

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

189

ΜΠΛΕ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Β. ΦΙΛΙΠΠΟΣ

Αντιλήψεις φοιτητών και φοιτητριών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής
Εκπαίδευσης σε έννοιες της Μηχανικής

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2004



ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ Β. ΦΙΛΙΠΠΟΣ

Αντιλήψεις φοιτητών και φοιτητριών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής
Εκπαίδευσης σε έννοιες της Μηχανικής

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

που υποβλήθηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Θ. Κώσης, Επίκουρος καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπαίδευσης – Σχολή Επιστημών Αγωγής – Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



Εγκρίθηκε στη συνεδρία/ 26- 10 – 2004 του Παιδαγωγικού
Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης

Η έγκριση διπλωματικής εργασίας από το Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπαίδευσης της Σχολής Επιστημών Αγωγής του
Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του
συγγραφέα.

(ν. 5343/ 32, άρθρο 202 παρ. 2)



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	1-2
Πρόλογος.....	3-4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΡΙΑΓΕΤ ΓΙΑ ΤΗ ΝΟΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.1 Η θεωρία του Piaget για την νοητική ανάπτυξη.....	5-11
1.2 Η αναφορά του Piaget στις βιωματικές παραστάσεις των παιδιών	11-12
1.3 Συσχέτιση της θεωρίας του Piaget με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	12-15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο:

ΟΙ ΙΔΕΕΣ (Ή ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ) ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

2.1 Οι ιδέες (ή αντιλήψεις) των παιδιών σχετικά με έννοιες της Φυσικής.....	16-19
2.2 Πως δημιουργούνται οι ιδέες των παιδιών	19-21
2.3 Ποιοι είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις ιδέες των παιδιών	21
2.4 Οι ιδέες των παιδιών είναι σταθερές	21-24
2.5 Οι ιδέες των παιδιών είναι προσωπικές.....	24
2.6 Οι ιδέες των παιδιών είναι αντιφατικές.....	24-25
2.7 Τα κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών	26-31
2.8 Οι ιδέες των παιδιών ως προσωπικές κατασκευές	31-33
2.9 Τι σκοποί εξυπηρετούνται με την κατανόηση αυτών των ιδεών.....	33-34
2.10 Αναφορές στις ιδέες - αντιλήψεις που έχουν οι απόφοιτοι Λυκείου και οι φοιτητές για έννοιες της Φυσικής.....	34-36



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο:

ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

3.1 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της δύναμης.....	37-42
3.2 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της τριβής	42-43
3.3 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της βαρύτητας.....	43-46
3.4 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια του βάρους	46-47
3.5 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια του έργου.....	47-48
3.6 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της ενέργειας	48-52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο:

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

4.1 Η έρευνα.....	53
4.2 Στόχοι της έρευνας – Ερευνητική υπόθεση.....	53-54
4.3 Το ερευνητικό εργαλείο – Ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου.....	54-55
4.4 Ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου.....	55
4.5 Το δείγμα.....	55-57
4.6 Ανάλυση των δεδομένων.....	57
4.7 Αποτελέσματα – Ραβδογράμματα.....	57-86
4.8 Συμπεράσματα	87-90
4.9 Υπόδειγμα ερωτηματολογίου	91-98
Περίληψη της διπλωματικής εργασίας	99
Περίληψη της διπλωματικής εργασίας στα αγγλικά - Abstract.....	100
Επίλογος – Ευχαριστίες.....	101
Βιβλιογραφία	102-106



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η έρευνα σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τα τελευταία είκοσι χρόνια. Κύριος στόχος είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο μαθητές και φοιτητές αναπτύσσουν τις σχετικές γνωστικές διαδικασίες και μαθαίνουν τη Φυσική. Εκτεταμένες έρευνες έχουν γίνει με στόχο την καταγραφή, ταξινόμηση και διδακτική αξιοποίηση των αντιλήψεων μαθητών και φοιτητών για τις βασικές έννοιες. Έχει αποδειχθεί ότι πολλοί μαθητές και σπουδαστές όλων των βαθμίδων έχουν σοβαρές δυσκολίες τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή των βασικών εννοιών σε απλές φυσικές διαδικασίες (Τζιμογιάννης και Μικρόπουλος 2000).

Επίσης, πλήθος ερευνών από το χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Γνωστικής Ψυχολογίας αποδεικνύουν ότι οι γνώσεις των μαθητών, ακόμη και των φοιτητών, σε διάφορους τομείς των Φυσικών Επιστημών, είναι συχνά ασυμβίβαστες με τις επιστημονικές (Κουλαϊδής 1994).

Η καταγραφή των αντιλήψεων φοιτητών Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) για τις Φυσικές Επιστήμες έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας στη χώρα μας, λόγω των ιδιαίτερων δυσκολιών που συναντώνται στα αντίστοιχα μαθήματα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε τη συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων φοιτητών και μαθητών για την έννοια της άνωσης σε υγρά (Καρανίκας κ.ά. 1996).

Σε ότι αφορά την Μηχανική, η οποία αποτελεί την εισαγωγική ενότητα της Φυσικής σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, είναι χαρακτηριστικές οι παρανοήσεις και οι δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση των εννοιών της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, οι αρχικές ιδέες τους για τη σχέση δύναμης και κίνησης, οι αντιλήψεις σχετικά με τις βολές, οι δυσκολίες στην κατανόηση των θεωρημάτων έργου – ενέργειας και ώθησης – ορμής, καθώς επίσης και οι δυσκολίες σχετικά με την έννοια της ενέργειας και της ορμής (Τζιμογιάννης και Μικρόπουλος 2000).

Μπορούμε να πούμε πως οι παραπάνω αναφορές, το γεγονός ότι η Μηχανική είναι γνωστική περιοχή ιδιαίτερης εκπαιδευτικής αξίας που



προσφέρεται για την καταγραφή και την διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών, καθώς επίσης και το ότι η Μηχανική συνιστά ένα γνωστικό τομέα πραγματικά προνομιούχο για να συνειδητοποιήσουν οι φοιτητές τις υπαρκτές διαφορές μεταξύ της συνήθους λειτουργίας της σκέψης (που ονομάζουμε συχνά διαισθητική σκέψη) και της λειτουργίας της επιστημονικής σκέψης (Lemeignan and Weil – Barais 1997), αποτέλεσαν τις αιτίες για να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των φοιτητών και φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης για έννοιες της Μηχανικής.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:

Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΡΙΑΓΕΤ ΓΙΑ ΤΗ ΝΟΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

1.1 Η Θεωρία του Piaget για την νοητική ανάπτυξη

Ο Piaget, για να μελετήσει την πορεία που ακολουθεί η ανάπτυξη της νόησης, πειραματίσθηκε με παιδιά, χρησιμοποιώντας μια δική του μέθοδο, που συνίσταται από συνδυασμό άμεσης παρατήρησης και ατομικής συνέντευξης. Δηλαδή ο ερευνητής παρουσιάζει στο παιδί ένα καλά οργανωμένο πρόβλημα και από τις απαντήσεις του παιδιού στις ανάλογες ερωτήσεις διερευνά τη διαδικασία που ακολουθεί αυτό για να φθάσει στη λύση. Οι έρευνες του Piaget στη Γενεύη μας έδωσαν την πιο ολοκληρωμένη μέχρι σήμερα θεωρία για την ανάπτυξη της νοημοσύνης στο παιδί, η οποία γίνεται κατά στάδια και σε κάθε στάδιο αντιστοιχεί ένας τρόπος σκέψης με δικά του χαρακτηριστικά.

Κατά τον Piaget όλες οι σκέψεις και οι ενέργειες του παιδιού στηρίζονται κατά βάθος σε μια οργάνωση ή δομή (structure). Η έννοια της δομής πηγάζει από την αντίληψη του στρουκτουραλισμού (δομισμού) κατά τον οποίο μπορούμε να μελετήσουμε ένα φαινόμενο μέσα από τη δομή του, στην οποία μπορεί να παρατηρούνται αλλαγές και διαφορές, αλλά υπάρχουν και τα γενικά κοινά σημεία που χαρακτηρίζουν τη δόμηση του φαινομένου και η οποία είναι χαρακτηριστική των σταδίων εξέλιξής του.

Καθώς το παιδί μεγαλώνει, ερμηνεύει το κάθε τι που βλέπει, αισθάνεται ή ακούει με τη δική του νοητική δομή, που είναι ανάλογη με το επίπεδο της νοητικής του ανάπτυξης. Στο ερώτημα πως αναπτύσσονται στο παιδί οι νοητικές δομές, υπάρχουν δυο εκ διαμέτρου αντίθετες απαντήσεις. Κατά τον Πλάτωνα οι δομές προϋπάρχουν εσωτερικά και αναπτύσσονται με την πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Αντίθετα, κατ' άλλους οι νοητικές δομές είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του οργανισμού στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος. Ο Piaget δέχεται ότι το παιδί γεννιέται εφοδιασμένο με μερικές



πρωτόγονες και ανεπαρκείς δομές, οι οποίες όμως εξελίσσονται συνεχώς σαν αποτέλεσμα των εμπειριών του παιδιού (επίδραση του περιβάλλοντος).

Ο Piaget θεωρεί θεμελιώδη ιδιότητα των ζώντων οργανισμών την τάση να επιβιώσουν και να προσαρμοστούν στο περιβάλλον τους. Αυτή είναι η γνωστή από τη Βιολογία τάση για προσαρμογή. Η νοημοσύνη είναι μια βιολογική λειτουργία, που βοηθά το άτομο στην προσαρμογή, προσφέροντάς του τις γνωστικές λειτουργίες για την κατανόηση του κόσμου. Η προσαρμογή αυτή δεν είναι μια στατική κατάσταση, αλλά μια ενεργός διαδικασία, που συντελείται με δυο διαδικασίες, την αφομοίωση (assimilation) και τη συμμόρφωση (accommodation). Αφομοίωση είναι η λειτουργία με την οποία το άτομο ενσωματώνει τα δεδομένα μιας εμπειρίας σε προϋπάρχουσες νοητικές δομές. Συμμόρφωση είναι η λειτουργία με την οποία το άτομο τροποποιεί τις υπάρχουσες νοητικές δομές, ώστε να μπορέσει να κατανοήσει τα δεδομένα μιας νέας εμπειρίας. Παράδειγμα αφομοίωσης και συμμόρφωσης από το χώρο της Φυσικής αποτελεί η πρόσθεση δυνάμεων. Όταν τα ανύσματα τους είναι συγγραμμικά, έχουμε αφομοίωση σύμφωνα με τη γνωστή έννοια της πρόσθεσης αριθμητικών ποσοτήτων. Όταν όμως δεν είναι συγγραμμικά, έχουμε το φαινόμενο της συμμόρφωσης, δηλαδή τροποποίηση της γνωστής έννοιας της πρόσθεσης με την ανυσματική πρόσθεση, όπως απαιτεί η φυσική πραγματικότητα της πρόσθεσης δυνάμεων. Με τις δυο αυτές λειτουργίες επιτυγχάνεται η προσαρμογή του οργανισμού στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

Με την προσαρμογή αυτή επέρχεται κάθε φορά μια εξισορρόπηση (equilibrium) μεταξύ του οργανισμού και του περιβάλλοντος. Το άτομο στην κατάσταση αυτή οργανώνει ή δομεί την πραγματικότητα μέσα από αυτό που ο Piaget ονομάζει σχήμα (schema). Αργότερα μια σύγκρουση με την εξωτερική πραγματικότητα μπορεί να οδηγήσει πάλι σε ανισορροπία, που για να την υπερβεί το άτομο οδηγείται στην επαναδιοργάνωση και τον εμπλουτισμό των προηγούμενων δομών του (Πατάπης 1995).

Παρακολουθώντας, λοιπόν, ο Piaget τους μηχανισμούς της εξέλιξης των νοητικών δομών, συμπέρανε πως η διανοητική ανάπτυξη κάθε ατόμου περνά από διαδοχικές μορφές ισορροπίας οι οποίες τοποθετούνται μέσα σε κάποια



ελαστικά ηλικιακά όρια. Οι μορφές αυτές ισορροπίας ονομάστηκαν στάδια. Τα στάδια, τα οποία υποδιαιρούνται σε υπο-στάδια, συγκροτούν τέσσερις ευρύτερες χρονικές ενότητες που χαρακτηρίζονται από δεσπόζουσες λειτουργίες, διεργασίες της σκέψης και συμπεριφορές, ενότητες τις οποίες ο Piaget ονόμασε περιόδους της συγκρότησης της σκέψης. Αυτοί οι περίοδοι είναι οι εξής:

1) Αισθησιοκινητική περίοδος (0 έως 2 ετών):

Στην περίοδο αυτή, το βρέφος μέσα από κινητικές και αισθητηριακές δραστηριότητες, διαφοροποιεί βαθμιαία τα ενδογενή αντανακλαστικά πρότυπα συμπεριφοράς του και εκδηλώνει αντιδράσεις που έχουν σκοπό την προσαρμογή στο περιβάλλον. Συντονίζοντας τις αντιδράσεις αυτές σε σχήματα δράσης, αναπτύσσει μια στοιχειώδη μορφή νόησης, την αισθησιοκινητική νόηση, η οποία επιτρέπει στο παιδί την επίλυση πρακτικών προβλημάτων. Σταδιακά οικοδομούνται εσωτερικά μοντέλα πράξεων που σχετίζονται με τα αντικείμενα με τα οποία αλληλεπιδρά. Έτσι, γνωρίζει τη συμπεριφορά των αντικειμένων που χειρίζεται, αναγνωρίζοντας μάλιστα αιτιώδεις σχέσεις, οι οποίες αρχικά αποδίδονται μόνο στην ίδια την πράξη του, ενώ αργότερα στα ίδια τα αντικείμενα, καθώς αυτά είναι τοποθετημένα στο χώρο και στο χρόνο. Τα παιδιά αναγνωρίζουν βαθμιαία, στη διάρκεια της περιόδου αυτής, τη μονιμότητα της ύπαρξης των αντικειμένων ανεξαρτήτως του αν τα αντικείμενα εμπίπτουν στο αντιληπτικό τους πεδίο. Από την αισθησιοκινητική νόηση λείπει η ικανότητα για συμβολισμούς ή για σκέψη. Όμως, κατά την αισθησιοκινητική περίοδο ανάπτυξης της νόησης, συγκροτούνται σχήματα δράσης τα οποία εμφανίζονται ως υποδομές στις μεταγενέστερες νοητικές δομές (Ραβάνης 2002).

Άλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει αυτή η περίοδος είναι τα εξής:

- ✓ Ο χώρος υπάρχει μόνο γύρω από το άτομο.
- ✓ Ο χρόνος είναι μόνο το παρόν.
- ✓ Το άτομο κατευθύνεται κυρίως από ερεθίσματα που βρίσκονται έξω από το μυαλό του.
- ✓ Αρχίζει να αναπτύσσει την προφορική του γλώσσα (Ζαβλανός 1987).



II) Περίοδος προσυλλογιστικής σκέψης (2 έως 7 – 8 ετών):

Από το τέλος της αισθησιοκινητικής περιόδου αρχίζει μια δεύτερη περίοδος, η οποία χαρακτηρίζεται και κυριαρχείται από την εμφάνιση των λειτουργιών της συμβολικής σκέψης. Με τις λειτουργίες αυτές το παιδί προεκτείνει και μετατρέπει την αισθησιοκινητική δραστηριότητα σε σκέψη, αναδημιουργώντας συμβολικά εσωτερικά αντικείμενα, γεγονότα και πράξεις, μέσα από δραστηριότητες όπως η μίμηση, το συμβολικό παιχνίδι, το ιχνογράφημα, οι νοητικές εικόνες και κυρίως η εμφάνιση της γλώσσας με τη μορφή της λεκτικής ανάκλασης γεγονότων.

Στην πρώτη φάση της περιόδου αυτής, τη φάση της προεγνωσιακής σκέψης, που διαρκεί μέχρι τα 4 έως 5 χρόνια, βασικά χαρακτηριστικά είναι:

- ❖ *Η αναγωγική σκέψη:* Η σκέψη δεν κινείται από το μερικό στο γενικό ούτε αντιστρόφως, αλλά από το μερικό στο μερικό.
- ❖ *Η επικέντρωση:* Η σκέψη που συγκεντρώνεται σε ένα μόνο στοιχείο μιας κατάστασης και αποφεύγει ή απωθεί άλλα στοιχεία εξίσου σημαντικά. Όταν το παιδί βρίσκεται μπροστά σε μια συγκεκριμένη κατάσταση που του θέτει κάποιο πρόβλημα και επιχειρεί να αντλήσει στοιχεία απ' αυτήν για να δώσει απαντήσεις επικεντρώνει τη σκέψη του σε ένα μόνο παράγοντα της κατάστασης και αγνοεί άλλους εξίσου σημαντικούς, των οποίων η συνεκτίμηση είναι απαραίτητη για την ικανοποιητική ανταπόκριση στο πρόβλημα.
- ❖ *Ο εγωκεντρισμός:* Το παιδί ερμηνεύει παρατηρούμενα φαινόμενα υπάγοντάς τα στις προθέσεις και τις επιδιώξεις του ή τα εξηγεί δημιουργώντας συνδέσεις ή κάνοντας αναγωγή με βάση τις εμπειρίες του. Ο εγωκεντρισμός δυσχεραίνει τη συγκρότηση εννοιών όπως ο αντικειμενικός χώρος και χρόνος, καθώς η σκέψη των παιδιών κυριαρχείται από τη δική τους προοπτική.

Στη δεύτερη φάση της περιόδου της προσυλλογιστικής σκέψης, τη φάση της διαισθητικής σκέψης, που ολοκληρώνεται στα 7 έως 8 χρόνια με την κλιμάκωση των κύριων χαρακτηριστικών της προεγνωσιακής σκέψης, εντοπίζουμε ως νοητικά χαρακτηριστικά το συντονισμό των σχέσεων, την εντεινόμενη κατασκευή εννοιών, την ικανότητα σχηματισμού λογικών κατηγοριών. Το παιδί



τώρα μπορεί να ταξινομεί, έστω και με βάση τις φυσικές ιδιότητες, δηλαδή χωρίς δυνατότητα εγκλεισμού, να κάνει αντιστοιχίσεις ένα προς ένα, να διακρίνει σχέσεις ομοιότητας και διαφοράς.

Κατά την περίοδο αυτή παρουσιάζεται δυσκολία στην κατανόηση της διατήρησης διαφόρων φυσικών ποσοτήτων, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό για την εργασία στις Φυσικές Επιστήμες (Ραβάνης 2002). Έτσι, αν μεταφέρουμε μια ποσότητα νερού από ένα φαρδύ και κοντό ποτήρι σε ένα στενό και ψηλό, τα παιδιά νομίζουν ότι η ποσότητα του νερού άλλαξε κι έγινε μεγαλύτερη ή μικρότερη, ανάλογα με ένα μοναδικό χαρακτηριστικό, π.χ. μήκος ή πλάτος. Εξάλλου, χρησιμοποιούνται επιπόλαιες, φτιαχτές, μη λογικές εξηγήσεις, με αποτέλεσμα να έχουμε αστείες καταστάσεις, π.χ. «Ο μπαμπάς κάνει τα ψώνια επειδή είναι φυσικός». «Γιατί δεν τρως το φαγητό σου; - Διότι φοβάμαι τα αυτοκίνητα!». Προφανώς το παιδί καθώς προχωρεί προς το επόμενο στάδιο ελαττώνονται οι μη λογικές εξηγήσεις (Τσαπαρλής 1991).

III) Περίοδος των συγκεκριμένων διεργασιών (7 – 8 έως 11 – 12 ετών):

Μετά τον έβδομο χρόνο, αρχίζει μια περίοδος σκέψης που χαρακτηρίζεται από νοητικές ενέργειες τις οποίες ο Piaget ονόμαζε διεργασιακές. Εδώ τα παιδιά αρχίζουν να σκέφτονται με τρόπους που συναντώνται και στην ανεπτυγμένη λογική του ενηλίκου, αλλά πάντα σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο των αντικειμένων, τα οποία βρίσκονται στην άμεση εποπτεία τους ή κάποιες αναπαραστάσεις των αντικειμένων (Ραβάνης 2002).

Η νοητική εξέλιξη του παιδιού στο στάδιο αυτό φαίνεται από τα προβλήματα που μπορεί να λύσει. Αυτά είναι:

- ✓ *Η ταξινόμηση:* Το παιδί μπορεί να κατατάξει αντικείμενα και γεγονότα σε κατηγορίες και να κάνει απλές γενικεύσεις σε ευρύτερα ιεραρχικά σχήματα. Το παιδί της περιόδου αυτής έχει τάση να κάνει συλλογές, αλλά επίσης μπορεί και να κάνει ένα πείραμα, να πάρει δεδομένα και να τα κατατάξει βάσει κάποιας σχέσης.
- ✓ *Η σειροθέτηση:* Τοποθέτηση αντικειμένων σε λογική σειρά βάσει κάποιας σχέσης ανισότητας.
- ✓ *Η αρίθμηση:* Αυτή είναι συνδυασμός ταξινόμησης ομοειδών και σειροθέτησης.



- ✓ Κατά την περίοδο αυτή, ο Piaget, παρατήρησε μια σταδιακή *οικοδόμηση εννοιών διατήρησης*. Έτσι, τα παιδιά διακρίνουν τη διατήρηση της μάζας, του μήκους, του βάρους, της επιφάνειας και του όγκου. Η διατήρηση της μάζας παρατηρείται γύρω στα 7 έως 8 χρόνια, του βάρους στα 9 έως 10 και του όγκου στα 11 έως 12 χρόνια (Πατάπης 1995).

Αλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνει αυτή η περίοδος είναι τα εξής:

- Τα παιδιά κατανοούν το γεωγραφικό χώρο και τον ιστορικό χρόνο.
- Πραγματοποιούν λειτουργίες, όπως συνδυασμούς, διατάξεις, διαιρέσεις και ταξινομήσεις (Ζαβλανός 1987).

IV) Η τυπική σκέψη (11 – 12 έως 15 – 16 ετών):

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της περιόδου αυτής είναι η βαθμιαία κατάκτηση ενός τρόπου σκέψης, ο οποίος δεν αναφέρεται πλέον αποκλειστικά σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Έτσι, ενώ κατά την προηγούμενη περίοδο επιτυγχάνεται η νοητική οικοδόμηση του συγκεκριμένου υλικού σύμπαντος και η συγκρότηση νοητικών παραστάσεων για τον κόσμο, τώρα γίνεται δυνατή η διατύπωση συλλογισμών με αντικείμενο τις νοητικές αυτές παραστάσεις. Τα παιδιά είναι σε θέση να κάνουν υποθέσεις και να επεξεργάζονται συλλογισμούς χωρίς να θεωρούν αναγκαία την άμεση εμπειρία για να προσφύγουν σε *επάληθεύσεις*.

Στην περίοδο της τυπικής σκέψης επεκτείνεται μια βασική παράμετρος των νοητικών διεργασιών, η αντιστρεψιμότητα, η οποία εμφανίζεται υπό δυο μορφές. Η πρώτη μορφή αντιστρεψιμότητας, η οποία μάλιστα παρατηρείται από τις πιο αρχέγονες μορφές διαγωγής είναι η αντιστροφή ή άρνηση. Πρόκειται για τη νοητική ενέργεια η οποία ακυρώνει το αποτέλεσμα μιας άλλης νοητικής ενέργειας. Η δεύτερη μορφή αντιστρεψιμότητας, η αμοιβαιότητα, χαρακτηρίζεται από το ότι οι νοητικές δραστηριότητες με τις οποίες εκδηλώνεται, αν συνδυαστούν με αντίστοιχες προς αυτές νοητικές πράξεις, καταλήγουν σε εξίσωση (Ραβάνης 2002).

Ακόμη, στην περίοδο αυτή το άτομο αποκτά τις ακόλουθες χαρακτηριστικές ικανότητες:

- *Ικανότητες συγκεκριμένων συλλογισμών επί αφηρημένων εννοιών*: Όλες οι ικανότητες που χαρακτηρίζουν τους συγκεκριμένους συλλογισμούς



μπορεί να εφαρμοστούν και σε αφηρημένες έννοιες, θεωρίες και λοιπές νοητικές κατασκευές.

- *Χρήση αναλογιών:* Η δυνατότητα χρησιμοποίησης των αναλογιών γίνεται ενσυνείδητα και όχι μηχανιστικά (όχι όπως με την μέθοδο των τριών).
- *Συνδυαστική:* Θεωρούνται συστηματικά όλες οι πιθανές σχέσεις μεταξύ κάποιων μεγεθών (πειραματικών ή θεωρητικών) ακόμη κι αν αυτά δεν παράτηρούνται άμεσα στην φύση.
- *Έλεγχος μεταβλητών:* Προκειμένου να αποδειχθεί το αληθές ή μη μιας υποθέσεως, σχεδιάζονται πειράματα όπου θεωρούνται όλες οι υπεισερχόμενες μεταβλητές και όπου κρατούνται όλες σταθερές πλην της μιας που ελέγχεται.
- *Συναρτησιακές σχέσεις:* Διαπιστώνονται οι μαθηματικές σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών, ανεξάρτητα από το πόσο πολύπλοκες είναι αυτές (γραμμικές, δευτέρου βαθμού, εκθετικές κ.λπ.)
- *Πιθανότητες* (Τσαπαρλής 1991).

1.2 Η αναφορά του Piaget στις βιωματικές νοητικές παραστάσεις των παιδιών

Στην εισαγωγή του έργου του Piaget «Η παράσταση του κόσμου στο παιδί» (1976), από τη μια πλευρά έδειξε ότι μακράς διάρκειας επιδράσεις του κοινωνικού, οικογενειακού, σχολικού και φυσικού περιβάλλοντος δομούν στην παιδική νόηση βιωματικές νοητικές παραστάσεις, οι οποίες αποτελούν σημαντικής ισχύος ερμηνευτικούς μηχανισμούς για τη σκέψη του παιδιού, ενώ από την άλλη κατέστησε σαφές ότι η σημασία τους για την οικοδόμηση της ανθρώπινης σκέψης καθιστά τη μελέτη τους ένα ιδιαίτερος ενδιαφέρον πεδίο έρευνας. Με το σύνολο του ερευνητικού έργου της ομάδας που εργάστηκε μαζί του επί δεκαετίες, έγινε φανερό ότι η εικόνα την οποία σχηματίζουν τα παιδιά για τις ιδιότητες των υλικών και των αντικειμένων, τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου και τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών είναι πολύ διαφορετική από αυτήν την οποία έχει συγκροτήσει η επιστημονική σκέψη.



Επιπλέον, για τον Piaget, στη διανοητική ανάπτυξη του παιδιού μπορούμε να διακρίνουμε δυο πλευρές: Από τη μια αυτό που θα ονομάζαμε ψυχοκοινωνική πλευρά, τα στοιχεία δηλαδή που δέχεται το παιδί από τον εξωτερικό κόσμο, αυτά που μαθαίνει από την οικογένεια, από το σχολείο και από την παιδεία εν γένει. Από την άλλη υπάρχει η ανάπτυξη που θα ονομάζαμε αυθόρμητη και η οποία είναι η ανάπτυξη της ίδιας της νόησης: αυτά που το παιδί μαθαίνει από μόνο του, αυτά δηλαδή που κανείς δεν μπορεί να του τα διδάξει και που θα πρέπει να τα ανακαλύψει χρησιμοποιώντας τις δικές του δυνάμεις (Ραβάνης 2002).

1.3 Συσχέτιση της θεωρίας του Piaget με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Μερικά σημεία από τη θεωρία του Piaget που επιδρούν στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι τα εξής:

- ❖ Σύμφωνα με τον Piaget ο ρόλος του σχολείου, των εκπαιδευτικών προγραμμάτων και των διδασκόντων είναι να προκαλούν καταστάσεις "διατάραξης της ισορροπίας" (ερωτήματα, προβληματισμούς), ώστε το παιδί να επανεύρει την *ισορροπία* του μέσω της αφομοίωσης και της συμμόρφωσης, έχοντας ως αποτέλεσμα την προαγωγή των νοητικών δομών του.
- ❖ Η *εμπειρία*, επίσης, είναι από τους κύριους παράγοντες που συμβάλλουν στη διαδικασία της νοητικής ανάπτυξης. Με τις εμπειρίες το παιδί αναπτύσσει νοητικές δομές, που θα τις χρησιμοποιήσει μετά σε άλλες καταστάσεις. Ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής αυτό σημαίνει ότι το παιδί θα πρέπει να έχει πρώτα εμπειρίες με πραγματικά αντικείμενα (όργανα, εργαστήριο κ.λπ.), πριν αρχίσει να κάνει αφαιρετικές σκέψεις (όλα αυτά σε συμφωνία και με τις δύο τελευταίες περιόδους της νοητικής ανάπτυξης). Συνεπώς το εργαστήριο και η εν γένει εμπειρία με τα διάφορα φυσικά φαινόμενα πρέπει να προηγούνται των αφηρημένων γενικεύσεων, όπως και αυτών των μαθηματικών σχέσεων και των



φυσικών νόμων. Η εμπειρία με τα αντικείμενα της Φυσικής καθιστά το άτομο ικανό να κατανοήσει και το αφηρημένο της περιεχόμενο, όχι όμως και το αντίστροφο, όπως συμβαίνει πολλές φορές στη σχολική πρακτική. Στην περίοδο της αφαιρετικής σκέψης ο μαθητής δεν χρειάζεται πλέον την άμεση εμπειρία ως βάση για τη σκέψη του. Εν τούτοις σε πολλές περιπτώσεις θα φθάσει στην κατανόηση πιο εύκολα, αν ξεκινήσει με συγγεκριμένες εμπειρίες πριν προχωρήσει στο αφηρημένο.

- ❖ Γενικά, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το παιδί μπορεί να δεχθεί και να αφομοιώσει πληροφορίες, μόνον εάν έχει την κατάλληλη δομή για να τις κατανοήσει. Όπως φάνηκε όμως πιο πάνω, πρέπει πρωταρχικά να αποκτήσει εμπειρίες με πραγματικά αντικείμενα. Η αλληλεπίδραση με αυτά είναι δυνατόν να προκαλέσει ερεθίσματα, που δεν ταιριάζουν στις ήδη υπάρχουσες δομές, με αποτέλεσμα τη διατάραξη της ισορροπίας. Οι διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας και μη ισορροπίας, που θα δημιουργηθούν, προάγουν τη νοημοσύνη. Αλλά θα πρέπει οι νέες εμπειρίες να μην είναι πολύ απομακρυσμένες από τις υπάρχουσες νοητικές δομές, διότι τότε δημιουργείται δυσφορία και ανασφάλεια στους μαθητές. Η ισορροπία σε υψηλότερο επίπεδο θα αποκατασταθεί εν γένει με τη βοήθεια του δασκάλου. Ο δάσκαλος πρέπει να επέμβει την κατάλληλη στιγμή με τον κατάλληλο τρόπο. Οι εμπειρίες θα πρέπει να είναι κατάλληλα οργανωμένες από τους εκπαιδευτικούς με παρουσίαση εννοιών σε μορφές που να γίνονται αντιληπτές από τους μαθητές, σε συμφωνία και με τις νοητικές δομές ανάλογα με την περίοδο της νοητικής τους ανάπτυξης.
- ❖ Η ενεργητική συμμετοχή του μαθητή στη γνώση. Ειδικότερα, μέχρι την εφηβεία περίπου (έναρξη αφαιρετικής σκέψης) η σκέψη του παιδιού εξαρτάται από την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον. Η γνώση δεν μεταβιβάζεται στον μαθητή, αλλά αυτός την αποκτά αναδομώντας την για τον εαυτό του, μέσα από τις ενέργειές του. Η μάθηση εξαρτάται από τις ενέργειες του ίδιου του παιδιού. Έτσι ο δάσκαλος χάνει τον παραδοσιακό ρόλο, ως πηγή γνώσεων, και αναλαμβάνει κάτι πιο σημαντικό στη διδακτική διαδικασία του γνωστικού αντικείμενου. Ο δάσκαλος είναι



αυτός που θέτει το πρόβλημα, οργανώνει κατάλληλες δραστηριότητες για τον μαθητή και επίσης του θέτει ερωτήματα, που θα τον κάνουν να εμβαθύνει στα αρχικά του συμπεράσματα. Το πείραμα πρέπει να είναι σημαντικό τμήμα αυτής της δραστηριότητας. Ο δάσκαλος θα θέσει το πρόβλημα, αλλά ο μαθητής έχει την ελευθερία να το αντιμετωπίσει, όπως του ταιριάζει. Ο δάσκαλος κατά κύριο λόγο παρατηρεί και θέτει ερωτήματα και λιγότερο κατευθύνει τις δραστηριότητες του μαθητή.

- ❖ Η ανάπτυξη κινήτρων. Ο Piaget ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για τα κίνητρα πίσω από τη νοητική δραστηριότητα. Τα κίνητρα διακρίνονται σε ενδογενή (δημιουργούνται μέσα στο ίδιο το άτομο) και εξωγενή (προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον). Στο σχολείο τα εξωγενή κίνητρα έχουν τη μορφή των αμοιβών και τιμωριών για ανάλογους τύπους συμπεριφοράς. Εν μέρει τα ενδογενή κίνητρα έχουν σχέση με την προσπάθεια του ανθρώπου να ικανοποιήσει τις ανάγκες του. Για τους περισσότερους η αυτοεκτίμηση, που πηγάζει από την επιβράβευση μιας εργασίας και η συμμετοχή τους σε μια ομάδα, αποτελούν πρωταρχικό στόχο.

Η ικανοποίηση της περιέργειας και του ενδιαφέροντος λειτουργεί ως ενδογενές κίνητρο για τη νοητική δραστηριότητα. Ο καλύτερος τρόπος για να ενεργοποιηθεί η περιέργεια και το ενδιαφέρον στον μαθητή, είναι να του προσφέρουμε κατάλληλες ευκαιρίες, που ικανοποιούν αυτές τις ανάγκες, διότι έτσι αυτά τα ενδογενή κίνητρα αυτοενισχύονται και διαρκούν περισσότερο από τα εξωγενή, που συνήθως περιορίζονται σε καλούς βαθμούς και αποφυγή τιμωρίας. Η αυτοενισχυτική αυτή πλευρά των ενδογενών κινήτρων σημαίνει ότι όσο περισσότερα αποκτάς τόσο περισσότερα θέλεις (θετική ανάδραση).

Οι συνθήκες, που δυνατόν να επικρατούν στην τάξη, μπορούν να καλλιεργήσουν τα ενδογενή κίνητρα των παιδιών. Σπουδαίο ρόλο παίζει η προσφορά ευκαιριών στον μαθητή για ενεργό συμμετοχή, όχι μόνο στην εκτέλεση μιας δραστηριότητας αλλά και στο να διαλέξει "το τι θα κάνει" και "πώς θα το κάνει". Αυτή η ενεργός συμμετοχή ικανοποιεί τις ανάγκες του παιδιού και καλλιεργεί τα κίνητρα για γνώση και μάθηση. Αν



τα παιδιά τα αφήσουμε ελεύθερα, θα διαλέξουν δραστηριότητες και προβλήματα που συνδέονται με τα ενδιαφέροντά τους και το περιβάλλον τους. Ο συνδυασμός του μαθήματος με τα ενδιαφέροντα των παιδιών, πάντα βρίσκει θετική ανταπόκριση στους μαθητές και τους δραστηριοποιεί.

Αυτός ο συνδυασμός δε, δεν είναι και τόσο δύσκολος, όσο φαίνεται για το μάθημα της Φυσικής. Σήμερα οι περισσότερες ενασχολήσεις με τις οποίες ο μαθητής γεμίζει τον ελεύθερο χρόνο του, και επομένως βρίσκονται στο χώρο του ενδιαφέροντός του, έχουν σχέση με τις φυσικές επιστήμες και ιδιαίτερα με τη Φυσική. Π.χ. τα διάφορα παιχνίδια, μηχανήματα αναπαραγωγής ήχου ή ακόμη και εκπομπής, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, μικρά σχήματα (μηχανάκια) αλλά ακόμη και τα διάφορα αθλήματα (σπορ). Γι' αυτό αρκεί ο εκπαιδευτικός να συνδέσει τα φυσικά φαινόμενα και τους νόμους που τα διέπουν με εφαρμογές της καθημερινής ζωής των παιδιών και να αναζητήσει τη "φυσική" που υπάρχει μέσα στις καθημερινές ενασχολήσεις των μαθητών του και να την συνδέσει με το μάθημα (Πατάπης 1995).

Τέλος, μπορούμε να πούμε ότι η θεωρία του Piaget μας προσφέρει τα μέσα και τα εργαλεία προκειμένου να πετύχουμε τους ακόλουθους τρεις τρόπους για την καλύτερη διδασκαλία:

- Να προσδιορίζουμε το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης των εκάστοτε μαθητών μας και βάσει αυτού να προκαθορίζουμε την στάθμη και τα μέσα διδασκαλίας.
- Να εντοπίζουμε τις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά την μελέτη των Φυσικών Επιστημών.
- Να προτείνουμε τρόπους για τη βελτίωση της διδασκαλίας τόσο από γενική άποψη όσο και σε ειδικά θέματα της Φυσικής (Τσαπαρλής 1991).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΟΙ ΙΔΕΕΣ (Ή ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ) ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

2.1 Οι ιδέες (ή αντιλήψεις) των παιδιών σχετικά με έννοιες της φυσικής

Από το 1975 οι απόψεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών αλλάζουν. Τώρα πια βασιζόμαστε στις ιδέες που έχουν οι μαθητές πριν ακόμα διδαχθούν. Ήδη πριν το 1950 ο Piaget αναγνώρισε το ρόλο του μαθητή. Τα παιδιά σχηματίζουν τις ιδέες αυτές για να ερμηνεύσουν το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Οι ιδέες των παιδιών έχουν μια παγκοσμιότητα και συγκροτούν ερμηνευτικά μοντέλα (Κόκκοτας 1997).

Ένα παιδί από πολύ νωρίς – ήδη από την προσυλλογιστική περίοδο – αναζητά αυθόρμητα τα αίτια των διαφόρων φαινομένων, στην προσπάθεια του να τα ερμηνεύσει. Οι «διαισθητικές» αυτές κατά κάποιον τρόπο αιτιολογήσεις, αλλά και γενικά ο τρόπος που το παιδί αντιμετωπίζει και ερμηνεύει ένα φυσικό φαινόμενο (π.χ. πτώση ενός σώματος), τις περισσότερες φορές είναι διαφορετικός από τον τρόπο με τον οποίο θα το ερμηνεύσει ένας επιστήμονας – φυσικός (Πατάπης 1995).

Αυτές οι ιδέες των παιδιών για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα δεν είναι απλές παρανοήσεις, αλλά προέρχονται από τις παρατηρήσεις και τις ερμηνείες που δίνουν οι μαθητές στα φαινόμενα. Είναι ευλογοφανείς για τα ίδια τα παιδιά και είναι τόσο εδραιωμένες που δεν αλλάζουν ακόμη και με τη διδασκαλία. Έτσι, είναι δυνατόν οι μαθητές να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων.

Τα παιδιά διαμορφώνουν τις ιδέες τους μέσω των αλληλεπιδράσεων, την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα. Οι ιδέες αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ παρόλο που μερικές από αυτές



διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας (Driver et al. 1998).

Επιπρόσθετα, τα παιδιά σχηματίζουν αυτές τις ιδέες και ερμηνείες ως αποτέλεσμα των καθημερινών εμπειριών από όλες τις πλευρές της ζωής τους, όπως για παράδειγμα με τις πρακτικές σωματικές δραστηριότητες και από τα μέσα ενημέρωσης (Driver et al. 1985).

Μετά από πολλές έρευνες διαπιστώθηκαν τα εξής σχετικά με τις ιδέες των παιδιών:

- Τα παιδιά από μικρή ηλικία διαμορφώνουν απόψεις για μια ποικιλία θεμάτων σχετικών με την επιστήμη, πριν ακόμη αρχίσουν να μαθαίνουν τις Φυσικές Επιστήμες.
- Οι απόψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από τις απόψεις των επιστημόνων. Παρ' όλα αυτά, τα παιδιά θεωρούν τις απόψεις τους πολύ λογικές και χρήσιμες.
- Οι απόψεις των παιδιών συνήθως δεν επηρεάζονται ή επηρεάζονται, κατά έναν παράξενο τρόπο, από τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Μίχας 2003).

Ακόμη, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών δεν αποτελούν τα συνηθισμένα λάθη χωρίς ιδιαίτερη σημασία, αλλά νοητικές κατασκευές τις οποίες τα παιδιά χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα. Με αυτή την έννοια, οι ιδέες των παιδιών αποτελούν αυτοδύναμα σχήματα που όμως διαφέρουν από το επιστημονικό πρότυπο στο ότι ερμηνεύουν διαφορετικά τα φαινόμενα.

Η Driver (1989) υποστηρίζει ότι ο τρόπος που οι μαθητές ερωτούν, παρατηρούν ή ερμηνεύουν τα διάφορα φαινόμενα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, επηρεάζεται από τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών. Επιπλέον, οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών επηρεάζουν την κατανόηση αυτών που οι μαθητές διαβάζουν ή ακούν στο σχολείο. Τέλος, η Solomon (1983, 1994) υπερθεματίζει ότι για τους μαθητές υπάρχουν δυο «κόσμοι», ο κόσμος της καθημερινής ζωής και ο επιστημονικός κόσμος, οι οποίοι λειτουργούν μεμονωμένα (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

Οι ιδέες ή οι αντιλήψεις που έχουν τα παιδιά φέρουν διάφορα ονόματα,



ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο που δημιουργήθηκαν. Έτσι διακρίνουμε τις αντιλήψεις – ερμηνείες των διαφόρων φυσικών φαινομένων που έχουν σχηματίσει τα παιδιά από μόνα τους σε μικρή συνήθως ηλικία, χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού και τις ονομάζουμε πρώιμες αντιλήψεις (preconceptions). Αυτές οι πρώιμες αντιλήψεις αργότερα, σε μεγαλύτερη ηλικία και παρά την παρέμβαση ίσως του εκπαιδευτικού, είναι δυνατόν να μην εξελιχθούν σε αντιλήψεις που ανταποκρίνονται στη φυσική πραγματικότητα, οπότε τις ονομάζουμε παρανοήσεις ή εσφαλμένες αντιλήψεις (misconceptions) ή γενικότερα διαφορετικές ερμηνείες (alternative framework) ή απλούστερα αντιλήψεις των παιδιών (conceptions). Ακόμη, αναλόγου περιεχομένου με τους τελευταίους όρους είναι οι λιγότερο χρησιμοποιούμενοι, όπως επιστήμη των παιδιών (Children's science), που έλκει την καταγωγή της από τη θεωρία του G. Kelly για τον άνθρωπο – επιστήμονα, ή επίσης σχήματα (schema), όρος που χρησιμοποιείται στον Piaget, ή πλαίσιο (frame), που προέρχεται από τη γνωστική ψυχολογία (Πατάπης 1995). Τέλος, οι ιδέες των παιδιών αναφέρονται από τον Ausubel (1968) ως προαντιλήψεις (preconceptions), από την Solomon ως προϋπάρχουσες και από τους Driver and Easley ως εναλλακτικές ιδέες (alternative conceptions) (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

Από τις έρευνες, λοιπόν, που έγιναν σε διάφορες χώρες σχετικά με τις ιδέες των παιδιών προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Τα παιδιά πριν ακόμη φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις για μια ποικιλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών.
- ✓ Οι αντιλήψεις τους είναι δυνατό να επηρεαστούν από τη διδασκαλία με τρόπους που δε γνωρίζουμε ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες από αυτή.
- ✓ Οι διαισθητικές ιδέες τους ασκούν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.
- ✓ Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές επειδή αποτελούν το σκελετό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων (Κόκκοτας κ.ά. 2002).
- ✓ Είναι νοητικές κατασκευές, με τις οποίες τα παιδιά ερμηνεύουν τον κόσμο που τους περιβάλλει.



- ✓ Οι αντιλήψεις των παιδιών ανθίστανται στην παραδοσιακή διδασκαλία.
- ✓ Οι μαθητές και οι μαθήτριες παρατηρούν, ρωτούν, σκέφτονται και εργάζονται με βάση τις προϋπάρχουσες ιδέες τους.
- ✓ Οι ιδέες είναι κοινές για όλα τα παιδιά, ανεξάρτητα από το κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον, και δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως συνηθισμένα λάθη.
- ✓ Οι αρχικές ιδέες των παιδιών επιδρούν στην οικοδόμηση της νέας γνώσης (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

2.2 Πως δημιουργούνται οι ιδέες των παιδιών

Τα παιδιά από μικρή ηλικία με την περιέργειά τους και τα ερωτήματα που θέτουν, αναζητούν την αιτία των πραγμάτων και τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο κόσμος που τα περιβάλλει. Ανάλογα δε με τις απαντήσεις, που παίρνουν από τους μεγαλύτερους ή δίνουν τα ίδια τα παιδιά στα ερωτήματα, συνθέτουν ένα δικό τους μοντέλο για τον κόσμο και σχηματίζουν τα δικά τους «νοητικά σχήματα», με τα οποία δικαιολογούν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα (Γατάπης 1995).

Επιπλέον, μπορούμε να πούμε ότι οι ιδέες αναπτύσσονται στην προσπάθεια των παιδιών να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν με αναφορά στις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν. Τα παιδιά, όπως οι επιστήμονες, χρησιμοποιούν τις ομοιότητες και τις διαφορές για να οργανώσουν τα φαινόμενα και τα γεγονότα, και κατά τη διάρκεια της παρατήρησης των γεγονότων και των φαινομένων ψάχνουν για στοιχεία και για σχέσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων. Ο εγκέφαλος δεν είναι ένας παθητικός καταναλωτής πληροφοριών, αλλά εποικοδομεί ενεργά τις δικές του ερμηνείες των πληροφοριών και βγάζει συμπεράσματα από αυτές. Όπως οι επιστήμονες, έτσι και τα παιδιά συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις.

Πολλές ιδέες των παιδιών φαίνεται να αναπτύσσονται καθώς αυτά



προσπαθούν να ερμηνεύσουν το φυσικό τους περιβάλλον.

Οι ιδέες των παιδιών διαμορφώνονται με την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, των μέσων επικοινωνίας, την αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά από τη διδασκαλία, τα σχολικά εγχειρίδια κ.τ.λ.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση εναλλακτικών ιδεών παίζει η γλώσσα που χρησιμοποιείται από τους μεγάλους. Εκφράσεις π.χ. όπως «κλείσε την πόρτα για να μη φύγει η ζέστη» ή «να μη μπει το κρύο» οδηγούν στην άποψη ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη, η ζέστη και το κρύο. Όπως όμως γνωρίζουμε, αυτό που υπάρχει είναι η ενέργεια, η οποία μπορεί να μεταφερθεί από ένα σώμα σε άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Ανάλογες αντιλήψεις δημιουργούνται στα παιδιά από τα μέσα μαζικής επικοινωνίας, όταν αναφέρονται σε επιστημονικά ή τεχνολογικά θέματα. Επί παραδείγματι, συχνά ακούγεται η έκφραση: «η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος...». Στα παιδιά δημιουργείται η εσφαλμένη εντύπωση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι που καταναλώνεται.

Όταν ο μαθητής ακούσει ή διαβάσει μια επιστημονική πρόταση για να την κατανοήσει πρέπει να χρησιμοποιήσει την καθημερινή ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων λέξεων. Είναι όμως πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι ίδια με αυτή που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου.

Η λέξη π.χ. σωματίδιο στην επιστήμη σημαίνει άτομο, μόριο ή ιόν. Στην καθημερινή γλώσσα σημαίνει μικρό κομμάτι στερεού που είναι ορατό με γυμνό μάτι.

Παρανοήσεις δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, λόγω έλλειψης καλής επικοινωνίας μεταξύ δασκάλων και μαθητών. Όταν ο δάσκαλος επικοινωνεί με την τάξη αυτό που πετυχαίνει συνήθως είναι να περάσουν στους μαθητές οι λέξεις και οι χειρονομίες που χρησιμοποιεί και όχι το νόημα αυτό καθαυτό. Όπως γράφουν οι Osborne και Freyberg (1985), ο δάσκαλος έχει κάποιες ιδέες τις οποίες προσπαθεί να μεταδώσει στους μαθητές μεταφράζοντάς αυτές σε λέξεις, σχήματα, διαγράμματα ή σύμβολα. Ο μαθητής μπορεί να τα προσέξει όλα αυτά, αλλά πρέπει να βρει και ένα νόημα για να τους αποδώσει. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νόημα που θα δώσει ο μαθητής να



μην είναι το ίδιο με εκείνο που ήθελε να αποδώσει ο δάσκαλος. Η πιθανότητα αυτή γίνεται μάλιστα μεγαλύτερη αν η γλώσσα που χρησιμοποιείται δεν του είναι οικεία.

Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια ο τρόπος που οι μαθητές κατανοούν ό,τι διαβάζουν σ' αυτά επηρεάζεται από τα ερμηνευτικά τους σχήματα. Κατασκευάζουν δηλαδή ερμηνείες, συσχετίζοντας αυτό που ήδη γνωρίζουν με αυτό που διαβάζουν και γι' αυτό είναι δυνατό να δίνουν ερμηνείες διαφορετικές από εκείνές στις οποίες αποβλέπει ο συγγραφέας του εγχειριδίου (Κόκκοτας κ.ά 2002).

2.3 Ποιοι είναι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις ιδέες των παιδιών

Μπορούμε να πούμε ότι οι παράγοντες που διαμορφώνουν τις ιδέες (ή παρανοήσεις) των παιδιών είναι το σχολικό, το κοινωνικό – οικογενειακό, το πολιτισμικό , το φυσικό και το τεχνολογικό περιβάλλον. Ειδικότερα, έχουμε:

I) *Σχολικό περιβάλλον:* υλικοτεχνική υποδομή, σχολικά βιβλία, εικονογράφηση βιβλίων, αναλυτικά προγράμματα, μέθοδος διδασκαλίας, κυρίαρχη ιδεολογία.

II) *Οικογενειακό – κοινωνικό περιβάλλον:* Ιδέες άμεσου περιβάλλοντος, ιδέες των διδασκόντων, καθημερινός λόγος, ΜΜΕ .

III) *Πολιτισμικό περιβάλλον:* Αξίες, Προκαταλήψεις, Πολιτισμική Παράδοση, γλώσσα, εικονογράφηση των βιβλίων και των περιοδικών.

IV) *Φυσικό περιβάλλον:* Υλικοτεχνική Υποδομή, Τοποθεσία, Κλιματολογικές συνθήκες, Βιωματικές- αισθητηριακές εμπειρίες.

V) *Τεχνολογικό περιβάλλον:* Νέα Τεχνολογία, Εποπτικά μέσα (Κόκκοτας κ.ά. 2002).

2.4 Οι ιδέες των παιδιών είναι σταθερές

Συχνά παρατηρούμε ότι, ακόμη και ύστερα από τη διδασκαλία, οι ιδέες των παιδιών δεν έχουν τροποποιηθεί παρά τις προσπάθειες που κάνει ο δάσκαλος



προτείνοντάς τους αντιπαραδείγματα. Όμως, οι μαθητές μπορεί να αγνοούν τα αντεπιχειρήματα ή να τα ερμηνεύουν σύμφωνα με τις πρότερες ιδέες τους. Αν και οι αντιλήψεις των μαθητών μπορεί να είναι επίμονες, αυτό δε σημαίνει ότι ο μαθητής έχει ένα τελείως συνεκτικό μοντέλο των φαινομένων που παρουσιάζονται, τουλάχιστον όπως αντιλαμβάνεται τη λέξη ο επιστήμονας. Οι ερμηνείες και οι αντιλήψεις των μαθητών είναι συχνά αντιφατικές αλλά όχι λιγότερο στάθερες (Driver et al. 1985).

Γενικότερα, μπορούμε να πούμε ότι τα παιδιά έχουν σταθερές ιδέες και εμμένουν σε αυτές για τους παρακάτω λόγους:

- Τα παιδιά πιστεύουν στις ιδέες τους, τις θεωρούν λογικές και γεμάτες νόημα. Φαίνεται ότι, στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το φυσικό τους περιβάλλον, τα μικρά παιδιά διαμορφώνουν διάφορες απόψεις, τις οποίες και εκφράζουν με τη γλώσσα που μεταχειρίζονται οι οικείοι τους. Αν αποκτήσουν εμπειρίες που αντιτίθενται στις ιδέες τους, είτε θα δεχτούν ότι υπάρχει κάποιος περιορισμός στην εφαρμογή των ιδεών, είτε θα σκεφτούν ότι έχουν εξαπατηθεί οι αισθήσεις τους. Και στη μία και στην άλλη περίπτωση, αν αυτές οι εμπειρίες αποκτηθούν μέσα στον τεχνητό κόσμο του εργαστηρίου ή της τάξης, δεν μπορούν να φέρουν μια αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά σκέφτονται. Κάτι τέτοιο αποδεικνύεται από τις απαντήσεις των παιδιών σε μια δοκιμασία που τους δίνεται πριν τη διδασκαλία (προ – τεστ) και σε μια άλλη που ακολουθεί λίγες μέρες μετά (μετά – τεστ). Διαπιστώνεται ότι τα περισσότερα παιδιά χρησιμοποιούν τις διαισθητικές τους αντιλήψεις για να απαντήσουν στα ερωτήματα. Δεν είναι αρκετό ο δάσκαλος να παρουσιάσει στα παιδιά παραδείγματα που αντικρούουν τις απόψεις τους. Τα παιδιά πρέπει να ξαναχτίσουν τις ιδέες τους μόνα τους.
- Οι δάσκαλοι πολλές φορές αγνοούν τις μη επιστημονικές ιδέες των παιδιών. Αυτό δεν είναι παράξενο. Συνήθως δεν κάνουν τίποτε άλλο από το να προσπαθούν να βρουν ποιες είναι οι επιστημονικά σωστές ιδέες των παιδιών. Δεν είναι λίγα τα εγχειρίδια για τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που δεν περιλαμβάνουν πληροφορίες για τις λανθασμένες ιδέες των παιδιών. Για ένα δάσκαλο είναι δύσκολο να



καταγράφει τις απόψεις των παιδιών στην τάξη, καθώς έχει να διδάξει πολλαπλά μαθήματα σε ένα μεγάλο αριθμό μαθητών.

- Οι δάσκαλοι συχνά δεν έχουν ολοκληρωμένες και αιτιολογημένες απόψεις για τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης. Πολλές φορές είναι καλό να σκέφτονται ότι τα κεφάλια των παιδιών είναι άδεια, έτοιμα να γεμίσουν με γνώσεις που θα τους μεταδώσουν, όμως αυτό δεν ισχύει για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Επίσης, στο πλαίσιο τούτης της τελευταίας, ο δάσκαλος είναι λάθος να πιστεύει ότι οι ιδέες τις οποίες το παιδί έχει ήδη σχηματίσει χάνονται για να αντικατασταθούν από όσες νέες πρόκειται να διδαχθεί. Οι παλιές απόψεις επιδρούν σημαντικά στον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά μαθαίνουν οτιδήποτε καινούργιο από το δάσκαλο.
- Υπάρχει το πρόβλημα της έλλειψης επικοινωνίας μεταξύ δασκάλου και μαθητών. Όταν λέμε ότι δύο άνθρωποι επικοινωνούν, αυτό που συμβαίνει μεταξύ τους είναι ότι μέσω λέξεων και χειρονομιών προσπαθούν να μεταδώσουν νοήματα, χωρίς ωστόσο να πρόκειται για τα ίδια. Έτσι ο δάσκαλος μπορεί να ελπίζει ότι θα μεταδώσει μερικές ιδέες με τη χρήση λέξεων, διαγραμμάτων, συμβόλων, πειραμάτων, εικόνων, αλλά το παιδί, αν και τον παρακολουθεί προσεκτικά σε όλη αυτή τη διαδικασία, να αποδώσει τελικά στις ιδέες ένα νόημα δικό του. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νόημα που το παιδί θα δώσει να είναι διαφορετικό από το επιδιωκόμενο. Για παράδειγμα, έχει μελετηθεί από την Joan Solomon (Solomon 1992) ο τρόπος κατανόησης του όρου «ενέργεια» από μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε διάφορες δυτικοευρωπαϊκές χώρες. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι οι μαθητές στη Μεγάλη Βρετανία έδιναν διαφορετικό νόημα στη λέξη «ενέργεια» από εκείνο που έδιναν οι μαθητές στη Γερμανία. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα αν η γλώσσα που ο δάσκαλος μιλά δεν είναι οικεία στο παιδί ή αν η γλώσσα του βιβλίου είναι δύσκολη. Τότε ενδέχεται να εκδηλωθούν ορισμένα φαινόμενα, όπως:
 - i. Το παιδί αγνοεί όσα λέει ο δάσκαλος.
 - ii. Ο δάσκαλος αγνοεί ό,τι λέει ο μαθητής (με την ασυνήθιστη γλώσσα του



εκπαιδευτικού υποβαθμίζονται οι ιδέες του μαθητή, που δεν τολμά να τις εκφράσει παρά μόνο στους συμμαθητές του).

iii. Ο δάσκαλος επιμένει οι μαθητές να χρησιμοποιούν τις «σωστές» λέξεις, οι μαθητές επαινούνται ότι «σκέφτονται επιστημονικά», ενώ οι λέξεις απλώς «ηχούν επιστημονικά» (Μίχας 2003).

2.5 Οι ιδέες των παιδιών είναι προσωπικές

Όταν παιδιά σε μια σχολική τάξη γράφουν για το ίδιο πείραμα, μπορεί να δίνουν πολλές διαφορετικές εξηγήσεις του. Καθένα έχει «δει» και ερμηνεύσει το πείραμα με το δικό του τρόπο. Η δική μας συμπεριφορά είναι παρόμοια όταν διαβάζουμε ένα κείμενο ή συζητάμε ένα θέμα με κάποιιο άλλο πρόσωπο, μπορεί να μεταβάλλουμε ή να μην μεταβάλλουμε την προσωπική μας άποψη. Η έκταση στην οποία τροποποιούμε τον τρόπο σκέψης μας εξαρτάται λίγο ή πολύ από τις αρχικές μας ιδέες για το θέμα που διαβάζουμε ή συζητάμε. Ένας αριθμός ανθρώπων, που παρακολουθούν την ίδια διάλεξη ή διαβάζουν το ίδιο βιβλίο, ακόμη και επιστημονικό κείμενο, δεν προσλαμβάνουν αναγκαστικά και δεν συγκρατούν τα ίδια σημεία απ' αυτό.

Τα άτομα εσωτερικεύουν την εμπειρία τους κατά τρόπο που εν μέρει τουλάχιστον είναι δικός τους, ερμηνεύουν τα δικά τους νοήματα. Αυτές οι προσωπικές ιδέες επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο προσλαμβάνονται οι πληροφορίες. Ακόμη, οι παρατηρήσεις που κάνουν τα παιδιά και οι ερμηνείες, που δίνουν γι' αυτές, επηρεάζονται από τις ιδέες και τις προσδοκίες τους.

Τέλος, το γεγονός ότι αυτές οι ιδέες είτε του παιδιού είτε του επιστήμονα είναι προσωπικές, δε σημαίνει απαραίτητα ότι δεν είναι δυνατό να τις μοιράζονται με άλλους (Driver et al. 1985).

2.6 Οι ιδέες των παιδιών είναι αντιφατικές

Ποιος δάσκαλος δεν έχει ακούσει διαφορετικές και ορισμένες φορές



αντιφατικές εξηγήσεις φαινομένων, που έχουν προταθεί από τα παιδιά μέσα στην τάξη. Ακόμη και όταν οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με πράγματα που φαίνονται αντιφατικά για το δάσκαλο, δεν θα το αναγνωρίσουν αναγκαστικά. Επίσης, θα δούμε ότι το ίδιο το παιδί μπορεί να έχει διαφορετικές αντιλήψεις ενός ειδικού τύπου φαινομένου, χρησιμοποιώντας μερικές φορές διαφορετικά επιχειρήματα, τα οποία οδηγούν σε αντίθετες προβλέψεις για καταστάσεις που είναι ισοδύναμες κατά την αντίληψη ενός επιστήμονα και ακόμη μεταπηδώντας από ένα είδος εξήγησης σε άλλο για το ίδιο φαινόμενο. Όμως γιατί αυτές οι αντιφάσεις; Η ανάγκη για συνεκτικότητα και τα κριτήρια για τη συνεκτικότητα, όπως γίνονται αντιληπτά από το μαθητή δεν είναι τα ίδια με εκείνα του επιστήμονα. Πιο συγκεκριμένα, ο μαθητής δεν κατέχει ένα ενιαίο μοντέλο που να ενοποιεί μια κατηγορία φαινομένων, τα οποία θεωρούνται από τον επιστήμονα ως ισοδύναμα (Driver et al. 1985).

Επιπρόσθετα, οι μαθητές δίνουν αντιφατικές απαντήσεις / ερμηνείες για τα φυσικά φαινόμενα χωρίς να το αντιλαμβάνονται. Και συνήθως κάνουν αντίθετες προβλέψεις για ισοδύναμα φαινόμενα, π.χ. κρύο – ζέστη.

Σε μια αναζήτηση της φύσης αυτών των απαντήσεων οι ερευνητές κατέληξαν:

- Οι ιδέες των παιδιών είναι επαρκείς και συγκροτούν αυτοσυνεπείς νοητικές / γνωστικές δομές.
- Οι μαθητές/ριες δεν κατέχουν ένα μοντέλο ενοποίησης των φαινομένων ούτε μια συνεπή θεώρηση για ισοδύναμα φαινόμενα.
- Οι ιδέες των μαθητών/ριών επηρεάζονται ελάχιστα από την παραδοσιακή διδασκαλία ή την πειραματική διδασκαλία.
- Οι ιδέες δεν οφείλονται μόνο σε κακή πληροφόρηση.
- Αξιοσημείωτο είναι ότι οι μαθητές/ριες που επιτυγχάνουν στις εξετάσεις, αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν την επιστημονική γνώση σε καταστάσεις καθημερινής ζωής (Κόκκοτας 1997).



2.7 Τα κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών

Τα κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών είναι τα εξής:

1. Η εγωκεντρική και ανθρωποκεντρική αντίληψη: Έρευνες έδειξαν ότι τα παιδιά έως την ηλικία των δέκα ετών έχουν εγωκεντρική αντίληψη για τον κόσμο. Από την ηλικία αυτή και μετά προκειμένου να εξηγήσουν τα φαινόμενα εγκαταλείπουν τον εγωκεντρισμό και υιοθετούν μια ευρύτερη ανθρωποκεντρική άποψη, όπου οι ερμηνείες αναζητούνται στην ανθρώπινη εμπειρία (Κόκκοτας 1998). Οι μαθητές/ριες πιστεύουν ότι όλα υπάρχουν για να χρησιμεύουν στον άνθρωπο. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούν ότι το οξυγόνο υπάρχει για να αναπνέουν οι άνθρωποι, και βρέχει για να διατηρηθεί η τροφική αλυσίδα με πρωταγωνιστή τον άνθρωπο (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000). Ακόμη, αν ρωτήσουμε το παιδί ποια είναι η διαφορά μεταξύ παγωμένου νερού και νερού θερμοκρασίας περιβάλλοντος, η απάντηση είναι ότι το παγωμένο νερό δεν πίνεται εύκολα, δηλαδή η απάντηση είναι ανθρωποχρηστική.

2. Η ανιμιστική άποψη – Στα αντικείμενα αποδίδονται χαρακτηριστικά ανθρώπων ή ζώων: Πολλά παιδιά αποδίδουν στα αντικείμενα θέληση, αισθήματα ή σκοπό. Ένας λόγος που συντελεί σ' αυτό το γεγονός ότι η μεταφορά χρησιμοποιείται τόσο στην καθημερινή γλώσσα, όσο και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αυτό δημιουργεί συχνά παρανοήσεις. Για παράδειγμα, ο καθηγητής των Φυσικών λέει ότι ένα αρνητικό φορτίο αναζητεί ένα θετικό για να ενωθεί μαζί του. Αυτή η αναζήτηση που σκοπό έχει την ένωση, δηλώνει ότι και τα άψυχα έχουν θέληση και κάνουν πράγματα προσχεδιασμένα (Κόκκοτας 1998). Επιπλέον, τα παιδιά θεωρούν ότι τα σύννεφα ιδρώνουν, οι άγγελοι παίζουν bowling και δημιουργούν τις βροντές κ.α. (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

3. Τα μη ορατά δεν υπάρχουν : Όταν οι μαθητές έχουν να λύσουν ένα πρόβλημα βασίζουν τους συλλογισμούς τους στα χαρακτηριστικά που είναι άμεσα παρατηρήσιμα. Για παράδειγμα, όταν η ζάχαρη διαλυθεί στο νερό θεωρείται ότι δεν υπάρχει. Το φως υπάρχει για τους μαθητές όταν είναι πολύ έντονο ώστε να δημιουργεί αισθητά αποτελέσματα. Το νερό όταν γίνεται ατμός παύει να υπάρχει γιατί δεν είναι ορατό. Το ίδιο συμβαίνει και με τους υδρατμούς



στην ατμόσφαιρα, τη διαλυμένη ουσία στο διαλύτη, την καμπυλότητα της επιφάνειας της Γης, κλπ.

Η μετάβαση από τον κόσμο των αισθήσεων στον κόσμο της φαντασίας είναι διαδικασία - δύσκολη, ωστόσο αυτήν επιδιώκουμε με την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Για να «δουν» οι μαθητές τα μόρια, τα ηλεκτρόνια και γενικώς τα σωματίδια, υποατομικά και μη, πρέπει να χρησιμοποιήσουν «τα μαγικά γυαλιά των επιστημόνων», τις διόπτρες της φαντασίας τους. Αυτό τους υποχρεώνει στην κατασκευή νοητικών μοντέλων για τις οντότητες εκείνες που δε γίνονται ορατές, όπως το ηλεκτρικό ρεύμα, τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, το φως (Κόκκοτας 1998).

4. Η περιορισμένη εστίαση σε ένα εμφανές χαρακτηριστικό: Σε πολλές περιπτώσεις έχουμε επισημάνει μαρτυρίες ότι τα παιδιά παίρνουν υπόψη τους περιορισμένες μόνο όψεις κάποιων ιδιαίτερων φυσικών καταστάσεων, με το κέντρο της προσοχής τους εμφανιζόμενο να εξαρτάται από τον εξέχοντα χαρακτήρα ορισμένων διαρκών χαρακτηριστικών.

Συνδεδεμένη με αυτή την τάση, να επικεντρώνουν τα παιδιά την προσοχή τους σε περιορισμένες όψεις μιας δεδομένης κατάστασης, είναι η τάση τους να εξηγούν τα φαινόμενα περισσότερο με όρους απόλυτων ιδιοτήτων ή ποιοτήτων που αποδίδονται σε αντικείμενα, παρά με όρους αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα στοιχεία κάποιου συστήματος. Για παράδειγμα, μερικά παιδιά διάλεξαν ένα σιδερένιο δοχείο, για να διατηρήσουν τον πάγο κρύο, για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, εξ' αιτίας των ειδικών ιδιοτήτων του σιδήρου: Παρουσίασαν την τάση να μη σκέφτονται το πρόβλημα από την άποψη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον πάγο, στο δοχείο και στον περιβάλλοντα αέρα. Παρόμοια, εξηγώντας τον τρόπο που δρα ένα καλαμάκι ή μια σύριγγα, πολλοί μαθητές εξέτασαν μόνο το τι συμβαίνει στο εσωτερικό, περισσότερο αποδίδοντας την κίνηση του υγρού στην ισχύ της «αναρρόφησης», παρά θεωρώντας ότι η ροή του υγρού είναι συνέπεια της διαφοράς πιέσεων μέσα κι έξω από το καλαμάκι ή τη σύριγγα. Από την οπτική γωνιά του επιστήμονα η διαδικασία της καύσης περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση της καίμενης ουσίας και του οξυγόνου, τα παιδιά όμως έχουν την τάση να εξετάζουν αν η ουσία καίγεται ή όχι, σαν να είναι αποκλειστικά μια ιδιότητα αυτής της ίδιας της ουσίας



(Driver et al. 1985). Επίσης, για τους μαθητές/ριες η θερμοκρασία και όχι η ατμοσφαιρική πίεση ή υγρασία είναι το χαρακτηριστικό στο σχηματισμό των καιρικών φαινομένων (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

5. Η εστίαση της προσοχής σε αλλαγές και όχι σε σταθερές καταστάσεις:

Τα παιδιά εστιάζουν την προσοχή τους σε ακολουθίες γεγονότων ή σε μεταβολές καταστάσεων με το χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι τείνουν να εστιάζονται μάλλον σε παροδικές καταστάσεις ενός συστήματος, παρά σε καταστάσεις ισορροπίας. Στους συλλογισμούς τους για τα υγρά π.χ. τα παιδιά παρουσίασαν την τάση να θεωρούν ότι η πίεση δρα μόνο σε κατάσταση έλλειψης ισορροπίας, αγνοώντας τις πιέσεις που δρουν στην ισορροπία. Κατά παρόμοιο τρόπο δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι σε σώμα που ισορροπεί, ασκούνται δυνάμεις (Αθανασάκης 2000).

Επίσης, μια παράλληλη κατάσταση φαίνεται να συναντάται και στη περίπτωση όπου τα παιδιά αναγνωρίζουν ότι μια δύναμη δρα όταν παρατηρείται κίνηση. Οι δυνάμεις είναι λιγότερο πιθανό να θεωρούνται ότι δρουν σε συστήματα στατικής ισορροπίας. Σε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα υποπτευόμαστε ότι υπάρχει ένα εννοιολογικό πρόβλημα, που οφείλεται στη σύγχυση των μαθητών μεταξύ σταθερών και μεταβατικών καταστάσεων (για παράδειγμα όταν ένας διακόπτης κλείνεται ή ανοίγεται σε ένα κύκλωμα).

Αυτή η τάση να εξετάζουν μεταβαλλόμενες μάλλον καταστάσεις παρά καταστάσεις ισορροπίας, είναι ίσως κατανοητή αναφορικά με αυτό που νομίζουν τα παιδιά ότι είναι αναγκαίο να εξηγήσουν. Αντανακλά μια σημαντική πλευρά του αιτιακού συλλογισμού των παιδιών, ότι δηλαδή η αλλαγή χρειάζεται μια εξήγηση, απαιτεί από αυτά να αναζητήσουν ένα μηχανισμό, οπωσδήποτε απλό, που να συνδέει τις διαφορετικές καταστάσεις στο χρόνο. Έτσι, οι καταστάσεις ισορροπίας επειδή σε αυτές δεν υπάρχει αλλαγή με το χρόνο, δεν απαιτούν εξήγηση-είναι «όπως έχουν τα πράγματα» (Driver et al. 1985).

6. Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός και όχι η αλληλεπίδραση: Όταν τα παιδιά εξηγούν τις αλλαγές, οι συλλογισμοί τους τείνουν να ακολουθούν μια γραμμική αιτιακή ακολουθία. Υιοθετούν μια αιτία που παράγει μια αλυσίδα αποτελεσμάτων ως μια ακολουθία εξαρτώμενη από το χρόνο. Αυτή η τάση να σκέφτονται τις εξηγήσεις με βάση προτιμώμενες κατευθύνσεις στις αλυσίδες



των γεγονότων, σημαίνει ότι οι μαθητές μπορεί να έχουν προβλήματα όταν εκτιμούν τη συμμετρία στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστημάτων. Για παράδειγμα, εξετάζοντας τη θέρμανση ενός δοχείου, σκέφτονται τη διαδικασία με όρους κατεύθυνσης, με την πηγή να παρέχει θερμότητα σε έναν υποδοχέα, ενώ από επιστημονική άποψη, η κατάσταση είναι συμμετρική, με δυο συστήματα να αλληλεπιδρούν, το ένα από τα οποία κερδίζει ενέργεια και το άλλο την χάνει. Στη μηχανική, οι μαθητές έχουν την τάση να σκέφτονται ότι μια δύναμη ή μια δράση παράγει ένα αποτέλεσμα, όπως είναι η κίνηση. Η αμοιβαία κίνηση των δυνάμεων που δρουν (3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα) δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί απ' αυτή την οπτικά γωνία, επειδή απαιτεί από τους μαθητές να εγκαταλείψουν αυτό τον αλυσιδωτό τρόπο της σκέψης με την «προτιμώμενη» του κατεύθυνση.

Μια άλλη συνέπεια αυτής της τάσης τους να σκέφτονται αλυσιδωτά και να έχουν μια προτιμώμενη κατεύθυνση, όταν αιτιολογούν τα γεγονότα, είναι ότι οι διαδικασίες που ένας επιστήμονας βλέπει ως αντιστρεπτές, δεν αντιμετωπίζονται απαραίτητα μ' αυτόν τον τρόπο από τους μαθητές. Για παράδειγμα, οι μαθητές εκτιμούν το αποτέλεσμα της αύξησης στην πίεση σε μια έγκλειστη ποσότητα, ενώ ακόμη έχουν δυσκολία να προβλέπουν το αποτέλεσμα της μείωσης της πίεσης. Παρόμοια, οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν ότι μια απορρόφηση ενέργειας μπορεί να αλλάξει ένα στερεό σε υγρό, όμως όταν το υγρό μετατρέπεται σε στερεό είναι πολύ πιο δύσκολο να εκτιμηθεί (Driver et al. 1985).

Με άλλα λόγια, οι μαθητές συνδέουν πάντοτε ένα αποτέλεσμα με ένα αίτιο. Για παράδειγμα, δέχονται πως όταν μια δύναμη (αίτιο) δρα σε σώμα (αντικείμενο) παράγει ένα αποτέλεσμα. Ωστόσο δεν μπορούν να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση των σωμάτων. Το αξίωμα, λοιπόν, της δράσης και αντίδρασης γίνεται κατανοητό μόνο λεκτικά, αφού δεν εμπίπτει στο παραπάνω γραμμικό σχήμα. Γενικά οι αντιστρεπτές μεταβολές κατανοούνται δυσκολότερα λόγω ακριβώς της ίδιας αιτίας (Κόκκοτας 1998).

7. Μη διαχωρισμός των εννοιών και χρήση μιας λέξης για την περιγραφή πολλών φαινομένων: Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν οι μαθητές έχουν ένα σύνολο από δευτερεύουσες σημασίες, που μπορεί να είναι



διαφορετικές και σημαντικά πιο εκτεταμένες από εκείνες που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες. Για παράδειγμα, όταν περιγράφουν ή ερμηνεύουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, τα παιδιά χρησιμοποιούν μια ιδέα που την ονομάζουν ηλεκτρισμό, ρεύμα, ισχύ. Αυτή η ιδέα έχει μερικές από τις ιδιότητες διαφόρων επιστημονικών εννοιών, στις οποίες περιλαμβάνονται το ρεύμα, το φορτίο και η διαφορά δυναμικού (Driver et al. 1985). Παρόμοια, οι ιδέες των παιδιών για το βάρος συχνά περιλαμβάνουν δευτερεύουσες σημασίες, όπως η μάζα, ο όγκος και η πυκνότητα (Κόκκοτας 1998). Ακόμη, οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες πίεση – δύναμη (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000). Επιπλέον, δυσκολεύονται να διακρίνουν και να διαχωρίσουν την ορμή και την ώθηση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση, καθώς επίσης την ενέργεια, το έργο και την ισχύ (Αθανασάκης 2000).

Το γεγονός ότι οι ιδέες των παιδιών τείνουν να γίνουν περισσότερο περιεκτικές και σφαιρικές από εκείνες των επιστημόνων σημαίνει ότι σε μερικές περιπτώσεις τα παιδιά παρουσιάζουν την τάση να διολισθαίνουν από τη μια σημασία στην άλλη, χωρίς αναγκαστικά να το συνειδητοποιούν. Για παράδειγμα, η λέξη αγωγός ή μονωτής μπορεί να χρησιμοποιείται για να σημαίνει και το «να ζεσταίνεται γρήγορα ή αργά» και το «να κρατά τη ζέστη ή το κρύο». Αυτές είναι οι ιδέες που ξεκάθαρα διαφοροποιούνται από την οπτική γωνία του επιστήμονα, όμως οι μαθητές στο δικό τους επίπεδο ερμηνείας των γεγονότων δε βλέπουν την ανάγκη να κάνουν τέτοιους διαχωρισμούς (Driver et al. 1985).

8.Εξάρτηση από το πλαίσιο: Με τον όρο «πλαίσιο» εννοούμε όλους εκείνους τους παράγοντες που επιδρούν στην μάθηση.

Οι ιδέες των μαθητών εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατάστασης με την οποία τίθεται το πρόβλημα μάθησης. Μια πρώτη μεταβλητή του πλαισίου είναι το κατά πόσο η τιθέμενη κατάσταση έχει ή όχι τα χαρακτηριστικά ενός σχολικού προβλήματος. Στην περίπτωση που οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι για την επίλυση του προβλήματος πρέπει να εφαρμοστούν οι τύποι του βιβλίου, οικοδομούν τη δική τους αναπαράσταση για τη συγκεκριμένη κατάσταση και επιστρέφουν ξανά στις ιδέες που είχαν πριν από το μάθημα. Μια δεύτερη μεταβλητή του πλαισίου είναι ο τύπος του προς



επίλυση προβλήματος. Επί παραδείγματι, υποστηρίζεται ότι υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στην τυπολογία των προβλημάτων της Μηχανικής και στα μοντέλα σκέψης που ενεργοποιούν οι μαθητές κατά την επίλυση των προβλημάτων. Μια τρίτη μεταβλητή του πλαισίου είναι το κατά πόσο η κατάσταση ή το πρόβλημα είναι οικείο στους μαθητές. Όσο λιγότερο οικείο είναι το πρόβλημα τόσο περισσότερο ανατρέχουν στον αναλογικό συλλογισμό (Κόκκοτας 1998).

9. Στα αντικείμενα αποδίδεται ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας: Πολλά παιδιά αποδίδουν σε ένα αντικείμενο ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας, όπως δύναμη. Αν ρωτήσουμε τα παιδιά ποιες δυνάμεις ασκούνται επάνω σ' ένα σώμα που ρίξαμε στον αέρα και κινείται προς τα πάνω, αυτά θα αναφέρουν μόνο τη δύναμη που δώσαμε στο σώμα όταν ξεκίνησε. Άλλο παράδειγμα: «Η κρουήτητα του πάγου κάνει το νερό να παγώνει». Δηλαδή τα παιδιά θεωρούν ότι το κρύο έχει φυσική οντότητα (Κόκκοτας 1998).

10. Οι ιδέες των παιδιών αντέχουν στο χρόνο και ανθίστανται στις αλλαγές μέσω της εκπαιδευτικής διαδικασίας: Οι ιδέες αυτές των παιδιών αντέχουν στον χρόνο και δυστυχώς ανθίστανται στην αλλαγή που περιμένουμε να συντελεσθεί μέσω της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αν δεν οργανωθεί κατάλληλα. Έτσι, αυτές οι εσφαλμένες αντιλήψεις, ή διαφορετικές ερμηνείες, ανευρίσκονται όχι μόνον σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά ακόμη και σε φοιτητές της Φυσικής (Πατάπης 1995).

11. Οι ιδέες των παιδιών είναι κοινές εφόσον ζουν στο ίδιο φυσικό περιβάλλον: Παρόμοιες ιδέες και αντιλήψεις μπορούν να ανιχνευθούν σε παιδιά διαφόρων ηλικιών και διαφορετικού μορφωτικού υποβάθρου. Εφόσον όλοι ζουν σ' ένα περιβάλλον με τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά δεν είναι καθόλου παράξενο το γεγονός ότι οι αντιλήψεις που δημιουργούνται στην προσπάθεια ερμηνείας αυτού του κόσμου είναι ίδιες (Πατάπης 1995).

2.8 Οι ιδέες των παιδιών ως προσωπικές κατασκευές

Από την πολύ ηλικία, τα παιδιά αναπτύσσουν ιδέες ή εννοιολογικά σχήματα για το φυσικό κόσμο που τα περιβάλλει. Τα ίδια έχουν εμπειρίες σχετικά με το τι



συμβαίνει όταν ,για παράδειγμα, αφήνουν αντικείμενα να πέσουν ή τα σπρώχνουν ή τα σύρουν ή τα ρίχνουν. Με αυτόν τον τρόπο « οικοδομούν» ιδέες και προσδοκίες που έχουν σχέση με το πώς τα αντικείμενα «συμπεριφέρονται» και κινούνται. Παρομοίως, τα παιδιά αναπτύσσουν ιδέες γύρω από άλλες όψεις του κόσμου που τα περιβάλλει μέσω των εμπειριών που έχουν, π.χ. από τα ζώα, τα φυτά, το νερό, το φως και τις σκιές, τις φωτιές και τα παιχνίδια. Ένα εννιάχρονο παιδί πρόσεξε ότι χρειάστηκαν μερικά δευτερόλεπτα αφότου έκλεισε το πικάπ μέχρις ότου ο ήχος να εξασθενήσει και να σβήσει σιγά σιγά. « Πρέπει να υπάρχουν μίλια και μίλια καλωδίου εκεί μέσα», είπε το παιδί, « για να περάσει ο ηλεκτρισμός και για να κάνει ο ήχος τόσο πολύ για να σταματήσει». Αυτό το παιδί δεν είχε διδαχθεί Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο και ήδη έχει αναπτύξει την αντίληψη ότι ο ηλεκτρισμός σχετίζεται με τη δημιουργία ήχου, ότι ρέει μέσα από καλώδια και ότι ρέει γρήγορα!

Πολλές από τις αντιλήψεις που τα παιδιά διαμορφώνουν για τα φυσικά φαινόμενα προέρχονται από τις εμπειρίες μέσω των αισθήσεων. Μερικές έννοιες ή γνωστικά σχήματα, ενώ επηρεάζουν την αλληλεπίδραση των παιδιών με το περιβάλλον τους, δεν μπορούν να εκφραστούν επαρκώς μέσω της γλώσσας. Για παράδειγμα, τα παιδιά που παίζουν, έχουν αναπτύξει γνωστικά σχήματα για τις τροχιές που ακολουθούν οι μπάλες και τα οποία τους δίνουν τη δυνατότητα να πετούν και να πιάνουν τη μπάλα με επιτυχία. Ωστόσο, πολύ αργότερα θα έχουν οι μαθητές σχολικές ευκαιρίες να αναπαραστήσουν και να αναλύσουν τέτοιες κινήσεις. Ήδη όμως ένα γνωστικό σχήμα, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο παιδί να αλληλεπιδρά αποτελεσματικά όταν πετά και πιάνει τη μπάλα, υπάρχει από τα πρώτα χρόνια της ζωής του.

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες χώρες έχουν διαπιστώσει ότι υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά στις ιδέες των παιδιών –όπως είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο 2.7 - και μελέτες σε εξέλιξη δίνουν χρήσιμες γνώσεις σχετικά με τους χαρακτηριστικούς τρόπους με τους οποίους αυτές οι ιδέες εξελίσσονται κατά τη διάρκεια των παιδικών χρόνων. Έρευνες έχουν επισημάνει ότι τέτοιες ιδέες δεν πρέπει να θεωρηθούν απλώς ως κακή πληροφόρηση. Τα παιδιά έχουν τρόπους να κατασκευάζουν γεγονότα και φαινόμενα τα οποία έχουν συνοχή και είναι εναρμονισμένα με τους χώρους της



εμπειρίας τους και τα οποία όμως μπορεί να διαφέρουν ουσιαστικά από την επιστημονική άποψη. Επίσης, έρευνες υποδεικνύουν ότι τέτοιες αντιλήψεις μπορεί να διατηρούνται παρά τη σχολική διδασκαλία (Driver et al. 1998).

2.9 Τι σκοποί εξυπηρετούνται με την κατανόηση αυτών των ιδεών

Παίρνοντας υπόψη τις πρότερες ιδέες των μαθητών είναι μια από τις στρατηγικές, αν και όχι βέβαια η μοναδική, που δίνει τη δυνατότητα να είναι καλύτερα προσαρμοσμένη η διδασκαλία στους μαθητές. Αυτό μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους:

- *Η επιλογή των εννοιών που θα διδαχτούν.* Σε ορισμένα διδακτικά σχήματα, που εφαρμόζονται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μερικές έννοιες έχουν θεωρηθεί ότι είναι προφανείς και έχουν ληφθεί ως δεδομένες στη σχεδίαση ενός κύκλου μαθημάτων. Οι μελέτες των ιδεών των παιδιών φανερώνουν ότι ακόμη και ορισμένες φαινομενικά απλές έννοιες, όπως η διατήρηση της μάζας ή η εντατική φύση της θερμοκρασίας, μπορεί να μην εκτιμηθούν από πολλούς μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αποτυχία στην εκτίμηση τέτοιων βασικών ιδεών οδηγεί σε περισσότερα και πιο βασικά μαθησιακά προβλήματα.
- *Η επιλογή των μαθησιακών εμπειριών.* Αν οι πρότερες ιδέες των μαθητών είναι γνωστές, τότε αυτές μπορούν να αμφισβητηθούν ευθέως με εμπειρίες που συγκρούονται με τις προβλέψεις τους, προκαλώντας έτσι τους μαθητές να αναθεωρήσουν τις ιδέες τους. Οποσδήποτε, η αμφισβήτηση των τρεχουσών ιδεών των μαθητών δεν είναι από μόνη της ικανή να προωθήσει την αλλαγή. Πρέπει να προσφερθούν εναλλακτικές ιδέες και αυτές πρέπει να ιδωθούν από τους μαθητές όχι μόνο ως απαραίτητες, αλλά ως λογικές και πειστικές. Η γνώση των ιδεών των μαθητών μας δίνει τη δυνατότητα να διαλέξουμε τις διδακτικές δραστηριότητες που είναι πιο πιθανό να ερμηνευτούν από τους μαθητές με τον τρόπο που εμείς επιδιώκουμε. Η περίπτωση της ανάκλασης του φωτός από διάφορα αντικείμενα είναι ένα τέτοιο παράδειγμα. Τα



περισσότερα παιδιά 13 – 14 ετών αναγνωρίζουν ότι ένας καθρέφτης έχει την ιδιότητα να ανακλά το φως, ακόμη και όταν νομίζουν ότι το φως μένει πάνω σε άλλα αντικείμενα. Για να υποστηρίξουν αυτήν την ιδέα, αναφέρονται στο γεγονός ότι με έναν καθρέφτη κάποιος μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη ενός αντικειμένου ή να ρίξει φως σε κάποιον. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε παρόμοιες εμπειρίες για να τους πείσουμε ότι το φως ανακλάται από συνηθισμένα αντικείμενα. Το μεσημέρι στο μεσοκαλόκαιρο ένα κομμάτι λευκό χαρτί θα λάμψει όταν δέχτεί το φως του ήλιου. Σε σκοτεινό δωμάτιο κάποιος μπορεί εύκολα να διακρίνει ένα ανοιχτόχρωμο αντικείμενο, που φωτίζεται από φως ανακλώμενο από ένα φύλλο άσπρου χαρτιού. Επίσης, από την άλλη μεριά βλέπουμε ότι η γνώση των αντιλήψεων των παιδιών μας επιτρέπει να απορρίψουμε ορισμένα κλασσικά πειράματα διδασκαλίας, τα οποία δεν ερμηνεύονται από το παιδί με τον τρόπο που εμείς περιμένουμε να γίνει.

- *Η παρουσίαση των στόχων των προτεινόμενων δραστηριοτήτων. Κατά την διατύπωση των στόχων του διδακτικού έργου είναι σημαντικό να έχουμε στο νου μας ότι οι μαθητές πρέπει να ερμηνεύουν τους στόχους που έχει θέσει ο δάσκαλος με τον τρόπο που αυτοί κατανοούν.*

Όμως παρόλο που είναι απαραίτητο να έχουμε στο νου μας τις ιδέες των μαθητών, όταν διδάσκουμε, δεν είναι βέβαια εύκολο να το εφαρμόσουμε στην πράξη. Ο δάσκαλος έχει την ευθύνη για την τάξη συνολικά και μπορεί να το θεωρήσει εντελώς μη ρεαλιστικό το να παίρνει υπόψη του τις ποικίλες ιδέες κάθε μαθητή ξεχωριστά (Driver et al. 1985).

2.10 Αναφορές στις ιδέες - αντιλήψεις που έχουν οι απόφοιτοι Λυκείου και οι φοιτητές για έννοιες της Φυσικής

Την τελευταία εικοσαετία, σημαντικός αριθμός ερευνών στην εκπαίδευση έχει επικεντρωθεί στον τρόπο κατανόησης των εννοιών της Φυσικής από τους μαθητές. Από αυτές τις έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές ξεκινούν την



εκπαίδευσή τους στο μάθημα της Φυσικής έχοντας ήδη ένα διαμορφωμένο πλαίσιο εννοιών της Φυσικής, που έχει δομηθεί μέσα από χρόνια εμπειρίας, υπακούει στην κοινή λογική και τους επιτρέπει να λειτουργούν στον κόσμο γύρω τους. Οι «εναλλακτικές» ή «πρωτογενείς» αυτές αντιλήψεις των μαθητών, όπως έχει επικρατήσει να ονομάζονται, διαφέρουν ριζικά από εκείνες που στοχεύουν να διδάξουν οι καθηγητές Φυσικής και οι δάσκαλοί τους, αποτελώντας εμπόδιο στην όλη διαδικασία της μάθησης (Χαλκιά – Θεοδωρίδη και Κωστόπουλος 1995). Συχνά διαπιστώνεται ότι οι μαθητές αποφοιτούν από το Λύκειο έχοντας κατακτήσει ελάχιστο αριθμό γνώσεων στις Φυσικές Επιστήμες, τις οποίες αδυνατούν να διαπραγματευτούν αποτελεσματικά σε νέες «προβληματικές» καταστάσεις. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις το σχολείο φαίνεται ότι αδυνατεί να τροποποιήσει τις «εναλλακτικές» αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας και Βλάχος 2001).

Όλες αυτές οι αντιλήψεις που έχουν τα παιδιά για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα εξακολουθούν πολλές φορές να ισχύουν και για πολύ μεγαλύτερες ηλικίες, μέχρι και τα φοιτητικά χρόνια (Πατάπης 1995). Πλήθος μελετών από το χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Γνωστικής Ψυχολογίας αποδεικνύουν ότι οι γνώσεις των μαθητών, ακόμη και των φοιτητών, σε διάφορους τομείς των Φυσικών Επιστημών, είναι συχνά ασυμβίβαστες με τις επιστημονικές (Κουλαϊδής 1994). Είναι γεγονός ότι οι φοιτητές εισέρχονται στο Πανεπιστήμιο με κάποιες αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες που δεν είναι συμβατές με την επιστημονική γνώση (Καριώτογλου 1998). Πρόσφατα έχουν δημοσιευθεί εργασίες για τις αντιλήψεις των φοιτητών σε έννοιες της άνωσης σε υγρά (Καρανίκας κ.ά. 1996), της αστρονομίας (Trumper 2000), του ηλεκτρισμού (Guisasola et al 2002) και της Μηχανικής (Κώτσης 2002).

Είναι γεγονός, λοιπόν, ότι σε όλες τις περιοχές των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Μηχανική, Οπτική, Χημική Κινηματική, Κυταρρική αναπνοή, κ.ά.) έχουν προσδιοριστεί έννοιες και θεωρίες, στις οποίες οι μαθητές δύσκολα αλλάζουν τις έννοιες που έχουν ή παρανοούν τις έννοιες που διδάσκονται, ακόμα και όταν τις συναντούν για πρώτη φορά, όπως π.χ. η διαφορά δυναμικού, ο αριθμός οξειδωσης, κλπ. Τα ευρήματα αυτά αναφέρονται σε όλες τις βαθμίδες της



Εκπαίδευσης από την Πρωτοβάθμια έως την Τριτοβάθμια και έχουν αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά. Αυτά είναι τα εξής:

- Τα ευρήματα για τις ιδέες των μαθητών είναι τα ίδια ή διαφέρουν ελάχιστα, ακόμα και όταν οι έρευνες αναφέρονται σε χώρες με διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα, διαφορετικά βιβλία, διαφορετική γλώσσα, σύστημα αξιολόγησης κλπ.
- Οι ιδέες των μαθητών παραλληλίζονται με απόψεις που έχουν διατυπωθεί σε παλαιότερες περιόδους των Φυσικών Επιστημών. Για παράδειγμα, οι μαθητές θεωρούν ότι η θερμότητα είναι ένα «ρευστό» που κινείται από τη φλόγα προς το σώμα που θερμαίνεται, κάτι που αντιστοιχεί στο καλορικό που είχε προταθεί στις αρχές της Αναγέννησης για την ερμηνεία της θέρμανσης των σωμάτων.
- Πολλές από τις αρχικές ιδέες των μαθητών δεν αλλάζουν εύκολα ή αλλάζουν ελάχιστα, παρόλο που οι μαθητές συνεχίζουν τις σπουδές τους και φτάνουν στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση για να σπουδάσουν Φυσικές Επιστήμες. Συχνά οι μαθητές συνδυάζουν τις ιδέες τους με την επιστημονική γνώση που διδάχθηκαν συνθέτοντας μια μεγάλη ποικιλία απόψεων για τα φαινόμενα.

Οι ιδέες των μαθητών δεν εκδηλώνονται άμεσα κατά την διδασκαλία στην τάξη διότι λειτουργούν στο υπόβαθρο της σκέψης των μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται την εκδήλωσή τους στις λανθασμένες απαντήσεις των μαθητών, μόνο όταν είναι ενημερωμένοι για αυτές (Βλάχος 2004).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο:

ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

3.1 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της δύναμης

Πριν αναφερθούμε στις αντιλήψεις των παιδιών για τη δύναμη κρίνουμε σκόπιμο να δούμε ποια ήταν η εξέλιξη της δύναμης στην ιστορία της Επιστήμης. Πιο συγκεκριμένα, στην κοσμολογία του Αριστοτέλη («περί ουρανού»), «δυνάμεις» αποκαλούνται ζεύγη αντιθέτων, όπως κρύο – ζεστό, υγρό – στεγνό, μαλακό – σκληρό κ.ά., τα οποία χαρακτηρίζουν τα τέσσερα στοιχεία – γη, νερό, φωτιά, αέρας – από τα οποία είναι φτιαγμένος ο κόσμος. Κεντρικό ρόλο στο κοσμολογικό σύστημα του Αριστοτέλη παίζει το ζεύγος δυνάμεων βαρύ – ελαφρύ («βαρύ» και «κούφον»). Οι δυνάμεις αυτές συνδέονται με τις κινήσεις πάνω – κάτω, που εκτελούν τα τέσσερα στοιχεία της φύσης, τις θεωρούμενες «φυσικές κινήσεις». Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι υπάρχει μια φυσική τάση στα στοιχεία γη και νερό, όταν αφεθούν ελεύθερα να κινούνται προς το κέντρο του κόσμου (που είναι το κέντρο της γης) και στα στοιχεία αέρας και φωτιά να κινούνται προς την περιφέρεια του κόσμου (που είναι η ουράνια σφαίρα). Η τάση αυτή οφείλεται στις δυνάμεις «βαρύ» και «ελαφρύ» που χαρακτηρίζουν αντίστοιχα τα ζεύγη των στοιχείων γη – νερό και αέρας – φωτιά. Έτσι, εφόσον όλα τα σώματα προέρχονται από τη σύνθεση δυο ή περισσοτέρων από τα τέσσερα στοιχεία, έχουν στη φύση τους την τάση, όταν αφεθούν ελεύθερα, να κινηθούν προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Με τον τρόπο αυτό, ο Αριστοτέλης εξηγεί γιατί μια πέτρα (που αποτελείται κυρίως από το στοιχείο «γη») όταν αφεθεί ελεύθερη πέφτει στη γη, ενώ ο καπνός (που αποτελείται από «αέρα») ανεβαίνει προς τον ουρανό.

Στη θεωρία του Αριστοτέλη, οι κινήσεις διακρίνονται σε δυο είδη: στις «φυσικές» και στις «βίαιες». Στο πρώτο είδος κινήσεων, εκτός από τις κινήσεις προς το κέντρο και την περιφέρεια του κόσμου, περιλαμβάνονται αλλαγές που συμβαίνουν με το χρόνο, όπως η αύξηση των φυτών, η ωρίμανση των καρπών



κ.ά. Στις βίαιες κινήσεις περιλαμβάνονται εκείνες οι αλλαγές που είναι αποτέλεσμα δράσης εξωτερικών αιτίων. Βίαιη κίνηση θεωρείται η κίνηση σωμάτων που έχουν ριφθεί. Κατά τον Αριστοτέλη, «οτιδήποτε κινείται, κινείται από κάτι άλλο». Με αυτή την αρχή, θεωρεί ότι η κίνηση στον αέρα ενός σώματος που έχει ριφθεί, θα πρέπει να αποδοθεί σε κάποιο αίτιο. Υποστηρίζει, λοιπόν, ότι το αίτιο που θέτει αρχικά σε κίνηση το σώμα, θέτει ταυτόχρονα σε ταλάντωση τον αέρα που το περιβάλλει. Καθώς ο αέρας πάλλεται βίαια, έχει τη δύναμη να κινήσει με τη σειρά του το βλήμα. Η δύναμη αυτή μεταφέρεται από το ένα στρώμα του αέρα στο άλλο, όχι όμως χωρίς απώλειες με αποτέλεσμα να εξαφανίζεται σταδιακά.

- Στον Μεσαίωνα εμφανίστηκε μια θεωρία γνωστή ως «θεωρία του impetus». Σημαντικότερος εκφραστής ήταν ο Burdian(1300 – 1358). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η δύναμη με την οποία ο ρίπτης ρίχνει ένα αντικείμενο εμβάλλεται σ' αυτό. Η δύναμη («impetus») που βρίσκεται μέσα στο αντικείμενο διατηρεί την κίνηση του αντικειμένου, όταν αυτό έχει απομακρυνθεί από τον ρίπτη. Το «impetus» είναι ανάλογο της ταχύτητας του αντικειμένου. Λόγω της αντίστασης του αέρα και του βάρους του αντικειμένου, το «impetus» εξασθενίζει βαθμιαία και η κίνηση του αντικειμένου επιβραδύνεται. Όταν το «impetus» εξαντληθεί, το βάρος αναγκάζει το αντικείμενο να πέσει στο έδαφος.

Με τον Γαλιλαίο αρχίζει μια εποχή η οποία θα οδηγήσει στις επαναστατικές αλλαγές, που θα επιφέρει στη θεωρία της μηχανικής ο Νεύτωνας. Η μεγαλύτερη ίσως συμβολή του Γαλιλαίου είναι η διατύπωση του νόμου της αδράνειας. Σύμφωνα με αυτόν, «εφόσον ένα σώμα κινείται χωρίς την επίδραση κάποιας δύναμης, θα συνεχίσει να κινείται ασταμάτητα με σταθερή ταχύτητα». Με το νόμο της αδράνειας γίνεται ένα μεγάλο βήμα προς τη διαμόρφωση της έννοιας της δύναμης με τη σημερινή της μορφή.

Στα τέλη του 17^{ου} αιώνα ο Νεύτωνας θεμελίωσε την επιστήμη της μηχανικής με τους τρεις νόμους της κίνησης. Οι νόμοι αυτοί ορίζουν μια νέα έννοια της δύναμης: είναι η δράση με την οποία η κατάσταση ενός σώματος αλλάζει, είτε αυτή η κατάσταση ήταν ηρεμία είτε κίνηση σε ευθεία γραμμή (Κουλαϊδης 1994).



Όσον αφορά την σημερινή εποχή, μπορούμε να πούμε ότι η λέξη δύναμη έχει πολλές σημασίες για τα παιδιά, όπως φυσικά έχει και στον καθημερινό λόγο.

Οι αντιλήψεις των παιδιών για τις δυνάμεις προέρχονται από την καθημερινή εμπειρία της κίνησης, των συγκρούσεων και των προσπαθειών που καταβάλλονται για την μετακίνηση των σωμάτων. Οι ιδέες τους επηρεάζονται ακόμα και από τις σημασίες που αποδίδονται στη λέξη «δύναμη» στην καθημερινή τους ζωή. Κατά συνέπεια, είναι πολύ πιθανόν οι αντιλήψεις αυτές να σταθεροποιούνται για μια μεγάλη ποικιλία εμπειριών. Οι μαθητές εμφανίζουν μεγάλη προσκόλληση σε αυτές και φυσικά δύσκολα επηρεάζονται από τις διάφορες διδακτικές στρατηγικές.

Τα μικρότερα παιδιά, ηλικίας 7 – 9 ετών, διαπιστώθηκε ότι εξετάζουν τις δυνάμεις στα πλαίσια του θυμού ή των συναισθημάτων. Ωστόσο, την ίδια στιγμή, ορισμένα παιδιά 7 και 8 ετών υποστηρίζουν την άποψη του Φυσικού, που θεωρεί τη δύναμη ως κάτι που ενεργεί και προκαλεί αλλαγή στην κίνηση, παρόλο που τείνουν να θεωρούν πως οι δυνάμεις προκαλούν το ξεκίνημα και όχι το σταμάτημα των πραγμάτων.

• Πολλές μελέτες αναφέρουν ότι η δύναμη συσχετίζεται συχνά από τα παιδιά με την πίεση ή την αντίδραση. Επίσης, οι δυνάμεις συχνά συνδέονται με ζωντανούς οργανισμούς. Ερευνητές διαπίστωσαν πως οι μαθητές συχνά συσχετίζουν τις δυνάμεις με τις φυσικές δραστηριότητες και τη μουσική δύναμη.

Πολλοί ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι οι μαθητές συσχετίζουν τις δυνάμεις μόνο με την κίνηση, χωρίς να αναγνωρίζουν την ύπαρξη των δυνάμεων που εμπλέκονται σε καταστάσεις ισορροπίας (π.χ. ένα ακίνητο βιβλίο πάνω σ' ένα τραπέζι). Οι μαθητές παρουσιάζονται απρόθυμοι να δεχθούν την παρουσία δυνάμεων εκεί όπου δεν υπάρχει κίνηση. Η ηρεμία θεωρείται γενικά ως μια «φυσική» κατάσταση, κατά την οποία καμιά δύναμη δεν επιδρά πάνω στο αντικείμενο. Ακόμα και οι μαθητές εκείνοι που αναγνώρισαν την ύπαρξη της δύναμης που κρατάει τα σώματα στην κατάσταση που βρίσκονται φαίνεται να πιστεύουν ότι μια τέτοια δύναμη είναι τελείως διαφορετική από τη δύναμη που τραβάει ή σπρώχνει ένα αντικείμενο.



Οι έρευνες αποκαλύπτουν μια ευρέως επικρατούσα άποψη ότι υπάρχει κάτι το οποίο ονομάζεται «δύναμη» μέσα σε κάθε κινούμενο αντικείμενο. Αυτή η «δύναμη» θεωρείται ότι διατηρεί το σώμα σε κίνηση και φαίνεται να έχει κάποια κοινά σημεία με την «ορμή», όπως την αντιλαμβάνονται οι Φυσικοί. Τα κινούμενα αντικείμενα θεωρούνται ότι σταματούν όταν τελειώνει η «δύναμη» της κίνησης που βρίσκεται μέσα τους – όπως περίπου τελειώνουν και τα καύσιμα.

Ορισμένοι ερευνητές βρήκαν ότι οι μαθητές διακρίνουν διάφορες περιπτώσεις στα κινούμενα αντικείμενα: εκείνα τα οποία κινούνται «ενεργητικά» από μόνα τους, όπως είναι οι μπάλες ή τα ανεμόπτερα και εκείνα που σύρονται ή ωθούνται και θεωρούνται ως «παθητικά» (Κόκκοτας κ.ά. 2002).

• Γενικότερα, οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της δύναμης είναι οι παρακάτω:

- *Η δύναμη η οποία δρα σε ένα σώμα είναι ανάλογη της ταχύτητας που προσδίδει σ' αυτό* (Κουλαϊδής 1994): Χαρακτηριστική είναι η έρευνα που έγινε σε Γάλλους, Βέλγους και Άγγλους μαθητές και φοιτητές, από τους οποίους ζητήθηκε να απαντήσουν στο ερώτημα: ποια είναι η δύναμη σε έξι μπάλες που βρίσκονται στο ίδιο ύψος αλλά σε διαφορετικό σημείο της τροχιάς τους. Από τα αποτελέσματα έγινε φανερό ότι ακόμη και οι φοιτητές συνδέουν τη δύναμη με την ταχύτητα (Πατάπης 1995).
- *Όταν ένα σώμα κινείται υπάρχει μια δύναμη που δρα σ' αυτό προς την κατεύθυνση της κίνησης*: Έρευνες που έγιναν, τόσο σε μαθητές όσο και σε φοιτητές αλλά και σε ενήλικες, έδειξαν την τάση όλων να συνδέσουν την κίνηση με τη δύναμη. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε την έρευνα που έγινε σε δεκατέσσερις μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Αγγλία. Ερευνητές έδειξαν στα παιδιά μια κάρτα με εικόνα, που παριστά την εκτόξευση οβίδας και ζήτησαν από αυτά να κωδικοποιήσουν απαντήσεις για τρία διαφορετικά σημεία της τροχιάς της. Από τα αποτελέσματα αυτά φάνηκε ότι περίπου το 85% των μαθητών συνδέουν με την τροχιά της κίνησης τη διεύθυνση της δύναμης. Επίσης, έρευνα που έγινε σε φοιτητές για τις δυνάμεις που ενεργούν στη μάζα απλού εκκρεμούς, έδειξε ότι η πλειονότητα τους δέχεται ότι δρα μια δύναμη κατά τη διεύθυνση της κίνησης (Πατάπης 1995).



- *Εάν ένα σώμα δεν κινείται, δεν ασκείται δύναμη σ' αυτό* (Κουμαράς κ.ά. 1994) : Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι είναι άσκοπο να αναζητούμε τη δύναμη αν δεν υπάρχει προφανής δράση. Ο Minstrell ζήτησε από τους μαθητές μιας τάξης αμερικάνικου σχολείου, στο μάθημα της φυσικής, να χρησιμοποιήσουν βέλη σε ένα σχήμα, για να παραστήσουν τις δυνάμεις που δρουν σε βιβλίο ακίνητο πάνω σε ένα τραπέζι. Υπήρχαν δυο κυρίαρχες απόψεις: Περίπου το 50% είχε την ορθή επιστημονική άποψη, ότι η βαρύτητα και το τραπέζι εξασκούσαν αντίθετες δυνάμεις. Το άλλο 50% πίστευε ότι μόνο η βαρύτητα εξασκούσε δύναμη: «Το τραπέζι απλά και μόνο βρέθηκε στη μέση». Αυτή αρχή «δεν υπάρχει κίνηση, σημαίνει δεν υπάρχει δύναμη» είναι συχνά μέρος της εξήγησης που δίνουν τα παιδιά σχετικά με το γιατί σταμάτησε κάτι να κινείται (Driver et al. 1985).
- *Η σταθερή κίνηση απαιτεί μια σταθερή δύναμη* (Κουμαράς κ.ά. 1994): Για παράδειγμα, οι Langford και Zollman σχολιάζουν την ισχύ και την εμμονή της ιδέας ότι μια δύναμη πρέπει να συνεχίσει να ασκείται σε ένα σώμα, ώστε αυτό να συνεχίσει να κινείται, ακόμη και σε συνθήκες (υποθετικές) έλλειψης τριβής. Αν ένα σώμα δε δέχεται σταθερή δύναμη, τότε η δύναμη που προκαλεί την κίνηση στην αρχή, λέγεται ότι έχει «εξαντληθεί» κατά τη διάρκεια της κίνησης.
- *Η ποσότητα της κίνησης είναι ανάλογη με την ποσότητα της δύναμης:* Με απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι όσο πιο δυνατά σπρώχνεις κάτι, τόσο γρηγορότερα (και πιο μακριά) πηγαίνει. Αυτό από μόνο του βρίσκεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα μιας μόνο προωθητικής δύναμης, με όλες τις άλλες εξισωμένες. Πάντως σ' αυτή την περίπτωση, η κίνηση σπάνια έχει την ίδια σημασία με την επιτάχυνση, η οποία πάντοτε χρειάζεται μια δύναμη να εξασκείται συνεχώς.
- *Οι δυνάμεις έχουν να κάνουν με ζωντανά πράγματα:* Αυτή η αντίληψη εκτός από τα μικρά παιδιά παρατηρείται και σε μεγαλύτερες ηλικίες. Για παράδειγμα, μιλούν για ένα αντικείμενο που «προσπαθεί να προχωρήσει προς τα πάνω παρά τη θέληση της βαρύτητας» (Driver et al. 1985).



- Ένα κινούμενο αντικείμενο έχει μέσα του μια δύναμη, η οποία το διατηρεί σε κίνηση: Αυτή η άποψη συνδέεται με τη θεωρία του Buridan περί εσωτερικής δύναμης.
- Ένα κινούμενο αντικείμενο σταματάει όταν καταναλωθεί η δύναμή του (Κόκκοτας κ.ά. 2002).
- Μια δύναμη συνοδεύει οπωσδήποτε ένα σώμα όταν αυτό κινείται προς τα πάνω.
- Ένα σώμα δέχεται μια δύναμη από ένα άλλο σώμα, μόνο όταν τα δυο σώματα έρχονται σε επαφή.
- Στο κενό δεν ασκούνται δυνάμεις στα σώματα, διότι όπου υπάρχει κενό δεν υπάρχει βαρύτητα.
- Οι δυνάμεις δράση και αντίδραση εφαρμόζονται στο ίδιο σώμα.
- Οι δυνάμεις δράση και αντίδραση αλληλοεξουδετερώνονται.
- Οι δυνάμεις δράση και αντίδραση δεν είναι ίσες όταν το σώμα κινείται (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).

3.2 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της τριβής

Στην έρευνα των Stead και Osborne σε μια ομάδα μαθητών ηλικίας 12 έως 13 ετών, το 50% των μαθητών ηλικίας 13 ετών που άνηκε σε αυτή την ομάδα, βρέθηκε ότι συνέδεε την τριβή με το τρίψιμο (rubbing). Ερευνητές σε μια μελέτη με 47 μαθητές ηλικίας 11- 16 ετών σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονταν βρήκαν ότι οι 9 από αυτούς είχαν συσχετίσει τη δύναμη της τριβής με την αντίδραση. Οι αντιλήψεις των παραπάνω μαθητών αναφορικά με τη τριβή είναι οι ακόλουθες:

- Η τριβή είναι μια δύναμη (16 μαθητές)
- Η τριβή είναι το ίδιο πράγμα με την αντίδραση (9 μαθητές)
- Η τριβή εξαρτάται από την κίνηση (17 μαθητές)



- Η τριβή συνδέεται με την ενέργεια και ειδικότερα με την θερμότητα (6 μαθητές)
- Η τριβή εμφανίζεται μόνο σε στερεά σώματα (12 μαθητές)
- Η τριβή εμφανίζεται μόνο στα υγρά, αλλά όχι στα αέρια σώματα (10 μαθητές)
- Η τριβή προκαλεί ηλεκτρισμό (οι περισσότεροι μαθητές)
- Η τριβή «κάνει» αυτό κι εκείνο, σαν να ήταν κάποιο αντικείμενο
- Η τριβή προσπαθεί να κάνει αυτό κι εκείνο

Η τριβή δεν αναγνωρίστηκε ως δύναμη από τους μαθητές εκείνους που θεωρούσαν ότι οι δυνάμεις μόνο «θέτουν τα πράγματα σε κίνηση» και όχι ότι τα «σταματούν». Ακόμα, ορισμένοι μαθητές θεώρησαν την τριβή ως μια αντίσταση στην κίνηση που δεν εφαρμόζεται σε κάποια κατεύθυνση και την διαχώρισαν από μια δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση (Driver et al. 1998).

Τέλος, σύμφωνα με τον Arons (1992) πολλοί μαθητές σχηματίζουν τη λανθασμένη αντίληψη ότι η κάθετη δύναμη N είναι πάντοτε ίση με mg . Η αντίληψη αυτή δημιουργείται επειδή για πρώτη φορά συναντούν την κάθετη δύναμη σε περιπτώσεις όπου ένα σώμα ηρεμεί πάνω στο τραπέζι ή στο δάπεδο, οπότε πάνω του δεν ασκείται άλλη κατακόρυφη δύναμη εκτός από το βάρος του, mg . Θεωρούν, λοιπόν, ότι κάθε δύναμη τριβής ισούται με mg , ανεξάρτητα από την πραγματική τιμή της κάθετης δύναμης.

3.3 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της βαρύτητας

Οι αντιλήψεις των παιδιών για τη βαρύτητα παρουσιάζουν αρκετό ενδιαφέρον διότι συνδέονται με το βάρος αλλά και με την πτώση των σωμάτων. Πιο συγκεκριμένα μια λεπτομερειακή μελέτη, που διεξήχθη από τους Stead και Osborne σε μαθητές της Νέας Ζηλανδίας, ηλικίας 11 έως 17 ετών, αποκάλυψε τις αντιλήψεις του είδους ότι η βαρύτητα «σπρώχνει», τραβάει ή «συγκρατεί». Η άποψη ότι η βαρύτητα «συγκρατεί» (Holding) φαίνεται να είναι η πιο διαδεδομένη ιδέα των παιδιών για τη βαρύτητα, η οποία, κατά την δική τους



άποψη, συνδέεται με τον αέρα που πιέζει προς τα κάτω και με μια ατμοσφαιρική ασπίδα, η οποία δεν επιτρέπει τα πράγματα να φύγουν μακριά.

Η ιδέα ότι πρέπει να υπάρχει αέρας για να μπορεί να ενεργεί η βαρύτητα, φαίνεται πολύ διαδεδομένη. Το γεγονός αυτό έχει πολλές επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται την επίδραση της βαρύτητας στο Διάστημα, στους άλλους πλανήτες και στη Σελήνη. Ο συσχετισμός της βαρύτητας με τον αέρα φαίνεται να τους παρέχει μια εξήγηση που θεωρεί ότι η βαρύτητα βρίσκεται έξω από τα αντικείμενα και δεν εκλαμβάνεται ως μια ιδιότητα αυτών. Οι Stead και Osborne βρήκαν πως μόνο ένας μαθητής από τους 42 ενός δείγματος είχε υιοθετήσει την άποψη ότι όλα τα αντικείμενα ασκούν μια βαρυτική δύναμη.

Τόσο ο μαγνητισμός της Γης όσο και η περιστροφή της θεωρούνται ότι συνδέονται με τη βαρύτητα. Οι Stead και Osborne διαπίστωσαν ότι υπήρχαν πολλές αναφορές σε μια «τεχνητή βαρύτητα», η οποία προκαλείται από την περιστροφή της Γης. Η Vicentini – Missoni βρήκε ανάμεσα σε 36 μαθητές ηλικίας 9 ετών παρόμοιες αναφορές, οι οποίες συσχετίζουν την περιστροφή της Γης με την βαρύτητα.

Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχουν γίνει προς την κατεύθυνση των ιδεών των παιδιών που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο η βαρύτητα μεταβάλλεται με το ύψος πάνω από την επιφάνεια της Γης. Πάρα πολλοί μαθητές φαίνεται να υιοθετούν την άποψη του Φυσικού ότι η δύναμη της βαρύτητας ελαττώνεται από την επιφάνεια της Γης. Οι Stead και Osborne βρήκαν ότι το ένα τρίτο ενός δείγματος από 257 μαθητές, ηλικίας 14 ετών, σκέφτονταν κατ' αυτόν τον τρόπο. Ο Ruggiero κ.ά. βρήκαν επίσης την ίδια αντίληψη ανάμεσα σε μαθητές 12 και 13 ετών. Εντούτοις, φαίνεται ότι οι μαθητές που υιοθετούν αυτή την άποψη έχουν την τάση να αναμένουν μια πολύ μεγαλύτερη μείωση της δύναμης της βαρύτητας με την αύξηση του ύψους απ' ότι συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Επίσης, οι Stead και Osborne βρήκαν ότι το ένα τρίτο του δείγματος από μαθητές 14 ετών υποστήριζε ότι η βαρύτητα αυξάνεται με το ύψος. Οι μαθητές που υιοθετούν αυτή την «όσο πιο ψηλά τόσο πιο ισχυρή» θεώρηση της βαρύτητας, υποθέτουν ότι αυτό ισχύει έως ότου τα αντικείμενα βγουν έξω από



την ατμόσφαιρα της Γης. Φαίνεται όμως ότι συγχέουν τη βαρύτητα με τη δυναμική ενέργεια, υποθέτοντας ότι στα σώματα ασκείται μεγαλύτερη δύναμη όταν αυτά βρίσκονται σε μεγαλύτερο ύψος.

Οι Stead και Osborne βρήκαν ότι ορισμένα παιδιά του δείγματός τους θεωρούσαν τη βαρύτητα ως κατακόρυφη δύναμη που μας κρατά σε κάθετη στάση. Υπήρξαν ακόμα αναφορές στη βαρύτητα ως ένα είδος «υλικού», που μπορούσε να παγιδευτεί μέσα στα αεροπλάνα και επίσης να πλημμυρίσει τους πυλώνες_διανομής ηλεκτρικού ρεύματος, προκειμένου να διατηρεί τα πουλιά στη θέση τους πάνω στα σύρματα. Οι ιδέες των παιδιών για το πώς πετούν τα πουλιά αποδίδονται φανερά στον τρόπο σκέψης τους σχετικά με τη βαρύτητα.

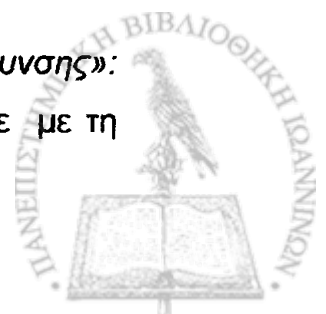
- Ορισμένοι μαθητές υποστήριξαν ότι τα πουλιά μπορούν και στέκονται στον αέρα επειδή η βαρύτητα βρίσκεται μόνο στην επιφάνεια της Γης.

Ο Watts διαπίστωσε ανάμεσα σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης την αντίληψη ότι η βαρύτητα πρέπει να είναι μια πολύ μεγάλη δύναμη, αφού μπορεί και επιδρά σε τόσα πολλά πράγματα μαζί (Driver et al. 1998).

Τέλος, σύμφωνα με τον Arons (1992) οι συνεντεύξεις με μαθητές αποκαλύπτουν παρανοήσεις και συγχύσεις σχετικά με τη βαρύτητα και τις βαρυτικές επιδράσεις. Αυτές είναι οι εξής:

- ❖ *Το νόημα της λέξης «βαρύτητα»:* ένα σημασιολογικό πρόβλημα, που έχει τις ρίζες του στην παιδική ηλικία και σε πολλούς μαθητές παραμένει και στο επίπεδο του λυκείου, προέρχεται από την απάντηση πολλών καθηγητών και γονέων στην ερώτηση του παιδιού: «Γιατί πέφτουν τα σώματα;». Συνήθης απάντηση είναι: «Τα σώματα πέφτουν εξαιτίας της βαρύτητας». Τα παιδιά, όπως και πολλοί ενήλικοι, δέχονται την απάντηση κατά γράμμα: επειδή χρησιμοποιείται η λέξη «εξαιτίας», οδηγούνται άκριτα στο συμπέρασμα ότι η αιτία έχει ανευρεθεί – το «γιατί» της ερώτησης απαντήθηκε. Πιστεύουν, αφελώς, ότι για να προσδιορίσουν την αιτία, αρκεί να χρησιμοποιήσουν έναν επιστημονικό όρο. Η τάση των μαθητών να αποδέχονται αυτές τις απόψεις ενισχύεται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία τους στις θετικές επιστήμες.

- ❖ *Το νόημα της «κατακόρυφης» και της «οριζόντιας διεύθυνσης»:* Ελάχιστοι μαθητές αντιλαμβάνονται σαφώς πως συνδέεται (είτε με τη



βοήθεια του νήματος της στάθμης είτε με το αλφάδι του επιπλοποιού) η κατεύθυνση της βαρυτικής δύναμης με την «κατακόρυφη» και την «οριζόντια διεύθυνση».

- ❖ Το νόημα του g : Πολλοί μαθητές όταν ερωτώνται τι συμβολίζει το g στην κινηματική και τη δυναμική, απαντούν ότι συμβολίζει τη «βαρύτητα». Δεν χρησιμοποιούν καθόλου τη λέξη «επιτάχυνση». Όταν οι ερωτήσεις συνεχιστούν, σχεδόν πάντα προκύπτει ότι οι μαθητές που απαντούν μ' αυτόν τον τρόπο, δεν έχουν καταλάβει καθόλου πως χρησιμοποιούν το εν λόγω σύμβολο: έχουν απλώς απομνημονεύσει τρόπους επίλυσης των προβλημάτων. Δεν μπορούν να προσδιορίσουν σαφώς το είδος του μεγέθους που αναπαριστά το συγκεκριμένο σύμβολο, αν και πολλοί φαίνεται ότι το θεωρούν μάλλον ως δύναμη παρά ως οτιδήποτε άλλο (Arons 1992).

3.4 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια του βάρους

• Η αντίληψη του Φυσικού ότι το βάρος ενός αντικειμένου είναι μια δύναμη – αυτής της βαρύτητας στο αντικείμενο – δε φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένη ανάμεσα στους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Οι Stead και Osborne, η Vicentini – Missoni, ο Ruggiero κ.ά. και ο Watts, όλοι τους διαπίστωσαν ότι τα υποκείμενα των ερευνών τους γενικά δεν εξίσωσαν το βάρος με τη δύναμη της βαρύτητας. Πράγματι, φαίνεται να υπάρχει σε μεγάλη κλίμακα ένας διαχωρισμός των ιδεών που αφορούν το βάρος από τις ιδέες που αφορούν την βαρύτητα. Οι Stead και Osborne βρήκαν ότι ορισμένοι μαθητές ηλικίας 15 ετών, θεωρούσαν ότι η βαρύτητα επιδρά μόνο στα βαριά σώματα. Μερικοί πίστευαν πως είναι δυνατό να υπάρχει βάρος χωρίς βαρύτητα (λέγοντας πως οι αστροναύτες στη Σελήνη φοράνε μπότες «για να τους δίνουν βάρος εκεί όπου δεν υπάρχει βαρύτητα») και ορισμένοι θεωρούσαν πως τα πουλιά στέκονταν στον αέρα λόγω βαρύτητας.

Ο Ruggiero κ.ά. διαπίστωσαν από ένα δείγμα μαθητών και ενηλίκων ότι το βάρος θεωρήθηκε από αυτούς ως μια ιδιότητα ενός αντικειμένου, ενώ η



βαρύτητα ως ιδιότητα χώρου. Εντούτοις, οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν ότι οι μαθητές συνέδεαν τόσο τη βαρύτητα όσο και το βάρος με τον αέρα και την ατμοσφαιρική πίεση, θεωρώντας ότι ο αέρας είναι απαραίτητος για να συγκρατεί τα πράγματα στο έδαφος και ότι το βάρος επηρεάζεται ή εξαρτάται από τον αέρα.

Ο Watts βρήκε ότι οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης υιοθετούν μια πολύ ευέλικτη άποψη για τη βαρύτητα, θεωρώντας ότι αυτή δεν επιδρά όλες τις φορές με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα σώματα, αλλά ούτε ακόμα και στο ίδιο το σώμα. Θεωρούν ότι η βαρύτητα δρα από κοινού με το βάρος, προκειμένου να διατηρεί τα πράγματα στο έδαφος.

Το έργο των Stead και Obsborne περιελάμβανε μια μελέτη των ιδεών των παιδιών αναφορικά με τα αποτελέσματα της βαρύτητας στα αντικείμενα που βρίσκονταν μέσα στο νερό. Οι ίδιοι διαπίστωσαν, ανάμεσα σε δεκατριάχρονους μαθητές, ότι το 30% από αυτούς υπέθεσε ότι δεν υπάρχει δύναμη της βαρύτητας στο νερό, κι έτσι εξηγείται γιατί τα σώματα επιπλέουν. Επίσης, τα παιδιά πρότειναν είτε ότι υπάρχει λιγότερη βαρύτητα στο νερό είτε ότι υπάρχει βαρύτητα στο νερό που όμως δρα κατακόρυφα με φορά προς τα πάνω. Από την ίδια μελέτη, φάνηκε ότι τα παιδιά έχουν την άποψη ότι η βαρύτητα ενεργεί μόνο στα μέρη του σώματος που βρίσκονται έξω από την επιφάνεια του νερού, όπως για παράδειγμα στο κεφάλι του κολυμβητή (Driver et al. 1998).

3.5 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια του έργου

Επειδή η έννοια του «έργου» δεν είναι πρωτογενής ή διαισθητική, οι μαθητές έρχονται σε επαφή μ' αυτήν την περιοχή της φυσικής χωρίς κάποια εύλογη και βαθιά ριζωμένη πρωτογενή αντίληψη, στηριγμένη στην καθημερινή εμπειρία – όπως συμβαίνει με τις βασικές έννοιες της δυναμικής. Η αντίληψη τους, λοιπόν, είναι *tabula rasa*. Ωστόσο δημιουργούνται σ' αυτούς ορισμένες παρανοήσεις, τις οποίες καλλιεργούν οι περισσότερες παρουσιάσεις που υπάρχουν στα εγχειρίδια. Οι παρανοήσεις αυτές «ξεριζώνονται» δύσκολα.



Η κύρια παρανόηση που καλλιεργείται στα εισαγωγικά μαθήματα φυσικής είναι η εξής: η ποσότητα του «έργου» ($W = F \cdot S$, το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση του κέντρου μάζας) που εμφανίζεται στο «θεώρημα έργου – κινητικής ενέργειας» και που προκύπτει ολοκληρώνοντας τον 2^ο Νόμο του Νεύτωνα, ταυτίζεται με το «έργο» το οποίο εμφανίζεται στον γενικό νόμο διατήρησης της ενέργειας, δηλαδή στον 1^ο Νόμο της Θερμοδυναμικής ($\Delta E = Q + W$) (Αργός 1992).

3.6 Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της ενέργειας

Οι αντιλήψεις των παιδιών για την έννοια της ενέργειας είναι οι εξής:

➤ *Σύνδεση της ενέργειας με έμβια όντα:* Η σύνδεση της ενέργειας ως αντίληψη μαθητών αναφέρεται κυρίως σε αγγλοσαξωνικές μελέτες και σε μαθητές μικρότερων ηλικιών. Οι Bliss και Ogborne (1985) ζήτησαν από τους μαθητές να επιλέξουν τρεις εικόνες από ένα σύνολο δέκα εικόνων με κριτήριο το αν χρειάζεται ή αν χρησιμοποιείται ενέργεια. Οι εικόνες αυτές παρουσίαζαν είτε ζωντανούς οργανισμούς είτε αντικείμενα. Το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων αφορούσε εικόνες με ζωντανούς οργανισμούς. Επίσης, οι Gilbert και Pope (1982) και ο Watts (1983) περιγράφουν μια ανθρωπομορφική αντίληψη για την ενέργεια που έχουν οι μαθητές μικρότερων, αλλά και μεγαλύτερων ηλικιών (εντοπίζεται ακόμη και σε μαθητές Λυκείου), σύμφωνα με την οποία η ενέργεια συνδέεται, κυρίως με ανθρώπινα όντα ή αντικείμενα στα οποία αποδίδονται ανθρώπινα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένας άνθρωπος ο οποίος σπρώχνει ένα κιβώτιο προς την κορυφή ενός λοφίσκου έχει ενέργεια: όχι, όμως, και το κιβώτιο!

Η Solomon (1983) κατατάσσει τις αντιλήψεις των μαθητών για την ενέργεια που σχετίζονται με τα ζωντανά αντικείμενα σε δυο βασικές κατηγορίες: τις βιταλιστικές αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες η ενέργεια είναι αναγκαία για τη ζωή («χρειαζόμαστε ενέργεια για να ζήσουμε») και την αντίληψη όπου η ενέργεια ταυτίζεται με τις ζωτικές δραστηριότητες



(«χρειαζόμαστε ενέργεια για να κινηθούμε»). Πρέπει, πάντως, να επισημάνουμε ότι οι προηγούμενες αντιλήψεις συναντώνται κυρίως στον αγγλοσαξωνικό χώρο και σε μικρότερο βαθμό σε άλλες χώρες. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα οι Κουλαϊδής και Τσελφές (1995), οι οποίοι διένειμαν το ίδιο ερωτηματολόγιο σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου, διαπίστωσαν ότι το βασικό κριτήριο επιλογής εικόνων δεν είναι η έμβια δραστηριότητα, αλλά η κίνηση και η χρησιμοποίηση συσκευών καθημερινής (οικιακής) χρήσης.

- *Σύνδεση της ενέργειας με την κίνηση:* Οι Gilbert και Pope (1982) παρουσιάζουν διαλόγους που δείχνουν ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η κίνηση και γενικότερα κάθε είδους δραστηριότητα, αποτελεί επαρκή λόγο για να αναμείξουν στη συζήτηση την έννοια της ενέργειας. Πολλοί, μάλιστα, από αυτούς δεν εννοούν την ενέργεια απλά ως αιτία της δραστηριότητας αλλά την ταυτίζουν με τη δραστηριότητα. Για παράδειγμα, για την κίνηση ενός ελκήθρου «το έλκηθρο δημιουργεί ενέργεια κινούμενο γρήγορα». Από άλλους μαθητές η ενέργεια θεωρείται σαν το αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκούνται πάνω στα αντικείμενα ή σαν παραγωγός δυνάμεων. Η άποψη σύμφωνα με την οποία η ενέργεια συσχετίζεται στενά ή ταυτίζεται με τη δραστηριότητα φαίνεται να είναι αρκετά διαδεδομένη με το σύνθημα που αποδίδεται στην έννοια της ενέργειας στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, οι Brook και Driver (1984) εντοπίζουν την αντίληψη αυτή σε ερωτήσεις που αφορούν κινούμενα μηχανικά συστήματα. Οι Κολιόπουλος και Ψύλλος (1992) αναφέρονται επίσης σε έναν συλλογισμό που διατυπώνουν συχνά μαθητές γυμνασίου, με τον οποίο επιχειρούν να περιγράψουν απλά φυσικά φαινόμενα (σύγκρουση δυο σφαιρών, λειτουργία απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, θέρμανση μιας ποσότητας νερού) χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας η οποία υπονοείται ως μια δραστηριότητα για να γίνει μια εργασία («νομίζω ότι και στα δυο φαινόμενα χρειάζεται κάποια ενέργεια ώστε να πραγματοποιηθούν τα φαινόμενα αυτά»).



➤ *Σύνδεση της ενέργειας με την έννοια της δύναμης και γενικότερα με την έννοια της δράσης:* Σύμφωνα με τον Ault et al (1988) σε συνεντεύξεις με μαθητές ηλικίας 12 – 13 ετών, έχουμε περιγραφές της αντίληψης σύμφωνα με την οποία στην ενέργεια αποδίδεται η σημασία ενός ενεργού παράγοντος που δρα ως αιτία των διαφόρων φαινομένων. Στο λεκτικό επίπεδο, ο παράγων αυτός μπορεί να αναφέρεται αδιαφοροποίητα, ως «ενέργεια», «δύναμη», «έργο» ή και «ισχύς». Για παράδειγμα, η φράση «χρησιμοποίησα πολύ ενέργεια για να ανεβάσω το έλκηθρο στο λόφο» θα μπορούσε, κάλλιστα, να αντικατασταθεί από τη φράση «χρησιμοποίησα πολύ δύναμη (ισχύ) για να ανεβάσω το έλκηθρο στο λόφο». Επίσης, οι Κολιόπουλος και Ψύλλος (1992) εντόπισαν την αντίληψη «ενέργεια – δράση» σύμφωνα με την οποία η ενέργεια υπονοείται ως δράση για να εκτελεστεί μια εργασία («Η λάμπα για να ανάψει χρειάζεται τη μπαταρία που της δίνει ενέργεια και το νερό για να ζεστάνει χρειάζεται θερμοκρασία που δίνει το γκαζάκι. Δηλαδή, και η λάμπα και το νερό χρειάζεται να πάρουν ενέργεια από κάποιους παράγοντες»). Ορισμένοι μαθητές, μάλιστα, χρησιμοποιούν σε παρόμοιες απαντήσεις τη λέξη «δύναμη» αντί της λέξης «ενέργεια», αν και δε πρόκειται μόνο για μηχανικά φαινόμενα (Κολιόπουλος και Ραβάνης 1998).

Παρόμοια, οι Watts και Gilbert διαπίστωσαν ότι ορισμένοι μαθητές χρησιμοποιούσαν τις λέξεις «δύναμη» και «ενέργεια» ως συνώνυμες, ενώ κάποιοι άλλοι, αν και διαχώριζαν τις δυο έννοιες τις θεωρούσαν αλληλοεξαρτώμενες.

Άλλοι ερευνητές υποθέτουν ότι η σύγχυση αυτή στη χρήση των λέξεων «δύναμη», «ενέργεια» και «έργο» δεν είναι μόνο γλωσσολογική, αλλά κυρίως εννοιολογική. Διαπίστωσαν ότι τα δυο τρίτα των μαθητών εκείνων που δεν είχαν διδαχθεί την έννοια της ενέργειας, θεώρησαν ότι αυτή είναι κάτι απαραίτητο για την κίνηση και ένας τύπος δύναμης.

Τέλος, η σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες ενέργεια, δύναμη, τριβή, έργο και βαρύτητα διαπιστώθηκε και από τη Stead, η οποία επισήμανε ακόμα



πως οι μαθητές συγχέουν τη «δυναμική ενέργεια» με τη δυνατότητα να έχεις ενέργεια (Driver et al 1998).

- *Η απόδοση στην ενέργεια χαρακτηριστικών αποθήκευσης:* Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές αναγνωρίζουν πως ορισμένα αντικείμενα περιέχουν ενέργεια. Οι Gilbert και Pope (1982) ονομάζουν τη νοητική αυτή παράσταση μοντέλο «αποθήκης», σύμφωνα με το οποίο η ενέργεια παρουσιάζεται ως αιτία ή πηγή δραστηριότητας η οποία βρίσκεται μέσα σε ορισμένα αντικείμενα. Οι πηγές αυτές ενέργειας μπορεί να είναι ο άνθρωπος, διάφορα τεχνικά αντικείμενα ή καύσιμα. Η αντίληψη της αποθηκευμένης ενέργειας φαίνεται να εκφράζεται όχι με την επιστημονική έννοια του όρου (διαθέσιμη ενέργεια της κατάστασης ενός φυσικού συστήματος), αλλά ως «ανήκουσα» στο φυσικό αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Το νόημα αυτό που αποδίδεται στην ενέργεια δεν αποτελεί απλώς μια βιωματική νοητική παράσταση των μαθητών, αλλά ενδυναμώνεται και από την παραδοσιακή διδασκαλία της αρχής διατήρησης της ενέργειας. Πρέπει να επισημάνουμε, πάντως, ότι ένα από τα προνομιακά αντικείμενα για τα οποία οι μαθητές εκφράζουν την αντίληψη «αποθήκης» είναι η μπαταρία. Οι Κολιόπουλος και Ψύλλος (1992) παραθέτουν αποσπάσματα, όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν συχνά τη φράση «η μπαταρία δίνει ενέργεια». Τέλος, μια παρόμοια αντίληψη με αυτή του μοντέλου αποθήκης είναι και η αντίληψη σύμφωνα με την οποία η ενέργεια εμφανίζεται ως λανθάνον συστατικό αντικειμένων ή καταστάσεων που χρειάζεται κάποιο έναυσμα για να ενεργοποιηθεί.
- *Η θεώρηση της ενέργειας ως καυσίμου:* Οι μαθητές βλέπουν την ενέργεια σαν ένα γενικό είδος καυσίμου που είναι χρήσιμο σε διάφορες περιστάσεις όπου λειτουργούν κυρίως μηχανές ή άλλα τεχνικά αντικείμενα. Επίσης, η αντίληψη αυτή συνδέεται συχνά με τον ηλεκτρισμό. Η αντίληψη αυτή για την ενέργεια φαίνεται να προέρχεται από το «τεχνολογικό» νόημα που προσδίδεται στην έννοια, το οποίο είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στην καθημερινή γλώσσα. Για παράδειγμα, οι διαφημίσεις και άλλα πληροφοριακά υλικά που αναφέρονται στην



παραγωγή, χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας συσχετίζονται συνήθως με τεχνολογικές διαδικασίες και τεχνικά αντικείμενα. Η Solomon (1992) υποβάλλοντας ερωτήσεις, όπως «τι είναι η ενέργεια» ή «νομίζετε ότι η ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί;», έλαβε απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές χρησιμοποιούν τον όρο «πηγή», το νόημα του οποίου άλλοτε είναι 'σχετικό με την αφηρημένη φύση της έννοιας της ενέργειας (μια πηγή δύναμης ή ισχύος) και άλλοτε συσχετίζεται ή ταυτίζεται με υλικά, όπως η τροφή ή καύσιμο.

- *Η θεώρηση της ενέργειας ως ρευστού:* Η ενέργεια θεωρείται ως ρευστό που ρέει (δίνεται, μεταφέρεται) από ένα αντικείμενο σε άλλο. Αυτή η νοητική παράσταση φαίνεται να σχετίζεται με τεχνολογικά αντικείμενα. Κυρίως όμως, όπως αναφέρουν διάφοροι ερευνητές, η αντίληψη της ενέργειας ως ροής εμφανίζεται στη μελέτη του ηλεκτρικού κυκλώματος, όπου πολλές φορές η ενέργεια ταυτίζεται με τον ηλεκτρισμό (Κολιόπουλος και Ραβάνης 1998).
- *Σύνδεση της έννοιας της ενέργειας με την αντοχή, τη δράση, την ανάγκη για ζωή.*
- *Απόδοση στην έννοια της ενέργειας χαρακτηριστικά φυσικής ουσίας.*
- *Οι μαθητές αναγνωρίζουν και χρησιμοποιούν την αρχή διατήρησης της ενέργειας σε επίπεδο σχολείου – εξετάσεων, ασκήσεων, αλλά δεν την εφαρμόζουν στην καθημερινή ζωή (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).*



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

4.1 Η έρευνα

Πραγματοποιήθηκε μια εμπειρική έρευνα που έγινε σε φοιτητές που φοιτούσαν στο Β' εξάμηνο του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για φοιτητές που είχαν σχεδόν μισό χρόνο στο Πανεπιστήμιο και είχαν νωπές τις όποιες γνώσεις από τις προηγούμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η έρευνα έγινε στις αρχές του Β' εξαμήνου κατά το ακαδημαϊκό έτος 2003 – 2004. Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες απάντησαν στις ερωτήσεις μας πριν παρακολουθήσουν τις διαλέξεις για το γνωστικό αντικείμενο «Βασική Φυσική Ι», στο οποίο θα διδάσκονταν βασικές έννοιες της Μηχανικής.

4.2 Στόχοι της έρευνας- Ερευνητική υπόθεση

Πρώτος στόχος της έρευνας είναι η καταγραφή, ταξινόμηση και διερεύνηση των αντιλήψεων φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με βασικές έννοιες της Μηχανικής, όπως η έννοια της δύναμης, του βάρους, του έργου, της ισχύς και της ενέργειας. Πρέπει να σημειώσουμε ότι ανιχνεύουμε τις αντιλήψεις που είχαν από τις προηγούμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης, αφού πρόκειται για άτομα που έχουν σχεδόν μισό χρόνο στο Πανεπιστήμιο.

Δεύτερος στόχος είναι ο εντοπισμός θεμάτων όπου οι φοιτητές, παρά την εκπαίδευση στις προηγούμενες βαθμίδες, εξακολουθούν να έχουν παρανοήσεις και να συναντούν δυσκολίες.



Η ερευνητική υπόθεση είναι ότι πολλοί φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης έχουν δυσκολίες να κατανοήσουν βασικές έννοιες της Μηχανικής.

Το ερευνητικό ενδιαφέρον αυτής της ομάδας φοιτητών και φοιτητριών που πραγματοποιήσαμε την εμπειρική έρευνα είναι ότι πρόκειται για τους αυριανούς εκπαιδευτικούς που θα διδάξουν πρώτοι έννοιες της Φυσικής σε μαθητές του Δημοτικού σχολείου.

4.3 Το ερευνητικό εργαλείο – Ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου

Για την πραγματοποίηση της έρευνας (Cohen and Manion 2000) και για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε ως βασικό ερευνητικό εργαλείο το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου.

Πρωταρχικός στόχος ήταν το ερωτηματολόγιο να απεικονίζει με ιδιαίτερες ερωτήσεις το αντικείμενο της έρευνας και να προκαλεί απαντήσεις σε σχέση με αυτήν (Λαμπίρη – Δημάκη και Παπαχρίστου 1995). Πράγματι διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποσκοπούσε σε μια βαθύτερη διερεύνηση και ποσοτική καταμέτρηση των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με έννοιες της Μηχανικής.

Επίσης, το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε για να ακολουθεί τις ανάγκες και τις αντιδράσεις των ερωτώμενων, δηλαδή των φοιτητών. Έτσι, συντάχθηκε σύμφωνα με την ύλη και τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών του Δημοτικού σχολείου, του Γυμνασίου και του Λυκείου. Περιείχε ερωτήσεις που μπορούσαν να απαντήσουν οι φοιτητές του Β΄ εξαμήνου του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, επιλέξαμε τέτοιες ερωτήσεις που να είναι συνδεδεμένες με απλά φαινόμενα της καθημερινής ζωής, και όχι ερωτήσεις με τις οποίες θα γινόταν στείρος έλεγχος των γνώσεων των φοιτητών.

Τέλος, επιλέξαμε τον τύπο των ερωτήσεων. Οι ερωτήσεις είναι κλειστού τύπου και ειδικότερα πολλαπλής εκλογής. Έτσι, οι φοιτητές θα έχουν την δυνατότητα να επιλέγουν την απάντησή τους μέσα από μια σειρά απαντήσεων



που τους προτείνονται (Βάμβουκας 1998). Ο αριθμός των ερωτήσεων είναι τριάντα επτά (37).

4.4 Ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου

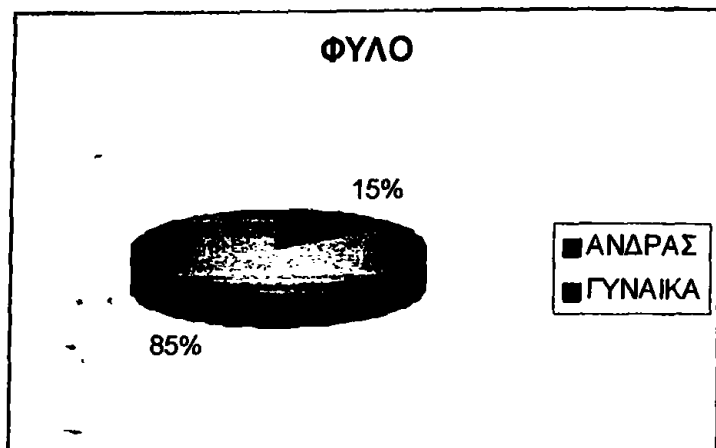
Εξασφάλισαμε την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του ερωτηματολογίου. Πιο συγκεκριμένα, η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου προέκυψε μέσα από μια διαδικασία ελέγχου των ερωτήσεων από δασκάλους Δημοτικών σχολείων και από καθηγητές που διδάσκουν σε Γυμνάσια και Λύκεια. Μας διαβεβαίωσαν ότι οι ερωτήσεις αντιστοιχούσαν στο περιεχόμενο καθώς και στο επίπεδο διδασκαλίας όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης (Χαλκιά 1999).

4.5 Το δείγμα

Το δείγμα (Παρασκευόπουλος 1993) της έρευνας αποτελείται από 110 φοιτητές και φοιτήτριες που φοιτούσαν στο Β' εξάμηνο του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Η επιλογή του δείγματος έγινε από φοιτητές και φοιτήτριες που παρακολουθούσαν το γνωστικό αντικείμενο «Βασική Φυσική Ι».

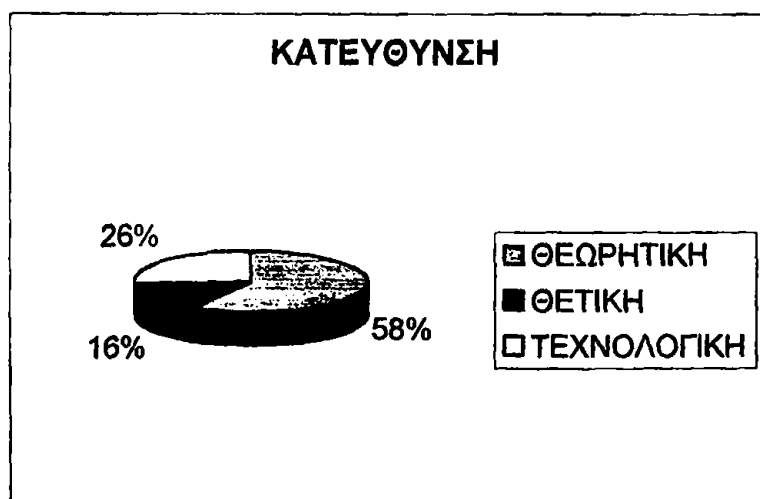
Όσον αφορά το φύλο (σχήμα Ι), μπορούμε να πούμε ότι το ποσοστό των φοιτητριών (85%) είναι συντριπτικά μεγαλύτερο από αυτό των φοιτητών (15%), αλλά αυτή είναι η αναλογία μεταξύ των δυο φύλων στα Παιδαγωγικά Τμήματα με μικρές αυξομειώσεις.





Σχήμα Ι. «Εμφανίζονται τα ποσοστά σχετικά με το φύλο των φοιτητών και φοιτητριών».

Επίσης, τα ποσοστά που προέκυψαν σχετικά με την κατεύθυνση (Σχήμα ΙΙ) που είχαν επιλέξει οι φοιτητές κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο Λύκειο έχουν ως εξής: Το 58% είχαν επιλέξει την θεωρητική κατεύθυνση, το 16% την θεωρητική και το 26% την Τεχνολογική. Δεδομένου, λοιπόν, ότι δεν εμφανίστηκαν συσχετίσεις των επιλογών με το φύλο ή την κατεύθυνση φοίτησης των φοιτητών και φοιτητριών, κρίθηκε ότι δεν θα ενδιέφερε μια αναλυτικότερη παρουσίαση των χαρακτηριστικών του δείγματος.



Σχήμα ΙΙ. «Εμφανίζονται τα ποσοστά σχετικά με την κατεύθυνση που επέλεξαν οι φοιτητές και οι φοιτήτριες κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο Λύκειο».



Τέλος, η δειγματοληπτική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία (Φίλιας 1998).

4.6 Ανάλυση των δεδομένων

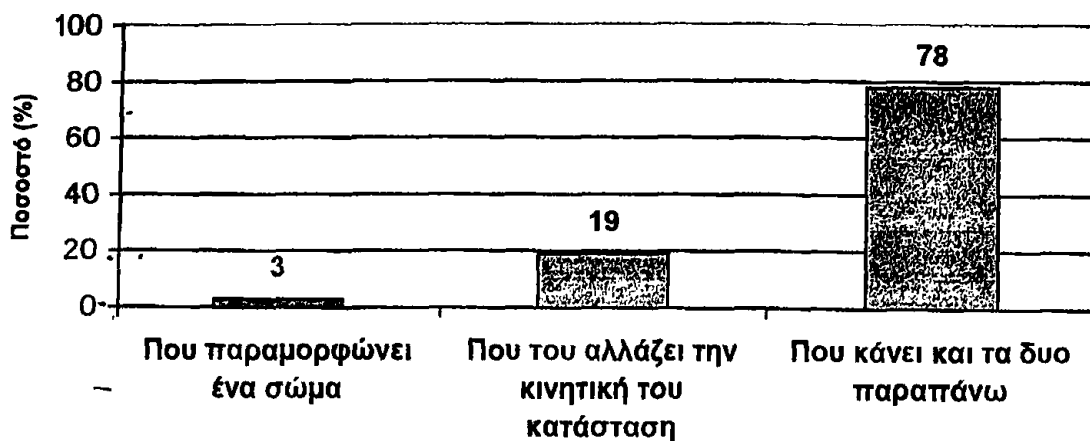
Για τη συστηματικότερη παρουσίαση και ανάλυση των στοιχείων που συγκεντρώθηκαν από τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους φοιτητές αποφασίσαμε η κωδικοποίηση, η στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων να γίνει με την βοήθεια του προγράμματος SPSS 12.0 (Statistical Package for the Social Sciences) (Κατσίλλης 1998).

4.7 Αποτελέσματα-ραβδογράμματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται κατά ερώτημα, με την μορφή ραβδογραμμάτων των απαντήσεων των φοιτητών και των φοιτητριών. Για κάθε ερώτημα γίνεται ο σχολιασμός των απαντήσεων.

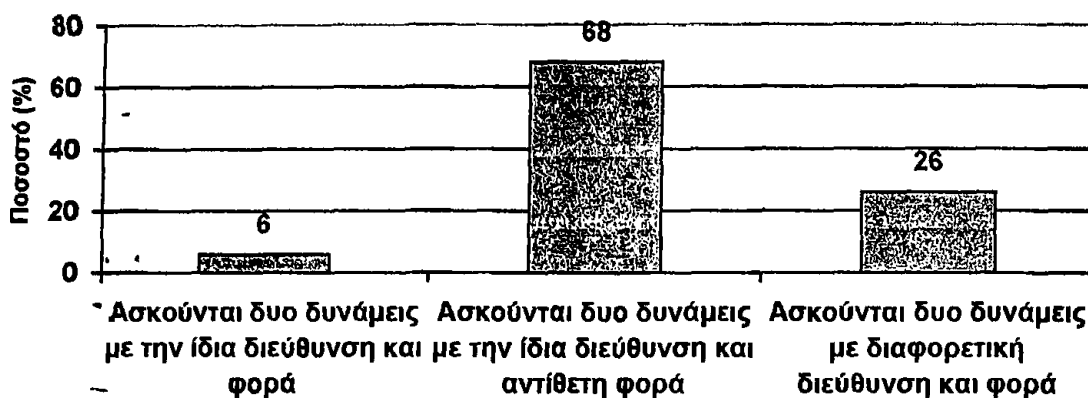
Στο πρώτο ερώτημα που ερωτάται ουσιαστικά ο ορισμός της δύναμης, η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών και φοιτητριών φαίνεται στο σχήμα 1. Από τις απαντήσεις των φοιτητών ένα πολύ μικρό ποσοστό(3%) συνδέει τη δύναμη με την έννοια της παραμόρφωσης, ένας στους πέντε φοιτητές (19%) συνδέει τη δύναμη με την κίνηση των αντικειμένων, επιβεβαιώνοντας σύμφωνα με τη βιβλιογραφία αυτήν την παρανόηση (Κουλαϊδής 1994 και Κόκκοτας κ.ά. 2002) . Και η σωστή απάντηση (και τα δυο παραπάνω) σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο, δίνεται από την πλειοψηφία των φοιτητών (78%).





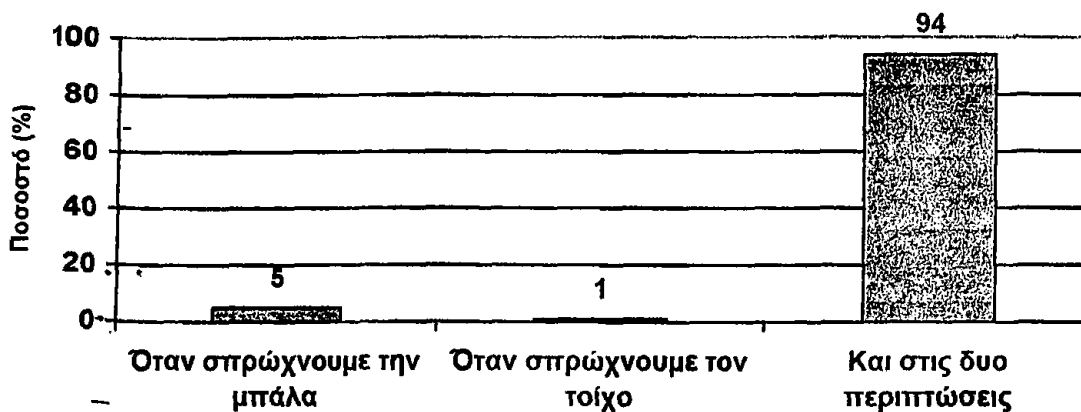
Σχήμα 1. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Δύναμη λέγεται η αιτία:».

Στο δεύτερο ερώτημα ανιχνεύεται αν οι φοιτητές μπορούν να συνδέσουν την έννοια της δύναμης με το διανυσματικό της χαρακτήρα (Κώτσης και Κολοβός 2002). Οι απαντήσεις των φοιτητών σε αυτό το ερώτημα φαίνονται στο σχήμα 2. Το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών (68%) δίνουν την ορθή απάντηση του επιστημονικού προτύπου, ενώ το 32% απαντώντας στις 2 άλλες επιλογές (το 6% απαντά ότι ασκούνται δυο δυνάμεις με την ίδια διεύθυνση και φορά, και το 26% απαντά ότι ασκούνται δυο δυνάμεις με διαφορετική διεύθυνση και φορά) διαπιστώνουμε ότι δεν αντιλαμβάνεται τον διανυσματικό χαρακτήρα της δύναμης (Driver et al 1985). Συνεπώς, προκύπτει ότι οι φοιτητές διατηρούν σε σημαντικό ποσοστό προϋπάρχουσες αντιλήψεις όσον αφορά τον διανυσματικό χαρακτήρα της δύναμης.



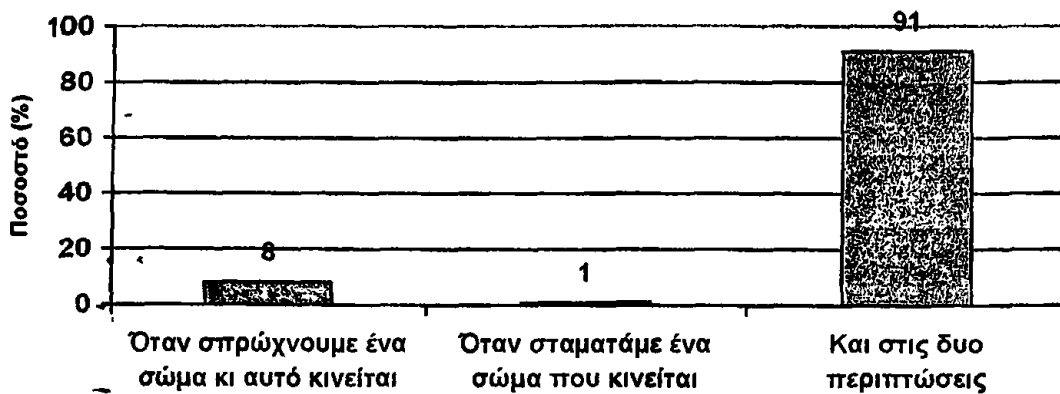
Σχήμα 2. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Συναντάς ένα φίλο σου και τον χαιρετάς χτυπώντας το χέρι λέγοντας: "κόλλα πέντε". Στα δύο χέρια σας:».

Στο τρίτο ερώτημα, όπου γίνεται η σύνδεση της δύναμης με ακίνητο και κινούμενο αντικείμενο, οι απαντήσεις των φοιτητών φαίνονται στο σχήμα 3. Οι φοιτητές σε ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό (94%) έχουν την αντίληψη, ότι τόσο στην περίπτωση του ακίνητου σώματος (τοίχος), όσο και του κινούμενου (μπάλα) εξασκείται δύναμη. Δηλαδή έχουν σωστά νοητικά διαμορφωμένο το επιστημονικό πρότυπο. Αμελητέα ποσοστά έχουμε τόσο στην απάντηση που συνδέει την δύναμη με την ισχυρή μυϊκή προσπάθεια (Κόκκοτας κ.ά. 2002) για την μετακίνηση του τοίχου (1%), όσο και στην απάντηση που συνδέει την δύναμη με την ορατή μετακίνηση του αντικειμένου (5%), δηλαδή όταν σπρώχνουμε την μπάλα.



Σχήμα 3. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Σπρώχνουμε μια μπάλα κι αυτή κινείται. Σπρώχνουμε έναν τοίχο που μένει ακίνητος. Σε ποια περίπτωση ασκούμε δύναμη:».

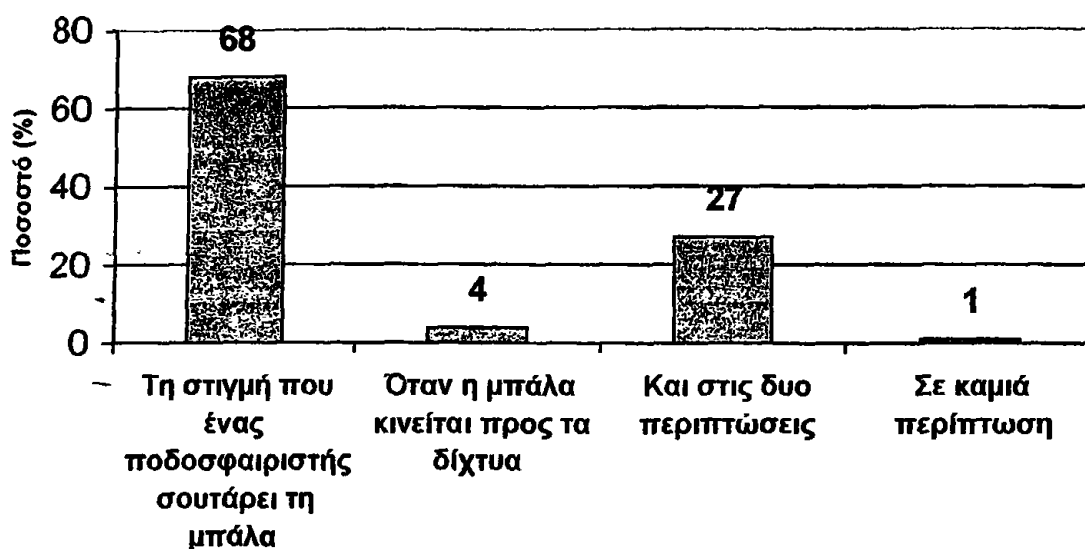
Το τέταρτο ερώτημα αναφέρεται στη μεταβολή της κίνησης ενός σώματος μέσα από δυο διαφορετικούς τρόπους μεταβολής της κίνησης. Πρώτον, από ηρεμία το σώμα αρχίζει και κινείται και δεύτερον, ενώ κινείται το σταματάμε. Για το πότε, λοιπόν, ενεργεί μια δύναμη σ' ένα σώμα οι φοιτητές έδωσαν τις απαντήσεις που φαίνονται στο σχήμα 4. Η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών(91%) θεωρεί ότι τόσο στο ξεκίνημα, όσο και στο σταμάτημα του σώματος ενεργεί δύναμη σ' αυτό. Δηλαδή, έχει αφομοιώσει ορθά το επιστημονικό πρότυπο. Ενώ ένα μικρό ποσοστό (8%) συνδέει τη δύναμη με την έναρξη της κίνησης (Κόκκοτας κ.ά. 2002) και ένα αμελητέο ποσοστό(1%) συνδέει τη δύναμη με το σταμάτημα της κίνησης.



Σχήμα 4. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση

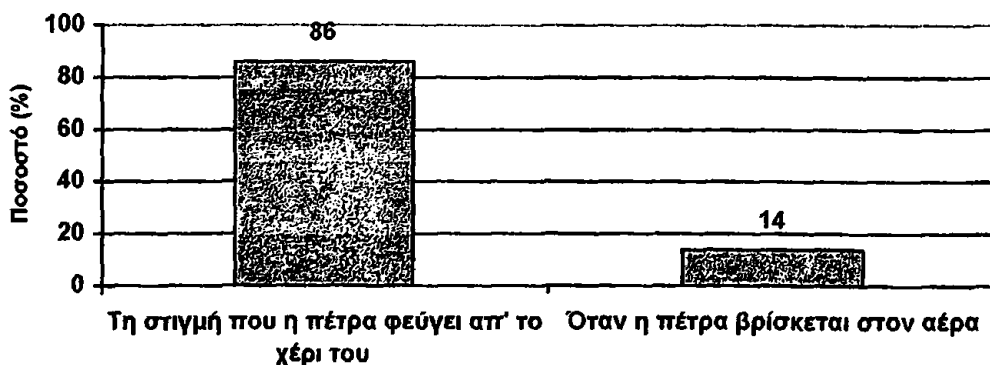
«Πότε λέμε ότι ενεργεί μια δύναμη σ' ένα σώμα:».

Το πέμπτο ερώτημα όπου ερωτώνται ουσιαστικά οι φοιτητές πότε συνδέουν τη δύναμη με την κίνηση ενός σώματος (Κώτσης και Κολοβός 2002) , η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 5. Οι φοιτητές πιστεύουν ορθά σε ποσοστό 68% ότι η δύναμη ασκείται όταν ο ποδοσφαιριστής σουτάρει τη μπάλα, ενώ οι επόμενες τρεις λανθασμένες απαντήσεις («όταν η μπάλα κινείται προς τα δίχτυα» (4%), «και στις δυο περιπτώσεις» (27%), «σε καμία περίπτωση» (1%)) που δίνουν σε συνολικό ποσοστό 32%, επιβεβαιώνουν ότι οι φοιτητές διατηρούν σε σημαντικό βαθμό την Αριστοτελική θεώρηση της δύναμης (Κουλαϊδής 1994).



Σχήμα 5. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένας ποδοσφαιριστής σουτάρει μια μπάλα. Πότε ασκήθηκε δύναμη στη μπάλα από αυτόν:».

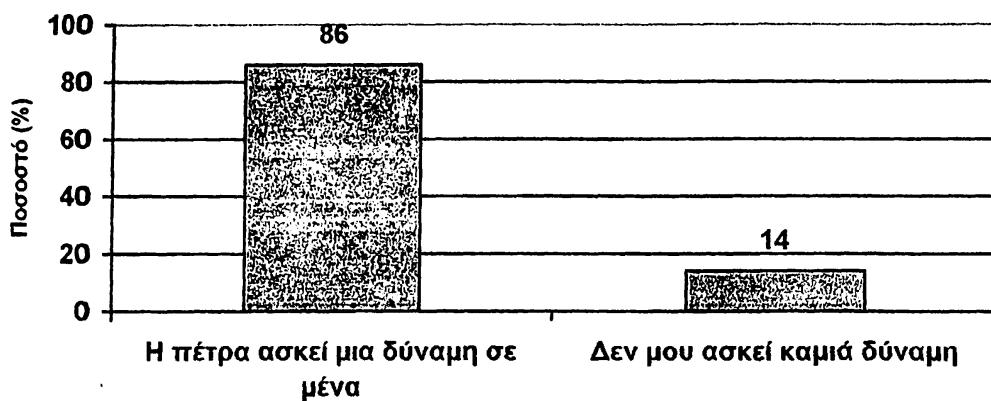
Το έκτο ερώτημα αναφέρεται σε ένα σώμα (πέτρα), όπου από επαφή δέχεται μια δύναμη και αρχίζει να κινείται. Το πότε εξασκείται δύναμη οι φοιτητές έδωσαν τις απαντήσεις που φαίνονται στο σχήμα 6. Οι φοιτητές πιστεύουν ορθά σε μεγάλο ποσοστό (86%), ότι η δύναμη εξασκείται μόνο τη στιγμή που φεύγει η πέτρα από το χέρι τους. Ένα μικρό ποσοστό 14% έχει εσφαλμένη αντίληψη και θεωρεί ότι η δύναμη εξακολουθεί να υπάρχει και όταν η πέτρα βρίσκεται στον αέρα (Κουλαϊδής 1994).



Σχήμα 6. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα παιδί πετά μια πέτρα, πότε εξασκεί δύναμη:».

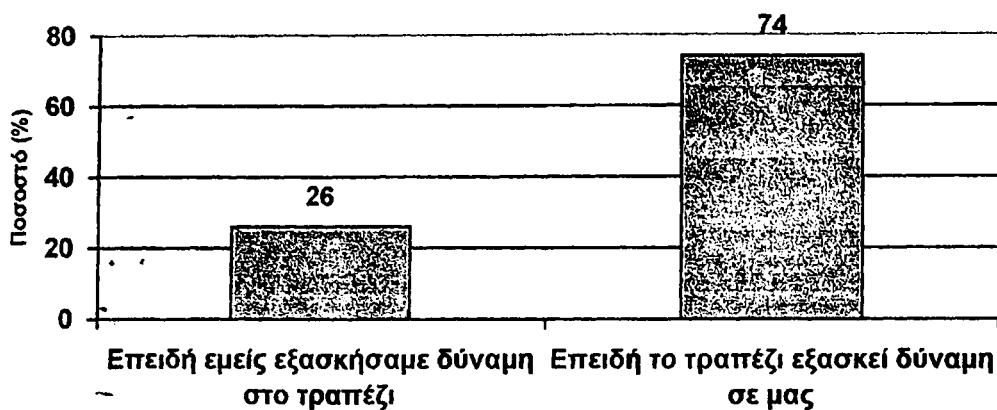


Στο έβδομο ερώτημα όπου διαπιστώνεται κατά πόσο οι φοιτητές αναγνωρίζουν ποιος είναι ο φορέας μιας δύναμης, οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται στο σχήμα 7. Το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών (86%) δίνουν την σωστή απάντηση, αλλά υπάρχει και ένα ποσοστό φοιτητών (14%) που δεν μπορούν να διακρίνουν κατά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων, ποιο σώμα άσκησε τη δύναμη σε ποιο (Σπυροπούλου – Κατσάνη 2000).



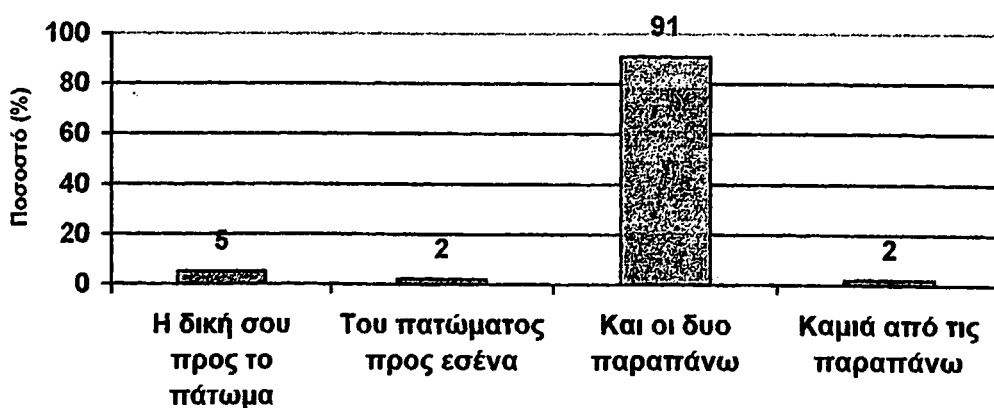
Σχήμα 7. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν σκοντάφτω σε μια πέτρα:».

Στο όγδοο ερώτημα διαπιστώνεται κατά πόσο οι φοιτητές μπορούν να εφαρμόσουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα κατά την αλληλεπίδραση δυο σωμάτων και να εξηγήσουν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης. Οι απαντήσεις των φοιτητών φαίνονται στο σχήμα 8. Το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών (74%) δίνει την σωστή απάντηση (Η πέτρα εξασκεί μια δύναμη σε μένα), αλλά παραπάνω από ένας στους πέντε φοιτητές (26%) αδυνατεί να διακρίνει το αίτιο του αποτελέσματος δράσης μιας δύναμης και ποιος είναι ο φορέας άσκησης της δύναμης και που εφαρμόζεται η δύναμη (Κώτσης και Βέμης 2002). Στην πράξη οι φοιτητές αυτοί θεωρούν το αίτιο και το αποτέλεσμα ότι υφίσταται στο ίδιο σώμα (Κόκκοτας 1998).



Σχήμα 8. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν χτυπώ με δύναμη το χέρι μου στο τραπέζι, το χέρι μου πονάει:».

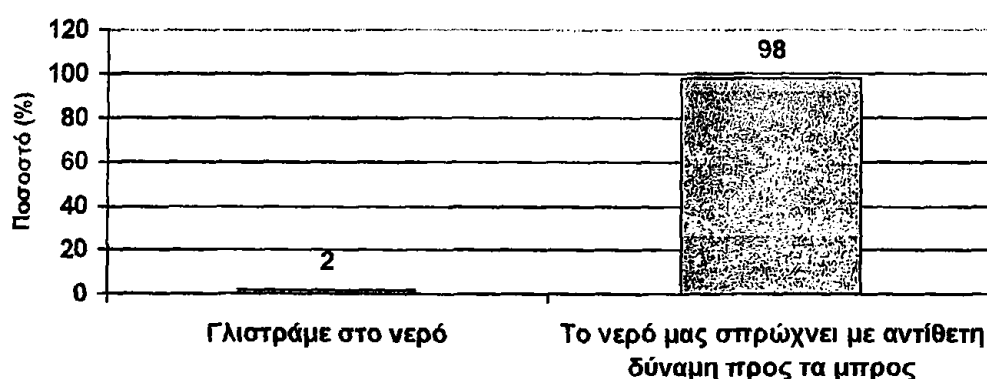
Και στο ένατο ερώτημα προσπαθούμε να διαπιστώσουμε αν οι φοιτητές κατανοούν την αλληλεπίδραση των δυνάμεων στην περίπτωση που είμαστε ακίνητοι. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 9. Σε πολύ μεγάλο ποσοστό(91%) οι φοιτητές απαντούν σωστά, σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο. Δηλαδή, ότι όταν στέκεσαι ακίνητος υπάρχει τόσο η δική σου δύναμη προς το πάτωμα, όσο και του πατώματος προς εσένα (Driver et al 1985) . Ένα πολύ μικρό ποσοστό (5%) έχει εσφαλμένη αντίληψη για την αλληλεπίδραση των δυνάμεων και απαντά ότι ασκείται μόνο η δύναμη «Η δική σου προς το πάτωμα», και αμελητέες είναι οι απαντήσεις της μορφής «Του πατώματος προς εσένα»(2%) και «Καμιά από τις παραπάνω»(2%).



Σχήμα 9. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν στέκεσαι ακίνητος, ποιες δυνάμεις υπάρχουν:».



Στο δέκατο ερώτημα προσπαθούμε να διαπιστώσουμε μέσα από μια απλή βιωματική-παράσταση των φοιτητών εάν κατανοούν την αλληλεπίδραση των δυνάμεων μεταξύ σωμάτων και την λεγόμενη δράση-αντίδραση (3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα). Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 10. Όλοι σχεδόν οι φοιτητές (98%) απαντούν ορθά σύμφωνα με τον 3^ο Νόμο του Νεύτωνα, θεωρώντας ότι: όταν κολυμπάμε, με τα χέρια σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω και εμείς πάμε εμπρός. Έπειδή το νερό μας σπρώχνει με αντίθετη δύναμη προς τα μπρος (Κόκκοτας κ.ά. 2002). Ενώ ένα ασήμαντο ποσοστό (2%) απαντούν λανθασμένα έχοντας την πρωτογενή αντίληψη ότι δεν υπάρχει αντίσταση στην κίνηση από το νερό. Απλώς απαντούν ότι «Γλιστράμε στο νερό».

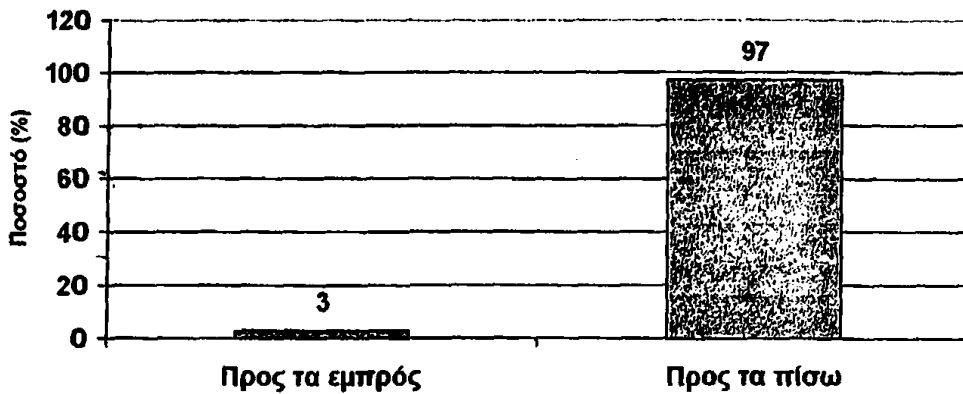


Σχήμα 10. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν κολυμπάμε, με τα χέρια σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω και εμείς πάμε εμπρός επειδή:».

Στο ενδέκατο ερώτημα διερευνούμε πάλι το κατά πόσο οι φοιτητές κατανοούν την αλληλεπίδραση των σωμάτων και τη δράση-αντίδραση. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 11. Και πάλι, όπως και στο προηγούμενο ερώτημα, οι φοιτητές απαντούν σε πάρα πολύ μεγάλο ποσοστό ορθά (97%). Δηλαδή, ότι όταν περπατάμε σπρώχνουμε το έδαφος προς τα εμπρός. Με αυτό τον τρόπο επιβεβαιώνεται ότι οι αντιλήψεις, που έχουν για ένα απλό φαινόμενο της Φυσικής το οποίο βιώνουν στην καθημερινή τους ζωή, συμπίπτουν με το

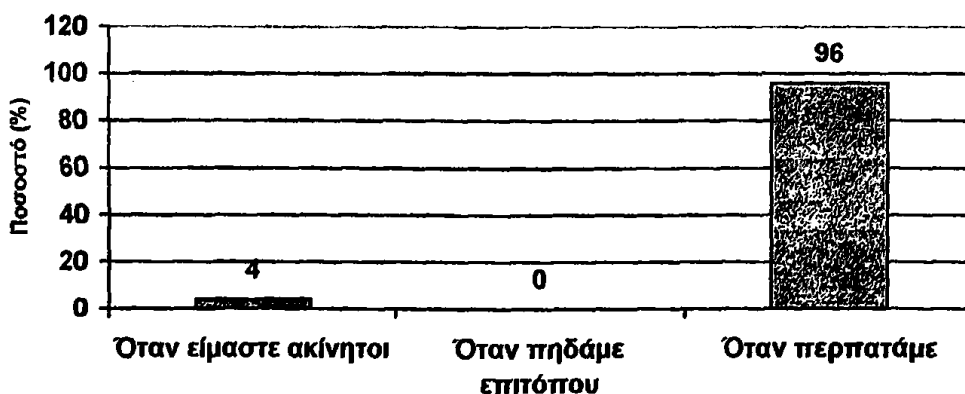


επιστημονικό πρότυπο. Αντίθετα, ένα αμελητέο ποσοστό(3%) έχει εσφαλμένη αντίληψη.



Σχήμα 11. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν περπατάμε σπρώχνουμε το έδαφος:».

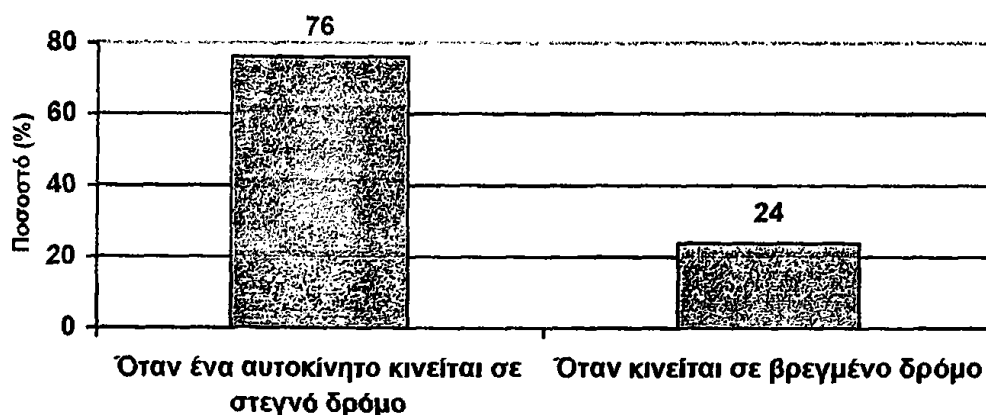
Στο δωδέκατο ερώτημα εξετάζουμε εάν οι φοιτητές σε ένα απλό καθημερινό φαινόμενο κατανοούν πότε υπάρχει τριβή, η οποία αποτελεί μια ειδική περίπτωση της έννοιας της δύναμης (Αποστολίδου κ.ά. 1998). Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 12. Η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών (96%) απαντά σωστά και θεωρεί ότι υπάρχει τριβή όταν περπατάμε, δείχνοντας ότι οι φοιτητές αντιλαμβάνονται ορθά μερικά καθημερινά φαινόμενα. Ένα πολύ μικρό ποσοστό(4%) απαντά λανθασμένα και θεωρεί ότι υπάρχει τριβή όταν είμαστε ακίνητοι.



Σχήμα 12. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Πότε υπάρχει τριβή:».



Στο δέκατο τρίτο ερώτημα προσπαθούμε να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των φοιτητών για την έννοια της τριβής όταν ένα σώμα κινείται σε δυο διαφορετικές επιφάνειες, σε στεγνό και σε βρεγμένο δρόμο (Κώτσης κ.ά. 2002). Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 13. Η πλειοψηφία των φοιτητών (76%) απαντούν σωστά θεωρώντας ότι αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε στεγνό δρόμο. Ενώ παραπάνω από ένας στους πέντε (24%) απαντούν λανθασμένα πιστεύοντας ότι αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε βρεγμένο δρόμο. Μπορούμε να πούμε ότι οι φοιτητές έχουν αυτήν λανθασμένη αντίληψη σε σημαντικό ποσοστό διότι όταν διδάχθηκαν την έννοια της τριβής δεν κατανόησαν ότι αυτή σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη φύση των επιφανειών.

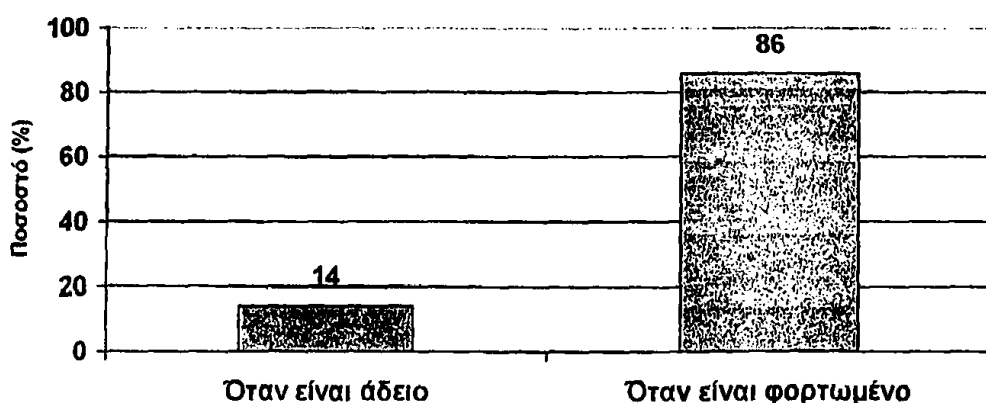


Σχήμα 13. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής:».

Στο δέκατο τέταρτο ερώτημα προσπαθούμε με έμμεσο τρόπο να διαπιστώσουμε εάν οι φοιτητές συνδέουν την έννοια της τριβής με το βάρος ενός σώματος (Κώτσης 2003). Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 14. Ένα σημαντικό ποσοστό φοιτητών (86%) απαντά ορθά και θεωρούν ότι ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο όταν είναι φορτωμένο, ενώ το 14% των φοιτητών απαντούν λανθασμένα και θεωρούν ότι ένα αυτοκίνητο κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο όταν είναι άδειο. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι η πλειοψηφία των φοιτητών συνδέει την έννοια της



τριβής με την έννοια του βάρους, δηλαδή θεωρούν ότι όσο βαρύτερο είναι ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη τριβής που δέχεται. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα τέτοιο φαινόμενο μπορεί να το συναντήσουν συχνά στην καθημερινή τους ζωή και να το αντιληφθούν ορθά σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο. Ενώ αυτοί που απαντούν λανθασμένα έχουν εσφαλμένη αντίληψη για την έννοια της τριβής διότι δεν την αντιλαμβάνονται ορθά στην καθημερινή τους εμπειρία και διότι δεν κατανόησαν μέσα από τη διδασκαλία ότι σε μερικές περιπτώσεις συνδέεται με δυο παράγοντες: το βάρος και με τη φύση των επιφανειών.

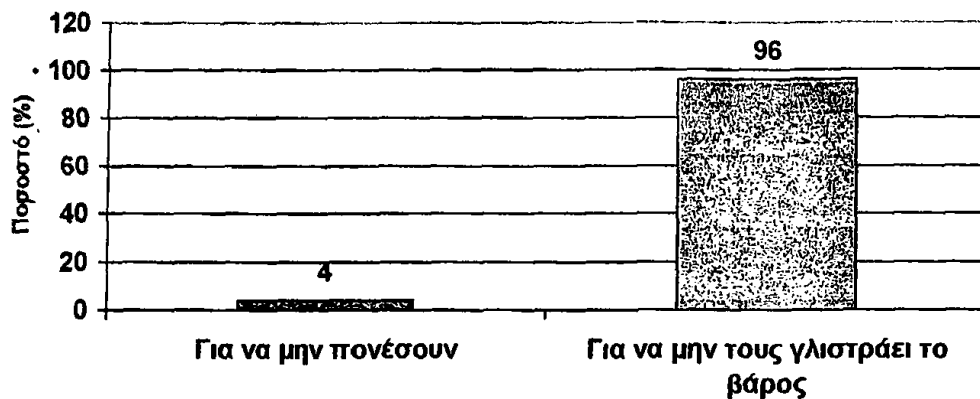


Σχήμα 14. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα αυτοκίνητο τότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο:».

Στο δέκατο πέμπτο ερώτημα διερευνούμε πάλι με έμμεσο τρόπο εάν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της τριβής σε φαινόμενα που παρακολουθούν καθημερινά στη ζωή τους (Κώτσης 2003). Η απάντηση των φοιτητών φαίνεται στο σχήμα 15. Σχεδόν όλοι οι φοιτητές (96%) απαντούν σωστά στην ερώτηση θεωρώντας ότι οι αθλητές όταν σηκώνουν βάρη, βάζουν στα χέρια τους πούδρα για να μην τους γλιστράει το βάρος. Μπορούμε να πούμε ότι η σωστή απάντηση οφείλεται στο γεγονός ότι τέτοια φαινόμενα τα συναντούν καθημερινά στα μέσα μαζικής ενημέρωσης και στη ζωή τους γενικότερα. Στην προκειμένη περίπτωση συνδέουν την πούδρα με την φύση της επιφάνειας των χεριών (όταν βάζουν πούδρα αλλάζει η επιφάνεια των χεριών και βοηθά στην αύξηση της τριβής) και με την αύξηση της τριβής. Αντίθετα, ένα πολύ μικρό ποσοστό (4%) απαντά



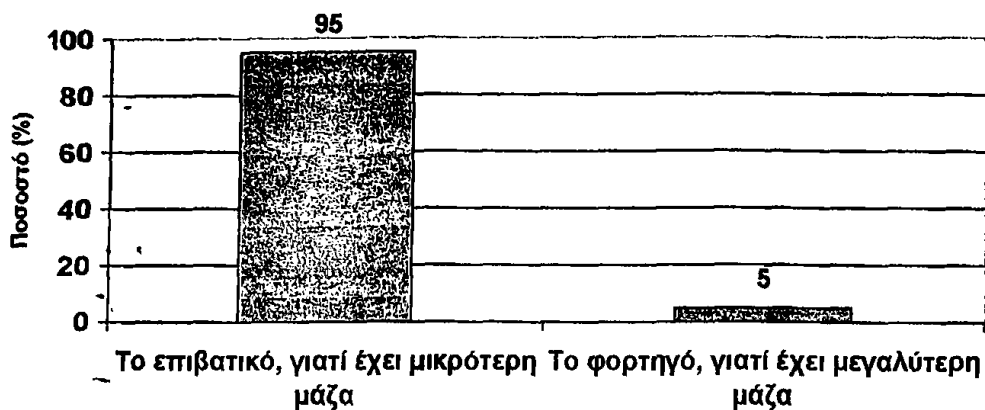
λανθασμένα λέγοντας ότι οι αθλητές όταν σηκώνουν βάρη, βάζουν στα χέρια τους πούδρα για να μην τους πονέσουν.



Σχήμα 15. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Οι αθλητές όταν σηκώνουν βάρη, βάζουν στα χέρια τους πούδρα:».

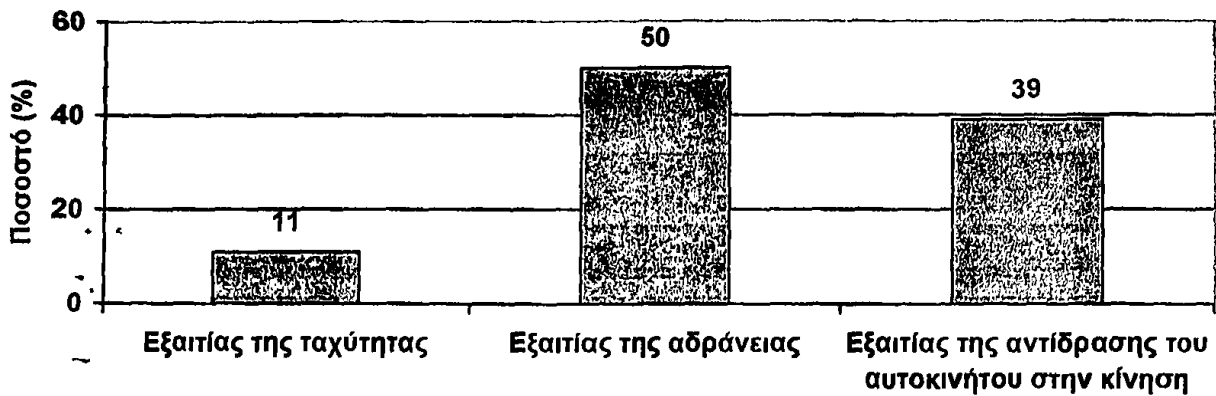
Στο δέκατο έκτο ερώτημα προσπαθούμε να διαπιστώσουμε, μέσα από μια περίπτωση που συναντούν οι φοιτητές καθημερινά, εάν συνδέουν την επιτάχυνση με τη μάζα και κατανοούν τον θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής ($F=m \cdot a$, όπου F =δύναμη, m =μάζα και a = επιτάχυνση). Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 16. Το σύνολο σχεδόν των φοιτητών (95%) απαντούν ορθά σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο. Πιο συγκεκριμένα, η απάντηση που δίνουν στο ερώτημα: «Ένα επιβατικό αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό βρίσκονται σε κόκκινο φανάρι. Όταν ανάψει πράσινο ποιο θα ξεκινήσει πιο γρήγορα:» είναι ότι το επιβατικό θα ξεκινήσει πιο γρήγορα διότι έχει μικρότερη μάζα, πιστεύοντας ότι όσο μικρότερη μάζα έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη επιτάχυνση έχει (θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής) και φυσικά μπορούμε να πούμε ότι η απάντησή τους επηρεάζεται από την καθημερινή εμπειρία. Ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό (5%) απαντά λανθασμένα και θεωρεί ότι θα ξεκινήσει πιο γρήγορα το φορτηγό γιατί έχει μεγαλύτερη μάζα.





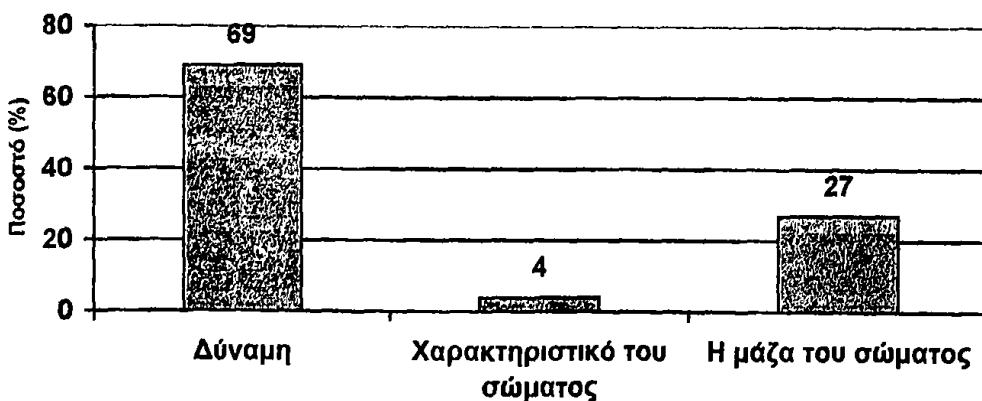
Σχήμα 16. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα επιβατικό αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό βρίσκονται σε κόκκινο φανάρι. Όταν ανάψει πράσινο ποιο θα ξεκινήσει πιο γρήγορα:».

Στο δέκατο έβδομο ερώτημα διερευνούμε αν οι φοιτητές κατανοούν τον νόμο της Αδράνειας. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 17. Οι μισοί φοιτητές(50%) απαντούν ορθά στο ερώτημα και πιστεύουν ότι όταν ξεκινήσει ένα αυτοκίνητο, οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω εξαιτίας της αδράνειας. Αντίθετα, οί άλλοι μισοί έχουν παρανόηση σχετικά με το νόμο της αδράνειας. Έτσι το 11% θεωρεί ότι οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω εξαιτίας της ταχύτητας και το υπόλοιπο 39% εξαιτίας της αντίδρασης του αυτοκινήτου στην κίνηση. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι ένα πολύ μεγάλο ποσοστό φοιτητών έχουν πρωτογενείς εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με την ερώτηση 17 και πιστεύουν ότι δρα μια δύναμη προς τα πίσω και έτσι οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω. Αυτό οφείλεται στο ότι έχουν την τάση να παρατηρούν το φαινόμενο από το επιταχυνόμενο σύστημα αναφοράς, επιβεβαιώνοντας την διεθνή βιβλιογραφία (Arons 1992).



• **Σχήμα 17. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν ξεκινάει το αυτοκίνητο, οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω:».**

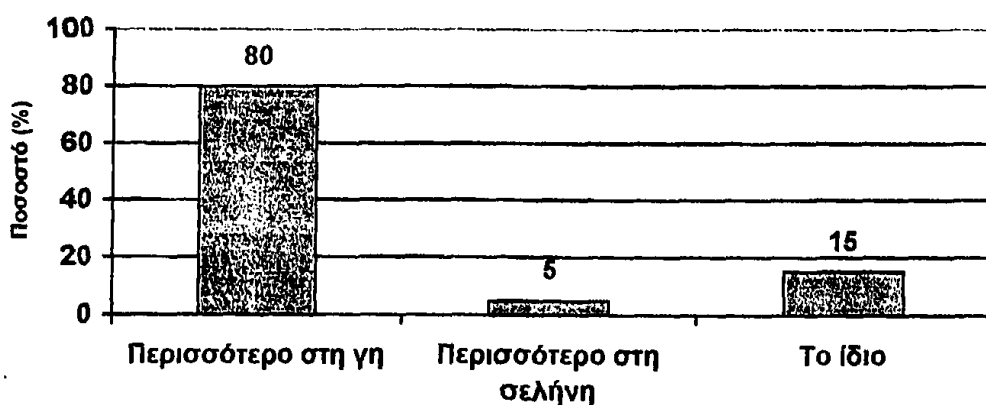
Το δέκατο όγδοο ερώτημα πραγματεύεται μια από τις βασικές δυνάμεις της φύσης, με την οποία ο άνθρωπος διαπιστώνει τα αποτελέσματά της από πολύ νωρίς στη ζωή του. Το ερώτημα προσπαθεί να διαπιστώσει τι θεωρούν οι φοιτητές ότι είναι το βάρος. Οι απαντήσεις τους παρουσιάζονται στο σχήμα 18. Το 69% των φοιτητών δίνει την σωστή απάντηση ότι το βάρος είναι δύναμη, αλλά ένα 27% το ταυτίζει με την μάζα του σώματος, όπως θεωρούν και τα παιδιά πριν πάνε στο σχολείο (Κώτσης 2003). Τέλος, το 4% πιστεύει ότι είναι χαρακτηριστικό του σώματος, δηλαδή μια ιδιότητα του σώματος (Driver et al 1998).



Σχήμα 18. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Το βάρος ενός σώματος είναι:».



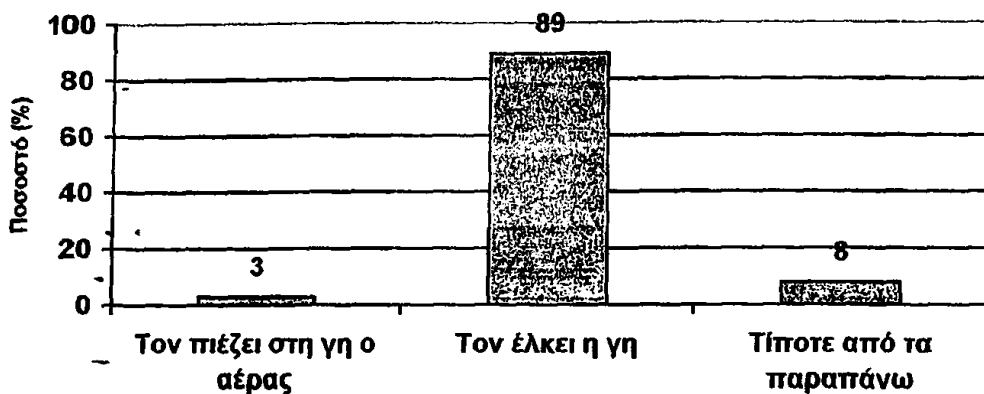
Στο δέκατο ένατο ερώτημα διαπιστώνεται η αδυναμία διαχωρισμού των εννοιών βάρος και μάζας. Οι απαντήσεις στο ερώτημα αυτό παρουσιάζονται στο σχήμα 19. Ενώ οι περισσότεροι φοιτητές (80%) δίνουν την σωστή απάντηση, δηλαδή ότι ένας αστροναύτης ζυγίζει περισσότερο στη Γη. Υπάρχει ένα ποσοστό 15% που πιστεύουν ότι ένα σώμα ζυγίζει παντού το ίδιο διότι θεωρούν τη μάζα συνώνυμη του βάρους (Κόκκοτας 1998). Τέλος, ένα πολύ μικρό ποσοστό (5%) πιστεύει ότι ζυγίζει περισσότερο στη σελήνη.



Σχήμα 19. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένας αστροναύτης ζυγίζει:».

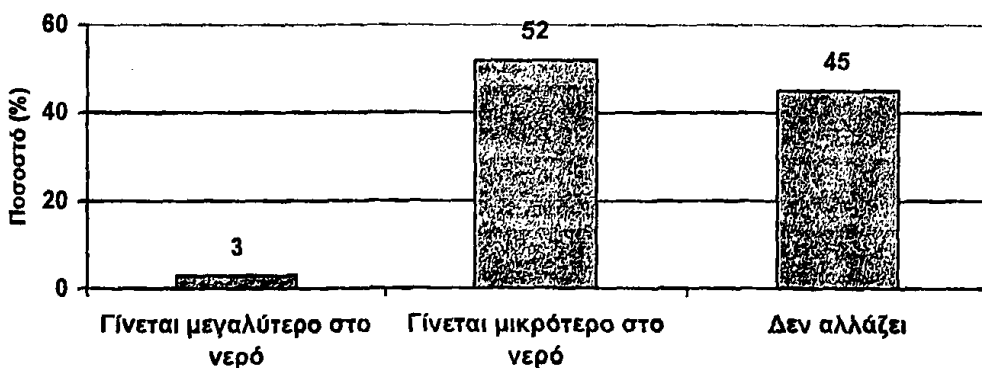
Στο εικοστό ερώτημα προσπαθούμε να διαπιστώσουμε κατά πόσο οι φοιτητές συνδέουν τη δύναμη του βάρους με την έλξη της Γης (Hewitt 1997). Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 20. Ένα ιδιαίτερα μεγάλο ποσοστό (89%) απαντά σωστά και θεωρεί ότι ένας άνθρωπος έχει βάρος γιατί τον έλκει η γη. Το 3% απαντά ότι τον πιέζει ο αέρας και το 8% απαντά «Τίποτα από τα παραπάνω».





Σχήμα 20. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένας άνθρωπος έχει βάρος γιατί:».

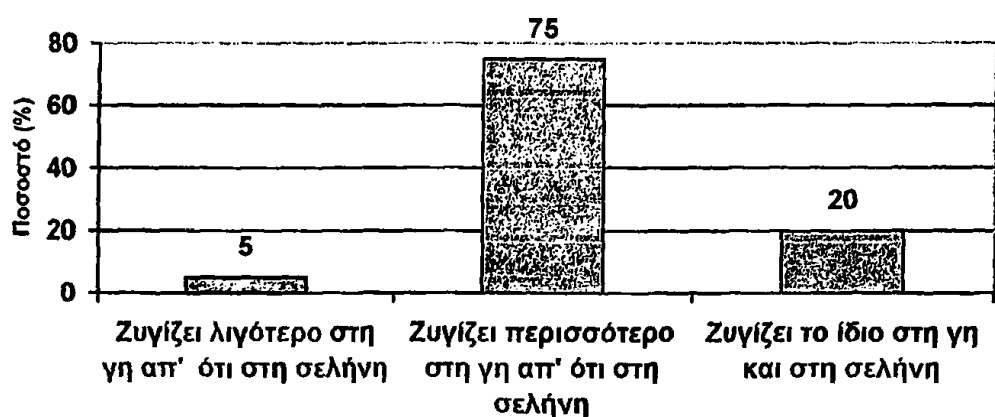
Με το εικοστό πρώτο ερώτημα έγινε προσπάθεια να διαπιστωθεί κατά πόσο οι φοιτητές θεωρούν ότι η δύναμη του βάρους είναι μια ποσότητα σταθερή στην Γη ή είναι κάποια ποσότητα που εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες που βρίσκεται ένα σώμα. Οι απαντήσεις των φοιτητών στο ερώτημα αυτό φαίνονται στο σχήμα 21. Μόνο το 45% των φοιτητών έδωσε την σωστή απάντηση ότι το βάρος ενός σώματος δεν αλλάζει μέσα στο νερό. Οι περισσότεροι (52%) θεώρησαν ότι το βάρος γίνεται μικρότερο στο νερό (ελαττώνεται), αγνοώντας προφανώς την δύναμη της άνωσης την οποία πολλές φορές έχουν διδαχθεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Κώτσης 2004). Τέλος, ένα αμελητέο ποσοστό (3%) απαντά ότι το βάρος γίνεται μεγαλύτερο στο νερό.



Σχήμα 21. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν κολυμπάς, το βάρος σου:».



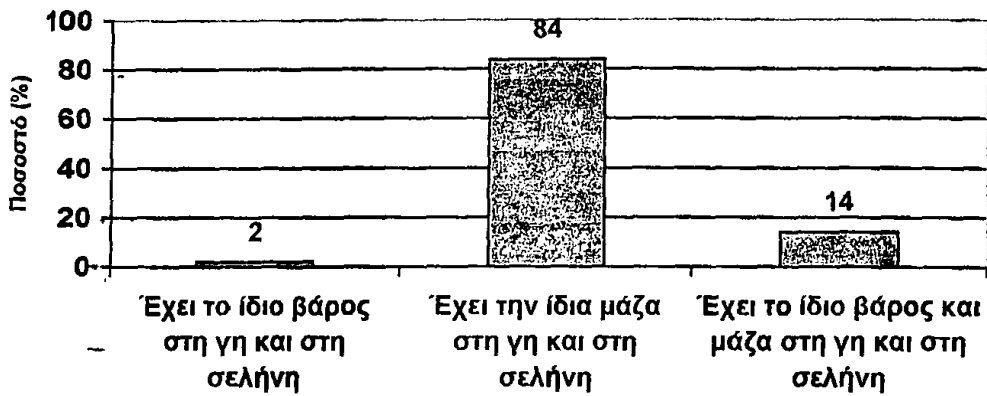
Στο εικοστό δεύτερο ερώτημα, όπως και στο δέκατο ένατο ερώτημα, διαπιστώνουμε την αδυναμία διαχωρισμού των εννοιών βάρος και μάζα. Οι απαντήσεις στο ερώτημα αυτό παρουσιάζονται στο σχήμα 22. Οι περισσότεροι φοιτητές (75%) δίνουν την σωστή απάντηση, δηλαδή ότι μια σοκολάτα ζυγίζει περισσότερο στη Γη απ' ότι στη σελήνη. Όμως ένας στους πέντε (20%) φοιτητές πιστεύουν ότι μια σοκολάτα ζυγίζει το ίδιο και στη γη και στη σελήνη διότι θεωρούν τη μάζα συνώνυμη του βάρους. Και ένα μικρό ποσοστό (5%) απαντά ότι μια σοκολάτα ζυγίζει λιγότερο στη γη απ' ότι στη σελήνη (Κώτσης και Κολοβός 2002).



Σχήμα 22. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Μια σοκολάτα:».

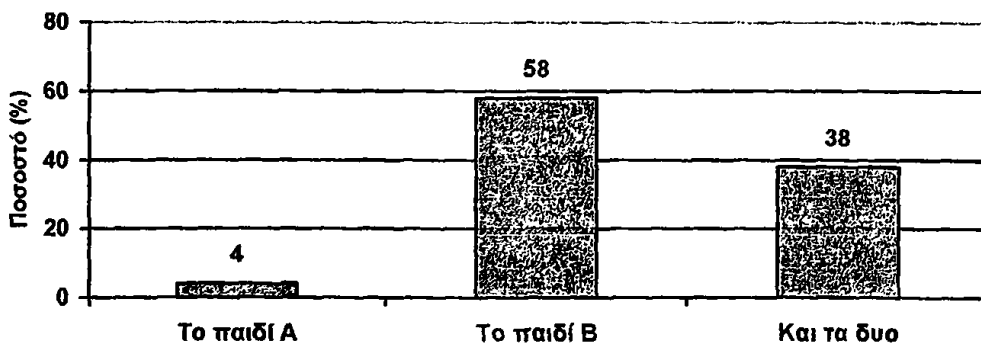
Στην υποβολή του εικοστού τρίτου ερωτήματος οδήγησε η ανάγκη διερεύνησης στο τι θεωρούν οι φοιτητές ότι είναι σταθερό: η μάζα ή το βάρος ενός σώματος. Οι απαντήσεις στο ερώτημα αυτό φαίνονται στο σχήμα 23. Από τις απαντήσεις προκύπτει ότι το 14% των φοιτητών θεωρούν τη μάζα και το βάρος ταυτόσημες έννοιες, ενώ το 2% θεωρεί ότι το βάρος είναι μια σταθερή ποσότητα για όλο το σύμπαν. Αντίθετα, ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό φοιτητών (84%) απαντούν ορθά σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο, θεωρώντας τη μάζα σταθερή ποσότητα τόσο στη γη όσο και στη σελήνη.





Σχήμα 23. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα μήλο:».

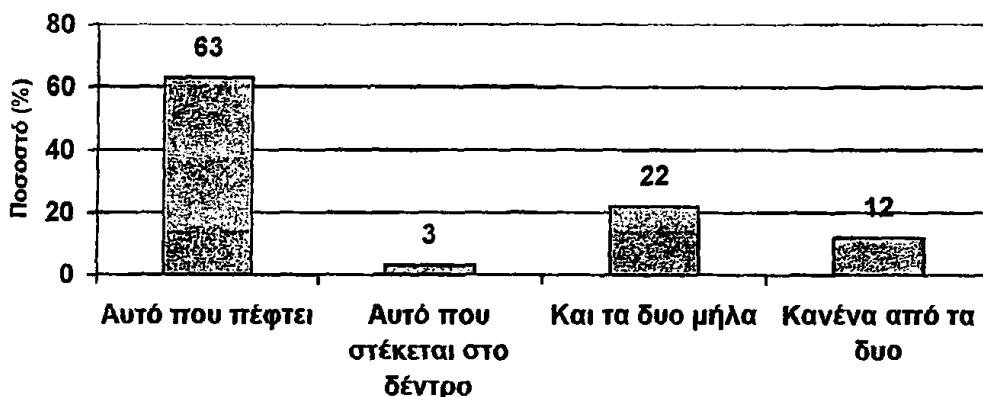
Στο εικοστό τέταρτο ερώτημα προσπαθούμε να διερευνήσουμε την έννοια του έργου, την οποία οι φοιτητές την συναντούν στις τελευταίες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 24. Ειδικότερα, στην ερώτηση: «Ένα παιδί Α σπρώχνει τον τοίχο του σπιτιού κι ένα άλλο παιδί Β σπρώχνει δίπλα του την πόρτα. Η πόρτα ανοίγει. Ποιο παιδί παράγει έργο:», μόνο το 38% απαντά ορθά, δηλαδή λένε ότι και τα δυο παιδιά παράγουν το έργο. Αντίθετα, το 58% απαντά ότι μόνο το παιδί Β παράγει έργο. Πιθανόν δίνουν αυτήν την απάντηση διότι συνδέουν την παραγωγή έργου με το αποτέλεσμα (άνοιγμα πόρτας). Και τέλος το 4% απαντά ότι μόνο το παιδί Α παράγει έργο.



Σχήμα 24. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα παιδί Α σπρώχνει τον τοίχο του σπιτιού κι ένα άλλο παιδί Β σπρώχνει δίπλα του την πόρτα. Η πόρτα ανοίγει. Ποιο παιδί παράγει έργο:».



Στο εικοστό πέμπτο ερώτημα διερευνούμε πάλι εάν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια του έργου. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 25. Στην ερώτηση: «Σε μια μηλιά, ένα μήλο στέκεται στο κλαδί του κι ένα άλλο πέφτει προς το έδαφος. Ποιο από τα δυο μήλα παράγει έργο:», η πλειοψηφία των φοιτητών(63%) απαντά ορθά θεωρώντας ότι παράγει έργο αυτό το μήλο που πέφτει. Όμως, το υπόλοιπο ποσοστό (37%) απαντά λανθασμένα. Πιο συγκεκριμένα, το 3% απαντά ότι παράγει έργο «Αυτό που στέκεται στο δέντρο», το 22% απαντά ότι παράγουν έργο «Και τα δυο μήλα» και το 12% «Κανένα από τα δυο». Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι δυο στους πέντε φοιτητές έχουν εσφαλμένες αντιλήψεις για την έννοια του έργου, αγνοώντας ότι το έργο συνδέεται άμεσα με την απόσταση που διανύει ένα σώμα.

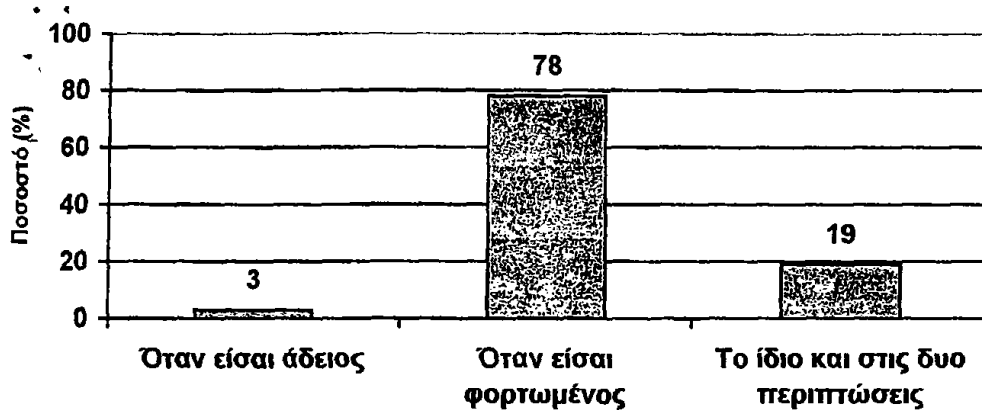


Σχήμα 25. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Σε μια μηλιά, ένα μήλο στέκεται στο κλαδί του κι ένα άλλο πέφτει προς το έδαφος. Ποιο από τα δυο μήλα παράγει έργο:».

Στο εικοστό έκτο ερώτημα προσπαθούμε να διερευνήσουμε αν οι φοιτητές συνδέουν το έργο με τη δύναμη του βάρους. Η κατανομή των απαντήσεων σε αυτό το ερώτημα φαίνονται στο σχήμα 26. Στην ερώτηση: «Ανεβαίνεις στο δεύτερο όροφο του σπιτιού σου, τη μια φορά άδειος και την άλλη φορτωμένος. Πότε καταναλώνεις μεγαλύτερο έργο:», η πλειοψηφία των φοιτητών (78%) απαντά ορθά, δηλαδή ότι καταναλώνεις μεγαλύτερο έργο όταν είσαι φορτωμένος. Όμως, ένας στους πέντε φοιτητές (19%) απαντά λανθασμένα

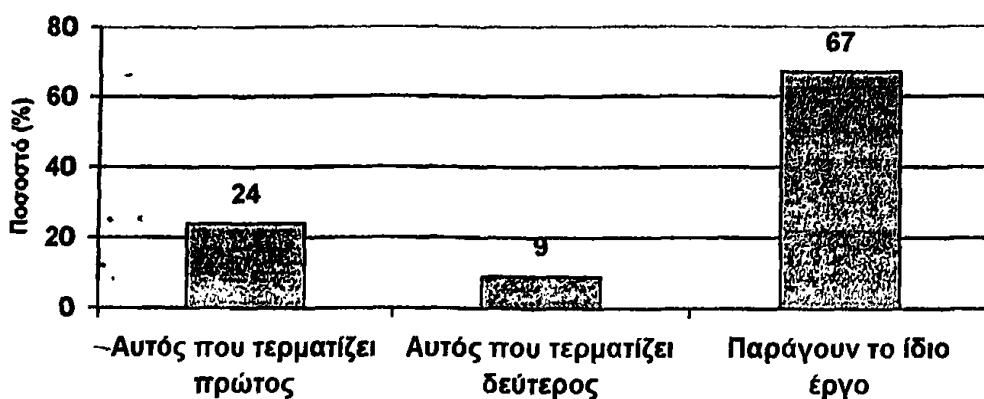


θεωρώντας ότι καταναλώνεται το ίδιο έργο και στις δυο περιπτώσεις, αγνοώντας προφανώς ότι το έργο είναι ανάλογο της δύναμης του βάρους. Και το 3% απαντά ότι καταναλώνεις μεγαλύτερο έργο όταν είσαι άδειος.



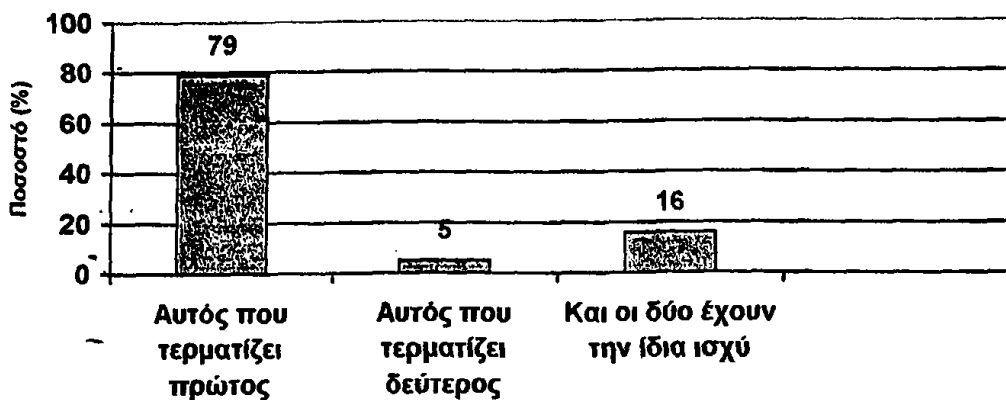
Σχήμα 26. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ανεβαίνεις στο δεύτερο όροφο του σπιτιού σου, τη μια φορά άδειος και την άλλη φορτωμένος. Πότε καταναλώνεις μεγαλύτερο έργο:».

Στο εικοστό έβδομο ερώτημα διερευνούμε εάν οι φοιτητές συνδέουν το έργο με τη δύναμη του βάρους και την απόσταση που διανύεται. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 27. Στην ερώτηση: «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:», η πλειοψηφία των φοιτητών (67%) απαντά σωστά λέγοντας ότι «Παράγουν το ίδιο έργο». Αντίθετα, παραπάνω από ένας στους πέντε φοιτητές (συνολικά 33%) απαντούν λανθασμένα, αγνοώντας πιθανόν την αναλογία του έργου με τη δύναμη του βάρους και την απόσταση που διανύουν οι δυο αθλητές. Ειδικότερα, το 24% απαντά ότι παράγει μεγαλύτερο έργο «Αυτός που τερματίζει πρώτος» και το 9% απαντά ότι παράγει μεγαλύτερο έργο «Αυτός που τερματίζει δεύτερος». Ουσιαστικά στην ερώτηση αυτή φαίνεται ότι συγχέεται η έννοια του έργου με την ισχύ (Αθανασάκης 2000).



Σχήμα 27. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:».

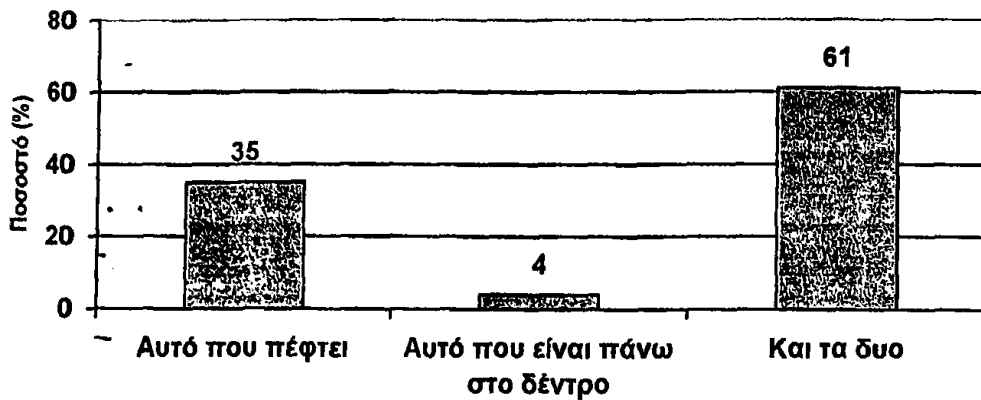
Στο εικοστό όγδοο ερώτημα επιχειρούμε να διερευνήσουμε εάν οι φοιτητές έχουν κατανοήσει την έννοια της ισχύς και την σύνδεσή της με την έννοια του χρόνου. Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 28. Στην ερώτηση: «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος έχει μεγαλύτερη ισχύ:», το 79% των φοιτητών απαντά ορθά, θεωρώντας ότι μεγαλύτερη ισχύ έχει αυτός ο αθλητής που τερματίζει πρώτος. Όμως, ένας στους πέντε φοιτητές (συνολικά 21%) απαντά λανθασμένα, αγνοώντας ότι η ισχύ είναι αντιστρόφως ανάλογη του χρόνου που τερματίζουν οι αθλητές (πρώτος ή δεύτερος). Έτσι, το 16% απαντά ότι «Και οι δυο έχουν την ίδια ισχύ» και το 5% απαντά ότι μεγαλύτερη ισχύ έχει «Αυτός που τερματίζει δεύτερος».



• **Σχήμα 28.** Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος έχει μεγαλύτερη ισχύ:».

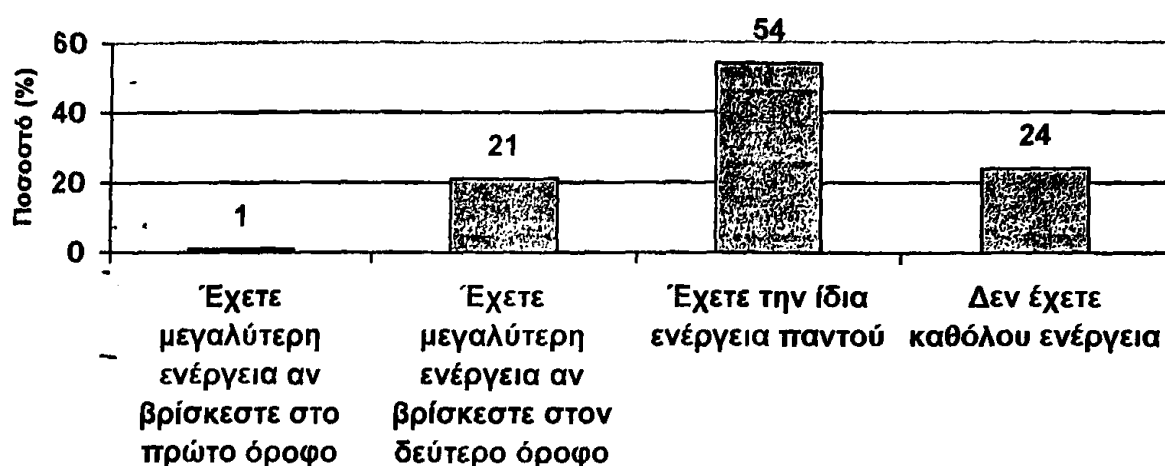
Στο εικοστό ένατο ερώτημα διερευνούμε τις αντιλήψεις των φοιτητών για την έννοια της ενέργειας. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 29. Στην ερώτηση: «Σε μια πορτοκαλιά ένα πορτοκάλι είναι πάνω στο δέντρο κι ένα πέφτει. Ποιο από τα δυο πορτοκάλια έχει ενέργεια:», μόνο το 61% απαντά ορθά θεωρώντας ότι και τα δυο πορτοκάλια έχουν ενέργεια. Ενώ το 35% των φοιτητών απαντά λανθασμένα πιστεύοντας ότι έχει ενέργεια «Αυτό το πορτοκάλι που πέφτει». Στην προκειμένη περίπτωση μπορούμε να πούμε ότι οι φοιτητές συσχετίζουν την έννοια της ενέργειας μόνο με την κίνηση (κινητική ενέργεια), αγνοώντας την δυναμική ενέργεια (Κολιόπουλος και Ραβάνης 1998). Τέλος, μόνο το 4% απαντά ότι έχει ενέργεια «Αυτό το πορτοκάλι που είναι πάνω στο δέντρο».





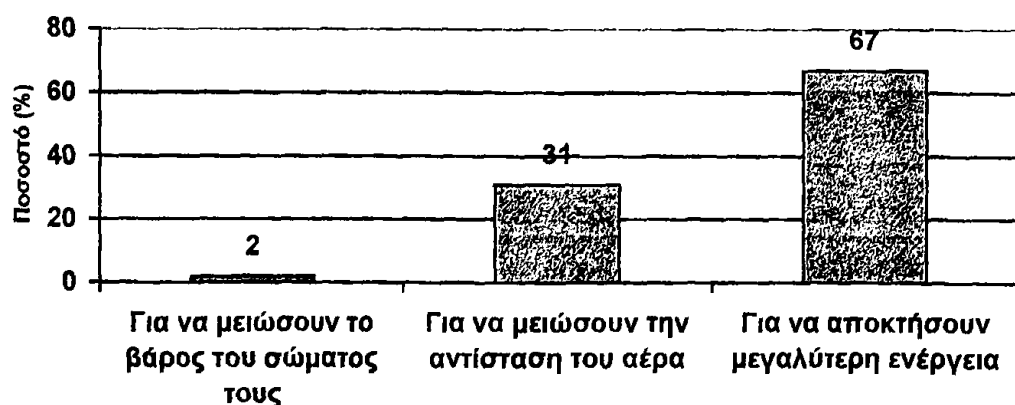
- **Σχήμα 29. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Σε μια πορτοκαλιά ένα πορτοκάλι είναι πάνω στο δέντρο κι ένα πέφτει. Ποιο από τα δυο πορτοκάλια έχει ενέργεια:».**

Στο τριακοστό ερώτημα διερευνούμε αν οι φοιτητές έχουν κατανοήσει την Δυναμική Ενέργεια και την συνδέουν με το ύψος που βρίσκεται ένα σώμα. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 30. Στην ερώτηση: «Βρίσκεστε στο μπαλκόνι του σπιτιού σας και κοιτάζετε το ηλιοβασίλεμα», μόνο το 21% απαντά ορθά, δηλαδή ότι «Έχετε μεγαλύτερη ενέργεια αν βρίσκεστε στο δεύτερο όροφο». Αντίθετα, το υπόλοιπο 79% απαντά λανθασμένα αγνοώντας πιθανόν ότι η Δυναμική ενέργεια είναι ανάλογη του ύψους που βρίσκεται ένα σώμα. Έτσι, το 54% απαντά ότι «Έχετε την ίδια ενέργεια παντού», το 24% ότι «Δεν έχετε καθόλου ενέργεια» και το 1% ότι «Έχετε μεγαλύτερη ενέργεια αν βρίσκεστε στον πρώτο όροφο».



Σχήμα 30. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Βρίσκεστε στο μπαλκόνι του σπιτιού σας και κοιτάζετε το ηλιοβασίλεμα».

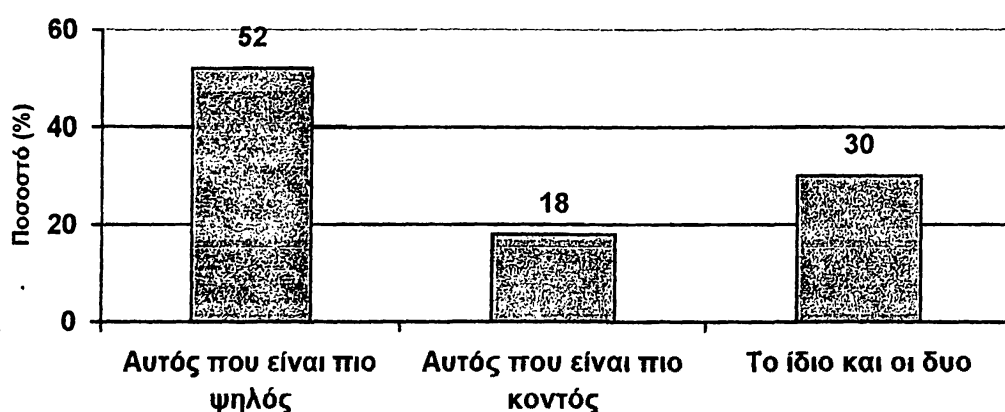
Στο τριακοστό πρώτο ερώτημα προσπαθούμε να διερευνήσουμε αν σε καθημερινές παραστάσεις που συναντούν οι φοιτητές, όπως παραδείγματος χάρη σε εμπειρίες τους μέσα από τον αθλητισμό, έχουν ορθές αντιλήψεις για την έννοια της ενέργειας. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 31. Στο ερώτημα: «Γιατί οι αθλητές που πηδούν μήκος παίρνουν φόρα:», το 67% των φοιτητών απαντούν ορθά, δηλαδή ότι παίρνουν φόρα «Για να αποκτήσουν μεγαλύτερη ενέργεια». Ενώ το 31% απαντά λανθασμένα, θεωρώντας ότι παίρνουν φόρα «Για να μειώσουν την αντίσταση του αέρα» και το 2% απαντά «Για να μειώσουν το βάρος του σώματος τους».



Σχήμα 31. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Γιατί οι αθλητές που πηδούν μήκος παίρνουν φόρα:».



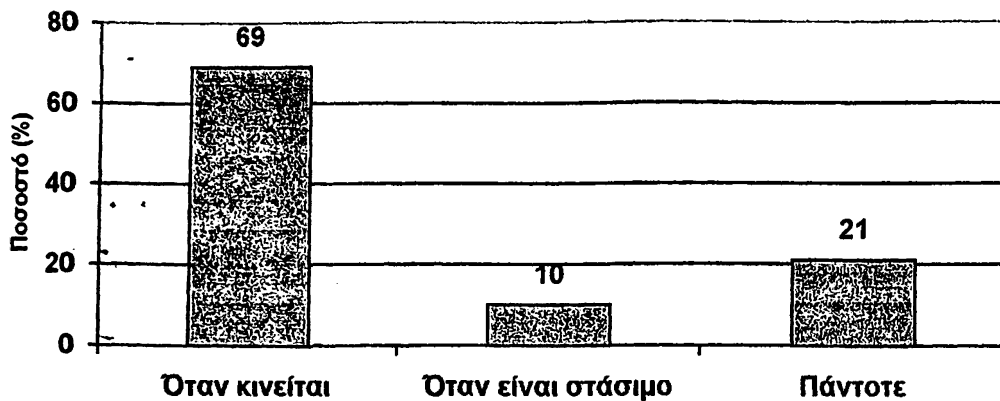
Στο τριακοστό δεύτερο ερώτημα διαπιστώνεται κατά πόσο οι φοιτητές συνδέουν το έργο με την απόσταση που διανύει ένα σώμα. Οι απαντήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 32. Στην ερώτηση: «Δυο αρσιβαρίστες σηκώνουν το ίδιο βάρος. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:», μόνο το 52% απαντά σωστά, δηλαδή ότι παράγει μεγαλύτερο έργο «Αυτός που είναι πιο ψηλός». Όμως το υπόλοιπο 48% απαντά λανθασμένα, αγνοώντας πιθανόν ότι το έργο είναι ανάλογο της απόστασης που διανύει ένα σώμα. Ειδικότερα, το 18% απαντά ότι παράγει μεγαλύτερο έργο «Αυτός που είναι πιο κοντός» και το 30% «Το ίδιο και οι δυο».



Σχήμα 32. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Δυο αρσιβαρίστες σηκώνουν το ίδιο βάρος. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:».

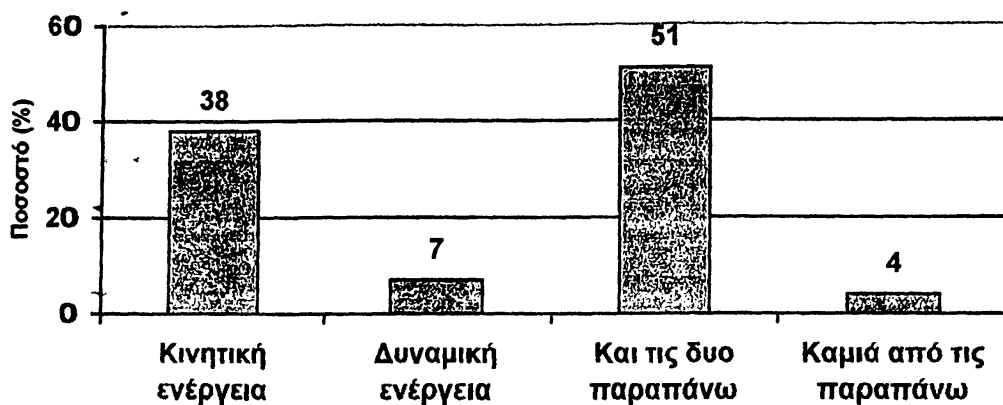
Στο τριακοστό τρίτο ερώτημα εξετάζουμε πάλι μέσα από καθημερινά παραδείγματα αν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της ενέργειας. Η κατανομή των απαντήσεων φαίνεται στο σχήμα 33. Στην ερώτηση: «Ένα φορτηγό πότε έχει μεγαλύτερη ενέργεια:», το 69% των φοιτητών απαντά σωστά, δηλαδή ότι έχει μεγαλύτερη ενέργεια «Όταν κινείται». Ενώ το 10% απαντά λανθασμένα θεωρώντας ότι έχει μεγαλύτερη ενέργεια «Όταν είναι στάσιμο» και το 21% απαντά «Πάντοτε».





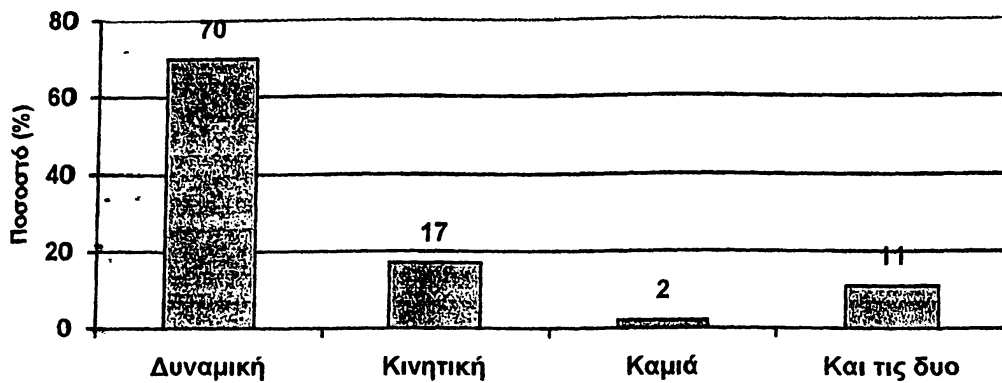
- **Σχήμα 33. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα φορτηγό πότε έχει μεγαλύτερη ενέργεια:».**

Στο τριακοστό τέταρτο ερώτημα διαπιστώνουμε αν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της ενέργειας και ειδικότερα τις δυο κατηγορίες: την δυναμική και την κινητική ενέργεια. Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 34. Στο ερώτημα: «Ένα παιδί αφήνει από το δεύτερο όροφο μια μπάλα να πέσει. Όταν η μπάλα βρίσκεται στον πρώτο όροφο έχει:», μόνο το 51% απαντά ορθά και θεωρεί ότι η μπάλα έχει και κινητική και δυναμική ενέργεια στο πρώτο όροφο, δηλαδή και τις «Και τις δυο παραπάνω». Όμως, το υπόλοιπο 49% απαντά λανθασμένα έχοντας εσφαλμένες αντιλήψεις για το πότε ένα σώμα έχει κινητική και δυναμική ενέργεια. Έτσι, το 38% απαντά ότι η μπάλα έχει μόνο «Κινητική ενέργεια», το 7% απαντά ότι έχει μόνο «Δυναμική ενέργεια» και το 4% «Καμιά από τις παραπάνω».



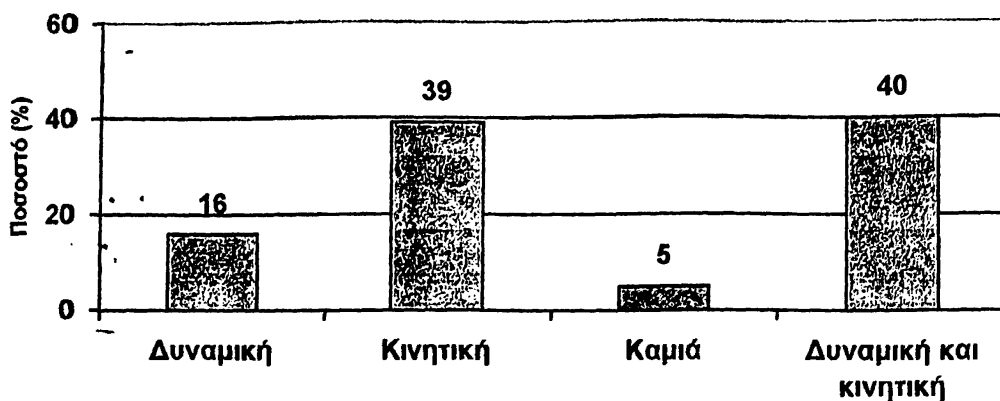
Σχήμα 34. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Ένα παιδί αφήνει από το δεύτερο όροφο μια μπάλα να πέσει. Όταν η μπάλα βρίσκεται στον πρώτο όροφο έχει:».

Στο τριακοστό πέμπτο ερώτημα προσπαθούμε να διερευνήσουμε, όπως και στο προηγούμενο ερώτημα, αν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της ενέργειας και ειδικότερα την δυναμική και την κινητική ενέργεια. Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 35. Στο ερώτημα: «Την ώρα που την αφήνει να πέσει, τι ενέργεια έχει η μπάλα:», η πλειοψηφία των φοιτητών (70%) απαντά ορθά θεωρώντας ότι την ώρα που αφήνει την μπάλα να πέσει έχει μόνο «Δυναμική ενέργεια». Όμως, ένα σημαντικό ποσοστό (συνολικά 30%) απαντά λανθασμένα, συγχέοντας σε ποια θέση ένα σώμα έχει κινητική ή δυναμική ενέργεια ή και τις δυο. Πιο συγκεκριμένα, το 17% απαντά ότι την ώρα που αφήνει την μπάλα να πέσει έχει μόνο «Κινητική ενέργεια», το 2% «Καμιά» και το 11% «Και τις δυο».



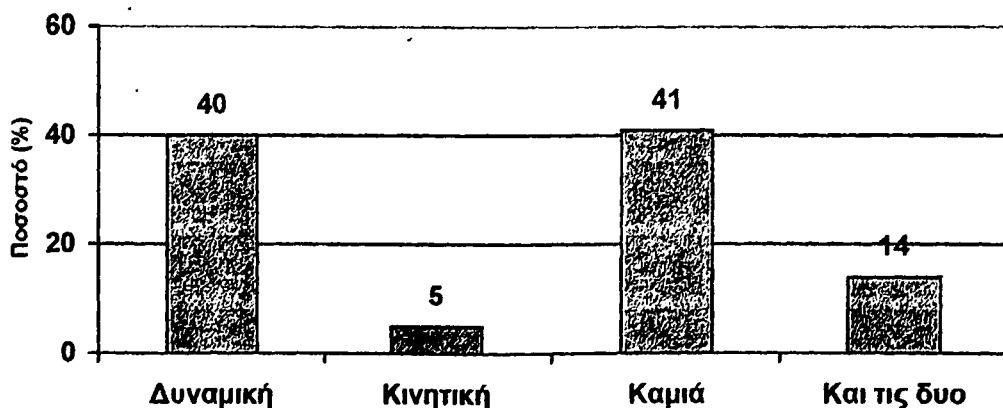
Σχήμα 35. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Την ώρα που την αφήνει να πέσει, τι ενέργεια έχει η μπάλα:».

Στο τριακοστό έκτο ερώτημα, όπως και στα προηγούμενα δυο ερωτήματα, προσπαθούμε να διαπιστώσουμε αν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα σε ποια θέση ένα σώμα έχει δυναμική ή κινητική ενέργεια ή και τις δυο. Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 36. Στην ερώτηση: «Τι στιγμή που πέφτει στο έδαφος, τι ενέργεια έχει:», μόνο το 39% απαντά ορθά θεωρώντας ότι η μπάλα τη στιγμή που πέφτει στο έδαφος έχει μόνο «Κινητική ενέργεια». Όμως, το υπόλοιπο 61% απαντά λανθασμένα. Προφανώς δυσκολεύονται να κατανοήσουν το είδος της ενέργειας (Δυναμική και κινητική) που έχει ένα σώμα σε διάφορες θέσεις της κίνησής του. Ειδικότερα, το 16% απαντά ότι έχει «Δυναμική», το 5% «Καμιά» και το 40% «Δυναμική και κινητική».



Σχήμα 36. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Τι στιγμή που πέφτει στο έδαφος, τι ενέργεια έχει:».

Στο τριακοστό έβδομο ερώτημα, όπως και στα τρία τελευταία, ερωτάται αν οι φοιτητές κατανοούν την έννοια της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα τι είδους ενέργεια (δυναμική ή κινητική ενέργεια ή και τις δυο) έχει ένα σώμα όταν πέσει στο έδαφος. Οι απαντήσεις φαίνονται στο σχήμα 37. Στην ερώτηση: «Όταν πέσει στο έδαφος η μπάλα, τι ενέργεια έχει:», μόνο το 41% απαντά ορθά θεωρώντας ότι η μπάλα όταν πέσει στο έδαφος δεν έχει «Καμιά» ενέργεια. Όμως, το υπόλοιπο 59% απαντά λανθασμένα. Προφανώς δυσκολεύονται να διαχωρίσουν την δυναμική από την κινητική ενέργεια. Ειδικότερα, το 40% απαντά ότι έχει «Δυναμική», το 5% «Κινητική» και το 14% «Και τις δυο».



Σχήμα 37. Η κατανομή των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση «Όταν πέσει στο έδαφος η μπάλα, τι ενέργεια έχει:».



4.8 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κάποιοι φοιτητές και φοιτήτριες διατηρούν τις παρανοήσεις -ή «εναλλακτικές ιδέες»- για τις έννοιες της Μηχανικής, τις οποίες όπως φαίνεται δεν μπόρεσαν να τροποποιήσουν στο σχολείο. Πιθανόν αυτό οφείλεται στο ότι οι μαθητές προσέρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη διαμορφωμένες απόψεις για τον τρόπο λειτουργίας του γύρω κόσμου, όπως καθημερινά τον βιώνουν. Οι αντιλήψεις αυτές, ενώ συνήθως απέχουν από το επιστημονικό πρότυπο, εμφανίζουν εξαιρετικές αντιστάσεις στη μεταβολή τους, διότι έχουν διαμορφωθεί μέσα από προσωπικές εμπειρίες (Κόκκοτας και Βλάχος 2001). Έτσι, λοιπόν, ενώ πρόκειται για άτομα που έχουν διδαχθεί το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης –Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο – και μάλιστα τις έννοιες της Μηχανικής, διαπιστώνουμε ότι υπάρχει ένα σεβαστό ποσοστό (περίπου ένας στους πέντε) που για πολλές έννοιες της Μηχανικής δεν έχει μεταβάλλει καθόλου τις παρανοήσεις που είχε στις προηγούμενες βαθμίδες.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι τα ευρήματα της έρευνας βρίσκονται σε συμφωνία με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας (Clement 1982 and Brown 1989). Πιο συγκεκριμένα, όπως προκύπτει από τις απαντήσεις στα ερωτήματα 1,5 και 6, ένας στους πέντε σχεδόν φοιτητές πιστεύουν ότι η δύναμη συνδέεται με την κίνηση των αντικειμένων (Driver 1984).

Από το ερώτημα 2 προκύπτει ότι σε σημαντικό ποσοστό (32%) οι φοιτητές δεν αντιλαμβάνονται τον διανυσματικό χαρακτήρα της δύναμης. Από το ερώτημα 5 διαπιστώνουμε ότι συνδέουν τη δύναμη μόνο με την έναρξη της κίνησης και όχι με το τέλος της. Ακόμη, από τα ερωτήματα 7, 8 και 9 φαίνεται ότι οι φοιτητές δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν ποιος είναι ο φορέας μιας δύναμης. Δεν μπορούν να διακρίνουν κατά την αλληλεπίδραση δυο σωμάτων ποιο σώμα άσκησε δύναμη σε ποιο. Στην πράξη οι φοιτητές αυτοί θεωρούν ότι το αίτιο και το αποτέλεσμα υφίσταται στο ίδιο σώμα.

Όσον αφορά την έννοια της τριβής, όπως παρατηρούμε από τις απαντήσεις στα ερωτήματα 13,14, σχεδόν ένας στους πέντε φοιτητές δεν αντιλαμβάνονται



ότι τις αναπτυσσόμενες τριβές τις επηρεάζουν δυο βασικοί παράγοντες: το βάρος και η φύση των επιφανειών.

Επιπλέον, από τις απαντήσεις στο ερώτημα 17 διαπιστώνουμε ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές δεν κατανοούν την Αδράνεια διότι παρατηρούν τα φαινόμενα από το επιταχυνόμενο σύστημα αναφοράς.

Η δύναμη του βάρους είναι μια από τις πρώτες δυνάμεις που από μικρή ηλικία έρχεται σε γνωριμία ο άνθρωπος. Όμως, ένα σημαντικό ποσοστό (25%) φοιτητών εμφανίζει εσφαλμένες αντιλήψεις. Όπως φαίνεται από τις απαντήσεις στα ερωτήματα 18, 19, 22, και 23, οι φοιτητές αδυνατούν να διαχωρίσουν τις έννοιες βάρος και μάζα. Έτσι, ταυτίζουν αυτές τις δυο έννοιες. Επίσης, όπως φαίνεται από τις απαντήσεις στο ερώτημα 21, οι μισοί σχεδόν φοιτητές αγνοούν ότι η δύναμη του βάρους είναι μια ποσότητα σταθερή στη Γη και ειδικότερα δεν αλλάζει μέσα στο νερό.

Μια άλλη έννοια που μας απασχόλησε στην εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήσαμε ήταν η έννοια του έργου, την οποία τα παιδιά άρχισαν να τη διδάσκονται στις τελευταίες τάξεις της εκπαίδευσης και φυσικά δεν είχαν προϋπάρχουσες αντιλήψεις πριν εισέλθουν στο σχολείο. Από τις απαντήσεις στα ερωτήματα 24, 25, 26, 27 και 32, πολλοί φοιτητές έχουν εσφαλμένες αντιλήψεις για το πότε ένα σώμα παράγει έργο και πιο συγκεκριμένα δυσκολεύονται να κατανοήσουν την αναλογία του έργου με την δύναμη που εξασκείται και με την απόσταση που διανύει ένα σώμα. Επιπλέον, την συγχέουν με την έννοια της ενέργειας ή της ισχύς, όπως και οι μαθητές μικρότερης ηλικίας (Ault et al. 1988).

Παράλληλα, οι φοιτητές έχουν σε μεγάλο βαθμό παρανοήσεις για την έννοια της ισχύς, την οποία συναντούν και αυτή στις τελευταίες τάξεις της εκπαίδευσης. Ειδικότερα, από τις απαντήσεις στο ερώτημα 28 παρατηρούμε ότι παραπάνω από ένας στους πέντε φοιτητές δεν συνδέει την ισχύ με τις έννοιες του έργου και του χρόνου.

Επιπρόσθετα, για την έννοια της ενέργειας οι φοιτητές έχουν παρανοήσεις και συναντούν ιδιαίτερες δυσκολίες στην εφαρμογή της στην καθημερινή ζωή. Ένα σημαντικό ποσοστό (35%) των φοιτητών έχει εσφαλμένες αντιλήψεις για την ενέργεια και την συνδέει μόνο με την κίνηση (Κινητική ενέργεια), αγνοώντας την Δυναμική ενέργεια, όπως και οι μαθητές (Bliss and Ogborn 1985). Ταυτόχρονα,



από τις απαντήσεις στο ερώτημα 30 οι περισσότεροι φοιτητές (80%) αδυνατούν να συνδέσουν την Βαρυτική Δυναμική ενέργεια με το ύψος που βρίσκεται ένα σώμα. Επίσης, από τις απαντήσεις που παρουσιάζονται στα ερωτήματα 34, 35, 36 και 37 οι μισοί σχεδόν φοιτητές δυσκολεύονται να απαντήσουν τι είδους ενέργεια (Δυναμική ή Κινητική ή και τις δυο) έχει ένα σώμα σε διάφορες θέσεις της κίνησής του.

Μπορούμε, λοιπόν, να συμπεράνουμε ότι κάποιοι φοιτητές δεν έχουν μεταβάλλει καθόλου τις πρώτες τους διαισθήσεις και τις αρχικές τους ερμηνείες για τον κόσμο που τους περιβάλλει. Πιθανόν δεν πρόκειται να τις μεταβάλλουν και στο μέλλον (Κώτσης 2002).

Οι παρατηρήσεις που κάναμε δεν έχουν μόνο στατιστική αξία όσον αφορά τα αποτελέσματα της κατάκτησης της γνώσης στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης, αλλά αποκτά και ιδιαίτερη σημασία λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για τους αυριανούς δασκάλους που θα είναι εκείνοι που θα διδάξουν πρώτοι Φυσική στα παιδιά του Δημοτικού σχολείου. Θα είναι οι δάσκαλοι που θα κληθούν να πραγματοποιήσουν εννοιολογική αλλαγή στις παρανοήσεις των μαθητών τους. Θα συναντήσουν ιδιαίτερες δυσκολίες στο να προκαλέσουν αλλαγή στις παρανοήσεις των μαθητών διότι θα έχουν και αυτοί παρόμοιες παρανοήσεις. Για αυτό το λόγο προτείνουμε τα Παιδαγωγικά Τμήματα να αναδιαμορφώσουν τα Προγράμματα Σπουδών τους αυξάνοντας τα γνωστικά αντικείμενα που σχετίζονται με την Φυσική και τη Διδακτική της Φυσικής. Επίσης, η πολιτεία οφείλει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση προωθώντας συγκροτημένα και σωστά οργανωμένα προγράμματα επιμόρφωσης για τους δασκάλους.

Τέλος, για να μην υπάρχουν σε τόσο μεγάλο βαθμό εσφαλμένες αντιλήψεις στους φοιτητές πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών από τα πρώτα χρόνια που ο μαθητής εισέρχεται στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ο Έλληνας Εκπαιδευτικός οφείλει κατά τη διάρκεια της διδακτικής πράξης να λαμβάνει υπόψη τις παρανοήσεις των παιδιών διότι μόνο τότε η διδασκαλία θα συνδέεται με την μάθηση. Είναι ένα σημείο που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα από όλους τους φορείς του Ελληνικού Εκπαιδευτικού



συστήματος, ώστε από το Δημοτικό σχολείο ο μαθητής να αρχίζει να αποκτά την επιστημονική γνώση.



4.9 Υπόδειγμα ερωτηματολογίου

□ **ΦΥΛΟ:**

α) Άνδρας.

β) Γυναίκα.

□ **Ποια κατεύθυνση έχετε επιλέξει κατά τη διάρκεια της φοίτησής σας στο Λύκειο;**

α) Θεωρητική κατεύθυνση.

β) Θετική κατεύθυνση.

γ) Τεχνολογική κατεύθυνση.

1) Δύναμη λέγεται η αιτία:

α) Που παραμορφώνει ένα σώμα.

β) Που του αλλάζει την κινητική του κατάσταση.

γ) Που κάνει και τα δυο παραπάνω.

2) Συναντάς ένα φίλο σου και τον χαιρετάς χτυπώντας το χέρι λέγοντας : "κόλλα πέντε". Στα δύο χέρια σας:

α) Ασκούνται δυο δυνάμεις με την ίδια διεύθυνση και φορά.

β) Ασκούνται δυο δυνάμεις με την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά.

γ) Ασκούνται δυο δυνάμεις με διαφορετική διεύθυνση και φορά.

3) Σπρώχνουμε μια μπάλα κι αυτή κινείται. Σπρώχνουμε έναν τοίχο που μένει ακίνητος. Σε ποια περίπτωση ασκούμε δύναμη:

α) Όταν σπρώχνουμε την μπάλα.

β) Όταν σπρώχνουμε τον τοίχο.

γ) Και στις δυο περιπτώσεις.

δ) Σε καμιά περίπτωση



4) Πότε λέμε ότι ενεργεί μια δύναμη σ' ένα σώμα:

- α) Όταν σπρώχνουμε ένα σώμα κι αυτό κινείται.
- β) Όταν στρώματάμε ένα σώμα που κινείται.
- γ) Και στις δυο περιπτώσεις.

5) Ένας ποδοσφαιριστής σουτάρει μια μπάλα. Πότε ασκήθηκε δύναμη στη μπάλα από αυτόν;

- α) Τη στιγμή που ένας ποδοσφαιριστής σουτάρει τη μπάλα .
- β) Όταν η μπάλα κινείται προς τα δίχτυα.
- γ) Και στις δυο περιπτώσεις.
- δ) Σε καμιά περίπτωση

6) Ένα παιδί πετά μια πέτρα, πότε εξασκεί δύναμη:

- α) Τη στιγμή που η πέτρα φεύγει απ' το χέρι του.
- β) Όταν η πέτρα βρίσκεται στον αέρα.

7) Όταν σκοντάφτω σε μια πέτρα:

- α) Η πέτρα ασκεί μια δύναμη σε μένα.
- β) Δεν μου ασκεί καμιά δύναμη.

8) Όταν χτυπώ με δύναμη το χέρι μου στο τραπέζι, το χέρι μου πονάει:

- α) Επειδή εμείς εξασκήσαμε δύναμη στο τραπέζι.
- β) Επειδή το τραπέζι εξασκεί δύναμη σε μας.

9) Όταν στέκεσαι ακίνητος, ποιες δυνάμεις υπάρχουν:

- α) Η δική σου προς το πάτωμα.
- β) Του πατώματος προς εσένα.
- γ) Και οι δυο παραπάνω.
- δ) Καμιά από τις παραπάνω



10) Όταν κολυμπάμε, με τα χέρια σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω κι εμείς πάμε εμπρός επειδή:

α) Γλιστράμε στο νερό.

β) Το νερό μας σπρώχνει με αντίθετη δύναμη προς τα μπρος.

11) Όταν περπατάμε σπρώχνουμε το έδαφος:

α) Προς τα εμπρός,

β) Προς τα πίσω.

12) Πότε υπάρχει τριβή:

α) Όταν είμαστε ακίνητοι,

β) Όταν πηδάμε επιτόπου.

γ) Όταν περπατάμε.

13) Πότε αναπτύσσεται μεγαλύτερη δύναμη τριβής:

α) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε στεγνό δρόμο,

β) Όταν κινείται σε βρεγμένο δρόμο.

14) Ένα αυτοκίνητο πότε κινείται με περισσότερη ασφάλεια σε παγωμένο δρόμο:

α) Όταν είναι άδειο.

β) Όταν είναι φορτωμένο.

15) Οι αθλητές όταν σηκώνουν βάρη, βάζουν στα χέρια τους πούδρα:

α) Για να μην πονέσουν.

β) Για να μην τους γλιστράει το βάρος.



16) Ένα επιβατικό αυτοκίνητο κι ένα φορτηγό βρίσκονται σε κόκκινο φανάρι. Όταν ανάψει πράσινο ποιο θα ξεκινήσει πιο γρήγορα:

- α) Το επιβατικό, γιατί έχει μικρότερη μάζα.
- β) Το φορτηγό, γιατί έχει μεγαλύτερη μάζα.

17) Όταν ξεκινάει το αυτοκίνητο, οι επιβάτες κινούνται προς τα πίσω:

- α) Εξαιτίας της ταχύτητας.
- β) Εξαιτίας της αδράνειας.
- γ) Εξαιτίας της αντίδρασης του αυτοκινήτου στην κίνηση.

18) Το βάρος ενός σώματος είναι:

- α) Δύναμη.
- β) Χαρακτηριστικό του σώματος.
- γ) Η μάζα του σώματος.

19) Ένας αστροναύτης ζυγίζει:

- α) Περισσότερο στη γη.
- β) Περισσότερο στη σελήνη.
- γ) Το ίδιο.

20) Ένας άνθρωπος έχει βάρος γιατί:

- α) Τον πιέζει στη γη ο αέρας.
- β) Τον έλκει η γη.
- γ) Τίποτε από τα παραπάνω.

21) Όταν κολυμπάς, το βάρος σου:

- α) Γίνεται μεγαλύτερο στο νερό.
- β) Γίνεται μικρότερο στο νερό.
- γ) Δεν αλλάζει.



22) Μια σοκολάτα:

- α) Ζυγίζει λιγότερο στη γη απ' ό τι στη σελήνη.
- β) Ζυγίζει περισσότερο στη γη απ' ό τι στη σελήνη.
- γ) Ζυγίζει το ίδιο και στη γη κα στη σελήνη.

23) Ένα μήλο:

- α) Έχει το ίδιο βάρος στη γη και στη σελήνη.
- β) Έχει την ίδια μάζα στη γη και στη σελήνη.
- γ) Έχει ίδιο βάρος και μάζα στη γη και στη σελήνη .

24) Ένα παιδί Α σπρώχνει τον τοίχο του σπιτιού κι ένα άλλο παιδί Β σπρώχνει δίπλα του την πόρτα. Η πόρτα ανοίγει. Ποιο παιδί παράγει έργο:

- α) Το παιδί Α.
- β) Το παιδί Β.
- γ) Και τα δυο.

25) Σε μια μηλιά, ένα μήλο στέκεται στο κλαδί του κι ένα άλλο πέφτει προς το έδαφος.

Ποιο από τα δυο μήλα παράγει έργο:

- α) Αυτό που πέφτει.
- β) Αυτό που στέκεται στο δέντρο.
- γ) Και τα δυο μήλα.
- δ) Κανένα από τα δυο.

26) Ανεβαίνεις στο δεύτερο όροφο του σπιτιού σου, τη μια φορά άδειος και την άλλη φορτωμένος. Πότε καταναλώνεις μεγαλύτερο έργο:

- α) Όταν είσαι άδειος.
- β) Όταν είσαι φορτωμένος
- γ) Το ίδιο και στις δυο περιπτώσεις.



27) Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:

- α) Αυτός που τερματίζει πρώτος.
- β) Αυτός που τερματίζει δεύτερος.
- γ) Παράγουν το ίδιο έργο.

28) Δυο αθλητές με το ίδιο βάρος τρέχουν 100 μέτρα. Ποιος έχει μεγαλύτερη ισχύ:

- α) Αυτός που τερματίζει πρώτος.
- β) Αυτός που τερματίζει δεύτερος.
- γ) Και οι δύο έχουν την ίδια ισχύ.

29) Σε μια πορτοκαλιά ένα πορτοκάλι είναι πάνω στο δέντρο κι ένα πέφτει. Ποιο από τα δυο πορτοκάλια έχει ενέργεια:

- α) Αυτό που πέφτει.
- β) Αυτό που είναι πάνω στο δέντρο.
- γ) Και τα δυο.

30) Βρίσκεστε στο μπαλκόνι του σπιτιού σας και κοιτάζετε το ηλιοβασίλεμα.

- α) Έχετε μεγαλύτερη ενέργεια αν βρίσκεστε στον πρώτο όροφο,
- β) Έχετε μεγαλύτερη ενέργεια αν βρίσκεστε στον δεύτερο όροφο.
- γ) Έχετε την ίδια ενέργεια παντού.
- δ) Δεν έχετε καθόλου ενέργεια.

31) Γιατί οι αθλητές που πηδούν μήκος, παίρνουν φόρα:

- α) Για να μειώσουν το βάρος του σώματος τους.
- β) Για να μειώσουν την αντίσταση του αέρα.
- γ) Για να αποκτήσουν μεγαλύτερη ενέργεια.



32) Δυο αρσιβαρίστες σηκώνουν το ίδιο βάρος. Ποιος παράγει μεγαλύτερο έργο:

- α) Αυτός που είναι πιο ψηλός.
- β) Αυτός που είναι πιο κοντός.
- γ) Το ίδιο και οι δυο.

33) Ένα φορτηγό πότε έχει μεγαλύτερη ενέργεια:

- α) Όταν κινείται.
- β) Όταν είναι στάσιμο.
- γ) Πάντοτε.

34) Ένα παιδί αφήνει από το δεύτερο όροφο μια μπάλα να πέσει. Όταν η μπάλα βρίσκεται στον πρώτο όροφο έχει:

- α) Κινητική ενέργεια.
- β) Δυναμική ενέργεια
- γ) Και τις δυο παραπάνω.
- δ) Καμιά από τις παραπάνω.

35) Την ώρα που την αφήνει να πέσει, τι ενέργεια έχει η μπάλα:

- α) Δυναμική.
- β) Κινητική.
- γ) Καμιά.
- δ) Και τις δυο.

36) Τη στιγμή που πέφτει στο έδαφος, τι ενέργεια έχει:

- α) Δυναμική.
- β) Κινητική.
- γ) Καμιά.
- δ) Δυναμική και κινητική.



37) Όταν πέσει στο έδαφος η μπάλα, τι ενέργεια έχει:

- α) Δυναμική.
- β) Κινητική.
- γ) Καυιά:
- δ) Και τις δύο.



Περίληψη της διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία αναφέρεται στις αντιλήψεις φοιτητών και φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης σε έννοιες της Μηχανικής, όπως είναι οι έννοιες της δύναμης, της τριβής, του βάρους, της ισχύς, του έργου και της ενέργειας. Η εργασία χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια. Ειδικότερα, το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στη θεωρία του Piaget για τη νοητική ανάπτυξη και στη συσχέτιση της με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις ιδέες (ή αντιλήψεις) των παιδιών σχετικά με έννοιες της Φυσικής. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στις αντιλήψεις των παιδιών για έννοιες της Μηχανικής και πιο συγκεκριμένα στις έννοιες της δύναμης, της τριβής, της βαρύτητας, του βάρους, του έργου και της ενέργειας. Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο ερευνητικό στάδιο της εργασίας, όπου εξετάζουμε τις αντιλήψεις 110 φοιτητών και φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης σε έννοιες της Μηχανικής.



Επίλογος – Ευχαριστίες

Αρχικά, θα πρέπει να ευχαριστήσω όλα τα μέλη Δ.Ε.Π. του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την μακροχρόνια και επίμονη προσπάθεια τους να συγκροτήσουν οργανωμένο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ). Πιο συγκεκριμένα, οφείλω να εξάρω και να ευχαριστήσω το σημερινό πρύτανη κ. Δήμου Γεώργιο, όλους τους προέδρους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, όλους τους κοσμήτορες της Σχολής Επιστημών Αγωγής, καθώς και όλα τα μέλη Δ.Ε.Π. του Π.Τ.Δ.Ε., διότι τα τελευταία χρόνια συνέβαλαν ώστε να τελεσφορήσει το όλο εγχείρημα της υλοποίησης του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Μέσα, λοιπόν, από αυτό το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών μας δόθηκε η δυνατότητα να προσεγγίσουμε πιο ενδελεχώς και πιο διεξοδικά την επιστήμη και την έρευνα. Φυσικά τα δυο χρόνια που συμμετείχα στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα αποκόμισα πολλά οφέλη τόσο σε επιστημονικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο. Για αυτό το λόγο αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Ιδιαίτερη αναφορά οφείλω να κάνω στον επιβλέπων καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κ. Κώτση Κωνσταντίνο. Διαδραμάτισε κυρίαρχο και ουσιαστικό ρόλο τόσο κατά τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας όσο και σε κάθε ζήτημα που με απασχολούσε σε επιστημονικό και σε προσωπικό επίπεδο. Ο κ. Κώτσης ήταν συνεργατικός καθόλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας, συνεπής, μεθοδικός, συστηματικός, σαφής σε όλες του τις παρατηρήσεις, καθώς επίσης και ιδιαίτερα συμβουλευτικός.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω και όλους τους φοιτητές και τις φοιτήτριες του Β΄ εξαμήνου (για το ακαδημαϊκό έτος 2003 – 2004) του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τη σημαντική βοήθεια και συνεργασία τους κατά τη διάρκεια υλοποίησης της έρευνάς μου.



Περίληψη της διπλωματικής εργασίας στα αγγλικά – Abstract

This search focuses on the conceptions of students of Education Department for the concepts of mechanics, like as the force, friction, weight, power, work and energy. The paper is separated into four chapters. More specifically, the first chapter is reported on the theory of Piaget for the growth of intelligence and the influence in the teaching of Physics. The second chapter reports on the conceptions of students about the concepts of Physics. The third chapter reports on the conceptions of students about the mechanics and more specifically about the force, friction, weightiness, weight, work and energy. The fourth chapter reports on the inquiring stage, in which we examine the conceptions of 110 students of Education Department for the concepts of mechanics.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αθαλασάκης, Μ. Α. (2000), Αρχές, κατευθύνσεις και παράμετροι της ενίσχυσης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, *Νέα Παιδεία*, 94, 151 –156

Αποστολίδου, Μ., Ασβεστά, Ε. και Ραβάνης, Κ. (1998), Βιωματικές νοητικές παραστάσεις για την έννοια της τριβής: Μια εμπειρική έρευνα σε μαθητές/τριες Νηπιαγωγείου, *Νέα Παιδεία*, 88, 152 –162

Arons, A. (1992), *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*, Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα

Ault , C.R. , Novak , J. D. and Gowin, D. B. (1988), Constructing vee maps for clinical interview on energy concepts, *Science Education* ,72(4), 515-545

Βάμβουκας, Μ. (1998), *Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Βλάχος, Α. Ι. (2004), *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: Η πρόταση της εποικοδόμησης*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Bliss , J. and Ogborn, J. (1985), Children's choices of use of energy, *European Journal of Science Education* ,7(2), 195-203

Brown, D. E. (1989), Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law, *Physics Education*, 7(3), 353

Clement, J. (1982), Student's preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*, 50(1), 66

Cohen, L. and Manion, L. (2000), *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα

Driver, R. (1984), Cognitive psychology and pupil's frameworks in mechanics, in Lijnse, P(ed), The many faces of teaching and learning mechanics in secondary and early tertiary education, *Proceedings of conference on physics education*, August, Utrecht; GIPERS/ SVO-/ UNESCO, WCC, Utrecht, 1985, 227

Driver, R. , Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*, Εκδόσεις Τροχαλία, Ένωση Ελλήνων Φυσικών



Driver, R. , Squires, A. , Rushworth, P. and V. Robinson (1998) , *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα

Ζαβλάνος, Μ. (1987), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Εκδόσεις Ίων, Περιστέρι

Guisàsola, J. , Zubimendi, J. and Ceberio, A-M. (2002), The evolution of the concept of capacitance throughout the development of the electric theory and the understanding of its meaning by University students, *Science and Education*, 11, 247 – 261

Hewitt, G. P. (1997), *Οι έννοιες της Φυσικής* ,Τόμος Ι , Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο

Hewitt, G. P. (1997), *Οι έννοιες της Φυσικής* ,Τόμος ΙΙ , Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο

Καρανίκας, Γ., Κόκκοτας, Π. και Καριώτογλου, Π. (1996), Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 4ετών φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. και μαθητών Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού σχετικά με την έννοια της Άνωσης στα υγρά, *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 24, 239 – 259

Καριώτογλου, Π. (1998), Μια διδακτική ακολουθία για την πειραματική διδασκαλία εννοιολογικής γνώσης: εφαρμογή στα ρευστά και στην πίεση, *Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη

Κατσιλλής Μ. Ι. (1998), *Οι Μικροϋπολογιστές στις Κοινωνικές Επιστήμες: Επιστημονική εμπειρική έρευνα και στατιστικές αναλύσεις*, Εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα

Κόκκοτας Β. Π. (1997) , *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών :Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Κόκκοτας Β. Π. (1998) , *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών :Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα



Κόκκοτας Β. Π. (2002) , *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών :Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Κόκκοτας, Β. Π., Ριζάκη, Αν. Αικ., Χαβιάρης, Σ. Π. και Χατζή, Β. Μ. (2002), *Φυσικές Επιστήμες ΣΤ΄ τάξης, Βιβλίο για το δάσκαλο*, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικῶν Βιβλίων, Αθήνα

Κόκκοτας, Β. Π. και Βλάχος, Α. Ι. (2001), *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Προβλήματα και Προοπτικές, Συλλογή άρθρων*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Κολιόπουλος, Δ. και Ραβάνης, Κ. (1998), Η έννοια της ενέργειας στη σκέψη των μαθητών: Ερευνητικά ευρήματα και διδακτικές επιπτώσεις, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 100, 69 – 77

Κουλαϊδής, Β. (1994), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου: Γνωστική, Επιστημολογική και Διδακτική Προσέγγιση*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα

Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π. και Ψύλλος, Δ. (1994), Αιτιακοί συλλογισμοί των μαθητών: Η περίπτωση της Μηχανικής, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 79, 71 – 79

Κώτσης, Θ. Κ. και Κολοβός, Χ. (2002), Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό στην έννοια της δύναμης, *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο

Κώτσης, Θ. Κ. και Βέμης, Κ. (2002) , Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από τη διδασκαλία στο Δημοτικό για φαινόμενα που στηρίζονται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο

Κώτσης, Θ. Κ., Βέμης, Κ. και Κολοβός Χ.(2002), Η εννοιολογική αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών, και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία τους στο Δημοτικό στην έννοια της τριβής, *Επιστημονική Επετηρίδα του ΠΤΔΕ Παν/μίου Ιωαννίνων*, 15, 57-68



Κώτσης, Θ. Κ., (2002), Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3:2-3, 201

Κώτσης, Θ. Κ. (2002), Οι ανθρωποκεντρικές αντιλήψεις φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για το βάρος, την τριβή, την άνωση των υγρών και την αντίσταση του αέρα, *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Παν/μίου Ιωαννίνων*, 15,45

Κώτσης, Θ. Κ. (2003), Αντιλήψεις Φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τον λόγο ύπαρξης των δυνάμεων του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Πρακτικά 1^{ου} Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, 700-706, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Κώτσης, Θ. Κ. (2003), Διαμόρφωση των αντιλήψεων φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. στην έννοια της τριβής, από την εικονογράφηση της, σε Πανεπιστημιακά συγγράμματα Φυσικής, *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Παν/μίου Ιωαννίνων*, 16, 103-115

Κώτσης, Θ. Κ. (2004), Εναλλακτικές ιδέες μαθητών του δημοτικού σχολείου για απλά φαινόμενα που σχετίζονται με την άνωση των υγρών, *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Παν/μίου Ιωαννίνων*, 17

Λαμπίρη – Δημάκη, Ι. και Παπαχρίστου, Κ. Θ. (1995), *Κοινωνικές έρευνες με στατιστικές μεθόδους*, Εκδόσεις ΑΝΤ. Ν. ΣΑΚΚΟΥΛΑ, Αθήνα – Κομοτηνή

Lemeignan, A. and Weil – Barais , A. (1997), *Η οικοδόμηση των εννοιών στη Φυσική: Η διδασκαλία της Μηχανικής*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα

Μίχας, Π. (2003), *Η διδασκαλία της Φυσικής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα

Παρασκευόπουλος, Ν. Ι. (1993), *Μεθοδολογία επιστημονικής έρευνας*, Αθήνα

Πατάπης, Κ. Σ. (1995), *Μεθοδολογία διδασκαλίας της Φυσικής*, Αυτοέκδοση, Αθήνα

Ραβάνης, Κ. (2002), *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα



Σπυροπούλου – Κατσάνη, Δ. (2000), *Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γ. Δαρδανός, Αθήνα

Τζιμογιάννης, Α. και Μικρόπουλος, Τ. Α.(2000), Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 111, 120-131.

Τσαπαρλής, Γ. (1991), *Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα

Trumper, R. (2000), University students' conceptions of basic astronomy concepts, *Physics Education*, 35 (1), 9 – 15

Φίλιας, Β. (1998) , *Εισαγωγή στη Μεθοδολογία και τις Τεχνικές των Κοινωνικών Ερευνών*, Εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα

Χαλκιά – Θεοδωρίδη, Κ. και Κωστόπουλος, Δ. (1995), Δρόμοι υπέρβασης των ορίων της παραδοσιακής διδασκαλίας της Φυσικής στη Μέση Εκπαίδευση: Μια προσέγγιση του προβλήματος με αφορμή τη Νευτώνεια Μηχανική, *Νέα Παιδεία*, 75, 98 – 108

Χαλκιά, Κ. (1999), Στάσεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών Α/θμιας και Β/ μιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής: Μεθοδολογία κατασκευής του αντίστοιχου εργαλείου μέτρησης στάσεων, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 106, 47 – 56

