

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης και
παραγωγή διδακτικού υλικού»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΒΡΑΜΗ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ
Αρ. Μητρώου: 03011 - Κατεύθυνση: Α΄

Αντιλήψεις παιδιών Δημοτικού σχολείου για τα απλά
ηλεκτρικά κυκλώματα και την παράλληλη σύνδεση.
Σχεδιασμός μιας διδακτικής παρέμβασης
με χρήση υπολογιστή.



Επιβλέπουσες καθηγήτριες: Ελένη Σταυρίδου, Χριστίνα Σολομωνίδου

ΒΟΛΟΣ 2007



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 3322/1
Ημερ. Εισ.: 27-03-2008
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
530.07
ΔΙΒ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού	8
1.1 Περίληψη	8
1.2 Αντιλήψεις παιδιών και ενηλίκων για το ρεύμα και τα απλά και σύνθετα ηλεκτρικά κυκλώματα	8
1.3 Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα, τη διαφορά δυναμικού και την αντίσταση	16
1.4 Χρήση μοντέλων, αναλογιών και μεταφορών για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού	19
1.5 Σχεδιασμός κι οργάνωση διδασκαλιών για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών μαθητών/ριών και φοιτητών/ριών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού	21
1.6 Σύνταξη νέων αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού	22
1.7 Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών	31
1.8 Ανάπτυξη εργαλείων για τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριών και των φοιτητών/ριών για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
Μέθοδος έρευνας	38
2.1 Περίληψη	38
2.2 Οι στόχοι της έρευνας	38
2.3 Υποθέσεις της έρευνας	39
2.4 Το πλαίσιο της έρευνας - Δείγμα	40

2.5	Το ερωτηματολόγιο	41
-----	-------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

	Αποτελέσματα της έρευνας – Συζήτηση	43
--	--	-----------

3.1	Περίληψη	43
3.2	Αντιλήψεις μαθητών/ριών για την έννοια του κυκλώματος και για το ρόλο που παίζει η μπαταρία στο κύκλωμα	43
3.3	Ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα	44
3.4	Απόψεις μαθητών/ριών για τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση)	46
3.5	Αντιλήψεις μαθητών/ριών για την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος και το ρόλο του διακόπτη στο κύκλωμα	48
3.6	Απόψεις μαθητών/ριών για τη σύνδεση και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών	49
3.7	Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ρόλο της πρίζας στην ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση και τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών	53
3.8	Αντιλήψεις μαθητών/ριών για το ρόλο της ασφάλειας στην ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση	55
3.9	Συμπεράσματα	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

	Προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας και σχεδίαση νέου εκπαιδευτικού υλικού	59
--	---	-----------

4.1	Περίληψη	59
4.2	Αναγκαιότητα σχεδιασμού μιας διδακτικής παρέμβασης σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης εποικοδομητικού τύπου	59
4.3	Η εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση	60
4.4	Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός	62

4.5	Συνεργατική μάθηση και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	63
4.6	Εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση υπολογιστή	64
4.7	Στόχοι και χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος	65
4.8	Δομή των φύλλων εργασίας	66
4.9	Διδακτικά υλικά και μέσα	66
4.10	Συμπεράσματα - προτάσεις	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1		
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ		87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2		
ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		92

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα ζούμε μέσα σε ένα τεχνολογικό περιβάλλον, στο οποίο τόσο οι ενήλικες όσο και τα παιδιά έρχονται σε καθημερινή επαφή με τις έννοιες, τα φαινόμενα και τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού. Σχεδόν όλα τα παιδιά χρησιμοποιούν καθημερινά διάφορες ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, όπως το ψυγείο, η τηλεόραση, το τηλέφωνο κ.ά., ενώ συχνά παρακολουθούν τους ενήλικες να χρησιμοποιούν άλλες συσκευές, όπως το σίδερο, η κουζίνα, η ηλεκτρική σκούπα, ο υπολογιστής κ.ά., που απαιτούν συγκεκριμένες δεξιότητες. Επιπρόσθετα, στις καθημερινές συζητήσεις στο σπίτι τα παιδιά ακούν συχνά εκφράσεις σχετικές με τις ηλεκτρικές συσκευές, το ηλεκτρικό ρεύμα, την ηλεκτρική ενέργεια, τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) κ.ά., γι' αυτό ο ηλεκτρισμός αποτελεί βασικό θέμα των Φυσικών Επιστημών που διδάσκονται τα παιδιά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Από τη δεκαετία του 1980 και μετά, σε χώρες του δυτικού κόσμου (π.χ. στην Αμερική, στον Καναδά, στη Μ. Βρετανία), διαμορφώθηκε η τάση «Φυσικές Επιστήμες – Τεχνολογία – Κοινωνία» (Science, Technology and Society, STS), ώστε να γίνει σύνδεση των Φυσικών Επιστημών με την κοινωνία και την τεχνολογία. Σύμφωνα με αυτήν την τάση, στις Φυσικές Επιστήμες δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην απόκτηση χρήσιμης και λειτουργικής γνώσης, δηλαδή στον επιστημονικό – τεχνολογικό αλφαριθμητισμό (scientific – technological literacy) (DeBoer, 2000) όλων των μαθητών/ριών (science for all), ώστε ως αυριανοί πολίτες να μπορούν να χειρίζονται κοινωνικά θέματα της καθημερινής ζωής, τα οποία έχουν επιστημονικές διαστάσεις και τους/ις επηρεάζουν άμεσα (UNESCO, 1993, Solomon, 1999, Hurd, 2000). Παράλληλα έχουν συνταχθεί αναλυτικά προγράμματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (όπως το πρόγραμμα SATIS στη Μ. Βρετανία που απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας 8 έως 14 ετών), τα οποία αποκαλούνται Science, Technology and Society (STS) curricula (Zoller et al., 1990, McGinn, 1991).

Στην Ελλάδα τα παιδιά στο Δημοτικό σχολείο διδάσκονταν για πολλά χρόνια για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα με μία λάμπα και μία μπαταρία και για ορισμένα στοιχεία από την ηλεκτρική εγκατάσταση στο σπίτι (Πιλάτου, 2003). Η διδασκαλία ήταν συνήθως παραδοσιακού τύπου, χωρίς τα παιδιά να έχουν τη δυνατότητα να πειραματίζονται με ηλεκτρολογικά υλικά (μπαταρίες, καλώδια, λαμπάκια, διακόπτες). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα παιδιά να μην μπορούν να συνδέσουν τη σχολική γνώση με φαινόμενα και καταστάσεις της καθημερινής τους ζωής. «Για παράδειγμα, τα παιδιά αν και χρησιμοποιούν καθημερινά μια ποικιλία ηλεκτρικών συσκευών, δε γνωρίζουν ότι οι συσκευές μέσα στο σπίτι συνδέονται όπως τα λαμπάκια του εργαστηρίου και δεν κατανοούν ότι οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές

συνδέονται μεταξύ τους, ακόμα και αν είναι τοποθετημένες σε διαφορετικά δωμάτια και ότι η σύνδεσή τους είναι παράλληλη.» (Πιλιάτου, 2003, σελ. 1-2).

Κατά το σχολικό έτος 2005-2006 στην ύλη των Φυσικών Επιστημών της Στ' Δημοτικού περιλαμβανόταν η διδασκαλία της παράλληλης σύνδεσης αντιστάσεων (ΥΠ.Ε.Π.Θ, 2005, βιβλίο για το μαθητή), ενώ από το σχολικό έτος 2006-2007 περιλαμβάνεται στην ύλη των Φυσικών Επιστημών της Ε' τάξης (ΥΠ.Ε.Π.Θ, 2006, τετράδιο εργασιών). Σχετικά με αυτό το θέμα έχουν γίνει διεθνώς λίγες έρευνες, οπότε δε γνωρίζουμε αρκετά για τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών Δημοτικού σχολείου αναφορικά με τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο εργαστήριο, τον τρόπο σύνδεσης και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών και το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης (Πιλιάτου & Σταυρίδου, 2003, Pilatou & Stavridou, 2004).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι αντιλήψεις και αναπαραστάσεις των μαθητών/ριών της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου, ηλικίας 12 ετών, που αφορούν στις έννοιες του *κυκλώματος* και του *ηλεκτρικού ρεύματος*, στη *σύνδεση* και στη *λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων* με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση), στον τρόπο λειτουργίας διαφόρων ηλεκτρολογικών υλικών (*μπαταρία, λάμπα, διακόπτης, καλώδια, πρίζα, ασφάλεια*) και *ηλεκτρικών οικιακών συσκευών* που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι, στην έννοια του *ανοιχτού* και *κλειστού κυκλώματος* και στο ρόλο του *διακόπτη*, της *πρίζας* και της *ασφάλειας*, στη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της *ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης*.

Τα θέματα που επιλέχθηκαν να μελετηθούν έχουν μεγάλη σημασία, γιατί τα παιδιά, ενώ χειρίζονται καθημερινά διάφορες ηλεκτρικές συσκευές, συναντούν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατανόηση και εμπέδωση αφηρημένων εννοιών, όπως για παράδειγμα *ρεύμα*, όταν ασχολούνται με τη βασική αυτή ενότητα της Φυσικής, δηλαδή τον Ηλεκτρισμό.

Κύριος στόχος της εργασίας αποτέλεσε, εκτός από την παραπάνω διερεύνηση, ο σχεδιασμός κατάλληλης διδακτικής παρέμβασης με βάση ένα σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης εποικοδομητικού τύπου.

Σ' αυτό το σημείο παρουσιάζονται τα μέρη από τα οποία αποτελείται η εργασία. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς και της ελληνικής βιβλιογραφίας. Αναφέρονται έρευνες που αφορούν στις εναλλακτικές ιδέες παιδιών και ενηλίκων για τα θέματα του ηλεκτρισμού που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, στο σχεδιασμό και στην οργάνωση διδασκαλιών για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών

των παιδιών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού, στη σύνταξη νέων αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού, καθώς επίσης και στην ανάπτυξη εργαλείων για τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριών και των φοιτητών/ριών για θέματα ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι στόχοι και οι υποθέσεις της έρευνας, αναλύονται τα μεθοδολογικά στοιχεία που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να διεξαχθεί η έρευνα και περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος που ακολουθήθηκε:

Στην έρευνα πήραν μέρος 33 παιδιά της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου, κατά το σχολικό έτος 2005-2006, τα οποία συμπλήρωσαν ένα γραπτό ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα 1), πριν από τη διδασκαλία της ενότητας του ηλεκτρισμού στο σχολείο, ώστε να καταγραφούν οι ιδέες τους για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Ακόμη, στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι ενότητες που είχαν διδαχθεί τα παιδιά στην Ε' δημοτικού σχετικά με έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι απαντήσεις που έδωσαν και τα σχήματα που έκαναν οι μαθητές/ριες ξεχωριστά σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου και διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους κρίθηκε αναγκαίο να μελετηθούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ριών της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και την παράλληλη σύνδεση και κατά συνέπεια να σχεδιαστούν στρατηγικές παρέμβασης και να συνταχθούν φύλλα εργασίας (βλ. Παράρτημα 2), με βάση ένα νέο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο στηρίζεται στη συστημική άποψη για τη διδασκαλία, καθώς και στις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και της συνεργατικής μάθησης. Στα φύλλα εργασίας οι μαθητές/ριες καλούνται να πραγματοποιήσουν εικονικά πειράματα με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. και διαφόρων προσομοιώσεων κι εφαρμογών (Java applets) από το Διαδίκτυο (Internet). Επίσης, αναλύεται ο ρόλος των λογισμικών που επιλέχθηκαν για τη διδασκαλία και τη μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού και διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού

1.1 Περίληψη

Διάφοροι/ες ερευνητές/ριες σε πολλές χώρες, όπως στη Γαλλία, στη Σουηδία, στη Γερμανία, στη Νέα Ζηλανδία, στη Μ. Βρετανία, στην Ολλανδία και στην Ελλάδα έχουν ερευνήσει τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και ενηλίκων για τον ηλεκτρισμό γενικότερα, καθώς και για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε απλά και σύνθετα ηλεκτρικά κυκλώματα ειδικότερα (Tiberghien & Delacôte, 1976, Andersson & Kärrqvist, 1979, von Rhöneck, 1981, Maichle, 1981, Osborne, 1981, 1982, 1983, Solomon et al., 1985, Shipstone et al., 1988, Psillos et al., 1988, Κουμαράς, 1989, Σολομωνίδου & Κακανά, 1998, Πιλάτου, 2003).

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς και της ελληνικής βιβλιογραφίας. Αναφέρονται έρευνες που αφορούν στις εναλλακτικές ιδέες παιδιών και ενηλίκων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το ρεύμα σε απλά και σύνθετα ηλεκτρικά κυκλώματα, τη διαφορά δυναμικού και τα διαγράμματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Κατόπιν, σχολιάζονται σύντομα έρευνες που ασχολήθηκαν με τη χρήση μοντέλων, αναλογιών και μεταφορών για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού.

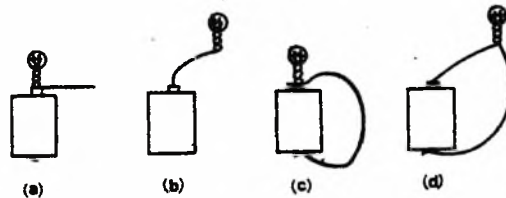
Επίσης, περιλαμβάνονται έρευνες αναφορικά με το σχεδιασμό και την οργάνωση διδασκαλιών για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού και τη σύνταξη νέων αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού.

Άλλες έρευνες που αναλύονται αφορούν στις εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών, καθώς επίσης και στην ανάπτυξη εργαλείων για τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριών και των φοιτητών/ριών για θέματα ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.

1.2 Αντιλήψεις παιδιών και ενηλίκων για το ρεύμα και τα απλά και σύνθετα ηλεκτρικά κυκλώματα

Έρευνες που έχουν διεξαχθεί στη Γαλλία (Tiberghien & Delacôte, 1976) και στη Νέα Ζηλανδία (Osborne, 1983) έδειξαν ότι μαθητές/ριες ηλικίας 8-12 ετών, πριν από τη

διδασκαλία, απέτυχαν να ανάψουν μία ασύνδετη λάμπα, όταν είχαν στη διάθεσή τους μπαταρία και καλώδια σύνδεσης. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και άλλες έρευνες (Andersson & Kärrqvist, 1979, Fredette & Lochhead, 1980) με απόφοιτους της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, οι οποίοι/ες επιχείρησαν συνδέσεις παρόμοιες με αυτές του παρακάτω σχήματος (Shipstone, 1985/1993, σελ.47):



Σχήμα 1

Ανασκόπηση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών και των ενηλίκων για τα ηλεκτρικά κυκλώματα έχει γίνει από το Shipstone (1985/1993), από την Driver και τους συνεργάτες της (1994, κεφ. 15), από τους Stocklmayer και Treagust (1996), από τους Chang, Liu και Chen (1998), καθώς επίσης και από τους Engelhardt και Beichner (2004).

Έχει αποδειχθεί ότι παιδιά 15-17 ετών διαφορετικών εθνικοτήτων σε διάφορες χώρες (Αγγλία, Γαλλία, Ολλανδία, Σουηδία και Γερμανία) θεωρούν ότι ο ηλεκτρισμός, το ρεύμα, η ισχύς ή κάτι άλλο είναι αποθηκευμένο στην πηγή και ρέει στο εξωτερικό κύκλωμα όπου και καταναλώνεται χωρίς να είναι σαφές τι ακριβώς εννοούν, ενώ η μπαταρία αντιμετωπίζεται σαν μια συσκευή (πηγή) που παρέχει συνεχές, σταθερό ρεύμα στο κύκλωμα (Maichle, 1981, McDermott & van Zee, 1984, Dupin & Joshua, 1987, Shipstone et al., 1988).

Τα παιδιά στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τα ηλεκτρικά φαινόμενα που αντιμετωπίζουν σχηματίζουν μία ποικιλία εννοιολογικών μοντέλων. Τα δημοφιλή εννοιολογικά μοντέλα (Osborne, 1981, 1983) που χρησιμοποιούν τα παιδιά ηλικίας 8-12 ετών μεμονωμένα ή σε συνδυασμό, ανάλογα με τις περιστάσεις, προσπαθώντας να εξηγήσουν το πώς αυτό που «καταναλώνεται» πηγαίνει από την «πηγή» στον «καταναλωτή» είναι τα εξής (Shipstone, 1985/1993, σελ.49):

1) Το **μονοπολικό μοντέλο** (the unipolar model).

Δεν υπάρχει ρεύμα στη διαδρομή επιστροφής, γιατί έχει χρησιμοποιηθεί όλο στη λάμπα.



Σχήμα 2

Το 1999 ο Kibble βρήκε ομοιότητες στις ιδέες μεταξύ δευτεροετών φοιτητών/ριών υποψήφιων δασκάλων (N=89) και μαθητών/ριών ηλικίας 9-11 ετών (N=117) από τους/ις οποίους/ες ζητήθηκε να σχεδιάσουν τι θα έβλεπαν στο εσωτερικό ενός καλωδίου ασύνδετου και ενός καλωδίου συνδεδεμένου σε κύκλωμα, αν γίνονταν πολύ μικροί/ές και εισχωρούσαν στο εσωτερικό αυτών. Τα σχέδια περιελάμβαναν τη φυσική δομή ενός καλωδίου και έδειχναν το ρεύμα σαν κίνηση φορτισμένων ή μη σωματιδίων ή σαν κυματώδη, σπινθηροβόλα αναταραχή. Μερικά παιδιά απέδωσαν στο ρεύμα ιδιότητες ζωντανών οργανισμών.

Το 1999 οι Borges και Gilbert διεξήγαγαν μια έρευνα στη Βραζιλία με μαθητές/ριες ηλικίας 15-18 ετών και επαγγελματίες που η καθημερινή τους ασχολία σχετιζόταν με τον ηλεκτρισμό. Στόχος τους ήταν η διερεύνηση των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν οι μαθητές/ριες και οι ενήλικες για τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος, τα οποία ήταν: Ο **ηλεκτρισμός σαν ροή** (το ρεύμα είναι «κάτι» που ρέει και καταναλώνεται από τη λάμπα), ο **ηλεκτρισμός σαν αντίθετα ρεύματα** (μοντέλο συγκρουόμενων ρευμάτων), ο **ηλεκτρισμός σαν κινούμενα φορτία** (το ρεύμα αποτελείται από ηλεκτρικά φορτία που κινούνται διαμέσου ενός αγωγού, ενώ το κύκλωμα δεν αποτελεί ένα σύστημα αλληλεπιδράσεων) και ο **ηλεκτρισμός σαν φαινόμενο πεδίου** (το ρεύμα αποτελείται από ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια που κινούνται κάτω από τη δράση της διαφοράς δυναμικού, ενώ το κύκλωμα αποτελεί ένα σύστημα αλληλεπιδράσεων). Επιπλέον, οι μαθητές/ριες έκαναν λόγο για τους κινδύνους του ηλεκτρισμού.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας των Borges και Gilbert (1999) φαίνεται ότι με την πάροδο του χρόνου τα δημοφιλή εννοιολογικά μοντέλα για το ρεύμα του Osborne (1981, 1983) υφίστανται αλλαγές και εξελίσσονται, ενώ παράλληλα τα άτομα υιοθετούν πιο πλούσιο λεξιλόγιο και χρησιμοποιούν πιο αφηρημένες έννοιες.

Ο στόχος μιας άλλης έρευνας που έλαβε χώρα στην Τουρκία (Sencar & Eryilmaz, 2004) ήταν να διερευνηθούν και να αναλυθούν οι πιθανοί παράγοντες των εναλλακτικών ιδεών μαθητών/ριών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (ninth grade), ηλικίας 15 ετών, για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, οι οποίοι εξαρτώνται από το φύλο. Μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας με θέμα τον ηλεκτρισμό δόθηκε ένα απλό τεστ σχετικό με την έννοια του ηλεκτρικού κυκλώματος (Simple Electric Circuit Concept Test, SECCT) σε 1678 παιδιά Γυμνασίου (764 αγόρια και 914 κορίτσια). Το τεστ περιελάμβανε θέματα τόσο με πρακτικό όσο και με θεωρητικό περιεχόμενο. Εκτός από το τεστ δόθηκε κι ένα ερωτηματολόγιο (Interest-Experience Questionnaire about Electricity, IEQ) για να μελετηθούν τα ενδιαφέροντα και οι εμπειρίες των παιδιών σχετικά με τον ηλεκτρισμό.

Τα αποτελέσματα του τεστ έδειξαν ότι γενικά η επίδοση των μαθητών/ριών ήταν σχετικά χαμηλή και ότι πολλοί/ές μαθητές/ριες είχαν εναλλακτικές ιδέες όταν ερμήνευαν ηλεκτρικά κυκλώματα. Όταν τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη στατιστική μέθοδο MANOVA και ακολούθως με τη μέθοδο ANOVAs παρατηρήθηκε μια διαφορά ως προς το φύλο για τα αγόρια σχετικά με την εξαρτημένη μεταβλητή της συνολικής βαθμολογίας στα 10 πρακτικά θέματα του τεστ. Αντίθετα, δεν υπήρχε καμία διαφορά ως προς το φύλο σχετικά με την εξαρτημένη μεταβλητή της συνολικής βαθμολογίας στα 6 θεωρητικά θέματα. Επιπρόσθετα, όταν τα ίδια δεδομένα αναλύθηκαν με τη στατιστική μέθοδο MANCOVA και ακολούθως με τη μέθοδο ANCOVAs, ελέγχοντας την ηλικία των μαθητών/ριών, καθώς επίσης και τα ενδιαφέροντα και τις εμπειρίες τους σχετικά με τον ηλεκτρισμό, αποδείχθηκε ότι η διαφορά ως προς το φύλο που είχε παρατηρηθεί οφειλόταν στη συνολική βαθμολογία στα πρακτικά θέματα του τεστ.

Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα που έγινε στην Τουρκία (Çerñi & Keleş, 2005) στόχος ήταν η διερεύνηση των εννοιολογικών μοντέλων που χρησιμοποιούν 250 μαθητές/ριες Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και φοιτητές/ριες, δηλαδή άτομα ηλικίας 11-22 ετών, για τα κυκλώματα με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά). Στην Τουρκία οι μαθητές/ριες διδάσκονται ηλεκτρισμό στο σχολείο από την έκτη τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και μετά, δηλαδή από ηλικία 12 ετών. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, από τα σχήματα που έκαναν και από τις εξηγήσεις που οι ίδιοι/ες έδωσαν για τα σχήματα αυτά. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε τόσο με ποιοτικές όσο και με ποσοτικές μεθόδους.

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι τα άτομα χρησιμοποιούν τα ίδια εννοιολογικά μοντέλα με αυτά που βρέθηκαν από μια άλλη έρευνα (Osborne, 1981, 1983). Συγκεκριμένα, οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες 11 ετών (σε ποσοστό 58%) που δεν είχαν διδαχθεί καθόλου ηλεκτρισμό στο σχολείο χρησιμοποίησαν το μονοπολικό μοντέλο, οι μαθητές/ριες 13 ετών χρησιμοποίησαν το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων σε ποσοστό 22% και το μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος ή το μεριστικό μοντέλο σε ποσοστό 24%. Το μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος ή το μεριστικό μοντέλο χρησιμοποίησαν οι μισοί μαθητές/ριες 16 ετών, οι φοιτητές/ριες 19 ετών σε ποσοστό 36% και οι φοιτητές/ριες 22 ετών σε ποσοστό 20%. Το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο χρησιμοποίησαν οι μαθητές/ριες 16 ετών σε ποσοστό 58%, οι φοιτητές/ριες 19 ετών σε ποσοστό 58% και οι φοιτητές/ριες 22 ετών σε ποσοστό 72%.

Οι Çerñi και Keleş υποστηρίζουν ότι τα αποτελέσματα της έρευνας οφείλονται στο γεγονός ότι στην καθημερινή ζωή τα παιδιά βλέπουν τις συσκευές να έχουν ένα καλώδιο

(χρήση του μονοπολικού μοντέλου). Άλλοι λόγοι είναι ότι ο χρόνος για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο είναι περιορισμένος, ο αριθμός των μαθητών/ριών σε κάθε τάξη είναι μεγάλος και κυρίως δεν υπάρχουν εργαστήρια, εγχειρίδια και υλικά για πειράματα. Εκτός απ' αυτά, ακολουθείται η παραδοσιακή μέθοδος διδασκαλίας, ενώ ο ρόλος των σχολείων έχει περιοριστεί στην προετοιμασία των μαθητών/ριών για τις εθνικές εξετάσεις από βαθμίδα σε βαθμίδα.

Η έρευνα που παρουσιάζεται στη συνέχεια έγινε στο Ισραήλ (Azaiza et al., 2006) και είχε στόχο τη διερεύνηση των ιδεών 220 μαθητών/ριών της τρίτης και τετάρτης τάξης του Δημοτικού σχολείου, ηλικίας 8-9 ετών, για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού πριν και μετά τη διδασκαλία στο σχολείο. Ειδικότερα, διερευνήθηκαν οι ιδέες των παιδιών για τον ηλεκτρισμό, για το ηλεκτρικό ρεύμα σε κύκλωμα με μία λάμπα και μια μπαταρία, καθώς επίσης και για τη σχέση του ηλεκτρισμού με μια σειρά από φυσικά φαινόμενα¹ που συμβαίνουν στη φύση. Στο Ισραήλ οι μαθητές/ριες διδάσκονται ηλεκτρισμό στο σχολείο από την τετάρτη τάξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και μετά, δηλαδή από ηλικία 9 ετών κατά το πρότυπο των Science, Technology and Society (STS) curricula (βλ. Εισαγωγή).

Οι μαθητές/ριες που πήραν μέρος στην έρευνα δεν είχαν την ίδια εθνικότητα και προέρχονταν από διαφορετικά κοινωνικά στρώματα, δηλαδή από αστικές και αγροτικές περιοχές με μητρική γλώσσα τα εβραϊκά (N=100), από μια μικρή πόλη με μητρική γλώσσα τα αραβικά (N=80) και από ένα χωριό Βεδουίνων με μητρική γλώσσα τα αραβικά (N=40).

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με δύο τρόπους: α) από προφορικές συνεντεύξεις με τους/ις μαθητές/ριες και β) από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών σε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο που περιείχε εννέα ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες όρισαν τον ηλεκτρισμό *«σαν την οντότητα που είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία διαφόρων συσκευών»*, τον χαρακτήρισαν σαν *«φωτιά»* κι έκαναν λόγο για τους κινδύνους που μπορεί να αντιμετωπίσουν. Σε παρόμοια αποτελέσματα είχαν καταλήξει παλιότερα και άλλες έρευνες (Solomon et al., 1985, Oldham et al., 1986, Borges & Gilbert, 1999). Άλλη ιδέα που είχαν τα παιδιά για τον ηλεκτρισμό ήταν ότι *«ρέει»*, *«μοιάζει με ρεύμα μαύρου νερού»* και ότι *«στον ηλεκτρισμό ή στο στατικό ηλεκτρισμό οφείλεται το ηλεκτρικό ρεύμα»*. Ακόμη απέδωσαν ιδιότητες μαγνητισμού στην ηλεκτροστατική έλξη και όρισαν τον ηλεκτρισμό σαν *«το μαγνήτη που έλκει»* ή σαν *«φορτίο που έλκει»*.

¹ Τα φυσικά φαινόμενα αφορούσαν στον κεραυνό και στην αστραπή, στο φαινόμενο του βιοφωτισμού στα ψάρια, στο φαινόμενο της κίνησης ενός φυτού (shy lady) όταν πλησιάζουμε το δάχτυλό μας, στα φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού στα μαλλιά και στα ρούχα, στο ανθρώπινο νευρικό σύστημα, στη ζωή και στο θάνατο.

Συνοπτικά, αναφέρουμε ότι ο ηλεκτρισμός συσχετίστηκε με τα φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με φωτιά, φως, θόρυβο, ήχο και κίνηση. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αρκετοί/ές αραβόφωνοι/ες μαθητές/ριες (προφανώς λόγω του πολιτισμικού τους υπόβαθρου) απέδωσαν τον ηλεκτρισμό στο Θεό και τον όρισαν σαν την «*ψυχή*» των πραγμάτων. Αυτή η ιδέα δεν παρατηρήθηκε καθόλου στους/ις Εβραίους/ες μαθητές/ριες και μετά τη διδασκαλία είχε εκλείψει εντελώς.

Σχετικά με τα μοντέλα του ηλεκτρικού ρεύματος, πριν τη διδασκαλία, σε όλες τις ομάδες του δείγματος παρατηρήθηκε το μονοπολικό μοντέλο, αλλά με πολύ υψηλό ποσοστό (90%) στους/ις αραβόφωνους/ες μαθητές/ριες. Μετά τη διδασκαλία, οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες χρησιμοποίησαν κλειστά κυκλώματα και το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, όμως μερικοί/ές σχεδίασαν ρεύμα μόνο στο ένα καλώδιο. Η ιδέα της ροής του ρεύματος κατά μία κατεύθυνση σε όλο το μήκος του κυκλώματος εμφανίστηκε σε μεγάλο ποσοστό στους/ις Εβραίους/ες μαθητές/ριες σε αντίθεση με το ένα τρίτο των αραβόφωνων μαθητών/ριών που παρέμεινε προσκολλημένο στο μονοπολικό μοντέλο. Λίγοι/ες Εβραίοι/ες μαθητές/ριες υποστήριξαν ότι η ποσότητα του ρεύματος διατηρείται κατά μήκος του κυκλώματος. Μερικούς μήνες μετά τη διδασκαλία οι αραβόφωνοι/ες μαθητές/ριες βελτίωσαν από επιστημονική άποψη τα εννοιολογικά τους μοντέλα για το ρεύμα.

Σε παρόμοια αποτελέσματα είχε καταλήξει παλιότερα και μια άλλη έρευνα στο Ισραήλ (Saphady, 2000), σύμφωνα με την οποία το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων και η ιδέα της «κατανάλωσης» του ρεύματος υποστηρίχθηκαν από μαθητές/ριες 13 ετών.

Μετά το τέλος της έρευνας, η ομάδα των Azaiza et al. κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι εκπαιδευτικοί, κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους το πολιτισμικό, κοινωνικό, οικονομικό και θρησκευτικό υπόβαθρο των μαθητών/ριών, γιατί από αυτό επηρεάζεται η μάθηση.

Αντικείμενο της έρευνας των Planinic et al. (2006) που πραγματοποιήθηκε στην Κροατία ήταν οι εναλλακτικές ιδέες 170 μαθητών/ριών της πρώτης και τρίτης τάξης του Γυμνασίου. Οι μαθητές/ριες συμπλήρωσαν ένα εννοιολογικό τεστ και αξιολογήθηκαν ως προς δύο θέματα φυσικής: τους νόμους του Newton (Newtonian dynamics) και τα απλά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Εκτός από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές/ριες στα ερωτήματα του τεστ, επιπλέον υπέδειξαν την αυτοπεποίθησή τους σε κάθε απάντηση, δηλαδή κατά πόσο πίστευαν ότι η απάντησή τους ήταν σωστή. Οι συγκρίσεις έγιναν ως προς τη δυσκολία του κάθε ερωτήματος και την αυτοπεποίθηση του/ης κάθε μαθητή/ριας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές/ριες έχουν για τους νόμους του Newton πιο εδραιωμένες εναλλακτικές ιδέες σε σχέση με τα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, για τα οποία

οι μαθητές/ριες έχουν πιο χαμηλή αυτοπεποίθηση τόσο στις σωστές όσο και στις λανθασμένες απαντήσεις. Ακόμη διαπιστώθηκε και στις δυο ομάδες μαθητών/ριών μια συστηματική και στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μέσης αυτοπεποίθησης στους νόμους του Newton και στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος.

1.3 Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα, τη διαφορά δυναμικού και την αντίσταση

Μια έρευνα με δείγμα 145 μαθητές/ριες ηλικίας 15-18 ετών και 21 δασκάλους/ες (Cohen et al., 1983) έδειξε ότι δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο ρεύμα και όχι στη διαφορά δυναμικού που είναι η αιτία της ροής του ρεύματος. Επιπλέον, η μπαταρία αντιμετωπίζεται σαν μια συσκευή που παρέχει συνεχές, σταθερό ρεύμα στο κύκλωμα. Κάθε στοιχείο αντιμετωπίζεται ξεχωριστά χωρίς να θεωρείται ότι το κύκλωμα αποτελεί ένα ενιαίο σύστημα αλληλεπιδρώντων στοιχείων.

Σε μια έρευνα ζητήθηκε από φοιτητές/ριες υποψήφιους/ες φυσικούς και μαθητές/ριες Λυκείου να παρατηρήσουν μια σειρά από διαγράμματα κυκλωμάτων και να εξηγήσουν την ένταση του ρεύματος σε δύο διαφορετικά σημεία σε κάθε κύκλωμα (Joshua, 1984). Διαπιστώθηκε ότι τα άτομα ερμηνεύουν τα διαγράμματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων σαν μεταφορικές αναπαραστάσεις ενός «*συστήματος σωλήνων*» μέσα από τους οποίους περνάει το ρεύμα σαν ροή, το οποίο ονομάζουν ηλεκτρισμό, ενώ σπάνια αναφέρονται στη διαφορά δυναμικού. Ακόμη, οι αναπαραστάσεις που από φυσική άποψη είναι ίδιες, ερμηνεύονται σαν διαφορετικές και το αντίστροφο και κάθε στοιχείο του κυκλώματος θεωρείται ότι έχει συγκεκριμένη λειτουργία.

Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι στα διαγράμματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων οι μαθητές/ριες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αναγνώριση των δύο τρόπων συνδέσεων (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση) (Caillot, 1984, McDermott & Shaffer, 1992).

Στην Ελλάδα μια έρευνα που διεξήχθη με μαθητές/ριες ηλικίας 13-15 ετών (Psillos et al., 1988) έδειξε ότι σχεδόν όλοι/ες γνώριζαν τον όρο βολτ (volt), ο δεύτερος δημοφιλής όρος ήταν το Κιλοβάτ (Kilowatt), ενώ λίγοι/ες ανέφεραν το αμπέρ (ampere), άμεσα επηρεασμένοι/ες από το τεχνολογικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν. Σχετικά με την μπαταρία, αυτή αντιμετωπίζεται σαν μια συσκευή αναφοράς για την ιδέα της τάσης ή σαν υποδοχέας του ρεύματος, της ενέργειας ή του ηλεκτρισμού. Ορισμένοι/ες μαθητές/ριες θεωρούν ότι η τάση είναι μια μονάδα μέτρησης του ρεύματος, της ενέργειας ή του ηλεκτρισμού.

Οι ίδιοι/ες ερευνητές/ριες πρότειναν ένα διδακτικό μοντέλο για τη διδασκαλία της έννοιας της τάσης στο Γυμνάσιο. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους/ις μαθητές/ριες να προβλέψουν, να συγκρίνουν και να ερμηνεύσουν τη φωτοβολία των λαμπών, καθώς και τις μετρήσεις του βολτόμετρου και του αμπερόμετρου σε κυκλώματα όπου οι λάμπες και οι μπαταρίες ήταν συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα. Οι ερευνητές/ριες θεωρούν ότι κατά τη διδασκαλία η έννοια της τάσης πρέπει να εισαχθεί ως πρωταρχική ιδέα, ενώ παράλληλα πρέπει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των εννοιών του ρεύματος και της τάσης, καθώς και μεταξύ της τάσης και της ενέργειας.

Σε μια άλλη παρόμοια έρευνα ζητήθηκε από 29 παιδιά ηλικίας 8-9 ετών της τετάρτης τάξης του Δημοτικού σχολείου, τα οποία είχαν ασχοληθεί με θέματα ηλεκτρισμού στην προηγούμενη τάξη, πρώτα να σχεδιάσουν διαγράμματα κυκλωμάτων με μία λάμπα και μία μπαταρία, ώστε να ανάβει η λάμπα και μετά να παρατηρήσουν διαγράμματα κυκλωμάτων και να προσπαθήσουν να προβλέψουν σε ποιο ή σε ποια απ' αυτά θα άναβε η λάμπα ή όχι (Parker & Heywood, 1996). Αποδείχθηκε ότι τα παιδιά δίνουν τις δικές τους εξηγήσεις, όταν ασχολούνται με τη συναρμολόγηση απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων, δε σχεδιάζουν τη διαδρομή των καλωδίων στο εσωτερικό της λάμπας, χρειάζονται χρόνο για να τροποποιήσουν τις ιδέες τους και τέλος, λίγα παιδιά έχουν την ιδέα ενός κλειστού κυκλώματος. Σύμφωνα με τους/ις ερευνητές/ριες από τα διαγράμματα παίρνουμε περιορισμένες πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο σκέπτονται τα παιδιά.

Σε μια έρευνα που έλαβε χώρα στη Γαλλία (Liégeois & Mullet, 2002, Liégeois et al., 2003) διερευνήθηκαν οι ιδέες 100 μαθητών/ριών (59 κορίτσια, 41 αγόρια) Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης όγδοης ως δωδέκατης τάξης (8th – 12th graders) για τη διαφορά δυναμικού και την αντίσταση. Στόχος της έρευνας ήταν να διαπιστωθεί κατά πόσο οι μαθητές/ριες κατανοούν τις σχέσεις μεταξύ της διαφοράς δυναμικού, του ρεύματος και της αντίστασης, ώστε να είναι σε θέση να προβλέψουν τις ενδείξεις ενός βολτόμετρου ή την τιμή μιας αντίστασης. Οι μαθητές/ριες και οι περισσότεροι/ες ενήλικες πιστεύουν ότι οι αντιστάσεις είναι πηγές θερμότητας ή φωτός (Cohen et al., 1983). Αυτό οφείλεται στο γεγονός της χρήσης των λαμπτήρων και των σωμάτων θέρμανσης στην καθημερινή ζωή.

Στους/ις μαθητές/ριες δόθηκαν 12 κάρτες για τη διαφορά δυναμικού και 18 κάρτες για την αντίσταση πριν και μετά τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού στο σχολείο. Σε κάθε κάρτα απεικονιζόταν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Κάτω από το κύκλωμα υπήρχε μία κλίμακα. Στις 12 κάρτες αριστερά της κλίμακας υπήρχε η ένδειξη «Καμία διαφορά δυναμικού» και δεξιά «Υψηλή διαφορά δυναμικού». Στις 18 κάρτες αριστερά της κλίμακας υπήρχε η ένδειξη «Καθόλου αντίσταση» και δεξιά «Υψηλή αντίσταση». Η διαδικασία περιελάμβανε δύο

φάσεις. Στην πρώτη φάση οι κάρτες παρουσιάστηκαν σε τυχαία σειρά και οι μαθητές/ριες συμπλήρωσαν τις κλίμακες. Στο τέλος της φάσης σύγκριναν τις απαντήσεις τους και είχαν τη δυνατότητα να τις αλλάξουν. Στη δεύτερη φάση δόθηκε ένας μεγαλύτερος αριθμός καρτών, ακολουθήθηκε παρόμοια πορεία με την πρώτη φάση, όμως οι μαθητές/ριες δεν είχαν τη δυνατότητα να συγκρίνουν τις απαντήσεις τους. Κάθε μαθητής/ρια δούλευε ατομικά με το δικό του/ης ρυθμό σε ένα ήσυχο δωμάτιο στο σχολείο.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι μαθητές/ριες κατά την εκτίμηση της διαφοράς δυναμικού αγνόησαν το δεδομένο που τους δόθηκε για την αντίσταση και έλαβαν υπόψη τους κατευθείαν μόνο το δεδομένο για το ρεύμα (ποσά ανάλογα). Ακόμη, οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες έλαβαν υπόψη τους τη θέση του αμπερόμετρου και το δεδομένο για το ρεύμα. Τέλος, διαπιστώθηκε ότι 20% των μαθητών/ριών, τουλάχιστον μία φορά, εφάρμοσαν μία σχέση αντιστρόφως αναλόγων ποσών κατά την εκτίμηση της διαφοράς δυναμικού παίρνοντας υπόψη το δεδομένο του ρεύματος.

Όσον αφορά στην αντίσταση, πριν τη διδασκαλία, 68 μαθητές/ριες έλαβαν υπόψη τους τη διαφορά δυναμικού με σωστό τρόπο (ποσά ανάλογα), ενώ 45 μαθητές/ριες έλαβαν υπόψη τους το δεδομένο για το ρεύμα με λανθασμένο τρόπο, θεωρώντας τα ποσά ανάλογα.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η μάθηση στο σχολείο δε φάνηκε να είχε τροποποιήσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ριών, γιατί οι απαντήσεις τους πριν και μετά τη διδασκαλία ήταν παρόμοιες.

Παίρνοντας υπόψη αυτά τα αποτελέσματα η ίδια ερευνητική ομάδα στηρίχθηκε σε δεδομένα της Γνωστικής Ψυχολογίας για να εφαρμόσει μια απλή μαθησιακή τεχνική (Liégeois et al., 2003) με βάση τη Θεωρία της Κοινωνικής Κρίσης (Social Judgment Theory, SJT), η οποία εστιάζει στις σχέσεις μεταξύ των παραγόντων και των κατάλληλων συνδυασμών των κανόνων και ονομάζεται λειτουργική μάθηση (functional learning).

Το δείγμα αποτέλεσαν τρεις ομάδες 31 ατόμων (18 αγόρια, 13 κορίτσια): μία ομάδα μαθητών/ριών ένατης τάξης, μία ομάδα μαθητών/ριών έβδομης τάξης που δεν είχαν διδαχθεί καθόλου ηλεκτρισμό και μία ομάδα ενηλίκων τεχνικών επαγγελματιών.

Η υπόθεση της έρευνας ήταν ότι με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής τα άτομα θα γίνονταν ικανά να προβλέπουν σε λίγα λεπτά τη διαφορά δυναμικού με βάση τα δεδομένα του ρεύματος και της αντίστασης και ότι αυτού του είδους η μάθηση-ικανότητα θα διαρκούσε αρκετές εβδομάδες μετά τις αρχικές συνεδρίες μάθησης.

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε και η διαδικασία που ακολουθήθηκε (διάρκειας 45 - 60 λεπτών) ήταν παρόμοια με αυτά της προηγούμενης έρευνας (Liégeois & Mullet, 2002). Στις φάσεις μάθησης χρησιμοποιήθηκε μία ομάδα 35 καρτών στις οποίες απεικονίζονταν

διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα και στις φάσεις ελέγχου της αποτελεσματικότητας της τεχνικής μια ομάδα 18 καρτών.

Από την ανάλυση των δεδομένων όχι μόνο επαληθεύτηκε η υπόθεση της έρευνας, αλλά διαπιστώθηκε ακόμη ότι οι μαθητές/ριες της έβδομης τάξης που δεν είχαν διδαχθεί καθόλου ηλεκτρισμό έμαθαν να προβλέπουν τη διαφορά δυναμικού όπως και τα άλλα άτομα.

1.4 Χρήση μοντέλων, αναλογιών και μεταφορών για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού

Για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές μελέτες το **υδραυλικό μοντέλο** ή μοντέλο νερού ή υδραυλικό ανάλογο ή αναλογία του νερού. Οι διδασκαλίες έγιναν με μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (4 έρευνες), με φοιτητές/ριες υποψήφιους/ες δασκάλους/ες (1 έρευνα), με εν ενεργεία εκπαιδευτικούς (1 έρευνα), με παιδιά προσχολικής ηλικίας (1 έρευνα) και με μαθητές/ριες Δημοτικού σχολείου (2 έρευνες) (Smith & Wilson, 1978, Bullock, 1979, Black & Solomon, 1987, Jabin & Smith, 1994, Newton & Newton, 1996, Heywood & Parker, 1997, Schwedes & Dudeck, 1996, Schwedes, 2001, Κουμαράς, 2002, Περδίκης & Κουμαράς, 2002).

Σε ορισμένες από τις διδασκαλίες που αναφέρθηκαν, αλλά και σε μερικές άλλες χρησιμοποιήθηκαν περισσότερες από μία αναλογίες όπως: η **αναλογία του νερού**, η **κίνηση των ηλεκτρονίων** ή φορτισμένων σωματιδίων, το **μοντέλο του «φανταστικού τρένου»**, τα **κινούμενα αυτοκινητάκια με φορτίο**, οι **κινούμενες σταγόνες**, το **ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα**, η **αναλογία ενός παιχνιδιού ρόλων** και η **αναλογία της αλυσίδας του ποδηλάτου** με σκοπό να διαπιστωθεί ποια ή ποιες αναλογίες έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Bullock, 1979, Black & Solomon, 1987, Dupin & Joshua, 1989, Jabin & Smith, 1994, Heywood & Parker, 1997, Summers et al., 1998).

Οι Bullock (1979) και Black και Solomon (1987) θεωρούν ότι το μοντέλο που αφορά στη ροή των ηλεκτρονίων είναι πιο αποτελεσματικό σε σύγκριση με την αναλογία του νερού. Επιπρόσθετα και άλλοι/ες ερευνητές/ριες καταλήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα, δηλαδή ότι το μοντέλο του «φανταστικού τρένου» (Dupin & Joshua, 1989), η αναλογία της αλυσίδας του ποδηλάτου (Summers et al., 1998), το ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα και η αναλογία ενός παιχνιδιού ρόλων (Heywood & Parker, 1997) είναι πιο αποτελεσματικά από την αναλογία του νερού.

Στόχος μιας άλλης έρευνας (Gutwill et al., 1999), που έγινε στην Αμερική, ήταν η διερεύνηση της γνωστικής και παιδαγωγικής επίδρασης που έχει η διδασκαλία πολλαπλών

μοντέλων ενός συγκεκριμένου φαινομένου σε μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Ειδικότερα, οι ερευνητές/ριες δημιούργησαν διαφορετικά μοντέλα στατικού ηλεκτρισμού, συνέδεσαν τους μηχανισμούς και τις αναπαραστάσεις τους (διαγράμματα), μέσω ενός απλού νοητικού μετασχηματισμού (mental transformation) και μετά μέτρησαν τις επιδράσεις αυτών των συνδέσεων στην περαιτέρω μάθηση της συμπεριφοράς των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Τα μοντέλα μετατράπηκαν σε προσομοιώσεις με τη χρήση υπολογιστή και παρουσιάστηκαν σαν απλοποιημένες περιγραφές πραγματικών φαινομένων και όχι σαν αναλογίες μεταξύ πραγματικών και σχετικών φαινομένων.

Η κύρια υπόθεση της έρευνας ήταν ότι τα μοντέλα με τις συνδέσεις (στην έρευνα ονομάζονται «coordinated models») θα ήταν πιο κατανοητά και αποτελεσματικά σε σύγκριση με τα απλά μοντέλα χωρίς συνδέσεις (στην έρευνα ονομάζονται «noncoordinated models»).

Στην έρευνα συμμετείχαν 62 μαθητές/ριες, ηλικίας 15-17 ετών, διαφορετικών εθνικοτήτων από δύο σχολεία Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης της περιοχής του κόλπου του Σαν Φραντσίσκο. Οι μαθητές/ριες ήταν δέκατης ή ενδέκατης τάξης, είχαν παρακολουθήσει μαθήματα Χημείας και Άλγεβρας, αλλά όχι Φυσικής και πληρώθηκαν για το χρόνο που διέθεσαν. Πριν την έρευνα συμπλήρωσαν δύο τεστ (pretests) (διάρκειας μίας ώρας), προκειμένου να χωριστούν σε δύο πειραματικές ομάδες και σε δύο ομάδες ελέγχου. Το ένα τεστ (Algebra pretest) είχε στόχο την αξιολόγηση των αλγεβρικών δεξιοτήτων των μαθητών/ριών και το άλλο (Batteries and Bulbs pretest) την αξιολόγηση της κατανόησης που έχουν οι μαθητές/ριες για τις σχέσεις που διέπουν τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα. Αφού χωρίστηκαν σε ομάδες, οι μαθητές/ριες συμπλήρωσαν κι ένα τρίτο τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (Relative Brightness test) σχετικά με τη φωτεινότητα των λαμπτήρων σε διάφορους συνδυασμούς ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Στο επόμενο στάδιο, οι μαθητές/ριες εργάστηκαν σε ζευγάρια του ίδιου φύλου για 2 εβδομάδες, προκειμένου να μάθουν ποιοτικά και ποσοτικά μοντέλα στατικού ηλεκτρισμού και θεωρία απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Τα μέσα που χρησιμοποίησαν ήταν ένα εγχειρίδιο, ένας/μία βιντεοσκοπημένος/η εκπαιδευτικός που έθετε ερωτήματα κι έδινε εξηγήσεις, καθώς και προσομοιώσεις με τη βοήθεια υπολογιστή. Η εργασία δύο ζευγαριών από κάθε ομάδα βιντεοσκοπήθηκε. Οι μαθητές/ριες ακολούθησαν την επιστημονική μεθοδολογία με βάση τον «Κύκλο Έρευνας» (Inquiry Cycle) του White (1993), ο οποίος περιλαμβάνει τα εξής στάδια: της Ερώτησης, της Πρόβλεψης, της Προσομοίωσης, της Ερμηνείας και της Εφαρμογής. Σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα, μέσω της γνωστικής σύγκρουσης, οι μαθητές/ριες οικοδόμησαν νοητικά αιτιολογικά μοντέλα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Μετά το τέλος της διαδικασίας οι μαθητές/ριες απάντησαν σε έξι τεστ (posttests). Δύο από αυτά ήταν ίδια με τα τεστ που συμπλήρωσαν πριν από τη διαδικασία (pretests), τα οποία αφορούσαν στον ηλεκτρισμό. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με τις στατιστικές μεθόδους ANCOVA και ANOVAs και έδειξαν ότι η υπόθεση της έρευνας δεν επαληθεύτηκε, γιατί οι μαθητές/ριες οικοδόμησαν τις δικές τους συνδέσεις μεταξύ των απλών μοντέλων (noncoordinated models). Οι ερευνητές/ριες υποστηρίζουν ότι τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών όχι μόνο θα πρέπει να είναι λογικά και συνεκτικά, αλλά και να περιέχουν γνωστικές προκλήσεις, οι οποίες να οδηγούν τους/ις μαθητές/ριες στην οικοδόμηση των δικών τους συνδέσεων μεταξύ των μοντέλων.

Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα (Chiu & Lin, 2005) που έγινε στην Ταϊβάν, χρησιμοποιήθηκαν **πολλαπλές αναλογίες** (multiple analogies) σαν «σκαλωσιά» (scaffolding), προκειμένου να διερευνηθεί πώς οι πολλαπλές αναλογίες επηρεάζουν τη μάθηση μιας πολύπλοκης επιστημονικής έννοιας: του ηλεκτρικού κυκλώματος.

Κατά τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση) χρησιμοποιήθηκαν αναλογίες και κατάλληλο διδακτικό υλικό. Οι 32 μαθητές/ριες της τετάρτης τάξης που πήραν μέρος στην έρευνα χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις ομάδες. Στην πρώτη ομάδα (ομάδα ελέγχου) δε χρησιμοποιήθηκαν αναλογίες (nonanalogy), στη δεύτερη ομάδα χρησιμοποιήθηκε μία αναλογία (single analogy), στην τρίτη ομάδα χρησιμοποιήθηκαν παρόμοιες αναλογίες (similar analogies) και στην τέταρτη ομάδα χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικές αναλογίες (complementary analogies), σύμφωνα πάντα με το διδακτικό υλικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση αναλογιών όχι μόνο προάγει τη βαθιά κατανόηση πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών, όπως ο ηλεκτρισμός, αλλά επίσης βοηθάει τους/ις μαθητές/ριες να τροποποιήσουν τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν γι' αυτές τις έννοιες.

1.5 Σχεδιασμός κι οργάνωση διδασκαλιών για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών μαθητών/ριών και φοιτητών/ριών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού

Οι Arnold και Millar (1987, 1988) υποστήριζαν ότι ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά ηλικίας 11-12 ετών διδάσκονται ηλεκτρισμό στο σχολείο, δηλαδή με απλοποιημένα κυκλώματα δε συμβάλλει στη σύνδεση μεταξύ σχολικής γνώσης και καθημερινής ζωής, γι' αυτό σχεδίασαν 6 μαθήματα (70 λεπτών το καθένα) με βάση τα χαρακτηριστικά της συνεργατικής μάθησης και την εποικοδομητική θεωρία για τη διδασκαλία και τη μάθηση.

Πριν από τη διεξαγωγή των διδασκαλιών πραγματοποιήθηκαν προσωπικές συνεντεύξεις για να διερευνηθούν οι ιδέες 17 παιδιών για τον ηλεκτρισμό. Από τις

συνεντεύξεις φάνηκε ότι ο όρος «ηλεκτρικό ρεύμα» χρησιμοποιείται σαν ομπρέλα όρων, ενώ τα περισσότερα παιδιά συγχέουν τις έννοιες του ρεύματος, της δύναμης και της ενέργειας. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά έχουν την τάση να πιστεύουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δε διατηρείται, αλλά καταναλώνεται διαδοχικά κατά μήκος των στοιχείων που συνθέτουν το κύκλωμα (sequence model).

Αντικείμενο των διδασκαλιών ήταν η διπολικότητα, ο κανόνας του κλειστού κυκλώματος, το κυκλικό μοντέλο του ρεύματος, η διάκριση μεταξύ ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικού ρεύματος, η διατήρηση του ρεύματος και η σχέση μεταξύ ρεύματος και αντίστασης. Τα κυκλώματα με διακλάδωση και η έννοια της τάσης δε διδάχτηκαν γιατί σύμφωνα με τους Arnold και Millar η έννοια της τάσης πρέπει να εισάγεται στη διδασκαλία μετά την έννοια του ρεύματος.

Μια εβδομάδα μετά το τέλος των διδασκαλιών πραγματοποιήθηκαν και πάλι συνεντεύξεις από τις οποίες διαπιστώθηκε ότι η εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Στόχος της εργασίας της Saxena (1992) ήταν η ανάπτυξη μιας διδακτικής προσέγγισης με πειραματικές δραστηριότητες και καθοδηγούμενη έρευνα για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των ατόμων για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Το δείγμα της έρευνας ήταν 25 προπτυχιακοί/ές φοιτητές/ριες υποψήφιοι/ες δάσκαλοι/ες, ηλικίας 19-20 ετών. Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση οι φοιτητές/ριες απάντησαν σε ένα αρχικό γραπτό ερωτηματολόγιο, στη δεύτερη φάση έλεγξαν πειραματικά τις απαντήσεις που είχαν δώσει εργαζόμενοι/ες σε μικρές ομάδες και στην τρίτη φάση απάντησαν σε ένα τελικό γραπτό ερωτηματολόγιο. Στο τέλος πραγματοποιήθηκε συζήτηση σε όλη την τάξη.

Τα αποτελέσματα των ερευνητικών δεδομένων έδειξαν ότι ο πειραματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών/ριών, όμως η χρήση του είχε αρκετούς περιορισμούς στη συγκεκριμένη έρευνα. Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές/ριες απέτυχαν να λύσουν παρόμοια προβλήματα, γιατί ο χρόνος πειραματισμού ήταν λίγος και η έλλειψη καθοδήγησης κατά την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων τους/ις δυσκόλεψε αρκετά.

Μια άλλη ερευνήτρια η Vickery (1995) προσπάθησε να διαπιστώσει αν θέματα όπως η έννοια του κυκλώματος και η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα μπορούν να διδαχθούν σε μαθητές/ριες ηλικίας 5-7 ετών (key-stage 1), δηλαδή στην πρώτη βαθμίδα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης της Αγγλίας ή σε μαθητές/ριες ηλικίας 7-11 ετών (key-stage 2), δηλαδή στη δεύτερη βαθμίδα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης της Αγγλίας.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε διάστημα 20 ημερών και συμμετείχαν 6 μαθητές/ριες από τη δευτέρα τάξη του Δημοτικού σχολείου, 6 από την τετάρτη τάξη και 6 από την έκτη τάξη. Οι μαθητές/ριες κάθε τάξης αποτέλεσαν μια ομάδα, καθεμία από τις οποίες χωρίστηκε σε τρία ζευγάρια.

Αρχικά ζητήθηκε από τα παιδιά να γράψουν τις απόψεις τους για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού και μετά κάθε ομάδα να συναρμολογήσει μια κατασκευή με ηλεκτρικό εξοπλισμό. Τα περισσότερα παιδιά ζωγράφισαν πώς θα ήθελαν να είναι η κατασκευή τους, ενώ όλα έφτιαξαν μια λίστα με τον εξοπλισμό που θα χρειαζόνταν. Στο τέλος τα παιδιά έγραψαν για τις νέες γνώσεις που είχαν αποκτήσει.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι σχεδόν όλα τα παιδιά δυσκολεύονταν να κατανοήσουν και να εξηγήσουν έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Ακόμη διαπιστώθηκε ότι όταν τα παιδιά ασχολούνται με τη σύνδεση ηλεκτρικών στοιχείων από πολύ μικρή ηλικία, καθώς μεγαλώνουν γίνονται ικανά να συναρμολογούν σωστά ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και να εξηγούν τον τρόπο λειτουργίας του.

Οι Thorley και Woods (1997) σχεδίασαν και οργάνωσαν μία ενότητα διδασκαλίας έξι εβδομάδων για τον ηλεκτρισμό με στόχο την εννοιολογική αλλαγή, η οποία πραγματοποιήθηκε σε δύο τάξεις πέμπτης Δημοτικού, με παιδιά ηλικίας 10-11 ετών.

Οι στόχοι της διδασκαλίας ήταν η υιοθέτηση ενός μοντέλου για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, η διατήρηση του ηλεκτρικού ρεύματος και η δυνατότητα διάκρισης ανάμεσα στο ηλεκτρικό ρεύμα και την ηλεκτρική ενέργεια. Οι τρόποι συλλογής των δεδομένων ήταν γραπτά ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδασκαλία, κείμενα με γραπτές συνομιλίες των μαθητών/ριών, βιντεοσκόπηση των δραστηριοτήτων σε όλη την τάξη και βιντεοσκόπηση των συνεντεύξεων 8 μαθητών/ριών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μερικά παιδιά μετά τη διδασκαλία δεν είχαν τροποποιήσει τις αρχικές τους ιδέες. Επιπλέον μπορούσαν να θυμηθούν τη σωστή απάντηση σε κάποιες ερωτήσεις, αλλά δεν μπορούσαν να τη δικαιολογήσουν, ενώ σε άλλες ερωτήσεις είχαν παρερμηνεύσει τις ιδέες του μαθήματος. Οι στόχοι και οι στρατηγικές που είχαν τεθεί έπρεπε να επαναπροσδιοριστούν, αφού η διδασκαλία δεν οδήγησε σε ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Το ερώτημα μιας άλλης έρευνας (Summers et al., 1998) ήταν ποια γνώση περιεχομένου (subject knowledge) και ποια διδακτική γνώση (teaching knowledge) χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί του Δημοτικού σχολείου για να βοηθήσουν τους/ις μαθητές/ριες (ηλικίας 7 ετών) να κατανοήσουν έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού και συγκεκριμένα τον τρόπο λειτουργίας των απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Στην έρευνα συμμετείχαν 6 εκπαιδευτικοί, οι οποίοι/ες έδωσαν στους/ις μαθητές/ριες, πριν και μετά τη διδασκαλία, ένα γραπτό ερωτηματολόγιο για να διερευνηθούν οι ιδέες που είχαν. Με βάση την απάντηση που έδωσε κάθε παιδί σε κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου ακολούθησε συνέντευξη διάρκειας 30 λεπτών. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι οι μαθητές/ριες κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας υιοθέτησαν ιδέες πιο κοντά στο επιστημονικό πρότυπο.

Επιπρόσθετα, η επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας, σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα, εξαρτάται από τις ιδέες των εκπαιδευτικών (π.χ. σωματιδιακό μοντέλο για τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος) για το αντικείμενο της διδασκαλίας (γνώση περιεχομένου - subject knowledge), καθώς επίσης και από τις στρατηγικές (π.χ. αναλογία της αλυσίδας του ποδηλάτου) που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία (διδασκτική γνώση - teaching knowledge).

Μια άλλη άποψη για τη μάθηση είναι αυτή των Carter et al. (1999), σύμφωνα με την οποία η μάθηση πρώτα πραγματοποιείται σε ένα εξω-ψυχολογικό επίπεδο (εξωτερικός κόσμος) και μετά εσωτερικεύεται στο άτομο σε ένα εσω-ψυχολογικό επίπεδο μέσα από κοινωνικούς διαμεσολαβητές της μάθησης, οι οποίοι είναι πολιτισμικά προσδιορισμένοι. Αυτοί οι διαμεσολαβητές περιγράφονται σαν ψυχολογικά εργαλεία (π.χ. η γλώσσα και τα μαθηματικά) και τεχνικά εργαλεία (π.χ. αριθμομηχανές, υπολογιστές, εξοπλισμός εργαστηρίου).

Σε μία διδασκαλία με 26 μαθητές/ριες ηλικίας 15 ετών αντικείμενο της διδασκαλίας ήταν ανοιχτά και κλειστά κυκλώματα, σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση. Οι μαθητές/ριες χωρίστηκαν σε ομάδες 3-4 ατόμων. Σε κάθε ομάδα συμμετείχαν περισσότεροι/ες από ένας/μία ικανοί/ές μαθητές/ριες με πολύ καλή επίδοση στη Φυσική και ευχέρεια στην έκφραση του προφορικού λόγου. Διαμεσολαβητές της μάθησης ήταν τεχνικά εργαλεία (πολύμετρα, λάμπες, καλώδια, ξηρά στοιχεία κ.ά.) που χρησιμοποιήσαν τα παιδιά και η προφορική ομιλία/αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών/ριών, καθώς και μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/ριών.

Οι τρόποι συλλογής των δεδομένων ήταν μαγνητοφωνήσεις και βιντεοσκοπήσεις των συζητήσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ομάδων, καταγραφή των παρατηρήσεων της μη λεκτικής συμπεριφοράς των ομάδων από τρεις παρατηρητές και συλλογή της καθημερινής δουλειάς των μαθητών/ριών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προφορική ομιλία/αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών/ριών, καθώς και μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/ριών βοήθησαν τα παιδιά να συμμετέχουν ενεργά στη διδασκαλία, όμως δεν υπήρχε διαμεσολάβηση στη μάθηση ακόμα

και από τους/ις πιο ικανούς/ές, γιατί ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε δεν ανήκε στη «Ζώνη της Επικείμενης Ανάπτυξης» των παιδιών (Vygotsky, 1997). Οι ερευνητές/ριες προτείνουν ότι για να ανήκει ο εξοπλισμός στη «Ζώνη της Επικείμενης Ανάπτυξης» θα πρέπει οι ίδιοι/ες οι μαθητές/ριες να τον διαλέξουν.

Οι Shepardson και Moje (1994, 1999) προσπάθησαν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν την κατανόηση 8 παιδιών ηλικίας 10 ετών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε δυο ομάδες, ενώ η οργάνωση της διδασκαλίας στηρίχθηκε στην εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση και περιελάμβανε τις εξής φάσεις: την προκαταρκτική φάση (φάση πρόβλεψης), τη φάση εστίασης (συναρμολόγηση απλών κυκλωμάτων), τη φάση πρόκλησης (χρήση μιας αναλογίας για την εξήγηση της ροής του ρεύματος), τη φάση εφαρμογής (συναρμολόγηση τριών διαφορετικών κυκλωμάτων και σχεδιασμός των επιτυχημένων προσπαθειών) και τέλος, τη φάση αξιολόγησης.

Οι τρόποι συλλογής των δεδομένων ήταν συνεντεύξεις πριν και μετά τη διδασκαλία, καταγραφή των παρατηρήσεων των δύο ομάδων, καθώς και μαγνητοφωνήσεις και βιντεοσκοπήσεις των συζητήσεων και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ομάδων.

Από την ανάλυση των περιγραφών και των εξηγήσεων που έδωσαν τα παιδιά προέκυψε ότι κατόρθωσαν: α) πώς να συνδέουν ηλεκτρικά κυκλώματα και β) γιατί τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνδέθηκαν με συγκεκριμένους τρόπους (κατανόηση της ροής του ρεύματος).

Ο στόχος μιας άλλης έρευνας-διδασκαλίας (Ronen & Eliahu, 2000), που έγινε στο Ισραήλ, ήταν να εξετασθεί ο ρόλος μιας προσομοίωσης σαν δυναμική βοήθεια, ώστε να μπορέσουν οι μαθητές/ριες να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πραγματικότητας, στην περίπτωση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Η προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε ως μέσο σε συνδυασμό με το αληθινό φαινόμενο και τη διαγραμματική του αναπαράσταση (Ronen & Eliahu, 1997a).

Στη διδασκαλία πήραν μέρος 63 ζευγάρια μαθητών/ριών (N=126), ηλικίας 15 ετών, από τέσσερα τμήματα της ένατης τάξης από το ίδιο σχολείο Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης αστικής περιοχής. Τέσσερις ομάδες ορίστηκαν τυχαία σαν πειραματικές ομάδες και άλλες τέσσερις σαν ομάδες ελέγχου. Όλα τα τμήματα διδάχθηκαν ηλεκτρισμό σαν μέρος του θεσμοθετημένου αναλυτικού προγράμματος Φυσικών Επιστημών πάνω από δύο μήνες, χρησιμοποίησαν το ίδιο εγχειρίδιο και εκτέλεσαν τα ίδια εργαστηριακά πειράματα και τις ίδιες θεωρητικές ασκήσεις εξάσκησης.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό DC-Kid, (Ronen & Eliahu, 1997b) με τη βοήθεια του οποίου ο/η μαθητής/ρια μπορεί να κατασκευάσει και να χειριστεί μοντέλα

κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιώντας διάφορα ηλεκτρολογικά υλικά. Το λογισμικό παρουσιάστηκε στις πειραματικές ομάδες δύο εβδομάδες μετά την έναρξη των μαθημάτων για τον ηλεκτρισμό. Ύστερα από μια περίοδο εξάσκησης στο σχολείο, κάθε μαθητής/ρια παρέλαβε το λογισμικό και μια σειρά δραστηριοτήτων, οι οποίες ανατέθηκαν ως εργασία για το σπίτι κατά τη διάρκεια των επόμενων έξι εβδομάδων. Την ίδια μέρα δόθηκε σε όλα τα τμήματα ένα θεωρητικό διαγώνισμα, προκειμένου να εξετασθεί η κατανόηση των μαθητών/ριών. Καμία διαφορά δε βρέθηκε στα αποτελέσματα μεταξύ των ομάδων. Εντοπίστηκαν οι ίδιες δυσκολίες και παρανοήσεις που έχουν διαπιστωθεί από άλλες έρευνες, για τις οποίες γίνεται λόγος σε αυτό το κεφάλαιο.

Μία εβδομάδα μετά το θεωρητικό διαγώνισμα πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία με τη χρήση υπολογιστή. Οι ομάδες ελέγχου κατασκεύασαν αληθινά ηλεκτρικά κυκλώματα και τα απεικόνισαν με διαγράμματα ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες. Οι πειραματικές ομάδες έκαναν το ίδιο με τη διαφορά ότι μπορούσαν, αν ήθελαν, να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό σαν βοήθεια για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων. Από τις πειραματικές ομάδες μερικοί/ές μαθητές/ριες το χρησιμοποίησαν και μερικοί/ές δεν το χρησιμοποίησαν.

Όσοι/ες μαθητές/ριες χρησιμοποίησαν το λογισμικό είχαν μεγαλύτερη επιτυχία και εμπιστοσύνη στη δουλειά τους σε σχέση με αυτούς/ές που δεν το χρησιμοποίησαν. Η χρήση της προσομοίωσης βοήθησε τους/ις μαθητές/ριες (σε ποσοστό περίπου 70%) να μη χάσουν το ενδιαφέρον τους για το έργο, να εξερευνήσουν το αληθινό κύκλωμα, να αναγνωρίσουν τα λάθη τους και να διορθώσουν το διάγραμμα του κυκλώματος. Οι ομάδες ελέγχου δυσκολεύτηκαν περισσότερο στην κατασκευή των διαγραμμάτων από τις πειραματικές ομάδες.

Συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι οι προσομοιώσεις δεν πρέπει να αντικαθιστούν τα αληθινά πειράματα, αλλά πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αυτά, γιατί βοηθούν τους/ις μαθητές/ριες να κατανοήσουν τις θεωρητικές αρχές των φαινομένων και να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ των θεωρητικών μοντέλων, των αναπαραστάσεων και της πραγματικότητας.

Το Πανεπιστήμιο στο Ρίτςμοντ (Eastern Kentucky University), στο Κεντάκυ των Η.Π.Α., έχει χρηματοδοτηθεί από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών για να προωθήσει το ενδιαφέρον, την επίδοση και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, στην Τεχνολογία, στη Μηχανική και στα Μαθηματικά στα Γυμνάσια των Αππαλαχίων (Inquiry-Based Science and Mathematics in Appalachian Middle Schools project, ISMAM project).

Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος η δραστηριότητα με ηλεκτρικά κυκλώματα (ολοκληρωμένα κυκλώματα, σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση) που προτεινόταν

από το πρόγραμμα σπουδών τροποποιήθηκε από τρεις ερευνήτριες, ώστε να ενσωματωθεί μια πιο ανοιχτή ερευνητική προσέγγιση (Godbey et al., 2005). Τόσο η αυθεντική δραστηριότητα όσο και η αναθεωρημένη εφαρμόστηκαν σε τέσσερα τμήματα της έκτης τάξης (sixth-grade). Οι μαθητές/ριες εργάστηκαν σε ομάδες 3-5 ατόμων με βάση ένα φυλλάδιο οδηγιών που τους δόθηκε, χρησιμοποιώντας τα ίδια υλικά. Στην αρχή η εκπαιδευτικός, η οποία ήταν η ίδια σε όλα τα τμήματα, έδειξε στα παιδιά πώς συνδέονται τρεις λάμπες παράλληλα, χωρίς να αναφερθεί στον όρο «παράλληλη σύνδεση» και σχεδίασε το αντίστοιχο διάγραμμα στον πίνακα.

Κατά την αυθεντική δραστηριότητα, διάρκειας 50 λεπτών, 37 παιδιά (30 αγόρια και 7 κορίτσια) είχαν μικρά περιθώρια για εξερεύνηση, γιατί χρησιμοποίησαν έτοιμα διαθέσιμα υλικά για να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με παράλληλη σύνδεση, βασίστηκαν σε ένα διάγραμμα του τελικού προϊόντος που τους/ις δόθηκε, καθοδηγήθηκαν βήμα-βήμα κατά τη διαδικασία κατασκευής του κυκλώματος και τέλος, απάντησαν σε μια σειρά ερωτήσεων σχετικά με το τι παρατήρησαν. Κατά την αναθεωρημένη δραστηριότητα 48 παιδιά (27 αγόρια και 21 κορίτσια) πειραματίστηκαν με τα υλικά, κατασκεύασαν κυκλώματα, έκαναν ένα διάγραμμα για το κάθε κύκλωμα και κράτησαν σημειώσεις για τα αποτελέσματα.

Μετά το τέλος των δραστηριοτήτων (και στις δύο εκδοχές) η εκπαιδευτικός έκανε διαγράμματα μερικών κυκλωμάτων στον πίνακα και ζήτησε από τους/ις μαθητές/ριες να δείξουν ποιες λάμπες θα άναβαν, ώστε να αναδειχθούν οι εναλλακτικές τους ιδέες. Ο όρος «παράλληλη σύνδεση» ενισχύθηκε εκείνη τη στιγμή για τα τμήματα που χρησιμοποιούσαν την αυθεντική δραστηριότητα και εισήχθη σαν ταμπέλα για τα τμήματα που χρησιμοποιούσαν την αναθεωρημένη εκδοχή.

Κατά τη διδασκαλία οι δύο ερευνήτριες βοηθούσαν τα παιδιά με τα υλικά, ενώ η τρίτη ερευνήτρια παρατηρούσε την αλληλεπίδραση των παιδιών και κρατούσε σημειώσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατά την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων. Την επόμενη ημέρα δόθηκε στα παιδιά ένα ερωτηματολόγιο.

Οι δυο εκδοχές της δραστηριότητας συγκρίθηκαν με τρεις τρόπους: α) επίδοση των μαθητών/ριών σε ερωτήσεις αξιολόγησης, β) στάση των μαθητών/ριών για τη δραστηριότητα (τι τους άρεσε και τι όχι) και γ) παρατήρηση των μαθητών/ριών κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας.

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι σε μεγάλο βαθμό το ίδιο ικανοποιητικά και στις δύο δραστηριότητες, όμως στα παιδιά άρεσε περισσότερο η αναθεωρημένη εκδοχή. Από την παρατήρηση των ομάδων φάνηκε ότι κατά την αυθεντική δραστηριότητα μεγάλος αριθμός παιδιών έχασε το ενδιαφέρον του για το έργο,

ενώ στην αναθεωρημένη εκδοχή αυτό δε συνέβη, γι' αυτό οι ερευνήτριες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι θα έπρεπε οι ομάδες να ήταν μικρότερες, δηλαδή των 2-3 ατόμων. Τέλος, σύμφωνα με τη γνώμη τους πρέπει τα δεδομένα να ερμηνευτούν προσεχτικά, γιατί το δείγμα της έρευνας ήταν μικρό.

Οι Rosenthal και Henderson (2006) σε άρθρο τους παρουσιάζουν μια διδακτική προσέγγιση, ως εναλλακτική πρόταση της παραδοσιακής μεθόδου, κατά την οποία δίνεται έμφαση πρώτα στην κατανόηση της έννοιας της διαφοράς δυναμικού πριν από την εισαγωγή της έννοιας του ρεύματος. Η προσέγγιση αυτή απευθύνεται σε φοιτητές/ριες Πανεπιστημίου (introductory physics students).

Αρχικά, στο πρώτο μάθημα διδάσκεται στατικός ηλεκτρισμός και εισάγεται το ηλεκτρικό δυναμικό. Επιχειρείται δηλαδή, μια σύνδεση του στατικού ηλεκτρισμού και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση κατάλληλων εξισώσεων. Επιπλέον, οι διαλέξεις ενισχύονται με εργαστηριακές δραστηριότητες, οι οποίες θεωρούνται σημαντικό στοιχείο της μάθησης. Συγκεκριμένα οι φοιτητές/ριες μελετούν τις σχέσεις των διαφορών δυναμικού σε διάφορα σημεία ενός κυκλώματος αντικαθιστώντας τις αντιστάσεις με πυκνωτές. Ένα άλλο σημείο στο οποίο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση είναι η χρήση του βολτόμετρου και η ανάγνωση των ενδείξεών του.

Για την αξιολόγηση της διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκαν δύο τεστ πολλαπλής επιλογής το Conceptual Survey in Electricity and Magnetism (CSEM) των Maloney et al. (2001) και το Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test (DIRECT) των Engelhardt και Beichner (2004) (βλ. Παράγραφο 1.8).

Η επίδοση των φοιτητών/ριών που παρακολούθησαν την προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση σε αυτά τα τεστ ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με την επίδοση των φοιτητών/ριών που παρακολούθησαν την παραδοσιακή προσέγγιση.

1.6 Σύνταξη νέων αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού

Ο Evans (1978) περιγράφει ένα αναλυτικό πρόγραμμα για τον ηλεκτρισμό για μαθητές/ριες Λυκείου και φοιτητές/ριες Πανεπιστημίου υποψήφιους/ες φυσικούς, που αντιμετωπίζουν για πρώτη φορά το θέμα. Το χαρακτηριστικό του προγράμματος είναι ότι για την κατανόηση των φαινομένων δε χρησιμοποιούνται όροι από τη μηχανική, όπως η δύναμη και η ενέργεια, ενώ οι όροι αντίσταση, ρεύμα και διαφορά δυναμικού εισάγονται μόνο όταν οι μαθητές/ριες αισθανθούν την ανάγκη να γίνει.

Κατά την εφαρμογή του προγράμματος πήραν μέρος δύο τάξεις Λυκείου κι ένα τμήμα φυσικής Πανεπιστημίου. Όσα άτομα πήραν μέρος στο πρόγραμμα ασχολήθηκαν με

πειραματικές δραστηριότητες μόνου/ες τους ή σε ζευγάρια. Ο/Η εκπαιδευτικός οργάνωνε συζητήσεις με τους/ις μαθητές/ριες κατά τη διάρκεια τους μαθήματος, σημείωνε την πρόοδό τους κι έκανε ερωτήσεις. Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων είχε τεθεί ως αυστηρός κανόνας επιστημονικοί όροι να αναφέρονται μόνο όταν ήταν κατανοητοί από όλους/ες.

Μετά τη διδασκαλία οι μαθητές/ριες έκαναν σωστές προβλέψεις για τα αποτελέσματα πολλών πειραμάτων και επιπλέον ερμήνευσαν τη λειτουργία των κυκλωμάτων που είχαν συναρμολογήσει.

Στην Ελλάδα οι στόχοι της εργασίας του Κουμαρά (1989) ήταν η διερεύνηση των ιδεών μαθητών/ριών γενικής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού (χορήγηση γραπτού ερωτηματολογίου), η ανάπτυξη αναλυτικού προγράμματος (14 διδακτικών ενοτήτων διάρκειας 40 διδακτικών ωρών) εποικοδομητικού χαρακτήρα με βάση τις ιδέες που διερευνήθηκαν και τέλος η αξιολόγηση του προγράμματος, δηλαδή κατά πόσο οι μαθητές/ριες είχαν υιοθετήσει επιστημονικά πρότυπα για την εξήγηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού μετά την εφαρμογή του προγράμματος.

Από την αξιολόγηση του προγράμματος προέκυψε ότι η εφαρμογή ενός αναλυτικού προγράμματος εποικοδομητικού τύπου μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με την εφαρμογή του επίσημου αναλυτικού προγράμματος.

Ένα άλλο αναλυτικό πρόγραμμα (Shaffer & McDermott, 1992) στοχεύει στη λειτουργική κατανόηση των κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος. Η έννοια της διαφοράς δυναμικού εισάγεται αφού οι μαθητές/ριες έχουν εξοικειωθεί με την έννοια του ρεύματος. Επίσης, η έννοια της ενέργειας δεν εισάγεται νωρίς, γιατί τα παιδιά συγχέουν αυτήν την έννοια με την έννοια του ρεύματος.

Κατά την εφαρμογή του προγράμματος συμμετείχαν 25 φοιτητές/ριες υποψήφιοι/ες φυσικοί, οι οποίοι/ες εργάστηκαν σε ομάδες 3-4 ατόμων και ασχολήθηκαν με πειραματικές δραστηριότητες.

Τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν κλείδες παρατήρησης και ερωτηματολόγια. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν καλύτερα σε σύγκριση με την παραδοσιακή προσέγγιση, δηλαδή φάνηκε ότι κατά τις διδασκαλίες οι φοιτητές/ριες γενικά υιοθέτησαν επιστημονικά πρότυπα. Πιο αναλυτικά, έμαθαν να ερμηνεύουν τα διαγράμματα των κυκλωμάτων και να κάνουν παραλληλισμούς μεταξύ των πραγματικών κυκλωμάτων και των αναπαραστάσεών τους. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν καλύτερα σε σύγκριση με την παραδοσιακή προσέγγιση.

Το CASTLE Project (Capacitor-Aided System for Teaching and Learning Electricity) είναι ένα αναλυτικό πρόγραμμα για τον ηλεκτρισμό στο Λύκειο, το οποίο συντάχθηκε με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών για τις εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού και στο οποίο προτείνονται κατάλληλες δραστηριότητες (Steinberg & Wainwright, 1993). Στο CASTLE Project χρησιμοποιείται ένα μοντέλο συμπίεσης αερίου για τη μετάδοση των φορτίων. Σ' αυτό το μοντέλο, το ηλεκτρικό ρεύμα περιέχει αέριο με φορτισμένα σωματίδια που επηρεάζονται από τη διαφορά της πίεσης (αναφέρεται σαν ηλεκτρική πίεση) στα δύο άκρα της αντίστασης. Τα δεδομένα έδειξαν ότι η εφαρμογή αυτού του προγράμματος βοηθά τα παιδιά να αντικαταστήσουν τις ιδέες τους με άλλες που είναι πιο αποδεκτές επιστημονικά.

Στην Ελλάδα, στο πλαίσιο ενός προγράμματος Σ.Ε.Π.Π.Ε. (Σχολεία Εφαρμογής Πειραματικών Προγραμμάτων Εκπαίδευσης), όπου συμμετείχαν 7 Δημοτικά σχολεία της περιοχής του Βόλου συντάχθηκε ένα νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα εποικοδομητικού τύπου στο πλαίσιο ενός σύγχρονου περιβάλλοντος μάθησης (Σταυρίδου, 2000, Σταυρίδου κ.ά., 2001, Πιλάτου, 2003). Ο σχεδιασμός και η οργάνωση του νέου αυτού μαθησιακού περιβάλλοντος στηρίχθηκε στη συστημική άποψη για τη διδασκαλία, καθώς και στις αρχές της συνεργατικής μάθησης και του κοινωνικού εποικοδομητισμού.

Ειδικότερα, αναπτύχθηκαν 9 διδακτικές ενότητες διάρκειας μίας διδακτικής ώρας για τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού με τη βοήθεια κατάλληλων εποπτικών μέσων και του πολύμετρου σε μαθητές/ριες της Ε' και της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν να διδαχθούν: η έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, η σύνδεση και η λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο εργαστήριο με δύο λάμπες και μια μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση) (Πιλάτου & Σταυρίδου, 2003), η έννοια του κυκλώματος σε απλές συσκευές όπως το πορτατίφ, η έννοια του ανοικτού και του κλειστού κυκλώματος, ο ρόλος του διακόπτη και της ασφάλειας στο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης, το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης στο σπίτι, ο τόπος παραγωγής και ο τρόπος μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, η σύνδεση και η λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών (Πιλάτου, 2003, Σταυρίδου, 2000).

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του προγράμματος έδειξαν ότι υπήρξε σταδιακή εξέλιξη των αντιλήψεων / αναπαραστάσεων των παιδιών κατά τη διάρκεια των πειραματικών διδασκαλιών και ότι οι μαθητές/ριες τροποποίησαν / βελτίωσαν σταδιακά, σε σημαντικό βαθμό, τις αρχικές τους ιδέες για τις έννοιες και τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού που διδάχθηκαν.

1.7 Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών

Σε μια ερευνητική εργασία που διεξήχθη στη Μ. Βρετανία (Solomon et al., 1985) στόχος ήταν να διερευνηθούν οι ιδέες 117 παιδιών της πρώτης τάξης (11-12 ετών) και 147 παιδιών της τρίτης τάξης (13-14 ετών) της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε από ασκούμενους/ες δασκάλους/ες που είχαν εμπειρία στην εκπαιδευτική έρευνα.

Οι μέθοδοι συλλογής των δεδομένων ήταν ελεύθερη γραφή, διατύπωση παρομοιώσεων, εικόνες με ηλεκτρικές συσκευές που δε βρίσκονται στο χώρο του σχολείου και συνεντεύξεις με ομάδες παιδιών.

Από την επεξεργασία των δεδομένων αποκαλύφθηκε ότι οι μαθητές/ριες, με βάση τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής, ανέφεραν τον ηλεκτρισμό ως **χρήση** (use), ως **κίνδυνο** (danger), ως **εξοπλισμό** (supply) και ως **φυσική** (physics). Επιπλέον, παρομοίασαν τον ηλεκτρισμό σαν «*φωτιά*», «*επικίνδυνο ζώο*» και «*καύσιμα*», ενώ συχνά έκαναν λόγο για τους κινδύνους που κρύβει. Εκτός από αυτό, τα παιδιά αναγνώρισαν ότι υπάρχει ηλεκτρισμός στην ατμόσφαιρα, όταν δημιουργείται κεραυνός. Γενικά, φάνηκε ότι τα παιδιά θεωρούν ότι υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα στις συνδέσεις και όχι στους μεταφορείς του ηλεκτρισμού.

Οι Oldham et al. (1986) με βάση την προηγούμενη έρευνα επιχείρησαν να διαπιστώσουν πώς τα παιδιά, ηλικίας 11-12 και 13-14 ετών, αντιλαμβάνονται τους κινδύνους του ηλεκτρισμού. Φάνηκε ότι τα παιδιά συνδέουν τον κίνδυνο που απορρέει από τον ηλεκτρισμό με φαινόμενα και γεγονότα της καθημερινής ζωής όπως: ο ηλεκτρισμός ως **προσωπική εμπειρία** (ηλεκτροπληξία), ως **διασκέδαση** (θεωρούν τον κίνδυνο συναρπαστικό), ως **δευτερογενής εμπειρία** (περιγραφή ατυχημάτων που έχουν συμβεί σε άλλους/ες), καθώς και ο ηλεκτρισμός στο **σπίτι** και στο **σχολείο** (θεωρούν πιο ασφαλή τα υλικά του εργαστηρίου).

Η Qualter (1994) μελέτησε τις ιδέες 109 παιδιών από 5 τμήματα 4 διαφορετικών σχολείων που φοιτούσαν στην τρίτη και στην έκτη τάξη του Δημοτικού σχολείου για την προέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιούν στο σπίτι, προκειμένου να αναπτυχθεί υλικό για δραστηριότητες γύρω από το θέμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από την εταιρεία ηλεκτρισμού MANWEB. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από ζωγραφιές των παιδιών και από ατομικές συνεντεύξεις, αφού προηγήθηκε συζήτηση στην τάξη για το πώς λειτουργεί η ηλεκτρική εγκατάσταση της τάξης (φώτα).

Οι μαθητές/ριες αναφέρθηκαν σε έξι πηγές ενέργειας που προκαλούν ή δημιουργούν ηλεκτρισμό: σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας ή σε εργοστάσια, στο κάρβουνο, στον άνεμο,

στο νερό, στον ήλιο και στο φως. Τέλος, μερικοί/ές μαθητές/ριες πίστευαν ότι ο ηλεκτρισμός έρχεται απλά από την πρίζα του τοίχου.

Γενικά αποδείχθηκε ότι τα παιδιά δεν έχουν μια ξεκάθαρη άποψη για την προέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος και υποστηρίζουν πολλές διαφορετικές απόψεις για το θέμα αυτό. Ακόμη φαίνεται ότι το ποσοστό των παιδιών που αναγνωρίζει κάποια πηγή ενέργειας και σχεδιάζει τις συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων των κυκλωμάτων αυξάνεται με την ηλικία.

Στην Ελλάδα οι Σολομωνίδου και Κακανά (1998, Solomonidou & Kakana, 2000) διερεύνησαν και μελέτησαν τις ιδέες, απόψεις και αναπαραστάσεις 28 παιδιών (19 κορίτσια και 9 αγόρια) προσχολικής ηλικίας (5,5-6,5 ετών) σχετικά με τις ηλεκτρικές συσκευές και τη λειτουργία τους, καθώς και για το ηλεκτρικό ρεύμα και τις ιδιότητές του.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή της προσωπικής κλινικής συνέντευξης με ημι-δομημένες ερωτήσεις. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης παρουσιάστηκε σε κάθε παιδί μια σειρά από 19 κάρτες, καθεμία από τις οποίες περιείχε μια εικόνα από ηλεκτρική οικιακή συσκευή. Σε κάθε παιδί τέθηκαν ερωτήσεις και στο τέλος της συνέντευξης του ζητήθηκε να κάνει μια ζωγραφιά σχετική με το ηλεκτρικό ρεύμα και τις ηλεκτρικές συσκευές.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα παιδιά γνωρίζουν πολύ καλά ότι οι ηλεκτρικές συσκευές κρύβουν κινδύνους, αναγνωρίζουν τις ηλεκτρικές συσκευές με τις οποίες έχουν εξοικειωθεί και συνδέουν τη λειτουργία τους κυρίως με το κουμπί (διακόπτη), πολύ συχνά με την πρίζα στον τοίχο και αρκετές φορές με τα καλώδια. Πολλά παιδιά πιστεύουν ότι οι ηλεκτρικές συσκευές έχουν συσσωρευμένο ρεύμα στο εσωτερικό τους, το οποίο αγοράζουμε μαζί με την ηλεκτρική συσκευή. Τα παιδιά εντοπίζουν το ρεύμα στις πρίζες, στα καλώδια και μέσα στις κολόνες της Δ.Ε.Η. (στατική αναπαράσταση για το ρεύμα). Γνωρίζουν κυρίως τον όρο ρεύμα και πολύ λιγότερο τον όρο ηλεκτρικό ρεύμα. Συγχέουν το ρεύμα του νερού με το ηλεκτρικό ρεύμα, είτε γιατί και τα δύο παράγουν θόρυβο, είτε γιατί και τα δύο «έρχονται» από έξω, ενώ το ρεύμα που υπάρχει «έξω» από το σπίτι θεωρείται τελείως διαφορετικό από αυτό που βρίσκεται «μέσα». Τέλος, πολύ λίγα παιδιά γνωρίζουν τον τόπο παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος.

Με βάση τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων ερευνών οι Σολομωνίδου κ.ά. (2001) σχεδίασαν και πραγματοποίησαν μια εποικοδομητικού τύπου διδακτική παρέμβαση με 10 παιδιά 4-6 ετών (6 αγόρια, 4 κορίτσια).

Βασικοί στόχοι-εμπόδια της παρέμβασης ήταν: α) να μάθουν τα παιδιά ότι υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα όχι μόνο μέσα στο σπίτι, αλλά και έξω από αυτό και β) να διακρίνουν τις συσκευές που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα από τα αντικείμενα που δε λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και να διαφοροποιήσουν το ηλεκτρικό ρεύμα από το ρεύμα του νερού.

Πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση τα παιδιά έδωσαν προσωπικές κλινικές συνεντεύξεις με τις ίδιες ημι-δομημένες ερωτήσεις. Από τις συνεντεύξεις προέκυψε ότι η πλειονότητα των παιδιών μετά την παρέμβαση ήταν σε θέση να αιτιολογούν την απάντησή τους και να δίνουν πλήρεις ερμηνείες με αρκετά συνθετικό τρόπο αναφορικά με την προέλευση και τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Όμως, ακόμη και μετά την παρέμβαση τα παιδιά εξακολουθούσαν να πιστεύουν ότι σε μέρη με νερό υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα και ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στο σπίτι δεν είναι ίδιο με αυτό που είναι έξω από το σπίτι.

Βέβαια οι ερευνήτριες υποστηρίζουν ότι η διδακτική παρέμβαση πρέπει να επεκταθεί με βιωματικές εμπειρίες και σε αντικείμενα που λειτουργούν με μπαταρίες (π.χ. παιδικά παιχνίδια), στο ηλεκτρικό δίκτυο της Δ.Ε.Η., στη διαφοροποίηση του ρεύματος του νερού από το ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς και στη σύνδεση μεταξύ «εσωτερικού» και «εξωτερικού» ρεύματος.

Στόχος μιας άλλης έρευνας (Pilatou & Stavridou, 2002, Πιλάτου, 2003) ήταν η καταγραφή και η μελέτη των ιδεών των παιδιών της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου (ηλικίας 11-12 ετών) για την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος και του ηλεκτρικού κυκλώματος, για τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο εργαστήριο με δύο λάμπες και μια μπαταρία, καθώς και για το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης στο σπίτι, δηλαδή για τον τόπο «προέλευσης» / παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος, τον τρόπο μεταφοράς του, το σημείο σύνδεσης των καλωδίων που βρίσκονται στο εξωτερικό δίκτυο της Δ.Ε.Η. με τα καλώδια της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης στο σπίτι και για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Επιπλέον, ένας άλλος στόχος της έρευνας ήταν η διερεύνηση της εξέλιξης των αρχικών ιδεών των παιδιών σε δύο διαφορετικά περιβάλλοντα μάθησης: α) ένα περιβάλλον εποικοδομητικού τύπου στο οποίο κεντρική θέση κατείχαν διαδικασίες συνεργατικής μάθησης και β) ένα παραδοσιακό περιβάλλον μάθησης όπου ακολουθήθηκε το επίσημο εθνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού σχολείου (ΦΕΚ/1985).

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ποιοτική έρευνα (πιλοτική έρευνα), με συνεντεύξεις με 16 μαθητές/ριες του Δημοτικού σχολείου. Κατόπιν, δόθηκε ένα αρχικό γραπτό ερωτηματολόγιο με 21 ερωτήσεις σε 375 μαθητές/ριες πειραματικών ομάδων (N=214) και ομάδων σύγκρισης (N=161). Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε και οργανώθηκε ένα σύγχρονο μαθησιακό περιβάλλον με βάση τη συστημική άποψη για τη διδασκαλία, καθώς και τις αρχές της συνεργατικής μάθησης και του κοινωνικού εποικοδομητισμού. Συγκεκριμένα συντάχθηκαν νέο αναλυτικό πρόγραμμα εποικοδομητικού τύπου, φυλλάδια εργασίας για το/η μαθητή/ρια και

συμβουλευτικός οδηγός για τον/ην εκπαιδευτικό. Οι μαθητές/ριες των πειραματικών ομάδων παρακολούθησαν 9 καινοτομικές διδακτικές παρεμβάσεις, ενώ οι μαθητές/ριες των ομάδων σύγκρισης παρακολούθησαν διδασκαλίες παραδοσιακού τύπου.

Η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων έγινε με τελικό γραπτό ερωτηματολόγιο, που συμπλήρωσαν οι μαθητές/ριες όλου του δείγματος και στο οποίο προστέθηκε μία επιπλέον ερώτηση σε σχέση με το αρχικό ερωτηματολόγιο, καθώς και με τα φυλλάδια εργασίας που συμπλήρωσαν τα παιδιά των πειραματικών ομάδων.

Από τα αποτελέσματα του αρχικού ερωτηματολογίου αναδείχθηκε ότι τα παιδιά έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις για την έννοια του κυκλώματος και του ηλεκτρικού ρεύματος και πιστεύουν λανθασμένα ότι η πρίζα του τοίχου είναι πηγή ηλεκτρισμού. Ακόμη, δεν αντιλαμβάνονται το ρόλο του διακόπτη και της ασφάλειας στο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης και δεν κατανοούν την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος. Επιπλέον, έχουν περιορισμένη αποσπασματική αντίληψη για τη δομή και τη λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης στο σπίτι, για τη διαδρομή του ηλεκτρικού ρεύματος από τον τόπο προέλευσής του μέχρι το χώρο του σπιτιού, δε γνωρίζουν ότι οι ηλεκτρικές συσκευές συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους και με την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση και δεν κατανοούν τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο εργαστήριο με δύο λάμπες και μια μπαταρία (Πιλάτου & Σταυρίδου, 2000α, 2000β, 2002).

Τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις των παιδιών στα φυλλάδια εργασίας και στο τελικό ερωτηματολόγιο έδειξαν ότι υπήρξε σταδιακή εξέλιξη των αντιλήψεων / αναπαραστάσεων των παιδιών κατά τη διάρκεια των πειραματικών διδασκαλιών και ότι οι μαθητές/ριες τροποποίησαν / βελτίωσαν σταδιακά, σε σημαντικό βαθμό, τις αρχικές τους ιδέες για τις έννοιες και τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού που διδάχθηκαν.

Τα παιδιά των πειραματικών ομάδων συμπλήρωσαν ένα επιπλέον ερωτηματολόγιο για να καταγραφούν οι απόψεις τους για το πώς βίωσαν τα ίδια τη δουλειά στην ομάδα. Αντίστοιχο ερωτηματολόγιο συμπλήρωσαν και οι 7 εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν, όπου εξέφρασαν τις απόψεις τους για τη δουλειά των παιδιών στην ομάδα. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η κοινωνική διάσταση της εργασίας στην ομάδα ήταν το στοιχείο εκείνο το οποίο άρεσε περισσότερο στα παιδιά. Τόσο τα παιδιά όσο και οι εκπαιδευτικοί θεώρησαν ότι ωφελήθηκαν σε διάφορα επίπεδα (Σταυρίδου, 2000).

1.8 Ανάπτυξη εργαλείων για τη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριών και των φοιτητών/ριών για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό

Οι Chang, Liu & Chen (1998) από την Ταϊβάν, προτείνουν ένα σύστημα αξιολόγησης με χρήση υπολογιστή για τη διάγνωση των παρανοήσεων των μαθητών/ριών όσον αφορά σε βασικά θέματα ηλεκτρισμού. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι η Visual Basic στο περιβάλλον των Windows. Το σύστημα αξιολόγησης είναι ένα πρακτικό μοντέλο μαθητή/ριας που χρησιμοποιείται σε διδασκαλία με χρήση υπολογιστή (computer-assisted instruction) ή σε ένα σύστημα μάθησης με στόχο την προσαρμογή της διδασκαλίας στις ανάγκες του/ης μαθητή/ριας.

Αρχικά, συλλέγονται προβλήματα που έχουν σχεδιαστεί από εκπαιδευτικούς σε μία βιβλιοθήκη προβλημάτων (problem library), τα οποία βασίζονται στις ιδέες των μαθητών/ριών που αναδείχθηκαν από άλλες έρευνες (Dupin & Joshua, 1987· Shipstone et al., 1988· Carlsen & Andre, 1992). Οι σχέσεις μεταξύ των προβλημάτων και των παρανοήσεων έχουν καθορισθεί από ένα σχεδιαστή προβλημάτων (problem designer). Το σύστημα πρώτα χρησιμοποιεί έναν επιλογέα προβλημάτων (problem selector), για να επιλέξει κατάλληλα προβλήματα από τη βιβλιοθήκη (το πρώτο πρόβλημα επιλέγεται τυχαία) και να τα παρουσιάσει στους/ις μαθητές/ριες. Ύστερα, συλλέγει τις απαντήσεις των μαθητών/ριών και με βάση αυτές εντοπίζει και αναφέρει τις παρανοήσεις τους. Εάν το σύστημα δεν μπορεί να αναγνωρίσει τις ιδέες των μαθητών/ριών, τότε ο επιλογέας προβλημάτων παρουσιάζει άλλα προβλήματα στους/ις μαθητές/ριες. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να ανιχνευτούν οι ιδέες των μαθητών/ριών.

Το σύστημα αξιολογήθηκε με το εξής πείραμα: Είκοσι οχτώ (28) μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, χαμηλών επιδόσεων, απάντησαν στα προβλήματα του συστήματος και μετά έδωσαν συνεντεύξεις, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων με αυτά του συστήματος. Αποδείχθηκε ότι το ποσοστό επιτυχίας της διάγνωσης στο συγκεκριμένο πείραμα ήταν 75%.

Σύμφωνα με την ερευνητική ομάδα το ποσοστό επιτυχίας της διάγνωσης του προτεινόμενου συστήματος δεν μπορεί να είναι πάντα 100%, γιατί επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το είδος των ιδεών των μαθητών/ριών, το είδος των προβλημάτων που αυτοί/ές απαντούν και η αντίδραση των μαθητών/ριών.

Στο άρθρο των Maloney et al. (2001) περιγράφεται η ανάπτυξη ενός πρωταρχικού ποιοτικού εργαλείου για τη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών και την αξιολόγηση της γνώσης των φοιτητών/ριών Κολεγίου και Πανεπιστημίου όσον αφορά σε θέματα ηλεκτρισμού και μαγνητισμού (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism, CSEM).

Εκτός από την αξιολόγηση της αρχικής γνώσης των φοιτητών/ριών, με το τεστ αυτό επιδιώκεται και η αξιολόγηση διδακτικών μεθόδων, μαθημάτων και προγραμμάτων σπουδών. Το τεστ περιλαμβάνει 32 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αρχικό ερωτηματολόγιο (pretest) πριν από τη διδασκαλία και σαν τελικό ερωτηματολόγιο (posttest) μετά τη διδασκαλία. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι έχει χορηγηθεί σε περισσότερους/ες από 5000 φοιτητές/ριες σε 30 διαφορετικά ιδρύματα στις Η.Π.Α..

Πριν από την ανάπτυξη του CSEM τεστ είχε γίνει προκαταρκτική δουλειά πάνω σε δύο ξεχωριστά τεστ, ένα για τον ηλεκτρισμό (Conceptual Survey of Electricity, CSE) κι ένα για το Μαγνητισμό (Conceptual Survey for Magnetism, CSM). Από το τεστ του Ηλεκτρισμού εξαιρέθηκε το θέμα των κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος, λόγω της ευρύτητάς του, αλλά και λόγω του ότι είχε ήδη αρχίσει να αναπτύσσεται το τεστ που περιγράφεται παρακάτω των Engelhardt και Beichner (2004). Αυτά τα προκαταρκτικά τεστ ονομάστηκαν Electric Concepts Inventory, ECI και Magnetism Concepts Inventory, MCI και χορηγήθηκαν σε φοιτητές/ριες κατά το ακαδημαϊκό έτος 1995-96.

Μετά από συνεχείς αναθεωρήσεις των τεστ η ερευνητική ομάδα κατέληξε στην τελική δομή του CSEM, το οποίο αφορά στις παρακάτω έννοιες: φορτία, ο νόμος του Coulomb, δύναμη που προκαλείται από ηλεκτρικό πεδίο, έργο, διαφορά δυναμικού, ηλεκτρικό πεδίο, μαγνητική δύναμη, μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από ηλεκτρικό ρεύμα, μαγνητικό πεδίο, ο νόμος του Faraday, ο τρίτος νόμος του Newton.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών/ριών φάνηκε ότι οι φοιτητές/ριες έχουν εναλλακτικές ιδέες για διάφορες έννοιες του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού, οι οποίες ελάχιστα τροποποιούνται μετά τη διδασκαλία.

Σε ένα άλλο άρθρο των Engelhardt και Beichner (2004) περιγράφεται πώς αναπτύχθηκαν δύο εκδόσεις (versions 1.0 και 1.1) ενός γενικού εργαλείου διαγνωστικής αξιολόγησης (Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test, DIRECT), με το οποίο μπορούν να διερευνηθούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ριών για μια ποικιλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων αντιστάσεων συνεχούς ρεύματος. Κάθε τεστ περιέχει 29 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και απευθύνεται σε μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, καθώς επίσης και σε φοιτητές/ριες Κολεγίου και Πανεπιστημίου.

Πριν τη σύνταξη των τεστ πραγματοποιήθηκε από τους Engelhardt και Beichner μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των ιδεών των παιδιών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού και των τεστ που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες έρευνες. Από την ανασκόπηση αυτή διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει ένα έγκυρο και αξιόπιστο τεστ με το οποίο να αξιολογούνται οι διδακτικές στρατηγικές και παράλληλα να ανιχνεύονται οι εναλλακτικές

ιδέες των μαθητών/ριών. Κατόπιν εξετάστηκαν όλα τα διδακτικά και εργαστηριακά εγχειρίδια των σχολείων Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και των Πανεπιστημίων και διατυπώθηκαν διδακτικοί στόχοι.

Η έκδοση 1.0 του DIRECT τεστ (διάρκειας μισής ώρας) χορηγήθηκε σε 454 μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και 681 φοιτητές/ριες Πανεπιστημίου (N=1135) των Η.Π.Α.. Για τον έλεγχο της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας του τεστ χρησιμοποιήθηκαν ο τύπος Kuder-Richardson, η μέθοδος ανάλυση παραγόντων και ακολούθησαν ατομικές συνεντεύξεις, οι οποίες βιντεοσκοπήθηκαν. Οι συντάκτες του τεστ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η έκδοση 1.0 του τεστ έπρεπε να αναθεωρηθεί, ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία του και να τροποποιηθούν οι ερωτήσεις που δεν ήταν ξεκάθαρες για τους/ις μαθητές/ριες.

Η αναθεωρημένη έκδοση 1.1 του DIRECT τεστ (διάρκειας μισής ώρας) χορηγήθηκε σε 251 μαθητές/ριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και 441 φοιτητές/ριες Πανεπιστημίου (N=692) του Καναδά, της Γερμανίας και των Η.Π.Α.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων αποδείχθηκε ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ριών, ειδικά των κοριτσιών, παραμένουν ακόμη και μετά τη διδασκαλία. Από τις συνεντεύξεις φάνηκε ότι οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες θεωρούν ότι η μπαταρία είναι μια σταθερή πηγή ρεύματος, ενώ ταυτόχρονα συγχέουν τους όρους ρεύμα, τάση και αντίσταση.

Σύμφωνα με τους Engelhardt και Beichner με τη χορήγηση και των δύο εκδόσεων του DIRECT τεστ (versions 1.0 και 1.1) οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιολογήσουν τις μεθόδους διδασκαλίας που χρησιμοποιούν, καθώς επίσης και να συλλέξουν τις κατάλληλες πληροφορίες, ώστε να αξιολογήσουν την πρόοδο και τις εννοιολογικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και οι μαθήτριά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μέθοδος έρευνας

2.1 Περίληψη

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι στόχοι (γενικότεροι και ειδικότεροι) και οι υποθέσεις της έρευνας, για τη διατύπωση των οποίων λήφθηκαν υπόψη τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανασκόπηση της διεθνούς και της ελληνικής βιβλιογραφίας, όπως αυτή περιγράφεται στο πρώτο κεφάλαιο.

Στην έρευνα πήραν μέρος 33 μαθητές/ριες (15 κορίτσια και 18 αγόρια) της Έκτης τάξης του Δημοτικού σχολείου, οι οποίοι/ες συμπλήρωσαν ένα γραπτό ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα 1), το οποίο είχε στόχο να καταγραφούν οι αντιλήψεις τους για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού.

Μετά σχεδιάστηκαν στρατηγικές παρέμβασης και συντάχθηκαν φύλλα εργασίας (βλ. Παράρτημα 2), τα οποία στηρίχθηκαν στη συστημική άποψη για τη διδασκαλία, καθώς και στις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και της συνεργατικής μάθησης. Ως διδακτικά μέσα επιλέχθηκαν το εκπαιδευτικό λογισμικό εποικοδομητικού τύπου Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. και διάφορες προσομοιώσεις κι εφαρμογές (Java applets) από το Διαδίκτυο.

2.2 Οι στόχοι της έρευνας

Στόχος της έρευνας ήταν να διερευνηθούν και να εντοπιστούν ποια εννοιολογικά μοντέλα για το ρεύμα στα απλά κυκλώματα (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση) χρησιμοποιούνται στην πράξη από μαθητές και μαθήτριες της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου, ηλικίας 12 ετών, καθώς επίσης και οι ιδέες τους για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης.

Ειδικότερα έγινε προσπάθεια να διερευνηθούν τα ακόλουθα:

- αν μπορούν τα παιδιά να σχεδιάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία,
- οι απόψεις των παιδιών για το ρόλο της μπαταρίας,
- το πώς φαντάζονται τα παιδιά το ηλεκτρικό ρεύμα και πώς το αναπαριστούν,
- τα εννοιολογικά μοντέλα που χρησιμοποιούν τα παιδιά για τη φορά του ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία,

- οι αντιλήψεις των παιδιών για τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση),
- αν τα παιδιά πιστεύουν ότι το ρεύμα «καταναλώνεται»,
- αν τα παιδιά επηρεάζονται από εμπειρίες και εκφράσεις της καθημερινής τους ζωής, για να εξηγήσουν τον τρόπο λειτουργίας αντικειμένων (μπαταρία, διακόπτης, πρίζα, ασφάλεια) και ηλεκτρικών οικιακών συσκευών που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι,
- οι ιδέες των παιδιών για την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος και το ρόλο του διακόπτη,
- οι απόψεις των παιδιών για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης,
- οι αντιλήψεις των παιδιών για το ρόλο της πρίζας,
- οι ιδέες των παιδιών για το ρόλο της ασφάλειας.

Άλλος στόχος της εργασίας αποτέλεσε, εκτός από την παραπάνω διερεύνηση, ο σχεδιασμός κατάλληλης διδακτικής παρέμβασης σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης εποικοδομητικού τύπου.

2.3 Υποθέσεις της έρευνας

Οι υποθέσεις που τέθηκαν ήταν οι εξής:

Οι μαθητές/ριες της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου, ηλικίας 12 ετών, έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά:

- συγχέουν την έννοια του ρεύματος με την έννοια της ενέργειας,
- χρησιμοποιούν παρόμοια μοντέλα με αυτά που διαπιστώθηκαν από άλλες έρευνες για να εξηγήσουν τη φορά του ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως το μονοπολικό μοντέλο, το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, το μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος, το μεριστικό μοντέλο, το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο (Osborne, 1981, 1983),
- δεν έχουν αναπαραστάσεις για την παράλληλη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών,
- δεν αντιλαμβάνονται το ρόλο του διακόπτη και της ασφάλειας στο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης,

- έχουν περιορισμένη αντίληψη για το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης,
- πιστεύουν ότι η πρίζα δίνει ηλεκτρικό ρεύμα στις ηλεκτρικές συσκευές για να λειτουργήσουν.

2.4 Το πλαίσιο της έρευνας - Δείγμα

Στην έρευνα πήραν μέρος 17 παιδιά, ηλικίας 12 ετών, 8 κορίτσια και 9 αγόρια, από το δεύτερο τμήμα της Στ΄ Τάξης του 1^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σκιάθου και 16 παιδιά, ηλικίας 12 ετών, 7 κορίτσια και 9 αγόρια, από το μοναδικό τμήμα της Στ΄ τάξης του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σκιάθου του νομού Μαγνησίας. Συνολικά πήραν μέρος 33 παιδιά, 15 κορίτσια και 18 αγόρια. Η έρευνα διεξήχθη τον Απρίλιο του 2006 πριν από τη διδασκαλία της ενότητας του ηλεκτρισμού στο σχολείο.

Είναι απαραίτητο να σημειώσουμε ότι τα παιδιά είχαν ήδη διδαχθεί για τον ηλεκτρισμό στο σχολείο το προηγούμενο σχολικό έτος, όταν φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη. Οι ενότητες που είχαν διδαχθεί, με βάση το βιβλίο του δασκάλου (ΥΠ.Ε.Π.Θ, 2005) ήταν:

1. *Ο ηλεκτρισμός χτες και σήμερα*, η οποία ήταν εισαγωγική ενότητα και είχε στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές/ριες τη σημασία του ηλεκτρισμού στις εφαρμογές της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή.
2. *Ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας*, στην οποία οι μαθητές/ριες έμαθαν να διακρίνουν τις ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες από εκείνες που λειτουργούν με ρεύμα από το δίκτυο της Δ.Ε.Η., συνειδητοποίησαν τους κινδύνους που προκύπτουν από τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος και κατανόησαν ότι κατά την εκτέλεση των πειραμάτων πρέπει να χρησιμοποιούν μόνο μπαταρίες και όχι ρεύμα από τις πρίζες.
3. *Πότε ανάβει το λαμπάκι*; Σ' αυτήν την ενότητα οι μαθητές/ριες έμαθαν τα διάφορα μέρη ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως και ειδικά ότι έχει δύο επαφές. Ακόμη, έμαθαν να κατασκευάζουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία.
4. *Ένα απλό κύκλωμα*, στην οποία οι μαθητές/ριες κατασκεύασαν μία λυχνιολαβή και τη χρησιμοποίησαν σε ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Επίσης, έμαθαν να συσχετίζουν τα στοιχεία ενός κυκλώματος με τα αντίστοιχα σύμβολα.
5. *Το ηλεκτρικό ρεύμα*. Οι μαθητές/ριες έμαθαν για τη δομή του ατόμου, για τα δύο είδη φορτίων, για τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και για το ηλεκτρικό ρεύμα. Επιπρόσθετα, εντόπισαν ομοιότητες και διαφορές ανάμεσα στη ροή του νερού σε ένα κλειστό κύκλωμα με σωλήνες και στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

6. *Αγωγοί και μονωτές.* Οι μαθητές/ριες ταξινόμησαν διάφορα υλικά σε αγωγούς και μονωτές του ηλεκτρικού ρεύματος με βάση κατάλληλα πειράματα που έκαναν και αναγνώρισαν ποια μέρη των καλωδίων είναι κατασκευασμένα από αγωγούς και ποια από μονωτές.
7. *Το ανθρώπινο σώμα: αγωγός ή μονωτής;* Σ' αυτήν την ενότητα οι μαθητές/ριες συσχέτισαν την ύπαρξη αλάτων και νερού στο ανθρώπινο σώμα με την αγωγιμότητα του ανθρώπινου σώματος και ανέφεραν κινδύνους από την απρόσεκτη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών.
8. *Ο διακόπτης.* Οι μαθητές/ριες κατασκεύασαν ένα διακόπτη και παράλληλα έμαθαν το συμβολισμό του και για το ρόλο που παίζει σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Επιπλέον, διέκριναν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε κλειστό και ανοιχτό.
9. *Βραχυκύκλωμα – ασφάλεια.* Οι μαθητές/ριες κατασκεύασαν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και προκάλεσαν βραχυκύκλωμα. Έμαθαν για το ρόλο της ασφάλειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και για τα βασικά της μέρη.
10. *Στατικός ηλεκτρισμός.* Σ' αυτήν την ενότητα οι μαθητές/ριες έκαναν πειράματα στατικού ηλεκτρισμού και κατασκεύασαν ένα ηλεκτροσκόπιο.
11. *Με μια ματιά,* η οποία ήταν επαναληπτική ενότητα.

2.5 Το ερωτηματολόγιο

Οι μαθητές/ριες όλου του δείγματος (N=33) συμπλήρωσαν ένα γραπτό ερωτηματολόγιο (διάρκειας μιας διδακτικής ώρας), το οποίο περιελάμβανε οχτώ (8) ερωτήματα (βλ. Παράρτημα 1) και είχε στόχο να καταγραφούν οι αντιλήψεις τους για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού.

Η σύνταξη του ερωτηματολογίου που χορηγήθηκε έγινε με βάση μεθόδους άλλων ερευνητών/ριών (Shipstone, 1985/1993· Πιλάτου, 2003), δηλαδή χρησιμοποιήθηκαν παρόμοια ερωτήματα με αυτά που περιελάμβαναν ερωτηματολόγια άλλων ερευνών.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν κλειστού τύπου, όπου οι μαθητές/ριες σημείωσαν τη σωστή για εκείνους/ες απάντηση, ανοικτού τύπου, όπου οι μαθητές/ριες εξέφρασαν ελεύθερα τις απόψεις τους, καθώς και ερωτήσεις όπου οι μαθητές/ριες παρουσίασαν τις απόψεις τους με ένα σχήμα ή μια ζωγραφιά.

Στόχος της **πρώτης ερώτησης** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 1) του ερωτηματολογίου ήταν να διερευνηθεί αν τα παιδιά γνωρίζουν τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, το ρόλο της μπαταρίας και πιο συγκεκριμένα να διαπιστωθεί αν τα παιδιά σχεδίασαν σωστά ή όχι το ζητούμενο σχήμα.

Με τη **δεύτερη ερώτηση** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 2) επιδιώχθηκε να μελετηθεί πώς φαντάζονται τα παιδιά το ηλεκτρικό ρεύμα, πώς το αναπαριστούν και ποια εννοιολογικά μοντέλα χρησιμοποιούν για τη φορά του ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία μπαταρία και μία λάμπα.

Στόχος της **τρίτης ερώτησης** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 3) ήταν να μελετηθεί αν τα παιδιά μπορούσαν να σχεδιάσουν δύο διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης δύο λαμπών με μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση), αν αναγνώριζαν τη διαφορά τους, καθώς και αν τα παιδιά πίστευαν ότι το ρεύμα «καταναλώνεται».

Με την **τέταρτη ερώτηση** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 4) επιδιώχθηκε να αναδειχθούν οι ιδέες των παιδιών για την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος με αναφορά στο ρόλο που παίζει ο διακόπτης σε ένα κύκλωμα.

Με την **πέμπτη** και την **έκτη ερώτηση** (βλ. Παράρτημα 1, Ερωτήσεις 5 και 6) διερευνήθηκαν οι απόψεις των παιδιών για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών και την ταυτόχρονη λειτουργία τους.

Στόχος της **έβδομης ερώτησης** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 7) ήταν να γίνει αντιληπτό αν τα παιδιά γνώριζαν το ρόλο που παίζει η πρίζα στον τοίχο και τι υπάρχει πίσω από αυτήν. Ακόμη διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των παιδιών για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης.

Στόχος της **όγδοης ερώτησης** (βλ. Παράρτημα 1, Ερώτηση 8) ήταν να γίνει αντιληπτό αν τα παιδιά γνώριζαν ποιος είναι ο ρόλος της ασφάλειας στο ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης και σε ποια θέση πρέπει να τοποθετείται η ασφάλεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα της έρευνας – Συζήτηση

3.1 Περίληψη

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα 1) το οποίο χορηγήθηκε στα παιδιά πριν από τη διδασκαλία της ενότητας του ηλεκτρισμού στο σχολείο.

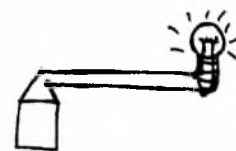
Συγκεκριμένα, παρατίθεται κάθε ερώτηση χωριστά και οι πίνακες με τις κατηγορίες απαντήσεων που προέκυψαν από την ποιοτική και την ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων και των αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές/ριες στην αντίστοιχη ερώτηση.

Για κάθε ερώτημα παρατίθενται οι πιο αντιπροσωπευτικές και χαρακτηριστικές απαντήσεις των παιδιών. Παράλληλα, στα ερωτήματα όπου ζητούνταν από τα παιδιά να κάνουν ένα σχήμα παρατίθενται τα πιο αντιπροσωπευτικά και χαρακτηριστικά σχήματα που έφτιαξαν τα παιδιά, για να γίνει κατανοητός ο τρόπος σκέψης τους.

Αναλύθηκαν και μελετήθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν 33 παιδιά (18 αγόρια και 15 κορίτσια) σε καθένα από τα οχτώ ερωτήματα του ερωτηματολογίου.

3.2 Αντιλήψεις μαθητών/ριών για την έννοια του κυκλώματος και για το ρόλο που παίζει η μπαταρία στο κύκλωμα

Στην πρώτη ερώτηση σχεδόν όλα τα παιδιά ζωγράφισαν σωστά ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, δείχνοντας ξεκάθαρα ότι το λαμπάκι έχει δύο επαφές (βλ. Πίνακα 1). Ειδικότερα, στα σχήματά τους έδειξαν ότι για να ανάβει το λαμπάκι πρέπει η μία επαφή του να συνδέεται με ένα καλώδιο με τον έναν πόλο της μπαταρίας και η άλλη του επαφή με άλλο καλώδιο με τον άλλον πόλο της μπαταρίας (βλ. σχήμα 8).



Σχήμα 8

Ο μεγάλος αριθμός των σωστών σχημάτων που έκαναν οι μαθητές/ριες οφείλεται στο γεγονός ότι είχαν διδαχθεί την προηγούμενη χρονιά, στην Ε΄ Δημοτικού, το σωστό τρόπο σύνδεσης ενός λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα, κάνοντας κατάλληλα πειράματα, ενώ είχε επισημανθεί ότι ο λαμπτήρας έχει δύο επαφές.

Πίνακας 1: σχήματα μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 1

a/a	Κατηγορίες σχημάτων	(N=33)
1	Σωστό σχήμα	30
2	Λανθασμένο σχήμα	3
	Σύνολο	33

Μόνο τρία παιδιά δε ζωγράρισαν σωστά το ζητούμενο σχήμα, αλλά έφτιαξαν σχήματα παρόμοια με το σχήμα 9.



Σχήμα 9

Σχετικά με το ρόλο της μπαταρίας, τα παιδιά θεωρούν ότι η μπαταρία δίνει ρεύμα (7 παιδιά) ή ενέργεια / ηλεκτρισμό (4 παιδιά) στο κύκλωμα ή δίνει ενέργεια στο λαμπάκι για να ανάψει (17 παιδιά) (βλ. Πίνακα 2). Ταυτόχρονα, από τις απαντήσεις των παιδιών προκύπτει ότι δεν μπορούν να διακρίνουν τους όρους ενέργεια και ηλεκτρισμό, ενώ κανένα παιδί δε συνδέει το ρόλο της μπαταρίας με την κίνηση των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα. Φαίνεται ότι τα παιδιά δεν κατανοούν ότι ο ρόλος της μπαταρίας είναι να λειτουργεί ως αντλία ηλεκτρονίων, ώστε να θέτει σε κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια στο εξωτερικό κύκλωμα. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι στην προηγούμενη τάξη δεν έγινε σαφής διαχωρισμός των εννοιών ενέργεια, ρεύμα, ηλεκτρισμός, ούτε έγινε ιδιαίτερος λόγος για το ρόλο της μπαταρίας σε ένα κύκλωμα.

Πίνακας 2: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 1

a/a	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι ρόλο πιστεύεις ότι παίζει η μπαταρία;)	(N=33)
1	Δίνει ρεύμα στο κύκλωμα.	7
2	Δίνει ενέργεια στο λαμπάκι για να ανάψει.	17
3	Δίνει ενέργεια / ηλεκτρισμό.	4
4	Προκαλεί τη φωτοβολία της λάμπας.	1
5	Δεν ξέρω	2
6	Χωρίς απάντηση	2
	Σύνολο	33

3.3 Ιδέες μαθητών/ριών για το ηλεκτρικό ρεύμα

Στη δεύτερη ερώτηση τριάντα δύο (32) παιδιά δήλωσαν ότι είχαν ακούσει τη λέξη ηλεκτρικό ρεύμα, εκτός από ένα παιδί, το οποίο έδωσε αρνητική απάντηση (βλ. Πίνακα 3).

Αρκετά παιδιά (σύνολο 10), προκειμένου να εξηγήσουν τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα το ταύτισαν με το «ρεύμα», τον «ηλεκτρισμό» ή την «ενέργεια» (π.χ. «είναι ενέργεια, η οποία ρέει παντού σε ηλεκτρικά είδη») (βλ. Πίνακα 4). Παράλληλα, άλλα παιδιά (σύνολο 8), επηρεασμένα από εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής έδωσαν λειτουργικές εξηγήσεις για το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή ότι «είναι αυτό με το οποίο λειτουργούν τα φώτα και διάφορες συσκευές ή εργαλεία» και επικεντρώθηκαν στα αποτελέσματά του. Άλλες παρόμοιες απαντήσεις ήταν: «Το ρεύμα δίνει φως στις λάμπες, στις τηλεοράσεις και σε πολλά άλλα», «κάνει κάποια ηλεκτρικά αντικείμενα / εργαλεία να λειτουργούν», «με το ρεύμα έχουμε φως, μπορούμε να κινούμε πράγματα, να θερμαινόμαστε».

Μεταξύ άλλων ένα παιδί ανέφερε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα «περιέχει φωτιά», ένα άλλο παιδί κατέταξε τα ηλεκτρόνια στους οργανισμούς, εξηγώντας ότι «υπάρχουν γύρω μας παντού κάτι πολύ μικροί οργανισμοί που εμείς δεν τους βλέπουμε και ονομάζονται ηλεκτρόνια, από τα οποία παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα» και ένα άλλο δήλωσε ότι «το ηλεκτρικό ρεύμα αποτελείται από θετικά και αρνητικά μόρια ηλεκτρισμού».

Παρά το γεγονός ότι την προηγούμενη χρονιά τα παιδιά είχαν διδαχθεί τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα κανένα παιδί δεν απάντησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ελεύθερων ηλεκτρονίων στους αγωγούς ενός κυκλώματος.

Πίνακας 3: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 2

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων	(N=33)
1	Έχω ακούσει τη λέξη ηλεκτρικό ρεύμα.	32
2	Δεν έχω ακούσει τη λέξη ηλεκτρικό ρεύμα.	1
	Σύνολο	33

Πίνακας 4: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 2

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι νομίζεις ότι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;)	(N=33)
1	Ρεύμα / ηλεκτρισμός / ενέργεια	20
2	Με αυτό λειτουργούν τα φώτα και διάφορες συσκευές.	8
3	Ηλεκτρική δύναμη	1
4	Ηλεκτρικό φως	4
5	Παράγεται από τα ηλεκτρόνια.	1
6	Δεν ξέρω	1
7	Χωρίς απάντηση	5
	Σύνολο	40

Ο αριθμός των απαντήσεων στον Πίνακα 4 δεν αντιστοιχεί στον αριθμό των παιδιών, γιατί μερικές απαντήσεις εμπίπτουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες απαντήσεων, όπως για παράδειγμα «το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ηλεκτρισμός που δίνει ενέργεια για να έχουμε φως, να λειτουργούν διάφορα εργαλεία κ.ά.».

Για να δείξουν τη φορά του ρεύματος στο κύκλωμα, 9 παιδιά χρησιμοποίησαν το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο, 10 παιδιά χρησιμοποίησαν το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, ενώ 14 παιδιά δεν απάντησαν καθόλου (βλ. Πίνακα 5).

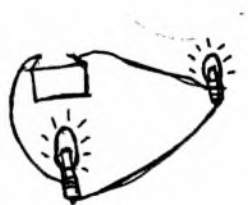
Πίνακας 5: απαντήσεις μαθητών/ριών στο τρίτο σκέλος της ερώτησης 2

α/α	Κατηγορίες σχημάτων για τη φορά του ρεύματος στο κύκλωμα	(N=33)
1	Μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων	10
2	Επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο	9
3	Χωρίς απάντηση	14
	Σύνολο	33

3.4 Απόψεις μαθητών/ριών για τη σύνδεση και τη λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση)

Στην τρίτη ερώτηση ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν δύο διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης δύο λαμπών και μίας μπαταρίας.

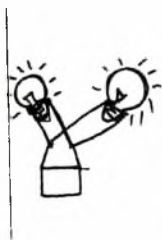
Από τον Πίνακα 6 προκύπτει ότι τέσσερα (4) παιδιά σχεδίασαν δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά (βλ. σχήμα 10), όμως δε σχεδίασαν δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα. Οχτώ (8) παιδιά σχεδίασαν δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα (βλ. σχήμα 11), αλλά δε σχεδίασαν δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά. Τρία (3) παιδιά σχεδίασαν σωστά και τους δύο τρόπους σύνδεσης (βλ. σχήμα 12), ενώ τα υπόλοιπα δεκαοχτώ (18) παιδιά έκαναν διάφορα σχήματα, τα οποία δεν αντιστοιχούσαν στους δύο τρόπους σύνδεσης (βλ. σχήμα 13). Φαίνεται ότι ελάχιστα παιδιά είχαν αναπαραστάσεις για τη σύνδεση σε σειρά και για την παράλληλη σύνδεση δύο λαμπών, αφού για τους δύο τρόπους σύνδεσης δεν είχαν διδαχθεί τίποτα στην προηγούμενη τάξη.



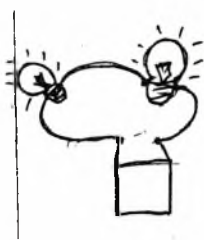
Σχήμα 10



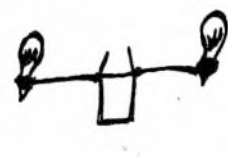
Σχήμα 11



Σχήμα 12



Σχήμα 13



Πίνακας 6: Σχήματα μαθητών/ριών στην ερώτηση 3

α/α	Κατηγορίες σχημάτων	(N=33)
1	Μόνο σύνδεση σε σειρά (βλ. σχήμα 10)	4
2	Μόνο παράλληλη σύνδεση (βλ. σχήμα 11)	8
3	Σωστά σχήματα (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση, βλ. σχήμα 12)	3
4	Άλλα σχήματα (βλ. σχήμα 13)	18
	Σύνολο	33

Κατόπιν ζητήθηκε από τα παιδιά να εκφράσουν τις απόψεις τους ως προς τη φωτοβολία των δύο λαμπών, ως προς τη διατήρηση ή μη του ηλεκτρικού ρεύματος κατά μήκος του κυκλώματος και ως προς το αν θα ανάβει η μία λάμπα, όταν καεί η άλλη.

Πίνακας 7: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 3

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων για τη σύνδεση σε σειρά	(N=33)
1	Οι δύο λάμπες φωτοβολούν το ίδιο.	6
2	Η λάμπα 1 φωτοβολεί περισσότερο από τη λάμπα 2.	1
3	Οι δύο λάμπες δέχονται το ίδιο ρεύμα.	5
4	Η λάμπα 1 δέχεται περισσότερο ρεύμα και η λάμπα 2 λιγότερο.	2
5	Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία λιγότερο ρεύμα.	5
6	Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία το ίδιο ρεύμα.	2
7	Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2.	3
8	Αν καεί η λάμπα 1, δε θα ανάβει η λάμπα 2.	4
	Σύνολο	7

Σχετικά με τη σύνδεση σε σειρά μόνο εφτά (7) παιδιά τη σχεδίασαν, γι' αυτό και οι απαντήσεις στον Πίνακα 7 αντιστοιχούν μόνο σε εφτά παιδιά. Σχετικά με την παράλληλη

σύνδεση μόνο έντεκα (11) παιδιά τη σχεδίασαν, γι' αυτό και οι απαντήσεις στον Πίνακα 8 αντιστοιχούν μόνο σε έντεκα παιδιά.

Πίνακας 8: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 3

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων για την παράλληλη σύνδεση	(N=33)
1	Οι δύο λάμπες φωτοβολούν το ίδιο.	9
2	Η λάμπα 1 φωτοβολεί λιγότερο από τη λάμπα 2.	2
3	Οι δύο λάμπες δέχονται το ίδιο ρεύμα.	10
4	Η λάμπα 1 δέχεται λιγότερο ρεύμα και η λάμπα 2 περισσότερο.	1
5	Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία λιγότερο ρεύμα.	8
6	Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία το ίδιο ρεύμα.	3
7	Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2.	7
8	Αν καεί η λάμπα 1, δε θα ανάβει η λάμπα 2.	2
9	Δεν ξέρω. (Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2;)	1
10	Χωρίς απάντηση. (Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2;)	1
	Σύνολο	11

Από τις απαντήσεις των παιδιών στα δύο σκέλη της ερώτησης 3 (βλ. Πίνακες 7 και 8) φαίνεται ότι τα περισσότερα παιδιά γνώριζαν ότι δύο λάμπες, με όποιο τρόπο και να είναι συνδεδεμένες, φωτοβολούν το ίδιο μεταξύ τους και δέχονται το ίδιο ρεύμα, όμως υποστήριζαν ότι στην μπαταρία επιστρέφει λιγότερο ρεύμα, γιατί το ρεύμα «καταναλώνεται» από τις λάμπες. Τα παιδιά, δηλαδή δεν κατανοούν ότι το ρεύμα διατηρείται κατά μήκος του κυκλώματος και δεν καταναλώνεται από τις λάμπες.

3.5 Αντιλήψεις μαθητών/ριών για την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος και το ρόλο του διακόπτη στο κύκλωμα

Στην τέταρτη ερώτηση (βλ. Πίνακα 9) είκοσι έξι (26) μαθητές/ριες απάντησαν ότι έχουν ακούσει τη λέξη «διακόπτης».

Σχετικά με το ρόλο του διακόπτη στο κύκλωμα (βλ. Πίνακα 10) δέκα (10) παιδιά έδωσαν λειτουργικές εξηγήσεις υποστηρίζοντας ότι «ο ρόλος του διακόπτη είναι να ανάβει και να σβήνει τα φώτα», «από το διακόπτη αναβοσβήνουμε το φως», «ο διακόπτης ανάβει τα φώτα, όταν τον πατήσουμε». Εφτά (7) μαθητές/ριες, επηρεασμένοι/ες από την καθημερινή εμπειρία, ανέφεραν ότι ο διακόπτης είναι «ένα μηχανήμα για να κλείνουμε και να ανοίγουμε,

δηλαδή να επιτρέπουμε ή όχι τη ροή του ρεύματος» ή «ο διακόπτης όταν θέλουμε μπορεί να σταματήσει την κυκλοφορία του ρεύματος». Ικανοποιητικές εξηγήσεις για το διακόπτη έδωσαν πέντε (5) μαθητές/ριες επισημαίνοντας ότι με το διακόπτη «κλείνει και ανοίγει το κύκλωμα». Χρειάζεται να επισημανθεί ότι κανένα παιδί δεν έκανε αναφορά στις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές. Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι λίγα παιδιά αντιλαμβάνονται την έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος και κατανοούν το ρόλο του διακόπτη σε ένα κύκλωμα.

Πίνακας 9: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 4

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων	(N=33)
1	Έχω ακούσει τη λέξη διακόπτης.	26
2	Δεν έχω ακούσει τη λέξη διακόπτης.	2
3	Χωρίς απάντηση	5
	Σύνολο	33

Πίνακας 10: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 4

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι νομίζεις ότι είναι ο διακόπτης;)	(N=33)
1	Με αυτό ανάβουν και σβήνουν τα φώτα.	10
2	Επιτρέπει / εμποδίζει τη ροή του ρεύματος.	7
3	Ένα κουμπί.	2
4	Ανοίγει / κλείνει κύκλωμα.	5
5	Είναι μια ηλεκτρική θήκη που βάζουμε τις πρίζες.	1
6	Χωρίς διακόπτη δεν έχουμε ρεύμα.	1
7	Δεν ξέρω	2
8	Χωρίς απάντηση	9
	Σύνολο	37

Πρέπει να σημειώσουμε ότι ο αριθμός των απαντήσεων στον Πίνακα 10 δεν αντιστοιχεί στον αριθμό των παιδιών, γιατί μερικές απαντήσεις εμπίπτουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες απαντήσεων, όπως για παράδειγμα «ο διακόπτης έχει την ικανότητα να ανάβει και να κλείνει το φως, δηλαδή να ανοίγει και να κλείνει το κύκλωμα».

3.6 Απόψεις μαθητών/ριών για τη σύνδεση και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών

Με την πέμπτη και την έκτη ερώτηση διερευνήθηκαν οι απόψεις των παιδιών για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών και την ταυτόχρονη λειτουργία τους.

Με βάση τον Πίνακα 11 γίνεται φανερό ότι είκοσι επτά (27) παιδιά επηρεασμένα από τις καθημερινές εμπειρίες που έχουν με ηλεκτρικές συσκευές απάντησαν ότι μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές: το ηλεκτρικό σίδερο, η τηλεόραση και η ηλεκτρική σκούπα, όταν είναι συνδεδεμένες σε ένα πολύπριζο. Ακόμη, επειδή έχουν δει ότι όταν αποσυνδέσουμε τη μία συσκευή λειτουργούν οι υπόλοιπες απάντησαν θετικά είκοσι πέντε (25) παιδιά και στο δεύτερο υποερώτημα του πρώτου σκέλους της ερώτησης 5 το οποίο ήταν: «Αν αποσυνδέσουμε μία από αυτές, λειτουργούν οι υπόλοιπες;»

Πίνακας 11: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 5

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων	(N=33)
1	Μπορούν να λειτουργούν τρεις συσκευές ταυτόχρονα.	27
2	Δεν μπορούν να λειτουργούν τρεις συσκευές ταυτόχρονα.	3
3	Χωρίς απάντηση	3
4	Αν αποσυνδέσουμε μία συσκευή, λειτουργούν οι υπόλοιπες.	25
5	Χωρίς απάντηση	8
	Σύνολο	33

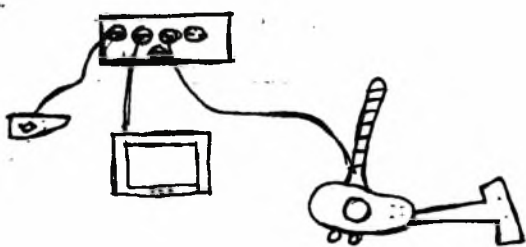
Από τον Πίνακα 12 φαίνεται ότι τα παιδιά δε γνωρίζουν πώς είναι δυνατό να λειτουργούν ταυτόχρονα πολλές ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, ούτε ότι αυτές συνδέονται παράλληλα. Από τα 25 παιδιά που απάντησαν ότι αν αποσυνδέσουμε μία συσκευή από ένα πολύπριζο, λειτουργούν οι υπόλοιπες (βλ. Πίνακα 11), για να αιτιολογήσουν την απάντησή τους στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 5 (βλ. Πίνακα 12), εννέα (9) παιδιά απάντησαν ότι «υπάρχουν πολλές πρίζες και ρεύμα», πέντε (5) παιδιά απάντησαν ότι «κάθε συσκευή δεν επηρεάζεται από τις άλλες», τέσσερα (4) παιδιά ότι «το ρεύμα / η ενέργεια πάει σε όλο το πολύπριζο», ένα (1) παιδί ότι «δεν παίρνουν ρεύμα από την ίδια πρίζα» και ένα (1) παιδί ότι «υπερφορτώνεται η πρίζα». Πολλά ήταν τα παιδιά (συνολικά 10) που δεν έδωσαν καμία απάντηση και τρία (3) παιδιά απάντησαν ότι δεν ξέρουν.

Πίνακας 12: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 5

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Γιατί αν αποσυνδέσουμε μία συσκευή από ένα πολύπριζο, λειτουργούν οι υπόλοιπες;)	(N=33)
1	Το ρεύμα / η ενέργεια πάει σε όλο το πολύπριζο	4
2	Υπάρχουν πολλές πρίζες και ρεύμα	9
3	Δεν παίρνουν ρεύμα από την ίδια πρίζα	1
4	Κάθε συσκευή δεν επηρεάζεται από τις άλλες	5
5	Υπερφορτώνεται η πρίζα	1
6	Δεν ξέρω	3
7	Χωρίς απάντηση	10
	Σύνολο	33

Στο τρίτο σκέλος της πέμπτης ερώτησης ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν τον τρόπο σύνδεσης τριών συσκευών (του ηλεκτρικού σίδερου, της τηλεόρασης και της ηλεκτρικής σκούπας), ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα.

Πολλά παιδιά (σύνολο 21) σχεδίασαν την κάθε συσκευή να συνδέεται με ένα καλώδιο με το πολύπριζο (βλ. σχήμα 14), ενώ οχτώ (8) παιδιά σχεδίασαν το πολύπριζο να συνδέεται με την πρίζα του τοίχου (βλ. Πίνακα 13). Τρεις (3) μαθητές/ριες σχεδίασαν την κάθε συσκευή να συνδέεται με δύο καλώδια με το πολύπριζο (βλ. σχήμα 15) και ένα (1) μόνο παιδί σχεδίασε το πολύπριζο να συνδέεται με την πρίζα του τοίχου. Εννέα (9) μαθητές/ριες δεν έκαναν κανένα απολύτως σχήμα. Από τον πίνακα 13 και τα σχήματα 14 και 15 βγαίνει το συμπέρασμα ότι τα παιδιά δεν έχουν κατανοήσει την έννοια του κυκλώματος και κατ'επέκταση ότι οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές συνδέονται μεταξύ τους. Επιπλέον, δεν έχουν κατανοήσει το ρόλο της πρίζας την οποία συγχέουν με την μπαταρία. Στα σχήματα που έκαναν τα παιδιά περιορίστηκαν μόνο σε αυτό που βλέπουν να συμβαίνει στην πραγματικότητα, δηλαδή δε σχεδίασαν τις συσκευές να αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου κυκλώματος, δηλαδή της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης.



Σχήμα 14



Σχήμα 15

Πίνακας 13: σχήματα μαθητών/ριών στο τρίτο σκέλος της ερώτησης 5

a/a	Κατηγορίες σχημάτων	(N=33)
1	Η κάθε συσκευή συνδέεται με <u>ένα</u> καλώδιο με το πολύπριζο. Το πολύπριζο <u>δε</u> συνδέεται με <u>πρίζα</u> του τοίχου.	13
2	Η κάθε συσκευή συνδέεται με <u>ένα</u> καλώδιο με το πολύπριζο. Το πολύπριζο συνδέεται με <u>πρίζα</u> του τοίχου.	8
3	Η κάθε συσκευή συνδέεται με <u>δύο</u> καλώδια με το πολύπριζο. Το πολύπριζο <u>δε</u> συνδέεται με <u>πρίζα</u> του τοίχου.	2
4	Η κάθε συσκευή συνδέεται με <u>δύο</u> καλώδια με το πολύπριζο. Το πολύπριζο συνδέεται με <u>πρίζα</u> του τοίχου.	1
5	Χωρίς απάντηση	9
	Σύνολο	33

Στην έκτη ερώτηση η οποία αφορούσε στον τρόπο σύνδεσης των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών (βλ. Πίνακα 14) πολλοί/ές ήταν οι μαθητές/ριες (12 συνολικά) που δήλωσαν ότι δεν ήξεραν πώς ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας, ενώ περίπου ίσος αριθμός απ' αυτούς/ές (11 μαθητές/ριες) δεν έδωσαν καμία απάντηση στην ερώτηση. Μερικά παιδιά ανέφεραν ότι ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας ονομάζεται «κύκλωμα» (7 παιδιά), «ρεύμα» (1 παιδί), «ασφάλεια» και «πρίζα» (από 1 παιδί αντίστοιχα). Από τον Πίνακα 14 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι μαθητές/ριες δε γνωρίζουν ότι οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους.

Πίνακας 14: απαντήσεις μαθητών/ριών στην ερώτηση 6

a/a	Κατηγορίες απαντήσεων (Πώς ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας;)	(N=33)
1	Κύκλωμα	7
2	Ρεύμα	1
3	Ασφάλεια	1
4	Πρίζα	1
5	Δεν ξέρω	12
6	Χωρίς απάντηση	11
	Σύνολο	33

3.7 Εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών για το ρόλο της πρίζας στην ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση και τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών

Από τις απαντήσεις των παιδιών σχετικά με το ρόλο της πρίζας στην ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση στο πρώτο σκέλος της έβδομης ερώτησης (βλ. Πίνακα 15) φαίνεται ότι αυτά έχουν εναλλακτικές ιδέες, γιατί επτά (7) παιδιά απάντησαν ότι «η πρίζα χρειάζεται για να λειτουργούν / συνδέονται οι συσκευές που παίρνουν ενέργεια από το ρεύμα», επτά (7) παιδιά ότι «η πρίζα μάς προστατεύει από το ρεύμα / τον ηλεκτρισμό / την ηλεκτροπληξία, δηλαδή παίζει ρόλο μονωτή» και έξι (6) παιδιά ότι «η πρίζα είναι απαραίτητη για να παίρνουμε / δίνει ρεύμα / ενέργεια». Πολλά ήταν τα παιδιά (σύνολο 9) που δεν έδωσαν καμία απάντηση. Από τις απαντήσεις αυτές φαίνεται ότι τα παιδιά ταυτίζουν την πρίζα με την μπαταρία και δε γνωρίζουν ότι η πρίζα αποτελεί στοιχείο ενός ευρύτερου κυκλώματος, δηλαδή της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης.

Πίνακας 15: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 7

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι ρόλο παίζει μια πρίζα στον τοίχο;)	(N=33)
1	Για να λειτουργούν / συνδέονται οι συσκευές που παίρνουν ενέργεια από το ρεύμα	7
2	Μάς προστατεύει από το ρεύμα / τον ηλεκτρισμό / την ηλεκτροπληξία	7
3	Για να παίρνουμε / δίνει ρεύμα / ενέργεια	6
4	Την μπαταρία	1
5	Ο τοίχος είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού	1
6	Κανένα ρόλο	1
7	Από τις πρίζες περνάει ρεύμα	1
8	Χωρίς απάντηση	9
	Σύνολο	33

Πίνακας 16: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 7

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι υπάρχει πίσω από την πρίζα;)	(N=33)
1	Καλώδια	24
2	Η ενέργεια του ρεύματος	1
3	Χωρίς απάντηση	8
	Σύνολο	33

Στο δεύτερο σκέλος της έβδομης ερώτησης από τον Πίνακα 16 γίνεται φανερό ότι η πλειοψηφία των μαθητών/ριών (σύνολο 24) απάντησε ότι πίσω από την πρίζα υπάρχουν

«καλώδια». Όπως στις προηγούμενες ερωτήσεις έτσι και σε αυτήν την ερώτηση υπήρχαν μερικοί/ές μαθητές/ριες (σύνολο 8) που δεν έδωσαν καμία απάντηση.

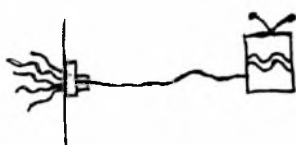
Στο πρώτο υποερώτημα του τρίτου σκέλους της έβδομης ερώτησης τα παιδιά ζωγράφισαν πώς συνδέεται μια ηλεκτρική συσκευή που βάζουμε στην πρίζα.

Σ' αυτό το υποερώτημα, με βάση τον Πίνακα 17, δεκαεννιά (19) παιδιά ζωγράφισαν αυτό που βλέπουν καθημερινά να συμβαίνει στην πραγματικότητα, δηλαδή μία συσκευή να συνδέεται



Σχήμα 16

με ένα καλώδιο με την πρίζα του τοίχου (βλ. σχήμα 16). Δύο από τα δεκαεννιά παιδιά έκαναν το σχήμα 17 για να δείξουν τι υπάρχει πίσω από την πρίζα. Λίγοι/ες μαθητές/ριες ζωγράφισαν μία συσκευή να συνδέεται με δύο καλώδια με την πρίζα του τοίχου, ενώ μερικοί/ές μαθητές/ριες (σύνολο 7) δεν έδωσαν καμία απάντηση. Χρειάζεται να επισημάνουμε ότι μόνο ένα παιδί προσπάθησε να δείξει ότι η μία συσκευή αποτελεί στοιχείο ενός ευρύτερου κυκλώματος (βλ. σχήμα 18).



Σχήμα 17



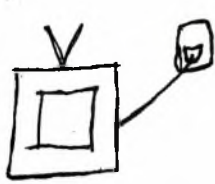
Σχήμα 18

Πίνακας 17: σχήματα μαθητών/ριών στο πρώτο υποερώτημα του τρίτου σκέλους της ερώτησης 7

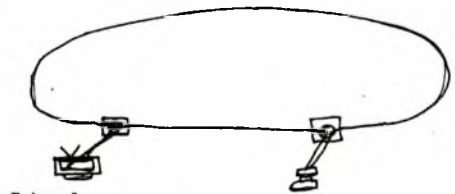
α/α	Κατηγορίες σχημάτων	(N=33)
1	Η συσκευή συνδέεται με <u>ένα</u> καλώδιο με την πρίζα του τοίχου.	19
2	Η συσκευή συνδέεται με <u>δύο</u> καλώδια με την πρίζα του τοίχου.	5
3	Δεν ξέρω	2
4	Χωρίς απάντηση	7
	Σύνολο	33

Στο δεύτερο υποερώτημα του τρίτου σκέλους της έβδομης ερώτησης τα παιδιά ζωγράφισαν πώς συνδέονται δύο ηλεκτρικές συσκευές που βάζουμε σε δύο διαφορετικές πρίζες στο χώρο του σπιτιού. Σ' αυτό το υποερώτημα, με βάση τον Πίνακα 18, είκοσι ένα (21) παιδιά ζωγράφισαν αυτό που βλέπουν καθημερινά να συμβαίνει στην πραγματικότητα,

δηλαδή μία συσκευή να συνδέεται με ένα καλώδιο με την πρίζα του τοίχου και μία άλλη συσκευή να συνδέεται με ένα άλλο καλώδιο με μια άλλη πρίζα του τοίχου, χωρίς οι δύο αυτές συσκευές να συνδέονται μεταξύ τους (βλ. σχήμα 19). Ένα παιδί σχεδίασε τις συσκευές να συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα (βλ. σχήμα 20), ενώ μερικοί/ές μαθητές/ριες (σύνολο 9) δεν έδωσαν καμία απάντηση.



Σχήμα 19



Σχήμα 20

Πίνακας 18: σχήματα μαθητών/ριών στο δεύτερο υποερώτημα του τρίτου σκέλους της ερώτησης 7

α/α	Κατηγορίες σχημάτων	(N=33)
1	Οι συσκευές δε συνδέονται μεταξύ τους	21
2	Οι συσκευές συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα	1
3	Δεν ξέρω	2
4	Χωρίς απάντηση	9
	Σύνολο	33

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υπογραμμίσουμε ότι η κυρίαρχη ιδέα στο μυαλό των παιδιών ήταν ότι οι ηλεκτρικές συσκευές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους μέσα στο χώρο του σπιτιού και ότι αρκεί η κάθε μία να συνδεθεί με τη βοήθεια ενός καλωδίου με την πρίζα του τοίχου για να λειτουργήσει.

3.8 Αντιλήψεις μαθητών/ριών για το ρόλο της ασφάλειας στην ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση

Από τις απαντήσεις των παιδιών στο πρώτο σκέλος της όγδοης ερώτησης φαίνεται ότι τα περισσότερα από αυτά (σύνολο 11), επηρεασμένα από εκφράσεις και εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής, πιστεύουν ότι ο ρόλος της ασφάλειας είναι να «*μάς προστατεύει από το βραχυκύκλωμα, κόβοντας το ρεύμα*» (βλ. Πίνακα 19), ενώ μερικοί/ές μαθητές/ριες (σύνολο 10) δεν έδωσαν καμία απάντηση.

Πίνακας 19: απαντήσεις μαθητών/ριών στο πρώτο σκέλος της ερώτησης 8

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Τι ρόλο παίζει η ασφάλεια;)	(N=33)
1	Όταν κλείνει, ανοίγουν τα φώτα.	1
2	Προστατεύει από το βραχυκύκλωμα κόβοντας το ρεύμα.	11
3	Κλείνει το κύκλωμα.	2
4	Κρατάει ένα μεγάλο ποσό ηλεκτρικής ενέργειας.	1
5	Δίνει ρεύμα.	3
6	Συνδέεται με όλα τα καλώδια του σπιτιού.	1
7	Προστατεύει από την ηλεκτροπληξία.	1
8	Δεν ξέρω	3
9	Χωρίς απάντηση	10
	Σύνολο	33

Σχετικά με το σημείο του κυκλώματος στο οποίο πρέπει να τοποθετείται η ασφάλεια, από τον Πίνακα 20 μπορούμε να δούμε ότι μόνο ένα (1) παιδί γνώριζε σε ποιο σημείο του κυκλώματος πρέπει να μπαίνει η ασφάλεια, τέσσερα (4) παιδιά απάντησαν με βάση αυτό που έχουν δει στο σπίτι, δηλαδή ότι η ασφάλεια τοποθετείται «στον πίνακα ρεύματος», ενώ δεκατέσσερα (14) παιδιά δεν έδωσαν καμία απάντηση.

Πίνακας 20: απαντήσεις μαθητών/ριών στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 8

α/α	Κατηγορίες απαντήσεων (Σε ποιο σημείο του κυκλώματος μπαίνει η ασφάλεια και γιατί;)	(N=33)
1	Κοντά σε καλώδια που περιέχουν ρεύμα.	3
2	Στον πίνακα ρεύματος.	4
3	Στην αρχή του κυκλώματος.	1
4	Σε οποιοδήποτε σημείο για να αποφευχθεί το βραχυκύκλωμα.	2
5	Μέσα στην πρίζα.	1
6	Δεν ξέρω	8
7	Χωρίς απάντηση	14
	Σύνολο	33

3.9 Συμπεράσματα

Από την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές/ριες στα οχτώ ερωτήματα που περιέχονταν στο ερωτηματολόγιο μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι επαληθεύονται οι υποθέσεις που διατυπώθηκαν στην αρχή της έρευνας, σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές/ριες της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου, ηλικίας 12

ετών, συγχέουν την έννοια του ρεύματος με την έννοια της ενέργειας, χρησιμοποιούν παρόμοια μοντέλα με αυτά που διαπιστώθηκαν από άλλες έρευνες για να εξηγήσουν τη φορά του ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων (Osborne, 1981, 1983), δεν έχουν αναπαραστάσεις για την παράλληλη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών, δεν αντιλαμβάνονται το ρόλο του διακόπτη και της ασφάλειας στο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης, έχουν περιορισμένη αντίληψη για το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης και τέλος, πιστεύουν ότι η πρίζα δίνει ηλεκτρικό ρεύμα στις ηλεκτρικές συσκευές για να λειτουργήσουν. Επειδή όμως, ο αριθμός των μαθητών/ριών που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας είναι μικρός (N=33), δεν μπορούμε να οδηγηθούμε σε γενικευμένα συμπεράσματα.

Η πρώτη ερώτηση αφορούσε στη σχεδίαση ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μία λάμπα και μία μπαταρία και στις ιδέες των παιδιών για το ρόλο που παίζει η μπαταρία. Φάνηκε ότι τα παιδιά γνωρίζουν πώς πρέπει να συνδεθούν τα κατάλληλα υλικά για να κατασκευαστεί ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, όμως έχουν εναλλακτικές ιδέες για το ρόλο της μπαταρίας, γιατί υποστηρίζουν ότι δίνει ρεύμα, ενέργεια ή ηλεκτρισμό.

Η δεύτερη ερώτηση ήταν σχετική με τις ιδέες των παιδιών για το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι. Σχεδόν όλα τα παιδιά έχουν ακούσει τον όρο «ηλεκτρικό ρεύμα», ωστόσο στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, είτε ταυτίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα με το «ρεύμα», τον «ηλεκτρισμό» ή την «ενέργεια», είτε δίνουν λειτουργικές εξηγήσεις και αναφέρουν ότι «είναι αυτό με το οποίο λειτουργούν τα φώτα και διάφορες συσκευές ή εργαλεία», γιατί τα παιδιά είναι επηρεασμένα από εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής.

Όσον αφορά στη φορά του ρεύματος σε ένα κύκλωμα δέκα (10) παιδιά χρησιμοποιούν το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων και εννέα (9) παιδιά το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο.

Από τα σχέδια των παιδιών στην τρίτη ερώτηση, στην οποία καλούνταν να σχεδιάσουν δύο διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης δύο λαμπών με μία μπαταρία, φαίνεται ότι ελάχιστα παιδιά έχουν αναπαραστάσεις για τη σύνδεση σε σειρά και την παράλληλη σύνδεση δύο λαμπών. Επιπλέον τα περισσότερα παιδιά υποστηρίζουν ότι στην μπαταρία επιστρέφει λιγότερο ρεύμα, γιατί το ρεύμα «καταναλώνεται» από τις λάμπες.

Από τις απαντήσεις των παιδιών στην τέταρτη ερώτηση γίνεται αντιληπτό ότι σχεδόν όλα τα παιδιά έχουν ακούσει τη λέξη «διακόπτης», όμως τα περισσότερα (σύνολο 10) δίνουν λειτουργικές εξηγήσεις υποστηρίζοντας ότι ο ρόλος του διακόπτη είναι «να ανάβει και να

σβήνει τα φώτα», δηλαδή δεν αναγνωρίζουν το διακόπτη ως το σημείο όπου ανοίγει και κλείνει ένα κύκλωμα.

Η πέμπτη και η έκτη ερώτηση αφορούσαν στη σύνδεση και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Τα περισσότερα παιδιά επηρεασμένα από τις καθημερινές εμπειρίες που έχουν με ηλεκτρικές συσκευές πιστεύουν ότι μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα τρεις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, όταν είναι συνδεδεμένες σε ένα πολύπριζο.

Από τις εξηγήσεις, όμως που δίνουν είναι ολοφάνερο ότι τα παιδιά έχουν εναλλακτικές ιδέες για την ταυτόχρονη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Η ταυτόχρονη λειτουργία αποδίδεται στα εξής: *«υπάρχουν πολλές πρίζες και ρεύμα»*, ή *«κάθε συσκευή δεν επηρεάζεται από τις άλλες»* ή *«το ρεύμα / η ενέργεια πάει σε όλο το πολύπριζο»*. Με βάση τις εξηγήσεις αυτές και τα σχήματα των μαθητών/ριών αποδεικνύεται ότι οι μαθητές/ριες δε γνωρίζουν ότι οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές συνδέονται παράλληλα.

Με βάση τις απαντήσεις των παιδιών στην έβδομη ερώτηση μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι έχουν εναλλακτικές ιδέες για το ρόλο της πρίζας στον τοίχο. Προκύπτει δηλαδή ότι τα παιδιά ταυτίζουν την πρίζα με την μπαταρία και δε γνωρίζουν ότι η πρίζα αποτελεί στοιχείο ενός ευρύτερου κυκλώματος, δηλαδή της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, η πλειοψηφία των μαθητών/ριών απάντησε ότι πίσω από την πρίζα υπάρχουν *«καλώδια»*.

Ωστόσο, στα σχήματα που κάνουν οι μαθητές/ριες κυρίαρχη ιδέα είναι ότι οι συσκευές δε συνδέονται μεταξύ τους μέσα στο χώρο του σπιτιού και ότι κάθε συσκευή συνδέεται με ένα καλώδιο με την πρίζα του τοίχου.

Στην τελευταία ερώτηση τα περισσότερα παιδιά (σύνολο 11), επηρεασμένα από εκφράσεις και εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής, υποστηρίζουν ότι *«ο ρόλος της ασφάλειας είναι να μας προστατεύει από το βραχυκύκλωμα, κόβοντας το ρεύμα»*, ενώ δε γνωρίζουν σε ποιο σημείο του κυκλώματος πρέπει να τοποθετείται η ασφάλεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Προτάσεις για τη βελτίωση της διδασκαλίας και σχεδίαση νέου εκπαιδευτικού υλικού

4.1 Περίληψη

Σ' αυτό το κεφάλαιο εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους κρίθηκε αναγκαίο να μελετηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών/ριών της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και την παράλληλη σύνδεση και κατά συνέπεια να σχεδιαστεί μια διδακτική παρέμβαση σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης εποικοδομητικού τύπου.

Κατόπιν, γίνεται σύντομη αναφορά στις θεωρίες μάθησης, οι οποίες υποστηρίζουν τη χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενώ οι αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και τα χαρακτηριστικά της συνεργατικής μάθησης αναλύονται εκτενέστερα, γιατί αποτελούν το θεωρητικό πλαίσιο της καινοτομικής διδακτικής παρέμβασης που πραγματοποιήθηκε. Επιπλέον, σχολιάζονται τα μαθησιακά αποτελέσματα από την εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση υπολογιστή και αναλύεται η σημασία των προσομοιώσεων και των μοντέλων στη μαθησιακή διαδικασία.

4.2 Αναγκαιότητα σχεδιασμού μιας διδακτικής παρέμβασης σε ένα σύγχρονο τεχνολογικό περιβάλλον συνεργατικής μάθησης εποικοδομητικού τύπου

Σήμερα ζούμε μέσα σε ένα τεχνολογικό περιβάλλον και σχεδόν όλα τα παιδιά χρησιμοποιούν καθημερινά διάφορες ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, όπως το ψυγείο, η τηλεόραση, το τηλέφωνο κ.ά., γι' αυτό θα πρέπει να γνωρίζουν στοιχειωδώς τον τρόπο σύνδεσής τους. Κατά συνέπεια αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ο ηλεκτρισμός αποτελεί βασικό θέμα των Φυσικών Επιστημών που διδάσκονται τα παιδιά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Με βάση την ανασκόπηση της διεθνούς και της ελληνικής βιβλιογραφίας προκύπτει ότι έχουν γίνει αρκετές έρευνες για τις εναλλακτικές ιδέες παιδιών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, φοιτητών/ριών, αλλά και ενηλίκων σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα, τα απλά και σύνθετα ηλεκτρικά κυκλώματα, τη διαφορά δυναμικού, τα διαγράμματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Λίγες έρευνες έχουν ασχοληθεί

ειδικότερα με τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών/ριών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης που αφορούν στην έννοια του ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος, στο ρόλο του διακόπτη, στην παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων, στο ρόλο της ασφάλειας, στη σύνδεση και λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών (Πιλάτου, 2003).

Επιπρόσθετα, έχουν σχεδιαστεί και οργανωθεί διδασκαλίες με στόχο την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Από τις διδασκαλίες που έχουν αναφερθεί σε μία μόνο έγινε χρήση του υπολογιστή και αυτή πραγματοποιήθηκε με ζευγάρια μαθητών/ριών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Ronen & Eliahu, 2000). Επίσης χρειάζεται να τονίσουμε ότι σε αυτή τη διδασκαλία έγινε προσπάθεια οι μαθητές/ριες να κατανοήσουν τις θεωρητικές αρχές των φαινομένων και να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ των θεωρητικών μοντέλων, των αναπαραστάσεων και της πραγματικότητας, αλλά δεν υπήρξε καμία επιδίωξη να αποκτήσουν λειτουργικές γνώσεις, ώστε να μπορέσουν να τις εφαρμόσουν σε συνθήκες καθημερινής ζωής.

Για τους λόγους αυτούς, αρχικά κρίθηκε αναγκαίο να διερευνηθούν οι ιδέες και αναπαραστάσεις μαθητών/ριών του Δημοτικού σχολείου για το ρεύμα στα απλά κυκλώματα (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση), καθώς επίσης και οι ιδέες τους για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης. Στη συνέχεια, θεωρήθηκε απαραίτητο να σχεδιαστούν και να συνταχθούν φύλλα εργασίας (βλ. Παράρτημα 2), τα οποία στηρίχθηκαν στις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και της συνεργατικής μάθησης. Βασικά, αναγνωρίστηκε ο ρόλος και η σημασία των ιδεών των παιδιών για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, αλλά και η ατομική και ταυτόχρονα κοινωνική αλληλεπιδραστική διάσταση της οικοδόμησης της νέας επιστημονικής γνώσης. Για τη σύνταξη των φύλλων εργασίας επιλέχθηκαν το εκπαιδευτικό λογισμικό εποικοδομητικού τύπου M.A.Θ.H.M.A. και διάφορες προσομοιώσεις κι εφαρμογές (Java applets) από το Διαδίκτυο.

4.3 Η εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση

Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες οι ειδικοί του χώρου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αναγνωρίζουν ότι οι ιδέες ή οι αντιλήψεις που έχουν σχηματίσει τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα, πριν από τη διδασκαλία τους στο σχολείο, παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση, γι' αυτό πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη διδασκαλία (Driver & Oldham, 1986, Tobin, 1993, McGuigan & Russell, 1997, Κόκκοτας, 2002).

Οι ιδέες αυτές διαμορφώνονται κυρίως από τις κοινωνικές επαφές των παιδιών με τους άλλους, το τεχνολογικό περιβάλλον στο οποίο ζουν, τα μέσα επικοινωνίας, τα μέσα

μαζικής ενημέρωσης, τα σχολικά εγχειρίδια, τα έντυπα κάθε είδους και τη χρήση της γλώσσας (Κόκκοτας, 2002). Οι ιδέες δεν είναι λάθη χωρίς ιδιαίτερη σημασία, αλλά νοητικές κατασκευές (Gilbert et al., 1982) με τις οποίες τα παιδιά προσπαθούν να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα που αντιλαμβάνονται σύμφωνα με το γνωστικό τους επίπεδο και το δικό τους τρόπο σκέψης. Κατά συνέπεια, τα παιδιά αναπαριστούν μέρη του κόσμου με νοητικά μοντέλα που αντανακλούν τη δομή τους (Graham & Oakhill, 1994). Οι ιδέες των παιδιών συνήθως διαφέρουν από το επιστημονικά αποδεκτό πρότυπο, καλύπτουν μεμονωμένα φαινόμενα και μπορεί να είναι αντιφατικές μεταξύ τους.

Στη βιβλιογραφία οι ιδέες αυτές των παιδιών αναφέρονται με διαφορετικές ονομασίες όπως εναλλακτικές ιδέες, εναλλακτικές αντιλήψεις (alternative conceptions), εναλλακτικά πλαίσια (alternative frameworks), παρανοήσεις (misconceptions), προϋπάρχουσες ιδέες, αυθόρμητες αντιλήψεις, διαισθητικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών (children's science), νοητικές αναπαραστάσεις (mental representations), νοητικά μοντέλα (mental models) ή πρώιμες αντιλήψεις (preconcept) (Guidoni, 1985, Nachtigall, 1990, Lee & Law, 2001, Κόκκοτας, 2002).

Οι πρώιμες αντιλήψεις πιθανόν να διαφοροποιηθούν μετά τη διδασκαλία, αλλά επειδή είναι πολύ καλά εδραιωμένες (robust concepts) πολλές φορές η πειραματική ή η παραδοσιακή διδασκαλία επιφέρουν ελάχιστες αλλαγές (Gauld, 1988, McDermott, 1991, Ψύλλος κ.ά., 1993, Lee & Law, 2001, Clement & Steinberg, 2002). Ακόμη, έχει διαπιστωθεί ότι οι πρώιμες αντιλήψεις των παιδιών είναι δυνατό να παραμείνουν και μετά την ενηλικίωσή τους (Viennot, 1979).

Στη δεκαετία του 1980 στο πλαίσιο των γνωστικών επιστημών διατυπώθηκαν οι βασικές θέσεις της εποικοδομητικής θεωρίας (constructivism) για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Driver & Oldham, 1986, Driver & Bell, 1986), η οποία σταδιακά επεκτάθηκε σε θεωρία διδασκαλίας, καθώς και σε θεωρία της εκπαίδευσης. Σύμφωνα με την εποικοδομητική θεωρία, η μάθηση θεωρείται ως εννοιολογική ανάπτυξη (conceptual development). Η νέα γνώση που αποκτά ο/η μαθητής/ρια μπορεί να αφομοιωθεί από την ήδη υπάρχουσα αν είναι συμβατή με αυτήν (αφομοίωση, assimilation) ή αν δεν είναι συμβατή μπορεί να προκληθεί γνωστική σύγκρουση (cognitive conflict) και αναδιοργάνωση της αρχικής δομής (προσαρμογή, accommodation) μέχρι να επέλθει νέα εξισορρόπηση (equilibration). Έχει φανεί ότι η γνωστική σύγκρουση συμβάλλει στην οικοδόμηση ακριβέστερων μοντέλων όσον αφορά στον ηλεκτρισμό (Closset, 1984, White & Frederiksen, 1990, Steinberg & Wainwright, 1993, White et al., 1993, Frederiksen et al., 1999).

Με άλλα λόγια, στην εποικοδομητική προσέγγιση θεωρείται ότι η μάθηση είναι μια πολύπλοκη, δυναμική και ενεργητική διαδικασία συνεχούς οικοδόμησης νοημάτων από τους/τις μαθητές/ριες και επηρεάζεται από τις ήδη υπάρχουσες γνωστικές δομές που αυτοί/ές έχουν (Wheatley, 1991, Hannafin, 1995, McGuigan & Russell, 1997, Κόκκοτας, 2002). Σε μαθητοκεντρικά περιβάλλοντα οι μαθητές/ριες οικοδομούν το προσωπικό τους νόημα συσχετίζοντας τη νέα γνώση με την ήδη υπάρχουσα (Hannafin & Land, 1997).

Η τροποποίηση ή αναδόμηση/αναδιοργάνωση αυτών των γνωστικών δομών ώστε να είναι πιο συμβατές με το αντίστοιχο επιστημονικό πρότυπο ονομάζεται εννοιολογική αλλαγή (conceptual change) (Driver & Bell, 1986, Driver & Oldham, 1986, Ψύλλος κ.ά., 1993, Vosniadou, 1994). Προκειμένου να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή πρέπει οι μαθησιακές δραστηριότητες να πλαισιώνονται και να υποστηρίζονται με κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία (π.χ. εκπαιδευτικό λογισμικό ή πραγματικά αντικείμενα), καθώς και να ενισχύονται με την αμοιβαία αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών/ριών-μαθητών/ριών και μαθητών/ριών-εκπαιδευτικού. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται γνωστικές συγκρούσεις που είναι απαραίτητες στη διαδικασία ανασυγκρότησης των νοητικών μοντέλων και κατ' επέκταση στην οικοδόμηση της γνώσης (Hannafin & Land, 1997, Lee & Law, 2001, Asoko, 2002, Κόμης κ.ά., 2004).

Στην εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση έχει ασκηθεί έντονη κριτική, γιατί δεν έλαβε επαρκώς υπόψη την κοινωνική και πολιτισμική διάσταση της οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης (Solomon, 1987, 1993, 1994, O'Loughlin, 1992, Taylor et al., 1997).

4.4 Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός

Πέρα από την ατομική διάσταση της οικοδόμησης της επιστημονικής γνώσης, στα έργα του Vygotsky (1988, 1997) και του Wittgenstein (1977) αναδεικνύεται η κοινωνική και η πολιτισμική της διάσταση. Εκτός από το Vygotsky και άλλοι ερευνητές (Lemke, 1990, Tobin, 1997, 1998) τονίζουν ιδιαίτερα τη σημασία της αλληλεπίδρασης στο διαπροσωπικό επίπεδο και δίνουν μεγάλη έμφαση στο ρόλο του λόγου του/ης εκπαιδευτικού για τη διαπραγμάτευση των νέων νοημάτων στην τάξη, καθώς και στο διάλογο μεταξύ των παιδιών. Αυτό σημαίνει ότι η γνώση οικοδομείται με τη χρήση της γλώσσας μέσω μιας κοινωνικής και συνεργατικής αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας με τα μέλη μιας ομάδας/κοινότητας (Graham & Oakhill, 1994).

Μετά την κριτική που ασκήθηκε στον εποικοδομητισμό εμφανίστηκε μια νεότερη μορφή του ο κοινωνικός εποικοδομητισμός (social constructivism) σύμφωνα με τον οποίο σημαντικό ρόλο παίζουν κοινωνικοί και πολιτισμικοί παράγοντες στον προσδιορισμό του

μαθησιακού περιβάλλοντος και κατά συνέπεια στην οικοδόμηση της νέας επιστημονικής γνώσης (Solomon, 1987, 1993, 1994, Bereiter, 1992, Duit & Treagust, 1998, Kanuka & Anderson, 1999).

Με βάση τον κοινωνικό εποικοδομητισμό οι Jonnaert και Vander Borgh (1999) πρότειναν το Κοινωνικό Εποικοδομητικό Αλληλεπιδραστικό μοντέλο μάθησης (Socio – Constructiviste – Interactive). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο διακρίνονται τρεις διαστάσεις στις παιδαγωγικές και διδακτικές σχέσεις που αναπτύσσονται στην τάξη, οι οποίες βρίσκονται μεταξύ τους σε συνεχή αλληλεξάρτηση.

Οι διαστάσεις είναι η *εποικοδομητική*, που αναφέρεται στους/ις μαθητές/ριες, η *κοινωνική*, που αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ μαθητών/ριών-μαθητών/ριών και μαθητών/ριών-εκπαιδευτικού και τέλος, η *αλληλεπιδραστική* που αναφέρεται στις διδακτικές καταστάσεις και στον τρόπο οργάνωσης της μάθησης.

4.5 Συνεργατική μάθηση και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Καθώς για την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης σημαντικό ρόλο παίζει το κοινωνικό και το πολιτισμικό πλαίσιο, η συνεργατική μάθηση άρχισε να εφαρμόζεται συχνά στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών από το 1970 και μετά (Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 1998). Η συνεργατική μάθηση θα μπορούσε να οριστεί ως «η εργασία των παιδιών σε μικρές ομάδες, έτσι ώστε το κάθε παιδί να συμμετέχει σε συλλογικές δραστηριότητες που έχουν προσδιοριστεί με σαφήνεια» (Σταυρίδου, 2000, σελ. 17). Τα παιδιά ολοκληρώνουν τις δραστηριότητες χωρίς την άμεση καθοδήγηση από τον/ην εκπαιδευτικό (Cohen, 1994).

Μέσω της συνεργασίας παρέχονται ευκαιρίες στους/ις μαθητές/ριες για παραγωγική μάθηση (Kanuka & Anderson, 1999). Επιπλέον, η συνεργασία είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για τους/τις μαθητές/ριες με χαμηλή σχολική επίδοση, γιατί μια δύσκολη ατομική δραστηριότητα μετατρέπεται σε εύκολη ομαδική δραστηριότητα (Σταυρίδου, 2000). Έχει υποστηριχτεί ότι η συνεργατική μάθηση, ως παιδαγωγική στρατηγική, αναπτύσσει τη σκέψη και την κοινωνικότητα των παιδιών, συμβάλλει στην ανάπτυξη πνεύματος ισότητας μεταξύ των μαθητών/ριών, αλλά παράλληλα οδηγεί και σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Cohen, 1994, Ματσαγγούρας, 1995α, 1995β, Σταυρίδου, 2000, Dyson & Grineski, 2001).

Σύμφωνα με το Stahl (1994) πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις για να είναι αποτελεσματική η εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στο σχολείο. Οι πιο βασικές προϋποθέσεις είναι: σαφείς διδακτικοί στόχοι, συνεργασία όλων των μελών της ομάδας, σαφείς οδηγίες για τις μαθητικές δραστηριότητες, ανομοιογενείς ομάδες, ίσες ευκαιρίες για

επιτυχία, θετική αλληλεξάρτηση, πρόσωπο με πρόσωπο αλληλεπίδραση, ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, άνεση χρόνου, ατομική και ομαδική αξιολόγηση κ.ά.

Μια άλλη ερευνήτρια η Cohen (1994) θεωρεί ότι σημαντικό ρόλο παίζουν η αλληλεπίδραση μεταξύ των παιδιών και η φύση της δραστηριότητας που αυτά πραγματοποιούν (π.χ. χειρισμός διαφόρων συγκεκριμένων αντικειμένων). Εκτός απ' αυτά δίνει μεγάλη έμφαση στο ρόλο του/ης εκπαιδευτικού.

4.6 Εφαρμογή της συνεργατικής μάθησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση υπολογιστή

Από έρευνες έχει αποδειχτεί ότι όταν οι μαθητές/ριες χρησιμοποιούν υπολογιστή μαθαίνουν καλύτερα και απολαμβάνουν περισσότερο το μάθημα, γιατί εμπλέκονται ενεργά στη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης. Ακόμη, ένα άλλο γεγονός που έχει παρατηρηθεί είναι ότι η χρήση προσομοιώσεων και μοντέλων φυσικών φαινομένων με τη βοήθεια κατάλληλων λογισμικών από παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας οδηγεί στην κατανόηση των φαινομένων και στην οικοδόμηση αποδεκτά επιστημονικών εννοιολογικών μοντέλων. Όλα αυτά όμως επιτυγχάνονται όταν ο/η εκπαιδευτικός ακολουθεί εποικοδομητικά και συνεργατικά μοντέλα διδασκαλίας και μάθησης (Σολομωνίδου, 2000, Κόκκοτας, 2002).

Επιπρόσθετα, είναι γενικά αποδεκτό ότι ο υπολογιστής είναι η πιο αποτελεσματική τεχνολογία για την εποικοδομητική και συνεργατική μάθηση στην εκπαίδευση (Garrison, 1997, Ράπτης & Ράπτη, 1999). Με άλλα λόγια, με τη λειτουργική ένταξη των τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούμε να παρέχουμε στους/ις μαθητές/ριες ένα νέο αλληλεπιδραστικό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας, που είναι εποικοδομητικό και συνεργατικό (Kanuka & Anderson, 1999), μέσα στο οποίο οι μαθητές/ριες κατέχουν τον κεντρικό ρόλο (Scardamalia & Bereiter, 1994).

Στα μαθητοκεντρικά περιβάλλοντα μάθησης που υποστηρίζονται από τη χρήση υπολογιστή οι μαθητές/ριες μαθαίνουν σε βάθος και έχουν καλύτερες επιδόσεις από μαθητές/ριες που δε χρησιμοποιούν υπολογιστή (Scardamalia et al., 1992). Σύμφωνα με το Sherry (2000) η μαθητική κοινότητα μαθαίνει από το κάθε άτομο χωριστά, όπως και το κάθε άτομο μαθαίνει από τη μαθητική κοινότητα. Έτσι δημιουργείται ένα λειτουργικό και δυναμικό σύστημα μάθησης. Επιπλέον, η χρήση των τεχνολογιών της πληροφορίας όχι μόνο διευκολύνει στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Hannafin & Land, 1997), αλλά και συμβάλλει παράλληλα στην επικοινωνία και στην καλλιέργεια της κριτικής και δημιουργικής σκέψης των παιδιών (Morrison, 2003).

4.7 Στόχοι και χαρακτηριστικά του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος

Από την έρευνα της Πιλάτου (2003) έχει προκύψει ότι η διδασκαλία της παράλληλης σύνδεσης αντιστάσεων στο εργαστήριο, καθώς και της παράλληλης σύνδεσης των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών είναι εφικτή και έχει στεφθεί με επιτυχία σε μαθητές/ριες της Ε΄ και της Στ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου. Η ερευνήτρια όπως υποστηρίζει ότι για να γίνει αυτό απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός και η οργάνωση της διδασκαλίας εκ των προτέρων με τέτοιο τρόπο, ώστε να στοχεύει στην κατανόηση από μέρους των μαθητών/ριών πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών. Τα συμπεράσματα της έρευνας της Πιλάτου (2003) έδειξαν ότι η μελέτη της ηλεκτρικής εγκατάστασης στο σπίτι καλό είναι να ακολουθεί τη μελέτη των κυκλωμάτων στο εργαστήριο και να πραγματοποιείται μέσα από κατάλληλες συσχετίσεις και παραλληλισμούς μεταξύ των κυκλωμάτων στο εργαστήριο και των κυκλωμάτων στο σπίτι.

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται μία μοναδική έρευνα-διδασκαλία (Ronen & Eliahu, 2000) που πραγματοποιήθηκε με ζευγάρια μαθητών/ριών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό DC-Kid, (Ronen & Eliahu, 1997b) με τη βοήθεια του οποίου ο/η μαθητής/ρια μπορεί να κατασκευάσει και να χειριστεί μοντέλα κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιώντας διάφορα ηλεκτρολογικά υλικά. Στο τέλος φάνηκε ότι όσοι/ες μαθητές/ριες χρησιμοποίησαν το λογισμικό είχαν μεγαλύτερη επιτυχία και εμπιστοσύνη στη δουλειά τους σε σχέση με αυτούς/ές που δεν το χρησιμοποίησαν.

Στην παρούσα εργασία με βάση τις αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού και τα χαρακτηριστικά της συνεργατικής μάθησης που αναφέρθηκαν σχεδιάστηκαν και συντάχθηκαν φύλλα εργασίας (βλ. Παράρτημα 2) για έννοιες και φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Στόχος του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που προτείνεται είναι η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων με τη βοήθεια υπολογιστή, δηλαδή προσομοιώσεων ηλεκτρικών κυκλωμάτων και μοντέλων που αναπαριστούν τα φαινόμενα στο μικροσκοπικό επίπεδο της δομής της ύλης, ώστε αυτά να γίνουν κατανοητά και να συνδεθούν με τα φαινόμενα στο μακροσκοπικό επίπεδο.

Τα φύλλα εργασίας απευθύνονται σε μαθητές/ριες της Στ΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου και περιλαμβάνουν πρακτικές δραστηριότητες, αλλά και δραστηριότητες που κινητοποιούν νοητικά τους/ις μαθητές/ριες, οι οποίοι/ες συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης. Εκτός απ' αυτά, οι δραστηριότητες των φύλλων προωθούν το διάλογο και την επικοινωνία μεταξύ μαθητών/ριών, αλλά και μεταξύ εκπαιδευτικού και μαθητών/ριών.

4.8 Δομή των φύλλων εργασίας

Η δομή των φύλλων εργασίας τα οποία προτείνονται είναι παρόμοια με τη δομή των φύλλων εργασίας που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα-διδασκαλία της Πιλάτου (2003). Συγκεκριμένα, τα φύλλα εργασίας περιλαμβάνουν:

- *ατομικές εργασίες - προβλέψεις*, για να εκφράσουν οι μαθητές/ριες ελεύθερα τις απόψεις τους και να αναδειχτούν οι εναλλακτικές τους ιδέες,
- *ομαδικές δραστηριότητες*, όπου οι μαθητές/ριες πραγματοποιούν πειράματα και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους,
- μια «*ζώνη διαλόγου*» (Jonnaert & Vander Borght, 1999), όπου τα παιδιά συζητούν στην ομάδα και καταλήγουν σε ομαδικά συμπεράσματα,
- *ανακοίνωση των συμπερασμάτων της κάθε ομάδας στην τάξη*, όπου τα παιδιά ανταλλάσσουν απόψεις και επιχειρηματολογούν και
- *συζήτηση στην τάξη* κατά την οποία τα παιδιά προσπαθούν να απαντήσουν σε ερωτήματα με βάση τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Ειδικότερα, οι δραστηριότητες που προτείνονται στα φύλλα εργασίας που σχεδιάστηκαν (βλ. Παράρτημα 2) αφορούν:

- στις έννοιες του *ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος* και του *ηλεκτρικού ρεύματος*,
- στη *σύνδεση* και στη *λειτουργία σύνθετων ηλεκτρικών κυκλωμάτων* με δύο λάμπες και μία μπαταρία (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση),
- στον τρόπο λειτουργίας και στο ρόλο διαφόρων ηλεκτρολογικών υλικών (*μπαταρία, λάμπα, διακόπτης, καλώδια, πρίζα, ασφάλεια*),
- στον τρόπο λειτουργίας διαφόρων *ηλεκτρικών οικιακών συσκευών*,
- στη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών μεταξύ τους, καθώς και με το ευρύτερο κύκλωμα της *ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης*.

4.9 Διδακτικά υλικά και μέσα

Επειδή ο υπολογιστής, όπως έχει αναφερθεί, είναι η πιο αποτελεσματική τεχνολογία για την εποικοδομητική και συνεργατική μάθηση στην εκπαίδευση (Garrison, 1997, Ράπτης & Ράπτη, 1999) και μπορεί να παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στους/ις μαθητές/ριες όσον αφορά στα λάθη τους, έτσι ώστε να απαιτείται λιγότερη παρέμβαση από τον/ην εκπαιδευτικό (McDermott, 1990) για τη σύνταξη των φύλλων εργασίας επιλέχθηκαν το εκπαιδευτικό λογισμικό εποικοδομητικού τύπου M.A.Θ.H.M.A. και διάφορες προσομοιώσεις κι εφαρμογές (Java applets) από το Διαδίκτυο.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι ο ρόλος μιας προσομοίωσης σαν δυναμική βοήθεια, μπορεί να ωθήσει τους/ις μαθητές/ριες να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ θεωρίας και πραγματικότητας, στην περίπτωση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Με τη βοήθεια των μοντέλων διαφόρων ηλεκτρικών κυκλωμάτων που παρατηρούν οι μαθητές/ριες διευκολύνονται στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Hannafin & Land, 1997), γιατί μπορούν να δουν τι συμβαίνει στο εσωτερικό ενός κυκλώματος, δηλαδή έχουν πρόσβαση σε φαινόμενα που συμβαίνουν στο μικροσκοπικό επίπεδο της ατομικής δομής της ύλης, τα οποία δε γίνονται ορατά με γυμνό μάτι.

Το λογισμικό **M.A.Θ.H.M.A.**² αποτελεί ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον για τη μάθηση εννοιών και φαινομένων από τις ενότητες της Φυσικής **Μηχανική, Ανάκλαση-διάθλαση, Θερμότητα, Ηλεκτρισμός, Μοντέλα και Άτομα**. Απευθύνεται κυρίως σε παιδιά Β΄ και Γ΄ γυμνασίου, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από παιδιά Ε΄ και Στ΄ δημοτικού. Η εκπαιδευτική σχεδίαση αυτού του λογισμικού όχι μόνο στηρίχθηκε σε σύγχρονες παιδαγωγικές αρχές και ειδικότερα στα πορίσματα της έρευνας της Γνωσιακής Επιστήμης και της Διδακτικής της Φυσικής, αλλά επιπλέον λήφθηκαν υπόψη και οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για τα διάφορα φαινόμενα που εξετάζονται, ώστε να εξασφαλίζεται η ενεργή και διερευνητική μάθηση (Σολομωνίδου, 2003).

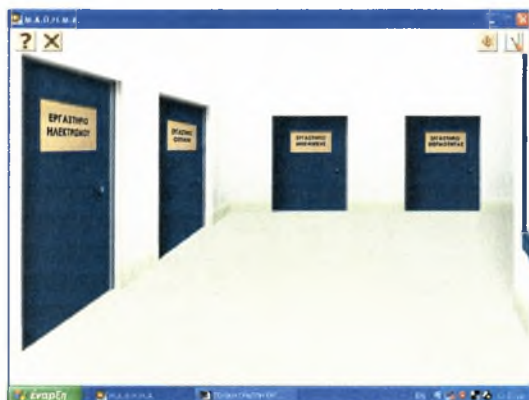
Όταν αρχίσει η εφαρμογή ο/η χρήστης/ρια βλέπει ένα σχολικό κτίριο Γυμνασίου. Από την κεντρική είσοδο εισέρχεται μέσα στο σχολείο και βρίσκεται μπροστά σε τέσσερις πόρτες εργαστηρίων ηλεκτρισμού, οπτικής, μηχανικής και θερμότητας (βλ. εικόνα 1). Μπαίνοντας σε κάθε εργαστήριο συναντά έναν πίνακα με τις δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν εκεί (βλ. εικόνα 2).

Στην ενότητα Ηλεκτρισμός³, όταν ο/η χρήστης/ρια επιλέξει μία δραστηριότητα, μεταφέρεται σε έναν πάγκο εργασίας πάνω στον οποίο μπορεί να συνθέσει κυκλώματα με τα υλικά που βρίσκονται σε ράφια πίσω από τον πάγκο, δηλαδή υπάρχει προσομοίωση ενός εργαστηρίου ηλεκτρισμού. Εκτός από τα εικονικά πειράματα που μπορεί να κάνει ο/η χρήστης/ρια, είναι επίσης δυνατό να δει τον αντίστοιχο συμβολισμό του κυκλώματος, να απαντήσει σε διάφορες ερωτήσεις, αλλά και να ανατρέξει σε μοντέλα κυκλωμάτων όπου

² Σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για τη Β΄ και Γ΄ γυμνασίου στο πλαίσιο του έργου του ΥΠΕΠΘ «Αναδιτύπωση και Εκσυγχρονισμός των Προγραμμάτων Σπουδών στον Τομέα των Φυσικών Επιστημών με Σύγχρονη Παραγωγή Διδακτικού Υλικού» και με εποπτεία του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Οι φορείς που συμμετείχαν στη σχεδίαση και υλοποίηση του έργου ήταν το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και η 01-ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ. (Σολομωνίδου, 2003).

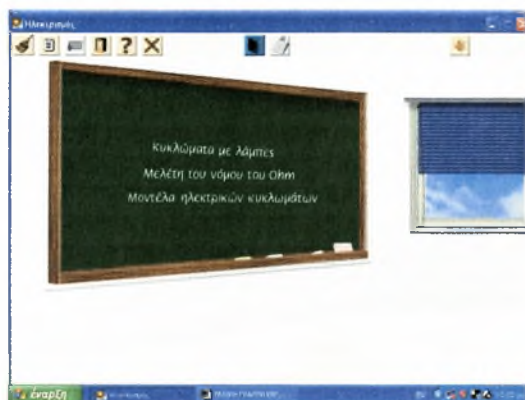
³ Στο βιβλίο της Χριστίνας Σολομωνίδου (2003) υπάρχει περιγραφή όλων των εννοιών του λογισμικού με λεπτομέρειες και παραδείγματα.

μπορεί να παρατηρήσει τις αντίστοιχες μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο της ατομικής δομής της ύλης.



Εικόνα 1

Τέσσερις πόρτες εργαστηρίων



Εικόνα 2

Πίνακας με δραστηριότητες στο εργαστήριο Ηλεκτρισμού

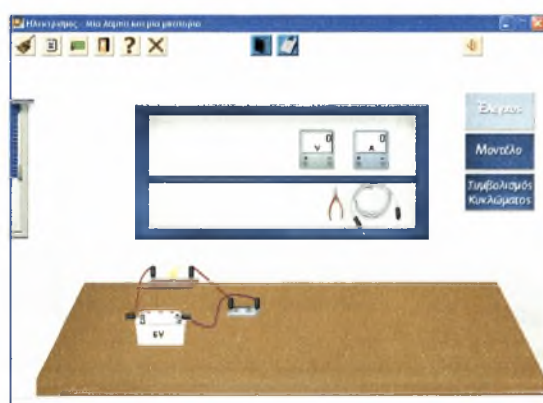
Ο/Η χρήστης/ρια μπορεί να εμπλακεί σε αυθεντικές και δημιουργικές δραστηριότητες, ενώ υπάρχει η δυνατότητα το ίδιο το λογισμικό να του/της παρέχει βοήθεια και καθοδήγηση όταν χρειάζεται με σκοπό την κατανόηση του λάθους.

Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκαν κατάλληλες δραστηριότητες και συντάχθηκαν φύλλα εργασίας για τους/ις μαθητές/ριες της Στ' δημοτικού (βλ. Παράρτημα 2), ώστε να γίνει χρήση του παραπάνω λογισμικού στην τάξη, να προωθηθεί η συνεργατική μάθηση και να ενισχυθεί η αμοιβαία αλληλεπίδραση και επικοινωνία των μαθητών/ριών μεταξύ τους και με τον/την εκπαιδευτικό.

Στο πρώτο φύλλο εργασίας ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες, μεταξύ άλλων, να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία (βλ. εικόνα 3), να δουν τον αντίστοιχο συμβολισμό του κυκλώματος, να απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις, αλλά και να παρατηρήσουν τις αντίστοιχες μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο της ατομικής δομής της ύλης (βλ. εικόνα 4).

Το μοντέλο ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με μία λάμπα και μία μπαταρία όπως παρουσιάζεται στο λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να αντιμετωπίζει ορισμένες από τις παρανοήσεις και δυσκολίες κατανόησης που έχουν τα παιδιά για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το ρεύμα, το ρόλο της μπαταρίας κ.ά. Συγκεκριμένα, η μπαταρία παρουσιάζεται ως οδοντωτός τροχός, οπότε οι μαθητές/ριες μπορούν εύκολα να κατανοήσουν ότι λειτουργεί ως αντλία ηλεκτρονίων, ώστε να θέτει σε κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των

ατόμων του αγωγού (ρόλος των καλωδίων) στο εξωτερικό κύκλωμα. Αυτό σημαίνει ότι με αυτόν τον τρόπο απεικόνιση της μπαταρίας μπορεί να ανασκευαστεί η λανθασμένη ιδέα που έχουν πολλοί/ές μαθητές/ριες, δηλαδή ότι η μπαταρία είναι «αποθήκη» ηλεκτρονίων. Στο σημείο όπου είναι τοποθετημένος ένας λαμπτήρας (αντίσταση) ο αγωγός φαίνεται να στενεύει και η κίνηση των ηλεκτρονίων δυσχεραίνεται. Η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων αποτελεί το ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο παραμένει σταθερό κατά μήκος του κυκλώματος, όπως άλλωστε και ο αριθμός των ηλεκτρονίων, οπότε οι μαθητές/ριες αντιλαμβάνονται ότι το ρεύμα δεν καταναλώνεται από το λαμπτήρα (βλ. εικόνα 4). Μπορεί να ανασκευαστεί η συνηθισμένη αντίληψη που έχουν τα παιδιά, δηλαδή ότι το ρεύμα καταναλώνεται από τις λάμπες, όπως έχει αποδειχθεί από την παρούσα έρευνα (βλ. τρίτο κεφάλαιο) και από πολλές άλλες (βλ. πρώτο κεφάλαιο). Εκτός απ' αυτό, τα ηλεκτρόνια φαίνονται να κινούνται κατά μία κατεύθυνση, μπορεί δηλαδή να ανασκευαστεί το συνηθισμένο μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων που χρησιμοποιούν τα παιδιά για να δείξουν τη φορά του ρεύματος σε ένα κύκλωμα, όπως έχει αποδειχθεί από την παρούσα έρευνα (βλ. τρίτο κεφάλαιο) και από πολλές άλλες (βλ. πρώτο κεφάλαιο).



Εικόνα 3

Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα
με μία λάμπα και μία μπαταρία

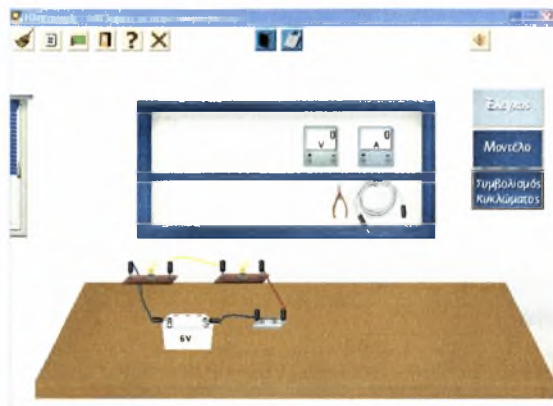


Εικόνα 4

Μοντέλο και συμβολισμός κυκλώματος

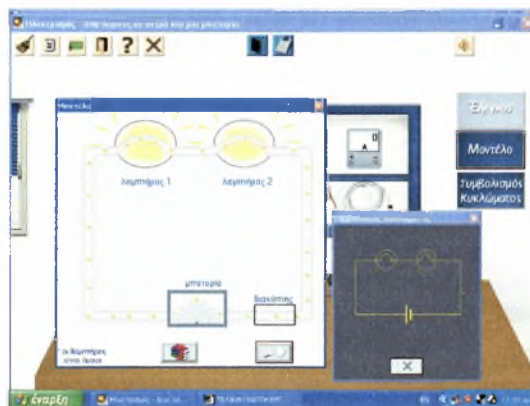
Στο δεύτερο φύλλο εργασίας ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες, μεταξύ άλλων, να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού ένα κύκλωμα με δύο λάμπες σε σειρά και μία μπαταρία (βλ. εικόνα 5), να δουν τον αντίστοιχο συμβολισμό του κυκλώματος και να παρατηρήσουν στο μοντέλο τις αντίστοιχες μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο της ατομικής δομής της ύλης (βλ. εικόνα 6). Το μοντέλο ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος με δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και μία μπαταρία είναι παρόμοιο με το μοντέλο του

κυκλώματος μίας λάμπας και μίας μπαταρίας, οπότε οι μαθητές/ριες αντιλαμβάνονται ότι το ρεύμα δεν καταναλώνεται από τους λαμπτήρες (βλ. εικόνα 6).



Εικόνα 5

Δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά

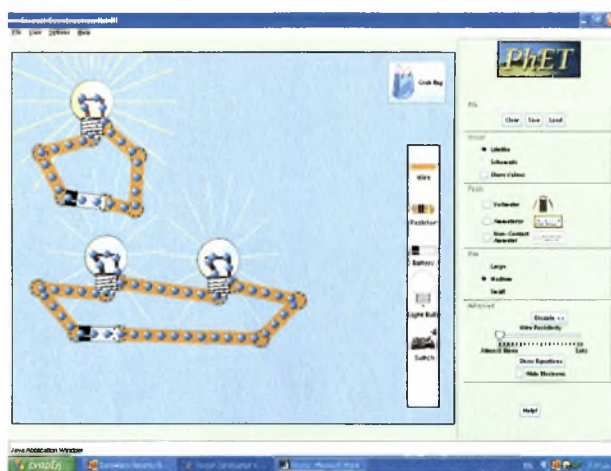


Εικόνα 6

Μοντέλο και συμβολισμός κυκλώματος

Κατόπιν, ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες να συγκρίνουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία κι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και μία μπαταρία ως προς τη φωτοβολία των λαμπών και ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων σε κάθε κύκλωμα με τη βοήθεια του λογισμικού **Circuit Construction Kit III** (βλ. εικόνα 7), το οποίο θα βρουν στην ιστοσελίδα:

<http://phet.colorado.edu/web-pages/simulations-base.html>

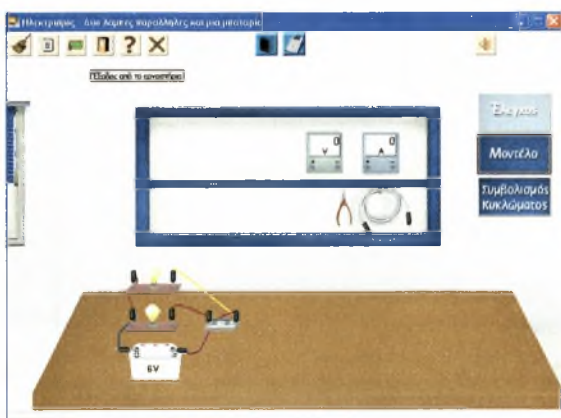


Εικόνα 7

Σύγκριση δύο κυκλωμάτων

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του λογισμικού αποτελεί το γεγονός ότι μπορούν να αναπαρασταθούν στην ίδια επιφάνεια εργασίας διαφορετικά είδη κυκλωμάτων και να γίνουν συγκρίσεις. Αυτό δεν μπορεί να γίνει στον πάγκο εργασίας του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α., γιατί κάθε φορά μπορεί να κατασκευαστεί εικονικά μόνο ένα είδος κυκλώματος. Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 7, οι μαθητές/ριες μπορούν πολύ εύκολα να παρατηρήσουν την ταχύτητα των ηλεκτρονίων και να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι όσο πιο πολλές λάμπες συνδέονται σε σειρά, τόσο πιο αργά κινούνται τα ηλεκτρόνια στο κύκλωμα, δηλαδή γίνεται πιο μικρή η ένταση του ρεύματος. Όμως, από τον τρόπο αναπαράστασης της μπαταρίας σ' αυτό το λογισμικό τα παιδιά δεν μπορούν να κατανοήσουν το ρόλο της, ενώ από τον τρόπο αναπαράστασης της μπαταρίας στο λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. μπορούν (η μπαταρία απεικονίζεται με τη μορφή οδοντωτού τροχού, βλ. εικόνες 4 και 6).

Στο τρίτο φύλλο εργασίας ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες, μεταξύ άλλων, να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία (βλ. εικόνα 8), να δουν τον αντίστοιχο συμβολισμό του κυκλώματος και να παρατηρήσουν στο μοντέλο τις αντίστοιχες μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο της ατομικής δομής της ύλης (βλ. εικόνα 9). Στο μοντέλο του κυκλώματος οι μαθητές/ριες μπορούν να διακρίνουν ότι η πυκνότητα / ταχύτητα των ηλεκτρονίων πριν από τις διακλαδώσεις και κοντά στους πόλους της μπαταρίας είναι μεγαλύτερη, σε σχέση με αυτή στις διακλαδώσεις.



Εικόνα 8

Δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα



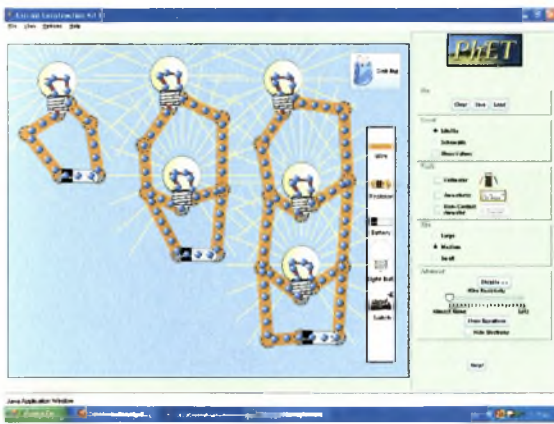
Εικόνα 9

Μοντέλο και συμβολισμός κυκλώματος

Στη συνέχεια, ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες να κατασκευάσουν και να συγκρίνουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία κι ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες

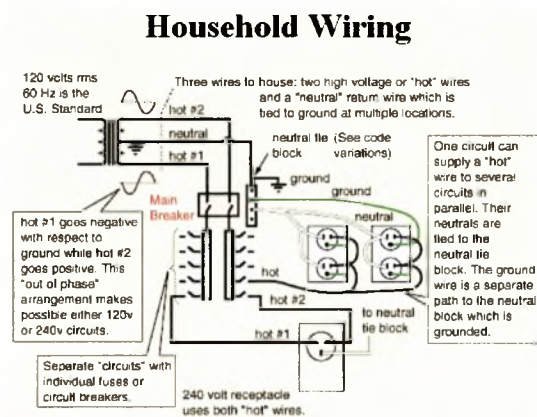
παράλληλα και μία μπαταρία ως προς τη φωτοβολία των λαμπών και ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα με τη βοήθεια του λογισμικού **Circuit Construction Kit III** (βλ. εικόνα 10). Εύκολα μπορούν να παρατηρήσουν οι μαθητές/ριες την πυκνότητα / ταχύτητα των ηλεκτρονίων σε κάθε κύκλωμα, οπότε να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι όσο πιο πολλές λάμπες συνδέονται παράλληλα τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα ηλεκτρόνια, δηλαδή γίνεται πιο μεγάλη η ένταση του ρεύματος κοντά στους πόλους της μπαταρίας και πριν από τις διακλαδώσεις, σε σχέση με αυτή στις διακλαδώσεις.

Χρειάζεται να σημειώσουμε ότι προτείνεται η χρήση αυτού του λογισμικού, γιατί αφενός δεν είναι δυνατή η κατασκευή ενός κυκλώματος με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία με τη βοήθεια του λογισμικού M.A.Θ.Η.Μ.Α., αφετέρου δεν είναι δυνατό να παρουσιαστούν τρία διαφορετικά κυκλώματα στον ίδιο πάγκο εργασίας.



Εικόνα 10

Σύγκριση τριών κυκλωμάτων



Εικόνα 11

Ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση

Στο τέταρτο φύλλο εργασίας ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες, μεταξύ άλλων, να αναζητήσουν μια εικόνα στο Διαδίκτυο για την ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση (βλ. εικόνα 11) στην ιστοσελίδα:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/hsehld.html#c1>

Με βάση αυτήν την εικόνα οι μαθητές/ριες συζητούν στην ομάδα τους και με το δάσκαλο ή τη δασκάλα τους τι υπάρχει πίσω από μία πρίζα και για τον ρόλο της πρίζας και σχεδιάζουν τον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων πίσω από τις πρίζες.

Επιπλέον, ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες να συσχετίσουν το μοντέλο παράλληλης σύνδεσης τριών λαμπών και μίας μπαταρίας που παρατήρησαν με καταστάσεις της καθημερινής ζωής, όπως για παράδειγμα τι συμβαίνει όταν συνδέονται παράλληλα πολλές ηλεκτρικές συσκευές και να σχεδιάσουν τον τρόπο σύνδεσης της τηλεόρασης, του

ηλεκτρικού σιδήρου και της ηλεκτρικής σκούπας στο ίδιο πολύπριζο, ώστε αυτά να λειτουργούν ταυτόχρονα.

Τέλος, στο πέμπτο φύλλο εργασίας ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες, μεταξύ άλλων, να συσχετίσουν το μοντέλο παράλληλης σύνδεσης τριών λαμπών και μίας μπαταρίας που παρατήρησαν με μια άλλη κατάσταση της καθημερινής ζωής, όπως για παράδειγμα να δικαιολογήσουν σε ποιο σημείο του κυκλώματος πρέπει να τοποθετηθεί μια ασφάλεια.

4.10 Συμπεράσματα - προτάσεις

Από την παρούσα έρευνα έχει προκύψει ότι οι μαθητές/ριες της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου μετά την τυπική διδασκαλία για τον ηλεκτρισμό στην Ε' τάξη δεν έχουν κατανοήσει την έννοια του κυκλώματος, γιατί έρχεται σε αντίθεση με αυτό που βλέπουν να συμβαίνει καθημερινά, δηλαδή να συνδέεται μία συσκευή με ένα καλώδιο με την πρίζα του τοίχου. Επιπλέον, έχει φανεί ότι οι μαθητές/ριες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρισμού και ειδικά όσον αφορά στην παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων, στο ρόλο της πρίζας, του διακόπτη, της ασφάλειας, γιατί η συμπεριφορά των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο μακροσκοπικό επίπεδο μπορεί να εξηγηθεί με την κατάσταση των ηλεκτρικών φορτίων στο μικροσκοπικό επίπεδο, τα οποία δεν είναι δυνατό να γίνουν ορατά.

Στα μοντέλα των λογισμικών M.A.Θ.H.M.A. και Circuit Construction Kit III (<http://phet.colorado.edu/web-pages/simulations-base.html>), απεικονίζεται στο μικροσκοπικό επίπεδο της δομής της ύλης η ροή των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα. Αυτά τα μοντέλα είναι χρήσιμα και βοηθητικά εργαλεία, τα οποία ενισχύουν την κατανόηση και την ανάπτυξη του τρόπου σκέψης των μαθητών/ριών. Έχει αποδειχτεί ότι η χρήση αναλογιών, μεταφορών και μοντέλων, όταν αυτές/ά να είναι οικείες/α και συμβατές/ά με τις καθημερινές εμπειρίες των παιδιών, όχι μόνο προάγει τη βαθιά κατανόηση πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών, αλλά επίσης βοηθάει τους/ις μαθητές/ριες να τροποποιήσουν τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν γι' αυτές τις έννοιες (Πιλάτου, 2003, Chiu & Lin, 2005).

Ολοκληρώνοντας, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι η μάθηση θα πρέπει να ενισχύεται με ποικίλες αναπαραστάσεις (Someren et al., 1998) και οι μαθητές/ριες να προσλαμβάνουν γνώσεις μέσα από διάφορους κώδικες επικοινωνίας. Αν οι προσομοιώσεις, οι αναλογίες, οι εικόνες και τα μοντέλα χρησιμοποιηθούν ως μέσα σε συνδυασμό με τα αληθινά φαινόμενα και τις διαγραμματικές τους αναπαραστάσεις, τότε τα μαθησιακά αποτελέσματα θα είναι αρκετά ικανοποιητικά (Ronen & Eliahu, 1997a). Γι' αυτό το λόγο θεωρείται αναγκαίο να διατεθεί στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του δημοτικού σχολείου ο απαραίτητος

χρόνος για τη διδασκαλία θεμάτων του ηλεκτρισμού, ώστε οι μαθητές/ριες να έχουν την άνεση χρόνου όχι μόνο να πειραματιστούν με διάφορα ηλεκτρολογικά υλικά (τα οποία να είναι διαθέσιμα για κάθε ομάδα), αλλά να ασχοληθούν με εικονικά πειράματα με τη βοήθεια κατάλληλων λογισμικών και κυρίως με μοντέλα που αναπαριστούν τα φαινόμενα στο μικροσκοπικό επίπεδο, ώστε αυτά να γίνουν κατανοητά. Εδώ πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα ότι η χρήση τέτοιων λογισμικών, ειδικά στο δημοτικό σχολείο, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αγγλική και γαλλική

- Andersson, B. & Kärqvist, C. (1979). *Elektriska Kretsar [Electric Circuits]*. EKNA Report No. 2, University of Gothenburg, Mölndal, Sweden.
- Arnold, M. S. & Millar, R. (1987). Being constructive: An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5), 553-563.
- Arnold, M. S. & Millar, R. (1988). Teaching about electric circuits: a constructivist approach. *School Science Review*, 70(251), 149-151.
- Asoko, H. (2002). Developing conceptual understanding in primary science. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 153-164.
- Azaiza, I., Bar, V. & Galili, I. (2006). Learning electricity in elementary school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Published on line: 28 April 2006. URL:<http://www.springerling.metapress.com/media/dfdq68quxr5vwrrrvbfk/contributions/f/p/7/5/fp750l320x575034.pdf>
- Bereiter, C. (1992). Constructivism, socioculturalism, and Popper's world 3. *Educational Researcher*, 23(7), 21-23.
- Black, D. & Solomon, J. (1987). Can pupils use taught analogies for electric current? *School Science Review*, December, 249-254.
- Borges, A. & Gilbert, J. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95-117.
- Bullock, B. (1979). The use of models to teach elementary physics. *Physics Education*, 312-317.
- Caillot, M. (1984). Problem representations and problem-solving procedures in electricity. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of an International Workshop: Aspects of Understanding Electricity*, Ludwigsburg, West Germany. Kiel: Vertrieb Schmidt and Klaunig, 139-151.
- Carlsen, D. D. & Andre, T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-Based Instruction*, 19(4), 105-109.
- Carlton, K. (1999). Teaching electric current and electrical potential. *Physics Education*, 34(6), 341-345.

- Carter, G., Westbrook, S. L. & Thompkins, C. D. (1999). Examining Science Tools as mediators of Students' Learning about Circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 89-105.
- Çepni, S. & Keleş, E. (2005). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Published on line: 23 December 2005. URL:<http://www.springerling.metapress.com/media/9e2hvnrlrqde7a768x2m/contributions/f/r/7/4/fr746g71118x6616.pdf>
- Chang, K.-E., Liu, S.-H. & Chen, S.-W. (1998). A testing system for diagnosing misconceptions in DC electric circuits. *Computers and Education*, 31, 195-210.
- Chiu, M.-H. & Lin, J.-W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464.
- Clement, J. J. & Steinberg, M. S. (2002). Step-wise evolution of mental models of electric circuits: A "learning-aloud" case study. *Journal of the Learning Sciences*, 11(4), 389-452.
- Closset, J. L. (1983). Sequential reasoning in electricity. In *Proceedings of the First International Workshop: Research on Physics Education*. Paris, France: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, La Londe les Maures, 313-319.
- Closset, J. L. (1984). Using cognitive conflict to teach electricity. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of an International Workshop: Aspects of Understanding Electricity*, Ludwigsburg, West Germany. Kiel: Vertrieb Schmidt and Klaunig, 267-274.
- Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.
- Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5), 407-412.
- DeBoer, G. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- Driver, R. & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 12, 105-122.

- Driver, R., Squires A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense in secondary science. Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 3-25.
- Dupin, J. & Joshua, S. (1987). Conceptions of French pupils concerning electric circuits: Structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(9), 791-806.
- Dupin, J. & Joshua, S. (1989). Analogies and "Modeling Analogies" in Teaching: Some examples in basic electricity. *Science Education*, 73(2), 207-224.
- Dyson, B. & Grineski, S. (2001). Using Cooperative Learning Structures in Physical Education. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 72(2), 28-31.
- Engelhardt, P. V. & Beichner R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Evans, J. (1978). Teaching electricity with batteries and bulbs. *The Physics Teacher*, January, 15-22.
- Eylon, B. & Ganiel, U. (1990). Macro-micro relationships: The missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. *International Journal of Science Education*, 12, 79-94.
- Frederiksen, J. R., White, B. Y. & Gutwill, J. P. (1999). Dynamic mental models in learning science: The importance of constructing derivational linkages among models. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 806-836.
- Fredette, N. & Lochhead, J. (1980). Students conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher*, 18(3), 194-198.
- Garrison, D. R. (1997). Computer conferencing: The post-industrial age of distance education. *Open Learning*, 12(2), 3-11.
- Gauld, C. F. (1988). The cognitive context of pupils' alternative frameworks. *International Journal of Science Education*, 10(3), 267-274.
- Gilbert, J., Osborne, R. & Fensham, P. (1982). Children's Science and its Consequences for Teaching. *Science Education*, 66(4).
- Godbey, S., Barnett, J. & Webster, L. (2005). Electrifying Inquiry. *Science Activities*, 42(3), 26-30.
- Graham, A. & Oakhill, J. (1994). *Thinking and Reasoning*. UK: Blackwell Publisher.
- Guidoni, P. (1985). On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 7(2), 133-140.

- Gutwill, J. P., Frederiksen, J. R. & White, B. Y. (1999). Making their own connections: students' understanding of multiple models in basic electricity. *Cognition and Instruction*, 17(3), 249-282.
- Hannafin, M. J. (1995). Open-ended learning environments: Foundations, assumptions and implications for automated design. In R. Tennyson (ed.) *Perspectives on Automating Instructional Design*. New York: Springer-Verlag, 101-129.
- Hannafin, M. J. & Land, S. (1997). The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments. *Instructional Science*, 25, Printed in the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 167-202.
- Heller, P. M. & Finley, F. N. (1992). Variable uses of alternative conceptions: A case study in current electricity. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 259-275.
- Heywood, D. & Parker, J. (1997). Confronting the analogy: primary teachers exploring the usefulness of analogies in the teaching and learning of electricity. *International Journal of Science Education*, 19(8), 869-885.
- Hurd, P. D. (2000). Science Education for the 21st Century. *School Science and Mathematics*, 100(6), 282-288.
- Jabin, Z. & Smith, R. (1994). Using analogies of electricity flow in circuits to improve understanding. *Primary Science Review*, 35, 23-26.
- Jonnaert, P. & Vander Borght, C. (1999). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour la formation didactique des enseignants*. Paris/Bruxelles: De Boeck-Université.
- Joshua, S. (1984). Students' interpretation of simple electrical diagrams. *European Journal of Science Education*, 6(3), 271-275.
- Kanuka, H. & Anderson, T. (1999). Using Constructivism in Technology-Mediated Learning: Constructing Order out of the Chaos in the Literature. *Radical Pedagogy*. ISSN: 1524-6345.
- Kibble, B. (1999). How do you picture electricity? *Physics Education*, 34(4), 226-229.
- Lazarowitz, R., & Hertz-Lazarowitz R. (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*. G.B.: Kluwer Academic Publishers, 449-469.
- Lee, Y. & Law, N. (2001). Explorations in promoting conceptual change in electrical concepts via ontological category shift. *International Journal of Science Education*, 23(2), 111-149.
- Lemke, J. (1990). *Talking science*. N.J.: Ablex, Norwood.

- Liégeois, L., Chasseigne, G., Papin, S. & Mullet, E. (2003). Improving high school students' understanding of potential difference in simple electric circuits. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1129-1145.
- Liégeois, L. & Mullet, E. (2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 24(6), 551-564.
- Maichle, U. (1981). Representation of knowledge in basic electricity and its use in problem solving. In W. Jung, H. Pfundt & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of the International Workshop on Problems concerning students' representations of physics and chemistry knowledge*, 14-16 September, Pedagogische Hochschule, Ludwigsburg, West Germany, 194-213.
- Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, C., Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(7), S12-S23.
- McDermott, L. C. (1990). Research and computer based instruction: Opportunity for interaction. *American Journal of Physics*, 58(5), 452-462.
- McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned - closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 301-315.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- McDermott L. C. & Zee van, E. H. (1984). Identifying and addressing student difficulties with electric circuits. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of an International Workshop: Aspects of Understanding Electricity*, Ludwigsburg, West Germany. Kiel: Vertrieb Schmidt and Klaunig, 39-48.
- McGinn, R. (1991). *Science, technology and society*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- McGuigan, L. & Russell, T. (Nov/Dec 1997). What Constructivism tells us about managing the teaching and learning of science. *Primary Science Review*, 50.
- Millar, R. & Beh, K. L. (1993). Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. *International Journal of Science Education*, 15, 351-361.
- Millar, R. & King, T. (1993). Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 15, 339-349.
- Morrison, D. (2003). Using Activity Theory to Design Constructivist Online Learning Environments for Higher Order Thinking: A Retrospective Analysis. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 29(3).

- Nachtigall, D. (1990). What is wrong with physics teacher's education. *European Journal of Physics*, 11, 1-14.
- Newton, L. & Newton, D. (1996). Young children and understanding electricity. *Primary Science Review*, 41, 14-16.
- Oldham, V., Black, P., Solomon, J. & Stuart, H. (1986). A study of pupils' views on the dangers of electricity. *European Journal of Science Education*, 8(2), 185-197.
- O'Loughlin, M. (1992). Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism Toward a Sociocultural model of Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 791-820.
- Osborne, R. J. (1981). Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 29, 12-19.
- Osborne, R. J. (1982). *Investigating children's ideas about electric current using an interview-about-instances procedure*. Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Osborne, R. J. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Journal of Research in Science and Technological Education*, 1, 73-82.
- Parker, J. & Heywood, D. (1996). Circuit training – working towards the notion of a complete circuit. *Primary Science Review*, 41, 16-18.
- Pilatou, V. & Stavridou, H. (2002). The electric current on its way to our house and the parallel connection of the electric appliances: primary students' representations (11-12). In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, M. Kallery (eds.) *Science Education Research in the Knowledge based society*, Kluwer Academic Publishers, 145-153.
- Pilatou, V. & Stavridou, H. (2004). How Primary school students understand mains electricity and its distribution. *International Journal of Science Education*. 26(6), 697-715.
- Planinic, M., Boone, W., Krsnik, R. & Beilfuss, M. (2006). Exploring alternative conceptions from Newtonian dynamics and simple DC circuits: Links between item difficulty and item confidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 150-171.
- Psillos, D., Koumaras, P. & Tiberghien, A. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*, 10(1), 29-43.
- Qualter, A. (1994). Where does electricity come from? *Primary Science Review*, 35, 20-22.
- Rhöneck von, C. (1981). Student conceptions of the electric circuit before physics instruction. In W. Jung, H. Pfundt & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of the International*

- Workshop on Problems concerning students' representations of physics and chemistry knowledge*, 14-16 September, Pedagogische Hochschule, Ludwigsburg, West Germany.
- Rhöneck von, C. & Völker, B. (1984). Semantic structures describing the electric circuit before and after instruction. In R. Duit, W. Jung, & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of an International Workshop: Aspects of Understanding Electricity*, Ludwigsburg, West Germany. Kiel: Vertrieb Schmidt and Klaunig, 95-106.
- Riley, M. S., Bee, N. V. & Mokwa, J. J. (1981). Representations in early learning: The acquisition of problem-solving strategies in basic electricity/electronics. In W. Jung, H. Pfundt & C. von Rhöneck (eds.) *Proceedings of the International Workshop on Problems concerning students' representations of physics and chemistry knowledge*, 14-16 September, Pedagogische Hochschule, Ludwigsburg, West Germany.
- Ronen, M. & Eliahu, M. (1997a). Addressing student's common difficulties in basic electricity by qualitative simulation-based activities. *Physics Education*, 32(6), 392-399.
- Ronen, M. & Eliahu, M. (1997b). *DC Circuits*. Physics Academic Software, American Institute of Physics. URL:<http://www.aip.org/pas/dcc.html>
- Ronen, M. & Eliahu, M. (2000). Simulation – a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(1), 14-26.
- Rosenthal, A. S. & Henderson, C. (2006). Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference. *American Journal of Physics*, 74(4), 324-328.
- Saphady, R. (2000). Alternative conceptions of 13 years old Arabic pupils about electricity. *Opening Gates for Teachers Instruction*, 1, 1-19.
- Saxena, A. B. (1992). An attempt to remove misconceptions related to electricity. *International Journal of Science Education*, 14(2), 157-162.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265-283.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., Brett, C., Burtis, P. J., Calhoun, C., & Smith Lea, N. (1992). Educational applications of a networked communal database. *Interactive Learning Environments*, 2(1), 45-71.
- Schwedes, H. (2001). Conceptual change or overcoming learning difficulties step by step. Learning-processes in analogy-based instruction about electricity. In *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society (ESERA)*, Thessaloniki, Greece, vol. II, 621-623.

- Schwedes, H. & Dudeck, W. G. (1996). Teaching electricity by help of a water analogy (How to cope with the need for conceptual change). In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (eds.) *Education in Europe. Current issues and themes*. Falmer Press, 50-63.
- Sencar, S. & Eryilmaz, A. (2004). Factors mediating the effect of gender on ninth-grade Turkish students' misconceptions concerning electric circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 603-616.
- Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part II: Design of instructional strategies. *American Journal of Physics*, 60(11), 1003-1013.
- Shepardson, P. & Moje, B. (1994). The nature of fourth graders' understandings of electric circuits. *Science Education*, 78(5), 489-514.
- Shepardson, P. & Moje, B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
- Sherry, L. (2000). The nature and purpose of online conversations: A brief synthesis of current research. *International Journal of Educational Telecommunication*, 6(1), 19-52.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.
- Shipstone, D. M. (1988). Pupils' understanding of simple electrical circuits. Some implications for instruction. *Physics Education*, 23, 92-96.
- Shipstone, D. M., von Rhöneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J.-J., Joshua, S. & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.
- Smith, F. A. & Wilson, J. D. (1978). Electrical circuits and Water Analogies. *The Physics Teacher*, October, 396-399.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, J. (1993). The social construction of children's scientific knowledge. In P. Black & A. Lucas (eds.) *Children's Informal Ideas in Science*. London and New York: Routledge, 85-101.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

- Solomon, J. (1999). Meta-scientific criticisms, curriculum innovation and the propagation of scientific culture. *Journal of Curriculum Studies*, 31(1), 1-15.
- Solomon, J., STIR GROUP, Black, P., Oldham, V. & Stuart, H. (1985). The pupils' view of electricity. *European Journal of Science Education*, 7(3), 281-294.
- Solomonidou, C. & Kakana, D.-M. (2000). Pre-school children's conceptions about the electric current and the functioning of electrical appliances. *European early childhood educational research journal*, 8(1), 95-111.
- Someren, V., Reimann, P., Boshuizen, E. & De Jong, T. (eds.) (1998). *Learning with Multiple Representations*, Pergamon: Amsterdam.
- Stahl, R. (1994). The essential elements of cooperative learning in the classroom. ERIC digest. *Clearinghouse for Social Studies / Social Science Education*. 4 p.
- Steinberg, M. S. & Wainwright, C. L. (1993). Using models to teach electricity – The CASTLE Project. *The Physics Teacher*, 31, 353-357.
- Stockmayer, S.M. & Treagust, D.F. (1996). Images of electricity: how do novices and experts model electric current? *International Journal of Science Education*, 18(2), 163-178.
- Summers, M., Kruger, C. & Mant, J. (1998). Teaching electricity effectively in the primary school: a case study. *International Journal of Science Education*, 20(2), 153-172.
- Taylor, P., Fraser, B. & Fisher, D. (1997). Monitoring constructivist learning environments. *International Journal of Educational Research*, 27(4), 293-302.
- Thorley, R. N. & Woods, R. K. (1997). Case studies of students' learning as action research on conceptual change teaching. *International Journal of Science Education*, 19(2), 229-254.
- Tiberghien, A. & Delacôte, G. (1976). Manipulations et représentations de circuits électriques simples chez les enfants de 7 à 12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 34, 32-44.
- Tobin, K. (1993). *Constructivism: The practice of constructivism in science education*. Washington, DC: AAAS.
- Tobin, K. (1997). Alternative perspectives on authentic learning environments in elementary science. *International Journal of Educational Research*, 27(4), 303-310.
- Tobin, K. (1998). Issues and trends in the teaching of science. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*, G.B.: Kluwer Academic Publishers, 129-151.
- UNESCO (1993). *Project UNESCO 2000 – International Forum on Scientific and Technological Literacy for All*. Final report. Paris.

- Vickery, D. (1995). KS1 or KS2: Where does electricity belong? *Primary Science Review*, 38, 4-6.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4, 45-69.
- Webb, P. (1992). Primary science teachers' understandings of electric current. *International Journal of Science Education*, 14(4), 423-429.
- Wheatley, G. (1991). Constructivist Perspectives in Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75.
- White, B. Y. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10, 1-100.
- White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1990). Causal model progressions as a foundation for intelligent learning environments. *Artificial Intelligence*, 42, 99-157.
- White, B. Y., Frederiksen, J. R. & Spoehr, K. (1993). Conceptual models for understanding the behavior of electrical circuits. In M. Caillot (ed.) *Learning electricity and electronics with advanced educational technology*. New York: Springer-Verlag, 77-95.
- Zoller, U., Ebenezer, J., Morely, K., Paras, S., Sandberg, V., West, C., Wothers, T. & Tan, S. (1990). Goal attainment in science-technology-society (STS) education and reality: the case of British Columbia, *Science Education*, 74, 19-36.

Ελληνική

- Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. 3^η Έκδοση Βελτιωμένη. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Κόμης, Β., Ράπτης, Α., Πολίτης, Π. & Δημητρακοπούλου, Α. (2004). Το εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης στη Διδακτική των Θετικών Επιστημών. Στο Ι. Κεκκές (επιμ.) *Οι Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών: Φιλοσοφικές – Κοινωνικές Προεκτάσεις*. Αθήνα: Ατραπός, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, 105-128.
- Κουμαράς, Π. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*. Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ.: Επιστημονική επετηρίδα του Τμήματος Φυσικής της Σχολής Θετικών Επιστημών.

- Κουμαράς, Π. (2002). Ένα νέο υδραυλικό ανάλογο του ηλεκτρικού κυκλώματος. Στο *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή: Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας*. 18-21 Απριλίου, Αθήνα, σελ. 445-449.
- Ματσαγγούρας, Η. (1995α). *Ομαδοκεντρική διδασκαλία και μάθηση. Θεωρία και πράξη της διδασκαλίας σε ομάδες*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Ματσαγγούρας, Η. (1995β). *Ομαδοκεντρική διδασκαλία για το καθημερινό μάθημα και τις συνθετικές εργασίες*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Περδίκη, Γ. & Κουμαράς, Π. (2002). Δοκιμή και αξιολόγηση ενός νέου υδραυλικού αναλόγου του ηλεκτρικού κυκλώματος ως διδακτικού εργαλείου. Στο *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή: Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας*. 18-21 Απριλίου, Αθήνα, σελ. 488-493.
- Πιλάτου, Β. (2003). *Μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων και των αναπαραστάσεων των μαθητών/ριών της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου για το ηλεκτρικό ρεύμα και τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές σε ένα περιβάλλον συνεργατικής μάθησης*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Πιλάτου, Β. & Σταυρίδου, Ε. (2000α). Η διαδρομή του ηλεκτρικού ρεύματος από τη Δ.Ε.Η. έως το σπίτι: Αντιλήψεις μαθητών/ριών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. *Επιθεώρηση Φυσικής*, τ. 31, 49-57.
- Πιλάτου, Β. & Σταυρίδου, Ε. (2000β). Από το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στην παράλληλη σύνδεση: ιδέες των μαθητών/ριών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος και τη λειτουργία των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών. Στο *Πρακτικά του 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 3-5 Μαΐου, Λευκωσία, 184-194.
- Πιλάτου, Β. & Σταυρίδου, Ε. (2002). Συσχετίζοντας την παράλληλη σύνδεση λαμπών στο εργαστήριο με την παράλληλη σύνδεση συσκευών στο σπίτι: αναπαραστάσεις μαθητών/ριών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. Στο *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή: Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας*. 18-21 Απριλίου, Αθήνα, 501-505.
- Πιλάτου, Β. & Σταυρίδου, Ε. (2003). Μια καινοτόμος διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της παράλληλης σύνδεσης αντιστάσεων σε μαθητές/ριες της Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών – Έρευνα και Πράξη*, τ. 4, 23-35.

- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (1999). *Πληροφορική και εκπαίδευση. Συνολική προσέγγιση. Α΄ ΤΟΜΟΣ*. 5^η Έκδοση Βελτιωμένη. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Shipstone, D. (1985/1993). Ηλεκτρισμός σε απλά κυκλώματα. Στο R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Εκδ.) *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τροχαλία, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, 45-72.
- Σολομωνίδου, Χ. (2000). Η μάθηση με τη χρήση υπολογιστή: δεδομένα ερευνών. *Themes in Education*, 1(1), Printed in Greece: Leader Books, 75-100.
- Σολομωνίδου, Χ. (2003). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία. Υπολογιστές και μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.
- Σολομωνίδου, Χ. & Κακανά, Δ.-Μ. (1998). Ιδέες και αναπαραστάσεις παιδιών προσχολικής ηλικίας για τις ηλεκτρικές συσκευές και το ηλεκτρικό ρεύμα. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 28, 219-248.
- Σολομωνίδου, Χ., Κακανά, Δ.-Μ., Μητσιούλη, Β. & Πιλάτου, Β. (2001). Διδακτική παρέμβαση για την εποικοδομητική αντιμετώπιση των ιδεών των νηπίων σε σχέση με τον ηλεκτρισμό. Στο Κ. Ραβάνης (επιμ.) *Η μύηση των μικρών παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες. Εκπαιδευτικές και διδακτικές διαστάσεις*. Πάτρα, 212-217.
- Σταυρίδου, Ε. (2000). *Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Μια εφαρμογή στο Δημοτικό Σχολείο*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Σταυρίδου, Ε., Μαρινόπουλος, Δ., Πιλάτου, Β. & Ψαρρός, Ν. (2001). *Διαθεματικό Εκπαιδευτικό υλικό για την Ευέλικτη Ζώνη. Τεύχος Β΄, Ε΄-Στ΄ τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Π.Ι..
- Vygotsky, L. (1988). *Σκέψη και Γλώσσα* (μτφρ. Ρόδη Αντζελίνα). Αθήνα: Γνώση.
- Vygotsky, L. (1997). *Νους στην κοινωνία: Η ανάπτυξη των ανώτερων ψυχολογικών διαδικασιών* (μτφρ. Μπίμπου Άννα & Βοσνιάδου Στέλλα). Αθήνα: Gutenberg.
- Wittgenstein, L. (1977). *Φιλοσοφικές Ερευνες*. Αθήνα: Παπαζήσης.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2005). *Ερευνώ και ανακαλύπτω. Βιβλίο για το δάσκαλο. Ε΄ Δημοτικού*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2005). *Ερευνώ και ανακαλύπτω. Βιβλίο για το μαθητή. Στ΄ Δημοτικού*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. (2006). *Ερευνώ και ανακαλύπτω. Τετράδιο Εργασιών. Ε΄ Δημοτικού*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- Φ.Ε.Κ. 1-8-1985, τ. Α΄, αρ. φύλλου 140, Αναλυτικό Πρόγραμμα Φυσικών Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Όνοματεπώνυμο: _____ Τάξη: Στ' _____


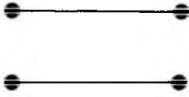

Σχολείο: _____ Δημοτικό Σχολείο Σκιάθου Ημερομηνία: Σκιάθος, ____ / ____ / _____

Αγαπητέ φίλε μαθητή / αγαπητή φίλη μαθήτρια, σε παρακαλούμε να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις σύμφωνα με τη γνώμη σου. Σε καμία περίπτωση δεν πρόκειται να βαθμολογηθείς. Εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι να εκφραστείς ελεύθερα, για να γνωρίσουμε τις προσωπικές σου απόψεις για θέματα σχετικά με τον ηλεκτρισμό.

Σε ευχαριστούμε για τη συνεργασία σου.

Ερώτηση 1

A) Φαντάσου ότι είσαι σε ένα εργαστήριο Φυσικής. Πάνω στον πάγκο εργασίας υπάρχουν

μία μπαταρία  , δύο καλώδια  κι ένα λαμπάκι .

Ζωγράφισε πώς πιστεύεις ότι πρέπει να τα συνδέσουμε, ώστε να ανάβει το λαμπάκι.

B) Τι ρόλο πιστεύεις ότι παίζει η μπαταρία στο κύκλωμα που ζωγράφισες;

Ερώτηση 2

A) Έχεις ακούσει τη λέξη ηλεκτρικό ρεύμα; ΝΑΙ ΟΧΙ

B) Αν ναι, τι νομίζεις ότι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;

Γ) Τώρα σχεδίασε πώς πιστεύεις ότι είναι η φορά του ρεύματος στο κύκλωμα που ζωγράφισες στην ερώτηση 1.

Ερώτηση 3

Πάνω στον πάγκο εργασίας υπάρχουν δύο λάμπες (λάμπα 1 και λάμπα 2), μία μπαταρία και καλώδια. Στον παρακάτω χώρο να σχεδιάσεις δύο διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορείς να τα συνδέσεις μεταξύ τους, ώστε να ανάβουν και οι δύο λάμπες.

α' τρόπος	β' τρόπος

A) Για τον **α' τρόπο** σύνδεσης που ζωγράφισες βάλε σε κύκλο σύμφωνα με την άποψή σου:

1) Οι δύο λάμπες φωτοβολούν:

α) το ίδιο;

β) η λάμπα 1 φωτοβολεί περισσότερο από τη λάμπα 2;

γ) η λάμπα 1 φωτοβολεί λιγότερο από τη λάμπα 2;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

2) Οι δύο λάμπες δέχονται:

α) το ίδιο ρεύμα;

β) Η λάμπα 1 δέχεται περισσότερο ρεύμα και η λάμπα 2 λιγότερο;

γ) Η λάμπα 1 δέχεται λιγότερο ρεύμα και η λάμπα 2 περισσότερο;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

3) Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία:

α) περισσότερο ρεύμα;

β) λιγότερο ρεύμα;

γ) το ίδιο ρεύμα;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

4) Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2;

B) Για το β' τρόπο σύνδεσης που ζωγράφισες βάλε σε κύκλο σύμφωνα με την άποψή σου:

1) Οι δύο λάμπες φωτοβολούν:

α) το ίδιο;

β) η λάμπα 1 φωτοβολεί περισσότερο από τη λάμπα 2;

γ) η λάμπα 1 φωτοβολεί λιγότερο από τη λάμπα 2;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

2) Οι δύο λάμπες δέχονται:

α) το ίδιο ρεύμα;

β) Η λάμπα 1 δέχεται περισσότερο ρεύμα και η λάμπα 2 λιγότερο;

γ) Η λάμπα 1 δέχεται λιγότερο ρεύμα και η λάμπα 2 περισσότερο;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

3) Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία:

α) περισσότερο ρεύμα;

β) λιγότερο ρεύμα;

γ) το ίδιο ρεύμα;

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

4) Αν καεί η λάμπα 1, θα ανάβει η λάμπα 2;

Ερώτηση 4

A) Έχεις ακούσει τη λέξη διακόπτης;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

B) Αν ναι, τι νομίζεις ότι είναι ο διακόπτης;

Ερώτηση 5

A) Σε ένα πολύπριζο είναι συνδεδεμένες τρεις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές: το ηλεκτρικό σίδερο, η τηλεόραση και η ηλεκτρική σκούπα.

α) Μπορούν να λειτουργούν όλες μαζί;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

β) Αν αποσυνδέσουμε μία από αυτές, λειτουργούν οι υπόλοιπες;

ΝΑΙ

ΟΧΙ

B) Γιατί γίνεται αυτό;

Γ) Σχεδιάσε τον τρόπο σύνδεσης των παραπάνω τριών συσκευών, ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα.

Ερώτηση 6

Γνωρίζεις πώς ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας;

Ερώτηση 7

A) Τι ρόλο παίζει μια πρίζα στον τοίχο;

B) Τι υπάρχει πίσω από την πρίζα;

Γ) Κάνε ένα σχήμα για να δείξεις:

α) το πώς συνδέεται μια ηλεκτρική συσκευή που βάζουμε στην πρίζα.

β) το πώς συνδέονται δύο ηλεκτρικές συσκευές που βάζουμε σε δύο διαφορετικές πρίζες στο χώρο του σπιτιού.

Ερώτηση 8

A) Τι ρόλο παίζει η ασφάλεια;

B) Σε ποιο σημείο του κυκλώματος μπαίνει και γιατί;

1^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα - Το ηλεκτρικό ρεύμα

Οδηγίες για το/η δάσκαλο/α

Στόχοι

Οι μαθητές και οι μαθήτριες:

- ✓ Να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού M.A.Θ.H.M.A. ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία.
- ✓ Να σχεδιάσουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία.
- ✓ Να περιγράψουν τον τρόπο κατασκευής ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
- ✓ Να αναπτύξουν νοητικές αναπαραστάσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο της δομής της ύλης για το ηλεκτρικό ρεύμα, ως προσανατολισμένη κίνηση (ροή) ηλεκτρονίων.
- ✓ Να τροποποιήσουν τα εννοιολογικά μοντέλα που χρησιμοποιούν για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως: α) το μονοπολικό μοντέλο, β) το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, γ) το μοντέλο της εξασθένισης του ρεύματος, δ) το μεριστικό μοντέλο.
- ✓ Να σχεδιάσουν τη φορά του ρεύματος σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία.
- ✓ Να συγκρίνουν δύο απλά ηλεκτρικά κυκλώματα με μία λάμπα και μία μπαταρία (6 και 12 V αντίστοιχα) ως προς τη φωτοβολία των λαμπών.
- ✓ Να περιγράψουν το ρόλο της μπαταρίας, της λάμπας και των καλωδίων σε ένα κύκλωμα.

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

1^ο ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα - Το ηλεκτρικό ρεύμα

Όνοματεπώνυμο: _____ Σχολείο: _____

Τάξη: _____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____, ____ / ____ / ____

Για την ενότητα αυτή θα εργαστείτε στους υπολογιστές με το λογισμικό M.A.Θ.H.M.A..

Για να θέσετε σε λειτουργία τον υπολογιστή πατήστε το κουμπί έναρξης.

Ενεργοποιήστε το πρόγραμμα ως εξής:

- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στο εικονίδιο M.A.Θ.H.M.A. στην επιφάνεια εργασίας και κάντε διπλό κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στην πόρτα του σχολείου και κάντε κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Επιλέξτε ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ → Κυκλώματα με λάμπες → Μία λάμπα και μια μπαταρία.
- Παρατηρήστε τα υλικά που υπάρχουν στα ράφια πίσω από τον πάγκο.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

➤ **Σχεδιάσε** πώς νομίζεις ότι πρέπει να συνδεθούν τα υλικά που υπάρχουν στα ράφια, για να ανάψει το λαμπάκι.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

➤ **Συζητήστε στην ομάδα σας** πώς πρέπει να συνδεθούν τα υλικά που υπάρχουν στα ράφια, για να ανάψει το λαμπάκι.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

➤ Κάντε ένα κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία

- Για να μεταφέρετε ένα υλικό στον πάγκο εργασίας κάντε κλικ πάνω σ' αυτό με το αριστερό πλήκτρο και σύρετε το ποντίκι μέχρι τον πάγκο εργασίας.
- Διαλέξτε 6V κάνοντας δεξί κλικ στην μπαταρία.
- Συνδέστε κατάλληλα τη λάμπα στην μπαταρία, δηλαδή συνδέστε τα καλώδια με το διακόπτη και την μπαταρία.
- Όταν τελειώσετε, επιλέξτε το εικονίδιο Έλεγχος.
- Επιλέξτε κλείσιμο του διακόπτη κάνοντας δεξί κλικ πάνω σ' αυτόν.

1) Τι παρατηρείτε;

-
- Δείτε πώς συμβολίζεται το κύκλωμα επιλέγοντας το εικονίδιο Συμβολισμός Κυκλώματος.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 2

2) Ποια υλικά χρησιμοποιήσατε για την κατασκευή του κυκλώματος;

-
- ### ➤ Σχεδιάσε το κύκλωμα που κατασκευάσατε.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

3) Τι καινούργιο εμφανίστηκε; Πού νομίζεις ότι οφείλεται αυτό;

-
- ### ➤ Κάνε ένα σχήμα για να το εξηγήσεις.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

- Επιλέξτε το εικονίδιο Μοντέλο και διαλέξτε αυτό που ταιριάζει.
- Αφού κλείσετε το διακόπτη, επιλέξτε το εικονίδιο με το μεγεθυντικό φακό.

4) Τι παρατηρείς;

5) Τι θα έλεγες ότι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;

- Επιλέξτε το εικονίδιο Ερωτήσεις και διαλέξτε αυτό που ταιριάζει μόνο για τις τέσσερις πρώτες ερωτήσεις.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 3

➤ Σχεδιάσε την κατεύθυνση στην οποία κινούνται τα ηλεκτρόνια στο κύκλωμα, δηλαδή τη φορά του ρεύματος σύμφωνα με το μοντέλο του λογισμικού.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

➤ **Ξανακάνετε το προηγούμενο κύκλωμα αλλά διαλέξτε μπαταρία 12V.**

- Πατήστε το πρώτο εικονίδιο πάνω αριστερά για να καθαρίσετε τον πάγκο εργασίας.
- Διαλέξτε 12V κάνοντας δεξί κλικ στην μπαταρία.
- Εργαστείτε όπως προηγουμένως για να κατασκευάσετε το κύκλωμα.

➤ **Συζητήστε στην ομάδα σας** για τη φωτοβολία της λάμπας και απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

6) Ποιο λαμπάκι φωτοβολεί περισσότερο;

α) Αυτό που είναι συνδεδεμένο με μπαταρία 6V;

β) Αυτό που είναι συνδεδεμένο με μπαταρία 12V;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

➤ Ανακοινώστε στην τάξη τις απόψεις σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

7) Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;

8) Ποιος είναι ο ρόλος της μπαταρίας στο κύκλωμα;

9) Ποιος είναι ο ρόλος των καλωδίων στο κύκλωμα;

10) Ποιος είναι ο ρόλος της λάμπας στο κύκλωμα;

11) Ποια είναι η φορά του ρεύματος στο κύκλωμα;

2^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Κυκλώματα με δύο λάμπες – Σύνδεση σε σειρά

Οδηγίες για το/η δάσκαλο/α

Στόχοι

Οι μαθητές και οι μαθήτριες:

- ✓ Να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού M.A.Θ.H.M.A. ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και μία μπαταρία.
- ✓ Να εξηγήσουν τον τρόπο λειτουργίας ενός διακόπτη.
- ✓ Να σχεδιάσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και μία μπαταρία.
- ✓ Να συγκρίνουν με τη βοήθεια του λογισμικού Circuit Construction Kit III ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία κι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά και μία μπαταρία ως προς τη φωτοβολία των λαμπών και ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα.
- ✓ Να τροποποιήσουν τη λανθασμένη τους ιδέα ότι το ρεύμα «καταναλώνεται» και δε διατηρείται η ποσότητά του, διαπιστώνοντας ότι το ρεύμα παραμένει σταθερό σε όλο το μήκος του κυκλώματος.
- ✓ Να διακρίνουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε κλειστό και ανοιχτό.

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

2^ο ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κυκλώματα με δύο λάμπες – Σύνδεση σε σειρά

Όνοματεπώνυμο: _____ Σχολείο: _____

Τάξη: _____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____, ____ / ____ / ____

Για την ενότητα αυτή θα εργαστείτε στους υπολογιστές με το λογισμικό Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α..

Για να θέσετε σε λειτουργία τον υπολογιστή πατήστε το κουμπί έναρξης.

Ενεργοποιήστε το πρόγραμμα ως εξής:

- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στο εικονίδιο Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. στην επιφάνεια εργασίας και κάντε διπλό κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στην πόρτα του σχολείου και κάντε κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Επιλέξτε ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ → Κυκλώματα με λάμπες → Δύο λάμπες σε σειρά και μία μπαταρία.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

- Αν συνδέσουμε δύο λάμπες τη μία δίπλα στην άλλη και μια μπαταρία τα δύο λαμπάκια θα φωτοβολούν το ίδιο ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Κάντε ένα κύκλωμα με δύο λάμπες τη μία δίπλα στην άλλη και μία μπαταρία

- Διαλέξτε 6V κάνοντας δεξί κλικ στην μπαταρία.
- Εργαστείτε όπως στην προηγούμενη ενότητα για να κατασκευάσετε το κύκλωμα.
- Όταν τελειώσετε, επιλέξτε το εικονίδιο Έλεγχος.
- Επιλέξτε κλείσιμο του διακόπτη κάνοντας δεξί κλικ πάνω σ' αυτόν.

1) Τι παρατηρείτε;

2) Γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

- Δείτε πώς συμβολίζεται το κύκλωμα επιλέγοντας το εικονίδιο Συμβολισμός Κυκλώματος.

- Επιλέξτε το εικονίδιο Μοντέλο και διαλέξτε αυτό που ταιριάζει.

➤ Αφού κλείσετε το διακόπτη, παρατηρήστε το κύκλωμα, **συζητήστε στην ομάδα σας** και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

3) α) Οι δύο λάμπες φωτοβολούν το ίδιο;

β) Η μία λάμπα φωτοβολεί περισσότερο και η άλλη λιγότερο;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

4) Όταν το ρεύμα περάσει από τη λάμπα 1, η λάμπα 2 θα δεχτεί:

α) περισσότερο ρεύμα;

β) λιγότερο ρεύμα;

γ) το ίδιο ρεύμα;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

5) Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία:

α) περισσότερο ρεύμα;

β) λιγότερο ρεύμα;

γ) το ίδιο ρεύμα;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

➤ Ανοίξτε το διακόπτη. Τι παρατηρείτε;

➤ Κλείστε το διακόπτη. Τι παρατηρείτε;

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 2

- Σχεδιάσε το κύκλωμα που κατασκευάσατε.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Με τη βοήθεια του λογισμικού **Circuit Construction Kit III**:

- Κάντε ένα κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία κι ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες τη μία δίπλα στην άλλη και μία μπαταρία στην ίδια επιφάνεια εργασίας.

Για το σκοπό αυτό:

- Πληκτρολογήστε τη διεύθυνση:
<http://phet.colorado.edu/web-pages/simulations-base.html>
και πατήστε *enter*.
- Επιλέξτε την εικόνα με τίτλο **Circuit Construction Kit**.
- Κατασκευάστε το κύκλωμα σέρνοντας κάθε στοιχείο στην επιφάνεια εργασίας.
- Μπορείτε να σβήσετε ένα στοιχείο κάνοντας δεξί κλικ κι επιλέγοντας την εντολή *Remove*.
- Μπορείτε να αποσυνδέσετε δύο στοιχεία κάνοντας δεξί κλικ κι επιλέγοντας την εντολή *Split Junction*.
- Μπορείτε να καθαρίσετε την επιφάνεια εργασίας πατώντας το πλήκτρο *Clear* και μετά το πλήκτρο *Yes*.

7) Συγκρίνετε τα δύο κυκλώματα ως προς τη φωτοβολία των λαμπών. Τι παρατηρείτε;

8) Συγκρίνετε τα δύο κυκλώματα ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων. Τι παρατηρείτε;

9) Συζητήστε στην ομάδα σας και απαντήστε τι θα συνέβαινε στην ταχύτητα κίνησης των ηλεκτρονίων αν συνδεόταν και μία τρίτη λάμπα δίπλα στις άλλες δύο.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5

Με τη βοήθεια του λογισμικού **Circuit Construction Kit III**:

➤ Κάντε ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες τη μία δίπλα στην άλλη και μία μπαταρία στην επιφάνεια εργασίας που ήδη δουλεύετε.

10) Τι παρατηρείτε όσον αφορά στην ταχύτητα κίνησης των ηλεκτρονίων;

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Όσο πιο πολλές λάμπες συνδέονται σε _____, τόσο πιο _____ κινούνται τα _____ στο κύκλωμα, δηλαδή γίνεται πιο _____ η _____ του _____.

Συμπληρώστε το συμπέρασμα χρησιμοποιώντας τις λέξεις:
μικρή, σειρά, ρεύματος, ηλεκτρόνια, αργά, ένταση

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

10) Πώς ονομάζεται ο τρόπος σύνδεσης δύο λαμπών συνδεδεμένων η μία δίπλα στην άλλη;

11) Οι δύο λάμπες δέχονται το ίδιο ρεύμα;

12) Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία περισσότερο, λιγότερο ή το ίδιο; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

13) Πότε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι ανοιχτό;

14) Πότε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι κλειστό;

3^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Κυκλώματα με δύο λάμπες – Παράλληλη σύνδεση

Οδηγίες για το/η δάσκαλο/α

Στόχοι

Οι μαθητές και οι μαθήτριες:

- ✓ Να κατασκευάσουν εικονικά με τη βοήθεια του λογισμικού Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία.
- ✓ Να αιτιολογήσουν τι συμβαίνει με τη φωτοβολία των λαμπών και με το ηλεκτρικό ρεύμα σε κυκλώματα παράλληλης σύνδεσης λαμπών.
- ✓ Να σχεδιάσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία.
- ✓ Να περιγράψουν και να απεικονίσουν τι συμβαίνει στη ροή ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα όταν συνδεθούν τρεις λάμπες παράλληλα.
- ✓ Να συγκρίνουν με τη βοήθεια του λογισμικού Circuit Construction Kit III ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία κι ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία ως προς τη φωτοβολία των λαμπών και ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα.

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

3^ο ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κυκλώματα με δύο λάμπες – Παράλληλη σύνδεση

Όνοματεπώνυμο: _____ Σχολείο: _____

Τάξη: _____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____, ____ / ____ / ____

Για την ενότητα αυτή θα εργαστείτε στους υπολογιστές με το λογισμικό M.A.Θ.H.M.A..

Για να θέσετε σε λειτουργία τον υπολογιστή πατήστε το κουμπί έναρξης.

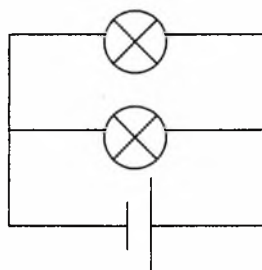
Ενεργοποιήστε το πρόγραμμα ως εξής:

- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στο εικονίδιο M.A.Θ.H.M.A. στην επιφάνεια εργασίας και κάντε διπλό κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Τοποθετήστε το δείκτη του ποντικιού στην πόρτα του σχολείου και κάντε κλικ με το αριστερό πλήκτρο.
- Επιλέξτε ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ → Κυκλώματα με λάμπες → Δύο λάμπες παράλληλες και μια μπαταρία.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

- Αν συνδέσουμε δύο λάμπες τη μία παράλληλα με την άλλη και μια μπαταρία, δηλαδή όπως φαίνεται στο σχήμα, τα δύο λαμπάκια θα φωτοβολούν το ίδιο ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.



ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

- Κάντε ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες τη μία παράλληλα με την άλλη. Συνδέστε και μία μπαταρία με τον ίδιο τρόπο.

- Διαλέξτε 6V κάνοντας δεξί κλικ στην μπαταρία.
- Εργαστείτε όπως στην προηγούμενη ενότητα για να κατασκευάσετε το κύκλωμα.
- Συνδέστε το διακόπτη δίπλα στη μία λάμπα, δηλαδή σε σειρά με αυτήν.
- Όταν τελειώσετε, επιλέξτε το εικονίδιο Έλεγχος.
- Επιλέξτε κλείσιμο του διακόπτη κάνοντας δεξί κλικ πάνω σ' αυτόν.

1) Τι παρατηρείτε;

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

- Δείτε πώς συμβολίζεται το κύκλωμα επιλέγοντας το εικονίδιο Συμβολισμός Κυκλώματος.
 - Επιλέξτε το εικονίδιο Μοντέλο και διαλέξτε αυτό που ταιριάζει.
- Αφού κλείσετε τους διακόπτες, παρατηρήστε το κύκλωμα, **συζητήστε στην ομάδα σας** και απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

2) Οι δύο λάμπες φωτοβολούν:

α) το ίδιο;

β) η λάμπα 1 φωτοβολεί περισσότερο από τη λάμπα 2;

γ) η λάμπα 1 φωτοβολεί λιγότερο από τη λάμπα 2;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

3) Οι δύο λάμπες δέχονται:

α) το ίδιο ρεύμα;

β) Η λάμπα 1 δέχεται περισσότερο ρεύμα και η λάμπα 2 λιγότερο;

γ) Η λάμπα 1 δέχεται λιγότερο ρεύμα και η λάμπα 2 περισσότερο;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

4) Όταν το ρεύμα περάσει από τις δύο λάμπες, μετά θα επιστρέψει στην μπαταρία:

α) περισσότερο ρεύμα;

β) λιγότερο ρεύμα;

γ) το ίδιο ρεύμα;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

5) Ανοίξτε το διακόπτη 1. Τι παρατηρείτε στη ροή των ηλεκτρονίων;

6) Κλείστε το διακόπτη 1. Τι παρατηρείτε στη ροή των ηλεκτρονίων;

7) Τι θα συμβεί αν τοποθετήσουμε και μια τρίτη λάμπα παράλληλα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 2

➤ Σχεδιάσε ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα. Προσπάθησε να απεικονίσεις τη ροή των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα με βάση το μοντέλο που παρατήρησες.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

Με τη βοήθεια του λογισμικού **Circuit Construction Kit III**:

➤ Κάντε ένα κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία, ένα κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες τη μία παράλληλα με την άλλη και μία μπαταρία κι ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες τη μία παράλληλα με την άλλη και μία μπαταρία στην ίδια επιφάνεια εργασίας. Για το σκοπό αυτό:

- Κλείστε όλα τα ενεργοποιημένα παράθυρα πατώντας το .
- Κάντε διπλό κλικ στο εικονίδιο *Internet Explorer* στην επιφάνεια εργασίας.
- Πληκτρολογήστε τη διεύθυνση:

<http://phet.colorado.edu/web-pages/simulations-base.html>

και πατήστε *enter*.

- Επιλέξτε την εικόνα με τίτλο **Circuit Construction Kit**.
- Κατασκευάστε το κύκλωμα σέρνοντας κάθε στοιχείο στην επιφάνεια εργασίας.

- Μπορείτε να σβήσετε ένα στοιχείο κάνοντας δεξί κλικ κι επιλέγοντας την εντολή Remove.
- Μπορείτε να αποσυνδέσετε δύο στοιχεία κάνοντας δεξί κλικ κι επιλέγοντας την εντολή Split Junction.
- Μπορείτε να καθαρίσετε την επιφάνεια εργασίας πατώντας το πλήκτρο Clear και μετά το πλήκτρο Yes.

8) Συγκρίνετε τα τρία κυκλώματα ως προς την ταχύτητα των ηλεκτρονίων κοντά στους πόλους της μπαταρίας και πριν από τις διακλαδώσεις και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

	Η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι μικρή.	Η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι μεγάλη.	Η ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι πολύ μεγάλη.
Κύκλωμα με μία λάμπα			
Κύκλωμα με δύο λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα			
Κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα			

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Όσο πιο πολλές λάμπες συνδέονται _____, τόσο πιο _____ κινούνται τα _____, δηλαδή γίνεται πιο _____ η _____ του _____ κοντά στους _____ της μπαταρίας και _____ από τις διακλαδώσεις.

Συμπληρώστε το συμπέρασμα χρησιμοποιώντας τις λέξεις:
μεγάλη, παράλληλα, πριν, ρεύματος, ηλεκτρόνια, γρήγορα, ένταση, πόλους

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

9) Πώς ονομάζεται ο τρόπος σύνδεσης δύο λαμπών συνδεδεμένες η μία παράλληλα με την άλλη;

10) Τι συμβαίνει με το ηλεκτρικό ρεύμα κοντά στους πόλους της μπαταρίας και πριν από τις διακλαδώσεις, όταν συνδεθούν δύο λάμπες παράλληλα σε σχέση με το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με μία λάμπα και μία μπαταρία;

11) Τι συμβαίνει με το ηλεκτρικό ρεύμα κοντά στους πόλους της μπαταρίας και πριν από τις διακλαδώσεις, όταν συνδεθεί και μια τρίτη λάμπα παράλληλα;

4^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές

Οδηγίες για το/η δάσκαλο/α

Στόχοι

Οι μαθητές και οι μαθήτριες:

- ✓ Να μεταφέρουν τη γνώση που απέκτησαν με τις εικονικές εργαστηριακές ασκήσεις (πειράματα) σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής συσχετίζοντας τον τρόπο σύνδεσης και λειτουργίας των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών με τον τρόπο σύνδεσης και λειτουργίας δύο λαμπών σε παράλληλη σύνδεση.
- ✓ Να σχηματίσουν αναπαραστάσεις για τη σύνδεση των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών.
- ✓ Να εξηγήσουν γιατί οι ηλεκτρικές συσκευές συνδέονται παράλληλα και όχι σε σειρά στο χώρο του σπιτιού.
- ✓ Να περιγράψουν το ρόλο της πρίζας και τι υπάρχει πίσω απ' αυτήν μέσα στον τοίχο.
- ✓ Να σχεδιάσουν την παράλληλη σύνδεση τριών ηλεκτρικών οικιακών συσκευών, όταν λειτουργούν ταυτόχρονα στο σπίτι.

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

4^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Οι ηλεκτρικές οικιακές συσκευές

Όνοματεπώνυμο: _____ Σχολείο: _____

Τάξη: _____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____, ____ / ____ / ____

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

ΠΡΟΒΛΕΨΗ

➤ Σε ένα πολύπριζο είναι συνδεδεμένες δύο ηλεκτρικές οικιακές συσκευές: το ηλεκτρικό σίδερο και η τηλεόραση.

1) Μπορούν να λειτουργούν μαζί;

NAI OXI

2) Αν αποσυνδέσουμε τη μία, λειτουργεί η άλλη;

NAI OXI

3) Γιατί γίνεται αυτό;

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

➤ Σε ένα πολύπριζο είναι συνδεδεμένες δύο ηλεκτρικές οικιακές συσκευές: το ηλεκτρικό σίδερο και η τηλεόραση.

➤ **Συζητήστε στην ομάδα σας και απαντήστε στις ερωτήσεις:**

4) Αν σβήσω το ηλεκτρικό σίδερο, τι θα συμβεί με την τηλεόραση;

5) Αν σβήσω την τηλεόραση, τι θα συμβεί με το ηλεκτρικό σίδερο;

6) Ποιο είδος σύνδεσης θα προτιμούσατε για τις ηλεκτρικές οικιακές συσκευές;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

7) Τι θα συμβεί αν συνδέσω και μια τρίτη συσκευή στο ίδιο πολύπριζο και τη θέσω σε λειτουργία;

➤ Ανακοινώστε στην τάξη τις απόψεις σας.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

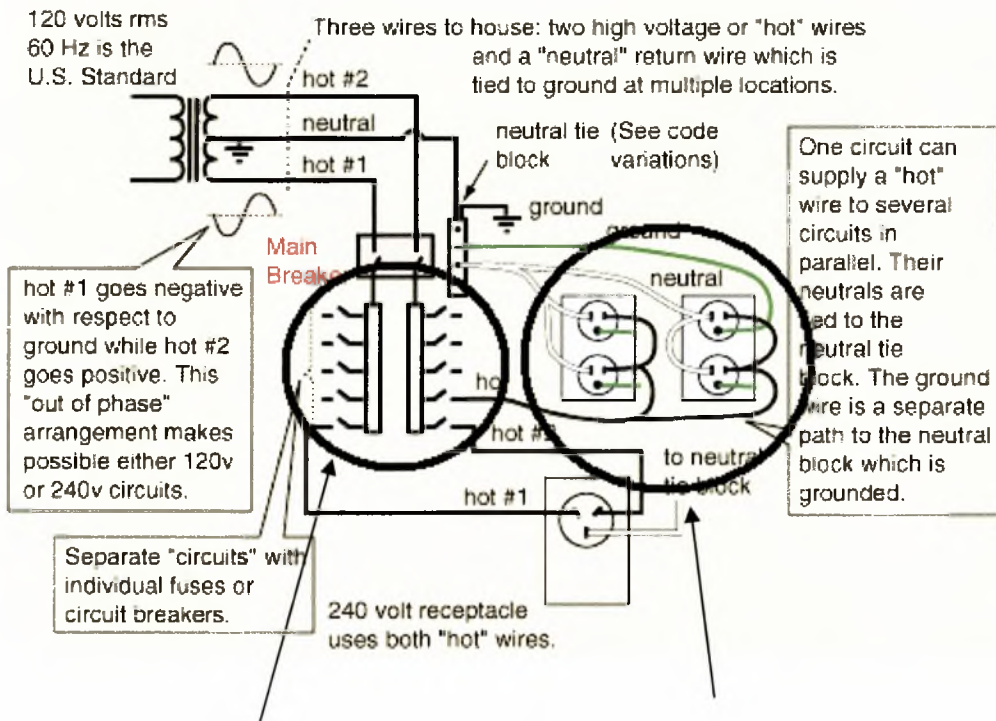
Αναζήτηση εικόνας στο Διαδίκτυο για την ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση

- Κάντε διπλό κλικ στο εικονίδιο *Internet Explorer* στην επιφάνεια εργασίας.
- Πληκτρολογήστε τη διεύθυνση:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/hshld.html#c1>

και πατήστε *enter*. Στην οθόνη θα δείτε την παρακάτω εικόνα:

Household Wiring



πίνακας με ασφάλειες

τρόπος σύνδεσης των καλωδίων
πίσω από την πρίζα

➤ Με βάση την εικόνα **συζητήστε στην ομάδα σας** και απαντήστε στις ερωτήσεις:

8) Τι ρόλο παίζει μια πρίζα στον τοίχο;

9) Τι υπάρχει πίσω από την πρίζα;

➤ Ανακοινώστε στην τάξη τις απόψεις σας.

- Παρατηρήστε τον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων πίσω από τις πρίζες και **συζητήστε με το δάσκαλο ή τη δασκάλα σας** για τις διαδρομές των καλωδίων πίσω από τις πρίζες μέχρι τον πίνακα.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

- Σχεδιάστε τον τρόπο σύνδεσης των καλωδίων πίσω από τις πρίζες με βάση την εικόνα που βρήκατε στο Διαδίκτυο.

10) Με ποιον τρόπο συνδέονται οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας;

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

- Με βάση την παράλληλη σύνδεση τριών λαμπών που διδαχθήκατε στην προηγούμενη ενότητα, σχεδιάστε τον τρόπο σύνδεσης της τηλεόρασης, του ηλεκτρικού σίδερου και της ηλεκτρικής σκούπας, ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα με βάση την εικόνα που βρήκατε στο Διαδίκτυο. Θεωρήστε ότι αυτές οι συσκευές είναι συνδεδεμένες στο ίδιο πολύπριζο.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5

➤ Κάντε ένα σχήμα για να δείξετε:

α) το πώς συνδέεται μια ηλεκτρική συσκευή που βάζουμε στην πρίζα.

β) το πώς συνδέονται δύο ηλεκτρικές συσκευές που βάζουμε σε δύο διαφορετικές πρίζες στο χώρο του σπιτιού.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

11) Πώς ονομάζεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας;

12) Γιατί οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές συνδέονται με αυτόν τον τρόπο και όχι με τον άλλον;

13) Τι υπάρχει πίσω από την πρίζα;

5^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Ασφάλεια

Οδηγίες για το/η δάσκαλο/α

Στόχοι

Οι μαθητές και οι μαθήτριες:

- ✓ Να εκφράσουν ελεύθερα τις απόψεις τους για το τι είναι η ασφάλεια και ποιος είναι ο ρόλος της.
- ✓ Να δείξουν σε ποιο σημείο ενός κυκλώματος με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία πρέπει να τοποθετηθεί μια ασφάλεια.
- ✓ Να αιτιολογήσουν γιατί η ασφάλεια τοποθετείται στο συγκεκριμένο σημείο.
- ✓ Να περιγράψουν το ρόλο της γενικής ασφάλειας στο ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης.
- ✓ Να αναφέρουν το σημείο στο οποίο πρέπει να τοποθετείται η γενική ασφάλεια στο ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης και να το αιτιολογήσουν.
- ✓ Να αναφέρουν σε ποια περίπτωση «καίγεται» η γενική ασφάλεια στο σπίτι.
- ✓ Να αναφέρουν διαφόρους κινδύνους από το ηλεκτρικό ρεύμα.
- ✓ Να αναφέρουν τι πρέπει να αποφεύγουν για να προστατεύουν τη ζωή τους από τους κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος.

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

5^η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

Ασφάλεια

Όνοματεπώνυμο: _____ Σχολείο: _____

Τάξη: _____ Ομάδα: _____ Ημερομηνία: _____, ____ / ____ / ____

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1

1) Έχεις ακούσει ποτέ τη λέξη ασφάλεια; ΝΑΙ ΟΧΙ

2) Τι νομίζεις ότι είναι η ασφάλεια;

3) Τι ρόλο παίζει;

4) Τι σημαίνει η έκφραση «κάηκε η ασφάλεια»;

5) Σε ποιο σημείο του κυκλώματος μπαίνει και γιατί;

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

➤ Συζητήστε στην ομάδα σας και απαντήστε στις ερωτήσεις:

6) Έχουμε ένα κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία. Σε ποιο σημείο του κυκλώματος πρέπει να τοποθετηθεί μια ασφάλεια; Δικαιολογήστε γιατί επιλέξατε αυτό το σημείο.

➤ Ανακοινώστε στην τάξη τις απόψεις σας.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

- Στην πίσω σελίδα σχεδιάστε τρεις λάμπες συνδεδεμένες παράλληλα και μία μπαταρία. Δείξτε σε ποιο σημείο του κυκλώματος πρέπει να τοποθετηθεί μια ασφάλεια.

ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

- Συζητήστε στην ομάδα σας και απαντήστε στις ερωτήσεις:

7) Τι ρόλο παίζει η γενική ασφάλεια στο ευρύτερο κύκλωμα της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης;

8) Σε ποιο σημείο του κυκλώματος της ηλεκτρικής οικιακής εγκατάστασης πρέπει να τοποθετείται η γενική ασφάλεια; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

9) Σε ποια περίπτωση «καίγεται» η ασφάλεια στο σπίτι;

10) Για ποιο λόγο γίνεται αυτό;

- Ανακοινώστε στην τάξη τις απόψεις σας.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

11) Τι είναι η ασφάλεια και σε ποια περίπτωση «καίγεται»;

12) Τι πρέπει να κάνουμε όταν καταλάβουμε ότι «κάηκε» η ασφάλεια στο σπίτι μας;

13) Πώς το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να γίνει επικίνδυνο για τη ζωή των ανθρώπων;

14) Τι πρέπει να αποφεύγουμε για να προστατεύουμε τη ζωή μας από τους κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος;



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004600091458

