

Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 3, Αρ. 2 (2010)



Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της κίνησης, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, με τη χρήση του I.B.C.M.

Γιώργος Καράογλου, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Ιωάννης Ρίζος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καράογλου Γ., Κώτσης Κ. Θ., & Ρίζος Ι. (2010). Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της κίνησης, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, με τη χρήση του I.B.C.M. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(2), 85–95. ανακτήθηκε από <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/thete/article/view/44636>

Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών μαθητών της Α' Λυκείου για την έννοια της κίνησης με τη χρήση του I.B.C.M.

Γιώργος Καραόγλου¹, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος², Ιωάννης Ρίζος³
gkaraoglou@yahoo.gr, kkotsis@cc.uoi.gr, irizos@uoi.gr

¹ 1^ο ΕΠΑΛ Δράμας

² Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

³ Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη. Παράλληλα με τη μελέτη των εναλλακτικών ιδεών και τη διερεύνηση της συχνότητας εμφάνισης τους στην παρούσα εργασία καταγράφεται η δυνατότητα εφαρμογής, από τους μαθητές της Α' Λυκείου, των επιστημονικά ορθών εννοιών και νόμων που αναφέρονται στην κίνηση καθώς και στη σχέση της κίνησης με τη δύναμη. Η ερευνητική εργασία έγινε με τη βοήθεια ενός νέου ερωτηματολογίου που αποτελεί μετεξέλιξη παλαιότερων πολύ διαδεδομένων τεστ τα οποία εφαρμόστηκαν σε πολλές διεθνείς έρευνες. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις απαντήσεις καταδεικνύουν την επικράτηση των εναλλακτικών ιδεών και την αδυναμία της διδασκαλίας με τον παραδοσιακό τρόπο να καθοδηγήσει τους μαθητές στην κατάκτηση των εννοιών και στην επίτευξη της δυνατότητας εφαρμογής τους.

Εισαγωγή

Από τα δυσκολότερα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι επιστήμονες και χρειάστηκαν πολύχρονες προσπάθειες για την προσέγγιση τους ήταν αυτά που σχετίζονται με έννοια της κίνησης. Ο Herbert Butterfield στο βιβλίο του 'The origins of modern science: 1300-1800' επισημαίνει: «Από όλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισε και ξεπέρασε η ανθρώπινη σκέψη τα τελευταία χίλια πεντακόσια χρόνια, μια υπήρξε εκπληκτική ως προς τα χαρακτηριστικά της και ως προς την ευρύτητα των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από αυτή: Το πρόβλημα της κίνησης». Το ίδιο πρόβλημα εμφανίζεται εντονότερο στη διδασκαλία της έννοιας της κίνησης αφού πολλοί μαθητές δεν μπορούν να κάνουν σαφή διάκριση μεταξύ της θέσης της ταχύτητας και της επιτάχυνσης καθώς για πολλούς πρόκειται απλά για κίνηση. Το ενδιαφέρον της διδακτικής της φυσικής είναι έντονο, αφού ακόμη και σήμερα συνεχίζουν να γίνονται έρευνες για τη διαπίστωση της κατανόησης καθώς και για τον βέλτιστο τρόπο προσέγγισης της έννοιας της κίνησης από τους μαθητές.

Σε έρευνα με φοιτητές που παρακολουθούσαν Εισαγωγική Φυσική τέθηκε το πρόβλημα της κίνησης δύο σφαιρών πάνω σε διαφορετικές τροχιές. Η μια σφαίρα κυλούσε ελεύθερα κατά μήκος κεκλιμένης τροχιάς και η άλλη σε οριζόντια με σταθερή ταχύτητα. Ζητήθηκε από τους φοιτητές να υποδείξουν σε ποιες θέσεις οι σφαίρες θα έχουν την ίδια ταχύτητα. Το 50% των φοιτητών επέλεξαν τη στιγμή που η μία σφαίρα προσπερνούσε την άλλη (Knight, 2006).

Η έννοια της επιτάχυνσης προσεγγίζεται ακόμη δυσκολότερα από τους φοιτητές. Το 80% των φοιτητών που επρόκειτο να παρακολουθήσουν ένα μάθημα εισαγωγικής φυσικής με χρήση διαφορικού λογισμού, υπέπιπταν σε λάθη όταν τους ζητούσαν να αναγνωρίσουν ή να συγκρίνουν επιταχύνσεις. Το ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων μειώνονταν μόλις στο 60% μετά το τέλος διδασκαλίας παραδοσιακού τύπου (McDermott et al., 1984). Παραπλήσια ποσοστά λανθασμένων απαντήσεων σε ερωτήσεις που αφορούσαν ερμηνεία της επιτάχυνσης σε γραφικές παραστάσεις από φοιτητές αναφέρονται και από τους Thornton και Sokoloff (1990).

Για να υπάρχει κίνηση θεωρείται απαραίτητη η άσκηση δύναμης με κατεύθυνση ίδια με την κίνηση. Στην έρευνα του Clement (1982), η πλειονότητα των φοιτητών υποστήριξε ότι δρα μια δύναμη πάνω στην κατεύθυνση κίνησης του απλού εκκρεμούς. Ακόμη και μετά τη διδασκαλία στην περίπτωση που η κίνηση είχε αντίθετη κατεύθυνση από τη συνολική δύναμη, υπήρχε ένα υψηλό ποσοστό φοιτητών της τάξης του 75% που τοποθετούσε τη δύναμη στην ίδια κατεύθυνση με την κίνηση. Εφόσον ως προϋπόθεση της κίνησης τίθεται η επίδραση δύναμης στην ίδια κατεύθυνση με την κίνηση, ως άμεσο συμπέρασμα προκύπτει ότι απουσία δύναμης δεν θα έχουμε κίνηση. Σε έρευνα του McCloskey και των συνεργατών του (1980), το 27% των φοιτητών Φυσικής καθώς και το 80% των φοιτητών άλλων κατευθύνσεων ισχυρίζονται ότι μια σφαίρα που αφήνεται από το χέρι ενός ανθρώπου που τρέχει ακολουθεί κατακόρυφη τροχιά μη υπολογίζοντας την οριζόντια συνιστώσα της κίνησης.

Οι φοιτητές στην προσπάθειά τους να συνδέσουν την κίνηση με τη δύναμη υιοθετούν ιδέες που έχουν τις ρίζες τους στο παρελθόν και απασχόλησαν μεγάλους επιστήμονες και φιλόσοφους όπως η έννοια της κεκτημένης δύναμης (*impetus*) η οποία αναπτύχθηκε κατά το μεσαίωνα από τον Buridan. Στην περίπτωση που η κίνηση ενός σώματος προκαλείται από ένα στιγμιαίο χτύπημα, ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών αποδίδει στο κινούμενο σώμα μια εσωτερική δύναμη που αποθηκεύεται σε αυτό κατά το χτύπημα, είναι υπεύθυνη για την μετέπειτα κίνηση του, καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της κίνησης και μηδενίζεται όταν το σώμα σταματά. Η δύναμη αυτή αναφέρεται ως ισχύ, δύναμη, ορμή, ταχύτητα, αδράνεια, ή ενέργεια αδιάκριτα (Halloun & Hestenes, 1985). Μετά την ενεργοποίηση των μηχανών ενός διαστημόπλοιου που αρχικά κινούνταν με σβηστές μηχανές το 89% των φοιτητών τεχνολογικής κατεύθυνσης που ξεκινούσε μαθήματα εισαγωγικής φυσικής με διαφορετικό λογισμό ισχυρίστηκαν ότι το διαστημόπλοιο ακολουθεί ευθύγραμμη τροχιά που είναι συνδυασμός της αρχικής *impetus* και της ασκούμενης δύναμης από τις μηχανές. Το εκπληκτικό είναι ότι το 62% των απαντήσεων προέβλεπαν ότι το διαστημόπλοιο θα επιστρέψει στην αρχική τροχιά του μετά το σβήσιμο των μηχανών. Στην ίδια έρευνα στο πρόβλημα της εκτόξευσης ενός σώματος κατακόρυφα προς τα πάνω το 88% φοιτητών σχεδιάζουν μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης και την αναφέρουν ως «δύναμη του πετάγματος» ή «δύναμη που μεταβιβάζουμε στο σώμα» (Clement, 1982).

Σε έρευνα του Arons 1997 ζητήθηκε από τους φοιτητές να προβλέψουν την τροχιά μπίλιας όταν εξερχόταν από το εσωτερικό κοίλου τεταρτοκύκλιου στεφανιού που βρίσκονταν πάνω σε οριζόντιο τραπέζι. Ορισμένοι σχεδίασαν μια συνεχιζόμενη τέλεια κυκλική κίνηση και επανείσοδο της μπίλιας στο στεφάνι, ενώ άλλοι μια τάση για κυκλική κίνηση που σταδιακά εξασθενεί με αποτέλεσμα η τροχιά να μετατρέπεται σε ευθεία.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η συχνότητα εμφάνισης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών της Α' Λυκείου στο Ελληνικό Σχολείο, καθώς και των επιστημονικά ορθών συλλογισμών που χρησιμοποιούνται από αυτούς και αναφέρονται στην κίνηση και τη σχέση της με τη δύναμη, μετά από την παραδοσιακή διδασκαλία που γίνεται ακόμη στο Λύκειο. Η αναγκαιότητα της έρευνας δεν έγκειται στην καταγραφή πιθανών νέων αντιλήψεων των μαθητών στις έννοιες της κίνησης, αλλά στην ερευνητική απεικόνιση της πραγματικότητας στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, όπου σθεναρά αντιστέκεται στις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις της Φυσικής.

Έρευνα

Η αναγκαιότητα του ελέγχου του βαθμού κατανόησης εννοιών, νόμων και αρχών οδήγησε στην ανάπτυξη ειδικών ερωτηματολογίων που δύνανται να πιστοποιήσουν το επίπεδο της κατανόησης και να αναδείξουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Το ερωτηματολόγιο

που χρησιμοποιείται στην εργασία είναι το Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (IBCM) που δημιουργήθηκε από τον Halloun το 2006. Είναι ένα τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και προορίζεται για να εξακριβώσει το βαθμό στον οποίο έχουν καταφέρει οι φοιτητές να αναπτύξουν την κριτική γνώση παρά τη στείρα και μηχανική απομνημόνευση εννοιών νόμων και αρχών. Βάση του ερωτηματολογίου αποτέλεσαν τα γνωστά ερωτηματολόγια κλειστού τύπου: Mechanics Diagnostic Test (MDT) (Halloun, 1984), Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes et al., 1992), και Mechanics Baseline Test (MBT) (Hestenes & Wells, 1992). Στην παρούσα εργασία γίνεται μια από τις πρώτες εφαρμογές του ερωτηματολογίου IBCM, με την άδεια του δημιουργού του.

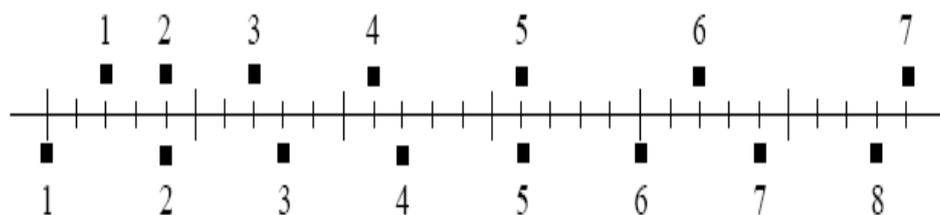
Το τεστ IBCM περιλαμβάνει 11 προβλήματα στα οποία αντιστοιχούν 33 ερωτήσεις της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής. Οι ερωτήσεις είναι πολλαπλής επιλογής και υπάρχει μόνο μια σωστή απάντηση για κάθε ερώτηση. Το IBCM αποτελεί μια μετεξέλιξη των ερωτηματολογίων MDT και FCI πάνω στα οποία εργάστηκε αρχικά ο Halloun. Από τις 33 ερωτήσεις οι 10 βρίσκονται στο MDT και είναι αυτές που είχαν αξιολογηθεί ιδιαίτερα θετικά από τους εκπαιδευτικούς που ασχολήθηκαν με το ερωτηματολόγιο, οι 5 ανήκουν στο MDT και στο FCI ταυτόχρονα, οι 8 μόνο στο FCI, οι 8 είναι νέες ερωτήσεις και τέλος οι 2 βρίσκονται στο MBT (Halloun, 2006)

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο νομό Καβάλας το Μάρτιο του 2009, σε σχολείο μιας περιοχής όπου οι μαθητές συχνά βοηθούν στις αγροτικές εργασίες των οικογενειών τους. Στη συμπλήρωση του τεστ συμμετείχαν όλοι οι μαθητές της Α' Λυκείου (40 κορίτσια και 31 αγόρια). Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους μαθητές σχεδόν ένα μήνα μετά την ολοκλήρωση των σχετικών εδαφίων από το σχολικό εγχειρίδιο. Οι μαθητές είχαν ενημερωθεί για την πραγματοποίηση μιας επαναληπτικής δοκιμασίας καθώς και για τη μορφή των ερωτήσεων. Ο διαθέσιμος χρόνος για να απαντήσουν ήταν περίπου μία ώρα.

Αποτελέσματα

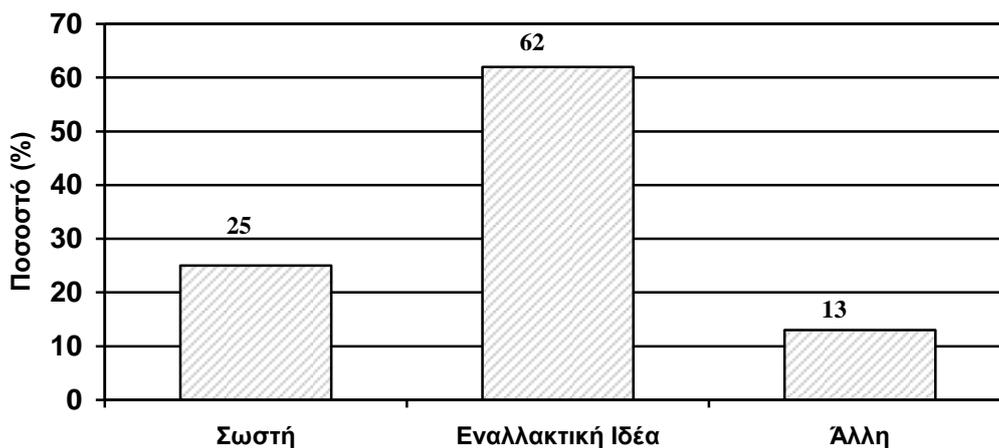
Διάκριση των εννοιών: θέση - ταχύτητα

Ερώτηση 1. Τα παρακάτω αριθμημένα τετράγωνα δείχνουν τις διαδοχικές θέσεις δύο τούβλων τα οποία κινούνται προς τα δεξιά. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων είναι 0,2 δευτερόλεπτα.



Πότε θα έχουν τα δύο τούβλα την ίδια ταχύτητα;

- A) Ποτέ
- B) Όταν βρίσκονται στη θέση 2
- Γ) Όταν βρίσκονται στη θέση 5
- Δ) Όταν βρίσκονται στις θέσεις 2 και 5
- Ε) Όταν κινούνται μεταξύ των θέσεων 3 και 4.



Σχήμα 1. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 1

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 1 φαίνονται στο Σχήμα 1. Ένας στους τέσσερεις μαθητές μπορεί να διακρίνει σωστά (απάντηση Ε) τις έννοιες θέση και ταχύτητα και να εφαρμόζει σωστά τη σχέση από την οποία προκύπτει το μέτρο της ταχύτητας. Η πλειοψηφία των μαθητών σε ποσοστό 62% επιλέγει την περίπτωση κατά την οποία τα δύο τούβλα βρίσκονται την ίδια χρονική στιγμή στην ίδια θέση, (απάντηση Δ), αναδεικνύοντας την εναλλακτική ιδέα που υποστηρίζει ότι: «όταν δύο σώματα σε κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση σε δεδομένο αδρανειακό σύστημα αναφοράς και βρίσκονται την ίδια χρονική στιγμή στην ίδια θέση θα έχουν και την ίδια ταχύτητα». Η παραπάνω ιδέα στηρίζεται σε βιωματική εμπειρία σύμφωνα με την οποία όταν ένα αυτοκίνητο επιταχύνει και φθάνει ένα άλλο, δημιουργείται ο συλλογισμός «εφόσον το έφθασε θα έχει επιτύχει και την ίδια ταχύτητα με το προπορευόμενο». Οι υπόλοιποι μαθητές στις άλλες απαντήσεις δηλώνουν την προτίμησή τους μεμονωμένα στη θέση 2 ή τη θέση 5. Εξίσου υψηλό ποσοστό (αγγίζει το 50%) αναφέρεται σε έρευνες με φοιτητές τμημάτων εισαγωγικής φυσικής στις Η.Π.Α. που αδυνατούν να διακρίνουν τις έννοιες θέση - ταχύτητα (Knight, 2006).

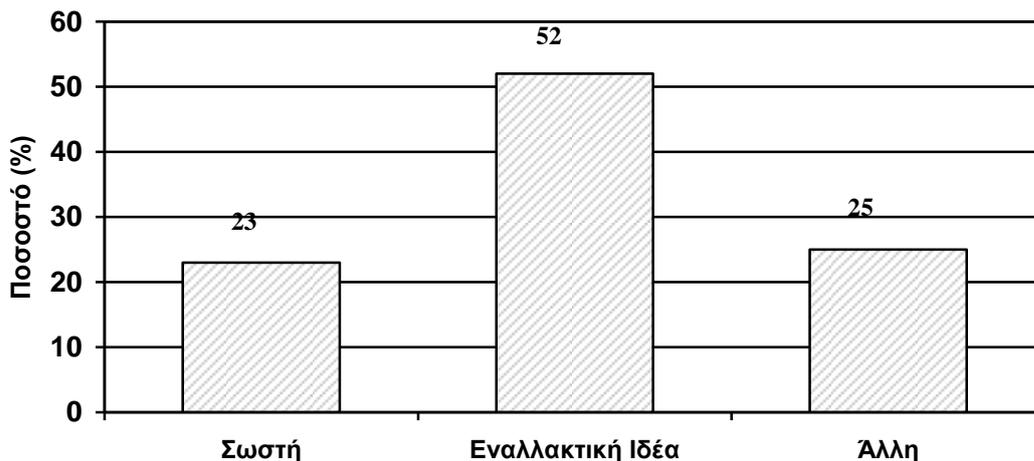
Διάκριση των εννοιών: ταχύτητα - επιτάχυνση

Ερώτηση 2. Εκτοξεύουμε από το σημείο Ρ κατακόρυφα προς τα πάνω μια μικρή πέτρα. Τι συμβαίνει στην ταχύτητα και στην επιτάχυνση της πέτρας τη στιγμή που αυτή φθάσει στο σημείο Τ;

- Α) Η ταχύτητα και η επιτάχυνσή της μηδενίζονται στιγμιαία
- Β) Η ταχύτητά μηδενίζεται στιγμιαία ενώ η επιτάχυνσή παραμένει σταθερή
- Γ) Η ταχύτητα και η επιτάχυνση παραμένουν μηδέν για λίγο χρόνο
- Δ) Η ταχύτητα παραμένει μηδέν για λίγο χρόνο ενώ η επιτάχυνση γίνεται μηδέν για μια στιγμή
- Ε) Η ταχύτητα παραμένει μηδέν για λίγο χρόνο ενώ η επιτάχυνση παραμένει σταθερή.



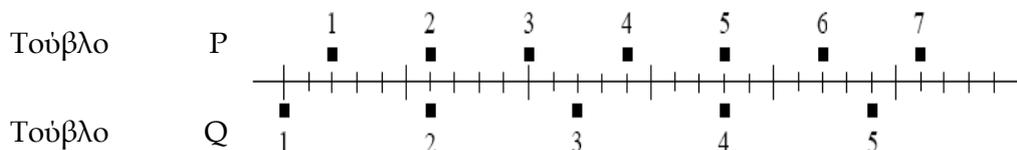
Οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 2 παρουσιάζονται στο Σχήμα 2. Το 23% των μαθητών αναγνωρίζουν σωστά (απάντηση Β), ότι στο ανώτερο σημείο της τροχιάς η ταχύτητα της πέτρας μηδενίζεται στιγμιαία ενώ η επιτάχυνση παραμένει σταθερή. Οι περισσότεροι σε ποσοστό 52% υποστηρίζουν το στιγμιαίο μηδενισμό της επιτάχυνση και της ταχύτητας (απάντηση Α). Τέλος ένα ποσοστό 14% που προσμετράτε στις άλλες απαντήσεις, απαντά ότι η ταχύτητα και η επιτάχυνση παραμένουν μηδέν για λίγο χρόνο (απάντηση Γ).



Σχήμα 2. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 2

Η επιτάχυνση συνδέεται στη σκέψη των μαθητών με την αύξηση της ταχύτητας είναι επομένως δύσκολο να αποδώσουν επιτάχυνση τη στιγμή που το σώμα είναι ακίνητο. Μερικοί από τους μαθητές πιστεύουν ότι σε αυτό το σημείο δεν ασκούνται δυνάμεις ενώ άλλοι δεν μπορούν να διακρίνουν την έννοια της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

Ερώτηση 3. Οι θέσεις δύο τούβλων P και Q αντιπροσωπεύονται από τα αριθμημένα τετράγωνα στο παρακάτω σχήμα. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων είναι 0,2 δευτερόλεπτα. Τα δύο τούβλα κινούνται προς τα δεξιά.

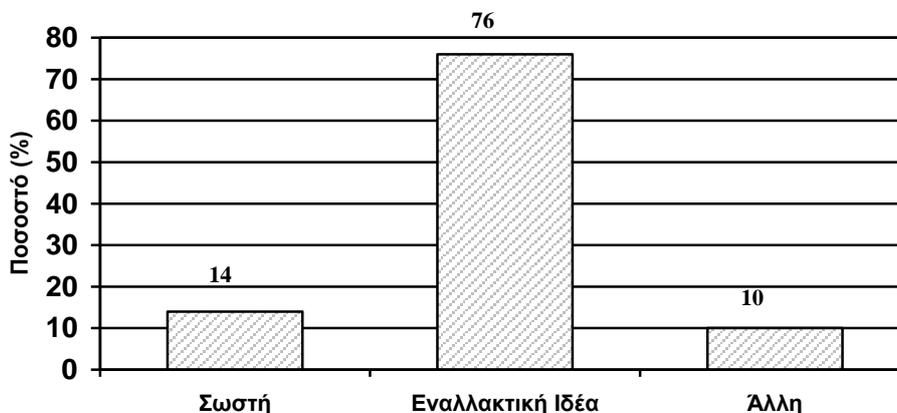


Οι επιταχύνσεις των δύο τούβλων συνδέονται όπως παρακάτω:

- A) Η επιτάχυνση του P είναι ίση με την επιτάχυνση του Q, και το μέτρο τους είναι μηδέν
- B) Η επιτάχυνση του P είναι ίση με την επιτάχυνση του Q, και το μέτρο τους είναι μεγαλύτερο από μηδέν
- Γ) Η επιτάχυνση του P είναι μικρότερη από του Q
- Δ) Η επιτάχυνση του P είναι μεγαλύτερη από του Q
- E) Υπάρχουν στιγμές κατά τις οποίες οι δύο επιταχύνσεις είναι ίσες και στιγμές κατά τις οποίες δεν είναι.

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 3. Μόλις το 14% απαντούν σωστά (απάντηση A) ότι οι επιταχύνσεις των δύο τούβλων είναι ίσες και το μέτρο τους είναι μηδέν. Οι περισσότεροι 76%, αποδίδουν στο P τη μικρότερη επιτάχυνση (απάντηση Γ). Οι παραπάνω μαθητές συγχέουν τις έννοιες ταχύτητα και επιτάχυνση, και παρατηρώντας ότι το Q κινείται ταχύτερα, συμπεραίνουν ότι θα έχει και τη μεγαλύτερη τιμή επιτάχυνσης. Σύγκριση μεταξύ των εννοιών θέση ταχύτητα και επιτάχυνση επικρατεί και στους υπόλοιπους μαθητές (στις άλλες απαντήσεις) αφού εντοπίζοντας δύο τούβλα στην ίδια θέση την ίδια χρονική στιγμή δηλώνουν ότι υπάρχουν στιγμές κατά τις οποίες οι δύο επιταχύνσεις είναι ίσες και στιγμές που δεν είναι (απάντηση E). Μεγάλο είναι το ποσοστό

των φοιτητών σε διεθνείς έρευνες που συγχέουν τις έννοιες επιτάχυνση και ταχύτητα το οποίο ακόμη και μετά από τη διδασκαλία παραδοσιακού τύπου στο μάθημα της Εισαγωγικής Φυσικής με χρήση διαφορικού λογισμού φθάνει το 60% (McDermott, 1984; Halloun & Hestenes, 1985; Thornton & Sokoloff, 1990).



Σχήμα 3. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 3

Κίνηση και Δύναμη

Ερώτηση 4. (Αναφέρεται στο σχήμα της ερώτησης 2). Ποια ή ποιες από τις παρακάτω δυνάμεις επιδρούν στην πέτρα κατά την άνοδό της;

F₁: μια δύναμη με διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τα πάνω

F₂: μια κατακόρυφη και με φορά προς τα κάτω δύναμη που ασκείται από τη Γη.

A) Η σχεδόν σταθερή δύναμη **F₂**

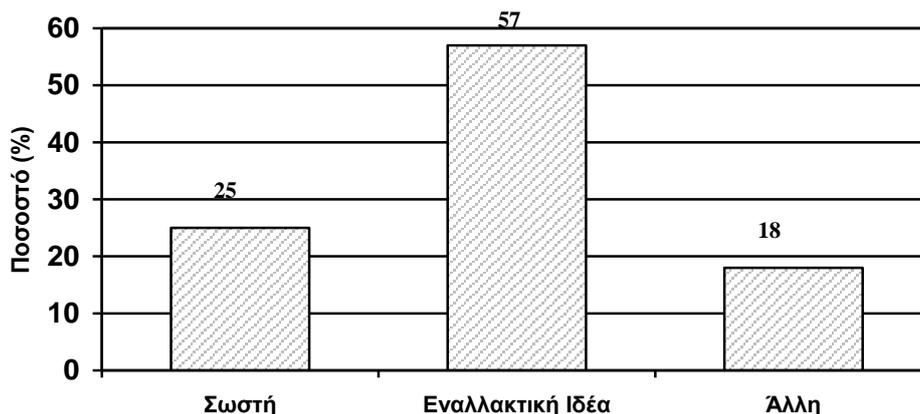
B) Οι **F₁** και **F₂** με σχεδόν σταθερό μέτρο

Γ) Η **F₁** και η **F₂** με συνεχώς ελαττούμενο μέτρο

Δ) Η σχεδόν σταθερή **F₁**, και η **F₂** που ελαττώνεται κατά την άνοδο

Ε) Η **F₁** το μέτρο της οποίας ελαττώνεται, και η σχεδόν σταθερή **F₂**.

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 4. Το 25% των μαθητών επιλέγουν σωστά την απάντηση Α. Οι περισσότεροι μαθητές όμως, σε ποσοστό 56%, συντάσσονται με την αριστοτελική ιδέα που θεωρεί απαραίτητη την ύπαρξη δύναμης προς την κατεύθυνση της κίνηση με μέτρο ανάλογο της ταχύτητας, και επιλέγουν την απάντηση Γ. Πιστεύουν στην ύπαρξη μιας κατακόρυφης δύναμης με φορά προς τα πάνω η οποία πιθανόν αποθηκεύεται στο σώμα στην εκτόξευση (κεκτημένη δύναμη), στη διάρκεια όμως της κίνησης καταναλώνεται και μηδενίζεται, όπως και η ασκούμενη από τη Γη δύναμη, όταν μηδενίζεται η ταχύτητα. Η τελευταία παρατήρηση φανερώνει την ύπαρξη της αναλογίας μεταξύ της ταχύτητας του σώματος και της εφαρμοζόμενης σε αυτό δύναμης που αποτελεί χαρακτηριστική εναλλακτική ιδέα μαθητών και φοιτητών σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση. Στις άλλες απαντήσεις με ίδιο ποσοστό ανήκουν οι μαθητές που υποστηρίζουν ότι στην πέτρα ασκούνται οι δύο προηγούμενες δυνάμεις με σχεδόν σταθερό μέτρο (απάντηση Β) καθώς και αυτοί που επιλέγουν το μέτρο της προς τα πάνω δύναμης να ελαττώνεται ενώ της δύναμης από τη Γη να παραμένει σταθερό (απάντηση Ε).



Σχήμα 4. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτησης 4

Ερώτηση 5. Μια μπίλια εξέρχεται από ένα κανάλι σχήματος τεταρτοκύκλιου που βρίσκεται στην επιφάνεια λείου τραπεζιού. Ποια ή ποιες από τις παρακάτω δυνάμεις ενεργούν στη μπίλια όταν κινείται κατά μήκος της τροχιάς της εκτός του καναλιού;

F1: μια οριζόντια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης

F2: μια κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω δύναμη ασκούμενη από τη Γη

F3: μια κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω δύναμη ασκούμενη από το τραπέζι

A) Η F1

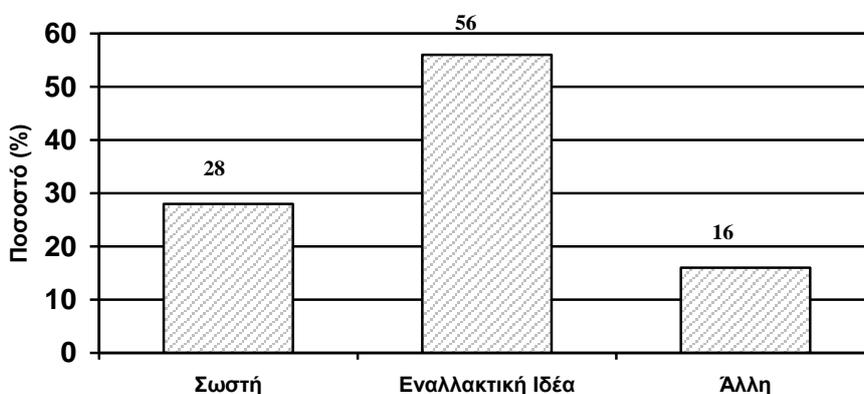
B) Η F2

Γ) Οι F1 και F2

Δ) Οι F2 και F3

E) Οι F1, F2 και F3.

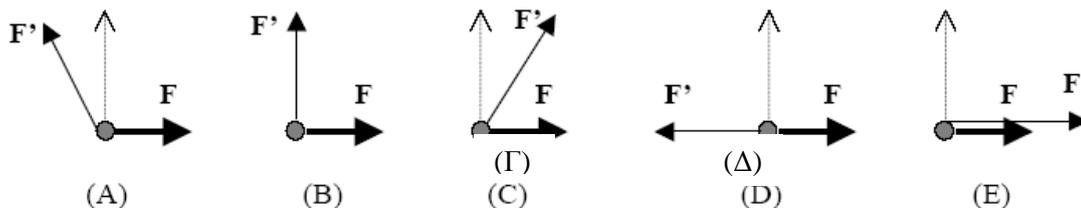
Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 5. Το 28% των μαθητών επιλέγουν τη σωστή απάντηση Δ. Το υπόλοιπο 72% θεωρούν απαραίτητη μια δύναμη με κατεύθυνση ίδια με την κίνηση που στοχεύει να συντηρήσει το είδος της τροχιάς και το μέτρο της ταχύτητας. Από αυτούς το 56% επιλέγουν την απάντηση Γ καθώς δεν αναγνωρίζουν ως δύναμη την αντίδραση του τραπεζιού ενώ το 16% στις άλλες απαντήσεις επιλέγουν και τις τρεις δυνάμεις (απάντηση E).



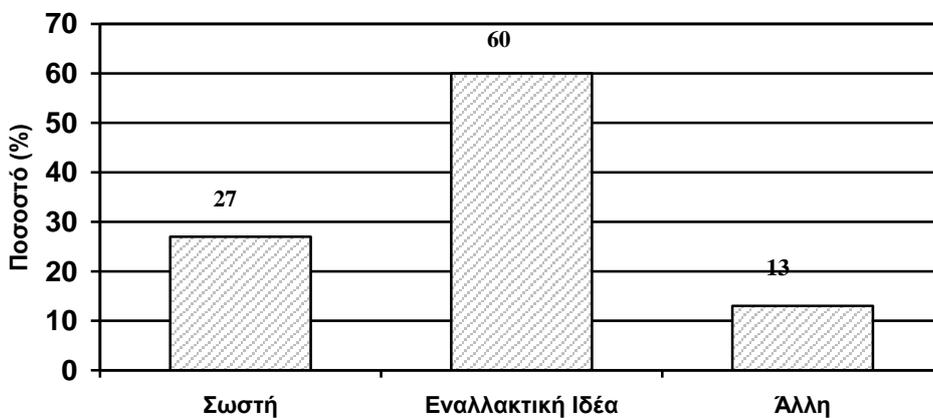
Σχήμα 5. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτησης 5

Οι Halloun και Hestenes (1985) αναφέρουν στην έρευνα τους ότι το 44% των φοιτητών ακόμη και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος της εισαγωγικής φυσικής χρησιμοποιούν τουλάχιστο μια φορά την έννοια της κεκτημένης δύναμης για να αιτιολογήσουν τη διατήρηση της κίνησης ενός αντικειμένου.

Ερώτηση 6. Ένας μικρός, λείος δίσκος κινείται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο πάτωμα χωρίς τριβές στη κατεύθυνση του διακεκομμένου βέλους υπό την επίδραση δύο σταθερών δυνάμεων F και F' διαφορετικών τιμών. Η δύναμη F ασκείται στην διεύθυνση που παριστάνεται με το παχύ βέλος με φορά προς τα δεξιά. Σε ποιο από τα παρακάτω σχήματα παριστάνεται σωστά η κατεύθυνση της δύναμης F' ; (η κλίμακα σχεδίασης είναι ίδια για τις F και F')



Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 6. Οι μαθητές σε ποσοστό 27% επέλεξαν σωστά την κατεύθυνση της F' (απάντηση Α). Το 60% όμως τοποθετούν πάνω στην κατεύθυνση της κίνησης το μεγαλύτερο διάνυσμα δύναμης που είναι η F' , (απάντηση Β), σύμφωνα με την εναλλακτική ιδέα που επιτάσσει την κίνηση να γίνεται προς την κατεύθυνση της μεγαλύτερης δύναμης.

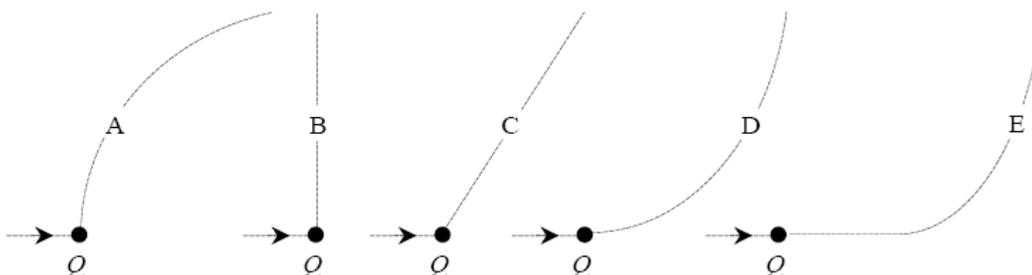


Σχήμα 6. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 6

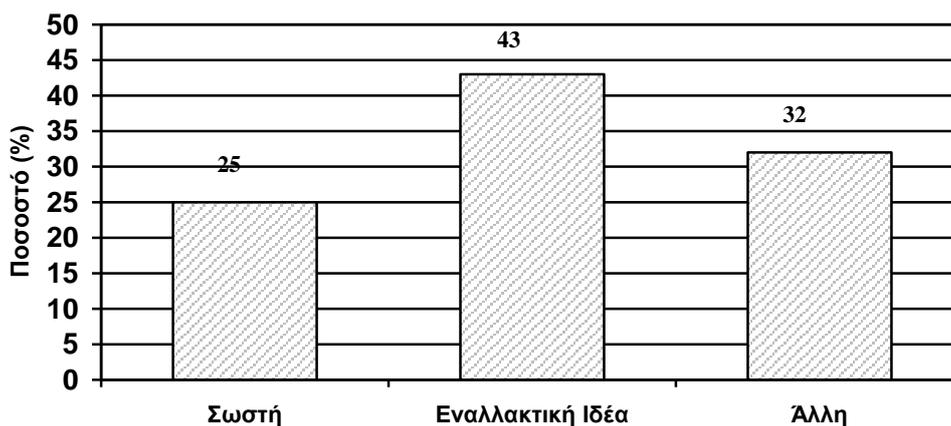
Ερώτηση 7. Αναφέρεται σε ένα διαστημόπλοιο που κινείται πλάγια με σταθερή ταχύτητα με σβηστές τις μηχανές του σε ευθεία γραμμή ξεκινώντας από το σημείο P. Όταν το διαστημόπλοιο φτάσει στο σημείο Q οι μηχανές του μπαίνουν σε λειτουργία και του ασκούν σταθερή δύναμη κάθετη στην ευθεία PQ.



Ποια από τις παρακάτω τροχιές αντιπροσωπεύει καλύτερα την τροχιά κίνησης του διαστημοπλοίου μετά το σημείο Q;



Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 7. Ένας στους τέσσερεις μαθητές επιλέγει τη σωστή παραβολική τροχιά κίνησης (απάντηση D) για το διαστημόπλοιο μετά την εφαρμογή της δύναμης στο σημείο Q. Το 43% των μαθητών επιλεγούν τροχιά κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω (απάντηση B), θεωρώντας ότι η κατεύθυνση της κίνησης ταυτίζεται με την κατεύθυνση της δύναμης (απουσία δύναμης δεν υπάρχει κίνηση στην οριζόντια διεύθυνση). Οι μαθητές στις άλλες απαντήσεις επιλέγουν την πλάγια ευθύγραμμη τροχιά (απάντηση C) σαν συνδυασμό της αρχικής κεκτημένης δύναμης και της ασκούμενης δύναμης από τις μηχανές.



Σχήμα 7. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 7

Συμπεράσματα

Τα δεδομένα που προκύπτουν από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Hake, 1998; Van Heuvelen, 1991) που υποστηρίζουν μικρή διαφοροποίηση των ιδεών των μαθητών μετά από μια διδασκαλία παραδοσιακού τύπου με συνέπεια λίγοι μόνο φοιτητές να ανταποκρίνονται στις αρχές της νευτώνειας μηχανικής.

Οι μαθητές διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τις εναλλακτικές ιδέες τους σχετικά με την κίνηση και τη δύναμη μετά την ολοκλήρωση της κύριας διδακτικής διαδικασίας που περιλάμβανε παρουσίαση των εννοιών και των νόμων καθώς και εφαρμογή τους σε ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου και προβλήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές είχαν ήδη διαμορφωμένες απόψεις για τον τρόπο λειτουργίας των φαινομένων οι οποίες δεν τροποποιήθηκαν από τη διδακτική διαδικασία και έτσι επανεμφανίζονται αναλλοίωτες ή υβριδοποιημένες με στοιχεία από την επιστημονική γνώση.

Συγκεκριμένα από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτουν οι παρακάτω διαπιστώσεις. Μεγάλη δυσκολία εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη διάκριση και διαχείριση των εννοιών θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση. Δύο στους τρεις μαθητές επιμένουν στην εναλλακτική ιδέα ότι όταν δύο σώματα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση σε δεδομένο αδρανειακό σύστημα αναφοράς και βρίσκονται την ίδια χρονική στιγμή στην ίδια θέση θα έχουν και την ίδια ταχύτητα, ενώ το 80% των μαθητών δεν είναι σε θέση να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν την έννοια της επιτάχυνσης. Σπάνια κατανοούν και τις τρεις έννοιες. Από το 25% των μαθητών που κατάφεραν να απαντήσουν σωστά στην ερώτηση 1 (αναφέρεται στην έννοια της ταχύτητας) μόνο το 3% απαντούν σωστά και στην ερώτηση 3 που αναφέρεται στην έννοια της επιτάχυνσης.

Περισσότεροι από το 70% θεωρούν απαραίτητη την άσκηση δύναμης στο κινούμενο αντικείμενο προς την κατεύθυνση της κίνησης. Η καθημερινή παρατήρηση κινήσεων υπό την επίδραση δυνάμεων όπως η τριβή οι αντιστάσεις και η βαρύτητα επιβεβαιώνει την παραπάνω θεώρηση και θεμελιώνει την εναλλακτική ιδέα. Σχεδόν το σύνολο των παραπάνω μαθητών παραβλέπουν την απαίτηση της αλληλεπίδρασης του κινητού με κάποιον παράγοντα ως απαραίτητη συνθήκη για την εμφάνιση δύναμης και υιοθετούν την ιδέα της κεκτημένης δύναμης (*impetus*).

Από τα αποτελέσματα της έρευνας είναι φανερό ότι θεωρείται απαραίτητη η αλλαγή στη κατεύθυνση της διδακτικής διαδικασίας ακόμη και στο Λύκειο, ώστε αυτή να στοχεύει στην αποτελεσματική αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Είναι σημαντικό να αντιληφθεί ο Έλληνας εκπαιδευτικός στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ότι οι δυσκολίες των μαθητών δεν οφείλονται στην «ανοησία» και τη δυστροπία τους αλλά έχουν ρίζες στην εμπειρία και σε φαινομενικά ορθές ακολουθίες συλλογισμών. Πολλές φορές ο ανεπαρκής διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης και οι διάφορες γλωσσικές δυσκολίες κάνουν αδύνατη την προσέγγιση της γνώσης από τους μαθητές και επιφέρουν σύγχυση στην επικοινωνία τους με τον εκπαιδευτικό με αποτέλεσμα την υποτίμηση συγκεκριμένων προβλημάτων και τη θεώρηση της ευνόητης εννοιολογικής κατανόησης και συλλογιστικής παραδοχής που οδηγεί στην αποτυχημένη προσέγγιση των διδακτικών στόχων. Απαραίτητη θεωρείται η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού για την εννοιολογική αλλαγή και την πλήρη αποσαφήνιση και δόμηση εννοιών και νοητικών σχημάτων από τους μαθητές.

Αναφορές

- Arons, A. (1990). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Arons, A. (1997). *Teaching Introductory Physics*. NY: John Wiley & Sons.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043-1065.
- Halloun, I. (2006). *Inventories of Basic Conceptions*. Retrieved 10 June 2011 from www.halloun.net
- Hestenes, D., & Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30(3) 159-166.
- Hestenes D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory, *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Knight, R. (2006). *Πέντε εύκολα μαθήματα – Στρατηγικές για την επιτυχή διδασκαλία της Φυσικής*. Αθήνα: Διάσολος.
- McCloskey, M., Camarazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear Motion in the Absence of External Forces. *Science*, 210(4474), 1139-1141.
- McDermott, L., Rosenquist, M., & van Zee, E. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503- 513.
- McDermott, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37(7), 24-32.
- McDermott, L. (1991). What we teach and what is learned-closing the gap. *American Journal of Physics*, 59, 301-315.

- Thornton, R., & Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer -based tools. *American Journal of Physics*, 58, 858-867.
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59, 891- 897.

Αναφορά στο άρθρο ως: Καράογλου, Γ., Κώτσος, Θ. Κ., & Ρίζος, Ι. (2010). Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της κίνησης, σε μαθητές της Α' Λυκείου, με τη χρήση του I.B.C.M. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(2), 85-95.

<http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>