

Σχεδιασμός Διδακτικού Υλικού μέσα από Συμμετοχικές Διεργασίες - Εφαρμογή και Αποτελέσματα.

Σχολινάκη Α., Λιβίτζης Μ., Παπαδούρης Ν., Κωνσταντίνου Κ.

Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες,
Πανεπιστήμιο Κύπρου

s_schgr@yahoo.co.uk, mikelivitzis@yahoo.com, c.p.constantinou@ucy.ac.cy

Στο πλαίσιο του έργου *Materials Science* σχεδιάστηκε η διδακτική ενότητα «Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες των Υλικών». Ο σχεδιασμός έγινε με συνεργασία εκπαιδευτικών της μέσης εκπαίδευσης και ερευνητών. Η επιλογή του θέματος βασίστηκε στην αυξημένη ζήτηση τεχνολογιών ηλεκτρομαγνητισμού καθώς και στη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση βασικών ιδεών του ηλεκτρομαγνητισμού. Η δομή της διδακτικής ακολουθίας και η φύση των δραστηριοτήτων ακολουθούν τις αρχές της καθοδηγούμενης διερώτησης, με προσθήκη στοιχείων όπως η λύση αυθεντικού προβλήματος και ο τεχνολογικός σχεδιασμός. Η ενότητα εφαρμόστηκε σε καλοκαιρινό όμιλο με μαθητές Λυκείου. Η αναθεωρημένη μορφή, εφαρμόστηκε σε φοιτητές του Τμήματος Επιστημών της Αγωγής, και δύο φορές σε μαθητές Λυκείου. Έχουν συλλεγεί δεδομένα μέσα από παρατήρηση, διαγνωστικά και μεταπειραματικά δοκίμια καθώς και τα τεχνουργήματα που κατασκεύασαν οι μαθητές και φοιτητές. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έχει δείξει αυξημένη επικοινωνιακή μαθησιακή συνεργασία και βελτιωμένη επίδοση όσον αναφορά στους γνωστικούς στόχους. Τα αποτελέσματα συζητούνται στο πλαίσιο του συμμετοχικού σχεδιασμού ως μιας διεργασίας αποτελεσματικού συντονισμού των εκπαιδευτικών επινοήσεων με τις ερευνητικά ενημερωμένες διδακτικές πρακτικές.

Εισαγωγή

Σε διάφορες εκθέσεις έχουν εκφρασθεί ανησυχίες για την ποιότητα και τους προσανατολισμούς των εκπαιδευτικών συστημάτων στην Ευρώπη (Gago et al., 2004). Η αναποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού συστήματος ως προς τις δυνατότητες καλλιέργειας επιστημονικής σκέψης υποστηρίζεται και από τα απογοητευτικά αποτελέσματα από διεθνείς μελέτες αξιολόγησης (π.χ. TIMSS, PISA).

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα *Materials Science*, σε μια του διάσταση επιχειρεί να αναδείξει το χρόνο και την δουλειά που απαιτείται για τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού συστήματος που μπορεί να ανταπεξέλθει στις προκλήσεις του 21ου αιώνα. Η θεματολογία των διδακτικών ενοτήτων που αναπτύχθηκαν μέσα από συμμετοχικές ερευνητικές διεργασίες στο πλαίσιο του προγράμματος αφορά στην Επιστήμη των Υλικών. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε μια ακολουθία δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκε σε συνεργασία με ερευνητές του Πανεπιστημίου Κύπρου και φέρει τον τίτλο «Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες των Υλικών».

Ουσιαστική μεταρρύθμιση του εκπαιδευτικού συστήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο αν ληφθούν υπόψη οι ερευνητικά εγκυροποιημένες θεωρίες πάνω στη μάθηση και τη διδασκαλία. Τις τελευταίες δεκαετίες έχει αναπτυχθεί σημαντικά η εκπαιδευτική έρευνα που εστιάζει στα μαθησιακά περιβάλλοντα που προωθούν τη διερώτηση και τη διαμορφωτική αξιολόγηση (Grandy & Duschl, 2007). Οι έρευνες που δημοσιεύτηκαν από τη Διεθνή Ακαδημία της Εκπαίδευσης (2001) «Πώς μαθαίνουν οι μαθητές» και από την Επιτροπή των Κοινωνικών



Επιστημών, των Επιστημών της Συμπεριφοράς και της Εκπαίδευσης (1999) «Πώς μαθαίνουν οι άνθρωποι» παρουσιάζουν τρόπους που μπορούν να βοηθήσουν στη σύζευξη της διδασκαλίας με την αποτελεσματική μάθηση. Μερικοί από αυτούς είναι:

- η ενεργός συμμετοχή και κοινωνική αλληλεπίδραση των μαθητών
- η κατανόηση και όχι η απομνημόνευση
- η αυτορρύθμιση και ο αναστοχασμός
- οι αυθεντικές δραστηριότητες
- η σύνδεση νέων πληροφοριών με προϋπάρχουσες γνώσεις
- η στοχαζόμενη αναδόμηση της προϋπάρχουσας γνώσης
- η εφαρμογή των αποκτηθεισών γνώσεων σε πραγματικές καταστάσεις ζωής
- η διαφοροποίηση (διαφορετικά στυλ μάθησης)

Συνεπώς, απαιτείται να ξεφύγουμε από το συμβατικό τρόπο διδασκαλίας, που βασίζεται στη διάλεξη εκ μέρους ενός εκπαιδευτικού – αυθεντίας με σκοπό τη «μεταβίβαση γνώσεων σε τάξεις όπου οι μαθητές θεωρούνται αδιαφοροποίητος ομοιογενής πληθυσμός» (Κουτσελίνη, 2001) και να προωθήσουμε την ενεργό συμμετοχή των μαθητών μέσα από τη συνεργατική μάθηση, τη διερεύνηση, τη μελέτη αυθεντικών προβλημάτων και την απαραίτητη στήριξη ώστε να μάθουν να διαχειρίζονται μόνοι τους α) τη μάθηση και β) τις γνώσεις τους.

Θεωρητικό πλαίσιο

Η μάθηση με διερώτηση είναι ένα μαθητοκεντρικό πλαίσιο που ακολουθεί το μοντέλο εργασίας των επιστημόνων (NRC, 1996). Πιο αναλυτικά οι μαθητές εμπλέκονται σε διαδικασίες και συλλογισμούς παρεμφερείς με αυτούς που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, όπως η λύση προβλημάτων μέσα από το σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων, η συλλογή και ερμηνεία δεδομένων, καθώς και η δημιουργία και επικοινωνία τεκμηριωμένων εξηγήσεων (Walker, 2007). Η διερώτηση παρουσιάζει διαβαθμίσεις, ξεκινώντας από την ανοιχτή διερώτηση μέχρι και τη δομημένη διερώτηση. Το είδος της διερώτησης που εφαρμόζεται σε κάθε τάξη καθορίζεται από τις ανάγκες του μαθήματος και τις δυνατότητες των μαθητών. Στο διδακτικό υλικό του Ηλεκτρομαγνητισμού χρησιμοποιήθηκε η καθοδηγούμενη διερώτηση, στην οποία οι ερωτήσεις καθορίζονται από τον εκπαιδευτικό αλλά οι μαθητές αποφασίζουν ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσουν, τα δεδομένα που θα συλλέξουν και την ερμηνεία των δεδομένων (Hansen, 2002).

Η διερώτηση και ο σχεδιασμός αποτελούν παράλληλες διεργασίες εξαιτίας της ιδιαίτερα στενής σχέσης μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας, αντίστοιχα. «Η κύρια διαφορά μεταξύ επιστήμης και τεχνολογίας είναι ο τελικός στόχος. Στην επιστήμη ο στόχος είναι η κατανόηση του φυσικού κόσμου ενώ η τεχνολογία ασχολείται με την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών» (NRC, 1996, σελ. 24). Η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να φέρει την επιστήμη πιο κοντά στον απλό άνθρωπο εφαρμόζοντας τις φυσικές και μαθηματικές αρχές και θεωρίες σε τεχνολογικές επινοήσεις με στόχο τη βελτίωση της καθημερινής μας ζωής. Ο σχεδιασμός έχει δύο χαρακτηριστικά γνωρίσματα: α) οργανώνεται γύρω από ένα κεντρικό ερώτημα ή πρόβλημα και β) απαιτεί συγκεκριμένη κατασκευή ή αποτέλεσμα που είναι είτε η λύση του παραπάνω προβλήματος είτε η απάντηση στο ερώτημα. Παρακάτω δίδονται κάποιες ενδεικτικές συνιστώσες μιας διαδικασίας σχεδιασμού (Lewis, 2005, σελ. 267):

- Επιλογή θέματος ή προβλήματος
- Συλλογή πληροφοριών γύρω από το συγκεκριμένο πρόβλημα
- Ανάπτυξη πιθανών λύσεων
- Επιλογή της καλύτερης λύσης



- Σχεδιασμός πρότυπου παραδείγματος
- Δοκιμή και αξιολόγηση της λύσης
- Παρουσίαση τελικού προϊόντος

Η «επιλογή της καλύτερης λύσης» ουσιαστικά σηματοδοτεί τη μετάβαση στον παιδαγωγικό χαρακτήρα της δραστηριότητας από την επίλυση προβλήματος στο σχεδιασμό. Ο σχεδιασμός παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα αφού ο μαθητής αποκτά πολλές διαφορετικές γνώσεις και δεξιότητες (π.χ. σκέψη, ανάλυση, δημιουργικότητα).

Ο Σχεδιασμός που χρησιμοποιήθηκε ως σενάριο στην ακολουθία δραστηριοτήτων βασίστηκε σε ένα αυθεντικό πρόβλημα. Τα αυθεντικά προβλήματα από την καθημερινότητα των μαθητών δημιουργούν επιπλέον κίνητρα για μάθηση. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να μεταφέρουν τη γνώση που απέκτησαν σε διαφορετικές καταστάσεις και κοινωνικά περιβάλλοντα.

Περιγραφή Διδακτικού Υλικού

Η διδακτική ακολουθία «Ηλεκτρομαγνητικές Ιδιότητες των Υλικών» απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας μεταξύ 14 και 17 ετών. Η ακολουθία έχει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στοιχεία:

- Ο σχεδιασμός και το περιεχόμενο προέκυψαν από εκτενή συνεργασία μεταξύ εμπειρών εκπαιδευτικών μέσης εκπαίδευσης και ερευνητών από την Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες του Πανεπιστημίου Κύπρου.
- Ο σχεδιασμός και το περιεχόμενο υποβάλλονται σε μια κυκλική διαδικασία σταδιακής ερευνητικής εγκυροποίησης μέσα από την εφαρμογή και αξιολόγηση.
- Ο σχεδιασμός είναι βασισμένος σε δύο πλαίσια διδασκαλίας και μάθησης, την καθοδηγούμενη διερώτηση και τον τεχνολογικό σχεδιασμό.
- Γίνεται χρήση αυθεντικού προβλήματος ως ενός σεναρίου παράθησης των μαθητών.
- Η αξιολόγηση των μαθησιακών επιτευγμάτων γίνεται με δοκίμια που εξετάζουν γνώση σε συνδυασμό με αναλυτικοσυνθετική προσέγγιση για τη λύση άγνωστων προβλημάτων.

Το διδακτικό υλικό βασίζεται στις αρχές της *καθοδηγούμενης διερώτησης (guided inquiry)*, ως ενός πλαισίου διδασκαλίας και μάθησης, και στο *σχεδιασμό (technological design)* ως μιας τεχνολογικής διεργασίας. Ο τεχνολογικός σχεδιασμός χρησιμοποιήθηκε ως σενάριο με στόχο τη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για την εκτενή περίοδο που χρειάζεται μέχρι να αναπτύξουν ολοκληρωμένο εννοιολογικό υπόβαθρο. Το σενάριο είναι η κατασκευή ενός τρένου ώστε να απαμβλυνθεί το μεταφορικό πρόβλημα σε μια κοινωνία. Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν ένα πρότυπο τρένο το οποίο να βασίζεται σε νέες τεχνολογίες, να είναι οικονομικό και να απαιτεί χαμηλή ενέργεια. Αμέσως μετά οι μαθητές εισάγονται στις έννοιες του μαγνητισμού μέσα από πληθώρα δραστηριοτήτων βασισμένων στην καθοδηγούμενη διερώτηση.

Η ακολουθία, στη σημερινή της μορφή, είναι οργανωμένη σε έξι ενότητες:

- Σενάριο: Μαγνητικά Τρένα
- Διερεύνηση - Μαγνήτες
- Εξ' αποστάσεως Αλληλεπίδραση και Μαγνητικά Πεδία
- Μαγνήτιση, Απομαγνήτιση και Μοντέλο για τα Μαγνητικά Υλικά
- Ηλεκτρομαγνήτες
- Σχεδιασμός, Κατασκευή και Ανάλυση-Αξιολόγηση Τρένου



Στα αρχικά στάδια, οι μαθητές ασχολούνται με τις βασικές ιδέες του μαγνητισμού, π.χ. την αλληλεπίδραση μαγνητών με άλλα αντικείμενα και μεταξύ τους, τους μαγνητικούς πόλους και τη μέτρηση της έντασης των μαγνητικών αλληλεπιδράσεων. Οι μαθητές χρησιμοποιούν μια διερευνητική προσέγγιση μέσω σύντομων πειραμάτων για να καταλήξουν σε δύο λειτουργικούς ορισμούς για το μαγνήτη. Η διερεύνηση συνεχίζεται καθορίζοντας τους πόλους ενός μαγνήτη. Στο τρίτο κεφάλαιο, οι μαθητές χρησιμοποιούν για πρώτη φορά ένα αναλογικό εννοιολογικό μοντέλο για να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους και να προσδιορίσουν τους μαγνητικούς πόλους της Γης σε αντιπαραβολή με τους γεωγραφικούς.

Ο στόχος της δεύτερης ενότητας είναι η κατανόηση της έννοιας του μαγνητικού πεδίου η οποία εισάγεται με τη χρήση εικονικού εννοιολογικού μοντέλου. Το μοντέλο του μαγνητικού πεδίου είναι αναπαραστατικό αλλά ταυτόχρονα βοηθάει τους μαθητές να εξηγήσουν την εξ'αποστάσεως αλληλεπίδραση και τους δίνει τη δυνατότητα να μπορούν να κάνουν προβλέψεις (Κόμης, Ράπτης, 2003).

Η επόμενη ενότητα καθοδηγεί τους μαθητές να δημιουργήσουν ένα εννοιολογικό μοντέλο για τις μεσοσκοπικές μαγνητικές περιοχές. Το μαγνητικό μοντέλο βοηθάει τους μαθητές να κάνουν ενημερωμένες προβλέψεις. Σύμφωνα με το μαγνητικό μοντέλο, τα σιδηρομαγνητικά υλικά αποτελούνται από μικρές μαγνητικές περιοχές, οι οποίες συμπεριφέρονται ως μαγνητάκια και είναι κατανεμημένες «άτακτα» όταν τα αντικείμενα δεν είναι μαγνητισμένα. Όταν τα σιδηρομαγνητικά αντικείμενα τοποθετηθούν εντός μαγνητικού πεδίου, τότε οι μαγνητικές περιοχές τους ευθυγραμμίζονται σε αυξημένο βαθμό και αυτά συμπεριφέρονται ως μαγνήτες με βόρειο και νότιο πόλο.

Η τελευταία ενότητα μελετά φαινόμενα ηλεκτρομαγνητισμού ενώ παράλληλα γίνεται επέκταση των εννοιολογικών μοντέλων μέσα από διασύνδεση και εφαρμογή των ιδεών σε καινούργιες καταστάσεις. Τα κεφάλαια αυτής της ενότητας καλύπτουν πειραματικό σχεδιασμό, δίνοντας βάρος στον εντοπισμό των μεταβλητών και επίσης καλύπτουν βασικές ιδέες για το σχεδιασμό του τρένου. Στο τέλος του διδακτικού υλικού, οι μαθητές ακολουθούν μια τεχνολογική διαδικασία για το σχεδιασμό του τρένου. Το πρότυπο μαγνητικό τρένο πρέπει να αιωρείται και να κινείται (πρόωση) με ηλεκτρομαγνήτες.

Μεθοδολογία

Οι γνωστικοί και μεταγνωστικοί στόχοι της ενότητας εξετάζονται με διαγνωστικά και μετά-πειραματικά δοκίμια τα οποία αποτελούνται από ανοιχτού τύπου ερωτήσεις που απαιτούν κριτική σκέψη και μεταφορά γνώσεων από ένα πλαίσιο σε άλλο. Τα διαγνωστικά δοκίμια παρέχουν πληροφόρηση τόσο για την επίτευξη των μαθησιακών επιδιώξεων όσο και για την καταλληλότητα του διδακτικού υλικού σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης. Οι μαθητές αξιολογούνται και για την κατασκευή του τρένου. Η κατασκευή του τρένου είναι ομαδική εργασία και συνοδεύεται από αφίσα και γραπτή εργασία. Μια επιπλέον διάσταση της κατασκευής είναι η προστασία των επιβατών από το μαγνητικό πεδίο. Η κάθε ομάδα πρέπει να κάνει τη δική της έρευνα και να προτείνει υλικά. Στη συνέχεια δοκιμάζονται τα προτεινόμενα υλικά με τη χρήση αισθητήρα μαγνητικού πεδίου. Ο τεχνολογικός σχεδιασμός (κατασκευή τρένου) αξιολογείται με βάση τη λειτουργικότητα της κατασκευής, την παρουσίαση, την αφίσα, την εργασία, και τη γραπτή έρευνα και δοκιμή για υλικά που θωρακίζουν τους επιβάτες από το μαγνητικό πεδίο. Ο συνδυασμός των εργαλείων αξιολόγησης δίνει τη δυνατότητα της πολύπλευρης συλλογής δεδομένων.

Η πιλοτική εφαρμογή οργανώθηκε σε συνεργασία με μία τάξη Λυκείου. Η πρώτη εφαρμογή της διδακτικής ενότητας πραγματοποιήθηκε σε καλοκαιρινό όμιλο που οργάνωσε η ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Κύπρου. Οι μαθητές που δήλωσαν συμμετοχή ήταν μαθητές Λυκείου. Οι μαθητές καθ'όλη την διάρκεια της εφαρμογής εργάζονταν σε ομάδες, ανταλλάζοντας ιδέες και συμπεράσματα, και διερευνούσαν μαγνητικά φαινόμενα σύμφωνα με την καθοδήγηση που τους παρείχαν το υλικό και η αλληλεπίδραση με τον διδάσκοντα. Οι αλλαγές που έγιναν στο διδακτικό υλικό μετά την πρώτη εφαρμογή βασίστηκαν κυρίως στην παρατήρηση από τους ίδιους τους ερευνητές και λιγότερο στα διαγνωστικά δοκίμια που σε εκείνη τη φάση ήταν περιορισμένα στον αριθμό. Η δεύτερη εφαρμογή έγινε σε προπτυχιακούς φοιτητές του Τμήματος Επιστήμων της Αγωγής, με έξι μέλη διδακτικού προσωπικού να στηρίζουν 60 φοιτητές. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία είναι από τη δεύτερη εφαρμογή. Κατά το χρόνο συγγραφής της παρούσας εργασίας, η ακολουθία βρίσκεται σε εφαρμογή σε ένα γυμνάσιο και παράλληλα πραγματοποιείται και δεύτερη εφαρμογή σε προπτυχιακούς φοιτητές του Παιδαγωγικού τμήματος. Από τις εφαρμογές συγκεντρώθηκαν δεδομένα για την αποτελεσματικότητα του υλικού μέσα από διαγνωστικά δοκίμια, τον τεχνολογικό σχεδιασμό, μεμονωμένες παρατηρήσεις, ημερολόγιο του εκπαιδευτικού και από τις παρατηρήσεις των Ειδικών Ερευνητών κατά τη διάρκεια των «επισκέψεων μελέτης» (Study Visits). Οι συνολικές αλλαγές που έχουν πραγματοποιηθεί στο διδακτικό υλικό από όλες της ολοκληρωμένες εφαρμογές δίνονται παρακάτω:

- Οι αρχικές δραστηριότητες που θεωρήθηκαν πλεονάζουσες αφαιρέθηκαν με σκοπό τη μείωση των διδακτικών ωρών που απαιτούνται για την ακολουθία.
- Οι δραστηριότητες που ήταν χρονοβόρες σε σχέση με τη συμβολή τους στην διαδικασία της μάθησης αφαιρέθηκαν ή απλουστεύτηκαν.
- Ερωτήσεις έχουν αναδιατυπωθεί ώστε οι μαθητές να καταλήγουν στα αναμενόμενα συμπεράσματα χωρίς υπερβολική καθοδήγηση.
- Προστέθηκαν δραστηριότητες στην ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού ώστε οι μαθητές να καταλαβαίνουν καλύτερα τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητών. Οι γνώσεις αυτές θεωρήθηκαν απαραίτητες για την κατασκευή του τρένου.
- Προσθήκη κεφαλαίου με θέμα την εξ'επαγωγής δημιουργία μαγνητικών πεδίων (το κεφάλαιο γίνεται επιλεκτικά).

Ανάλυση Δεδομένων

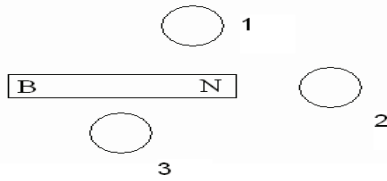
Θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά δεδομένα από δύο ομάδες διαγνωστικών δοκιμίων.

Μαγνητικά πεδία

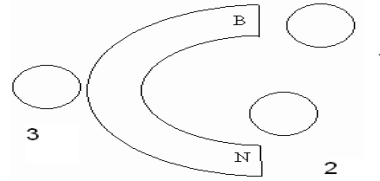
Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην εργασία είναι από διαγνωστικά δοκίμια που διανεμήθηκαν σε μαθητές Λυκείου και στους προπτυχιακούς φοιτητές του τμήματος Επιστημών της Αγωγής. Το διαγνωστικό δοκίμιο δόθηκε πριν τη διδασκαλία του κεφαλαίου για τα μαγνητικά πεδία και εξετάζει τις γνώσεις των μαθητών σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο σε ένα απλό παράδειγμα ραβδόμορφου μαγνήτη με τοποθετημένες πυξίδες όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Το μετά-πειραματικό δοκίμιο δόθηκε αφού οι μαθητές είχαν ολοκληρώσει τα κεφάλαια του Μαγνητισμού και εξετάζει πάλι το μαγνητικό πεδίο στην περίπτωση πεταλοειδούς μαγνήτη, (σχήμα 2). Και στις δύο περιπτώσεις οι μαθητές πρέπει να αποφασίσουν τον προσανατολισμό των βελόνων των πυξίδων και να εξηγήσουν την επιλογή τους.



Σχήμα 1: Διαγνωστικό διάγραμμα



Σχήμα 2: Μεταπειραματικό διάγραμμα



Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας τη φαινομενογραφική προσέγγιση. Μελετήθηκαν όλες οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε δοκίμιο και καταρτίστηκε ένας ιεραρχημένος κατάλογος, σε σχέση με το ποιες απαντήσεις προσεγγίζουν περισσότερο και ποιες λιγότερο την επιστημονική άποψη. Οι απαντήσεις στη δεύτερη κατηγορία έχουν μία μικρή διαφορά σε σχέση με την πρώτη κατηγορία. Στην πρώτη κατηγορία, οι απαντήσεις έχουν δικαιολογηθεί σύμφωνα με το μαγνητικό πεδίο.

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών

	Περιγραφή Απάντησης	Τυπική Απάντηση Μαθητή
1	Αλληλεπίδραση Μαγνητικού Πεδίου – οι βελόνες των πυξίδων ευθυγραμμίζονται σύμφωνα με τις μαγνητικές γραμμές.	Οι βελόνες των πυξίδων που βρίσκονται κοντά σε πόλο μαγνήτη δείχνουν προς αυτόν με τον αντίθετο πόλο (πυξίδες 1 + 2). Η πυξίδα 3 ευθυγραμμίζεται σύμφωνα με τις μαγνητικές γραμμές που κατευθύνονται από το βόρειο προς το νότιο πόλο.
2	Μαγνητική αλληλεπίδραση – οι βελόνες των πυξίδων δείχνουν προς τον αντίθετο πόλο, (1 + 2), στην πυξίδα 3 ίση δύναμη ασκείται και από τους δύο πόλους.	Πυξίδες 1, 2 όπως στο προηγούμενο παράδειγμα. Η πυξίδα 3 ισαπέχει από τους δύο πόλους και άρα είναι ευθυγραμμισμένη αντίθετα από τους πόλους του μαγνήτη αφού ο βόρειος πόλος έλκει το νότιο πόλο της πυξίδας και το αντίθετο.
3	Πυξίδες 1 + 2 σωστά τοποθετημένες οι βελόνες, η πυξίδα 3 δεν επηρεάζεται	Οι πυξίδες 1 2 όπως την πρώτη κατηγορία. Η πυξίδα 3 δεν επηρεάζεται γιατί βρίσκεται στη μέση του μαγνήτη όπου η αλληλεπίδραση είναι πολύ μικρή.
4	Σωστή ευθυγράμμιση των πυξίδων 1 + 2 σύμφωνα με τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Λάθος η πυξίδα 3	Ο βόρειος πόλος της πυξίδας έλκετε από τον νότιο πόλο του μαγνήτη και το αντίστροφο, αυτό ισχύει για όλες τις περιπτώσεις.
5	Άσχετη απάντηση ή καμία απάντηση	

Στη δεύτερη, η αιτιολόγηση γίνεται με βάση τις μαγνητικές αλληλεπιδράσεις και την έλξη μεταξύ ανόμοιων πόλων. Η επιλογή της ερμηνείας μπορεί να συνδέεται με το γεγονός ότι είναι πιο εξοικειωμένοι οι μαθητές με τους μαγνητικούς πόλους παρά με τις μαγνητικές γραμμές και το μαγνητικό πεδίο.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων στον πίνακα είναι φανερό ότι υπάρχει σημαντική αύξηση του ποσοστού των μαθητών που έδωσαν τη σωστή απάντηση, παρόλο που ο πεταλοειδής μαγνήτης αποτελεί πιο πολύπλοκη ερώτηση. Η ερώτηση με τον πεταλοειδή μαγνήτη απαιτεί τη μεταφορά των αποκτηθεισών γνώσεων σε μια νέα κατάσταση. Το μεγάλο ποσοστό στην τρίτη κατηγορία δικαιολογείται από το γεγονός ότι στο μεταπειραματικό δοκίμιο δεν υπάρχει καμία απάντηση για την τέταρτη κατηγορία, σε συνδυασμό με τα σημαντικά ποσοστά που σημειώθηκαν στο δοκίμιο που απαντήθηκε πριν την παρέμβαση. Το υψηλό ποσοστό μπορεί να

αιτιολογηθεί και από τη λανθασμένη εντύπωση που έχουν οι μαθητές ότι στη μέση ενός ραβδόμορφου μαγνήτη, η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδενική, επειδή δεν παρατηρείται έλξη με τα σιδηρομαγνητικά αντικείμενα. Υπήρχαν απαντήσεις από τους μαθητές που δήλωναν ότι «η πυξίδα στη θέση 3 δεν επηρεάζεται από τον μαγνήτη και έτσι προσανατολίζεται σύμφωνα με το μαγνητικό πεδίο της Γης». Στην σημερινή εκδοχή του διδακτικού υλικού υπάρχει υποσημείωση στις οδηγίες που απευθύνονται προς τον εκπαιδευτικό ώστε να δώσει την απαραίτητη προσοχή. Η συγκεκριμένη εμπειρία δείχνει και την σπουδαιότητα της συνεχούς διαδικασίας εφαρμογής, ανάλυσης και επανασχεδιασμού της ακολουθίας.

Πίνακας 2. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων από τα διαγνωστικά και μετά-πειραματικά δοκίμια

Κατηγορίες	Διαγνωστικά (%)	Διαγνωστικά (αρ. μαθητών)	Μεταπειραματικά (%)	Μεταπειραματικά (αρ. μαθητών)
1	3,3%	(2)	10%	(6)
2	3,3%	(2)	38,3%	(23)
3	20%	(12)	46.7%	(28)
4	56.7%	(33)	-	-
5	16,7%	(10)	5%	(3)

Μαγνητικό μοντέλο

Τα διαγνωστικά δοκίμια δόθηκαν πριν και μετά τη μελέτη του μοντέλου των μαγνητικών περιοχών. Στο διαγνωστικό δοκίμιο δίνεται η διάταξη του σχήματος 3 και ζητείται από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις μαγνητικές γραμμές και να εξηγήσουν το συλλογισμό τους.

Και στα δύο δοκίμια, οι μαθητές κλήθηκαν να εξηγήσουν τη διαδικασία μαγνητισμού μιας σιδηρομαγνητικής ράβδου από μαγνήτη για το διαγνωστικό και μιας καρφοβελόνας από ηλεκτρομαγνήτη για το μεταπειραματικό δοκίμιο. Η δεύτερη περίπτωση παρουσιάζει και πάλι μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας αφού πρέπει ο εξεταζόμενος να καταλήξει πρώτα στη δημιουργία μαγνητικού πεδίου από το πηνίο (διακόπτης κλειστός) και στη συνέχεια να εξηγήσει για τον προσανατολισμό των μαγνητικών περιοχών τις καρφοβελόνας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει μια ουσιαστική άνοδος μεταξύ του πριν και του μετά για τις τρεις πρώτες κατηγορίες (ήταν αναμενόμενο ότι οι μαθητές δεν θα μπορούσαν να δώσουν μια απάντηση με αναφορά σε μαγνητικές περιοχές πριν). Επίσης, σημαντικό είναι το ποσοστό των άσχετων απαντήσεων (καμία απάντηση) στο μεταπειραματικό δοκίμιο, γι' αυτό κρίνεται αναγκαίο να διευκρινίσουμε ότι ήταν η τελευταία ερώτηση της τελικής εξέτασης και υπήρχαν πολλά γραπτά με κενή την τελευταία σελίδα.

Σχημα 3: Διαγνωστικό διάγραμμα



Στο μεταπειραματικό δοκίμιο οι μαθητές αρχικά πρέπει να αποφασίσουν αν το υλικό του πυρήνα ενός ηλεκτρομαγνήτη επηρεάζει τη δύναμη έλξης μεταξύ του ηλεκτρομαγνήτη και ενός σιδηρομαγνητικού αντικειμένου και μετά καλούνται να δικαιολογήσουν την απάντησή τους με βάση το εννοιολογικό μοντέλο για τα μαγνητικά υλικά.

Οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τη φαινομενογραφική προσέγγιση, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Ο πίνακας είναι ιεραρχημένος σε σχέση με το ποιες απαντήσεις προσεγγίζουν περισσότερο και ποιες λιγότερο την επιστημονική άποψη.



Γενικότερα, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το διδακτικό υλικό έχει συμβάλει ουσιαστικά στην ενίσχυση των γνώσεων, στη βαθύτερη κατανόηση και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων έκφρασης του σκεπτικού των μαθητών.

Πίνακας 3. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών

	Περιγραφή Απάντησης	Τυπική Απάντηση Μαθητή
1	Όταν ένα σιδηρομαγνητικό αντικείμενο τοποθετηθεί σ'ένα μαγνητικό πεδίο, οι μαγνητικές περιοχές από τις οποίες αποτελείται προσανατολίζονται σύμφωνα με αυτό και έτσι το σιδηρομαγν. αντικείμενο αποκτάει προσωρινά μαγνητικές ιδιότητες	Το μαγνητικό πεδίο θα προσανατολίσει της μαγνητικές περιοχές του σιδηρομαγνητικού υλικού, που μέχρι τότε ήταν «άτακτα» προσανατολισμένες, και θα δημιουργηθούν πόλοι στα άκρα του.
2	Ίδια απάντηση με μοναδική διαφορά ότι δεν κάνει αναφορά στο μαγνητικό πεδίο αλλά αναφέρεται σε μαγνητική αλληλεπίδραση με τον μαγνήτη.	Τα σιδηρομαγνητικά υλικά αποτελούνται από μαγνητικές περιοχές «άτακτα» προσανατολισμένες. Όταν πλησιάσουμε σιδηρομαγνητικό υλικό σ'ένα μαγνήτη τότε οι μαγνητικές περιοχές του σιδηρομαγνητικού υλικού προσανατολίζονται σύμφωνα με τον μαγνήτη, έτσι μαγνητίζεται και αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.
3	Η απάντηση αναφέρεται μόνο στο φαινόμενο της μαγνήτισης (προσωρινών μαγνητικών ιδιοτήτων)	Ο μαγνήτης μαγνητίζει το σιδηρομαγνητικό υλικό και εμφανίζονται προσωρινοί πόλοι αντίθετοι από αυτούς του μαγνήτη. (διαγνωστικό δοκίμιο)
4	Μαγνητικές γραμμές μεταξύ του μαγνήτη και της ράβδου εξαιτίας της έλξης. (Προ-διαγνωστικό δοκίμιο μόνο)	Ο μαγνήτης έχει το δικό του μαγνητικό πεδίο αλλά επειδή αλληλεπιδρά με τη ράβδο, στον βόρειο πόλο του εμφανίζονται ευθείες γραμμές από τον μαγνήτη προς την ράβδο.
5	Καμιά μεταβολή δεν παρατηρείται στο αρχικό μαγνητικό πεδίο γύρω από τον μαγνήτη	Το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη παραμένει όπως το ξέρουμε, με τις μαγνητικές γραμμές να έχουν φορά από τον βόρειο στο νότιο μαγνητικό πόλο.
6	Άσχετη απάντηση ή καμία απάντηση	

Πίνακας 4. Κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών από τα διαγνωστικά και μετα-πειραματικά δοκίμια

Κατηγορίες	Διαγνωστικά (%)	Διαγνωστικά (αρ. μαθητών)	Μετά-πειραματικά (%)	Μετά-πειραματικά (αρ. μαθητών)
1	1.8%	(1)	44.1%	(26)
2	-	-	13.6%	(8)
3	10.7%	(6)	10.25%	(6)
4	60.7%	(34)	-	-
5	10.7 %	(6)	-	-
6	16.1%	(9)	32.2%	(19)

Συζήτηση

Για αρκετά χρόνια, έχει αναπτυχθεί εκτεταμένος προβληματισμός λόγω της απογοητευτικής επίδοσης των μαθητών διαφόρων ηλικιών σε διεθνείς σταθμισμένες εξετάσεις αλλά και σε τοπικές προσπάθειες τελικής αξιολόγησης μαθησιακών επιτευγμάτων. Στο πλαίσιο αυτού του προβληματισμού, προβάλλει ως μια σημαντική διέξοδος ο ερευνητικά προσανατολισμένος εκπαιδευτικός πειραματισμός και οι διδακτικές – μαθησιακές επινοήσεις που απαιτούνται για να καταστεί αυτός ο πειραματισμός επαναλήψιμος. Στο πρόγραμμα *Materials Science*, έχουμε αναπτύξει ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για συμμετοχικό σχεδιασμό διδακτικού υλικού, ως μιας μορφής εκπαιδευτικής επινοήσης, μέσα από την ενεργό εμπλοκή ερευνητών και εκπαιδευτικών. Το σκεπτικό στηρίζεται στη λογική της συμπληρωματικής τεχνογνωσίας που αντλείται αφενός από τη σύγχρονη επιστημονική βιβλιογραφία στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και, αφετέρου, από την τεχνογνωσία που προκύπτει μέσα από την εκπαιδευτική πρακτική, η οποία αναφέρεται στους πολλούς περιορισμούς που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία των εκπαιδευτικών συστημάτων αλλά και τις μεταβαλλόμενες προτεραιότητες του πολιτισμικού και κοινωνικού πλαισίου. Το εγχείρημα που έχει περιγραφεί στην παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια αξιοποίησης αυτού του μεθοδολογικού πλαισίου. Τα αποτελέσματα μας δίνουν ενθάρρυνση και μια βάση για περαιτέρω επεξεργασία αυτής της προοπτικής.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην τοπική ομάδα εργασίας και συνεισέφεραν με αυτό τον τρόπο στο σχεδιασμό της ενότητας. Επίσης ευχαριστούμε τις έμπειρες ερευνήτριες Roser Pinto (Autonomous University of Barcelona) και Matilde Vicentini (University of Rome) που επισκέφθηκαν την Κύπρο κατά την εφαρμογή, και παρείχαν ανατροφοδότηση και ιδέες για περαιτέρω βελτίωση της διδακτικής ακολουθίας. Τέλος, η εργασία που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω της Γενικής Διεύθυνσης Έρευνας, η οποία χρηματοδοτεί το έργο *Materials Science: University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties, Science and Society Programme, FP6, SAS6-CT -2006-042942*.

Βιβλιογραφία

- Κόμης, Β., Ράπτη, Α. (2002). Η υπολογιστική μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θετικών επιστημών, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.
- Κουτσελίνη, Μ. (2002). Διαφοροποίηση Διδασκαλίας – Μάθησης: Από την θεωρία στην πράξη, Τεχνική Αναφορά, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Commission on Behavioral and Social Sciences and Education (CBASSE) (1999). How people learn: Brain, Mind, Experience, and School, National Academy Press.
- J. M. Gago, J. Ziman, P. Caro, C. Constantinou, Gr. Davies, I. Parchmann, M. Rannikmae, Sv. Sjoberg (2005) Europe needs more scientists: Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe. European Commission: DG Research, Science and Society Programme, ISBN 92-894-8458-6.
- Grandy, R., Duschl, R. (2007). Reconsidering the character and role of Inquiry in Scholl Science: Analysis of a Conference, *Science & Education* 16, 141.
- International Academy of Education (2001). How children learn, International Bureau of Education.
- Hansen, L. (2002). Defining Inquiry, exploring the many types of inquiry in the science classroom, *The Science Teacher*, NSTA, 69(2), 34-37.



Lewis, T. (2006). Design and Inquiry: Bases for an Accommodation between Science and Technology Education in the Curriculum?, *J. Research in Science Teaching*, Vol.43 (3), 255.

Mc Dermott, L. (1993). How we teach and how students learn. A mismatch?, *Am. J. Phys*, Vol. 61 (4).

National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, National Academy Press.

Walker, M. (2007). *Teaching Inquiry based science: a guide for middle and high school teachers*.