

11^ο Συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Λάρισα, 2006.
Θεματική ενότητα 6: Εκπαίδευση και Διδασκαλία της Φυσικής
Υποκατηγορία 6.2: Η Φυσική στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.

Κολτσάκης Ευάγγελος, Εκπ/κός Δ. Ε., Φυσικός MSc, e-mail: ekoltsakis@sch.gr
Πιερράτος Θεόδωρος, Εκπ/κός Δ.Ε., Φυσικός MSc, e-mail: pierratos@sch.gr

Περίληψη

Οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα έχουν διερευνηθεί εκτεταμένα από ερευνητές στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Παραμένουν ως ερευνητικά ερωτήματα το αν αυτές οι αντιλήψεις μεταβάλλονται από γενιά σε γενιά νέων μαθητών και το αν η αξιοποίηση διαθέσιμων ευρέως πλέον εκπαιδευτικών λογισμικών μπορεί να βοηθήσει στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση διδακτικών παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας διεξήχθη έρευνα σε μαθητές ενός Γυμνασίου και ενός Ενιαίου Λυκείου, με ποσοτικές και ποιοτικές μεθόδους. Σκοπός της ήταν, αφού ανιχνευθούν και καταγραφούν οι ιδέες των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα, να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν διδακτικές παρεμβάσεις βασισμένες στην εποικοδομητική προσέγγιση και στη διερευνητική μάθηση. Οι παρεμβάσεις αυτές υλοποιούνται τόσο στο παραδοσιακό σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών όσο και με τη χρήση νέων τεχνολογιών, αναπτύσσοντας κατάλληλες προσομοιώσεις με εκπαιδευτικά λογισμικά.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα της έρευνας και συγκρίνονται οι ιδέες που αναδεικνύονται από την στατιστική επεξεργασία ερωτηματολογίων καθώς και από την ανάλυση ημιδομημένων συνεντεύξεων των μαθητών, με αυτές που έχουν καταγραφεί στη σχετική βιβλιογραφία.

Παράλληλα προτείνονται συγκεκριμένες διδακτικές παρεμβάσεις και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την πρώτη φάση της υλοποίησής τους.

Συνοπτικά, επαληθεύονται οι ήδη καταγεγραμμένες αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα, αν και διαπιστώνονται κάποιες διαφοροποιήσεις. Επιπλέον, η διδακτική παρέμβαση που επιχειρείται με τη χρήση των νέων τεχνολογιών φαίνεται ότι συνεισφέρει θετικά στην αναδόμηση των αντιλήψεων αυτών.

Θεωρητικό πλαίσιο

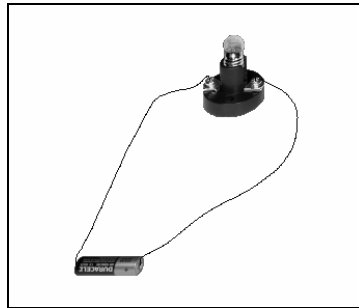
Οι αντιλήψεις των μαθητών για τον ηλεκτρισμό έχουν διερευνηθεί εκτεταμένα από ερευνητές στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Σε γενικές γραμμές, οι μαθητές αναπτύσσουν σταδιακά μια πιο ολοκληρωμένη και «επιστημονική» θεώρηση των ηλεκτρικών φαινομένων - κυρίως με την επίδραση της διδασκαλίας. Ωστόσο, αρκετές έρευνες έδειξαν ότι ακόμα και έπειτα από εκτεταμένη διδασκαλία, οι μαθητές (αλλά και οι σπουδαστές) είναι δυνατόν να εμφανίζουν αξιοσημείωτη προσκόλληση στις προγενέστερες αντιλήψεις τους για τον ηλεκτρισμό (Χρηστίδου, 2001).

Όπως αναφέρει ο Κόκκοτας (2002), οι έρευνες έχουν δείξει ότι οι ιδέες των παιδιών για το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να καταταγούν σε τέσσερις κατηγορίες ή μοντέλα. Σύμφωνα με τον Κόκκοτα (2002), οι Osborne και Freyberg (1985) βρήκαν ότι οι απόψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό ρεύμα μεταβάλλονται με την ηλικία, προσεγγίζοντας το επιστημονικό μοντέλο. Η μείωση των παρανοήσεων των μαθητών, δεν οφείλεται στην ηλικία των μαθητών αυτή καθ' εαυτή, αλλά στις εμπειρίες και στην εκπαίδευση που συγχρόνως απέκτησαν λόγω της παραμονής τους στο σχολείο. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν καταγραφεί και στην ελληνική εκπαίδευση (Κουμαράς, Ψύλλος, Βαλασιάδης & Ευαγ-

γελινός, 1990).

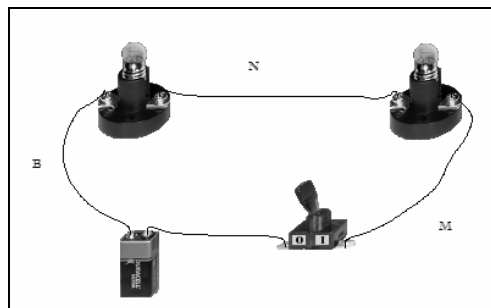
Η Χρηστίδου (2001) παρουσιάζει τις αντιλήψεις μαθητών ηλικίας από 12 ως 18 ετών για το πώς λειτουργεί ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Αυτές, συγκροτούν επτά λεπτομερή νοητικά μοντέλα, μερικά από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Μονοπολικό μοντέλο: προκειμένου να λειτουργήσει ένα απλό κύκλωμα με πηγή και λάμπα και να ανάψει η λάμπα χρειάζεται μόνο ένας αγωγός που να συνδέει την πηγή με τον καταναλωτή.
- Μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων: το κύκλωμα διαρρέεται από δύο ρεύματα, με αντίθετες φορές, τα οποία «συγκρούονται» στη λάμπα και προκαλούν τη φωτοβολία της (Εικ. 1).



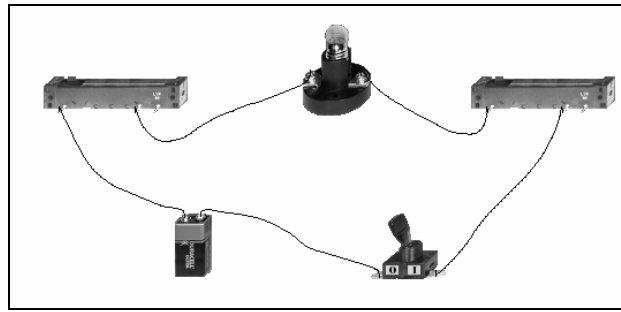
Εικόνα 1

- Μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος: το ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα μίας, σταθερής φοράς. Ένα μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος «καταναλώνεται» στο εσωτερικό της λάμπας.
- Μεριστικό μοντέλο: το ηλεκτρικό ρεύμα μοιράζεται εξίσου στις λάμπες, που φωτοβολούν το ίδιο. Και εδώ το ηλεκτρικό ρεύμα θεωρείται ότι καταναλώνεται, δεν διατηρείται (Εικ. 2).



Εικόνα 2

- «Επιστημονικό» μοντέλο: Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει στο κύκλωμα κατά μία σταθερή φορά και διατηρείται.
- Μοντέλο σειράς: Το ηλεκτρικό ρεύμα επηρεάζεται διαδοχικά από κάθε στοιχείο του κυκλώματος, εφόσον περάσει από αυτό, αλλά όχι πριν. Η πληροφορία για κάθε μεταβολή του ηλεκτρικού ρεύματος «ταξιδεύει» μαζί με το ρεύμα και κατά τη φορά του. Έτσι, η φωτοβολία μιας λάμπας επηρεάζεται μόνο από τη μεταβολή της αντίστασης που βρίσκεται «πριν» από τη λάμπα, αλλά όχι από τη μεταβολή της αντίστασης που βρίσκεται «μετά» (Εικ. 3).



Εικόνα 3

Καθώς οι Φυσικές Επιστήμες είναι κατεξοχήν πειραματικές επιστήμες, η πειραματική εργασία αποτελεί ένα βασικό τμήμα της διδακτικής τους. Η βελτίωση της εργαστηριακής εργασίας και η ανάπτυξη καινοτομικών προσεγγίσεων αποτελεί αντικείμενο συνεχών μελετών από τους ερευνητές και τους εκπαιδευτικούς. Τις τελευταίες δεκαετίες εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών (Ν.Τ.) εισάγουν ολοένα και περισσότερο νέες λειτουργίες στην εκπαιδευτική διαδικασία. Το σημαντικότερο κέρδος από τις Ν.Τ. έγκειται στο ότι παρέχουν δυνατότητα για την υποστήριξη παιδαγωγικών προσεγγίσεων οι οποίες ενθαρρύνουν τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργητικά στην μαθησιακή διαδικασία και να αναπτύσσουν κριτική σκέψη και ικανότητα διαχείρισης πληροφορίας. Προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς πηγές πληροφόρησης, μέσα επικοινωνίας και εργαλεία για έκφραση, διερεύνηση, προσομοίωση φαινομένων και κατασκευή μοντέλων. Επίσης, η χρήση των Ν.Τ., αν αυτές αξιοποιηθούν σωστά, είναι δυνατόν να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες οι οποίες ενισχύουν τη μαθησιακή διαδικασία όπως η ικανότητα για πειραματισμό και διερεύνηση, να τους δώσει δυνατότητα για επικοινωνία, συνεργασία, αναζήτηση, ανακάλυψη, συμβολική έκφραση και διαπραγμάτευση εννοιών, όπως και να τους βοηθήσει να αναπτύξουν ανωτέρου επιπέδου ικανότητες όπως η κριτική σκέψη και η αμφισβήτηση. Βρίσκονται πλέον στη διάθεση των εκπαιδευτικών λογισμικά που επιτρέπουν τη δημιουργία προσομοιώσεων φαινομένων, καταστάσεων ή συσκευών. Οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν τα υπό μελέτη φαινόμενα και να παρακολουθήσουν τη συμπεριφορά τους. Στην περίπτωση ανοικτών συστημάτων προσομοίωσης -που είναι και τα κατάλληλα για διερευνητική μάθηση- τα πλεονεκτήματα των λογισμικών αυτών συνίστανται στη δυνατότητα δημιουργίας νέων καταστάσεων και πολλαπλών αναπαραστάσεων εννοιών, οι οποίες οπτικοποιούν τα δεδομένα και την εξέλιξη των φαινομένων.

Τέτοια εκπαιδευτικά λογισμικά μπορούν να βοηθήσουν σε προβληματικές καταστάσεις, όπως αυτές που δημιουργούνται λόγω των προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών για το ηλεκτρικό ρεύμα, υποστηρίζοντας εποικοδομητικές προσεγγίσεις. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας, στην εποικοδομητική προσέγγιση, μέσω μιας διαδικασίας αναστοχασμού, ο μαθητής συνειδητοποιεί το περιορισμένο και μη εφαρμόσιμο αυτών των ιδεών με αποτέλεσμα να οδηγηθεί στην αναδόμηση - ανακατασκευή τους. Με την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στις ιδέες τους ώστε να αξιολογήσουν κατά πόσο είναι λειτουργικές και εφαρμόσιμες. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί πως οι ιδέες αυτές είναι ανεπαρκείς, οι μαθητές οδηγούνται σε «γνωστική σύγκρουση», γεγονός που θα οδηγήσει στην διαδικασία της «εννοιολογικής αλλαγής». Η γνωστική σύγκρουση αποτελεί μία από τις διαδικασίες που έχουν ως στόχο την επίτευξη της αναδιοργάνωσης των νοητικών σχημάτων σε άλλα ευρύτερα, πληρέστερα και εγγύτερα στο επιστημονικό μοντέλο. Η επίτευξη αυτής της σύγκρουσης μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη διάψευση που μπορεί να προκαλέσουν τα αποτελέσματα ενός πειράματος είτε με τη συνειδητοποίηση της ύπαρξης διαφορετικών απόψεων στο πλαίσιο της σχολικής τάξης. Έτσι, μπορεί να γίνει ευκολότερη η προσπάθεια για εννοιολογική αλλαγή, για τροποποίηση δηλαδή των υπάρχουσών δομών των μαθητών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Στόχος της εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα

Στόχος της εργασίας ήταν να ανιχνευθούν και να διερευνηθούν οι αντιλήψεις και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μας για το ηλεκτρικό ρεύμα και το ηλεκτρικό κύκλωμα, ώστε να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν:

- Κατά πόσο οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μας επιβεβαιώναν τα όσα σχετικά αναφέρονται στη βιβλιογραφία
- Καθώς έχει παρέλθει αρκετό χρονικό διάστημα από τις σχετικές δημοσιεύσεις, διάστημα κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στα αναλυτικά προγράμματα, στα σχολικά βιβλία και σε μεθόδους διδασκαλίας, κατά πόσο έχουν τροποποιηθεί οι προϋπάρχουσες ιδέες των νέων γενεών μαθητών.
- Κατά πόσο διδακτικές παρεμβάσεις στο ηλεκτρικό κύκλωμα με τη χρήση Ν.Τ. μπορούν να συνεπικουρήσουν στις κλασικές εργαστηριακές ασκήσεις με ηλεκτρικά κυκλώματα.

Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2005-2006 σε σχολικές μονάδες του Νομού Κιλκίς.

Το δείγμα προς έρευνα ήταν το σύνολο των μαθητών ενός Γυμνασίου (78 μαθητές) και ενός Ενιαίου Λυκείου (104 μαθητές).

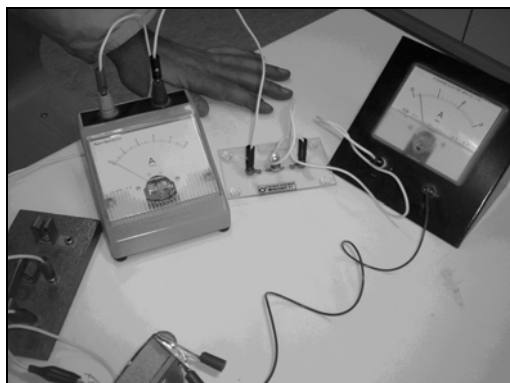
Σε πρώτη φάση, οι μαθητές συμπλήρωσαν ανώνυμα ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να ελέγξει τις αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα, βασιζόμενο στα νοητικά μοντέλα, όπως αυτά αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

Οι ερωτήσεις:

- διατυπώθηκαν ως κλειστού τύπου, με παράλληλη όμως απαίτηση για αιτιολόγηση της επιλογής, ώστε να υπάρχει ελαχιστοποίηση της πιθανότητας τυχαίας απάντησης
- διατυπώθηκαν έτσι ώστε να είναι έμμεσες και να παραπέμπουν στην πρακτικο-βιωματική γνώση των παιδιών και όχι στη σχολική γνώση (ώστε οι μαθητές να μην προσπαθήσουν να θυμηθούν και να αναπαραγάγουν τη ‘σωστή’ με βάση το σχολικό πλαίσιο απάντηση, είτε την κατανοούν και την πιστεύουν, είτε όχι).
- διατυπώθηκαν έτσι ώστε να είναι ουδέτερες, να μην παραπέμπουν δηλαδή σε συγκεκριμένες απαντήσεις, ώστε να μην καθοδηγούνται οι μαθητές να απαντήσουν με συγκεκριμένη διατύπωση.
- διατυπώθηκαν έτσι ώστε να είναι απλές και σαφείς και, καθεμιά να ελέγχει ένα ζητούμενο και όχι περισσότερα.

Δεν επιτράπηκε στους μαθητές κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και να ζητήσουν διευκρινήσεις για το τι ζητά μια συγκεκριμένη ερώτηση.

Πριν την τελική διανομή του ερωτηματολογίου, προηγήθηκε μια δοκιμαστική - πιλοτική εφαρμογή του, σε μικρό αριθμό μαθητών. Έτσι, ελέγχθηκε αν το ερωτηματολόγιο ήταν σχεδιασμένο με τρόπο κατανοητό για τους μαθητές και αν δίνονταν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα ή παρέχονται άσχετες και μη αξιοποιήσιμες πληροφορίες. Αφού έγιναν οι απαραίτητες (μικρές) τροποποιήσεις, το τελικό ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε προς συμπλήρωση, μέσα στην τάξη, στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας.



Εικόνα 4

Μετά την επεξεργασία των ερωτηματολογίων (182 σε σύνολο 195, 13 θεωρήθηκαν αναξιόπιστα), προχωρήσαμε σε ατομικές και ομαδικές ημιδομημένες συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, ενώ συγχρόνως υλοποιούνταν κατασκευές κυκλωμάτων

(Εικ. 4). Σύντομα περάσαμε στη χρήση προσομοιώσεων (Εικ. 5), αφού οι μαθητές έδειξαν να ανταποκρίνονται καλύτερα σε αυτές, καθώς ήταν λιγότερο χρονοβόρες και περισσότερο παραμετρικές.



Εικόνα 5

Δοκιμάστηκαν διάφορα λογισμικά και εκπαιδευτικά πακέτα. Καταλήξαμε τελικά στη χρήση των:

- Crocodile Clips Elementary, λογισμικό ελεύθερης διανομής, στην Αγγλική γλώσσα (http://www.crocodile-clips.com/s3_4.htm)
- Edison 3, εξελληνισμένο λογισμικό (<http://www.designwareinc.com/edison.htm>).

Σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας τα οποία δόθηκαν στους μαθητές ατομικά και σε ομάδες.

Σε καμιά από τις έξι τάξεις δεν είχαν γίνει (την τρέχουσα σχολική χρονιά) μαθήματα ηλεκτρισμού, ως την ημέρα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Κατά τη χρονική περίοδο πραγματοποίησης των συνεντεύξεων, η Β' Λυκείου είχε παρακολουθήσει τις πρώτες μόνο παραγράφους του αντίστοιχου κεφαλαίου στο μάθημα Φυσικής γενικής παιδείας.

Μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις, το ερωτηματολόγιο ξαναδόθηκε προς συμπλήρωση στους μαθητές της Β' Λυκείου και επαναλήφθηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Εμφανίζεται το μονοπολικό μοντέλο στο 5% των μαθητών του Γυμνασίου (4/78), στο 8% (3/36) των μαθητών της Α' Λυκείου, στο 9% (3/33) των μαθητών της Β' Λυκείου, και σε κανέναν από τους μαθητές (0/33) της Γ' Λυκείου. Είναι αξιοσημείωτη η μικρή αύξηση που φαίνεται να εμφανίζεται στην εμφάνιση του μοντέλου στους μαθητές των Α' και Β' Λυκείου, η οποία δεν καταγράφεται στη βιβλιογραφία. Αντίθετα, οι μαθητές της Γ' Λυκείου που έχουν ολοκληρώσει τη μελέτη των κυκλωμάτων απαντούν σύμφωνα με τη σχολική εκδοχή, ακόμη και οι μαθητές της θεωρητικής κατεύθυνσης.

Το 25% (20/78) των μαθητών του Γυμνασίου ζωγραφίζει 2 ρεύματα στο κύκλωμα για το μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων, ομοίως το 16% (6/38) της Α' Λυκείου, το 31% (11/35) της Β' Λυκείου, και κανείς (0/33) από τη Γ' Λυκείου. Οι μαθητές της Α' και της Β' Λυκείου έχουν διδαχθεί στη Γ' Γυμνασίου το ηλεκτρικό κύκλωμα. Φαίνεται ότι με την πάροδο των χρόνων και χωρίς την επανάληψη της διδασκαλίας οι μαθητές επανέρχονται στις αρχικές τους αντιλήψεις, και μάλιστα πιο ισχυρά (στο όριο του στατιστικού σφάλματος) σε σχέση με τους μαθητές του Γυμνασίου. Μετά, ωστόσο, την ολοκλήρωση της διδασκαλίας στη Β' Λυκείου, η αντίληψη των συγκρουόμενων ρευμάτων εξαλείφεται.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων οι μαθητές διατύπωσαν μερικές ενδιαφέρουσες ιδέες. Για παράδειγμα, συσχετίζουν τον αριθμό των ρευμάτων που διαρρέουν το κύκλωμα με τον αριθμό των πηγών, με τον αριθμό των λαμπτήρων, ακόμη και με τον αριθμό των καλωδίων. Επιπλέον, θεωρούν πολύ λογικό ότι ένας αγωγός μπορεί να διαρρέεται από «πολλών ταχυτήτων» και διαφορετικών ή ίδιων κατευθύνσεων ηλεκτρικά ρεύματα.

Το μοντέλο εξασθένισης ανιχνεύτηκε σε ποσοστό 39% (31/78) των μαθητών του Γυμνασίου, 23% (9/38) της Α' Λυκείου, 42% (15/35) της Β' Λυκείου και 21% (7/33) της Γ' Λυκείου. Και πάλι εντυπωσιάζει το υψηλό ποσοστό των μαθητών της Β' Λυκείου, ενώ δεν είναι αμελητέο το ποσοστό των μαθητών της Γ' Λυκείου, ακόμη και της θετικής κατεύθυνσης, που εξακολουθούν να χρησιμο-

ποιούν το εν λόγω μοντέλο. Οι μαθητές αυτοί έχουν διδαχθεί και έχουν εκτελέσει στο εργαστήριο μια σειρά από σχετικές εργαστηριακές ασκήσεις.

Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων αναδύθηκε στο σύνολο σχεδόν των μαθητών που απαντούν λανθασμένα η σύγκριση ανάμεσα στις έννοιες «ρεύμα» και «ενέργεια». Κάποιοι μαθητές επίσης συσχέτισαν το μέγεθος της έντασης του ρεύματος με την τοπολογία του κυκλώματος: «το ρεύμα είναι μεγαλύτερο γιατί το σύρμα είναι μεγαλύτερο» ή «το ρεύμα είναι μεγαλύτερο στο τάδε σημείο γιατί το σημείο αυτό ισαπέχει από τους πόλους της πηγής» ή ακόμη «το ρεύμα είναι μεγαλύτερο στο τάδε σημείο γιατί εκεί το σύρμα είναι ευθύγραμμο και το ρεύμα δε στρίβει...».

Το μεριστικό (όπου στο κύκλωμα της Εικ. 2 οι μαθητές χρησιμοποίησαν το μοντέλο εξασθένησης, αλλά ταυτόχρονα προέβλεπαν ότι οι λαμπτήρες του κυκλώματος φωτοβολούν εξίσου) δεν εμφανίστηκε στους μαθητές του Γυμνασίου, ενώ εμφανίστηκε στους μαθητές του Λυκείου: στην Α' Λυκείου σε ποσοστό 11% (4/38), στη Β' Λυκείου σε ποσοστό 26% (9/35) και στη Γ' Λυκείου σε ποσοστό 15% (5/33).

Στο Γυμνάσιο, 15% (12/78) των μαθητών προβλέπουν ότι η φωτοβολία ενός λαμπτήρα θα μειωθεί όταν αυξηθεί η τιμή μιας αντίστασης που βρίσκεται πριν από αυτόν (Εικ. 3), ενώ το ποσοστό γίνεται 13% (10/78) όταν η αντίσταση που αυξάνεται βρίσκεται μετά τον λαμπτήρα. Στα ίδια ερωτήματα οι μαθητές της Α' Λυκείου απαντούν σε ποσοστά 18% (7/38) και 14% (11/38) αντίστοιχα, της Β' Λυκείου σε ποσοστά 3% (1/35) και 11% (4/35), ενώ της Γ' Λυκείου σε ποσοστά 49% (16/33) και 33% (11/33) αντίστοιχα. Αν εξαιρέσουμε τις απαντήσεις της Β' Λυκείου, παρατηρούμε ότι στους υπόλοιπους μαθητές διακρίνεται η χρήση του μοντέλου σειράς. Να σημειώσουμε πάντως τα μεγάλα ποσοστά μαθητών του Γυμνασίου 38% (30/78) στην πρώτη περίπτωση και 55% (43/78) στη δεύτερη περίπτωση και του Λυκείου 49% (51/104) στην πρώτη περίπτωση και 42% (44/104) στη δεύτερη περίπτωση, που δεν απάντησαν καν την ερώτηση, δείχνοντας ότι δεν διαθέτουν το απαραίτητο υπόβαθρο για να την αντιμετωπίσουν.

Από τις συνεντεύξεις έγινε φανερό ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν σε πολλές περιπτώσεις περίπου ως συνώνυμες τις έννοιες «ηλεκτρισμός», «ηλεκτρικό ρεύμα» και «ενέργεια». Θεωρούν προφανές ότι ένας παράγοντας που έπεται δεν μπορεί να επηρεάσει κάτι που προηγείται. Επίσης υπάρχει συγκεχυμένη στο μυαλό των μεγαλύτερων μαθητών η έννοια «τάση» την οποία επικαλούνται για να απαντήσουν, γεγονός που υποδεικνύει ότι τη συγκεκριμένη έννοια απλά την έχουν διδαχτεί αλλά ποτέ δεν την κατάλαβαν.

Λόγω της ιδιαιτερότητας των απαντήσεων που λάβαμε από τους μαθητές της Β' Λυκείου, επικεντρώσαμε ιδιαίτερη προσοχή σε αυτούς. Μετά από παρέμβαση διάρκειας μιας διδακτικής ώρας με τη χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών και μετά από εργασία σε ομάδες με φύλλα εργασίας, οι απαντήσεις των μαθητών της Β Λυκείου στο ίδιο ερωτηματολόγιο ήταν ιδιαίτερα βελτιωμένες (Γράφημα 1):

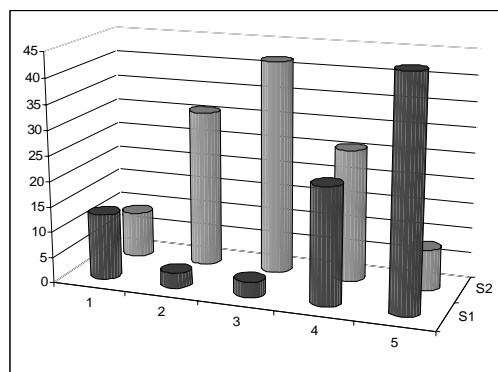
Ποσοστό 13% (4/31) των μαθητών εξακολουθεί να χρησιμοποιεί το μονοπολικό μοντέλο.

Ποσοστό 3% (1/31) των μαθητών χρησιμοποιεί το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων.

Ποσοστό 3% (1/31) των μαθητών χρησιμοποιεί το μοντέλο εξασθένησης.

Ποσοστό 23% (7/31) εξακολουθεί να χρησιμοποιεί το μεριστικό μοντέλο.

Ποσοστό 35% (11/31) των μαθητών προβλέπει ότι η φωτοβολία ενός λαμπτήρα θα μειωθεί όταν αυξηθεί η τιμή μιας αντίστασης που βρίσκεται είτε πριν από αυτήν είτε μετά από αυτήν.



Γράφημα 1: Ποσοστά των απαντήσεων πριν και μετά τις παρεμβάσεις

Ας σημειωθεί ότι, στις περιορισμένης χρονικής διάρκειας διδακτικές παρεμβάσεις, δεν υπήρ-

χε η δυνατότητα να καλυφθούν όλα τα θέματα που σχετίζονται με το ερωτηματολόγιο, γεγονός που αποτυπώνεται στις απαντήσεις των μαθητών σχετικά με το μονοπολικό μοντέλο και το μοντέλο εξασθένισης. Οι υπόλοιπες απαντήσεις ωστόσο αφήνουν να φανεί ότι η συντεταγμένη χρήση των Ν.Τ. μπορεί πέρα από το να ελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για την εκπαιδευτική διαδικασία, να προσφέρει σημαντικά θετικά αποτελέσματα. Θα πρέπει να σημειωθεί η ανάγκη για εξεύρεση/δημιουργία πληρέστερων λογισμικών. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν, αν και ιδιαίτερα φιλικά και εύχρηστα, είχαν συγκεκριμένες αδυναμίες οι οποίες αντιμετωπίστηκαν με την ταυτόχρονη χρήση διαφορετικών πακέτων.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ελάχιστοι από τους μαθητές γνώριζαν ότι από τη Δ.Ε.Η. αγοράζουμε ενέργεια και ότι η χρέωση είναι ανάλογη της καταναλισκόμενης ενέργειας. Κοινή πεποίθηση ήταν ότι καταναλώνεται ηλεκτρικό ρεύμα, και αυτό είναι που χρεώνεται στους λογαριασμούς.

Θα έπρεπε επίσης να σημειωθεί η εμφανής διαφοροποίηση στη συμμετοχή των μαθητών στις συνεντεύξεις, ανάλογα με την κατεύθυνση προέλευσής τους. Οι μαθητές της τεχνολογικής κατεύθυνσης είχαν μικρότερη διάθεση συμμετοχής σε σχέση με αυτούς της θετικής. Μεγάλο ποσοστό των μαθητών της θεωρητικής κατεύθυνσης είχε ιδιαίτερη δυσκολία να συμμετάσχει στις συζητήσεις, μη μπορώντας να χειριστεί σωστά έννοιες σχετικές με το ηλεκτρικό ρεύμα και συνέχιζε σε μεγάλο βαθμό να στηρίζει τις απαντήσεις του σε προϋπάρχουσες –μη σύμφωνες με τη σχολική εκδοχή- αντιλήψεις..

Συμπεράσματα

Παρατηρείται γενικά σημαντική συμφωνία ανάμεσα στα αποτελέσματα της έρευνάς μας και σε όσα καταγράφονται στη βιβλιογραφία για τις αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα.

Διαφαίνονται εναλλακτικές ιδέες των μαθητών όπως αυτές που αναφέρει ο Κασσέτας (2004), μοντέλα όπως τα παρουσιάζει ο Κόκκοτας (2002) και αναλυτικότερα όπως τα καταγράφει η Χρηστίδου (2001). Τα ποσοστά εμφάνισης των μοντέλων σε σχέση με την ηλικία των ερωτηθέντων ταιριάζουν με αυτά που αναφέρει η Driver (2000). Εξάιρεση αποτελούν οι απαντήσεις των μαθητών της Β' Λυκείου, ενδεχομένως λόγω του μικρού σχετικά δείγματος μαθητών.

Όπως αναφέρει και ο Agons (1992), τα μαθησιακά προβλήματα επιτείνονται από την απόσταση που υπάρχει μεταξύ των βαθύτερων φαινομένων και της άμεσης αντίληψης. Τα παρατηρούμενα φαινόμενα δεν συνδέονται εύκολα με τις αφηρημένες έννοιες του «ρεύματος» και της «ενέργειας». Οι μαθητές γνωρίζουν ότι οι μπαταρίες «αδειάζουν» και ότι «καταναλώνουμε» οικιακό ρεύμα, οπότε πιστεύουν ότι όντως «κάτι καταναλώνεται» και έτσι φαίνεται λογικό ότι καταναλώνεται ο ίδιος ο «ηλεκτρισμός». Επίσης, για τους μαθητές η έννοια της «διαφοράς δυναμικού» είναι συγκεχυμένη όταν συνδέεται και εφαρμόζεται σε ηλεκτρικά κυκλώματα.

Οι μαθησιακές δυσκολίες που εμφανίζονται στη μελέτη του ηλεκτρικού ρεύματος, τείνουν να συγκαλυφθούν πολύ γρήγορα και επιπόλαια σε μια σειρά εισαγωγικών μαθημάτων. Ως αποτέλεσμα, ελάχιστοι μαθητές (ακόμα και όσοι ακολουθούν θετική κατεύθυνση) κατανοούν τη φαινομενολογία απλών κυκλωμάτων. Όπως παραδέχθηκε η πλειοψηφία των μαθητών των δυο τελευταίων τάξεων του Λυκείου, δεν τους απασχόλησε ποτέ μια τέτοια βαθύτερη ενασχόληση με το ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς αυτή δεν εμπίπτει σε «ύλη πανελλαδικώς εξεταζόμενη». Παρά το γεγονός αυτό, και ιδιαίτερα με τη χρήση των εκπαιδευτικών λογισμικών, οι μαθητές έδειξαν ιδιαίτερα ενθουσιασμένοι, καθώς αρκετοί από αυτούς –κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων- αποσαφήνισαν σε ικανοποιητικό βαθμό έννοιες και καταστάσεις σχετικές με το ηλεκτρικό ρεύμα και το ηλεκτρικό κύκλωμα. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί η εκδήλωση ενδιαφέροντος και η κινητοποίηση μαθητών οι οποίοι γενικά δεν συμμετέχουν ιδιαίτερα ενεργά στις μαθησιακές διαδικασίες κατά την παραδοσιακή διδασκαλία.

Επιβεβαιώνεται η ανάγκη να κατευθυνθούν οι μαθητές στο να μελετούν προσεκτικότερα και συχνότερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τα βαθύτερα αίτια των φαινομένων και να ενταθεί το ενδιαφέρον τους για σχετικές ερωτήσεις και διερευνήσεις.

Μια διαδικασία που ίσως είναι αποτελεσματική είναι αρχικά η παρουσίαση (στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση) απλών κυκλωμάτων με αντιστάτες. Παρατηρώντας φαινόμενα που συμβαίνουν σε απλά κυκλώματα με αντιστάτες, αναπτύσσονται με ποιοτικό τρόπο οι προκαταρκτικές έννοιες «κύκλωμα», «ρεύμα», «αγωγός», «μονωτής» «αντίσταση» κ.ά. Κατόπιν, στο πλαίσιο αυστηρότερης μελέτης (δευτεροβάθμια εκπαίδευση), επανορίζονται, ποσοτικοποιούνται και συνδέονται οι ιδέες με την έννοια της διαφοράς δυναμικού. Ενδεχομένως, να είναι αποτελεσματική η παρουσίαση των κυκλωμάτων χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας η οποία είναι πιο κοντά στο μοντέλο εξασθένισης που χρησιμοποιούν οι μαθητές, παρά την έννοια «ηλεκτρικό ρεύμα» (Driver, 1985).

Θεωρούμε συνεπώς ότι η κατασκευή και μελέτη πραγματικών κυκλωμάτων στο εργαστήριο, είναι απαραίτητη στο Γυμνάσιο. Στο Λύκειο, με δεδομένο το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα (όπου προβλέπονται μόνο δυο σχετικές εργαστηριακές ασκήσεις), θεωρούμε ότι η χρήση σχετικών πακέτων λογισμικού μπορεί να διευκολύνει κατά πολύ το έργο του εκπαιδευτικού. Δίνεται η δυνατότητα, ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, να κατασκευαστούν και να μελετηθούν εικονικά κυκλώματα, στα οποία μπορούν να γίνουν οποιεσδήποτε αλλαγές και όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά βούληση και με ασφάλεια όργανα μέτρησης και πληθώρα «υλικών». Επιπρόσθετα, καθώς υπάρχει σχετικό λογισμικό ελεύθερης διανομής, προσφέρεται η δυνατότητα για κατ' οίκον εργασία των μαθητών, με κατάλληλα φύλλα εργασίας. Ενισχύεται έτσι η μαθησιακή διαδικασία, με αυξημένη δυνατότητα για πειραματισμό και διερεύνηση, και μεγαλύτερη δυνατότητα για συνεργασία, αναζήτηση, ανακάλυψη και διαπραγμάτευση εννοιών.

Επιγραμματικά, η έρευνά μας έδειξε ότι οι αναφερόμενες στη βιβλιογραφία αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό κύκλωμα επαληθεύονται και από το δείγμα που μελετήθηκε. Οι εννοιολογικές αλλαγές και η προσέγγιση του επιστημονικού μοντέλου δεν φαίνεται να επιτυγχάνονται σε ικανοποιητικό βαθμό, ακόμη και μετά το πέρας της δωδεκαετούς εκπαίδευσης. Αν και οι διδακτικές παρεμβάσεις που επιχειρήθηκαν με τη χρήση νέων τεχνολογιών φαίνεται να μπορούν να διευκολύνουν πολύ την αντιμετώπιση του προβλήματος, πιστεύουμε ότι απαιτείται συνολικότερη και σφαιρικότερη αντιμετώπιση μέσα από το αναλυτικό πρόγραμμα της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τους μαθητές μας για την πρόθυμη συμμετοχή τους στην έρευνά μας, καθώς και τους διευθυντές των σχολικών μονάδων μας, για την υποστήριξη και διευκόλυνση που μας παρέχουν.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Arons, A. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες* (κεφάλαιο 3, σελ. 45-72). Αθήνα: Τροχαλία-Ε.Ε.Φ..

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2000). Στο Κόκκοτας, Π., (Επιμ.), *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: τυπωθήτω.

Κασσέτας, Α., (2004). *Το Μήλο και το Κουάρκ*. Αθήνα: Σαββάλας.

Κόκκοτας, Π., (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος II*, (3^η έκδ.). Αθήνα: Ιδίου.

Κουμαράς Π., Ψύλλος Δ., Βαλασιάδης Ο., Ευαγγελινός Δ. (1990). «Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων», *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, τ. 13, 125-154.

Χρηστίδου, Β. (2001). Ηλεκτρισμός. Στο Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, τόμος Β', (μέρος Α, κεφάλαιο 3, σελ. 79-103). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.