

Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 3, Αρ. 1 (2010)



Η χρήση του I.B.C.M για την ανάδειξη του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Newton στις συλλογιστικές δομές των μαθητών της Α΄ Λυκείου

Γιώργος Καράογλου, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Ιωάννης Ρίζος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καράογλου Γ., Κώτσης Κ. Θ., & Ρίζος Ι. (2010). Η χρήση του I.B.C.M για την ανάδειξη του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Newton στις συλλογιστικές δομές των μαθητών της Α΄ Λυκείου. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(1), 17-30. ανακτήθηκε από <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/thete/article/view/44631>

Η χρήση του I.B.C.M για την ανάδειξη του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Newton στις συλλογιστικές δομές των μαθητών της Α΄ Λυκείου

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

¹ο ΕΠΑΛ Δράμας

²Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

³Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη. Η ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών της Α΄ Λυκείου, και η διερεύνηση της συχνότητας εμφάνισης αυτών καθώς και των ορθών συλλογιστικών δομών που αναφέρονται στους νόμους του Newton έγινε διαμέσου της εφαρμογής τους σε διαφορετικές καταστάσεις. Η έρευνα στηρίχθηκε σε ένα νέο ερωτηματολόγιο βασισμένο σε παλαιότερα πολύ διαδεδομένα τεστ τα οποία εφαρμόστηκαν σε πολλές διεθνείς έρευνες. Οι απαντήσεις καταγράφουν την αδυναμία των μαθητών να εφαρμόσουν τους νόμους του Newton. Ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας να καθοδηγήσει τους μαθητές στην επίτευξη κριτικής αντιμετώπισης της γνώσης όπως αυτή αντικατοπτρίζεται μέσω της δυνατότητας εφαρμογής των νόμων του Newton

Εισαγωγή

Οι εφαρμογές των νόμων του Newton αποτελούν αντικείμενο καθημερινής βιωματικής εμπειρίας από τους μαθητές. Η εμφάνιση όμως δυνάμεων όπως οι αντιστάσεις, η τριβή, και η βαρύτητα που δεν αναγνωρίζονται ούτε συνοπολογίζονται από τους μαθητές καθώς και η ελλιπής κατανόηση κομβικών εννοιών όπως η ταχύτητα και η επιτάχυνση τους οδηγεί στη θεμελίωση εναλλακτικών συλλογιστικών δομών. Πολλές έρευνες έχουν γίνει για τη διερεύνηση αυτών των εναλλακτικών συλλογιστικών δομών. Για παράδειγμα οι μαθητές θεωρούν ότι προκειμένου να διατηρείται σταθερή η ταχύτητα ενός αντικείμενου είναι αναγκαία η άσκηση σταθερής δύναμης σε αυτό προς την κατεύθυνση της κίνησης (Halloun & Hestenes, 1985). Η παραπάνω αριστοτελική θεώρηση αποτελεί βασική εναλλακτική ιδέα των μαθητών οι οποίοι είναι πολύ δύσκολο να σταματήσουν να θεωρούν την ηρεμία απολύτως διαφορετική κατάσταση από την κίνηση και να δεχθούν την ίδια συνθήκη (νόμο αδράνειας) για τις δύο καταστάσεις. Η σύνδεση της δύναμης με την κίνηση θεωρείται τόσο ισχυρή που τους ωθεί να ανακαλύπτουν δυνάμεις ακόμη και όταν δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των σωμάτων όπως στην περίπτωση της κεκτημένης δύναμης. (Arons, 1997). Όπως αναφέρεται από τον Knight (2006) για αυτές τις περιπτώσεις: «μια τέτοια δύναμη κίνησης φαίνεται ότι έχει κατά κάποιο τρόπο μνήμη και θυμάται τις προηγούμενες κινήσεις».

Οι μαθητές επίσης εύκολα διαμορφώνουν την αντίληψη της αναλογίας ταχύτητας-δύναμης (για τη μεταβολή της ταχύτητας απαιτείται ανάλογη μεταβολή της ασκούμενης δύναμης). Έτσι για την αύξηση του μέτρου της ταχύτητας ενός σώματος χρειάζεται να αυξηθεί ανάλογα και η δύναμη που ασκείται σε αυτό πάνω στη κατεύθυνση της κίνησης ενώ για τη μείωση του μέτρου της ταχύτητας πρέπει να ελαττωθεί ανάλογα και το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο σώμα πάντα προς την κατεύθυνση της κίνησης. Διαπιστώνεται ότι η ταχύτητα παίρνει τη θέση της επιτάχυνσης στο δεύτερο νόμο του Newton. Χαρακτηριστική είναι η έρευνα με Γάλλους, Βέλγους και Αγγλούς μαθητές Λυκείου οι οποίοι θεώρησαν

απαραίτητη την ύπαρξη δύναμης με μέτρο ανάλογο της ταχύτητας μιας μπάλας για να ερμηνεύσουν την κατακόρυφη κίνησή της (Viennot, 1979).

Κατά την αλληλεπίδραση των σωμάτων στο νόμο δράσης - αντίδρασης παρουσιάζονται δυσκολίες όσον αφορά τον προσδιορισμό και την τοποθέτηση των δυνάμεων. Οι μαθητές θεωρούν τη δύναμη ως συστατικό των σωμάτων και δέχονται ότι το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα ή το ταχύτερο σώμα θα ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη, έτσι η αλληλεπίδραση αντιμετωπίζεται ως μια σύγκρουση στην οποία ο ισχυρότερος νικά. Η άποψη στηρίζεται στην καθημερινή εμπειρία όπως ερμηνεύεται από την κοινή λογική όπου το αποτέλεσμα μιας σύγκρουσης είναι πιο καταστροφικό για το σώμα μικρότερης μάζας και κάνοντας τη σύνδεση του αποτελέσματος με την αιτία συμπεραίνουν ότι το σώμα μεγαλύτερης μάζας ασκεί και μεγαλύτερη δύναμη. Τα αποτελέσματα των ερευνών των Minstrell (1982) και Maloney (1984) επιβεβαιώνουν την παραπάνω θεώρηση ενώ οι Halloun & Hestenes (1985), εύστοχα απέδωσαν στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης δύο σωμάτων τον όρο «αρχή της κυριαρχίας».

Δυσκολίες εμφανίζονται στην κατανόηση της ύπαρξης δυνάμεων κατά την αλληλεπίδραση άψυχων σωμάτων. Πολλοί μαθητές έχουν την πρωτογενή αντίληψη ότι οι δυνάμεις ασκούνται μόνο από έμψυχα σώματα και αδυνατούν να δεχθούν ότι το τραπέζι ή το πάτωμα ασκούν δύναμη στο αντικείμενο που βρίσκεται στην επιφάνεια τους. Επίσης στην περίπτωση της αλληλεπίδρασης με δράση από απόσταση δεν διακρίνουν τις δύο διαφορετικές δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα λόγω της αδυναμίας τους να ερμηνεύσουν το μηχανισμό μεταφοράς της δύναμης όταν τα σώματα δεν είναι σε επαφή (στο στάδιο της ανάπτυξης των εννοιών μελετούνται σχεδόν αποκλειστικά δυνάμεις από επαφή). (Arons, 1990)

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η συχνότητα εμφάνισης των εναλλακτικών συλλογιστικών δομών καθώς και των επιστημονικά ορθών νόμων της Νευτώνειας Δυναμικής από τους μαθητές της Α' Λυκείου μετά την ολοκλήρωση της τυπικής διδακτικής διαδικασίας. Η αναγκαιότητα της έρευνας έγκειται στην ερευνητική απεικόνιση της πραγματικότητας στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, όπου σθεναρά αντιστέκεται στις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις της Φυσικής.

Έρευνα

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιείται είναι το Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (IBCM) που δημιουργήθηκε από τον Halloun το 2005, και μεταφράστηκε από τους Ι. Ρίζο και Γ. Καράογλου το 2007. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια από τις πρώτες εφαρμογές του ερωτηματολογίου IBCM, με την άδεια του δημιουργού του.

Είναι ένα τεστ με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και προορίζεται για να εξακριβώσει το βαθμό στον οποίο έχουν καταφέρει οι σπουδαστές να αναπτύξουν την κριτική γνώση παρά τη σειρά 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). 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. 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).

Στο ερωτηματολόγιο απάντησαν οι μαθητές της Α' Λυκείου (40 κορίτσια και 31 αγόρια) σε σχολείο αγροτικής περιοχής του νομού Καβάλας.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που αναφέρονται στους νόμους του Newton, και επιχειρείται ένας σχολιασμός των απαντήσεων των μαθητών στην κάθε ερώτηση.

Στο παράρτημα βρίσκονται οι εκφωνήσεις των ερωτήσεων όπως δόθηκαν στους μαθητές.

Αποτελέσματα

1^{ος} Νόμος του Newton

Ερώτηση 1: Με τις μηχανές του οβηστές ένα διαστημόπλοιο κινείται πλάγια με σταθερή ταχύτητα και σε ευθεία γραμμή ξεκινώντας από το σημείο P (εικόνα 1).



Εικόνα 1

Ποιες από τις παρακάτω δυνάμεις είναι υπεύθυνες για την κίνηση του διαστημοπλοίου όπως περιγράφεται παραπάνω πέρα από το σημείο P;

F₁: Μια δύναμη στη κατεύθυνση της κίνησης ασκούμενη από μερικούς πλανήτες ή άλλα ουράνια αντικείμενα

F₂: Μια δύναμη στη κατεύθυνση της κίνησης που οφείλεται στην αρχική ώθηση του διαστημοπλοίου πριν φτάσει στο P

F₃: Μια εσωτερική ώθηση η οποία αναπτύσσεται σταδιακά από το διαστημόπλοιο καθώς αυτό κινείται πέρα από το P

A) **F₁**

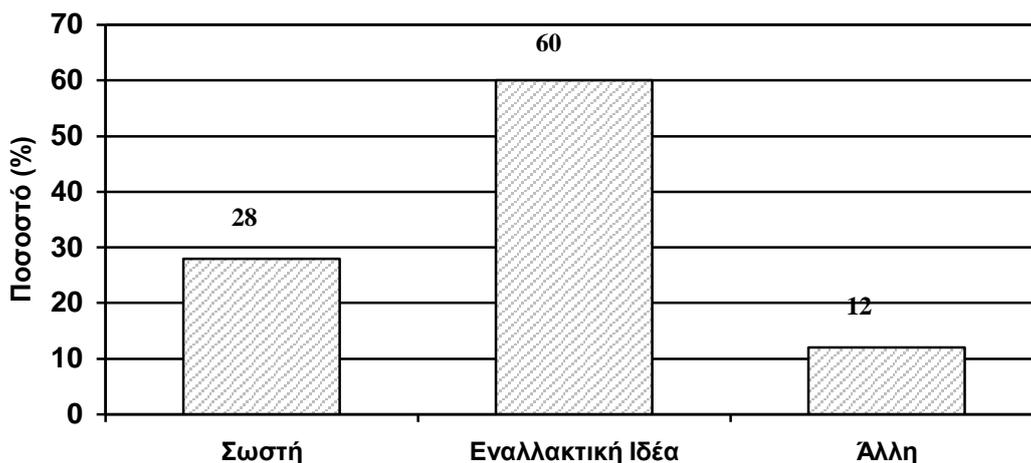
B) **F₂**

Γ) **F₃**

Δ) Ένας συνδυασμός από τις παραπάνω δυνάμεις.

E) Καμία. Το διαστημόπλοιο μπορεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα σε ευθεία γραμμή χωρίς να οδηγείται από κάποιες εσωτερικές ή εξωτερικές δυνάμεις

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 1.

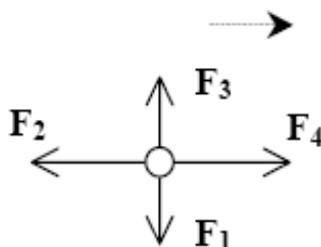


Σχήμα 1. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 1.

Οι μαθητές σε ποσοστό 28% απαντούν σωστά (απάντηση Ε) ότι το διαστημόπλοιο κινείται με σταθερή ταχύτητα χωρίς την επίδραση δύναμης. Οι υπόλοιποι μαθητές λειτουργούν σύμφωνα με την αριστοτελική άποψη που θεωρεί απαραίτητη για κάθε κίνηση μια αιτία. Το 60% επιλέγουν μια κεκτημένη δύναμη που οφείλεται στην αρχική ώθηση του διαστημοπλοίου πριν ακόμη αυτό φθάσει στο σημείο P (απάντηση Β), ενώ το 12% των μαθητών που αναφέρεται στις άλλες απαντήσεις αναγνωρίζουν ένα συνδυασμό δυνάμεων (απάντηση Δ).

Σε διεθνείς έρευνες αναφέρονται υψηλά ποσοστά φοιτητών (φθάνει το 60%) που υποστηρίζουν την εμφάνιση κεκτημένης δύναμης προς την κατεύθυνση της κίνησης. (Van Heuvelen, 1991; Driver, 2000)

Ερώτηση 2: Τέσσερις δυνάμεις F_1 , F_2 , F_3 , και F_4 ασκούνται μαζί σε ένα μικρό και λεπτό δίσκο του χόκεϋ (εικόνα 2). Ο δίσκος κινείται με σταθερή ταχύτητα κατά μήκος μιας ευθείας στην ίδια κατεύθυνση με τη δύναμη F_4 . Τα διανύσματα στο παρακάτω σχήμα αντιπροσωπεύουν τις κατευθύνσεις των τεσσάρων δυνάμεων αλλά όχι το μέγεθος τους.



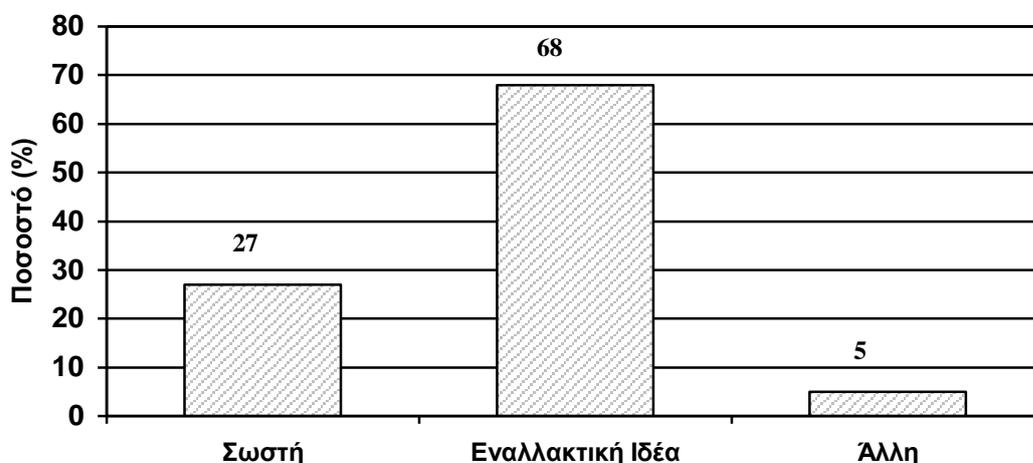
Εικόνα 2

Ποια από τις παρακάτω απαντήσεις αντιπροσωπεύει καλύτερα τη σχέση που έχουν μεταξύ τους τα μέτρα των δυνάμεων;

- Α) $F_4 = F_2$ και $F_3 = F_1$
- Β) $F_4 = F_2$ και $F_3 > F_1$
- Γ) $F_4 > F_2$ και $F_3 > F_1$
- Δ) $F_4 > F_2$ και $F_3 = F_1$

E) $F_4 > F_2$ και $F_3 < F_1$

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 2.

Το 27% των μαθητών απαντούν σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Newton (απάντηση Α). Το 68% επιλέγουν την απάντηση Δ δηλαδή τοποθετούν τη μεγαλύτερη δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης εκφράζοντας την απαίτηση της άσκησης σταθερής δύναμης στην ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητα.

Ερώτηση 3: Σπρώχνετε ένα κιβώτιο με σταθερή οριζόντια δύναμη F , με αποτέλεσμα το κιβώτιο να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα v_0 πάνω σε οριζόντιο δάπεδο.

Θεωρείστε τις ακόλουθες δύο δυνάμεις:

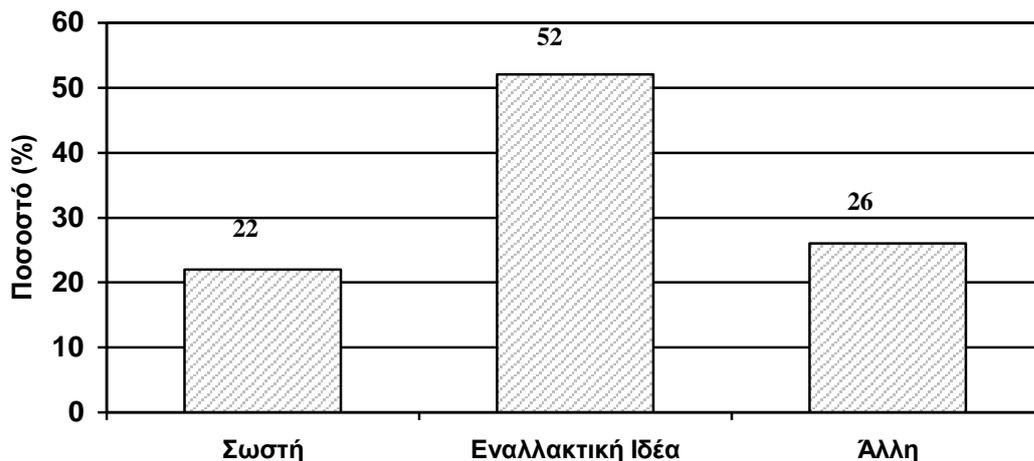
F_1 : Το βάρος του κιβωτίου

F_2 : Η οριζόντια δύναμη που αντιστέκεται στη κίνηση του κιβωτίου

Το μέτρο της δύναμης F που ασκείται στο κιβώτιο είναι:

- A) Ίση με ο μέτρο της F_1
- B) Μεγαλύτερο από το μέτρο της F_1
- Γ) Ίσο με το μέτρο της F_2
- Δ) Μεγαλύτερο από το μέτρο της F_2
- E) Μεγαλύτερο από το μέτρο της καθεμιάς από τις F_1 ή F_2

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 3.



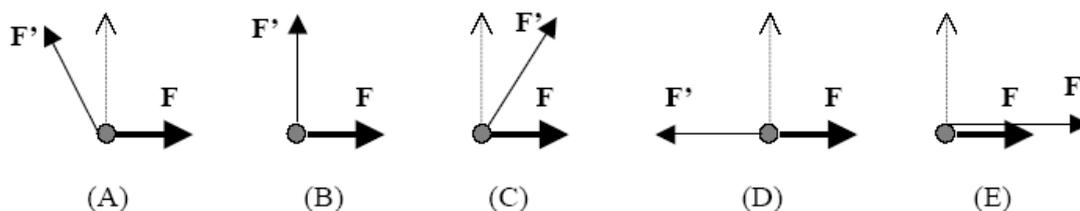
Σχήμα 3. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 3.

Οι μαθητές σε ποσοστό 22% επιλέγουν τη σωστή απάντηση Γ. Οι υπόλοιποι θεωρούν απαραίτητη την εφαρμογή μιας δύναμης μεγαλύτερης από την αντίσταση με κατεύθυνση ίδια με την κίνηση. Από αυτούς το 52%, απαντούν ότι το μέτρο της δύναμης F είναι μεγαλύτερο από το μέτρο της F_2 (απάντηση Δ) ενώ το 26% στις άλλες απαντήσεις πιστεύουν επιπρόσθετα ότι η δύναμη F πρέπει να είναι μεγαλύτερη και από το βάρος του κιβωτίου (απάντηση Ε).

Οι Halloun & Hestenes (1985) αναφέρουν στην έρευνα τους ότι το 54% των φοιτητών ακόμη και μετά τη διδασκαλία του μαθήματος της εισαγωγικής φυσικής χρησιμοποιούν τουλάχιστο μια φορά την ιδέα ότι υπό την επίδραση σταθερής δύναμης ένα αντικείμενο κινείται με σταθερή ταχύτητα και το 65% υποστηρίζουν ότι για κάθε κίνηση υπάρχει μια αιτία.

2^{ος} Νόμος του Newton

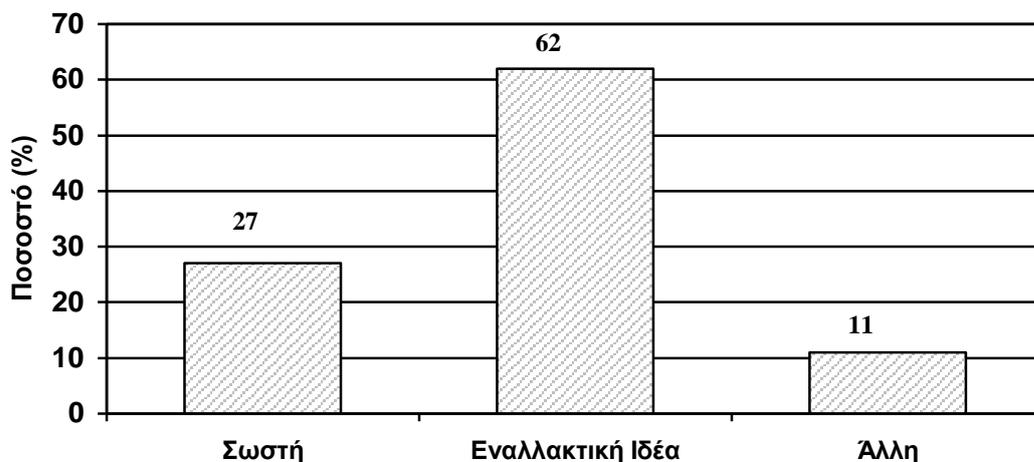
Ερώτηση 4: Όταν οι δυο σταθερές δυνάμεις F και F' (εικόνα 3) ασκούνται ταυτόχρονα στο δίσκο σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του, η ταχύτητα του δίσκου:



Εικόνα 3

- A) Ελαττώνεται συνεχώς
- B) Παραμένει σταθερή
- Γ) Παραμένει σταθερή για λίγο και αυξάνεται μετά
- Δ) Αυξάνεται συνεχώς
- Ε) Αυξάνεται για λίγο και παραμένει σταθερή μετά

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 4.



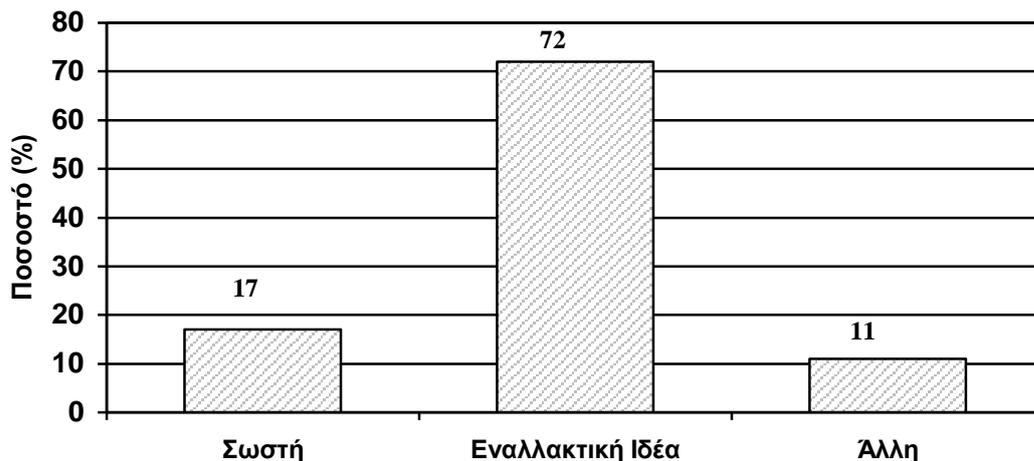
Σχήμα 4. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 4.

Το 27% των μαθητών απαντά σωστά επιλέγοντας το μέτρο της ταχύτητας να αυξάνεται συνεχώς (απάντηση Δ). Το 62%, δηλώνουν ότι η ταχύτητα αυξάνεται για λίγο και παραμένει σταθερή μετά (απάντηση Ε). Τοποθετούν την αύξηση του μέτρου τη στιγμή της επίδρασης των δυνάμεων πάνω στο δίσκο και κατόπι θεωρούν ότι το μέτρο σταθεροποιείται σε συμφωνία με την εναλλακτική ιδέα: «Σταθερή δύναμη επιφέρει σταθερή ταχύτητα ανάλογη με αυτή». Οι υπόλοιποι μαθητές στις άλλες απαντήσεις επέλεγον σταθερή ταχύτητα από την αρχή συμφωνώντας με την εναλλακτική ιδέα της αναλογίας δύναμης - ταχύτητας (απάντηση Β).

Ερώτηση 5: Αν μόνο μια δύναμη μπορεί να ασκηθεί στο δίσκο σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του, τι θα μπορούσε να γίνει ώστε να διατηρηθεί η κίνηση του δίσκου πάνω στην ίδια ευθεία και με την ίδια μορφή ταχύτητας που περιέγραψες στην απάντησή σου στην προηγούμενη ερώτηση;

- Α) Να κλωτήσουμε το δίσκο προς την κατεύθυνση των κουκίδων με το βέλος και να τον αφήσουμε να γλιστρά ελεύθερα χωρίς την επίδραση δύναμης επάνω του
- Β) Ασκείται μόνο μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης με τιμή ανάλογη με τη ταχύτητα του δίσκου σε κάθε χρονική στιγμή
- Γ) Ασκείται συνεχώς μια μόνο σταθερή δύναμη προς τη κατεύθυνση της κίνησης με τιμή ίση με τη διαφορά των τιμών των F και F'
- Δ) Ασκείται συνεχώς μια μόνο σταθερή δύναμη προς τη κατεύθυνση της κίνησης με τιμή ίση με το άθροισμα των τιμών των F και F'
- Ε) Ασκείται συνεχώς μια μόνο σταθερή δύναμη προς τη κατεύθυνση της κίνησης με τιμή μικρότερη από το άθροισμα των τιμών των F και F'

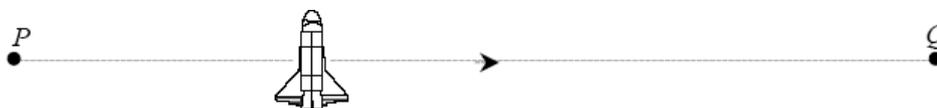
Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 5.

Το 17% των μαθητών επιλέγει τη σωστή απάντηση Ε, από αυτούς όμως οι μισοί είχαν επιλέξει σταθερή ταχύτητα για το δίσκο στην εξέλιξη της κίνησης στην προηγούμενη ερώτηση συμφωνώντας με την εναλλακτική ιδέα που θεωρεί τη δύναμη ανάλογη με την ταχύτητα. Το 72% υποστηρίζουν ότι ασκείται μόνο μια δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης με τιμή ανάλογη με την ταχύτητα του δίσκου κάθε χρονική στιγμή (απάντηση Β).

Ερώτηση 6: Όταν το διαστημόπλοιο της ερώτησης 1 φτάσει στο σημείο Q (εικόνα 4) οι μηχανές του μπαίνουν σε λειτουργία και του ασκούν σταθερή δύναμη κάθετη στην ευθεία PQ

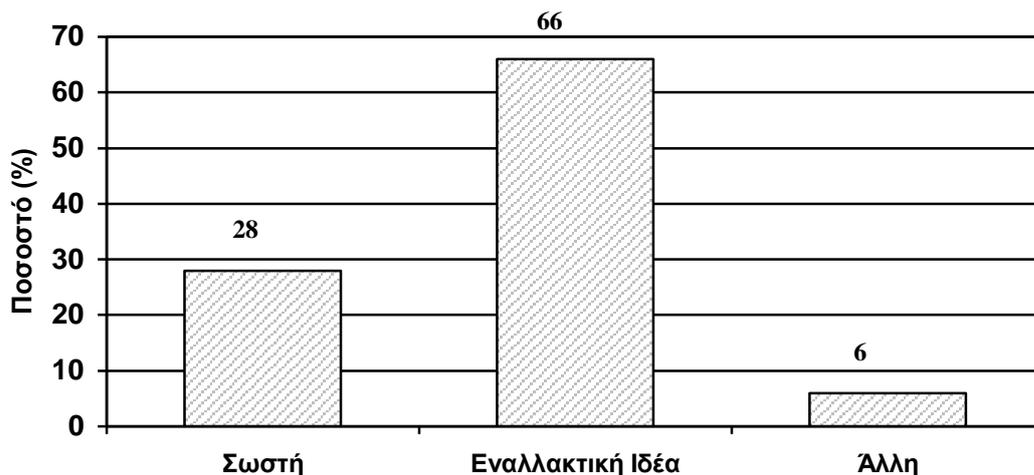


Εικόνα 4

Η ταχύτητα του διαστημοπλοίου μετά την εφαρμογή της δύναμης

- A) Μειώνεται συνεχώς
- B) Παραμένει σταθερή
- Γ) Παραμένει σταθερή για λίγο και μειώνεται μετά
- Δ) Αυξάνεται συνεχώς
- Ε) Αυξάνεται για λίγο και μετά παραμένει σταθερή

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 6.



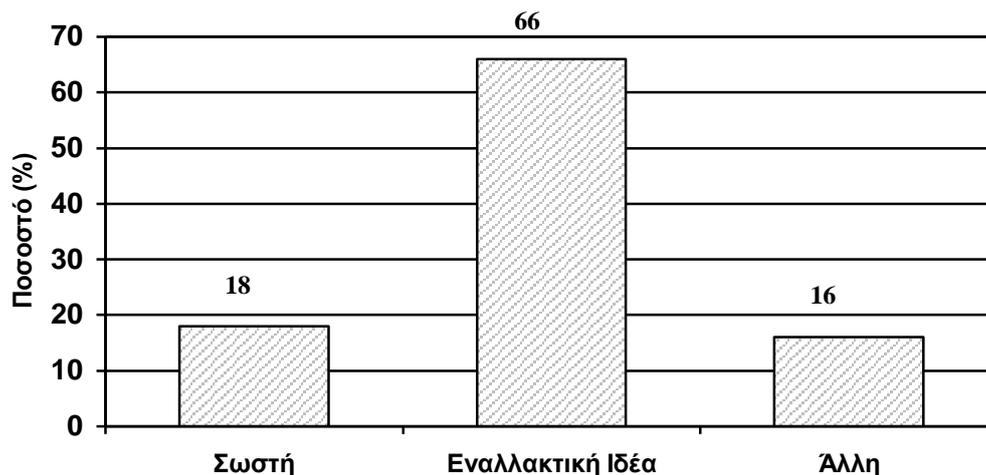
Σχήμα 6. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 6.

Οι μαθητές σε ποσοστό 28% απαντούν σωστά (απάντηση Δ), το 66% όμως δέχονται ότι η ταχύτητα αυξάνεται για λίγο και μετά παραμένει σταθερή (απάντηση Ε). Οι τελευταίοι οδηγούνται σε μια κατ' αρχήν αύξηση της ταχύτητας με την εφαρμογή της δύναμης και σταθεροποίηση της στη συνέχεια σύμφωνα με την εναλλακτική ιδέα που θεωρεί τη δύναμη ανάλογη με την ταχύτητα που αποκτά το κινούμενο σώμα.

Ερώτηση 7: Σπρώχνετε το κιβώτιο της ερώτησης 3 στο ίδιο πάτωμα με σταθερή οριζόντια δύναμη η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από τη δύναμη F που ασκούσατε στην παραπάνω ερώτηση. Το κιβώτιο κινείται:

- A) Με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης
- B) Με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης αλλά όχι διπλάσια
- Γ) Για λίγο σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από τη ταχύτητα του κιβωτίου v_0 της προηγούμενης ερώτησης, και μετά με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα
- Δ) Με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα
- Ε) Για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται, και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 7.



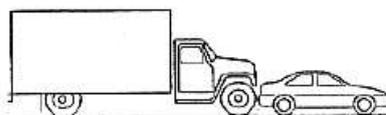
Σχήμα 7. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 7.

Το 18% των μαθητών απαντούν σωστά σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Newton (απάντηση Δ), το 66% όμως ισχυρίζονται ότι το κιβώτιο θα κινείται με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από την αρχική ταχύτητα κίνησης v_0 (απάντηση Α), ενώ το 14% από τις άλλες απαντήσεις υποστηρίζουν ότι το κιβώτιο κινείται για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου (απάντηση Ε). Οι τελευταίοι υποστηρίζουν μια αρχική αύξηση στην ταχύτητα μέχρι να επιτευχθεί τιμή ανάλογη της ασκούμενης δύναμης, και σταθεροποίηση της στη συνέχεια.

Η αναλογία της ταχύτητας με την ασκούμενη δύναμη διαπιστώνεται και σε έρευνες με σπουδαστές δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Viennot, 1979; Osborne, 1984; Sequeira & Leite, 1991)

3^{ος} Νόμος του Newton

Ερώτηση 8: Ένα επιβατικό αυτοκίνητο χάλασε σε ένα οριζόντιο δρόμο. Ένα μεγάλο φορτηγό σπρώχνει το αυτοκίνητο πίσω στη πόλη (εικόνα 5).

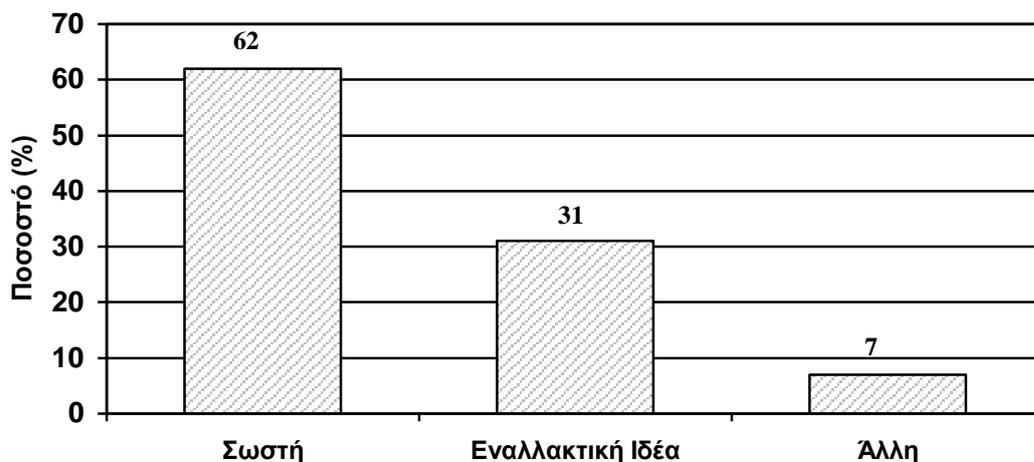


Εικόνα 5

Όταν το φορτηγό ακουμπάει το αυτοκίνητο και αρχίζει να το σπρώχνει:

- A) Τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο
- B) Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό
- Γ) Το φορτηγό αρχικά ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο και μετά από λίγη ώρα το αυτοκίνητο αρχίζει να ασκεί δύναμη στο φορτηγό
- Δ) Το αυτοκίνητο αρχικά ασκεί δύναμη στο φορτηγό και μετά από λίγη ώρα το φορτηγό αρχίζει να ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο
- Ε) Τα δύο οχήματα ασκούν δυνάμεις το ένα στο άλλο ταυτόχρονα

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 8.

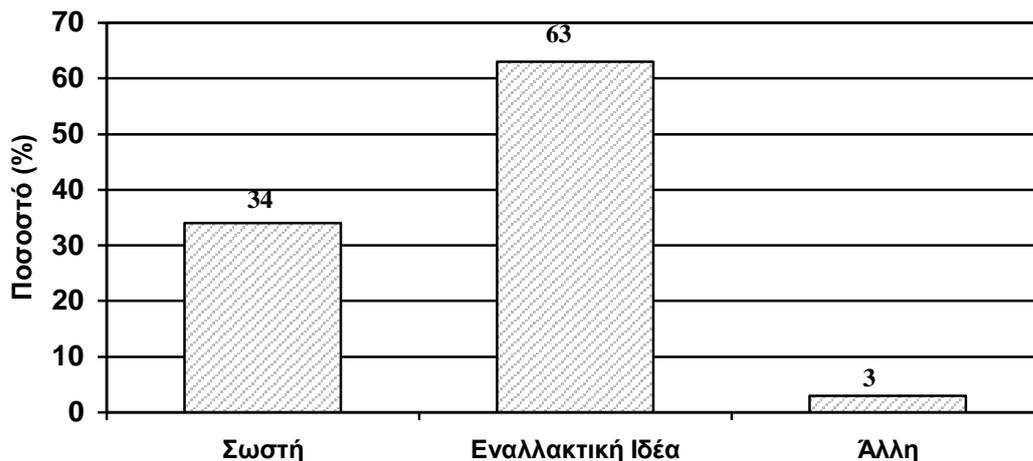
Το 62% των μαθητών απαντά σωστά ότι οι δύο δυνάμεις εμφανίζονται ταυτόχρονα στα οχήματα (απάντηση Ε). Το 31 % των μαθητών υποστηρίζουν ότι το φορτηγό αρχικά ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο και μετά από λίγη ώρα το αυτοκίνητο αρχίζει να ασκεί δύναμη στο φορτηγό (απάντηση Γ), εκφράζοντας την εναλλακτική ιδέα ότι αρχικά τουλάχιστον δύναμη ασκεί μόνο αυτός που σπρώχνει δηλαδή το ενεργό αίτιο όπως είναι γνωστό.

Οι μαθητές που βρίσκονται στις άλλες απαντήσεις ισχυρίζονται ότι μόνο το φορτηγό ασκεί δύναμη στο επιβατικό αυτοκίνητο (απάντηση Β).

Ερώτηση 9: Όταν το φορτηγό της προηγούμενης ερώτησης, αρχίζει να μετακινεί το αυτοκίνητο στον οριζόντιο δρόμο

- A) Τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο
- B) Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό
- Γ) Τα δύο οχήματα ασκούν, το ένα στο άλλο, δυνάμεις με ίσα μέτρα
- Δ) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη
- Ε) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 9.

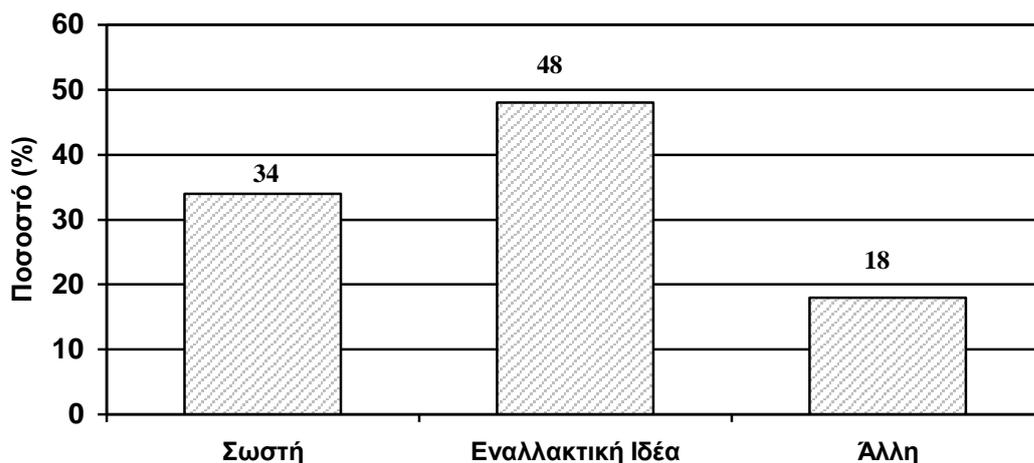
Σωστά απαντούν το 34% των μαθητών (απάντηση Γ). Οι περισσότεροι μαθητές, σε ποσοστό 63%, δέχονται ότι κάθε σώμα ασκεί δύναμη στο άλλο αλλά το φορτηγό ασκεί τη μεγαλύτερη (απάντηση Δ). Η απάντηση φανερώνει την εναλλακτική ιδέα που κυριαρχεί στους μαθητές, ότι το πιο ενεργό σώμα δηλαδή αυτό με τη μεγαλύτερη μάζα ή αυτό που προκαλεί την κίνηση ασκεί και τη μεγαλύτερη δύναμη, θεωρώντας τη δύναμη ως εσωτερική ιδιότητα των σωμάτων και όχι ως προϊόν της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης.

Η αντίληψη ότι το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα ασκεί και τη μεγαλύτερη δύναμη καταγράφεται από πλήθος ερευνών (Minstrell, 1982; Maloney, 1984; Sabanand & Kess, 1990; Sequeira & Leite, 1991)

Ερώτηση 10: Μετά από λίγο το φορτηγό αποκτά μια ταχύτητα την οποία κατόπιν διατηρεί σταθερή. Καθώς το φορτηγό σπρώχνει το αυτοκίνητο με αυτή τη σταθερή ταχύτητα:

- A) Τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο
- B) Το φορτηγό ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο αλλά το αυτοκίνητο δεν ασκεί δύναμη στο φορτηγό
- Γ) Τα δύο οχήματα ασκούν, το ένα στο άλλο, δυνάμεις με ίσα μέτρα
- Δ) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη
- Ε) Κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο, αλλά το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη

Τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών φαίνονται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Οι απαντήσεις των μαθητών των ερώτηση 10.

Το 34% των μαθητών απαντούν σωστά (απάντηση Γ). Από τους αυτούς οι 2 στους 3 είχαν απαντήσει σωστά και στην προηγούμενη ερώτηση, ενώ οι υπόλοιποι είχαν ισχυριστεί αρχικά ότι κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο το φορτηγό όμως ασκεί μεγαλύτερη. Το 48% των μαθητών δέχεται ότι κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο αλλά το φορτηγό ασκεί δύναμη μεγαλύτερου μέτρου (απάντηση Δ). Τέλος στις άλλες απαντήσεις βρίσκεται ένα ποσοστό 16% των μαθητών που απάντησαν ότι τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο (απάντηση Α). Οι μαθητές αυτοί θεωρούν το επιβατικό αυτοκίνητο ως εμπόδιο στην πορεία του φορτηγού και γι' αυτό δεν ασκεί δύναμη, και το φορτηγό κινείται με σταθερή ταχύτητα οπότε δεν δέχεται ούτε ασκεί δύναμη.

Συμπεράσματα

Το 34% των μαθητών απαντούν σωστά (απάντηση Γ). Από τους αυτούς οι 2 στους 3 είχαν απαντήσει σωστά και στην προηγούμενη ερώτηση, ενώ οι υπόλοιποι είχαν ισχυριστεί αρχικά ότι κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο το φορτηγό όμως ασκεί μεγαλύτερη. Το 48% των μαθητών δέχεται ότι κάθε όχημα ασκεί δύναμη στο άλλο αλλά το φορτηγό ασκεί δύναμη μεγαλύτερου μέτρου (απάντηση Δ). Τέλος στις άλλες απαντήσεις βρίσκεται ένα ποσοστό 16% των μαθητών που απάντησαν ότι τα δύο οχήματα δεν ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο (απάντηση Α). Οι μαθητές αυτοί θεωρούν το επιβατικό αυτοκίνητο ως εμπόδιο στην πορεία του φορτηγού και γι' αυτό δεν ασκεί δύναμη, και το φορτηγό κινείται με σταθερή ταχύτητα οπότε δεν δέχεται ούτε ασκεί δύναμη.

Αναφορές

- Arons, A. (1990). Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής, εκδόσεις Τροχαλία.
- Arons, A. (1997). Teaching Introductory Physics, John Wiley & Sons, Νέα Υόρκη 1997.
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., and Wood-Robinson, V. (2000). Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Αθήνα: ΤΥΠΩΘΗΤΩ
- 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, www.Halloun.net
- Hestenes, D., and Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30(3) 159-166.
- Hestenes D., Wells M. and 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, Εκδόσεις Δίαυλος
- Maloney, D. (1984). Rule-governed approaches to physics - Newton's third law. *Physics Education* 19(1), 37-42.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the at rest condition of an object. *The Physics Teacher*, 20, 10-14.
- Osborne, R. (1984). Children's dynamics. *The Physics Teacher*, 22(8), 504-508.
- Sabanand, N., and Kess, J. (1990). Concepts in force and motion. *The Physics Teacher*, 28(8), 530-533.
- Sequeira, M., and Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75, 45.
- Van Heuvelen, A., (1991a). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59, 891- 897.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal Science Education*, 1(2), 205-221.

Αναφορά στο άρθρο ως

Καράογλου, Γ., Κώτσης, Κ. Θ., Ρίζος, Ι. (2011). Η χρήση του I.B.C.M για την ανάδειξη του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Newton στις συλλογιστικές δομές των μαθητών της Α' Λυκείου. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(1), 17-30.

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