

Έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών ΣΤ' τάξης Δημοτικού Σχολείου για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

Παρασκευάς Θ. Παρασκευάς¹, Δημήτρης Αλιμήσης²

¹ 101^ο Δημοτικό Σχολείο Θεσσαλονίκης, papa@mailbox.gr

² Ανωτάτη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, alimisis@otenet.gr

Περίληψη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι ιδέες/αντιλήψεις μαθητών ΣΤ' τάξης Δημοτικού για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο διδάχτηκαν κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε' Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω». Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 249 μαθητές ΣΤ' Δημοτικού περιοχής Ανατολικής Θεσσαλονίκης. Η ανάλυση των απαντήσεων οδήγησε στη δημιουργία τριών κατηγοριών: α) απαντήσεις σε συμφωνία με τις επιστημονικά αποδεκτές, β) εναλλακτικές απαντήσεις, οι οποίες αναλύθηκαν σε υποκατηγορίες και γ) άλλες. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα της βιβλιογραφίας για τις ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών δείχνει ότι τα ευρήματα εναρμονίζονται με τα αντίστοιχα άλλων ερευνών. Από την επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές γίνεται φανερό ότι αρκετά μεγάλος αριθμός μαθητών δεν έχουν κατανοήσει τις σχετικές με το ηλεκτρικό κύκλωμα έννοιες και αναδεικνύεται ο ιδιαίτερα σταθερός και ανθεκτικός χαρακτήρας των εναλλακτικών αντιλήψεών τους.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια το ερευνητικό ενδιαφέρον στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στην ανίχνευση των ιδεών/αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών με αποτέλεσμα να υπάρχει σήμερα σημαντική διεθνής βιβλιογραφία στο χώρο αυτό.

Έρευνες μάλιστα, οι οποίες έγιναν τόσο στο εσωτερικό (Περιστερόπουλος και συν., 1994, Κουλαϊδής, 2001, Παρασκευάς, 2003) όσο και στο εξωτερικό (Harrison & Treagust, 1996, Novak, 2002, Shipstone, 1993), σε συγκεκριμένα γνωστικά πεδία των Φυσικών Επιστημών, μεταξύ των οποίων και ο Ηλεκτρισμός, με δείγματα που διέφεραν ποιοτικά (όπως μαθητές, φοιτητές, καθηγητές) έδειξαν ότι ανιχνεύονται οι ίδιες ποιοτικά και ποσοτικά εναλλακτικές ιδέες.

Τα πρώτα πρακτικο-βιωματικά νοητικά μοντέλα των μαθητών του δημοτικού για τα ηλεκτρικά φαινόμενα δεν περιλαμβάνουν καμία σαφή κατανόηση της έννοιας του κλειστού κυκλώματος και σχετικές λέξεις και έννοιες (όπως ρεύμα, ενέργεια, ισχύς, τάση κτλ.) τους φαίνονται κάπως γνωστές, αλλά οι σημασίες τους είναι ασαφείς και συγκεχυμένες (Χρηστίδου, 2001).

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αναδειχθούν οι ιδέες/αντιλήψεις που αναπτύσσουν οι μαθητές της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και πιο συγκεκριμένα της ΣΤ' Δημοτικού για το ηλεκτρικό κύκλωμα. Ήδη οι μαθητές της τάξης αυτής έχουν διδαχθεί τις συγκεκριμένες ενότητες, που αναφέρονται στις παραπάνω έννοιες, στην αμέσως προηγούμενη τάξη. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει ο τρόπος που προσεγγίζονται οι παραπάνω έννοιες στο σχολικό εγχειρίδιο των Φυσικών Επιστημών της Ε' Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» (Αποστολάκης κ.ά., 2001).

Επισκόπηση της προσέγγισης των σχολικών εγχειριδίων

Από την επισκόπηση του τρόπου με τον οποίο προσεγγίζονται τα θέματα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στο βιβλίο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» (Αποστολάκης κ.ά., 2001) συμπεραίνεται ότι:

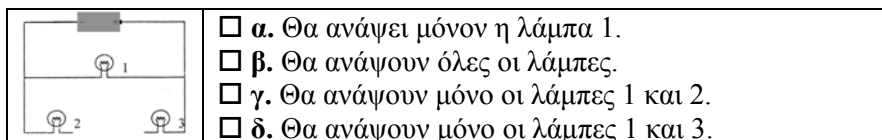
- Προηγείται η ιστορική αναφορά στις προσπάθειες του ανθρώπου για εξήγηση των ηλεκτρικών φαινομένων
- Η έννοια «ηλεκτρικό ρεύμα» κυριαρχεί και είναι αυτή με την οποία προσεγγίζεται το ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Στις δύο πρώτες ενότητες γίνεται προσπάθεια προσέγγισης του ηλεκτρικού ρεύματος με την έννοια της ενέργειας, χωρίς όμως να γίνεται κάποια προσπάθεια διάκρισης των όρων «ενέργεια» και «ρεύμα».
- Δεν γίνεται καμιά αναφορά σε έννοιες ένταση, διαφορά δυναμικού ή τάση.
- Προωθείται η ενεργητική εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία.
- Δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να εκφράσουν, να συζητήσουν και να ελέγξουν τις απόψεις τους.
- Προτείνονται απλά υλικά καθημερινής χρήσης για την εκτέλεση πειραμάτων.
- Το διδακτικό μοντέλο διδασκαλίας που προτείνεται είναι το «ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο», το οποίο έχει σαφώς εποικοδομητικά χαρακτηριστικά: ανάδειξη των προϋπαρχουσών ιδεών/αντιλήψεων των μαθητών για το ηλεκτρικό ρεύμα με στόχο τον μετασχηματισμό τους προς την επιστημονικά αποδεκτή άποψη, ο μαθητής ως ενεργητικός κατασκευαστής της γνώσης του διερευνά το γνωστικό αντικείμενο με τη βοήθεια του κύκλου διατύπωσης υποθέσεων-προβλέψεων και στη συνέχεια δοκιμής και επαλήθευσης.

Η ταυτότητα της έρευνας

Η έρευνα έγινε το δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου 2005 με ερωτηματολόγιο σε επιλεγμένο δείγμα 249 μαθητών ΣΤ΄ Δημοτικού (118 αγόρια και 131 κορίτσια), που φοιτούν σε αστικά δημόσια Δημοτικά Σχολεία περιοχής Ανατολικής Θεσσαλονίκης. Οι μαθητές απάντησαν σε 17 ερωτήσεις, εκ των οποίων οι 6 είναι ανοικτού τύπου και οι 11 ερωτήσεις κλειστού τύπου, με στόχο την ανάδειξη των ιδεών/αντιλήψεών τους για:

1. το πώς αναπαρίσταται το ηλεκτρικό ρεύμα στη σκέψη των μαθητών (ερώτηση 1, π.χ. Τι νομίζεις ότι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;).
2. το νοητικό μοντέλο ηλεκτρικού κυκλώματος που υιοθετείται από τους μαθητές (ερωτήσεις 2,3 και 8, π.χ. ερ. 8: Από τα παρακάτω σχήματα κύκλωσε το γράμμα που δείχνει πώς κατά τη γνώμη σου ρέει το ρεύμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Τα τέσσερα σχήματα παρουσίαζαν με βέλη τη ροή του ρεύματος (μονοπολικό, επιστημονικό, συγκρουόμενων ρευμάτων και καταναλωτικό νοητικό μοντέλο) και οι λεζάντες διευκρίνιζαν τη ροή αυτή καθώς και τα αποτελέσματά της).
3. το ρόλο των μερών απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (λάμπα, μπαταρία, καλώδιο) (ερωτήσεις 4,5 και 6, π.χ. ερ. 4: Ποιος είναι ο ρόλος της μπαταρίας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;).
4. το αν αναγνωρίζουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (κλειστό ή ανοιχτό) (ερωτήσεις 7,9,10 και 11), π.χ.

Ερώτηση 9. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα κύκλωμα. Ποιες λάμπες νομίζεις ότι θα ανάψουν;



5. το πώς αντιλαμβάνονται τις μεταβολές σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και ποιο είναι το αποτέλεσμα αυτών των μεταβολών (ερωτήσεις 12,13 και 14, π.χ. ερ. 14: Στο παρακάτω κύκλωμα η λάμπα άναβε κανονικά. Ξαφνικά ανοίγουμε το διακόπτη. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί;).
6. το αν διαχωρίζουν σωστά τα διάφορα υλικά σώματα σε αγωγούς και μονωτές (ερώτηση 15, π.χ. Στο παρακάτω σχήμα ανάμεσα στα σημεία Α και Β θα τοποθετήσουμε με τη σειρά τα παρακάτω υλικά έτσι ώστε να ανάψει η λάμπα.. Σημείωσε με Χ σε αυτά που πιστεύεις ότι θα το πετύχουν;).
7. τις προβλέψεις τους που αφορούν τη φωτοβολία των λαμπτήρων σε ηλεκτρικό κύκλωμα, όπου υπάρχουν δύο (2) λαμπτήρες συνδεδεμένοι σε σειρά και παράλληλα (ερωτήσεις 16 και 17, π.χ. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν στο πρώτο σχήμα συνδέσουμε μία ακόμη ίδια λάμπα σε σειρά ή παράλληλα με την πρώτη;).

Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων

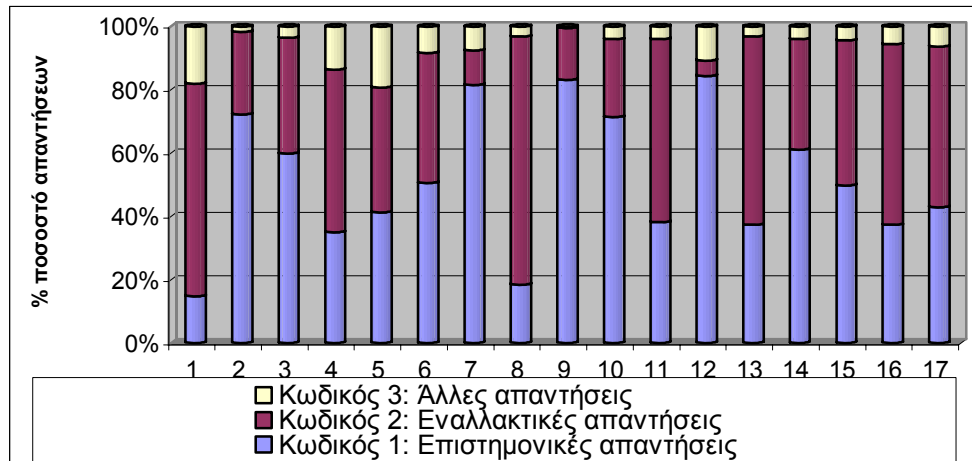
Αρχικά μελετήθηκαν προσεκτικά και αναλύθηκαν κάθε μία από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές για κάθε ερώτηση χωριστά (ανοικτού και κλειστού τύπου). Έτσι δόθηκε η δυνατότητα να εντοπιστούν και να καταγραφούν όλες οι αντιλήψεις που εμφανίζονται στις απαντήσεις κάθε ερώτησης χωριστά.

Η διαδικασία αυτή οδήγησε στη δημιουργία τριών κατηγοριών απαντήσεων: α) απαντήσεις σε συμφωνία με τις επιστημονικά αποδεκτές, β) εναλλακτικές απαντήσεις, οι οποίες αναλύθηκαν σε υποκατηγορίες με κριτήριο την αντίληψη που εξέφραζαν οι μαθητές και γ) άλλες (Καλλέρη-Βλάχου, 1999, σ. 74). Στην πρώτη κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις που εκφράζουν αντιλήψεις που συμπίπτουν ή σχεδόν συμπίπτουν με τις επιστημονικά αποδεκτές. Στη δεύτερη κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις που εκφράζουν αντιλήψεις, οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με τις επιστημονικά αποδεκτές. Στην τρίτη κατηγορία εντάχθηκαν οι αναπάντητες, οι ελλιπείς και οι απαντήσεις «δεν ξέρω», καθώς και όλες όσες δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε καμία από τις δύο πρώτες κατηγορίες.

Παρουσίαση και ανάλυση αποτελεσμάτων

Για να δοθεί μια εποπτική εικόνα της σχέσης του ποσοστού των απαντήσεων για κάθε ερώτηση κατασκευάστηκε το ιστόγραμμα του σχήματος 1:

Από την ανάλυση γίνεται φανερό ότι κατά μέσο όρο 6,96 % των απαντήσεων των μαθητών εντάχθηκαν στην τρίτη κατηγορία. Ιδιαίτερα στις ερωτήσεις 1,4,5,6 και 12, οι οποίες ήταν ανοικτού τύπου και αφορούσαν α) τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος (ερ. 1), β) την περιγραφή του ρόλου των μερών απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (ερ. 4,5,6) και γ) το πώς αντιλαμβάνονται τις μεταβολές και τα αποτελέσματά τους στο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (ερ. 12), το ποσοστό των απαντήσεων που εντάχθηκαν στην τρίτη κατηγορία υπερβαίνει αυτό του μέσου όρου.



Σχήμα 1: Ποσοστά απαντήσεων για κάθε ερώτηση

Το ποσοστό των απαντήσεων που βρίσκονται σε συμφωνία με τις επιστημονικά αποδεκτές (κατηγορία 1) είναι μεγαλύτερο κατά 10 ποσοστιαίες μονάδες από το ποσοστό των απαντήσεων που αποκλίνουν από τις επιστημονικά αποδεκτές (κατηγορία 2), αφού σε 10 ερωτήσεις (2,3,5,6,7,9,10, 12,14,15) υπερτερούν οι επιστημονικές απόψεις και στις υπόλοιπες ερωτήσεις (1,4,8,11,13,16,17) υπερτερούν οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών. Αν προστεθούν τα ποσοστά των απαντήσεων των κατηγοριών 2 και 3, τότε φαίνεται ότι υπάρχει μια σχετική ισορροπία μεταξύ των απαντήσεων αυτών και των απαντήσεων που ανήκουν στην κατηγορία 1, αφού στις μισές απαντήσεις υπερτερούν οι επιστημονικές απόψεις και στις άλλες μισές οι εναλλακτικές και άλλες απόψεις των μαθητών.

Από την επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και το ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται φανερό ότι αρκετά μεγάλος αριθμός μαθητών δεν έχουν κατανοήσει πλήρως τις παραπάνω έννοιες και αναδεικνύεται ο ιδιαίτερα σταθερός και ανθεκτικός χαρακτήρας των εναλλακτικών αντιλήψεών τους. Είναι γνωστό ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι μακροχρόνια και βραδεία διαδικασία, η οποία υπερβαίνει τις συνήθεις βραχύχρονες σχολικές διαδικασίες μάθησης (Χατζηνικήτα και Χρηστίδου, 2001), διότι, όπως έχουν δείξει σχετικές έρευνες, δεν επηρεάζονται όλα τα παιδιά στον ίδιο βαθμό από κάθε διδακτική παρέμβαση, η οποία έχει ως στόχο της την εννοιολογική αναδιοργάνωση της υπάρχουσας γνώσης (Χρηστίδου κ. ά., 2002).

Συζήτηση των απαντήσεων των μαθητών

Αναπαράσταση του ηλεκτρικού ρεύματος στη σκέψη των μαθητών (ερ. 1).

Η έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος αναπαρίσταται λανθασμένα στη σκέψη της πλειοψηφίας των μαθητών του δείγματος (85 %).

Η λανθασμένη αντίληψη, την οποία έχουν διαμορφώσει από μικρή ηλικία για το ηλεκτρικό ρεύμα διατηρείται, παρά τη διδασκαλία των σχετικών κεφαλαίων που έχει προηγηθεί κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά.

Οι γνώσεις επομένως που απέκτησαν από τη διδασκαλία του συγκεκριμένου θέματος είναι επιφανειακές, ξεχάστηκαν σχετικά γρήγορα ή μπορούν και συνυπάρχουν με τις αρχικές τους ιδέες, τις οποίες δεν έχουν επηρεάσει σημαντικά (Κουμαράς, 1989). Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι ότι οι ίδιοι οι μαθητές που δηλώνουν ότι «το ρεύμα είναι κίνηση ηλεκτρονίων» σε άλλες ερωτήσεις (π.χ. ερ. 8) απαντούν ότι «το ρεύμα καταναλώνεται».

Νοητικό μοντέλο λειτουργίας ηλεκτρικού κυκλώματος (ερ. 2,3 και 8).

Ένα ποσοστό μαθητών (72 %) αναγνωρίζει σωστά το κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα στα σχήματα με «πλακέ» μπαταρία, επιλέγοντας εκείνα στα οποία η συνδεσμολογία θα έχει ως αποτέλεσμα το άναμμα της λάμπας.

Αν και το ποσοστό αυτό πέφτει στο 60 % όταν επιχειρούν να σχεδιάσουν οι ίδιοι τη σωστή σύνδεση, φαίνεται ότι αρκετά μεγάλο ποσοστό μαθητών υιοθετεί το επιστημονικά σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος, το οποίο περιλαμβάνει μπαταρία (πλακέ ή κυλινδρική σε όρθια και πλάγια θέση), λάμπα και δύο καλώδια, τα οποία συνδέουν τους δύο πόλους της μπαταρίας με τους δύο πόλους της λάμπας.

Όσον αφορά όμως την εξήγηση την οποία δίνουν για τη λειτουργία απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, μόνον ένα μικρό ποσοστό, που αγγίζει το 19 % περίπου, υποστηρίζει το επιστημονικό πρότυπο. Η πλειοψηφία των μαθητών συνεχίζει και μετά τη διδασκαλία να υποστηρίζει εναλλακτικά νοητικά μοντέλα και κυρίως το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, το οποίο συγκεντρώνει και τις περισσότερες επιλογές.

Φαίνεται επομένως οι μαθητές να σκέπτονται σε δύο επίπεδα: α) το πρακτικο-βιωματικό-εξωσχολικό, σύμφωνα με το οποίο, από τους δύο πόλους της μπαταρίας ρέουν προς τη λάμπα (καταναλωτή) δύο «ποιότητες ρεύματος», η ένωση των οποίων προκαλεί την ακτινοβολία της και β) το επιστημονικό-σχολικό, σύμφωνα με το οποίο στο κύκλωμα είναι απαραίτητο να υπάρχουν η μπαταρία, τα δύο καλώδια και η λάμπα κατάλληλα συνδεδεμένα για να λειτουργήσει το ηλεκτρικό κύκλωμα. Δεν φαίνεται όμως να καταφέρνουν να συνδέσουν τους δύο αυτούς τύπους γνώσης (Χρηστίδου, 2001, Κουμαράς, 2002).

Ο ρόλος των μερών απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (λάμπα, μπαταρία, καλώδιο) (ερ. 4,5 και 6).
Όσον αφορά το ρόλο των μερών του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (μπαταρία, καλώδια, λάμπα) αποδεικνύεται ότι οι μαθητές υποστηρίζουν εναλλακτικές απόψεις για το ρόλο των μερών του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Αυτές οφείλονται κυρίως στο αιτιακό σχήμα το οποίο χρησιμοποιούν και συνοψίζεται στο ότι η μπαταρία «δίνει» (ενέργεια, ρεύμα), τα καλώδια την μεταφέρουν στην λάμπα, η οποία τη δέχεται και ανάβει. Για τους μαθητές δηλαδή υπάρχει ένας δράστης (μπαταρία) που δίνει «ενέργεια» (μεσολαβητής) σε έναν παθόντα (λάμπα) και αυτός το καταναλώνει (Χρηστίδου, 2001, Κουμαράς, 2002). Φαίνεται ότι η επιστημονική άποψη, δεν έχει κατακτηθεί από τους μαθητές, οι οποίοι στις απαντήσεις τους από τη μία χρησιμοποιούν την άποψη της μπαταρίας δότη και της λάμπας δέκτη και από την άλλη εστιάζουν την εξήγησή τους στη σωστή συνδεσμολογία των στοιχείων του κυκλώματος.

Αναγνώριση απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (κλειστό ή ανοιχτό) (ερ. 7,9,10 και 11).

Το ηλεκτρικό κύκλωμα αναγνωρίζεται τότε είναι κλειστό και τότε είναι ανοιχτό από ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των μαθητών που φτάνει και ξεπερνάει το 80% του δείγματος, που υποστηρίζει συγχρόνως σωστά και τη φωτοβολία ή όχι της λάμπας.

Σ' αυτό συνέβαλε και το γεγονός ότι στα σχήματα των ερωτήσεων 7, 9 και 10, τα οποία παρουσιάζουν το κύκλωμα, είναι εμφανής η ύπαρξη δύο πόλων τόσο στην μπαταρία όσο και στη λάμπα και τα καλώδια να είναι συνδεδεμένα με τους δύο πόλους της μπαταρίας και τις δύο επαφές της λάμπας καθώς και του διακόπτη. Η επιστημονικά παραδεκτή άποψη φαίνεται να έχει επομένως υιοθετηθεί από τους μαθητές.

Φαίνεται όμως για μία ακόμη φορά η συνύπαρξη και της πρακτικο-βιωματικής εξωσχολικής άποψης των μαθητών για τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, σύμφωνα με την οποία θεωρούν ότι «κάτι» (ρεύμα, ενέργεια) πηγαίνει από τον θετικό πόλο της μπαταρίας στη λάμπα και από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας στη λάμπα όπου «ενώνονται» με αποτέλεσμα το άναμμα της λάμπας (Κουμαράς, 2002). Γι' αυτό και στην ερώτηση 11 το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών πέφτει στο 40 % περίπου (το μισό από το αρχικό), ενώ η πλειοψηφία των μαθητών (60 % περίπου) δεν αναγνωρίζει την

αναγκαιότητα του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος για το άναμμα της λάμπας, υποστηρίζοντας συγχρόνως το νοητικό μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων. Σκέφτονται δηλαδή σε δύο επίπεδα συγχρόνως, το επιστημονικό-σχολικό και το πρακτικο-βιωματοικό-εξωσχολικό (Χρηστίδου, 2001).

Μεταβολές σε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα (ερ. 12,13 και 14).

Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους προβλέπουν ότι το άνοιγμα του διακόπτη θα έχει ως αποτέλεσμα το σβήσιμο της λάμπας. Αυτό είναι πολύ φυσικό να συμβαίνει διότι η καθημερινότητά τους περιλαμβάνει αρκετές περιπτώσεις κατά τις οποίες με τον διακόπτη ρυθμίζουν το άναμμα ή το σβήσιμο του φωτός στο σπίτι, στο σχολείο κτλ.

Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει το γεγονός ότι μέσα από τις απαντήσεις της ερώτησης 12 διαφαίνεται η ύπαρξη λανθασμένης αντίληψης ότι το ρεύμα θα συνεχίσει να ρέει μέχρι τη θέση του διακόπτη.

Το ίδιο συμβαίνει και στην ερώτηση 14 όταν οι μαθητές επιλέγουν την απάντηση ότι το ρεύμα θα συνεχίσει να ρέει μέχρι τη θέση της καμένης λάμπας. Αυτό συμβαίνει διότι οι μαθητές χρησιμοποιώντας το αιτιακό σχήμα σκέψης πιστεύουν ότι μια αλλαγή σε κάποιο σημείο του κυκλώματος συνεπάγεται αλλαγές μόνο μετά από το σημείο αυτό κατά τη φορά του ρεύματος και όχι στο σύνολο του κυκλώματος (Κουμαράς κ. ά., 1990).

Η διδασκαλία δεν φαίνεται να κατόρθωσε την τροποποίηση της αντίληψης αυτής των μαθητών, ώστε να αντιμετωπίζουν το ηλεκτρικό κύκλωμα ως ένα σύστημα στο οποίο η οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα σημείο του έχει ως αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αλλαγή σε όλα τα σημεία του. Επιβεβαίωση αυτών είναι οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 13, στην οποία η πλειοψηφία τους απαντά ότι η αύξηση του μήκους του καλωδίου στο κύκλωμα θα έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της φωτοβολίας της λάμπας σε σύγκριση με το ίδιο κύκλωμα στο οποίο το καλώδιο ήταν μικρότερου μήκους.

Τέλος η λεκτική σύγχυση που υπάρχει σε αρκετούς μαθητές σχετικά με το «ανοιχτό – κλειστό» κύκλωμα ή διακόπτης αποδεικνύει ότι η καθημερινή-πρακτική γνώση συνεχίζει να υποστηρίζεται απ' αυτούς, καθώς είναι ιδιαίτερα λειτουργική και τους βοηθά να δίνουν ικανοποιητικές (από τη δική τους σκοπιά) εξηγήσεις στο πλαίσιο της καθημερινής τους ζωής (ανοίγω το διακόπτη-ανάβει η λάμπα, κλείνω το διακόπτη-σβήνει η λάμπα). Η επιστημονική χρήση όμως του «ανοίγω – κλείνω» το διακόπτη δίνει διαφορετικό περιεχόμενο και νόημα από την καθημερινή, γεγονός που δυσκολεύει τους μαθητές στη διαδικασία της μάθησης του «ανοιχτού-κλειστού» κυκλώματος με τη χρήση του διακόπτη, γι' αυτό και συνεχίζουν να τη χρησιμοποιούν, μη μπορώντας να συνδέσουν τα δύο αυτά είδη γνώσης (Χρηστίδου, 2001)

Διαχωρισμός διάφορων υλικών σωμάτων σε αγωγούς και μονωτές (ερ. 15).

Σύγχυση επικρατεί στις απαντήσεις των μαθητών στην προσπάθειά τους να ξεχωρίσουν από τον κατάλογο των υλικών εκείνα που είναι αγωγοί, η χρήση των οποίων θα έχει ως αποτέλεσμα να λειτουργήσει το ηλεκτρικό κύκλωμα και να ανάψει η λάμπα.

Τα συγκριμένα υλικά ήταν αυτά που υπάρχουν και στο σχολικό εγχειρίδιο. Παρόλα αυτά οι μισοί σχεδόν μαθητές δεν είναι σε θέση να τα ξεχωρίσουν και να τα κατατάξουν σε αγωγούς και μονωτές. Αποτέλεσμα οι μονωτές να θεωρούνται αγωγοί (π.χ. το ξύλο να θεωρείται αγωγός από περισσότερους μαθητές σε σύγκριση με το κέρμα) ή και το αντίστροφο από αρκετούς μαθητές.

Θα περίμενε κανείς μετά τη διδασκαλία του σχετικού κεφαλαίου, όπου και η συμπλήρωση του πίνακα της σελίδας 186 του σχολικού εγχειριδίου απαιτεί την προσωπική δράση του μαθητή, να απαντήσει σωστά το σύνολο σχεδόν των μαθητών. Αποδεικνύεται κι εδώ ότι οι γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές ήταν επιφανειακές και ξεχάστηκαν ή συνεχίζουν να συνυπάρχουν με τις προηγούμενες αντιλήψεις τους, τις οποίες μάλλον δεν επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό.

Προβλέψεις φωτοβολίας δύο (2) λαμπτήρων σε ηλεκτρικό κύκλωμα συνδεδεμένοι σε σειρά και παράλληλα (ερ. 16 και 17).

Η πρόβλεψη της φωτεινότητας δύο λαμπτήρων, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε ηλεκτρικό κύκλωμα (σε σειρά ή παράλληλα) σε σχέση με ηλεκτρικό κύκλωμα όπου υπάρχει μόνον ένας, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Στη σύνδεση σε σειρά ένας στους τρεις μαθητές προβλέπουν σωστά τη φωτεινότητα των λαμπτήρων, ενώ στην παράλληλη σύνδεση το ποσοστό των σωστών προβλέψεων ανεβαίνει στο 43 % των μαθητών.

Αυτή η διαφοροποίηση ήταν αναμενόμενη διότι αποτελέσματα ερευνών (Κουμαράς, 1989, Κουμαράς κ. ά., 1990) έχουν δείξει ότι οι μαθητές για να προβλέψουν φωτεινότητα λαμπτήρα που περιλαμβάνεται σε συνδυασμό λαμπτήρων συνδεδεμένων με μια μπαταρία, δεν χρησιμοποιούν σχέσεις ανάμεσα στα μεγέθη Τάση ή Ένταση και Αντίσταση ($P=V^2/R$), αλλά μια ποσοτική αιτιακή σχέση μεταξύ του αριθμού των λαμπτήρων και του αριθμού των μπαταριών που περιλαμβάνονται στο κύκλωμα, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους τον τρόπο σύνδεσής τους (σε σειρά ή παράλληλα). Οι προβλέψεις τους φαίνεται να γίνονται με βάση τον κανόνα: «όσες περισσότερες λάμπες είναι συνδεδεμένες με μια μπαταρία τόσο λιγότερο φωτοβολεί κάθε μία από τις λάμπες». Αυτή η λογική τους φαίνεται ότι λειτουργεί σωστά στη σύνδεση λαμπτήρων σε σειρά και τους οδηγεί σε «σωστές» απαντήσεις με λάθος όμως σκεπτικό, δεν λειτουργεί όμως στην παράλληλη σύνδεση.

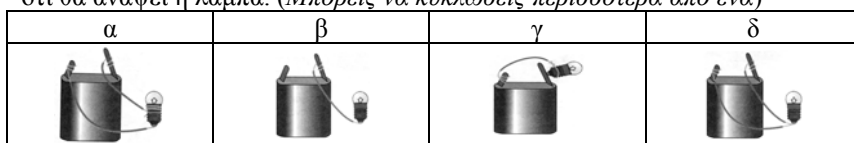
Συμπεράσματα και συνέπειες για τη διδακτική πράξη

1. Ενώ το συγκεκριμένο σχολικό εγχειρίδιο έχει γραφτεί βασιζόμενο στα πορίσματα των ερευνών των τελευταίων δεκαετιών για τις ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών και ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται το κεφάλαιο του ηλεκτρισμού υποστηρίζει ικανοποιητικά τη διδασκαλία, οι προϋπάρχουσες ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρικό ρεύμα και το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται να μην έχουν εγκαταλειφθεί ή τροποποιηθεί και αντικατασταθεί, ώστε η πλειοψηφία των μαθητών να υποστηρίζει την επιστημονικά ορθή άποψη που προβάλλει το εγχειρίδιο.
2. Η σκέψη των μαθητών κυριαρχείται από ένα αιτιακό σχήμα για το ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει έναν δράστη (μπαταρία) που δίνει κάτι «ενέργεια» ή «δύναμη» (μεσολαβητή) σε έναν παθόντα (λάμπα) και αυτός το καταναλώνει. Αυτό το αιτιακό σχήμα σκέψης είναι εμφανές και στην προσπάθειά τους να προβλέψουν την φωτεινότητα δύο λαμπτήρων που είναι συνδεδεμένοι (σε σειρά ή παράλληλα) στο ηλεκτρικό κύκλωμα.
3. Υιοθετείται από τους μαθητές κυρίως το εναλλακτικό μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων, με το οποίο προσπαθούν να εξηγήσουν το άναμμα/σβήσιμο του λαμπτήρα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα όπου υπάρχει και διακόπτης.
4. Δεν αντιμετωπίζουν το ηλεκτρικό κύκλωμα ως ένα σύστημα, στο οποίο η οποιαδήποτε αλλαγή που θα συμβεί σε κάποιο σημείο του θα επηρεάσει το κύκλωμα συνολικά.
5. Τα περισσότερα από τα στοιχεία αυτά αποκαλύπτουν μια συγκεχυμένη γνώση των μαθητών καθώς και σύγχυση στον τρόπο αντίληψης των εννοιών του ηλεκτρικού ρεύματος και του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος.
6. Η διδασκαλία επομένως του ηλεκτρισμού με τη χρήση του συγκεκριμένου σχολικού εγχειριδίου στην Ε΄ Δημοτικού δεν φαίνεται να απέδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα και οι μαθητές ένα χρόνο αργότερα συνεχίζουν να υποστηρίζουν εναλλακτικές απόψεις, οι οποίες δεν φαίνεται να επηρεάστηκαν σημαντικά από τη διδασκαλία.

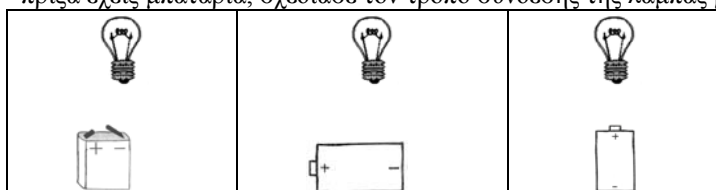
7. Η διαδικασία της μάθησης δεν συντελείται σε ένα κοινωνικό κενό. Το σχολικό εγχειρίδιο με τα έργα και τις δραστηριότητες που περιλαμβάνει, όσο κατάλληλες και αν είναι δεν αρκούν για την οικοδόμηση των επιδιωκόμενων γνώσεων. Καθοριστικός είναι και ο ρόλος των εκπαιδευτικών, του οποίους ο Fullan (2001) χαρακτηρίζει ως «πράκτορες της αλλαγής», επειδή αυτοί είναι που την εφαρμόζουν συνήθως στην πράξη, στο μαθησιακό περιβάλλον και από τον τρόπο με το οποίο θα μεταφέρουν την αλλαγή στην εκπαιδευτική πράξη εξαρτάται η αποτελεσματικότητά της. Μόνον αλλαγές που λαμβάνουν υπόψη τους και τον εκπαιδευτικό φαίνεται να έχουν πιθανότητες επιτυχίας, διότι αυτός είναι που θα υλοποιήσει τις νέες θέσεις της Διδακτικής Επιστήμης που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες, διδάσκοντας με τα νέα βιβλία.
8. Η συνεχής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης εννοιών των Φυσικών Επιστημών είναι απαραίτητη προϋπόθεση τόσο για την καλύτερη διδακτική αξιοποίηση των δραστηριοτήτων που προτείνει το σχολικό εγχειρίδιο όσο και την οργάνωση κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων που προτείνουν οι ίδιοι με στόχο τη σταδιακή ανασκευή, διόρθωση, επέκταση και συμπλήρωση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών (Σολομωνίδου και Κακανά, 1998).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. ΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Τι νομίζεις ότι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα; 2. Στα παρακάτω σχήματα κύκλωσε τα γράμματα σε όσα νομίζεις ότι θα ανάψει η λάμπα. (Μπορείς να κυκλώσεις περισσότερα από ένα)

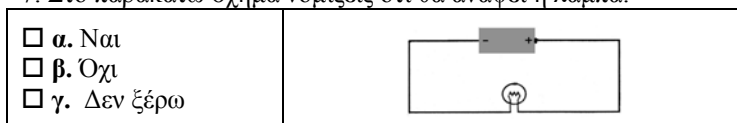


3. Σε μια λάμπα γραφείου βλέπουμε να υπάρχει ένα καλώδιο που συνδέει τη λάμπα με τη πρίζα. Αν αντί για πρίζα έχεις μπαταρία, σχεδίασε τον τρόπο σύνδεσης της λάμπας με τη μπαταρία ώστε η λάμπα να ανάψει.



4. Ποιος είναι ο ρόλος της μπαταρίας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα; 5. Γιατί ανάβει η λάμπα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα; 6. Τι ρόλο παίζουν τα καλώδια σε ένα κύκλωμα;

7. Στο παρακάτω σχήμα νομίζεις ότι θα ανάψει η λάμπα:



8. Από τα παρακάτω σχήματα κύκλωσε το γράμμα που δείχνει πώς κατά τη γνώμη σου ρέει το ρεύμα στο ηλεκτρικό κύκλωμα. (Κύκλωσε μόνο ένα γράμμα)

α	β	γ	δ
Το ρεύμα ρέει από το θετικό πόλο μέχρι τη λάμπα και εκεί καταναλώνεται.	Το ρεύμα ρέει από το θετικό πόλο μέχρι τη λάμπα και μετά στον αρνητικό πόλο.	Το ρεύμα ρέει από τους δύο πόλους της μπαταρίας προς τη λάμπα και εκεί εξουδετερώνονται.	Το ρεύμα ρέει από το θετικό πόλο μέχρι τη λάμπα και μετά φτάνει στον αρνητικό πόλο λιγότερο .

9. Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα κύκλωμα. Ποιες λάμπες νομίζεις ότι θα ανάψουν;

	<input type="checkbox"/> α. Θα ανάψει μόνον η λάμπα 1. <input type="checkbox"/> β. Θα ανάψουν όλες οι λάμπες. <input type="checkbox"/> γ. Θα ανάψουν μόνο οι λάμπες 1 και 2. <input type="checkbox"/> δ. Θα ανάψουν μόνο οι λάμπες 1 και 3.
--	--

10. Τα παρακάτω σχήματα δείχνουν λάμπες, μπαταρίες και διακόπτες. Συμπλήρωσε τις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις λέξεις ανοιχτό ή κλειστό για το κύκλωμα και τις λέξεις ανάβει ή δεν ανάβει για τη λάμπα.

α. Το κύκλωμα είναι και η λάμπα	β. Το κύκλωμα είναι και η λάμπα

11. Στο παρακάτω σχήμα βλέπεις δύο μπαταρίες ίδιες και μόνο μία λάμπα. Τι νομίζεις ότι συμβαίνει;

<input type="checkbox"/> α. Υπάρχει ρεύμα και θα ανάβει η λάμπα. <input type="checkbox"/> β. Δεν υπάρχει ρεύμα και δεν ανάβει η λάμπα.	
---	--

12. Στο παρακάτω κύκλωμα η λάμπα άναβε κανονικά. Ξαφνικά ανοίγουμε το διακόπτη. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί;

.....	
-------------------------	--

13. Στο σχήμα 1 βλέπεις ένα κύκλωμα στο οποίο κλείνουμε το διακόπτη και η λάμπα ανάβει αμέσως. Αν διπλασιάσουμε το μήκος του καλωδίου στο σχήμα 2 τι πιστεύεις ότι θα συμβεί;

<input type="checkbox"/> α. Η λάμπα θα ανάψει πάλι αμέσως. <input type="checkbox"/> β. Η λάμπα θα καθυστερήσει να ανάψει.	

14. Στο παρακάτω κύκλωμα η λάμπα άναβε κανονικά. Ξαφνικά καίγεται η λάμπα. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί;

<input type="checkbox"/> α. Το κύκλωμα θα ανοίξει και θα σταματήσει να διαρρέεται από ρεύμα. <input type="checkbox"/> β. Το κύκλωμα θα συνεχίσει να διαρρέεται από ρεύμα από τη μπαταρία μέχρι τη θέση της λάμπας.	
---	--

15. Στο παρακάτω σχήμα ανάμεσα στα σημεία Α και Β θα τοποθετήσουμε με τη σειρά τα παρακάτω υλικά έτσι ώστε να ανάψει η λάμπα.. Σημείωσε με Χ σε αυτά που πιστεύεις ότι θα το πετύχουν.

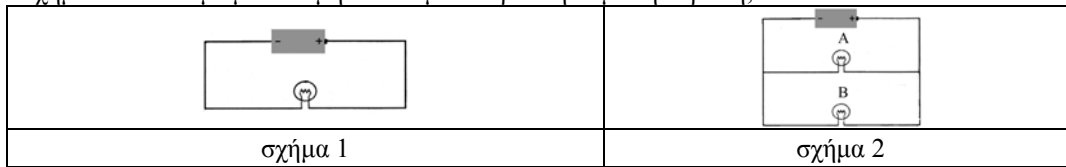
<input type="checkbox"/> αλουμινόχαρτο <input type="checkbox"/> κέρμα <input type="checkbox"/> πλαστικό καλαμάκι <input type="checkbox"/> νάιλον <input type="checkbox"/> κλειδί <input type="checkbox"/> χαρτί <input type="checkbox"/> χάλκινο σύρμα <input type="checkbox"/> το χέρι μας <input type="checkbox"/> λαστιχάκι <input type="checkbox"/> ξύλο	
---	--

16. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν στο πρώτο σχήμα συνδέσουμε μία ακόμη ίδια λάμπα σε σειρά με την πρώτη;

--	--

- Η λάμπα στο σχήμα 1 φωτοβολεί
- α. περισσότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
 - β. λιγότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
 - γ. τόσο όσο φωτοβολεί και η λάμπα Α στο σχήμα 2.

17. Στα παρακάτω σχήματα οι μπαταρίες και οι λάμπες είναι ίδιες. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί αν στο πρώτο σχήμα συνδέσουμε μία ακόμη ίδια λάμπα παράλληλα με την πρώτη;



Η λάμπα στο σχήμα 1 φωτοβολεί

- α. περισσότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
 β. λιγότερο από τη λάμπα Α στο σχήμα 2.
 γ. τόσο όσο φωτοβολεί και η λάμπα Α στο σχήμα 2.

Παραπομπές

- Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Σωτηρίου, Σ., Τεννές, Α. (2001). Ερευνώ και ανακαλύπτω Ε΄ Δημοτικού, βιβλίο για το μαθητή. ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Καλλέρη-Βλάχου, Μ. (1999). Οι αντιλήψεις των Νηπιαγωγών για τις έννοιες της Φυσικής: Μια διερευνητική μελέτη της γνώσης και διδασκαλίας τους στις Φυσικές Επιστήμες., Διδακτορική διατριβή, ΑΠΘ-ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ-ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ, Θεσσαλονίκη.
- Κουλαϊδής, Β., (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο Κουλαϊδής, Β. (επιμ.) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Α΄, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Κουμαράς, Π. (1989). Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ.
- Κουμαράς, Π. (2002). Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π., Ψύλλος, Δ., Βαλασιάδης, Ο., Ευαγγελινός, Δ. (1990). Επισκόπηση των απόψεων Ελλήνων μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τ. 13, σ. 125-154.
- Παρασκευάς, Π. (2003). Σχεδιασμός και πραγματοποίηση ημι-δομημένης συνέντευξης προκειμένου να ελαγχθούν οι ιδέες ενός μαθητή/μιας μαθήτριας για το ηλεκτρικό ρεύμα. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, τ. 5, σελ. 70-76.
- Περιστερόπουλος, Π., Βλάχος, Γ., Κόκκοτας, Π. (1994). Εναλλακτικές απόψεις επιμορφούμενων δασκάλων στο ΠΕΚ Αθήνας σε θέματα Ηλεκτρισμού: Ανάλυση, σχολιασμός, απόψεις. Εισήγηση στο 5^ο Κοινό Συνέδριο Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών, Λευκωσία.
- Σολομωνίδου, Χ., Κακανά, Δ. (1998). Ιδέες και αναπαραστάσεις παιδιών προσχολικής ηλικίας για τις ηλεκτρικές συσκευές και το ηλεκτρικό ρεύμα. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τ. 28, σ. 219-248.
- Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. (2001). Πρακτικοβιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο Κουλαϊδής, Β., (επιμ.) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β΄, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ηλεκτρισμός. Στο Κουλαϊδής, Β., (επιμ.) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β΄, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Χρηστίδου, Β., Κακανά, Δ., Δημητρίου, Α., Μπονώτη, Φ. (2002). Διδακτικές δραστηριότητες σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: Το φαινόμενο της βροχής. Στο Κόκκοτας, Π., (επιμ.) Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου, Αθήνα 18-21 Απριλίου 2002, σ. 53-58, Γρηγόρης, Αθήνα.
- Fullan, M.F., (2001). *The New Meaning of Educational Change*. 4th Ed. London: Routledge Falmer.
- Shipstone, D. (1993). Ηλεκτρισμός σε απλά κυκλώματα. Στο Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A., (επιμ.) Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες, Ένωση Ελλήνων Φυσικών και Τροχαλία, Αθήνα.