτουργίας του. Έτσι, η έμφαση δεν βρίσκεται στην περιγραφή του φαινομένου του θερμοκηπίου αλλά στη σταδιακή σύνθεση του μηχανισμού λειτουργίας του. Συνοπτικά, ο μηχανισμός που επιδιώκεται να αναπτύξουν οι μαθητές στηρίζεται στην ιδέα ότι η ατμόσφαιρα της γης επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να τη διαπεράσει ενώ σε μεγάλο βαθμό είναι αδιαφανής προς τη λιγότερο διαπεραστική ακτινοβολία που εκπέμπει η γη. Με αυτό τον τρόπο, η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης διατηρείται σε σημαντικά ψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τη θερμοκρασία που θα επικρατούσε εάν δεν υπήρχε το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η δόμηση του διδακτικού υλικού στηρίχθηκε στην ανάλυση του επιδιωκόμενου μηχανισμού λειτουργίας του φαινόμενου του θερμοκηπίου στις επιμέρους ιδέες που το συνθέτουν. Μέσα από την ακολουθία δραστηριοτήτων οι μαθητές καθοδηγούνται αρχικά να επεξεργαστούν αυτές τις επιμέρους ιδέες και ακολούθως να τις συνθέσουν, ώστε να διαμορφώσουν το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το διδακτικό υλικό, δομείται σε πέντε ενότητες. Η πρώτη, η οποία λειτουργεί ως αφόρμηση, παρουσιάζει διάφορα παραδείγματα ακραίων καιρικών φαινομένων και αποσκοπεί να βοηθήσει τους μαθητές να προσδιορίσουν το σύστημα που σχετίζεται με αυτά (ήλιος, επιφάνεια γης, ατμόσφαιρα). Η δεύτερη ενότητα εστιάζει στη διάδοση ενέργειας μέσω θερμότητας από τον ήλιο στη γη. Ειδικότερα, συζητά τους μηχανισμούς διάδοσης ενέργειας με θερμότητα και επικεντρώνεται στη συνέχεια στη διάδοση μέσω ακτινοβολίας ως της καταλληλότερης για να περιγράψει την αλληλεπίδραση της γης με τον ήλιο. Επίσης, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην ιδέα ότι όλα τα σώματα εκπέμπουν ακτινοβολία, το είδος της οποίας διαφοροποιείται ανάλογα με τη θερμοκρασία των αντικειμένων. Η έμφαση στην τρίτη ενότητα βρίσκεται στη διερεύνηση των πιθανών ενδεχόμενων για την κατάληξη της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε οποιοδήποτε σώμα (μπορεί να διαπεράσει το υλικό, να απορροφηθεί από αυτό ή/και να ανακλαστεί στην επιφάνειά του) και να εστιάσουν στην εφαρμογή τους στην περίπτωση της αλληλεπίδρασης ήλιου - γης (με ή χωρίς ατμόσφαιρα). Η επόμενη ενότητα επικεντρώνεται στη διερεύνηση του ρόλου της ατμόσφαιρας στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης. Συγκεκριμένα, οι μαθητές διεξάγουν μια πειραματική δραστηριότητα στην οποία μελετούν πώς η εφαρμογή μιας διαφανούς μεμβράνης στην ανοικτή επιφάνεια ενός δοχείου με άμμο που βρίσκεται εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, επηρεάζει τη μεταβολή της θερμοκρασίας της άμμου. Οι μαθητές εμπλέκονται στην επεξεργασία αυτού του συστήματος ως αναλογικού μοντέλου του συστήματος ήλιος-επιφάνεια γης-ατμόσφαιρα

γης επισημαίνοντας τις αντιστοιχίες και αναντιστοιχίες τους. Τέλος, η πέμπτη ενότητα καθοδηγεί τους μαθητές να συνθέσουν τις επιμέρους ιδέες που μελέτησαν στις προηγούμενες ενότητες οικοδομώντας το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επίσης, περιλαμβάνει δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές στην εφαρμογή αυτού του μηχανισμού για να αναλύσουν τις συνέπειες υποθετικών σεναρίων για συγκεκριμένες μεταβολές στις παραμέτρους του συστήματος ήλιος-γη-ατμόσφαιρα.

Συλλογή δεδομένων

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του διδακτικού υλικού έχουν συλλεγεί δεδομένα μέσω επτά συνολικά έργων αξιολόγησης ανοικτού τύπου που εστίαζαν σε διάφορες ιδέες που σχετίζονται με το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου (π.χ. θερμική αλληλεπίδραση σωμάτων, περιγραφή μηχανισμού, διατύπωση προβλέψεων για τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης έπειτα από συγκεκριμένες μεταβολές στις παραμέτρους του συστήματος ήλιος – επιφάνεια γης – ατμόσφαιρα γης, διάκριση φαινόμενου θερμοκηπίου και παγκόσμιας θέρμανσης). Τα έργα αξιολόγησης συμπληρώθηκαν γραπτώς από τον κάθε μαθητή πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Επίσης έχουν συλλεγεί δεδομένα μέσω ατομικών συνεντεύξεων από σημαντικό μέρος των μαθητών (46% πριν και 79% μετά τη διδασκαλία). Οι συνεντεύξεις στηρίχθηκαν στα γραπτά έργα αξιολόγησης και τα δεδομένα που προέκυψαν αξιοποιήθηκαν κυρίως για να παρέχουν πρόσθετη πληροφόρηση για το σκεπτικό των μαθητών.

Επεξεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα από τις απαντήσεις των μαθητών εκτέθηκαν σε διαδικασίες επεξεργασίας με βάση το πρότυπο της ανάλυσης περιεχομένου (content analysis)(Weber 1990). Ειδικότερα, οι απαντήσεις οργανώθηκαν σταδιακά σε κατηγορίες, ανάλογα με το σκεπτικό στο οποίο στηρίζονταν, ώστε να αναπαρίσταται η διαφοροποίησή τους αναφορικά με την εγκυρότητα και την πληρότητά τους. Οι κατηγορίες δεν είχαν προκαθοριστεί αλλά διαμορφώθηκαν κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των δεδομένων και τροποποιήθηκαν σε διάφορες περιπτώσεις, ώστε να περιγράφουν όσο το δυνατό καλύτερα τα δεδομένα και τη διαφοροποίηση που υφίστανται. Τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης έχουν εκτεθεί επίσης σε ποσοτική ανάλυση, ώστε να αξιολογηθεί το μαθησιακό όφελος που αποκόμισαν οι μαθητές από την αλληλεπίδρασή τους με το διδακτικό υλικό.

Λόγω περιορισμών στην έκταση, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιορίζεται αποκλειστικά σε δύο από τα έργα αξιολόγησης, τα οποία αφορούν στην κατανόηση των μαθητών για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το πρώτο έργο αξιολόγησης ζητά από τους μαθητές να περιγράψουν περιληπτικά αυτό το μηχανισμό ενώ το δεύτερο ζητά να τον εφαρμόσουν για να διατυπώσουν (ποιοτικές) προβλέψεις για τη θερμοκρασία της γης δεδομένων συγκεκριμένων μεταβολών στις παραμέτρους του συστήματος. Ειδικότερα, ζητείται από τους μαθητές να προσδιορίσουν πώς θα έμοιαζε η θερμοκρασία της γης αν η ατμόσφαιρα ήταν πυκνότερη σε σχέση με τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών.

Αποτελέσματα

Έργο αξιολόγησης Ι:

Η επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών σε αυτό το έργο αξιολόγησης οδήγησε στη διαμόρφωση τριών κατηγοριών οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 1, ιεραρχημένες ανάλογα με το βαθμό πληρότητας και εγκυρότητάς τους (η πρώτη γραμμή παρουσιάζει τη λιγότερο έγκυρη κατηγορία και η τελευταία την πιο έγκυρη και πλήρη)

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση απαντήσεων μαθητών για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου

Κατηγορία	Αρχική αξιολόγηση		Τελική αξιολόγηση	
	N	%	N	%
Δεν περιγράφεται μηχανισμός	15	53	4	17
Αόριστη αναφορά στον «εγκλωβισμό» της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη	12	43	4	17
Έγκυρη περιγραφή μηχανισμού λειτουργίας	1	4	16	66
	28	100	24*	100

*4 μαθητές απουσίαζαν κατά την τελική αξιολόγηση.

Η πρώτη κατηγορία, η οποία κατατάσσεται στη χαμηλότερη θέση αναφορικά με την ενημερότητά της, περιλαμβάνει τις περιπτώσεις μαθητών οι οποίοι δεν απευθύνθηκαν άμεσα στο ερώτημα. Συνήθως, περιορίζονταν στην παράθεση στοιχείων που θεωρούσαν σχετικά με το φαινόμενο χωρίς ωστόσο να επιχειρούν να περιγράψουν κάποιο μηχανισμό που να εξηγεί τη λειτουργία του. Ένα παράδειγμα απάντησης από αυτή την κατηγορία είναι το εξής: *«Το φαινόμενο είναι όταν οι ακτίνες του ήλιου διαπερνούν το όζον που προστατεύει τη γη και έτσι προκαλείται μεγαλύτερη θερμότητα, δηλαδή αύξηση βαθμών κελσίου.»*. Αυτή η κατηγορία απάντησης ήταν η επικρατέστερη κατά την αρχική αξιολόγηση (N=15, 53%) ενώ η συχνότητα εμφάνισής της περιορίστηκε αισθητά μετά τη διδασκαλία (N=4, 17%).

Οι απαντήσεις που εντάχθηκαν στην επόμενη κατηγορία επιχείρησαν να συζητήσουν το ρόλο της ατμόσφαιρας αλλά περιορίστηκαν στην αόριστη και ασαφή αναφορά στη δυνατότητά της να εγκλωβίζει ακτινοβολία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι μαθητές που απάντησαν με αυτό τον τρόπο δεν διέκριναν ανάμεσα στην ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης από τον ήλιο και την ακτινοβολία που εκπέμπεται από αυτή, όπως φαίνεται στο ακόλουθο ενδεικτικό παράδειγμα: *«Κάποιες από τις ακτίνες του ήλιου ανακλούνται από την επιφάνεια της γης όμως λόγω των αερίων του θερμοκηπίου συγκρατούνται στην ατμόσφαιρα και ανακλώνται πίσω στη γη με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας.»*. Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν 12 απαντήσεις (43%) από την αρχική αξιολόγηση οι οποίες μειώθηκαν σε τέσσερις (17%) κατά την τελική αξιολόγηση.

Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τις απαντήσεις οι οποίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν έγκυρες. Συγκεκριμένα, σε αυτές τις περιπτώσεις οι μαθητές διέκριναν ρητά ανάμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία και την ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και προσδιόρισαν κάποιο μηχανισμό ο οποίος αναφερόταν στη διαφοροποίηση του τρόπου με τον οποίο αλληλεπιδρούν αυτά τα δύο είδη ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα και τις συνέπειες που απορρέουν για τη θερμοκρασία της γης. Για παράδειγμα, ένας από αυτούς τους μαθητές δήλωσε ότι «*Ο ήλιος εκπέμπει ορατή ακτινοβολία στη γη της οποίας η ατμόσφαιρα είναι διαφανής για αυτού του είδους την ακτινοβολία. Έτσι η ακτινοβολία του ήλιου εισέρχεται στην γη θερμαίνοντας την και εκπέμπει και αυτή ακτινοβολία η οποία είναι μη ορατή και η ατμόσφαιρα της γης είναι αδιαφανής σε τέτοιου είδους ακτινοβολία, άρα η ατμόσφαιρα απορροφά την ακτινοβολία της γης αυξάνοντας έτσι τη θερμοκρασία της.»* Είναι σημαντικό να παρατηρήσει κανείς ότι η πλειοψηφία των απαντήσεων που δόθηκαν κατά την τελική αξιολόγηση εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία (N=16, 66%) σε αντιδιαστολή με την ιδιαίτερα χαμηλή συχνότητα τους πριν από τη διδασκαλία (N=1, 4%).

Η σύγκριση των συχνοτήτων εμφάνισης των τριών κατηγοριών απάντησης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με το στατιστικό έλεγχο Wilcoxon, καταδεικνύει σημαντική διαφοροποίηση ($z=-3.74$, $p<.001$, $r=.55$), η οποία αποτελεί ένδειξη εξέλιξης στην κατανόηση των μαθητών δεδομένου ότι προκύπτει από τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης των δύο πρώτων κατηγοριών απάντησης και την αντίστοιχη αύξηση της συχνότητας

εμφάνισης της τρίτης κατηγορίας. Η βελτίωση της κατανόησης των μαθητών για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινομένου του θερμοκηπίου ήταν επίσης προφανής στα δεδομένα από τις συνεντεύξεις, όπου οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να διατυπώσουν λεπτομερείς περιγραφές, όπως φαίνεται στο ακόλουθο απόσπασμα:
Ερευνητής: Μπορείς να περιγράψεις με λίγα λόγια τη λειτουργία του φαινόμενου του θερμοκηπίου;
Μαθητής: Ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία, ορατή ακτινοβολία και η ατμόσφαιρα της γης είναι διαφανής στην ορατή ακτινοβολία για αυτό διαπερνά την ατμόσφαιρα και απορροφάται από τη γη της οποίας αυξάνεται η θερμοκρασία της. Η γη εκπέμπει ακτινοβολία αλλά μη ορατή επειδή δεν είναι πολύ ψηλή η θερμοκρασία. Η ατμόσφαιρα είναι αδιαφανής στη μη ορατή ακτινοβολία για αυτό την απορροφά και την εκπέμπει ξανά πίσω για αυτό η ακτινοβολία είναι παγιδευμένη μέσα στη γη, μέσα στην ατμόσφαιρα και αυξάνεται η θερμοκρασία.

Έργο αξιολόγησης ΙΙ:
Η επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στο έργο αξιολόγησης ΙΙ οδήγησε στη διαμόρφωση επίσης τριών κατηγοριών οι οποίες παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα (στην πρώτη γραμμή φαίνεται η λιγότερο ενημερωμένη κατηγορία και στην τελευταία η πιο έγκυρη και πλήρης κατηγορία).

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση απαντήσεων μαθητών

Κατηγορία	Αρχική αξιολόγηση		Τελική αξιολόγηση	
	N	%	N	%
Διατύπωση πρόβλεψης χωρίς σχετική αιτιολόγηση	10	36	1	4
Διατύπωση πρόβλεψης και αιτιολόγηση με αόριστη αναφορά στο ρόλο της ατμόσφαιρας ως εμποδίου στη διάδοση ακτινοβολίας	18	64	7	29
Διατύπωση έγκυρης πρόβλεψης και αιτιολόγηση με αναφορά στην ιδιότητα της ατμόσφαιρας να εμποδίζει τη διάδοση της ακτινοβολίας που εκπέμπει η γη, η οποία διαφοροποιείται από την ηλιακή ακτινοβολία.	0	0	16	67
	28	100	24*	100

*4 μαθητές απουσίαζαν κατά την τελική αξιολόγηση.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους μαθητές που ουσιαστικά απέτυχαν να παρέχουν σχετική και συγκεκριμένη αιτιολόγηση που να τεκμηριώνει την πρόβλεψή τους. Αυτή η κατηγορία απάντησης εμφανίστηκε σε δέκα περιπτώσεις κατά την αρχική αξιολόγηση (36%) και σε μία περίπτωση κατά την τελική αξιολόγηση (4%). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης είναι το εξής: *«Η θερμοκρασία θα αυξανόταν γιατί η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζεται από τους ρύπους. Έτσι όταν στην ατμόσφαιρα μαζευόταν περισσότερο CO_2 και υδρατμοί θα επηρέαζε τη γη.»*

Η επόμενη κατηγορία περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές προσπάθησαν να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους με αναφορά στο ρόλο της ατμόσφαιρας στην οποία απέδωσαν με αόριστο τρόπο τη δυνατότητα να λειτουργεί ως εμπόδιο στην ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει σε αυτήν είτε άμεσα είτε μετά από την ανάκλασή της στην επιφάνεια της γης. Για παράδειγμα, ένας μαθητής απάντησε ότι *«η θερμοκρασία λογικά θα αυξανόταν γιατί οι ακτίνες του ήλιου θα έμεναν στην ατμόσφαιρα της γης αφού το στρώμα αερίων και υδρατμών δεν θα τις άφηνε να φύγουν»*. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μαθητές αυτής της κατηγορίας δεν διέκριναν ρητά ανάμεσα στην ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνια της γης και την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτήν.

Αυτή η κατηγορία απάντησης ήταν η συχνότερη κατά την αρχική αξιολόγηση (N=18, 64%) ενώ κατά την τελική αξιολόγηση εμφανίστηκε σε επτά περιπτώσεις (29%).
Η τρίτη κατηγορία, η οποία εμφανίστηκε μόνο στα δεδομένα από την τελική αξιολόγηση (N=16, 67%), περιλαμβάνει τους μαθητές που διατύπωσαν σωστή πρόβλεψη και αναφέρθηκαν, άμεσα ή έμμεσα, στην ιδιότητα της ατμόσφαιρας να είναι σε μεγάλο βαθμό διαφανής στην ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτήν αλλά αδιαφανής στη μη ορατή ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη γη. Για παράδειγμα, ένας μαθητής απάντησε ότι *«Αν ήταν πιο πυκνή, επειδή θα περνούσαν οι ακτίνες του ήλιου και η μη ορατή που θα έκπεμπε η γη θα παγιδευόταν πιο πολλή, θα συσσωρευόταν πιο πολλή θερμική ενέργεια στην ατμόσφαιρα της γης και αν ήταν πιο πυκνή η ατμόσφαιρα θα ήταν πιο έντονο το φαινόμενο του θερμοκηπίου και θα αυξανόταν πιο πολύ η θερμοκρασία του πλανήτη. Αυτό γίνεται και στην Αφροδίτη. Είναι πολύ πυκνή η ατμόσφαιρα της και είναι πολύ έντονο το φαινόμενο του θερμοκηπίου.»*

Η σύγκριση της συχνότητας των κατηγοριών απάντησης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με τον έλεγχο Wilcoxon, καταδεικνύει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($z=-3.84$, $p<.001$, $r=.54$) η οποία και σε αυτή την περίπτωση αποτελεί ένδειξη εξέλιξης στην κατανόηση των μαθητών.

Συμπεράσματα

Τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην εργασία καταδεικνύουν τη δυνατότητα του διδακτικού υλικού που έχει σχεδιαστεί να προωθεί αποτελεσματικά την κατανόηση των μαθητών για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινόμενου του θερμοκηπίου. Ειδικότερα, η ικανότητα που επέδειξαν οι περισσότεροι μαθητές να εφαρμόζουν αυτό το μηχανισμό σε ανοίκεια σενάρια για να διατυπώσουν σχετικές προβλέψεις αποτελεί μια αξιόπιστη ένδειξη πραγματικής και λειτουργικής εννοιολογικής κατανόησης. Ταυτόχρονα, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι συμμετέχοντες είχαν ήδη εκτεθεί στη συμβατική διδασκαλία για το μηχανισμό λειτουργίας του φαινόμενου, τα δεδομένα από την αρχική αξιολόγηση συνάδουν με τον ισχυρισμό που διατυπώθηκε στο εισαγωγικό μέρος της εργασίας αναφορικά με την αδυναμία του παραδοσιακού διδακτικού προτύπου να προωθήσει αποτελεσματικά εννοιολογική κατανόηση. Μια πρόσθετη πτυχή της σύγκρισης του συμβατικού πρότυπου για τη διδασκαλία του φαινόμενου του θερμοκηπίου και της παρούσας διδακτικής πρότασης αφορά στις χρονικές τους απαιτήσεις. Προφανώς, η εφαρμογή του προτεινόμενου διδακτικού υλικού ξεπερνά κατά πολύ το χρόνο που διατίθεται στο συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας για τη διδασκαλία της οποιασδήποτε έννοιας και αυτό θέτει ένα ζήτημα για την καταλληλότητά του. Η θέση που φαίνεται να διαμορφώνεται στην ερευνητική βιβλιογραφία σε σχέση με αυτό το ζήτημα, η οποία υποστηρίζει τον προσανατολισμό της διδακτικής μας πρότασης, προτείνει τον περιορισμό της διδακτέας ύλης σε κεντρικές έννοιες αυξάνοντας ταυτόχρονα το βάθος της επεξεργασίας τους (NRC, 2007). Αυτό αναμένεται ότι αυξάνει την πιθανότητα να αναπτύσσουν οι μαθητές λειτουργική εννοιολογική κατανόηση, ενώ, ταυτόχρονα, παρέχει τη δυνατότητα για παράλληλη προώθηση πρόσθετων βασικών επιδιώξεων της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, όπως η κατανόηση για τη φύση της επιστήμης και η καλλιέργεια δεξιοτήτων συλλογισμού (π.χ. μηχανιστικός συλλογισμός).
Σε αυτό το στάδιο, τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα τυγχάνουν περαιτέρω επεξεργασίας, ώστε να εντοπιστούν και να τεκμηριωθούν πτυχές της ακολουθίας δραστηριοτήτων που θα ήταν χρήσιμο να τροποποιηθούν, ώστε να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητά της.

Βιβλιογραφία

Andersson, B., & Wallin, A. (2000). Students' Understanding of the Greenhouse Effect, Societal Consequences of Reducing CO2 Emissions and Why Ozone Layer Depletion is a Problem. Journal of Research in Science Teaching, *37*(10), 1096-1111.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1993). The 'Greenhouse Effect': children's perceptions of causes, consequences and cures. International Journal of Science Education, 15(5), 531 - 552.

Kesidou, S. & Roseman, J. L. (2002). How Well Do Middle School Science Programs Measure Up? Findings from Project 2061's Curriculum Review. Journal of Research in Science Teaching, 39, 522–549.

Koulaidis, V. & Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. Science Education, 83(5), 559–576.

McDermott, L. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. American Journal of Physics. 59, 301.

McDermott, L. and the Physics Education Group at the University of Washington (1996). Physics by Inquiry. Wiley: New York, USA.

NRC (1996). National science education standards. National Academy Press, Washington.

NRC (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-*8*. Washington, DC: National Academy Press.

Österlind, K. (2005). Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. International Journal of Science Education, 27(8), 891- 908.

Weber, R. P. (1990). Basic content analysis (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.

Ο Σχεδιασμός και η Ανάπτυξη μιας Διδακτικής Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης

Ιωάννης Σταράκης & Κρυσταλλία Χαλκιά
Ε.Κ.Π.Α, Π.Τ.Δ.Ε
gstarakis@hotmail.com & kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη
Η παρούσα εργασία εστιάζει στο σχεδιασμό μιας Διδακτικής Ακολουθίας Διδασκαλίας και Μάθησης για τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης και αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας αναφορικά με τις σχετικές κινήσεις του Συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη από εκπαιδευτική σκοπιά. 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 ακολουθίας αποτελεί η αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης των μαθητών ότι η Σελήνη εμφανίζεται κάθε μέρα την ίδια ώρα στον ουρανό, γεγονός που όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία υποβάλλεται από την ευρέως διαδεδομένη άποψη ότι η Σελήνη είναι πάντοτε ορατή τη νύχτα.

Abstract
The present study focuses on the design of a Teaching and Learning Sequence concerning the Moon's Apparent Movement. It is part of a broader research regarding relative movements of the Sun-Earth-Moon system from an educational point of view. The concerned Sequence was designed as a means of teaching the Moon's revolution around the Earth within a Synodic month. Crucial point of the Sequence seems to be dealing with students' alternative idea that the Moon rises everyday at the same time, which, as bibliography shows, is imposed by the widely spread, erroneous belief that the Moon is always visible at night.

Εισαγωγή

Εδώ και τρεις δεκαετίες αρκετοί ερευνητές εξέτασαν τις ιδέες μαθητών καθώς και ενηλίκων για διάφορα φαινόμενα από το χώρο της Αστρονομίας (Lelliott & Rollnick 2010). Μερικές από τις έρευνες αυτές αφορούσαν και τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης (Mant & Summers 1993, Sharp 1996, Bekiroglou 2007, Plummer 2009, Starakis & Halkia 2010).
Οι Mant & Summers (1993) ανάλυσαν τις συνεντεύξεις είκοσι (20) δασκάλων από το Ηνωμένο Βασίλειο και βρήκαν ότι το 80% από αυτούς θεωρούν ότι η Σελήνη, με σημείο αναφοράς ακίνητο παρατηρητή πάνω στη Γη, φαίνεται να κινείται στον ουρανό ενώ οι υπόλοιποι (20%), βρέθηκαν να έχουν αντίθετη άποψη.
Ο Bekiroglou (2007) ανάλυσε τις γραπτές απαντήσεις τριάντα–έξι (36) εκπαιδευόμενων καθηγητών φυσικής. Οι κυριότερες αντιλήψεις που προέκυψαν σε σχέση με τη Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης ήταν οι ακόλουθες: α) η Σελήνη ανατέλλει και δύει κάθε μέρα την ίδια ώρα (36%) β) η Σελήνη ούτε ανατέλλει ούτε δύει (33%) γ) δεν μπορούμε να δούμε τη Σελήνη την ημέρα (17%).
Ο Sharp (1996) πραγματοποίησε συνεντεύξεις σε σαράντα-δύο (42) μαθητές της 5^{ης} και 6^{ης} τάξης από δημοτικά σχολεία της νότιο-δυτικής Αγγλίας και διαπίστωσε ότι οι περισσότεροι

από αυτούς (62%) θεωρούν πως δε λαμβάνει χώρα Φαινόμενη Κίνηση της Σελήνης στον ουρανό.

Η Plummer (2009) πήρε συνεντεύξεις συνολικά από 60 μαθητές της 1ης, 3ης (primary school) και 8ης τάξης (middle school) μιας μικρής πόλης στα κεντροδυτικά των Η.Π.Α. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων διαπίστωσε ότι όσο αυξάνει η ηλικία των παιδιών αυξάνει και το ποσοστό εκείνων που θεωρούν: α) ότι η Σελήνη είναι ορατή την ημέρα β) ότι η Σελήνη φαίνεται να κινείται στον ουρανό, συνεχώς.

Τέλος οι Starakis & Halkia (2010) πήραν συνεντεύξεις στην Ελλάδα από σαράντα (40) μαθητές της 5ης και 6ης τάξης πέντε (5) δημοτικών σχολείων του λεκανοπεδίου Αττικής και διερεύνησαν κυρίως τους ερμηνευτικούς μηχανισμούς του φαινομένου και όχι μόνο τη φαινομενολογική του βάση. 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 χωρίς παράλληλα να της αποδίδουν ανθρωποκεντρικά και τελεολογικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο η εναλλακτική αντίληψη όλων των μαθητών του δείγματος ότι η Σελήνη είναι πάντα ορατή τη νύχτα *(εκτός εάν κάποια σύννεφα εμποδίζουν τη θέασή της, σύμφωνα με τις προφορικές τους απαντήσεις)* τους οδηγεί στην υιοθέτηση των παρακάτω απόψεων:

α) Η Σελήνη εμφανίζεται στον ουρανό, κάθε μέρα, με καθυστέρηση 24 ωρών. Για αυτό το λόγο, οι πιο δημοφιλείς απαντήσεις των μαθητών, στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν το φαινόμενο, είναι εκείνες που το αποδίδουν είτε στην 24ωρη ιδιοπεριστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της (40%) είτε στην 24ωρη περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη (12,5%).

β) Η Σελήνη μπορεί να φανεί τη μέρα στον ουρανό μόνο λίγο πριν τη Δύση ή/και λίγο μετά την Ανατολή του Ήλιου. Η άποψη αυτή καταδεικνύει μια προσπάθεια, από πλευράς μαθητών, ενσωμάτωσης παρατηρησιακών δεδομένων (Τη Σελήνη την παρατηρούμε στον ουρανό και τη μέρα) στο πλαίσιο μίας εναλλακτικής αντίληψης (η Σελήνη είναι πάντα ορατή τη νύχτα).

γ) Ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες σε σχέση με τη Γη θέσεις. Προηγούμενες έρευνες σχετικές με τις 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 οποτεδήποτε οι μαθητές τοποθετούν τον Ήλιο και τη Σελήνη σε εκ διαμέτρου αντίθετες, σε σχέση με τη Γη, θέσεις, το κάνουν 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 μιας ξεχωριστής ενότητας στο πλαίσιο ενός αναλυτικού προγράμματος για το Σύστημα Ήλιος-Γη-Σελήνη. Υποστηρίζουν ότι η παρατήρηση της Ανατολής της Σελήνης με καθυστέρηση περίπου πενήντα (50) λεπτών κάθε μέρα, 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. Έτσι, θα επιχειρηθεί το πέρασμα από την αισθητηριακή γνώση της Φαινόμενης Κίνησης της Σελήνης (με σημείο αναφοράς ακίνητο παρατηρητή πάνω στη Γη) στην αφαιρετική γνώση της οικοδόμησης μοντέλου για τις κινήσεις Γης-Σελήνης σε σχέση με τον Ήλιο (με σημείο αναφοράς ακίνητο παρατηρητή που βρίσκεται έξω από το Ηλιακό Σύστημα). Επιπλέον, θα δημιουργηθεί η αφορμή για την αμφισβήτηση της άποψης των παιδιών ότι ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες, σε σχέση με τη Γη, θέσεις.

Φαινόμενη κίνηση της Σελήνης (επιστημονικό μοντέλο)

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) με την ίδια φορά με την οποία και η Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της (μέσα σε περίπου 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).

Η έρευνα

Θεωρητικό Πλαίσιο

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης, εν εξελίξει, έρευνας αναφορικά με τις σχετικές κινήσεις του Συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη από εκπαιδευτική σκοπιά και βασίζεται στο μοντέλο της "Διδακτικής Επανοικοδόμησης". Πρόκειται για ένα μοντέλο στο οποίο η ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου συνδέεται στενά με εμπειρικές έρευνες σχετικές με τις αντιλήψεις και τις διαδικασίες μάθησης των μαθητών με στόχο το σχεδιασμό διδασκαλιών οι οποίες θα οδηγούν σε αποτελεσματικότερη μάθηση (Duit et. al. 2005). Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάζονται Διδακτικές Ακολουθίες Διδασκαλίας και Μάθησης οι οποίες κατά την εφαρμογή τους συνιστούν εργαλεία παρακολούθησης των διαδικασιών μάθησης των μαθητών (Méheut & Psillos 2004).

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) στην επιλογή και εστίαση των ακόλουθων κινήσεων του Συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη (με σημείο αναφοράς ακίνητο παρατηρητή που βρίσκεται εκτός του Ηλιακού Συστήματος):

α) Ιδιοπεριστροφή της Γης γύρω από το νοητό της άξονα με περίοδο περίπου 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

και **2)** στο σχεδιασμό μιας Διδακτικής 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 επιδιώκεται να αποτελέσει 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.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας εστιάζουμε μόνο στο Β' μέρος της Διδακτικής Ακολουθίας, δηλαδή στη Φαινόμενη κίνηση της Σελήνης.