

Εξέλιξη των αντιλήψεων φοιτητών τμήματος Φυσικής σε έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής κατά τα δύο πρώτα έτη των σπουδών τους

Ελένη Πετροχείλου¹, Ιωάννης Ρίζος¹, Ευάγγελος Μάνεσης¹, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

¹ Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

me01616@cc.uoi.gr, irizos@uoi.gr, emanesis@uoi.gr

² Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
kkotsis@cc.uoi.gr

Περίληψη. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων με φοιτητές του τμήματος Φυσικής. Στόχος της έρευνας είναι να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των φοιτητών για τις έννοιες της Νευτώνειας Δυναμικής και να προσδιορισθεί ο βαθμός στον οποίο αλλάζουν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους στο τμήμα Φυσικής. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο «Force and Motion Conceptual Evaluation», που ανέπτυξαν οι K.R. Thornton και R.D. Sokoloff και έχει χρησιμοποιηθεί σε σειρά ερευνών σε εκπαιδευτικά ιδρύματα του εξωτερικού. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι σε μεγάλο ποσοστό οι φοιτητές δεν κατέχουν τη νευτώνεια άποψη για τις δυνάμεις και την κίνηση, αλλά εκφράζουν την αριστοτελική ή ένα συνδυασμό των δύο. Επιπλέον, η σύγκριση της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο των νεοεισερχόμενων και δευτεροετών φοιτητών, έδειξε ότι οι φοιτητές κατά τη διάρκεια των σπουδών τους αλλάζουν σε σημαντικό βαθμό τις ιδέες τους για τις έννοιες της Νευτώνειας Δυναμικής.

Εισαγωγή

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έδειξε ότι πολλοί μαθητές, αλλά και φοιτητές, εκφράζουν ιδέες για τις έννοιες της νευτώνειας Δυναμικής που παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία με τις θεωρίες του Αριστοτέλη και του Buridan για την κίνηση των σωμάτων (Stinner, 1994). Για τις κινήσεις που περιγράφονται από τον 1^ο και το 2^ο νόμο του Newton, οι έρευνες (π.χ. Viennot, 1979, Clement, 1982, Sequeira κ.α, 1991 και Itza – Ortiz κ.α., 2004) έδειξαν ότι πολλοί μαθητές και φοιτητές εκφράζουν ένα σύστημα τεσσάρων κανόνων, οι οποίοι δεν είναι σύμφωνοι με την επιστημονική γνώση. Σύμφωνα με τους κανόνες αυτούς :

1. Όταν ασκείται μια δύναμη σ' ένα σώμα αυτό θα κινηθεί.
2. Υπό την επίδραση μιας σταθερής δύναμης, τα σώματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα.
3. Το μέτρο της ταχύτητας είναι ανάλογο προς το μέτρο της δύναμης. Η επιτάχυνση οφείλεται σε δυνάμεις αυξανόμενου μέτρου.
4. Απουσία δυνάμεων, τα σώματα είναι ακίνητα ή αν κινούνται (επειδή αποθήκευσαν εσωτερική δύναμη όταν ενεργούσαν προηγουμένως δυνάμεις), επιβραδύνονται καταναλώνοντας την αποθηκευμένη εσωτερική δύναμη.

Για την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων πολλοί μαθητές και φοιτητές πιστεύουν ότι (Maloney, 1984, Terry κ.α., 1986, Brown, 1989 και Sabanand, 1990):

1. Το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη, ανεξάρτητα από το είδος της κίνησής τους.
2. Σε ακίνητα σώματα οι δυνάμεις είναι ίσες. Σε κινούμενα σώματα, μεγαλύτερη δύναμη ασκεί α) το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα β) η «αιτία» της αλληλεπίδρασης (δηλαδή το σώμα που σπρώχνει ή τραβάει).

3. Σε ακίνητα σώματα και σε σώματα που κινούνται με σταθερή ταχύτητα οι δυνάμεις είναι ίσες. Σε επιταχυνόμενα σώματα μεγαλύτερη δύναμη ασκεί α) το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα β) η «αιτία» της αλληλεπίδρασης (δηλαδή το σώμα που σπρώχνει ή τραβάει). Παρουσιάζει ενδιαφέρον να ερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο εκφράζονται οι παραπάνω ιδέες από φοιτητές Φυσικής καθώς και ο βαθμός στον οποίο αλλάζουν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους.

Η έρευνα

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε ένα διαγνωστικό τεστ της Νευτώνειας Μηχανικής, το ερωτηματολόγιο Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) (Thornton & Sokoloff, 1998). Συγκεκριμένα, μεταφράστηκαν στα ελληνικά και μελετήθηκαν – μετά από άδεια των συγγραφέων – οι 31, από τις 47, ερωτήσεις του FMCE. Οι ερωτήσεις κατανέμονται σε 7 προβλήματα, τα οποία μελετούν τους 3 νόμους του Newton και είναι τα εξής :

Πρόβλημα 1: Δύναμη σε έλκητρο (ερωτήσεις 1 έως και 7). Ένα έλκητρο κινείται σε ευθεία γραμμή πάνω σε μια παγωμένη λίμνη με διάφορους τρόπους. Ζητείται η δύναμη που πρέπει να του ασκείται έτσι ώστε να συνεχίσει να κινείται με τον ίδιο τρόπο. Κάποιες από τις ερωτήσεις του προβλήματος είναι :

1. Με ποια δύναμη θα συνεχίσει το έλκητρο να κινείται προς τα δεξιά επιταχυνόμενο με σταθερό ρυθμό (σταθερή επιτάχυνση);

2. Με ποια δύναμη θα συνεχίσει το έλκητρο να κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα;

3. Το έλκητρο κινείται προς τα δεξιά. Ποια δύναμη θα το επιβραδύνει με σταθερό ρυθμό (σταθερή επιτάχυνση);

4. Με ποια δύναμη θα συνεχίσει το έλκητρο να κινείται προς τα αριστερά επιταχυνόμενο με σταθερό ρυθμό (σταθερή επιτάχυνση);

Πρόβλημα 2: Αυτοκινητάκι σε κεκλιμένο επίπεδο (ερωτήσεις 8 έως και 10). Ένα αυτοκινητάκι κινείται προς την κορυφή ενός κεκλιμένου επιπέδου, αφού του δώσουμε ένα χτύπημα. Φτάνει σ' ένα μέγιστο ύψος κι έπειτα κινείται προς τη βάση του επιπέδου. Ζητείται η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται στις τρεις φάσεις της κίνησής του.

Πρόβλημα 3: 3^{ος} νόμος Newton επαφή (ερωτήσεις 11 έως και 14). Το πρόβλημα περιγράφει ένα φορτηγό που χάλασε κι ένα αυτοκίνητο που το σπρώχνει. Επιλέξτε την πρόταση (Α έως Ε) που συγκρίνει καλύτερα τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούν το αυτοκίνητο και το φορτηγό το ένα στο άλλο, σε κάθε μία από τις καταστάσεις 11 έως 14.

A. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι ίση (σε μέτρο) με τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

B. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι μικρότερη (σε μέτρο) από τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

Γ. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι μεγαλύτερη (σε μέτρο) από τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

Δ. Η μηχανή του αυτοκινήτου δουλεύει έτσι ώστε το αυτοκίνητο να ασκεί μια δύναμη στο φορτηγό, αλλά η μηχανή του φορτηγού δε δουλεύει οπότε δε μπορεί να ασκήσει δύναμη στο αυτοκίνητο.

E. Ούτε το αυτοκίνητο ούτε το φορτηγό ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο. Το φορτηγό κινείται απλά επειδή βρίσκεται στην πορεία του αυτοκινήτου.

11. Το αυτοκίνητο σπρώχνει το φορτηγό, αλλά όχι αρκετά ώστε να το κινήσει.

12. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, επιταχύνει μέχρι να φτάσει σε μια τελική ταχύτητα.

13. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, πιάνει μια τελική ταχύτητα και συνεχίζει να κινείται σταθερά με αυτή.

14. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, κινείται με την τελική ταχύτητα που απέκτησε και κάποια στιγμή το φορτηγό πατάει τα φρένα και αναγκάζει το αυτοκίνητο να επιβραδύνει.

Πρόβλημα 4: Γραφικές παραστάσεις (ερωτήσεις 15 έως και 22). Στο πρόβλημα αυτό οι απαντήσεις έχουν τη μορφή γραφικών παραστάσεων δύναμης-χρόνου και ζητείται η δύναμη που πρέπει να ασκείται σ' ένα αυτοκίνητο για να συνεχίσει να κινείται σε μία διάσταση με διάφορους τρόπους. Οι 5 από τις 8 αυτές ερωτήσεις είναι ίδιες με αυτές του προβλήματος 1, ώστε να αξιολογούνται οι ίδιες έννοιες και μέσω γραφικών παραστάσεων.

Πρόβλημα 5: Πέταγμα νομίματος (ερωτήσεις 23 έως και 25). Ένα παιδί πετά ένα νόμισμα προς τα πάνω στον αέρα. Το νόμισμα κινείται προς τα πάνω, φτάνει σ' ένα μέγιστο ύψος και έπειτα κινείται προς τα κάτω. Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα. Επιλέξτε μία από τις παρακάτω προτάσεις (Α έως Η) για να προσδιορίσετε τη δύναμη που ασκείται στο νόμισμα σε κάθε μία από τις καταστάσεις 23 έως 25.

A. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της είναι σταθερό.

B. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της αυξάνεται.

Γ. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της μειώνεται.

Δ. Η δύναμη είναι μηδέν.

E. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της είναι σταθερό.

Z. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της αυξάνεται.

H. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της μειώνεται.

23. Το νόμισμα κινείται προς τα πάνω.

24. Το νόμισμα βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο της κίνησης.

25. Το νόμισμα κινείται προς τα κάτω.

Πρόβλημα 6: 3^{ος} νόμος Newton σύγκρουση (ερωτήσεις 26 έως και 30). Ένα αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό συγκρούονται μετωπικά. Ζητείται να συγκριθούν τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούν τα δύο οχήματα το ένα στο άλλο τη στιγμή της σύγκρουσης. Τα οχήματα κινούνται είτε με τον ίδιο τρόπο είτε διαφορετικό. Στις ερωτήσεις 26, 27 και 28 τα αυτοκίνητα έχουν άνισες μάζες. Στις ερωτήσεις 29 και 30 έχουν την ίδια μάζα.

Πρόβλημα 7: Παιδιά σε καρέκλες (ερώτηση 31). Δύο παιδιά, διαφορετικού βάρους, κάθονται σε καρέκλες με ροδάκια. Το βαρύτερο παιδί σπρώχνει με τα πόδια του το άλλο. Ζητείται να συγκριθούν οι δυνάμεις που ασκούν τα δύο παιδιά το ένα στο άλλο τη στιγμή της ώθησης.

Λόγω τυπογραφικού λάθους στα ερωτηματολόγια που μοιράστηκαν στους φοιτητές, η μελέτη των απαντήσεων στην ερώτηση 6 του προβλήματος 1 παραλείπεται.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2005-2006. Συμμετείχαν 60 πρωτοετείς και 35 δευτεροετείς φοιτητές του τμήματος Φυσικής. Οι πρωτοετείς φοιτητές απάντησαν στο ερωτηματολόγιο πριν διδαχθούν τις σχετικές έννοιες στο μάθημα της Γενικής Φυσικής 1 και οι δευτεροετείς μετά τη διδασκαλία της Γενικής Φυσικής 1 και της Κλασικής Μηχανικής 1 και 2.

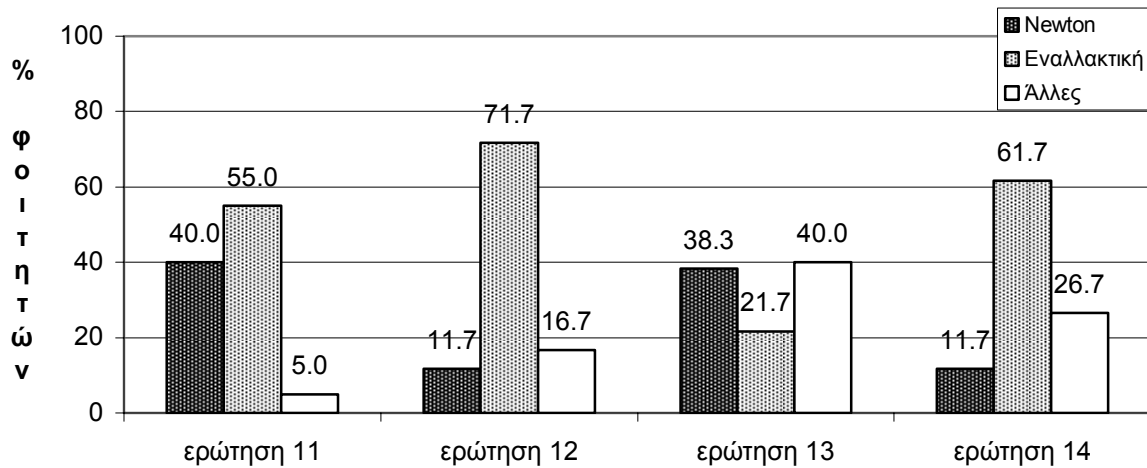
Σκοπός της έρευνας είναι να προσδιορισθεί ο βαθμός στον οποίο εκφράζουν οι φοιτητές Φυσικής τις νευτώνειες και τις εναλλακτικές ιδέες για τις έννοιες της Νευτώνειας Δυναμικής. Δεύτερος στόχος είναι να συγκριθούν οι απαντήσεις των φοιτητών των δύο δειγμάτων και να ελεγχθεί αν η διαφορά στην επίδοσή τους είναι σημαντική.

Τα αποτελέσματα της έρευνας επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια των προγραμμάτων Microsoft Office Excel και SPSS for Windows.

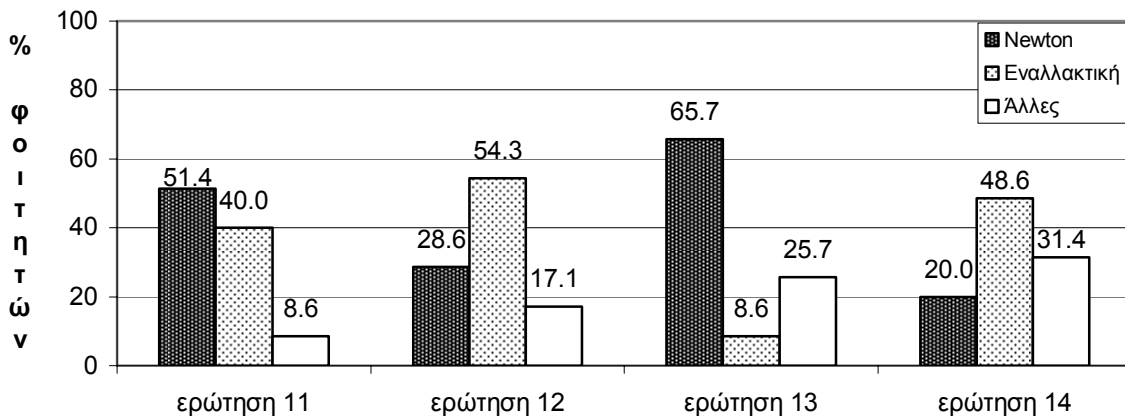
Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αναλυτικά μόνο τα δύο από τα επτά προβλήματα. Στα σχήματα 1 και 2 φαίνονται οι απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις του προβλήματος 3. Στην πρώτη στήλη κάθε ερώτησης φαίνεται το ποσοστό φοιτητών που επέλεξαν τη νευτώνεια απάντηση. Στη δεύτερη στήλη φαίνεται το ποσοστό φοιτητών που επέλεξαν την

πιο χαρακτηριστική εναλλακτική ιδέα και στην τρίτη στήλη κάθε ερώτησης περιλαμβάνονται όλες οι υπόλοιπες απαντήσεις.



Σχήμα 1. Οι απαντήσεις των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής στις ερωτήσεις του προβλήματος 3.

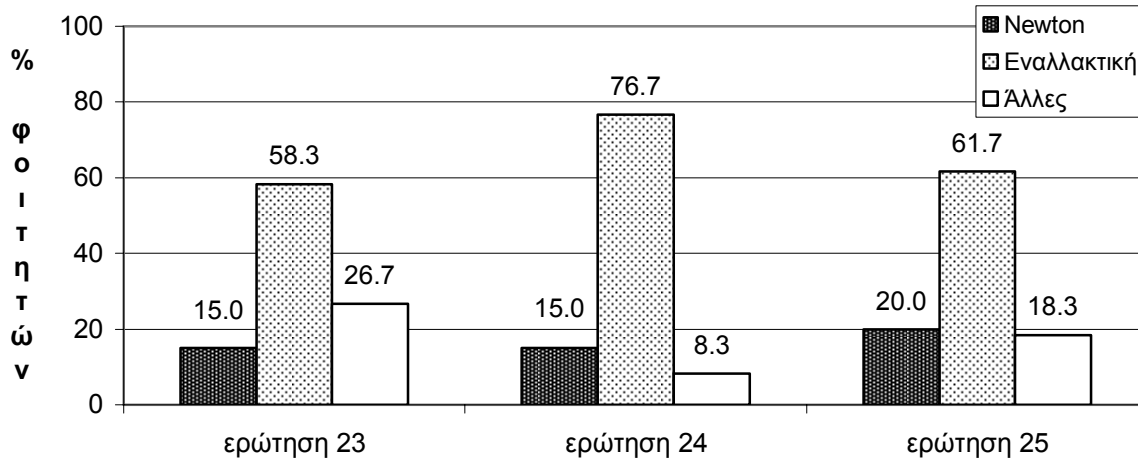


Σχήμα 2. Οι απαντήσεις των δευτεροετών φοιτητών Φυσικής στις ερωτήσεις του προβλήματος 3.

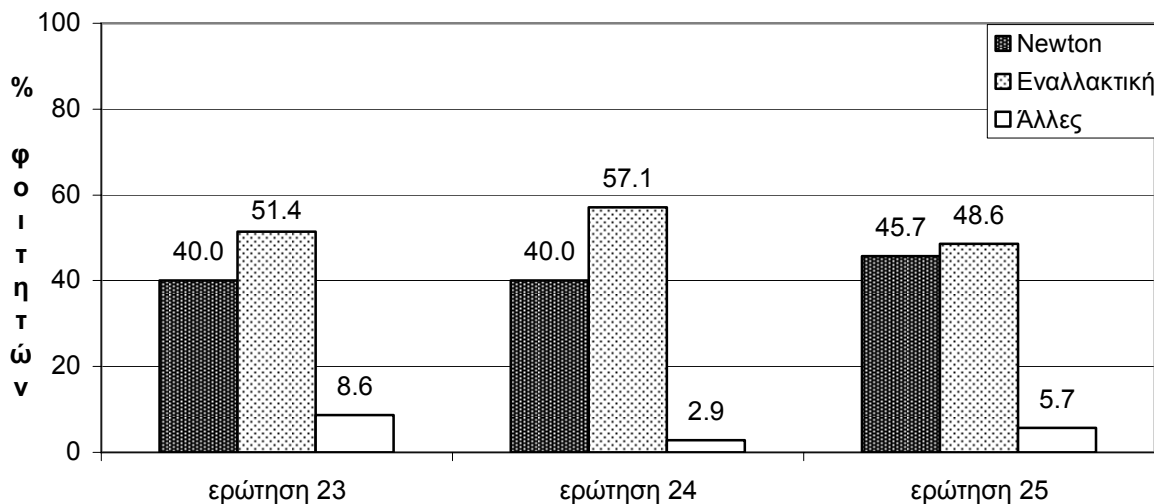
Η νευτώνεια απάντηση και στις 4 ερωτήσεις του προβλήματος 3, είναι η απάντηση Ε, ότι οι δυνάμεις που ασκούν τα δύο οχήματα είναι ίσες. Στις ερωτήσεις 11 και 14 η κύρια εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση Β (το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη) ενώ στις ερωτήσεις 12 και 13, η κύρια εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση Γ (το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη). Από τις απαντήσεις αυτές προκύπτει ότι οι φοιτητές, συγκρίνοντας τις δυνάμεις των δύο οχημάτων, συγχέουν το 2^ο με τον 3^ο νόμο του Newton και επιλέγουν την απάντησή τους με βάση τις ιδέες τους για το 2^ο και όχι τον 3^ο νόμο. Για παράδειγμα στην ερώτηση 12 όπου το σύστημα των δύο οχημάτων κινείται με σταθερή ταχύτητα, αρκετοί φοιτητές (71,7% των πρωτοετών και 54,3% των δευτεροετών) φαίνεται να θεωρούν ότι πρέπει να υπάρχει μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης, η οποία συγκρινόμενη με την αντίδραση είναι μεγαλύτερη.

Οι απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις του προβλήματος 5 φαίνονται στα σχήματα 3 και 4. Στην πρώτη στήλη κάθε ερώτησης φαίνεται το ποσοστό φοιτητών που επέλεξαν τη νευτώνεια απάντηση (η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της είναι σταθερό). Στη δεύτερη στήλη φαίνεται το ποσοστό φοιτητών που επέλεξαν την πιο χαρακτηριστική εναλλακτική ιδέα (δύναμη ανάλογη της ταχύτητας) και στην τρίτη στήλη περιλαμβάνονται όλες οι υπόλοιπες απαντήσεις. Τη νευτώνεια απάντηση και στις 3 ερωτήσεις του

προβλήματος επέλεξαν μόλις το 13.3% των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής και το 34.3% των δευτεροετών φοιτητών Φυσικής.



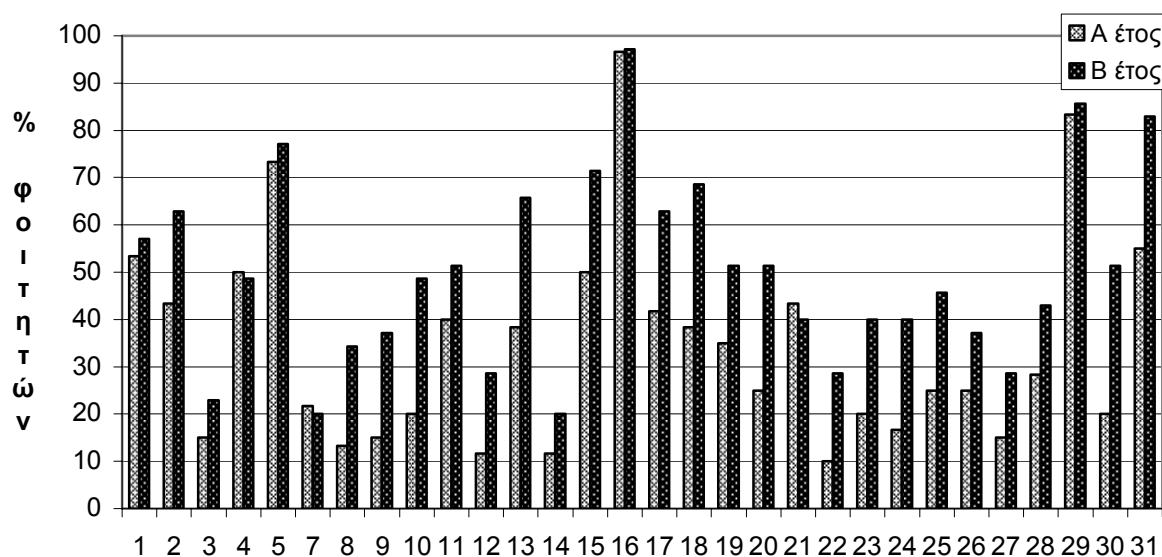
Σχήμα 3. Οι απαντήσεις των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής στις ερωτήσεις του προβλήματος 5.



Σχήμα 4. Οι απαντήσεις των δευτεροετών φοιτητών Φυσικής στις ερωτήσεις του προβλήματος 5.

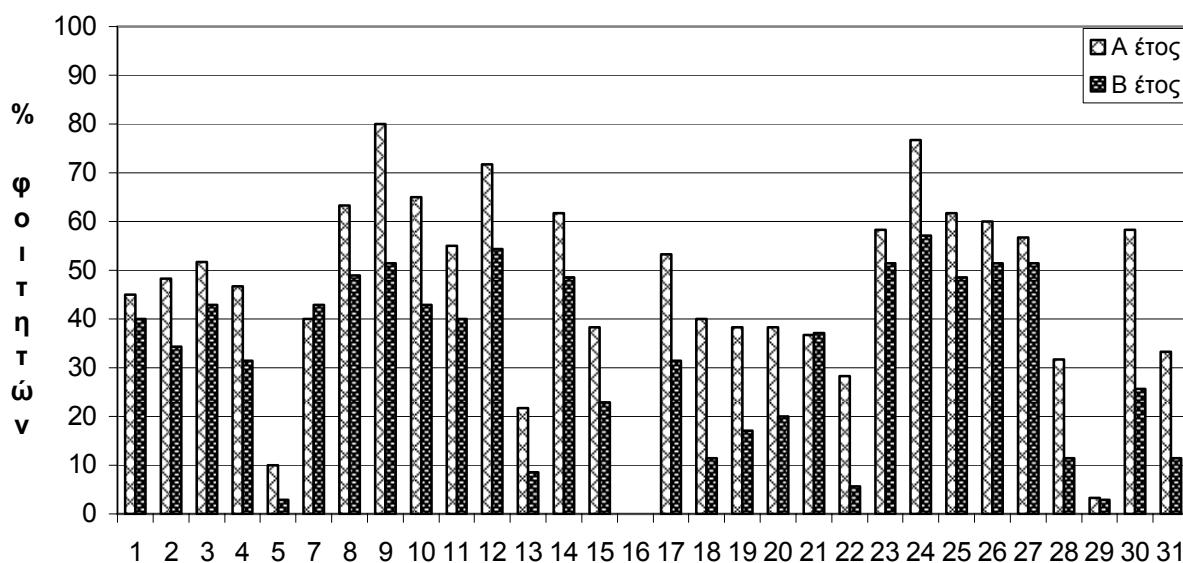
Στην ερώτηση 23 η εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση Η, στην ερώτηση 24 από την απάντηση Δ και στην ερώτηση 25 από την απάντηση Β. Και οι τρεις απαντήσεις εκφράζουν την ιδέα ότι η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας. Η απάντηση Η στην ερώτηση 23 εκφράζει επιπλέον και την εναλλακτική ιδέα ότι υπάρχει μια προωθητική δύναμη που διατηρεί την κίνηση, μια ιδέα παρόμοια με τη θεωρία της όρμησης του Buridan. Οι πρωτοετείς φοιτητές επέλεξαν σε αρκετά χαμηλά ποσοστά τη νευτώνεια απάντηση. Αντιθέτως ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών επέλεξαν την εναλλακτική ιδέα, ότι η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας. Οι δευτεροετείς φοιτητές επιλέγουν σε μεγαλύτερο ποσοστό τη νευτώνεια ιδέα απ' ό,τι οι πρωτοετείς, εντούτοις ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών επιλέγουν την εναλλακτική ιδέα. Σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά (76,7% των πρωτοετών και 57,1% των δευτεροετών) οι φοιτητές απαντούν ότι όταν το νόμισμα είναι στιγμιαία ακίνητο η δύναμη πάνω του είναι μηδέν. Φαίνεται ότι για τους φοιτητές η ακινησία συνδέεται με μηδενική δύναμη ανεξάρτητα από το πρόβλημα.

Στο σχήμα 5 φαίνονται τα ποσοστά επιλογής της νευτώνειας ιδέας από τους νεοεισερχόμενους και από τους δευτεροετείς φοιτητές Φυσικής σε κάθε μία από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Η σύγκριση δείχνει ότι οι δευτεροετείς φοιτητές επέλεξαν τη νευτώνεια ιδέα σε μεγαλύτερο ποσοστό στην πλειοψηφία των ερωτήσεων.



Σχήμα 5. Τα ποσοστά επιλογής της νευτώνειας ιδέας από τους πρωτοετείς και δευτεροετείς φοιτητές στο τμήμα Φυσικής

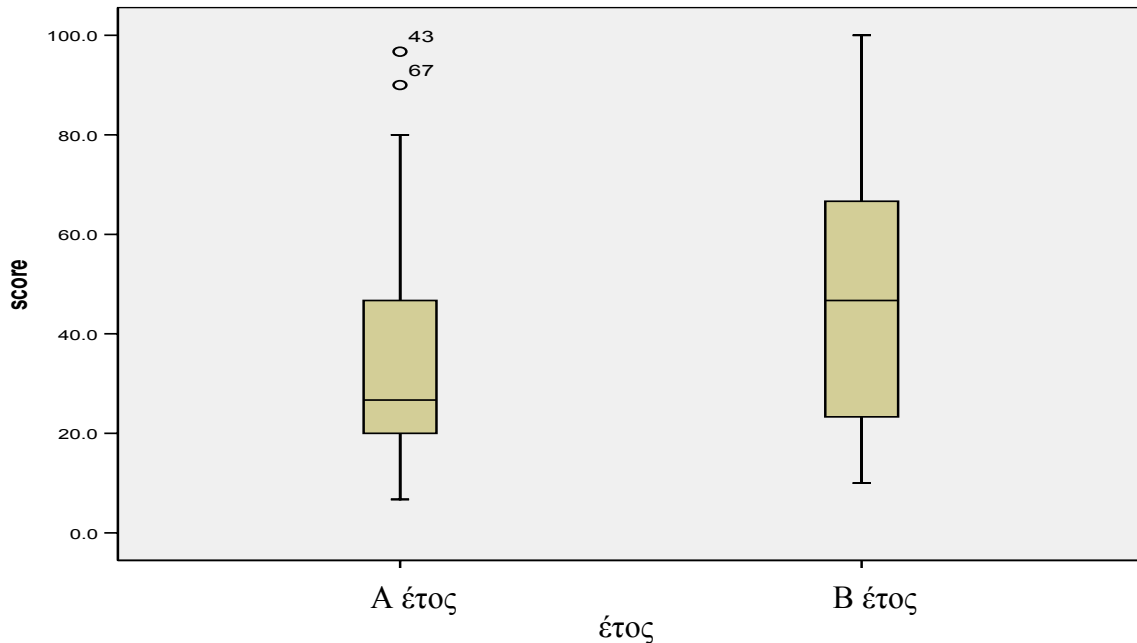
Στο σχήμα 6 φαίνονται τα ποσοστά επιλογής της κυριότερης εναλλακτικής ιδέας από τους νεοεισερχόμενους και από τους δευτεροετείς φοιτητές Φυσικής σε κάθε μία από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Η σύγκριση δείχνει ότι οι πρωτοετείς φοιτητές επέλεξαν τις εναλλακτικές ιδέες σε μεγαλύτερο ποσοστό. Εντούτοις και οι δευτεροετείς φοιτητές εκφράζουν σε μεγάλο βαθμό τις εναλλακτικές ιδέες.



Σχήμα 6. Τα ποσοστά επιλογής της εναλλακτικής ιδέας από τους πρωτοετείς και δευτεροετείς φοιτητές στο τμήμα Φυσικής

Όσον αφορά τη συνολική επίδοση των φοιτητών σε ολόκληρο το ερωτηματολόγιο, η έρευνα έδειξε ότι ο μέσος όρος επίδοσης των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής είναι 33.9% με σφάλμα $\pm 2.7\%$ ενώ ο μέσος όρος της επίδοσης των δευτεροετών φοιτητών είναι 50.0% με σφάλμα $\pm 4.5\%$. Τα δύο δείγματα, δηλαδή, παρουσιάζουν μέση διαφορά 16.1%. Ο έλεγχος t -test για ανεξάρτητα δείγματα έδειξε ότι η διαφορά αυτή είναι σημαντική με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 0.3%. Το ίδιο αποτέλεσμα προέκυψε και από τον έλεγχο Mann – Whitney.

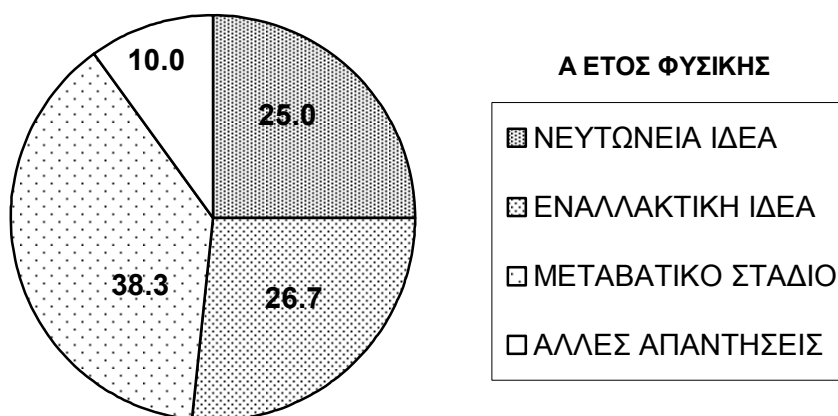
Στο σχήμα 4 φαίνονται οι κατανομές των ποσοστών επιτυχίας των δύο δειγμάτων καθώς και οι διάμεσοι των επιδόσεων.



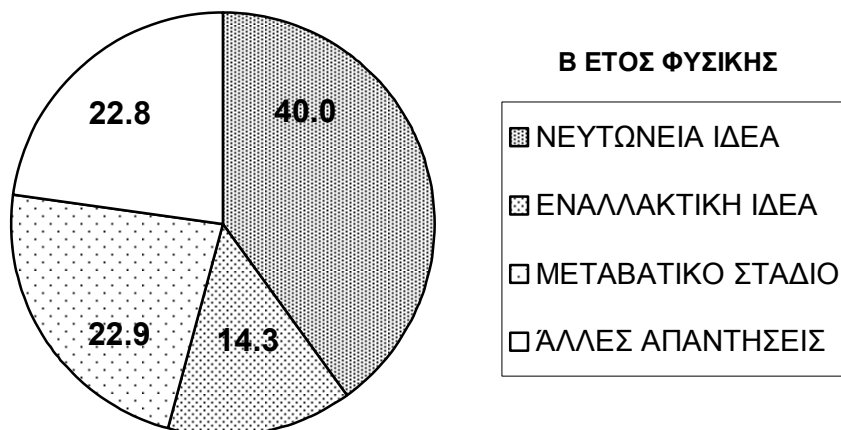
Σχήμα 7. Η κατανομή των επιδόσεων των φοιτητών του A και B έτους Φυσικής στο FMCE.

Από το σχήμα 7 προκύπτει ότι η μεταβλητότητα της κατανομής των δευτεροετών φοιτητών είναι μεγαλύτερη από αυτή των πρωτοετών φοιτητών και ότι η διαφορά στις διαμέσους είναι μεγάλη.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών δεν απαντά με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις ερωτήσεις που μελετούν την ίδια έννοια. Ένας μεγάλος αριθμός φοιτητών επιλέγουν πότε τη νευτώνεια και πότε την εναλλακτική ιδέα σε ερωτήσεις που μελετούν την ίδια κίνηση. Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές αυτοί βρίσκονται σ' ένα μεταβατικό στάδιο προτού κατανοήσουν πλήρως τις έννοιες της Νευτώνειας Δυναμικής και, σύμφωνα με τη μέθοδο Conceptual Dynamics (Thornton (1997), βρίσκονται πιο κοντά στο να τα καταφέρουν απ' ότι οι φοιτητές που απαντούν σε όλες τις ερωτήσεις με την ίδια εναλλακτική ιδέα. Για παράδειγμα, μελετώντας τις απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις 1, 4 και 17 που περιγράφουν κίνηση με σταθερή επιτάχυνση, προκύπτουν τα εξής στάδια:



Σχήμα 8. Τα στάδια ιδεών για την επιταχυνόμενη κίνηση των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής.



Σχήμα 9. Τα στάδια ιδεών για την επιταχυνόμενη κίνηση των δευτεροετών φοιτητών Φυσικής.

Από το σχήμα 8 διαπιστώνουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό πρωτοετών φοιτητών (38.3%) εφαρμόζουν συγκεκριμένα τις εναλλακτικές και τις επιστημονικές ιδέες. Το ποσοστό αυτό μειώθηκε στους δευτεροετείς φοιτητές (22.9%), όπως φαίνεται στο σχήμα 9. Επιπλέον, το ποσοστό φοιτητών που απαντούν και στις τρεις ερωτήσεις με τη νευτώνεια ιδέα αυξάνεται από 25.0% σε 40.0%, ενώ το ποσοστό φοιτητών που απαντούν και στις τρεις ερωτήσεις με την εναλλακτική ιδέα μειώνεται από 26.7% σε 14.3%. Το 22.8% των δευτεροετών φοιτητών που επιλέγουν κάποιο άλλο συνδυασμό απαντήσεων είναι ιδιαίτερα μεγάλο και μη αναμενόμενο. Εντούτοις, οι φοιτητές που βρίσκονται σε αυτό το κομμάτι της πίτας επιλέγουν δύο νευτώνειες ιδέες ή δύο εναλλακτικές ιδέες ή μία νευτώνεια και μία εναλλακτική ιδέα.

Συμπεράσματα

Από την έρευνα προέκυψε ότι οι νεοεισερχόμενοι φοιτητές στο τμήμα Φυσικής έχουν ελλιπή κατανόηση των εννοιών της Νευτώνειας Δυναμικής. Σε μεγάλο βαθμό εκφράζουν την ιδέα ότι η δύναμη είναι ανάλογη με την ταχύτητα, και όχι με την επιτάχυνση, και ότι για τη διατήρηση της κίνησης πρέπει να ασκείται στο σώμα μια προωθητική δύναμη, μια ιδέα όμοια με τη θεωρία της όρμησης του Buridan το 14^ο αιώνα μ.Χ. Επίσης, εκφράζουν την άποψη ότι όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν οι δυνάμεις που ασκούν το ένα στο άλλο εξαρτώνται από τις μάζες τους ή / και από το είδος της κίνησης που πραγματοποιούν. Τις ίδιες ιδέες εκφράζουν και οι δευτεροετείς φοιτητές Φυσικής σε μικρότερο βαθμό, αλλά σχετικά μεγάλο για το επίπεδό τους. Επιπλέον, οι δευτεροετείς φοιτητές εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό συνέπειας στην εφαρμογή της νευτώνειας ιδέας σε σχέση με τους πρωτοετείς. Τέλος, οι φοιτητές στο τέλος του δεύτερου έτους στο τμήμα Φυσικής παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό κατανόησης των εννοιών της Δυναμικής σε σχέση με τους πρωτοετείς και η διαφορά αυτή, όπως έδειξε η στατιστική ανάλυση, είναι σημαντική.

Παραπομπές

- Brown, D. (1989), Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law, *Physics Education*, 24, 353-358
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
- Itza – Ortiz, S., Rebello, S. and Zollman, D. (2004), Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism, *European Journal of Physics*, 25, 81-89
- Maloney, D. P. (1984). Rule-governed approaches to physics – Newton's third law, *Physics Education*, 19(1), 37-42.

- 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
- Stinner, A. (1994), The story of force: from Aristotle to Einstein, *Physics Education*, 29, 77-85
- Terry, C., Jones, G. and Hurford, W. (1985), Children's conceptual understanding of force and equilibrium, *Physics Education*, 20(4), 162-165
- Thornton, R. K. (1997). *Conceptual Dynamics: Following changing student views of force and motion*, in E. Redish and J. Rigden (Eds), *AIP Conference Proceedings*, 399, 913-934, New York, American Institute of Physics.
- Thornton, R. K. & Sokoloff, D. R. (1998). *Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion concept evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture*, *American Journal of Physics*, 66 (4), 338-351.
- Viennot, L. (1979). *Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics*, *European Journal of Science Education*, 1 (2), 205-221.