

Οι ιδέες φοιτητών/φοιτητριών παιδαγωγικών τμημάτων για την έννοια της δυναμικής αλληλεπίδρασης σε διαφορετικά πλαίσια

Πέτρος Καριώτογλου

Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, pkariotog@uowm.gr

Περίληψη. Στην εργασία αυτή περιγράφεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση εμπειρικής έρευνας με στόχο την αποτύπωση της γνωστικής δομής των φοιτητών /τριών (στη συνέχεια φοιτητών) για την έννοια της δυναμικής αλληλεπίδρασης. Με βάση τα ευρήματα 10 ημιδομημένων συνεντεύξεων κατασκευάσαμε γραπτό ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων (3 για βαρυτικές, 4 για μαγνητικές και 3 για ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις). Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από 264 φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων των Πανεπιστημίων Δυτικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκης και Αθηνών. Τα σημαντικότερα ευρήματα είναι ότι αρκετοί φοιτητές δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη αλληλεπίδρασης σε διαφορετικά πλαίσια, αλλά ακόμη και για διαφορετικά σώματα στο ίδιο πλαίσιο. Οι μισοί σχεδόν φοιτητές τοποθετούν το βέλος της αλληλεπίδρασης στο σώμα που ασκεί τη δύναμη αντί σε αυτό που τη δέχεται, ενώ σημαντικό ποσοστό θεωρεί ότι το μεγαλύτερο σώμα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη.

1. Εισαγωγή

Η δύναμη επιστημονικά είναι το μέτρο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων / οντοτήτων, όπως προσδιορίζεται από τον 3^ο Νόμο του Νεύτωνα και είναι η έννοια με την οποία προβλέπουμε και ερμηνεύουμε φαινόμενα κίνησης και ηρεμίας. Ίσως γι αυτό το λόγο τα παιδιά αντιμετωπίζουν από μικρή ηλικία την έννοια της δύναμης, με αποτέλεσμα να κατασκευάζουν νοήματα συνήθως αντίθετα του επιστημονικού (Jimoyiannis and Komis, 2003).

Πολλές έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητεύομενοι, ακολουθώντας την Αριστοτελική λογική, θεωρούν ότι η κίνηση συνεπάγεται την άσκηση μιας δύναμης στην κατεύθυνση της κίνησης (Galili, 2001; Ioannides & Vosniadou, 2002). Θεωρούμε ότι μια τέτοια σκέψη οφείλεται στο γεγονός ότι οι μικροί, αλλά και μεγαλύτεροι μαθητές, θεωρούν τη δύναμη ως εσωτερική ή αποκτώμενη ιδιότητα των σωμάτων αντί ως το μέτρο μιας αλληλεπίδρασης σωμάτων / οντοτήτων (Ioannides & Vosniadou, 2002).

Οι μαθητές δεν σχετίζουν την έννοια της αλληλεπίδρασης με αυτήν της δύναμης, π.χ. δυσκολεύονται να αντιληφθούν την άνοση που ασκεί το νερό ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης σώματος – νερού (Heywood & Parker, 2001). Επιπλέον, δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε μια αλληλεπίδραση, π.χ. τείνουν να εφαρμόζουν την δράση και την αντίδραση στο ίδιο σώμα, και σε κάποιες περιπτώσεις, όπως στην περίπτωση κίνησης, δυσκολεύονται να δεχτούν την ισότητα των μέτρων των δυνάμεων (Grimellini – Tomasini et al., 1993).

Θεωρούμε ότι οι δυσκολίες των μαθητών να χρησιμοποιούν τη δύναμη στην πρόβλεψη και ερμηνεία φαινομένων ηρεμίας και κίνησης οφείλεται στο ότι δεν κατανοούν τη δύναμη ως το μέτρο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων /οντοτήτων. Με στόχο να βοηθήσουμε τους φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων (Π.Τ.) να κατασκευάσουν νόημα για τη δύναμη ως το μέτρο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων / οντοτήτων σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε ένα καινοτομικό ερευνητικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της δύναμης ως το

μέτρο της αλληλεπίδρασης μεταξύ δυο σωμάτων / οντοτήτων. Θεωρούμε ότι μια διδακτική προσέγγιση εποικοδομητικής κατεύθυνσης πρέπει να βασίζεται στις αρχικές ιδέες του στοχούμενου πληθυσμού. Για το σκοπό αυτό οργανώσαμε μια εμπειρική έρευνα για την καταγραφή και μοντελοποίηση των ιδεών των φοιτητών μας για την ύπαρξη, αναπαράσταση και το μέτρο της αλληλεπίδρασης σε τρία διαφορετικά πλαίσια (Kariotoglou & Spyrtou 2005). Στην εργασία αυτή περιγράφουμε το σχεδιασμό και τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας.

2. Η έρευνα

Αποφασίσαμε να διερευνήσουμε τις ιδέες των φοιτητών σε διαφορετικά πλαίσια (βαρυτικό, μαγνητικό, ηλεκτροστατικό), όπου η φύση των αλληλεπιδράσεων διαφέρει και οι αλληλεπιδράσεις είναι από απόσταση. Στο σχολικό πλαίσιο αυτές οι αλληλεπιδράσεις θεωρείται ότι ενεργοποιούνται από διαφορετικές οντότητες, (μάζα, μαγνήτη, φορτίο), ενώ ταυτόχρονα περιγράφονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Επιλέξαμε αλληλεπιδράσεις από απόσταση γιατί θεωρούμε ότι είναι ευκολότερες από τις εξ επαφής, ενώ ταυτόχρονα, όπως φαίνεται στη βιβλιογραφία, δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς και ενοποιημένα οι σχετικές αναπαραστάσεις.

Στην πρώτη φάση της έρευνας πήραμε 10 ατομικές και ημιδομημένες συνεντεύξεις από πρωτοετείς φοιτητές Π.Τ. με 8 έργα, σχεδιασμένα σε κάρτες όπως: ένα βιβλίο πάνω σε ένα τραπέζι, χαρτάκια κολλημένα σε μια χτένα που είχε χρησιμοποιηθεί, ένας μαγνήτης που έλκει μια κρεμασμένη μεταλλική σφαίρα, η Γη και η Σελήνη, δυο αντικείμενα πάνω σε ένα τραπέζι, ένα ηλεκτρόνιο περιστρεφόμενο γύρω από ένα πρωτόνιο, δυο μαγνήτες σε ένα τραπέζι, με τους ομώνυμους πόλους απέναντι. Οι βασικές ερωτήσεις ήσαν:

- Ποια σώματα αλληλεπιδρούν σ' αυτή την περίπτωση;
- Σχεδιάστε τις δυνάμεις που αναπαριστούν την αλληλεπίδραση
- Συγκρίνετε τα μέτρα των δυνάμεων

Ταυτόχρονα ρωτούσαμε «*Τι εννοείς με αυτό ...*», «*Δώσε μας ένα παράδειγμα*», «*Κάποιος άλλος φοιτητής μας είπε σχολιάσέ το....*», για να διευκρινίσουμε πλήρως τις απόψεις τους και να εμβαθύνουμε στη σκέψη τους.

Η μελέτη και ανάλυση των συνεντεύξεων μας έδειξαν κυρίως, τρεις ενδιαφέρουσες εναλλακτικές ιδέες. Η πρώτη σχετίζεται με την ύπαρξη της αλληλεπίδρασης. Οι φοιτητές που ρωτήθηκαν φαίνεται να αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση Γης – Σελήνης ευκολότερα από αυτής δυο ξύλινων κύβων. Η τυπική απάντηση ήταν πως οι ξύλινοι κύβοι δεν ήταν ούτε μαγνήτες ούτε φορτισμένοι για να αλληλεπιδράσουν. Η δεύτερη εναλλακτική ιδέα αφορά την τοποθέτηση του βέλους που αναπαριστά την αλληλεπίδραση. Οι περισσότεροι των ερωτηθέντων τοποθετούν το βέλος στο σώμα που ασκεί τη δύναμη, παρά σε αυτό που τη δέχεται, ισχυριζόμενοι ότι: «... είναι αυτό που δίνει τη δύναμη ...». Η τρίτη εναλλακτική ιδέα ήταν ότι «*η μεγαλύτερη οντότητα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη*», ενώ μια τυπική απάντηση ήταν: «*Αφού η Γη είναι μεγαλύτερη από τη Σελήνη, της ασκεί και μεγαλύτερη δύναμη*» (Grimellini – Tomasini et al., 1993).

Θέλοντας να επιβεβαιώσουμε τα παραπάνω ευρήματα σε μεγαλύτερο δείγμα φοιτητών, με βάση τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων, αναπτύξαμε γραπτό ερωτηματολόγιο, 10 ερωτήσεων, σε διαφορετικά περιβάλλοντα (3 ερωτήσεις για το βαρυτικό, 4 για το μαγνητικό και 3 για το ηλεκτροστατικό), μια και από τη βιβλιογραφία γνωρίζαμε ότι η επίδραση του περιβάλλοντος είναι σημαντική (Bao, Hogg & Zollman, 2002).

Τα ερευνητικά μας ερωτήματα ήσαν:

- A) Αναγνωρίζονται ομοιόμορφα οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις σε διάφορα πλαίσια;
- B) Σε ποιο από τα δυο σώματα της αλληλεπίδρασης τοποθετείται το βέλος;
- Γ) Ποια η σχέση των μέτρων των δυνάμεων της αλληλεπίδρασης;

Όλα τα ερωτήματα είχαν την ίδια δομή, όπως αυτή φαίνεται στο ερώτημα 4 που βρίσκεται στο Παράρτημα. Ζητάμε χωριστά την αναγνώριση των δυο δυνάμεων της αλληλεπίδρασης, γιατί, όπως είδαμε στις συνεντεύξεις, αν ζητούσαμε ταυτόχρονα και τις δυο δυνάμεις δεν θα μπορούσαμε να απαντήσουμε στο 2^ο ερευνητικό ερώτημα, δεν θα αντιλαμβανόμασταν δηλ. που τοποθετούν το βέλος που αναπαριστά την αλληλεπίδραση. Έτσι στο υποερώτημα α ζητάμε την αναγνώριση της επίδρασης του σώματος Α στο Β. Στο β αντίστροφα, ενώ στο γ ζητάμε τη σύγκριση των μέτρων των δυνάμεων. Στο υποερώτημα γ, οδηγούμενοι από τις συνεντεύξεις, βάλαμε ως μια από τις περιπτώσεις την ύπαρξη μιας μόνο δύναμης. Στο υποερώτημα δ ζητάμε σύντομη αιτιολόγηση των απόψεων των φοιτητών. Στα υποερωτήματα α και β έχουμε τρία σχήματα για την τοποθέτηση του βέλους. Στο πρώτο αντιστοιχεί η εναλλακτική άποψη «μοντέλο δίνω», στο δεύτερο η επιστημονική, ενώ το τρίτο είναι κενό και καλούνται οι φοιτητές που διαφωνούν με τις δυο προηγούμενες προτάσεις, να σχεδιάσουν τη δική τους.

Το ερωτηματολόγιο διακινήθηκε σε 264 φοιτητές Π.Τ. των Πανεπιστημίων Δυτικής Μακεδονίας, Θεσσαλονίκης και Αθηνών, κυρίως πρωτοετείς και κορίτσια. Δεν προβλέψαμε κατεύθυνση προέλευσης, αλλά γνωρίζουμε σήμερα ότι το 40% περίπου προέρχεται από Θετική ή Τεχνολογική κατεύθυνση.

3. Τα αποτελέσματα και η συζήτησή τους

Θα περιγράψουμε τα αποτελέσματα της έρευνας σε τρία επίπεδα, που αντιστοιχούν στα τρία κύρια ερωτήματα του ερωτηματολογίου (υποερωτήματα α, β, γ δεξ Παράρτημα). Στο πρώτο (3.1 – Πίνακας 1), διερευνούμε αν οι φοιτητές αναγνωρίζουν την ύπαρξη αλληλεπίδρασης μεταξύ δυο οντοτήτων. Στο δεύτερο (3.2 – Πίνακας 2) αναζητούμε το σώμα / οντότητα στο οποίο οι φοιτητές τοποθετούν το βέλος που αναπαριστά την αλληλεπίδραση. Στο τρίτο (3.3 – Πίνακας – 3) ψάχνουμε την άποψη των φοιτητών για τη σχέση των μέτρων των δυο δυνάμεων της αλληλεπίδρασης.

3.1 Η ύπαρξη των δυνάμεων

Στον πίνακα 1, μπορούμε να δούμε τα ποσοστά των φοιτητών που απαντούν κάθε μια από τις 10 ερωτήσεις (Q1 – Q10, πρώτη γραμμή) με ορισμένο τρόπο (δυο, μία ή καμία δύναμη – πρώτη στήλη). Τα ποσοστά των φοιτητών που δεν απαντούν ή που οι απαντήσεις τους δεν ταξινομούνται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες φαίνονται στην τελευταία γραμμή.

Στον Πίνακα 1 φαίνεται ότι 94.0 – 29.7% των φοιτητών αναγνωρίζουν την ύπαρξη δυο δυνάμεων. Χαμηλότερα ποσοστά εμφανίζονται στις ερωτήσεις 2, 3 και 10 (60.5 – 29.7%). Υψηλότερα ποσοστά αντιστοιχούν στις ερωτήσεις 1, 4, 5, 8 και 9 (94.0 – 78,6 %) σε σχέση με την αναγνώριση δυο δυνάμεων. Η περίπτωση «Μία δύναμη» παρουσιάζει τα

Πίνακας 1. Η αναγνώριση ύπαρξης δυνάμεων στις 10 ερωτήσεις (n = 264)

Δυνάμεις	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Δύο Δυνάμεις	88,0	60,5	45,1	94,0	78,6	63,9	66,2	93,2	78,6	29,7
Μία Δύναμη	8,6	34,6	6,8	3,0	2,3	32,3	27,1	2,6	1,5	29,7
Καμία Δύναμη	0,8	2,3	39,1	0,8	15,8	0,8	1,9	0,4	14,3	27,1
Δεν γνωρίζω /απαντώ	2,6	2,6	9,0	2,3	3,4	3,0	4,9	3,8	5,6	13,5

υψηλότερα ποσοστά στις ερωτήσεις 2, 6, 7 και 10 (34,6 – 27,1 %), ενώ στις υπόλοιπες πολύ χαμηλά. Η περίπτωση «Καμία Δύναμη» παρουσιάζει σημαντικά ποσοστά στις ερωτήσεις 3, 5, 9 και 10 (14.5 – 39.1%).

Μελετώντας στις απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις 1 – 3 (Πίνακας 1), παρατηρούμε ότι η ύπαρξη δυο δυνάμεων αναγνωρίζεται σε πολύ ψηλά ποσοστά στην ερώτηση 1 (Γη – Σελήνη), κάπως λιγότερο στη 2 (Γη – Μήλο) και ακόμη λιγότερο στην ερώτηση 3 (δυο ξύλινοι κύβοι). Δηλ. όταν τα δυο ουράνια σώματα (ερώτηση 1) γίνονται ένα ουράνιο και ένα γήινο (ερώτηση 2), το ποσοστό αναγνώρισης της αλληλεπίδρασης μικραίνει, ενώ όταν τα σώματα γίνουν και τα δυο γήινα (ερώτηση 3), το ποσοστό μικραίνει ακόμη περισσότερο. Στην περίπτωση αυτή οι φοιτητές ισχυρίζονται: «οι κύβοι δεν αλληλεπιδρούν, αφού δεν είναι ούτε μαγνήτες, ούτε φορτισμένοι». Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν τόσο με την ιδέα ότι η βαρύτητα δεν είναι παγκόσμια ιδιότητα των σωμάτων (Heywood & Parker, 2001), όσο και με αυτή ότι, δεν ασκούνται δυνάμεις σε ακίνητα σώματα (Thijs, 1992).

Η σημαντική πτώση στα ποσοστά των φοιτητών που δεν αναγνωρίζουν την ύπαρξη αλληλεπίδρασης στις ερωτήσεις 6 και 7, πιθανόν ερμηνεύεται από το γεγονός ότι το ένα από τα δύο σώματα δεν είναι μαγνήτης. Παρόμοια άποψη, ότι τα αλληλεπιδρώντα σώματα πρέπει να είναι όμοια αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Kolokotronis & Solomonidou, 2003).

Ενδιαφέρουσα περίπτωση αποτελεί ο αριθμός των φοιτητών, 15.8 % και 14.3%, στις ερωτήσεις 5 και 9, δυο μαγνήτες ή δυο φορτισμένες ράβδοι με τους ομώνυμους πόλους απέναντι, οι οποίοι δεν αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση, ισχυριζόμενοι ότι: «δεν ασκούνται δυνάμεις, οι ομώνυμοι πόλοι απλά απωθούν ο ένας τον άλλο». Φαίνεται δηλ. ότι αυτή η πολύ κοινή διατύπωση οδηγεί ορισμένους φοιτητές να θεωρούν δύναμη μόνον την έλξη και όχι την άπωση.

Τέλος στην ερώτηση 10 (φορτισμένη ράβδος – χαρτάκι) εμφανίζεται μια σημαντική διασπορά των απαντήσεων, που πιθανά οφείλεται στη φύση του ενός αλληλεπιδρώντος σώματος (ένα χαρτάκι) και μοιάζει με την περίπτωση που αναφέραμε στις ερωτήσεις 6 και 7.

3.2 Η τοποθέτηση του βέλους

Στον πίνακα 2 μπορούμε να δούμε τα ποσοστά των φοιτητών που απαντούν σε κάθε μια από τις 10 ερωτήσεις, σε σχέση με το σώμα στο οποίο τοποθετούν το βέλος που αναπαριστά τη δύναμη. Στη δεύτερη γραμμή φαίνονται τα ποσοστά των φοιτητών που τοποθετούν το βέλος σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (13.5% - 48.9%), στην τρίτη αυτών που έχουν την κύρια εναλλακτική άποψη (16.5% - 41.4%). Οι φοιτητές της τελευταίας κατηγορίας τοποθετούν το βέλος στο σώμα που ασκεί και όχι σε αυτό που δέχεται τη δύναμη. Στη διάρκεια των συνεντεύξεων, ορισμένοι μας είπαν ότι τη βάζουν στο σώμα που την ασκεί, γιατί είναι κάτι που δίνει αυτό το σώμα. Αυτό μας οδήγησε να ονομάσουμε την άποψη αυτή «Μοντέλο Δίνω». Η άποψη αυτή φαίνεται να είναι σε συμφωνία με την ιδέα της δύναμης, ως

Πίνακας 2. Η θέση του βέλους στις 10 ερωτήσεις (n =264)

Θέση βέλους	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Επιστημονικό μοντέλο	33,5	44,0	13,5	36,1	48,9	46,2	36,1	41,0	46,6	27,1
Μοντέλο «Δίνω»	41,4	28,9	25,6	32,3	16,5	34,2	38,0	32,0	17,3	24,1
Άλλο σύμβολο	8,6	6,0	4,5	3,4	1,5	0,4	0,0	1,1	2,6	0,0
Δεν γνωρίζω / απαντώ	16,5	21,1	56,4	28,2	33,1	19,2	25,9	25,9	33,5	48,9

εσωτερικής ή αποκτώμενης ιδιότητας των σωμάτων (Ioannides & Vosniadou, 2002). Στην τρίτη γραμμή συναντάμε απαντήσεις στις οποίες οι φοιτητές χρησιμοποιούν κάποιο άλλο σύμβολο, συνήθως το διπλό βέλος (\leftrightarrow), αλλά πρόκειται για χαμηλά ποσοστά, μέχρι 8,6 %.

Τα ποσοστά των φοιτητών που δεν απαντούν ή οι απαντήσεις των δεν κατατάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες είναι ιδιαίτερα υψηλά (16.5% – 56.4%). Αυτό ως ένα βαθμό ερμηνεύεται από το γεγονός ότι σε κάποιες ερωτήσεις (3, 5, 9, 10) δεν αναγνωρίζεται η αλληλεπίδραση, άρα δεν τοποθετείται και το βέλος που την αναπαριστά.

3.3 Η σχέση των μέτρων των δυνάμεων

Στον πίνακα 3 μπορούμε να δούμε τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών σε κάθε μία ερώτηση (Q1 – Q10), με συγκεκριμένο τρόπο (ίσα μέτρα, το μεγαλύτερο σώμα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη, το μεγαλύτερο σώμα ασκεί τη μικρότερη δύναμη).

Πίνακας 3. Η σχέση των μέτρων των δυνάμεων, στις 10 ερωτήσεις ($n = 264$)

Τα μέτρα των δυνάμεων	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Ίσες Δυνάμεις	51,5	19,9	22,9	40,2	43,6	21,8	22,2	47,4	43,6	13,5
Μεγαλύτερη Δύναμη το μεγαλύτερο σώμα	33,8	44,4	25,9	45,5	35,0	46,6	37,2	34,2	35,3	25,9
Μικρότερη Δύναμη το μεγαλύτερο σώμα	2,6	0,4	0,4	3,4	3,8	0,4	8,6	3,0	0,4	0,0
Υπάρχει μόνο μια Δύναμη	6,4	27,1	2,3	3,4	4,9	23,3	19,5	7,1	4,5	24,1
Δεν γνωρίζω / απαντώ	5,6	8,3	48,5	7,5	12,8	7,9	12,4	8,3	16,2	36,5

Η προτελευταία γραμμή αφορά τα ποσοστά των φοιτητών που θεωρούν ότι ασκείται μια μόνο δύναμη και άρα δεν υπάρχει λόγος σύγκρισης. Η τελευταία γραμμή περιλαμβάνει τα ποσοστά των φοιτητών που δεν απαντούν ή των οποίων οι απαντήσεις δεν ταξινομούνται στις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

Ποσοστό 19.9% – 51.5% των φοιτητών του δείγματος θεωρούν ότι οι δυνάμεις είναι ίσες, σε συμφωνία με τη επιστημονική άποψη. Αντίθετα, 25.9% – 46.6% των φοιτητών, σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία (Bao et al., 2002) θεωρούν ότι το μεγαλύτερο σώμα ασκεί μεγαλύτερη δύναμη. Τα ποσοστά (2.3% - 27.1%) αυτών που θεωρούν ότι υπάρχει μια μόνο δύναμη είναι σχεδόν ίσα με αυτών που ισχυρίζονται ότι υπάρχει μια μόνο δύναμη (πίνακας 1, γραμμή 3, 2.3% - 34.6%). Η μικρή διαφορά στα ποσοστά αυτά οφείλεται πιθανόν στο ότι ορισμένοι φοιτητές απαντούν στην τρίτη υποερώτηση, ανεξάρτητα της απάντησής των στις άλλες δυο.

Τα υψηλά ποσοστά αυτών που δεν απαντούν, π.χ. ερωτήσεις 3 και 10, μπορούν να εξηγηθούν από το γεγονός ότι στις υποερωτήσεις β και γ απάντησαν ότι υπάρχει μία ή και καμία δύναμη.

4. Συμπεράσματα

Θεωρώντας συνολικά τα αποτελέσματα της έρευνάς μας μπορούμε να διαπιστώσουμε τα εξής: Σε σχέση με την ύπαρξη της αλληλεπίδρασης, υποερώτημα α, στις ερωτήσεις 1, 4, 5, 8 και 9 φαίνεται να κυριαρχεί μια άποψη, η επιστημονική, πιθανά επειδή πρόκειται για «ενεργά σώματα / οντότητες» (πλανήτες, μαγνήτες, φορτισμένες ράβδοι). Η μικρή μείωση στις ερωτήσεις 5 και 9, όπου εμφανίζεται δεύτερη σημαντική ιδέα, πιθανά οφείλεται στο γεγονός ότι διαπραγματεύονται την αλληλεπίδραση με διαφορετικό τρόπο (απόψεις).

Συνεχίζοντας τη μελέτη της υποερώτησης α (ύπαρξη αλληλεπίδρασης), στις ερωτήσεις 2, 6 και 7 εμφανίζεται μια σχετική πλειοψηφία απαντήσεων και το πρόβλημα φαίνεται να αντιμετωπίζεται από δυο σκοπιές: την επιστημονική (αλληλεπίδραση με δυο δυνάμεις) και την εναλλακτική (επίδραση του «ενεργού σώματος»). Στις ερωτήσεις 3 και 10 έχουμε διασπορά απαντήσεων. Στην 3 διαπιστώνουμε ότι οι φοιτητές δεν αναγνωρίζουν αλληλεπίδραση μεταξύ δυο γήινων σωμάτων και απαντούν τυχαία. Εντούτοις στην ερώτηση 10, όπου οι περισσότεροι έχουν κάποιο είδος εμπειρίας, θεωρούμε ότι οι απαντήσεις τους επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, πιθανά επειδή τους θυμίζει επίδραση από επαφή (Driver et al, 1998).

Σε σχέση με την υποερώτηση β φαίνεται να υπάρχουν δυο ισχυρές απόψεις, η επιστημονική και η εναλλακτική - «μοντέλο δίνω».

Η περίπτωση της υποερώτησης γ δείχνει έναν πιο σύνθετο τρόπο σκέψης των φοιτητών. Η επιστημονική άποψη, ίσες δυνάμεις, και η εναλλακτική, μεγαλύτερη δύναμη ασκεί η μεγαλύτερη οντότητα, φαίνεται να κυριαρχούν ισοδύναμα, όταν πρόκειται για «ενεργά σώματα» (ερωτήσεις 1, 4, 5, 8, 9). Αντίθετα όταν ενεργά σώματα «επιδρούν σε «παθητικά» (ερωτήσεις 2, 6, 7 και 10) υπάρχει μια άλλη ισχυρή ιδέα, που είναι η ύπαρξη μιας μόνον δύναμης.

Επιχειρήσαμε να ελέγξουμε την ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών, κατά την αλλαγή περιβάλλοντος π.χ. από βαρυτικό σε μαγνητικό, μιας και αλλάζει η φύση των αλληλεπιδράσεων. Ο έλεγχος των συσχετίσεων έδειξε (χρήση cross tabulation και χ^2) ότι όταν φαίνεται να υπάρχουν πάνω από δυο ιδέες στο ίδιο υποερώτημα οι φοιτητές απαντούν συνεπώς (π.χ. 2, 5, 6). Φαίνεται δηλ. (σημαντικότητα στο 0.05) ότι, τείνουν να διαπραγματεύονται την ύπαρξη δυνάμεων / αλληλεπιδράσεων με διαφορετικό τρόπο στις έλξεις / απόψεις (μαγνητικό και ηλεκτροστατικό πλαίσιο). Επίσης τείνουν να ακολουθούν το επιστημονικό ή το «μοντέλο δίνω» σε κάθε πλαίσιο. Επιπλέον τείνουν να ακολουθούν την ιδέα «μεγαλύτερη δύναμη ασκεί το μεγαλύτερο σώμα» ή την αντίστοιχη επιστημονική όταν δυο «ενεργά σώματα» αλληλεπιδρούν σε οποιοδήποτε πλαίσιο. Τέλος τείνουν να υιοθετούν την ιδέα της μιας δύναμης ή την αντίστοιχη επιστημονική όταν ένα «ενεργό σώμα» αλληλεπιδρά με ένα «παθητικό».

Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής, αλλά και η ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου αποτέλεσαν τη βάση για την ανάπτυξη της καινοτομικής διδακτικής μας πρότασης, όπως θα φανεί στις άλλες δυο εργασίες του συμποσίου.

5. Ευχαριστίες

Οι εργασίες αυτή πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος Πυθαγόρας 1 – ΕΠΕΑΕΚ (ΥΠΕΠΘ)- Ενίσχυση ερευνητικών ομάδων στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Παράρτημα: Ερώτηση 4

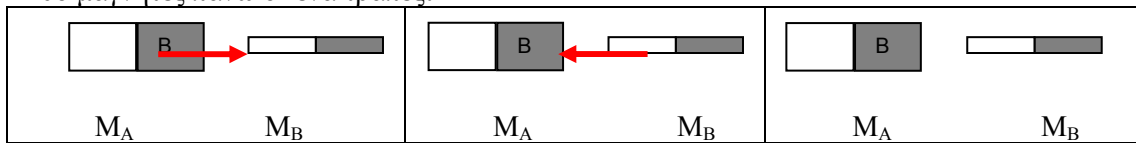
Υποθέστε ότι έχουμε δύο μαγνήτες στερεωμένους σ' ένα τραπέζι. Ο βόρειος πόλος του ενός είναι απέναντι στο νότιο του άλλου.

α) Νομίζετε ότι ο μαγνήτης M_A ασκεί μια δύναμη στο μαγνήτη M_B .

Ναι..... Όχι..... Δεν γνωρίζω

Ποια από τις εικόνες (1) or (2), αναπαριστά αυτή τη δύναμη; Αν διαφωνείτε με τον τρόπο αναπαράστασης στις εικόνες (1), (2), σχεδιάστε τη δική σας πρόταση στην εικόνα (3).

Δυο μαγνήτες πάνω σ' ένα τραπέζι



Εικόνα 1

Εικόνα 2.....

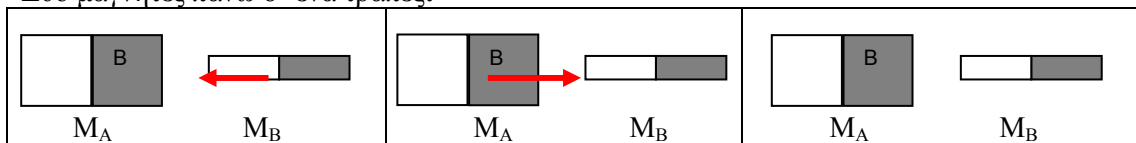
Εικόνα 3.....

β) Νομίζετε ότι ο μαγνήτης M_B ασκεί μια δύναμη στο μαγνήτη M_A .

Ναι..... Όχι..... Δεν γνωρίζω

Ποια από τις εικόνες (1) or (2), αναπαριστά αυτή τη δύναμη; Αν διαφωνείτε με τον τρόπο αναπαράστασης στις εικόνες (1), (2), σχεδιάστε τη δική σας πρόταση στην εικόνα (3).

Δυο μαγνήτες πάνω σ' ένα τραπέζι



Εικόνα 1

Εικόνα 2.....

Εικόνα 3.....

γ) Σε σχέση με το παραπάνω πρόβλημα, ποια από τις ακόλουθες προτάσεις νομίζετε ότι είναι σωστή;

- Ασκείται μόνο μια δύναμη
- Ο μαγνήτης M_A ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο μαγνήτη M_B
- Ο μαγνήτης M_B ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο μαγνήτη M_A
- Οι δυο δυνάμεις είναι ίσες

δ) Δικαιολογήστε σύντομα τις παραπάνω απόψεις σας.

.....

.....

.....

Παραπομπές

- Bao, L., Hogg, K. & Zollman, D. (2002). Model analysis of fine structures of student models: An example with Newton's third law. *American Journal of Physics*, 70, 765 – 778.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood – Robinson, V. (1998). *Making sense of the secondary Science*. Typothito, Athens (Greek translation).
- Galili, I. (2001) Weight versus gravitational force: historical and educational perspectives. *International Journal of Science Education*, 23, 1073 – 1093.
- Grimellini – Tomasini, N., Pecori – Balandi, B., Pacca, J.L.A. and Villani, A. (1993) Understanding Conservation Laws in Mechanics: Students' Conceptual Change in Learning about Collisions. *Science Education*, 77, 169 – 189.
- Heywood, D. and Parker, J. (2001) Describing the cognitive landscape in learning and teaching about forces. *International Journal of Science Education*, 23, 1177 – 1199.
- Ioannides, C. and Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly*, 2 (1), 5 – 62.
- Jimoyiannis, A. and Komis, V. (2003) Investigating Greek Students' Ideas about Forces and Motion, *Research in Science Education*, 33, 375 – 392.
- Kariotoglou, P. & Spyrtou, A. (2005). A Teaching – Learning Sequence Concerning Dynamic Interactions: The need for Appropriate Software. In P. Michailides and A. Margetousaki, *Proceedings of the 2nd International Conference, Hands-on Science: Science in an Changing Education*. Rethymno, Greece, pp. 91-95.
- Kolokotronis, D. & Solomonidou, C. (2003). A Step-by-Step Design and Development of an Integrated Educational Software to Deal with Students' Empirical Ideas about Mechanical Interaction. *Education and Information Technologies* 8, 229-244.
- Thijs, G., (1992). Evaluation of an Introductory Course on “Force” Considering Students' Preconceptions. *Science Education*, 76, 155-174.