

Εφαρμόζοντας την εποικοδομητική προσέγγιση της McDermott στη διδασκαλία της φυσικής

Πάυλος Μίχας

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
pmichas@eled.duth.gr

Περίληψη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι μέθοδοι που ανέπτυξε η ομάδα του πανεπιστημίου University of Washington με επικεφαλής τη Lillian McDermott. Η ομάδα αυτή ερεύνησε τρόπους για τη διδασκαλία διαφόρων θεμάτων φυσικής και ανέπτυξε διδακτικό υλικό που απευθύνεται σε πρωτοετείς φοιτητές και μελλοντικούς δασκάλους της εκπαίδευσης από το Δημοτικό έως το Λύκειο (K-12). Βασισμένη σε εκτεταμένες έρευνες. Διερευνήθηκε η κατανόηση των φοιτητών σε πολλά θέματα: όπως μηχανική, ηλεκτρισμός, γεωμετρική οπτική, φυσική οπτική, υδροστατική, αστρονομία.. Για την επιτυχία του υλικού αυτού αναπτύχθηκαν αξιολογήσεις των διδασκαλιών που βασίζονται σε προκαθορισμένα μαθησιακά αποτελέσματα. Η εφαρμογή του υλικού αυτού έγινε από το Π.Τ.Δ.Ε. του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης τόσο σε δασκάλους που παρακολουθούσαν το πρόγραμμα εξομοίωσης όσο και σε δευτεροετείς φοιτητές μέσα στα πλαίσια του μαθήματος «Αρχές Φυσικής». Παρουσιάζονται αποτελέσματα από εφαρμογές του διδακτικού αυτού υλικού σε θέματα μηχανικής, ηλεκτρικών κυκλωμάτων, κυματικής και Οπτικής.. Παρατηρήθηκε ότι σε αρκετά θέματα οι φοιτητές μπορούν τώρα να δημιουργήσουν μοντέλα με τα οποία μπορούν να δώσουν εξηγήσεις ή προβλέψεις για διάφορα φαινόμενα.

Εισαγωγή. Οι μέθοδοι της McDermott

Η ομάδα του πανεπιστημίου University of Washington έχει παρουσιάσει μια πλούσια έρευνα σε θέματα διδακτικής της φυσικής, η οποία και την έχει καταξιώσει να θεωρείται ως μια πολύ έγκυρη πηγή γνώσεων σε θέματα διδακτικής της φυσικής. Η ομάδα έχει αναπτύξει και χρησιμοποιήσει τις μεθόδους για πάνω από 30 χρόνια.

Όταν λέμε «μέθοδοι» McDermott στην πραγματικότητα εννοούμε μεθόδους που ξεκίνησαν με τον Arnold Arons και έχουν συγγένεια με το υλικό που διδάχθηκε στο πρόγραμμα PSSC που εφαρμόστηκε στην Ελλάδα.

Η ομάδα αυτή δε στηρίζεται στη διαίσθηση μόνο του δασκάλου αλλά έκανε εκτεταμένες έρευνες στις οποίες χρησιμοποίησε τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μεθόδους έρευνας. Η McDermott πιστεύει ότι «αν δεν εφαρμόσουμε τα ίδια αυστηρά κριτήρια όσον αφορά θέματα που αφορούν τη μάθηση και τη διδασκαλία με αυτά που εφαρμόζουμε στην πιο παραδοσιακή έρευνα, η παρούσα κατάσταση στην εκπαίδευση της φυσικής δε θα αλλάξει» (McDermott 2006). Τονίζει ιδιαίτερα την ανάγκη για προετοιμασία δασκάλων Φυσικής. Οι δάσκαλοι Φυσικής θα πρέπει να έχουν μια παιδαγωγική γνώση περιεχομένου, που δε δίνεται μέσα από μαθήματα παιδαγωγικών. Τα μαθήματα σε μελλοντικούς δασκάλους θα πρέπει να δίνουν έμφαση στη λογική, στον προβληματισμό για την ανάπτυξη και εφαρμογή των εννοιών. Τα μαθήματα θα πρέπει να δίνουν έμφαση στην κατανόηση των εννοιών. Οι δάσκαλοι θα πρέπει να αναπτύξουν δεξιότητες στο να χειρίζονται επιστημονικές αναπαραστάσεις και συμβολισμούς: γραφικές παραστάσεις (Rosenquist & McDermott 1986, McDermott et al 1987), συμβολική αναπαράσταση κυκλωμάτων (McDermott & Shafer 1992 a, b), διαγραμμάτων οπτικής (Goldberg & McDermott 1986, Wosilait et al 1998). Τα διάφορα διαγράμματα θα πρέπει να

μπορούν να τα σχετίζουν το ένα με το άλλο. Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε αφορά κυρίως: Κινηματική, Δυναμική, Ηλεκτρικά κυκλώματα, Κύματα, Οπτική, Φυσική Οπτική και Αστρονομία. Δίνεται έμφαση στην δόμηση των εννοιών, στην ανάπτυξη ικανοτήτων συλλογισμού πάνω στις έννοιες και στη σύνδεση του φορμαλισμού με πραγματικά προβλήματα της καθημερινής ζωής.

Ως παράδειγμα των μεθόδων της λαμβάνουμε μία από τις εργασίες της στην ανάπτυξη μαθημάτων κινηματικής: “a conceptual approach to teaching kinematics” (Rosenquist, McDermott 1987) όπου αναφέρεται ότι για να αναπτυχθούν τα μαθήματα αρχίζουμε με μια εμπειρική αξιολόγηση της κατανόησης των φοιτητών στην κινηματική. Τα αποτελέσματα των ερευνών οδήγησαν στην ανάπτυξη διδακτικού υλικού. Το σχεδίασαν, το έλεγξαν και το αναθεώρησαν μετά από εφαρμογή. Η έμφαση δίνεται στη νοηματική ανάπτυξη.

Εφαρμογή των μεθόδων στο Π.Τ.Δ.Ε. και στο πρόγραμμα εξομοίωσης

Στην δική μας την περίπτωση εφαρμόσαμε υλικό από το Physics by Inquiry σε δασκάλους που λάμβαναν μέρος σε μαθήματα εξομοίωσης και υλικό από τα Tutorials in Introductory Physics (μεταφράστηκε στα Ελληνικά ως *Εισαγωγικά Μαθήματα Φυσικής*) σε δευτεροετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. Οι δάσκαλοι μέσα σε 30 ώρες διδάχθηκαν θέματα σχετικά με κυκλώματα και γεωμετρική οπτική, ενώ οι φοιτητές επιπλέον σ’ αυτά τα θέματα διδάχθηκαν σε ένα εξάμηνο θέματα σχετικά με κινηματική, δυναμική, ηλεκτροστατική και κύματα. Οι δάσκαλοι είχαν μια πειραματική διδασκαλία όπου σε ομάδες των πέντε ή έξι ατόμων χωριζόντουσαν σε τέσσερις ή πέντε ομάδες. Τους δινόντουσαν φύλλα εργασίας και ακολουθούσαν τα βήματα. Τους ζητούνταν να συμπληρώσουν και κατ’ οίκο εργασίες.

Στους δευτεροετείς φοιτητές το μάθημα «Αρχές Φυσικής» βασίστηκε στα «Tutorials in Introductory Physics» (McDermott et al 1998) που μεταφράστηκαν Ελληνικά. Τα μαθήματα τα που παρακολουθούσαν προαιρετικά οι φοιτητές και τους ζητούνταν να φέρουν την εργασία ενώ παράλληλα ελάμβαναν μέρος σε τεστ που διεξαγόntonτουσαν δύο μέρες μετά το μάθημα. Η McDermott (2001) προβλέπει και δοκιμασίες πριν από το μάθημα, πράγμα που όταν εφαρμόζεται διεγείρει το ενδιαφέρον των φοιτητών. Πάντως ενώ στα Tutorials προβλέπεται μικρός αριθμός φοιτητών, εμείς τα χρησιμοποιήσαμε αντί για διαλέξεις. Στα τεστ που γίνονται μετά το μάθημα η συμμετοχή ήταν προαιρετική και απέδιδε μία πριμοδότηση (μέγιστο 2,5 βαθμών). Η συμμετοχή στα τεστ πιστοποιούσε κατά κάποιο τρόπο την παρακολούθηση του μαθήματος. Το 2005-2006 συμμετείχαν στα τεστ περίπου 55% των φοιτητών. Το 2006-2007 συμμετείχαν περίπου 60% αυτών που θα πρέπει να εξεταστούν (120 σε 200 περίπου, όπου σ’ αυτούς συμπεριλαμβάνονται και αυτοί που απέτυχαν σε προηγούμενες χρονιές). Σε μερικά μαθήματα που λήφθηκαν παρουσίες παρατηρήθηκε ότι οι πραγματικοί συμμετέχοντες είναι περίπου 75 φοιτητές (δηλαδή 37% αυτών που θα εξεταστούν).

Για να ενισχυθεί η συμμετοχή των φοιτητών στο τελευταίο μάθημα του Δεκεμβρίου δίνεται η ευκαιρία στους φοιτητές που συμμετείχαν σε αρκετά τεστ (7 στα 10 που είχαν διεξαχθεί μέχρι την ημερομηνία της προόδου) να λάβουν μέρος σε «πρόοδο». Οι φοιτητές που συμμετέχουν ανάλογα με τη βαθμολογία τους επιβραβεύονται με επιπλέον βαθμό που προστίθεται στο βαθμό των εξετάσεων. Επειδή στα μαθήματα μετά τις διακοπές η συμμετοχή πέφτει, τόνιστηκε ότι οι βαθμοί της προόδου θα διατηρηθούν μόνο αν συμμετάσχουν σε ένα από τα δύο τεστ που διεξάγονται τον Ιανουάριο, πράγμα που βοήθησε στη συμμετοχή. Στις εξετάσεις οι φοιτητές που προσέρχονται μπορούν να χωριστούν στους συμμετέχοντες (στα τεστ) και μη συμμετέχοντες. Μπορούμε να πούμε ότι αυτοί που δε συμμετείχαν μας δίνουν ένα είδος ομάδας ελέγχου για την αποτελεσματικότητα των μαθημάτων. Μερικοί από αυτούς προέρχονται από θετική κατεύθυνση στη μέση εκπαίδευση και πιστεύουν ότι έχουν επαρκείς γνώσεις, πράγμα που συνήθως διαψεύδεται όπως δείχνουν και οι έρευνες της McDermott από τις οποίες φαίνεται ότι ακόμη και φυσικοί που διδάσκουν χρόνια ή μεταπτυχιακοί φοιτητές φυσικών

τμημάτων βρίσκουν δυσκολίες όταν αντιμετωπίζουν ερωτήματα που αφορούν τις έννοιες της φυσικής. Εξετάζουμε τα αποτελέσματα τεστ και εξετάσεων που δείχνουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε διάφορα θέματα.

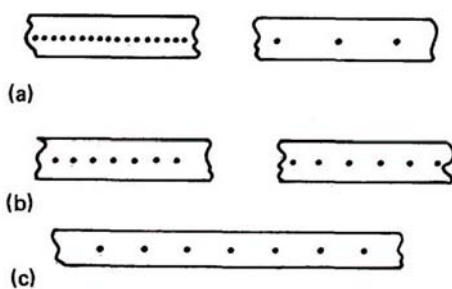
Κινηματική – Δυναμική

Εξετάζονται θέματα σχετικά με τις έννοιες: θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, τις γραφικές παραστάσεις καθώς και ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων. Εξετάζεται το θέμα πως από μία γραφική παράσταση να δοθεί μία φυσική κατάσταση η οποία αντιστοιχεί σ' αυτή τη γραφική παράσταση.

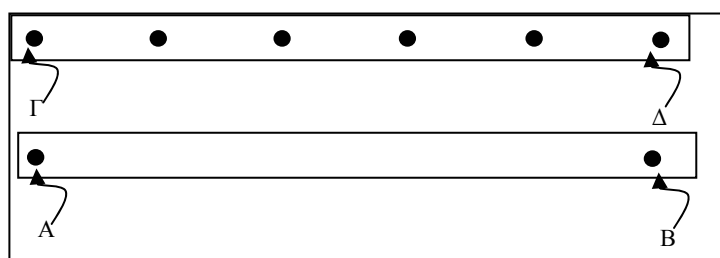
Η διδασκαλία της Μηχανικής εξακολουθεί να έχει ενδιαφέρον. Έχουν παρουσιαστεί εργασίες που αφορούν την κινηματική μίας διάστασης (Trowbridge & McDermott 1980, Trowbridge D.E. & McDermott L.C 1981, Rosenquist & McDermott 1987, McDermott L.C. et al 1987, Shafer & McDermott 2005). Εργασίες που αφορούν την κατανόηση της σχέσης έργου – ενέργειας και ορμής (Lawson R.A., & McDermott L.C. 1987) και γενικότερα για την κατανόηση των εννοιών. Δημιουργήθηκαν διάφορα τεστ (Halloun I., Hestenes D., 1985, Hestenes D et al 1992, Hestenes D., Wells M. 1992). Με βάση την έρευνα δημιουργήθηκαν κατάλληλα λογισμικά για να διευκολύνουν τη διδασκαλία (π.χ. McDermott L.C. 1990, Zacharias Z., Anderson O. R. 2003). Μελετήθηκαν τα αποτελέσματα που έχουν οι προσομοιώσεις σε δραστηριότητες που βασίζονταν σε μια ενεργό συμμετοχή του φοιτητή.

Η ομάδα του πανεπιστημίου της Washington δημιούργησε μαθήματα με βάση την έρευνα (Physics by Inquiry, και Tutorials in Introductory Physics 1998). Τα τεστ που σχετίζονται με τις διδασκαλίες χρησιμοποιήθηκαν για να μελετηθεί η επίδραση της εμπειρίας σε λύση προβλημάτων στην κατανόηση των εννοιών (Kim and Pak 2002), Από αυτές φάνηκε ότι δεν υπάρχει μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης των εννοιών και του αριθμού των προβλημάτων. Αντιμετωπίσαμε θέματα έχουν σχέση με:

- A) Δυσκολίες στην κατανόηση του χρονομετρητή (ticker tape)
- B) Διδασκαλία των διαγραμμάτων: $x-t$, $v-t$, $a-t$.
- Γ) Κίνηση σε δύο διαστάσεις.
- Δ) Παράλληλα εξετάστηκε αν κατανοούν το έργο του βάρους.



Σχήμα 1 Τμήματα χρονομετρητή



Σχήμα 2 Ερώτημα για χρονομετρητή που αφορά το σχήμα 9

A) Δυσκολίες στην κατανόηση του χρονομετρητή (ticker tape)

Η χρήση του χρονομετρητή ως διδακτικού εργαλείου δίνει μία αναπαράσταση της κίνησης όπου εμφανίζεται η βασική δυσκολία ότι η πυκνότητα της καταγραφής των τελειών ερμηνεύεται πολλές φορές αντίστροφα από τους φοιτητές. Οι καταγραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την οικοδόμηση της έννοιας της στιγμιαίας ταχύτητας (Rosenquist & McDermott 1986). Η βασική ιδέα είναι ότι για μικρά χρονικά διαστήματα η ταχύτητα μοιάζει να είναι σταθερή (σχήμα 1).

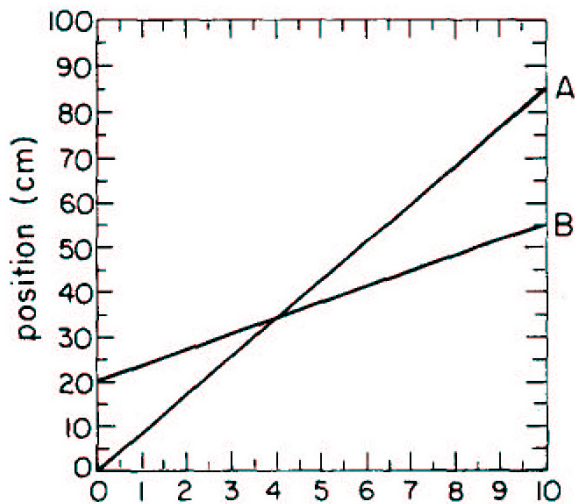
Ένα βασικό ερώτημα είναι αν οι φοιτητές καταλαβαίνουν την έννοια των καταγραφών του

Εξετάστηκαν οι τελείες για τις διάφορες καταστάσεις. Καταγράφονται τα ποσοστά επιτυχίας αυτών που συμμετείχαν και αυτών που δε συμμετείχαν (σχήμα 4).

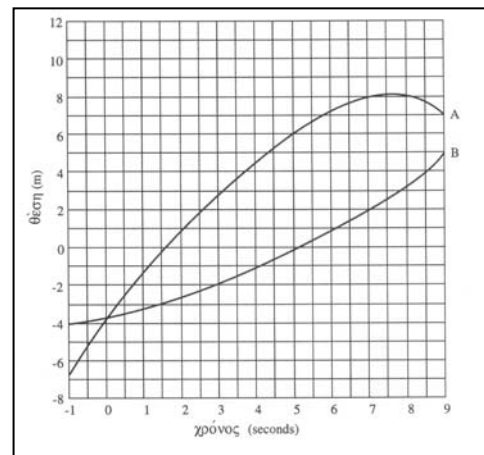
Ένα αρκετά συνηθισμένο σφάλμα ήταν η σχεδίαση τελειών για περίπτωση ταχύτητας που αυξάνει το μέτρο με αποστάσεις μικρότερες. Κάτι παρόμοιο έχει παρατηρηθεί και σε μελέτη κυματικών φαινομένων όπου η σχεδίαση μετώπων κύματος σε διαφορετικά μέσα γίνεται έτσι όπου στη μεγαλύτερη ταχύτητα τα μέτωπα σχεδιάζονται πιο πυκνά.

B) Διδασκαλία των διαγραμμάτων: $x-t$, $v-t$, $a-t$

Η διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων έχει μελετηθεί από τους McDermott et al (1987). Όταν ερμηνεύει μια γραφική παράσταση ένας φοιτητής θα πρέπει να προσδιορίσει ποιο από τα χαρακτηριστικά της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί σε κάποια φυσική έννοια. Ένα σύνηθες σφάλμα είναι να μπερδεύουν την έννοια της ταχύτητας και της θέσης.



Σχήμα 5 Θέση έναντι χρόνου για δύο κινητά



Σχήμα 6 Θέση έναντι χρόνου για μη ομαλές κινήσεις

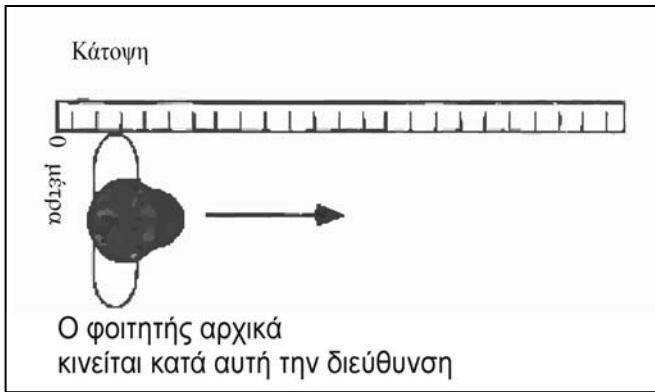
Για το θέμα του τεστ ζητήθηκαν οι γραφικές παραστάσεις της θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης έναντι του χρόνου. Π.χ. για το σχήμα 5 (McDermott et al 1987) οι περισσότεροι φοιτητές το ερμηνεύουν ότι τα δύο κινητά (Α και Β) έχουν την ίδια ταχύτητα τη στιγμή 4s. Παρόμοια ερωτήματα δόθηκαν σε φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. και τους ζητήθηκε να προσδιορίσουν αν τη στιγμή $t=0$ (σχήμα 6) τα δύο κινητά επιταχύνονται ή επιβραδύνονται, ποιο από τα δύο ξεπερνά το ένα το άλλο, πότε έχουν ίδιο μέτρο, κτλ. Μετά την παράδοση των τεστ στο επόμενο μάθημα γίνεται εξήγηση των απαντήσεων. παρατηρήθηκε μια σημαντική βελτίωση ως προς το ερώτημα «ποιο σώμα ξεπερνά το άλλο» ή «πότε έχουν την ίδια ταχύτητα», και «πόσο απέχουν τη στιγμή που έχουν ίδια ταχύτητα.»

Στο τεστ αμέσως μετά το μάθημα η επιτυχία ήταν περίπου 13% ενώ μετά μια εβδομάδα (αφού παρακολούθησαν τις απαντήσεις) η επιτυχία ήταν περίπου 56%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό αντιπροσωπεύει τους φοιτητές που πήραν μέρος στο τεστ και παρακολούθησαν και το επόμενο μάθημα.

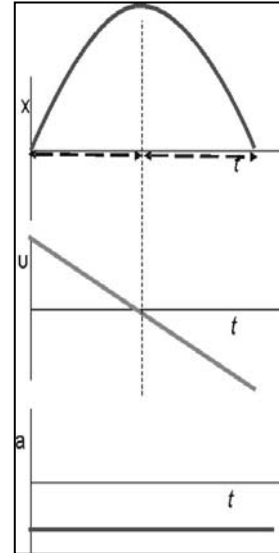
Για να εξεταστεί η ικανότητα των φοιτητών να δίνουν διαγράμματα θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης έναντι του χρόνου δόθηκαν διάφορα ερωτήματα. Π.χ. δόθηκε το εξής ερώτημα: Ένας φοιτητής βαδίζει παράλληλα με έναν κανόνα (σχήμα 7), φτάνει σε ένα σημείο όπου σταματά στιγμιαία και επιστρέφει. Το αναμενόμενο διάγραμμα εμφανίζεται στο σχήμα 8.. Παρατηρήθηκε ότι η πλειονότητα των φοιτητών απάντησε σωστά. Μια πιο περίπλοκη ερώτηση ήταν η εξής (σχήμα 9): Ένα βαγονάκι ξεκινά από την ηρεμία και κατεβαίνει σε ένα κεκλιμένο επίπεδο και ακολούθως κινείται σε ένα οριζόντιο επίπεδο. Και σ' αυτήν την περίπτωση ζητούνται τα διαγράμματα (σχήμα 10). Μπορούμε να δούμε ότι όσον αφορά τα δια-

γράμματα θέσης – χρόνου για την περίπτωση του φοιτητή έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας, ενώ για το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου η επιτυχία ήταν αρκετά μικρότερη. .

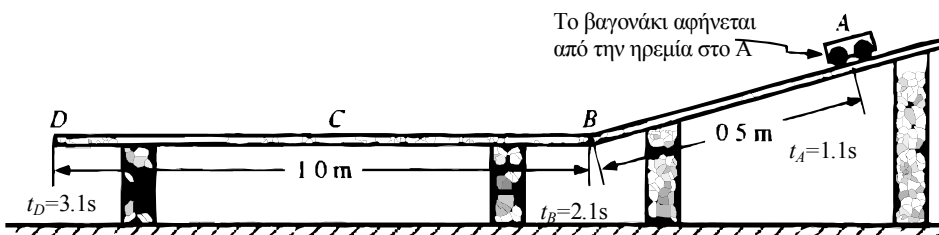
Για την περίπτωση του βαγονιού εκτός από τα διαγράμματα υπήρχαν διάφορα ερωτήματα που αποσκοπούν στο να ερευνηθούν τη συνέπεια των απαντήσεων. Π.χ. το ότι η ταχύτητα είναι σταθερή από το σημείο B μέχρι το σημείο D σχεδιάστηκε σωστά στην πλειονότητα των διαγραμμάτων. Όμως ότι πολλοί φοιτητές ενώ δώσανε σωστά διαγράμματα για την ταχύτητα έναντι του χρόνου, δεν μπόρεσαν να απαντήσουν με συνέπεια στο ερώτημα «ποια είναι η ταχύτητα στο σημείο C;».



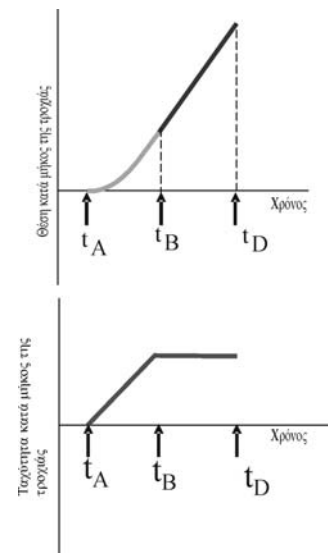
Σχήμα 7 Πρόβλημα φοιτητή με μεταβλητή ταχύτητα



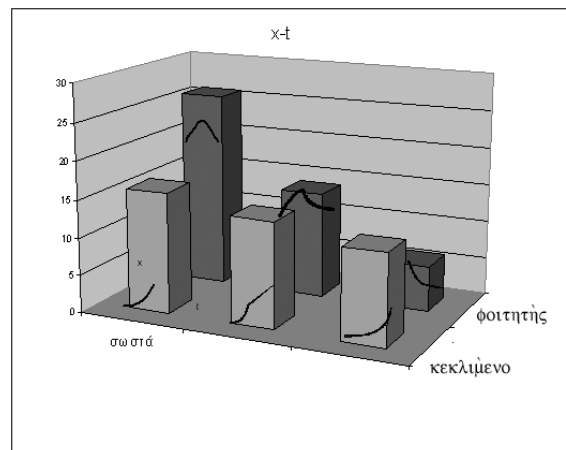
Σχήμα 8 Διαγράμματα για σχήμα 7



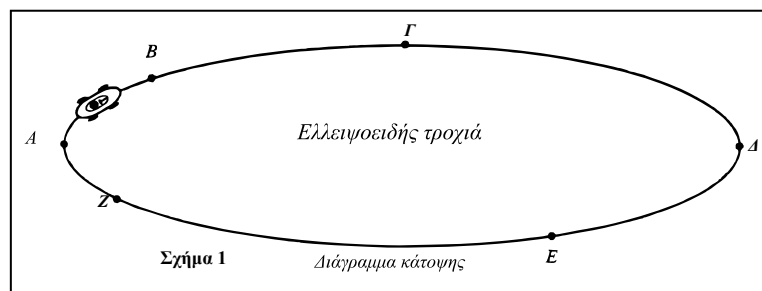
Σχήμα 9 Πρόβλημα κεκλιμένου επιπέδου



Σχήμα 10 Διαγράμματα για σχήμα 9



Σχήμα 11. Ποσοστά απαντήσεων για τις γραφικές παραστάσεις που αφορούν τα σχήματα 7 και 9. Δείχνονται πάνω στις κολόνες τα σχήματα που δόθηκαν/



Σχήμα 12 Ελλειπτική τροχιά για ερωτήματα ταχύτητας- επιτάχυνσης

Γ) Κίνηση σε δύο διαστάσεις

Στην κίνηση σε δύο διαστάσεις είναι απαραίτητη μια διανυσματική αναπαράσταση των μεγεθών (ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη).

Καταρχήν εξετάζεται αν γίνεται κατανοητό ότι η ταχύτητα είναι εφαπτόμενη στην τροχιά, δεύτερον αν γίνεται κατανοητό ότι σε περίπτωση ταχύτητας σταθερού μέτρου η επιτάχυνση είναι κάθετη, τρίτον αν το μέτρο της ταχύτητας αυξάνει τότε η επιτάχυνση και η ταχύτητα έχουν οξεία γωνία.

Σε τεστ δόθηκαν 2 σχέδια ελλειπτικής τροχιάς (σχήμα 12), όπου στο πρώτο η ταχύτητα είχε σταθερό μέτρο, ενώ στο δεύτερο το κινητό ξεκινούσε από την ηρεμία.

Παρατηρήθηκε ότι όσον αφορά την επιτάχυνση έδωσαν σωστή απάντηση τα 30% του συνόλου. Ένα ποσοστό 40% έδωσαν κάθετη επιτάχυνση με σταθερό μέτρο ανεξάρτητα από την καμπυλότητα. Παρατηρούμε ότι η έννοια της καμπυλότητας της τροχιάς που εισέρχεται στην κεντρομόλο επιτάχυνση δεν έγινε αντιληπτή. Στη δεύτερη περίπτωση για την ταχύτητα σωστά διαγράμματα δόθηκαν από τα 50% ενώ για την επιτάχυνση πάλι 30%. Πρέπει να σημειω-

θεί ότι οι φοιτητές κατά τη διάρκεια της διάλεξης, παρακολούθησαν την επίδειξη δύο λογισμικών, ενός που έδειχνε την κίνηση σε παραβολή και ενός που έδειχνε την κίνηση σε ημιτονοειδή οριζόντιο καμπύλη. Στη δεύτερη περίπτωση ήταν δυνατό να έχουμε τόσο σταθερού όσο και μεταβαλλόμενου μέτρου ταχύτητα.

Τα αποτελέσματα είναι πολύ καλύτερα από αυτά που λαμβάναμε σε προηγούμενες διδασκαλίες. Π.χ. όσον αφορά τη σχεδίαση της ταχύτητας μια αρκετά συνήθης απάντηση ήταν αντί να σχεδιαστεί το διάνυσμα εφαπτόμενα, σχεδιάζόταν ως τμήμα της καμπύλης.

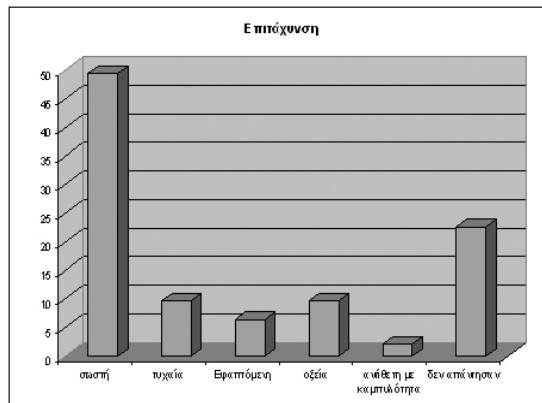
Δ) Σχέση επιτάχυνσης και δύναμης –κατανόηση της έννοιας του έργου

Σε πολλά ερωτήματα φαίνεται ότι ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα δεν είναι εύκολο να εφαρμοστεί στην πράξη. Αυτό φαίνεται σε διάφορα ερωτήματα.

Εξετάστηκε η κατανόηση του έργου του βάρους για τα σχήματα 3.

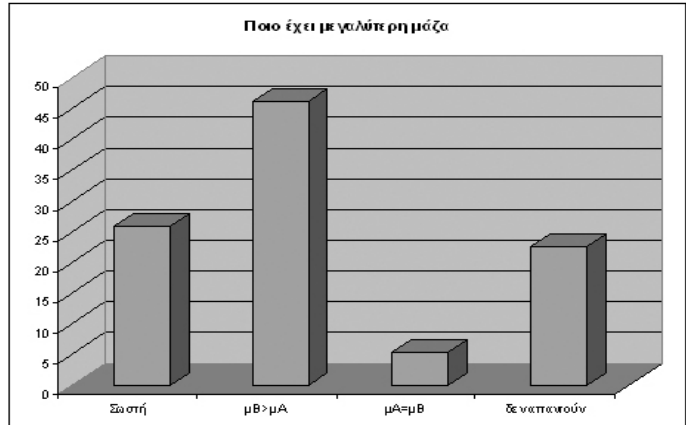
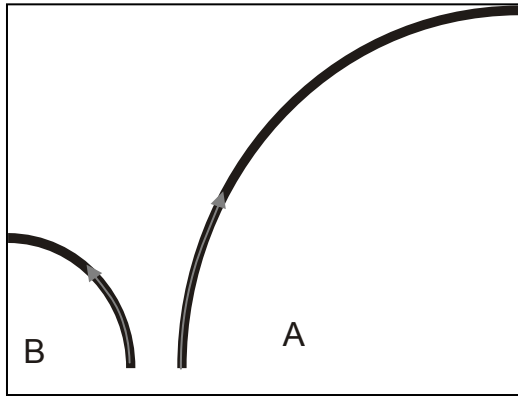
	ΑΒ	ΒΓ	ΓΔ	ΔΕ	ΕΣΤ
ποσοστό επιτυχίας συμμετεχόντων	55	25	51	19	55
Ποσοστό επιτυχίας για ΜΗ συμμετέχοντες	34	10	31	5	34

Παρατηρούμε ότι για τα οριζόντια τμήματα (ΑΒ, ΓΔ, ΕΣΤ) το ποσοστό επιτυχίας είναι μεγαλύτερο. Για τα πλάγια τμήματα παρατηρούμε ότι ο φορμαλισμός της μέσης Εκπαίδευσης εμποδίζει την κατανόηση ότι το έργο του βάρους είναι ίσο με το γινόμενο της προβολής της μετατόπισης πάνω στη δύναμη βάρους επί το βάρους. Έχουμε 3 κατηγορίες απαντήσεων: αυτοί που απαντούν σε όλα τα ερωτήματα, αυτοί που απαντούν μόνο για το οριζόντιο επίπεδο και τέλος αυτοί που δεν ανταποκρίνονται σε καμία περίπτωση.



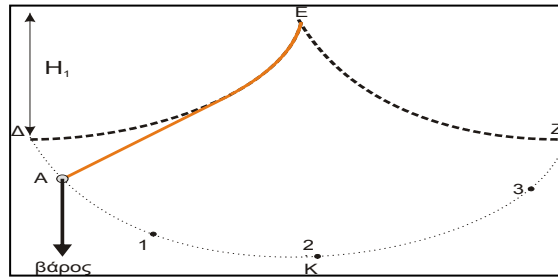
Σχήμα 13. Ποσοστά απαντήσεων για επιτάχυνση σε ελλειπτική τροχιά.

Παρόμοια με το ότι το έργο του βάρους είναι μηδέν σε οριζόντια μετατόπιση έχουμε και άλλες δυνάμεις που παράγουν μηδενικό έργο. Το επόμενο παράδειγμα αφορά την κίνηση σε μαγνητικό πεδίο. Δόθηκε το ερώτημα που αφορά το σχήμα 14: Δύο φορτισμένα σώματα μπαίνουν (από το κάτω μέρος) σε περιοχή όπου υπάρχει μαγνητικό πεδίο με την ίδια ταχύτητα. Εξηγήθηκε ότι η δύναμη του μαγνητικού πεδίου ως κάθετη προς την ταχύτητα. Ζητήθηκε αφενός να σχεδιάσουν σε 3 σημεία τις ταχύτητες, επιταχύνσεις και δυνάμεις, αφετέρου τους ζητήθηκε να βρουν ποιο σώμα έχει τη μεγαλύτερη μάζα (σχήμα 15). Για την απάντηση έπρεπε να συνδυασθεί η γνώση του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα με το ότι για ταχύτητα ίδιου μέτρου, μεγαλύτερη επιτάχυνση έχει το σώμα του οποίου η τροχιά παρουσιάζει μεγαλύτερη καμπυλότητα (σώμα Β στο σχήμα 14). Ως προς τις ταχύτητες το ποσοστό επιτυχίας ήταν 69% (93 απαντήσεις). Για την επιτάχυνση το ποσοστό πέφτει στα 50% όμως αυτό δείχνει σαφώς ότι οι φοιτητές που παρακολουθούν έστω και με τη μορφή της συμμετοχής στα τεστ μπορούν να επεξεργαστούν την απάντηση σε ερώτημα που δεν είχαν διδαχθεί.



Σχήμα 14: Δύο σώματα σε μαγνητικό πεδίο

Σχήμα 15 Κατανομή των απαντήσεων που αφορά το ερώτημα: Ποιο σώμα έχει τη μεγαλύτερη μάζα



Σχήμα 16: Κυκλοειδές εκκρεμές που χρησιμοποιείται για ερωτήματα που αφορούν την καμπυλότητα,, διανύσματα ταχύτητας, επιτάχυνσης,, έργο τάσης του νήματος και βάρους.

Σε συνέχεια του ερωτήματος ζητήθηκε αν θα μεταβληθεί η ταχύτητα του σώματος Α. Όσοι φοιτητές είχαν κατανοήσει ότι το έργο μιας δύναμης που είναι κάθετη προς τη μετατόπιση είναι μηδέν απάντησαν σωστά ότι η ενέργεια δε θα μεταβληθεί. Όμως το ποσοστό επιτυχίας ήταν 30%. Εξετάστηκε αν το ποσοστό αυτό αλλάζει με ερώτηση. Ρωτήθηκαν για το έργο που παράγεται κατά την κίνηση ενός κυκλοειδούς εκκρεμούς (σχήμα 16). Το κυκλοειδές εκκρεμές το είχαν παρατηρήσει στις διαλέξεις και του ζητήθηκε να το «κατεβάσουν» από την ιστοθέση του διδάσκοντος. Όπως φάνηκε το ποσοστό των ορθών απαντήσεων ήταν εδώ 30%. Ως προς την εξήγηση του στην περίπτωση αυτή το ποσοστό εμφανίζεται ακόμη μικρότερο. Στην περίπτωση των κεκλιμένων επιπέδων (σχήμα 3) παρατηρήθηκαν καλύτερες απαντήσεις σ’ αυτούς που συμμετείχαν για την περίπτωση οριζόντιας μετατόπισης. Τότε το ποσοστό επιτυχίας φθάνει τα 45%.

Διδασκαλία ηλεκτροστατικής – ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Η διδασκαλία των θεμάτων αυτών έχει γίνει τόσο μέσα στα πλαίσια της εξομοίωσης όσο και σε μαθήματα «Αρχές Φυσικής» όσο και σε εργαστήρια Ηλεκτρομαγνητισμού.

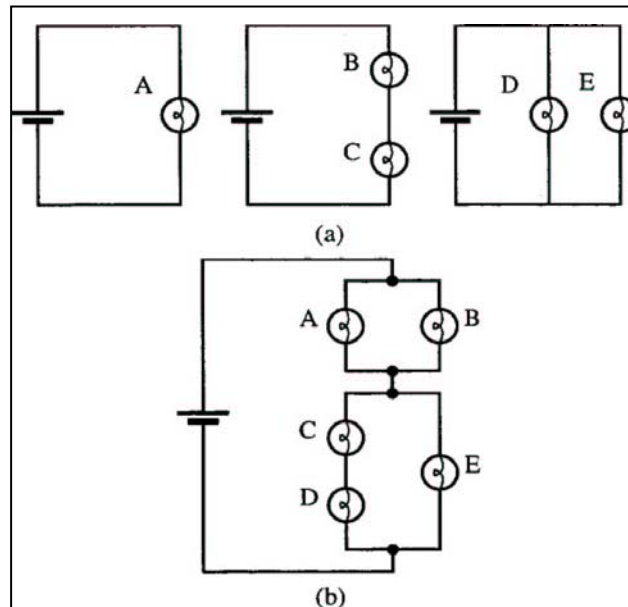
Για την Ηλεκτροστατική χρησιμοποιούνται πολύ απλά μέσα όπως κολλητικές ταινίες και ηλεκτροσκόπιο. Για τα ηλεκτροσκόπια χρησιμοποιούνται κυκλώματα που κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τροφοδοτικά ή μπαταρίες. Για τις διαλέξεις χρησιμοποιείται διάταξη που επιτρέπει την ορατή παρουσίαση.

Έννοιες των Ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Θέματα που αφορούν τη διδασκαλία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων έχουν διδαχθεί τόσο σε

φοιτητές όσο και σε δασκάλους που παρακολούθησαν τα μαθήματα της εξομοίωσης. Για τα ηλεκτρικά κυκλώματα υπάρχουν πάρα πολλές εργασίες (π.χ. Barbas & Psillos 1987, Psillos et al 1988 Gomez & Duran E 1998, Koumaras et al 1997, Johsua & Dupin 1984, Chambers & Andre 1997). Όσον αφορά τους εκπαιδευτικούς έχουν γίνει εργασίες από τους Περιστερόπουλο κά (1994) Μίχα & Αγγελίδη (1999, 2002). Στις έρευνες αυτές αποκαλύπτονται διάφορες αδυναμίες που εμφανίζονται.

Μια δυσκολία που υπάρχει είναι η αδυναμία να σκεφτούν τόσο οι δάσκαλοι όσο και οι φοιτητές με βάση κάποιο μοντέλο.

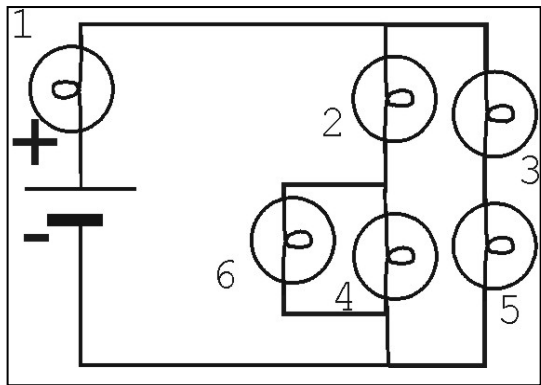


Σχήμα 17. Κυκλώματα για κατάταξη της λαμπρότητας των λαμπών.
(McDermott 1992)

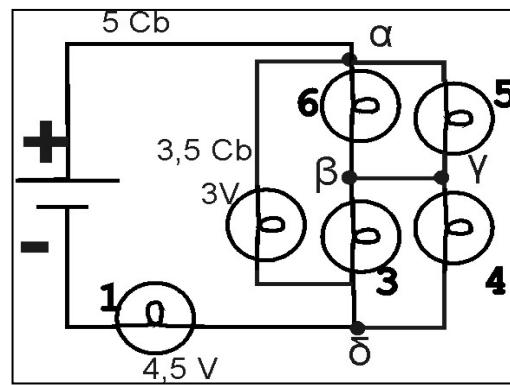
Μια πολύ συνηθισμένη ιδέα είναι ότι η ηλεκτρική πηγή είναι πηγή σταθερού ρεύματος. Όπως αναφέρει η McDermott ακόμη και δάσκαλοι με εμπειρία 12 ετών εμφάνισαν αυτήν τη δυσκολία (McDermott 2006). Η δυσκολία αυτή εμφανίζεται καθώς διδάσκουμε τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε σειρά και κατόπιν σε παράλληλη διάταξη. Στο ερώτημα «να συγκρίνετε το ρεύμα που περνά από την πηγή στην περίπτωση που η μπαταρία είναι συνδεδεμένη με μια λάμπα και στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη με δύο λάμπες», σε περίπου 800 δασκάλους που παρακολούθησαν φυσική στα προγράμματα εξομοίωσης μόνο ένας βρέθηκε που απάντησε ότι στην παράλληλη διάταξη θα έχουμε περισσότερο ρεύμα..

Η διδασκαλία περιλαμβάνει την «οικοδόμηση» ενός μοντέλου. Το πρώτο μέρος αφορά μια δημιουργία ενός μοντέλου με βάση τις έννοιες: ένταση ρεύματος και αντίσταση. Αφού εφαρμοστεί αυτό το μοντέλο και γίνουν πετυχημένες προβλέψεις, παρουσιάζονται περιπτώσεις που το μοντέλο αυτό δεν μπορεί να βοηθήσει. Από αυτό φαίνεται η ανάγκη για επέκταση του με την έννοια της διαφοράς δυναμικού. Αφού εισαχθεί η έννοια της διαφοράς δυναμικού ακολούθως εισάγονται οι κανόνες Kirchhoff και η έννοια της ενέργειας (ή ισχύος).

Μερικά απλά κυκλώματα που η McDermott δίνει σε εργαστήρια για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι τα εικονιζόμενα στο σχήμα 17. Ζητείται από τους φοιτητές να κατατάξουν τις λάμπες σε σειρά λαμπρότητας. Το σχήμα (b) είναι ενδιαφέρον γιατί πεπειραμένοι φυσικοί βρήκαν δυσκολία να το λύσουν. Τουλάχιστον 20 λεπτά 6 πεπειραμένοι δάσκαλοι φυσικής προσπαθούσαν να το λύσουν χρησιμοποιώντας τις γνώσεις τους, όμως δυσκολευόντουσαν καθώς προσπαθούσαν να το λύσουν μαθηματικά και έβλεπαν ότι υπήρχε μεγάλη δυσκολία λόγω της μεταβολής της αντίστασης της λάμπας. Με την ανάπτυξη του μοντέλου και την εξάσκηση του το θέμα δόθηκε αδιάκτο σε δασκάλους εξομοίωσης (70 συμμετέχοντες). Από αυτούς τα 70% έδωσαν σωστή απάντηση ($E > A = B > C = D$).



Σχήμα 18. Κύκλωμα για κατάταξη λαμπρότητας για εφαρμογή του μοντέλου «ρεύμα – αντίσταση»



Σχήμα 19: Κύκλωμα για μια εφαρμογή του 2^{ου} κανόνα του Kirechhoff , μετά την εισαγωγή του μοντέλου της τάσης.

Σε φοιτητές (44, 28 συμμετείχαν στα τεστ) δόθηκε το κύκλωμα του σχήματος 18 και ζητήθηκε να βρουν τη σωστή σειρά λαμπρότητας ($1 > 2 > 3 = 5 > 6 = 4$).

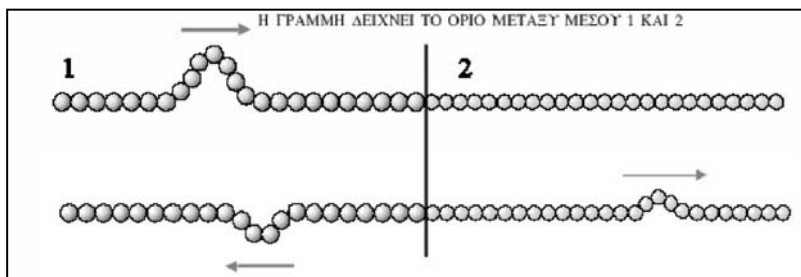
Υπήρξαν 21 σωστές απαντήσεις: 18 από τους συμμετέχοντες. Το πρόβλημα αυτό απαιτεί για τη λύση του χρήση του δεύτερου μοντέλου (με τη διαφορά δυναμικού) καθώς με το πρώτο μοντέλο φθάνουμε σε αδυναμία να διακρίνουμε αν το ρεύμα που διαρρέει την κάθε μία από τις 6 και 4 είναι μικρότερο από το ρεύμα που διαρρέει τις 3 και 5. Πιο δύσκολη αποδείχτηκε στην πράξη η κατανόηση του νοήματος των διαφόρων διαγραμμάτων. Σε πολλά ερωτήματα που δόθηκαν στα οποία υπήρχαν διακόπτες υπήρχε δυσκολία να κατανοηθεί η έννοια του βραχυκυκλώματος που διδάσκεται σήμερα και στο Δημοτικό σχολείο.

Η έννοια της ενέργειας του ηλεκτρικού πεδίου διδάσκεται πρώτα στην ηλεκτροστατική αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Όπως αποδείχτηκε είναι πολύ χρήσιμο να προβληματιστούν οι φοιτητές για την ενέργεια που δίνει η πηγή καθώς σε μεικτές συνδέσεις στην προσπάθεια να βρουν την τάση της πηγής από τις τάσεις που εμφανίζονται σε διάφορες λάμπες προσθέτουν όλες τις τάσεις. Δόθηκαν ερωτήματα όπως το κύκλωμα του σχήματος 19 τέθηκαν ερωτήματα που αφορούσαν τη λαμπρότητα των λαμπών, τον υπολογισμό της τάσης σε διάφορα στοιχεία του κυκλώματος καθώς και τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται από κάθε λάμπα αν είναι γνωστό ότι από την πηγή πέρασε ένα ορισμένο ποσό φορτίου. Η ανταπόκριση των φοιτητών ήταν καλύτερα από όση στην περίπτωση που ήταν τελειώς ποιοτικά τα ερωτήματα. Στο κύκλωμα αυτό εμφανίζονται διάφορες δυσκολίες: Το σχέδιο απαιτεί να αναγνωρίσουν ότι έχουμε δύο παράλληλους κλάδους μεταξύ των α και δ. Καθώς εφαρμόζουν την έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας με τα δεδομένα φορτία πολλοί φοιτητές αρχίζουν να κατανοούν ότι αυτό που μοιράζεται στις λάμπες είναι η ενέργεια, επίσης κατανοούν ότι το άθροισμα των ενεργειών που καταναλίσκονται στους διάφορους καταναλωτές είναι ίσο με την ενέργεια που δίνει η πηγή.

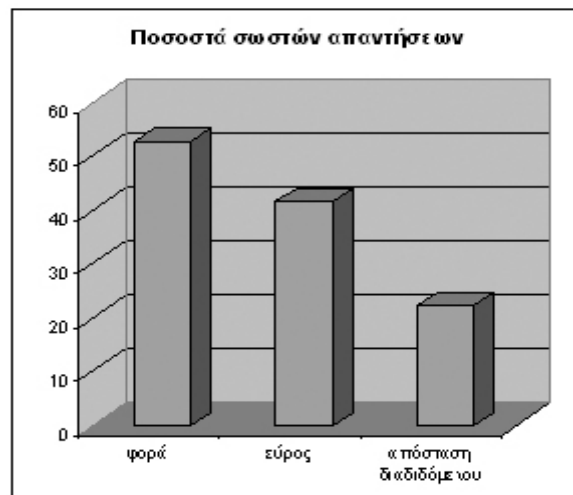
Διδασκαλία κυματικών φαινομένων

Η διδασκαλία των κυματικών φαινομένων ξεκινά με τη διάδοση παλμών. Αυτό είναι καινοτομικό σε σχέση με αυτά που γνώρισαν οι φοιτητές σε σχέση με την μέση Εκπαίδευση όπου βασικά διδάχτηκαν με βάση τα περιοδικά κύματα.

Η προσπάθεια να διδαχθούν υπέρθεση των παλμών αποδείχτηκε δύσκολη. Αντί για επιμονή στα μοντέλα που παρουσιάζει η McDermott, λόγω έλλειψης χρόνου, προτιμήθηκε απλώς να φθάσουν σε σημείο να αναγνωρίζουν φαινόμενα υπέρθεσης με το να επιλέγουν το σωστό σχήμα. Διδάχθηκαν τρόπους με τους οποίους διαδίδονται οι παλμοί σε διάφορα μονοδιάστατα ελατήρια, η ανάκλαση των παλμών από σταθερό σε ελεύθερο άκρο και οι περιπτώσεις διάδοσης από ένα ελατήριο σε άλλο στο οποίο μεταβάλλεται η πυκνότητα. Δόθηκαν διάφορα ερωτήματα από το οποίο βρέθηκε ότι πολλοί φοιτητές μπορούν να εφαρμόσουν το μοντέλο: από γρήγορο σε αργό ένας παλμός ανακλάται όπως σε σταθερό άκρο, ενώ από αργό σε γρήγορο ανακλάται όπως σε ελεύθερο άκρο. Ως παράδειγμα ερωτήσεων δόθηκε το σχήμα (σχήμα 20) που παρουσιάζεται στο βιβλίο της Γ' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης. (σελ. 66 σχήμα 2.32) Το σχήμα παρουσιάζει λάθη καθώς δεν ακολουθεί το μοντέλο ότι από αργό σε γρήγορο η ανάκλαση θα πρέπει να είναι όπως σε ελεύθερο άκρο (ο ανακλώμενος παλμός από πάνω) και ο διαδιδόμενος εφόσον κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα θα έχει μεγαλύτερο εύρος. Στο σχήμα 21 παρουσιάζονται τα ποσοστά ως προς αυτούς που βρήκαν ότι η φορά του ανακλώμενου είναι λάθος (52%), το εύρος (40%) του διαδιδόμενου.. Ως δεύτερο ερώτημα τέθηκε ποιο θα είναι το σφάλμα αν ο παλμός διαδίδεται από γρήγορο σε αργό. Εδώ παρατηρήθηκε ότι λιγότεροι αναγνώρισαν το σφάλμα (απόσταση διαδιδόμενου: 20%).



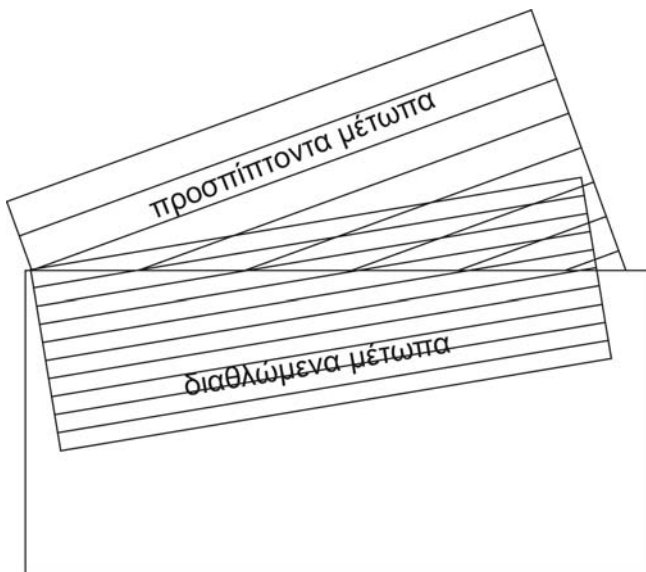
Σχήμα 20. Λανθασμένο σχήμα από βιβλίο Φυσικής Τρίτης Λυκείου



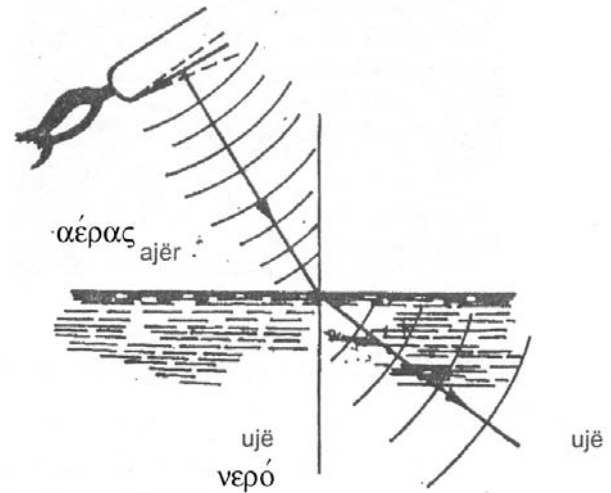
Σχήμα 21. Ποσοστά σωστών απαντήσεων για το σχήμα 20. Η φορά και το εύρος αναφέρονται στην περίπτωση κύματος από «αργό» σε «γρήγορο», ενώ η απόσταση για «αργό» σε «γρήγορο».

Τα κύματα σε δύο διαστάσεις παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον καθώς οι ιδέες που αναπτύσσονται βοηθούν στην κατανόηση των φαινομένων της οπτικής.

Έχει αναπτυχθεί μία μέθοδος για την εύρεση των διαθλωμένων κυμάτων χωρίς τη χρήση μαθηματικών. Οι φοιτητές χρησιμοποιούν διαφάνειες πάνω στις οποίες είναι σχεδιασμένα περιοδικά κύματα σε δύο μέσα (σχήμα 22). Τους ζητείται να σχεδιάσουν τα προσπίπτοντα και τα διαθλωμένα κύματα. Ως προς τη σχεδίαση των προσπιπτόντων κυμάτων το ποσοστό επιτυχίας είναι 75% ενώ ως προς τη σχεδίαση των διαθλωμένων 65%. Έχει παρατηρηθεί ότι αυτοί που δεν παρακολουθούν δεν μπορούν να απαντήσουν σ' αυτή την ερώτηση. Οι φοιτητές θα πρέπει να σχεδιάσουν τελικά τις ακτίνες ως κάθετες στα μέτωπα κύματος. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να σκεφτούν ότι οι ακτίνες δεν είναι τίποτε άλλο παρά οι διευθύνσεις πάνω στις οποίες διαδίδεται ένα κύμα. Αυτό βοηθά να τις δούμε ως μαθηματικά εργαλεία που δεν



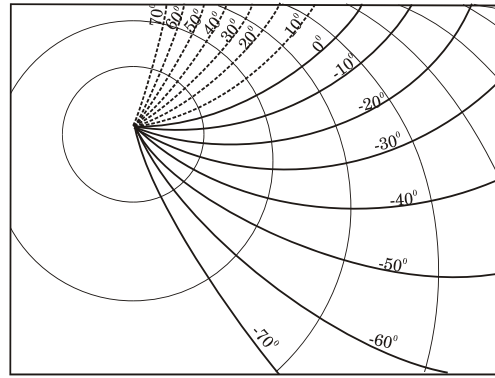
Σχήμα 22. Μέθοδος για εύρεση διαθλωμένων μετώπων, γωνίας διάθλασης και σχεδίαση της ακτίνας ως κάθετης στα μέτωπα.



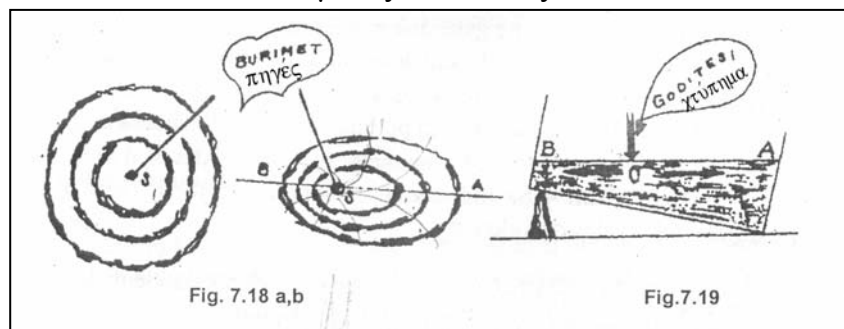
Σχήμα 23. Κύματα ήχου. Το σχήμα δίνει την ευκαιρία για εξέταση αν τα κύματα που δείχνονται συμφωνούν με τη γωνία διάθλασης.

έχουν πραγματική υπόσταση.

Είναι ενδιαφέρον ότι πολλοί φοιτητές συνδυάζουν τα μέτωπα κύματος με τα παραδείγματα που έχουν μάθει χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την ταχύτητα. Π.χ. στη Μέση Εκπαίδευση έχουν μάθει να μιλάνε για «πυκνό» και «αραιό» μιλώντας για το αργό και το γρήγορο μέσο ή επειδή στα μαθήματα τα παραδείγματα με τα οποία εισάγονται οι έννοιες αφορούν βαθύ και ρηχό νερό απαντούν με «ρηχό» και «βαθύ» αντίστοιχα. Είναι ενδιαφέρον να παρουσιάζονται «αντιπαραδείγματα» όπως αυτό που περιέχεται στο Αλβανικό βιβλίο (Prifti et al 2003) της Α' Γυμνασίου (σχήμα 23) που παρατίθεται στο σχήμα και αφορά τη διάδοση ηχητικού κύματος. Σ' αυτό το βιβλίο δίδεται ως πρόβλημα να βρεθεί το μήκος κύματος στο νερό αν είναι γνωστή η ταχύτητα στον αέρα (340 m/s) και στο νερό (1500 m/s). Στους φοιτητές δόθηκαν τα διαθλωμένα κύματα και τους ζητήθηκε με βάση το διάγραμμα του βιβλίου να βρουν τα μέτωπα κύματος στον αέρα, σε ποιο μέσο κινείται ταχύτερα ο ήχος με βάση το σχήμα καθώς και ο λόγος των ταχυτήτων. Από 12 φοιτητές οι 9 απάντησαν ότι κινείται ταχύτερα στο νερό ενώ οι 3 απάντησαν ότι είναι λάθος το σχήμα γιατί πάμε από το αραιό στο πυκνό. Μόνο 6 μπόρεσαν να βρουν το λόγο των ταχυτήτων με βάση τα μήκη κύματος.



Σχήμα 24. Εικόνα από λογισμικό που χρησιμοποιείται για να φανεί η σχέση μετώπων κύματος και ακτίνας



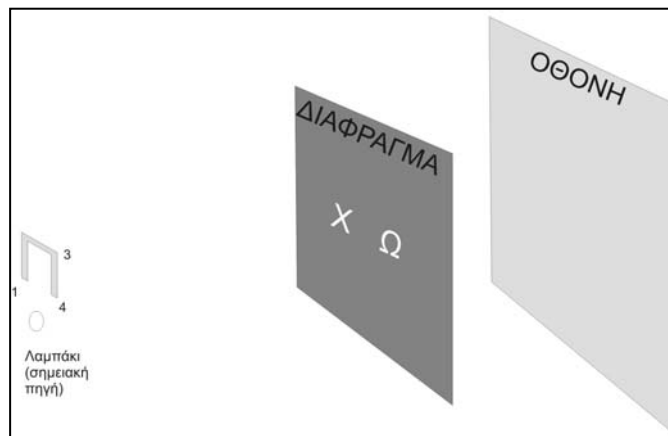
Σχήμα 25. Ερώτημα για το ποια μέτωπα κύματος θα εμφανιστούν για τη δεξαμενή του σχήματος δεξιά. Η εικόνα λήφθηκε από το βιβλίο των Prifti et al (2003)

Διδάχθηκαν επίσης θέματα για περιπτώσεις βαθμιαίας μεταβολής της ταχύτητας. Στο σχήμα 24 παρουσιάζονται αποτελέσματα από λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία του θέματος Παρατηρήθηκε (όπως ήταν και αναμενόμενο) ότι οι φοιτητές που δεν παρακολουθούν γενικά σχεδιάζουν τις ακτίνες ως ευθείες και δεν ελέγχουν την καθετότητα προς τα μέτωπα κύματος. Επίσης δεν μπορούν να σκεφτούν που είναι μεγαλύτερη η ταχύτητα του κύματος. Σε τεστ που αφορούσαν τη σχεδίαση ακτίνων που ξεκινούν από το κέντρο όσοι παρακολούθησαν έδωσαν σωστά (ποιοτικά) την πορεία της ακτίνας. Παρόμοια ερωτήματα μπορούμε να δούμε στο Αλβανικό βιβλίο (Prifti et al 2003) που παρατίθεται στο σχήμα 25 και ερωτήματα γι' αυτό το θέμα τέθηκαν σε εξετάσεις.

Διδασκαλία Γεωμετρικής Οπτικής

Η διδασκαλία της Οπτικής μέσα στα πλαίσια των μαθημάτων στο Π.Τ.Δ.Ε. ξεκινά με θέματα διάδοσης του φωτός, διάκριση σημειακών και εκτεταμένων πηγών, θέματα που αφορούν το σκοτεινό θάλαμο και τις πηγές. Όπως φαίνεται οι φοιτητές που παρακολουθούν εύκολα μαθαίνουν να εφαρμόζουν το μοντέλο της εκτεταμένης πηγής ως ένα σύνολο σημειακών πηγών. Αυτό διαπιστώθηκε από διάφορα τεστ στα οποία δίνονται διάφορα σχήματα πηγών σε συνδυασμό με διαφράγματα που έχουν οπές διαφόρων μεγεθών.

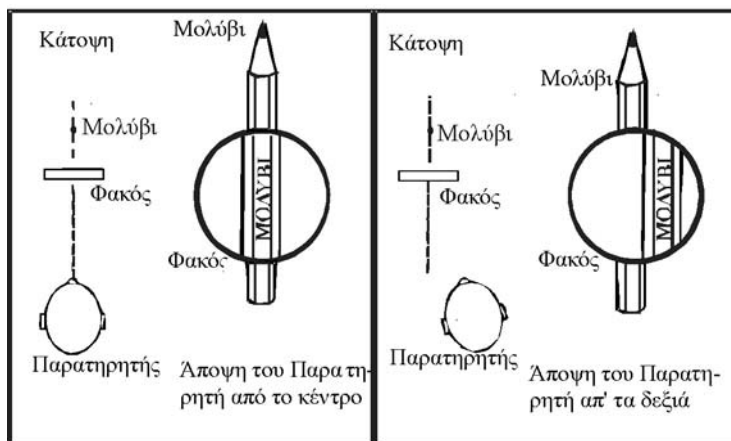
Καταρχάς σε τεστ τους δόθηκαν ερωτήματα με μία οπή ενώ στην πρόοδο τους ζητήθηκε με δύο οπές. Όπως φάνηκε αρκετοί φοιτητές που παρακολούθησαν το μάθημα κατανόησαν το μοντέλο. Μερικοί όμως εφάρμοσαν την αντιστροφή του σχήματος της πηγής και στις οπές.



Σχήμα 26. Ερώτημα για «σκοτεινό θάλαμο» με δύο οπές

Αυτοί που δεν παρακολούθησαν γενικά απάντησαν με τις καταγεγραμμένες απόψεις (σχήμα 26).

Στα μαθήματα Οπτικής δίνεται έμφαση στη χρήση της μεθόδου της παράλληλης για τη σύγκριση της απόστασης του ειδώλου και αντικειμένου σε σχέση με τον παρατηρητή. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται τόσο σε φαινόμενα ανάκλασης όσο και διάθλασης και ιδιαίτερα στους φακούς. Σε μια δοκιμή της κατανόησης αυτής της έννοιας δόθηκαν ερωτήματα του τύπου που εμφανίζεται στο σχήμα 27. Μόνο 3 σε 28 άτομα μπόρεσαν να συνδυάσουν σωστά τα δύο σχήματα. Σε 2^η εφαρμογή της ίδιας ερώτησης βρέθηκαν 10 σε 26 που απαντούν σωστά. Στην πρώτη περίπτωση δεν είχαν διδαχθεί για τους φακούς – παρά μόνο γενικά για τις

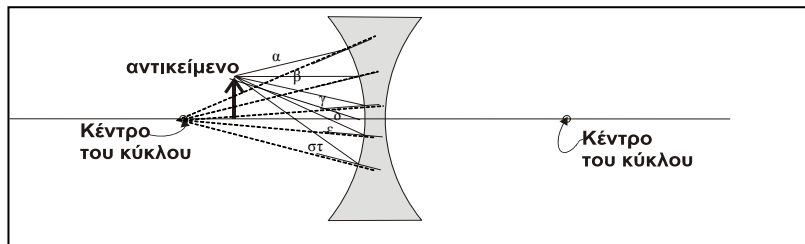


Σχήμα 27 Εφαρμογή της μεθόδου παράλληλης

μεθόδους χάραξης ακτινών - ενώ στη δεύτερη είχαν διδαχθεί για το σχηματισμό των ειδώλων σε φακούς. Ως προς την εφαρμογή των κανόνων της διάθλασης παρατηρείται ότι ενώ κατανοούν την εφαρμογή τελικά οι πρότερες γνώσεις εμποδίζουν την τελική εφαρμογή.

Ως παράδειγμα έχουμε το σχήμα 28: Ζητείται να εφαρμοστεί ποιοτικά ο νόμος της διάθλασης και να βρουν τι είδος ειδώλου θα παρατηρήσει ο παρατηρητής αν σταθεί δεξιά. Η ερώτηση έχει συνδυαστεί και με τη μέθοδο της παράλλαξης και τους ζητείται τι θα δούνε αν στραφούν προς τα δεξιά.

Σε 30 που έλαβαν μέρος μόνο 6 κατόρθωσαν να σχεδιάσουν ικανοποιητικά τις ακτίνες μετά το φακό. 13 δήλωσαν ότι το είδωλο είναι φανταστικό αλλά αυτό προερχόταν μάλλον από πρότερη γνώση αφού οι ακτίνες μετά το φακό είχαν σχεδιαστεί συγκλίνουσες προς ένα σημείο, παρόλο που από άλλες ερωτήσεις – απλούστερης μορφής – φαινόταν η πλειονότητα να μπορεί να κάνει τη διάκριση μεταξύ «φανταστικού» και «πραγματικού» ειδώλου.



Σχήμα 28. Ερώτημα για εφαρμογή του νόμου της διάθλασης

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι τα τελευταία θέματα καθώς διδάσκονται στο τον Ιανουάριο βρίσκουν του φοιτητές σε όχι κατάλληλη ψυχολογική κατάσταση (προσμονή εξετάσεων) πράγμα που φαίνεται από τη χαμηλή επίδοση καθώς δεν έχουν καιρό να ασχοληθούν με τις κατ' οίκον εργασίες. Σε δασκάλους που δόθηκαν παρόμοια θέματα η εφαρμογή του νόμου της διάθλασης είχε μεγαλύτερη επιτυχία.

Τελικές παρατηρήσεις

Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν δεν αντανάκλουν μια πλήρη εφαρμογή των μεθόδων που ανέπτυξε η ομάδα του πανεπιστημίου της Washington. Είναι μια προσέγγιση μέσα στην πραγματικότητα ενός Π.Τ.Δ.Ε. όπου το μάθημα της φυσικής περιορίζεται σε ένα «Εξάμηνο» και αντιστοιχεί σε 3 ώρες την εβδομάδα. Θα μπορούσαμε να αναφέρομε περισσότερες εμπειρίες που οφείλονται σε εργαστηριακή άσκηση, π.χ. σε θέματα Ηλεκτρομαγνητισμού, Οπτικής, κ.ά. Περιοριστήκαμε όμως στο υποχρεωτικό μάθημα και παρατηρήσαμε ότι οι φοιτητές μπορούν να ανταποκριθούν σε αρκετά θέματα και μπορούν να μάθουν να αναπτύσσουν μοντέλα για αντιμετώπιση διαφόρων καταστάσεων. Δυστυχώς η αδυναμία να παρακολουθήσουν όλα τα μαθήματα και η έλλειψη διδακτικού προσωπικού περιορίζουν την αποτελεσματικότητα των μαθημάτων.

Παραπομπές

- Arons A. (1992), Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής, Τροχαλία.
- Κουμαράς Π. (1989), Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού. Διδακτορική διατριβή τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.
- Κουμαράς Π. Ψύλλος Δ. Βαλασιάδης Ο. Ευαγγελινός Δ. (1990), “Επισκόπηση των απόψεων ελλήνων μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων”, Παιδαγωγική Επιθεώρηση, 13/90
- Περιστερόπουλος Π., Βλάχος Γ., Κόκκοτας Π. (1994) Εναλλακτικές απόψεις επιμορφούμενων δασκάλων στο Π.Ε.Κ. Αθήνας σε θέματα Ηλεκτρισμού: Ανάλυση, σχολιασμός, απόψεις. Εισήγηση στο 5ο Κοινό Συνέδριο Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών. Λευκωσία.
- Σταυρίδου Ελένη (1995) “Μοντέλα Φυσικών Επιστημών”, Εκδόσεις Σαββάλα.
- Τσαπαρλής Γ. (1989), «Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση» Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Barbas A., Psillos D (1997) Designing a Computer - Based Course on Basic Electricity for Prospective Primary School Teachers κεφ. Ε4 στο Connecting Research in Physics Education with Teacher Education (επιμελητές: Andree Tiberghien, Leonard Jossem, Gorge Barojas).
- Caillot M. (1984), Representations du probleme et procedures de resolution de problemes en electricite στο βιβλίο των Johsua και Dupin: Introduction a la didactique des sciences et des mathematiques, Presses Universitaires de France (1989)
- Chambers Sharon, Andre Thomas, (1997) “Gender, Prior Knowledge, Interest, and Experience in Electricity and Conceptual Change Text Manipulations in Learning about Direct Current”, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 34. No 2
- Gomez E. Duran E (1998) Didaktik Problems in the Concept of Electric Potential Difference and an Analysis of its Philogenesis , Science and Education 7, 129-141
- Johsua S., Dupin J.-J.(1984), Schemas, representations et type de raisonnement dans l’etude de circuits electriques στο βιβλίο των Johsua και Dupin: Introduction a la didactique des sciences et des mathematiques, Presses Universitaires de France (1989) όπου αναφέρεται η εργασία τους Schematic Diagrams, representaions and types of reasoning in basic electiricity στο βιβλίο Aspects of understanding electricity, με εκδότες τους Duit, Jung και Rhoneck, Kiel 1984 129-139.
- Koumaras P., Kariotoglu P., Psillos D. (1997) Causal structures and counter-intuitive experiments in electricity, International Journal of Science Education , Vol. 19, No. 6, 617 - 630
- McDermott L.C. (2001) Oersted Medal Lecture 2001: “Physics Education Research—The Key to Student Learning” (2001) American Journal of Physics 69 11, November 2001 pp. 1127 -1137
- McDermot L.C., Rosenquist M., van Zee E. (1987) Student difficulties in connecting graphs with physics: Examples from kinematics, American Journal of Physics, Vol. 55, No. 6, June 1987, pp. 503-513
- 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 Am. J. Phys 60 (11) November 1992
- McDermott L. C, Shaffer P. S., and the Physics Education Group at the University of Washington (1998), Tutorials in Introductory Physics, Preliminary Edition, Prentice Hall, μεταφρασμένο στα Ελληνικά από Μίχα Π. ως «Μαθήματα Εισαγωγικής Φυσικής» Τυπωθήτω, Αθήνα 2000
- McDermott L.C. (1997), Physics by Inquiry vol.II, John Wiley
- Metioui A., Brassard C., Levasseur J., Lavoie M. (1996) “The persistence of students’ unfounded beliefs about electrical circuits: the case of Ohm’s law” . International Journal of Science Education, Vol. 18, No. 2, p 193-212

- Millar R., King T. (1993α) Students' understanding of voltage in simple series electric circuits, *International Journal of Science Education*, Vol. 15, No. 3, 339 –349
- Millar R., Kian Lim Beh. (1993β) Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits, *International Journal of Science Education*, Vol. 15, No. 4, 351 -361
- Osborne R. Freyberg P. (1985) «Learning in Science», chapter 10: A Teaching Sequence on Electric Current. από τους Mark Cosgrove και Roger Osborne.
- Prifti I, Mustafaj F., Shimani K., Piti B. Basha B. (2003) *Fizika 7, Shtëpia Botuese e Librit Shkollor*
- 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*, Vol 10 No 1,.
- Rosenquist M., McDermott L.C. (1986) A conceptual approach to kinematics, *American Journal of Physics*, Vol. 55, No. 5, May 1986, pp. 407-415
- Shaffer P., McDermott L.C. (2005) A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts, *American Journal of Physics*, Vol. 73, No. 10, October 2005, pp. 821-931
- Shipstone D.(1993), Ηλεκτρισμός σε απλά κυκλώματα (κεφάλαιο 3) από το βιβλίο Driver κ.ά “Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες”, Ε.Ε.Φ. , Τροχαλία.
- Wosilait K., Heron P., Shaffer P., McDermott L.C. (1998), Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow, *American Journal of Physics*, Vol 66 (10), pp 906-913.