



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ
ΦΥΣΙΚΗΣ, ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΑΡΙΣΤΟΥΧΩΝ
ΜΑΘΗΤΩΝ ΛΥΚΕΙΟΥ ΜΕ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΧΡΙΣΤΙΝΑ Η. ΚΩΣΤΑΡΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2022

Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής 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, §2)

***Αφιερώνεται
στην οικογένειά μου ...***

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αφιετηρία για την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής αποτέλεσε η προσωπική διαπίστωση ότι οι αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού μας συστήματος έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις (ή παρανοήσεις) παρόλο που έχουν διδαχθεί τις επιστημονικά ορθές και έχουν υψηλή βαθμολογία πρόσβασης στο Πανεπιστήμιο.

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω πρωτίστως και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Κώτση για την ανάθεση του θέματος, την ακούραστη καθοδήγηση και ηθική συμπαράστασή του καθόλη την διάρκεια της διδακτορικής διατριβής τόσο κατά τις επιστημονικά τεκμηριωμένες υποδείξεις του, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας διατριβής, καθώς και των σχετικών δημοσιεύσεων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Τζιμογιάννη, και τον Καθηγητή κ. Βαβουγιό, για την αμέριστη στήριξή τους σε επιστημονικό επίπεδο. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Στύλο, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την πολύτιμη βοήθεια στη στατιστικά ανάλυση των δεδομένων.

Θα ήταν μεγάλη παράλειψη να μην ευχαριστήσω όλους τους φοιτητές του Τμήματος Ιατρικής που με τη στάση τους βοήθησαν στην περάτωση αυτής της μελέτης. Τέλος, απέραντη ευχαρίστηση οφείλω να εκφράσω στην οικογένειά μου για τη συνεχή υποστήριξη και συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΗΣ

1.1. Η έννοια της Μάθησης	13
1.2. Οι Θεωρίες της Μάθησης	14
1.2.1. Συμπεριφοριστική μάθηση (Μπιχεβιορισμός)	14
1.2.2. Ανακαλυπτική μάθηση	15
1.2.3. Εποικοδομητική μάθηση	16
1.2.4. Διερευνητική μάθηση	18
1.3. Τα μοντέλα διδασκαλίας	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ/ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

2.1. Τι είναι οι Εναλλακτικές Αντιλήψεις/Ιδέες;	29
2.2. Πως δημιουργούνται οι Εναλλακτικές Αντιλήψεις/Ιδέες;	31
2.3. Τα χαρακτηριστικά των Εναλλακτικών Αντιλήψεων/Ιδεών.	32
2.4. Πως επηρεάζεται η μάθηση από τις εναλλακτικές ιδέες;	34
2.5. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στις Φυσικές Επιστήμες	35
2.5.1. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στις έννοιες της Δύναμης και του Βάρους (Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής)	36
2.5.2. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στην έννοια της Πυκνότητας (Γνωστικό Αντικείμενο της Χημείας)	40
2.5.3. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στην Εξελικτική Θεωρία (Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας)	44
2.5.3.1. Η Θεωρία της Εξέλιξης και η διδασκαλία της στο σχολείο	44
2.5.3.2. Ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες για τη Θεωρία της Εξέλιξης	47

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1. Σκοπός της έρευνας	54
3.2. Ο πληθυσμός της Μελέτης	54
3.3. Πιλοτική Έρευνα	54
3.4. Δομή των τελικών ερωτηματολογίων	55

3.4.1. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής	54
3.4.2. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Χημείας	57
3.4.3. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας	58
3.5. Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Αποτελέσματα στο Διδακτικό Αντικείμενο της Φυσικής	61
4.1.1. Διερεύνηση του προσωπικού ενδιαφέροντος για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, με τη χρήση του C.L.A.S.S.	63
4.1.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Φυσικής	65
4.1.2.1. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της δύναμης	65
4.1.2.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια του Βάρους	79
4.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Χημείας	84
4.3. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Βιολογίας	89
4.4. Υπολογισμός της Συνολικής Απόδοσης (Score)	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγικά	100
5.2. Συζήτηση-σχολιασμός ανά ερευνητικό ερώτημα	101
5.2.1. Προσωπικό ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για το μάθημα της Φυσικής	101
5.2.2. Εναλλακτικές ιδέες για την έννοια της δύναμης και του βάρους	103
5.2.3. Εναλλακτικές ιδέες για την έννοια της πυκνότητας	107
5.2.4. Εναλλακτικές ιδέες για την θεωρία της εξέλιξης	107
5.3. Προτάσεις διδακτικής αξιοποίησης των ευρημάτων της έρευνας	111
5.4. Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω μελέτη	120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	148
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	151

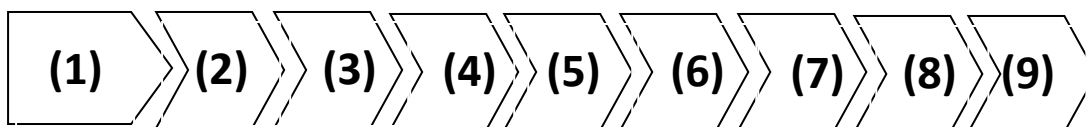
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΩΡΙΕΣ ΤΗΣ

1.1. Η έννοια της Μάθησης

Η μάθηση είναι ένα πολυπαραγοντικό φαινόμενο στο οποίο εμπλέκονται διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε εσωτερικό, βιολογικό και πνευματικό επίπεδο. Ως διεπιστημονική λοιπόν οντότητα, ο όρος μάθηση έχει μελετηθεί από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους χωρίς όμως να ερμηνεύεται πλήρως και με κοινό αποδεκτό τρόπο (Φλουρής, 2003).

Σε βιολογικό επίπεδο, τόσο ο άνθρωπος όσο και τα ζώα αποκτούν γνώσεις, μαθαίνουν για το περιβάλλον στο οποίο ζουν και υιοθετούν τις εμπειρίες αυτές έπειτα από μακράιωνη άσκηση και επανάληψη (Χαραλαμπίδης, 2001). Σε πνευματικό όμως επίπεδο η διαδικασία της μάθησης πραγματοποιείται μόνο στον άνθρωπο, κατευθύνεται κυρίως από τον ίδιο και εκδηλώνεται στη συμπεριφορά του. Σύμφωνα με τον Gagne, η μάθηση είναι μια εσωτερική διαδικασία στην οποία ο εγκέφαλος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο (Gagne, 1975). Η διαδικασία αυτή ενεργοποιείται από τα ερεθίσματα που λαμβάνει το άτομο από το περιβάλλον, τα οποία επεξεργάζονται κατάλληλα και οδηγούν σε βαθμιαία αλλαγή της συμπεριφοράς του ατόμου. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται γνωστές ως στάδια της μάθησης είναι (Φλουρής, 2003):



(1) Διαδικασία στροφής της προσοχής - Επιλεκτική αντίληψη

(2) Διατήρηση στη βραχυπρόθεσμη μνήμη

(3) Κωδικοποίηση

(4) Συγκέντρωση και διαφύλαξη

(5) Ανάκτηση

(6) Γεννήτρια αντιδράσεων

(7) Εκτέλεση

(8) Επανατροφοδότηση

(9) Διαδικασίες εκτελεστικού ελέγχου.

1.2. Οι θεωρίες της Μάθησης

Οι κυριότερες θεωρίες της μάθησης είναι οι εξής:

α) η θεωρία του συμπεριφορισμού,

β) η ανακαλυπτική θεωρία

γ) η θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης ή του κονστρουκτιβισμού (*Driver και συν., 1998*) και

δ) η διερευνητική μάθηση

Για να διδάξουμε στους μαθητές τις Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιώντας αποτελεσματικές διδακτικές προσεγγίσεις, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης που εφαρμόζονται στις Φυσικές Επιστήμες. Οι τρεις βασικές αυτές διδακτικές προσεγγίσεις ή αλλιώς μοντέλα διδασκαλίας έχουν διαμορφωθεί ως εξής: α) η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση ή παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας (πριν το 1960), β) το μοντέλο της ανακαλυπτικής διδασκαλίας (1960-1980), και γ) το μοντέλο της εποικοδομητικής (κονστρουκτιβιστικής) διδασκαλίας (1980-σήμερα), κυρίαρχο στοιχείο του οποίου αποτελεί η κατασκευή της γνώσης από το μαθητή με βάση τις αρχικές ιδέες/αντιλήψεις του. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις θεωρίες μάθησης πιο αναλυτικά.

1.2.1. Συμπεριφοριστική μάθηση (Μπιχεβιορισμός)

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, της οποίας πρόδρομος είναι ο Ι. Ράβλιν και εκπρόσωποι είναι οι J. B. Watson, E. L. Thorndike, και B. F. Skinner, ο άνθρωπος θεωρείται «*tabula rasa*», «υλικό σύστημα» ή «χάρτης λευκός, ενεργός προς απογραφήν».

Η θεωρία του συμπεριφορισμού ή μιχεβιορισμού στηρίζεται στο δασκαλοκεντρικό διδακτικό μοντέλο (παραδοσιακή διδασκαλία), σύμφωνα με το οποίο, ο δάσκαλος θεωρείται αυθεντία, η γνώση μεταδίδεται από αυτόν στην τάξη και οι μαθητές οφείλουν να αναπαράγουν τη γνώση όπως αυτή υπάρχει στα σχολικά εγχειρίδια (*Driver και συν., 1998*). Η αξιολόγηση των μαθητών αντιμετωπίζεται χωριστά από τη διδασκαλία και γίνεται μέσω δοκιμασιών. Το διδακτικό μοντέλο του συμπεριφορισμού είναι αυτό που χρησιμοποιείται στο παραδοσιακό σχολείο (*Κόκκοτας, 1998*).

Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η μάθηση επιτυγχάνεται με την τροποποίηση ή την ενίσχυση της συμπεριφοράς ή την αντικατάσταση της υφιστάμενης από μια νέα. Για τους συμπεριφοριστές δεν υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης στις νοητικές καταστάσεις των υποκειμένων. Μπορεί να γίνει η περιγραφή της συμπεριφοράς και όχι η εξήγησή της. Τα «πιστεύω» τους, οι προσδοκίες τους, οι προθέσεις τους και τα κίνητρά τους δεν είναι προσβάσιμα.

Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι αποτέλεσμα μάθησης δηλαδή πραγματοποιείται από τις εξωτερικές συνδέσεις ερεθισμάτων και αντιδράσεων, από περιβαλλοντικούς παράγοντες (μοντέλο S-R Stimuli – Response) (*Πόρποδας, 1993*). Οι συμπεριφοριστές αποδέχονται ότι υπάρχουν γενικοί νόμοι που διέπουν την ανθρώπινη συμπεριφορά. Οι νόμοι αυτοί μπορούν να ανακαλυφθούν αν συσχετίσουμε τα φυσικά χαρακτηριστικά των ερεθισμάτων που δέχεται το υποκείμενο με τα φυσικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του. Η σχέση μεταξύ ερεθίσματος και αντίδρασης είναι αμφίδρομη και παράλληλα απαραίτητη για την πραγματοποίηση της μάθησης. Μπορεί να οδηγήσει και να επιφέρει τις επιθυμητές ή ανεπιθύμητες αλλαγές στη συμπεριφορά του ανθρώπου.

1.2.2. Ανακαλυπτική μάθηση

Η ανακαλυπτική θεωρία της μάθησης κυριάρχησε στη δεκαετία του '70 με θεμελιωτή αυτής τον Jerome Bruner. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή «ο μαθητής θεωρείται ως μικρός επιστήμονας» ή «ο μαθητής είναι ενεργό υποκείμενο της μάθησης» (*Driver, 1983*). Η θεωρία της ανακαλυπτικής μάθησης είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη δηλαδή ο δάσκαλος δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες και καταστάσεις μάθησης ώστε το παιδί να μαθαίνει πως να μαθαίνει (*Driver και συν., 1998*). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η μάθηση είναι μια ενεργητική διαδικασία στην οποία οι μαθητές μετέχουν ενεργά στην οικοδόμηση της δικής τους γνώσης και περιλαμβάνει πειραματισμό, εξερεύνηση, ανακάλυψη και ανακατασκευή της γνώσης. Οι μαθητές αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, γεγονός που έχει καταλυτικό ρόλο στη μάθηση (*Κολιάδης, 1997*).

Ο μαθητής με τις δικές του δυνάμεις μπορεί να αποκτήσει τη γνώση, να εμβαθύνει και να ανακαλύψει τις θεμελιώδεις αρχές και σχέσεις που διέπουν τα επιμέρους στοιχεία. Ρόλος του δασκάλου είναι η καθοδήγηση των παιδιών προς την ανακάλυψη των αρχών και την κανόνων που διέπουν όχι μόνο τα φαινόμενα ως γνωστικά αντικείμενα αλλά και την ίδια του τη σκέψη (*Ράπτης & Ράπτη, 2001*). Το παιδί διατυπώνει τις υποθέσεις, τις ελέγχει και τις επαληθεύει ή τις διαψεύδει, αντί να διαβάζει απλώς περιγραφές από το βιβλίο ή να ακούει τον εκπαιδευτικό. Σύμφωνα με τον Bruner, όλοι οι μαθητές σε οποιαδήποτε ηλικία μπορούν να μάθουν οτιδήποτε αρκεί να υπάρχει η κατάλληλη δομή και οργάνωση της ύλης, καθώς και η απαραίτητη μεθόδευση της διδασκαλίας. Αυτή η θέση του Bruner προκάλεσε αρκετές αντιδράσεις, αλλά ταυτόχρονα έφερε επαναστατικές αλλαγές τόσο στη φύση των αναλυτικών προγραμμάτων όσο και στην οργάνωση και την διεξαγωγή της διδασκαλίας (*Φλουρή, 2003*).

1.2.3. Εποικοδομητική μάθηση

Η εποικοδομητική προσέγγιση ή αλλιώς εποικοδομητισμός, ή κονστρουκτιβισμός, κυριάρχησε στις δεκαετίες του '80 και του '90 και στηρίχθηκε στις ιδέες του Piaget (1960) για τη φύση της μάθησης. Ο Piaget ήταν ο πρώτος που μελέτησε τις ιδέες των παιδιών για τον κόσμο και διατύπωσε την άποψη ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν μέσα από μια λογική οργάνωση των πραγμάτων.

Βασική αρχή της θεωρίας αυτής είναι πως οι νέες γνώσεις δεν μεταφέρονται μέσω της διδασκαλίας αλλά οικοδομούνται ενεργητικά από τους ίδιους τους μαθητές, πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες. Συνεπώς, η μάθηση είναι μια διαρκής και επίτονη διαδικασία, η οποία απαιτεί τη νοητική συμμετοχή του μαθητή (Κώτσης, 2011).

Ο εποικοδομητισμός διακρίνεται σε α) *γνωστικό*, ο οποίος επηρεάζεται από τη σχολή Piaget και θεωρεί ότι η μάθηση είναι ατομική διαδικασία και β) *κοινωνικό*, ο οποίος έχει ως σημείο αναφοράς τον Vygotsky και θεωρεί σημαντικό τον ρόλο του κοινωνικού πλαισίου οικοδόμησης της γνώσης (Κώτσης, 2011). Κεντρικό σημείο του εποικοδομητισμού είναι ότι οι άνθρωποι δεν κατανοούν τον κόσμο απευθείας, αλλά μέσω του σχηματισμού των ιδεών/αντιλήψεων, νοητικών αναπαραστάσεων και νοητικών μοντέλων.

Ο εποικοδομητισμός έθεσε για πρώτη φορά το θέμα της σημασίας της ανάλυσης και του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου με κύριο στόχο την ανάδειξη των γνωστικών αναγκών των μαθητών. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, έμφαση δίνεται στη μάθηση και στο μαθητή και όχι στη διδασκαλία και στο διδάσκοντα. Ο μαθητής δεν αποτελεί ένα «λευκό χαρτί» πάνω στο οποίο εγγράφονται οι νέες γνώσεις που λαμβάνει από τον διδάσκοντα, αλλά προϋπάρχουν γνώσεις, ιδέες και αντιλήψεις. Ο ρόλος του διδάσκοντα είναι να εκτιμήσει τις γνώσεις που ήδη υπάρχουν και αν αυτές οι γνώσεις μπορούν να συγκρουστούν με τις νέες που πρόκειται να διδαχθούν ή να τις συνθέσει και να τις αναλύσει ώστε να επανοικοδομήσει τη γνώση (Κώτσης, 2011). Η προσέγγιση αυτή βέβαια υποδηλώνει τη σημασία των ιδεών-αντιλήψεων που προϋπάρχουν σε κάθε μαθητή, καθώς αυτές έχουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία μάθησης (Wu & Tsai, 2005).

1.2.4. Διερευνητική μάθηση

Η προσπάθεια του μαθητή να μαθαίνει μόνος του, κάνοντας χρήση των εμπειριών και των δυνατοτήτων του, ανάγεται στην εποχή του Σωκράτη και του Πλάτωνα. Στην εποχή εκείνη, ο μὲν πρώτος αναταράσσει τις δημιουργικές δυνάμεις των μαθητών του, ο δε δεύτερος με τη διαλεκτική του καθορίζει έναν επιστημονικό τρόπο εργασίας για τη μάθηση. Στη σύγχρονη εποχή, η προσπάθεια του μαθητή για ανακάλυψη ή διερεύνηση γνώσεων οργανώθηκε και τεκμηριώθηκε, κυρίως μέσα από τις θέσεις του Jerome Bruner, όπως προαναφέρθηκε. Η Ανακαλυπτική – Διερευνητική μάθηση (inquiry-based learning) είναι μία από τις διδακτικές προσεγγίσεις που στηρίζονται περισσότερο στις αναζητήσεις, απορίες και ερωτήσεις των μαθητών παρά στη παρουσίαση της διδακτέας ύλης από τον εκπαιδευτικό.

Η διερευνητική διαδικασία μάθησης αποτελεί μια σύγχρονη διδακτική προσέγγιση, η οποία ορίζεται ως «η συνειδητή διαδικασία διάγνωσης προβλημάτων, κριτικής θεώρησης πειραμάτων και διάκρισης εναλλακτικών λύσεων-ιδεών, σχεδιασμού ερευνών, διερεύνησης υποθέσεων, αναζήτησης πληροφοριών, κατασκευής μοντέλων, συζήτησης με «όμοιους» και διατύπωσης συνεκτικών επιχειρημάτων».

Οι κονστρουκτιβιστές αποδέχονται τις μεθόδους που στηρίζονται στη διερευνητική μάθηση καθώς θεωρούν ότι είναι το κατάλληλο εργαλείο για να αναπτυχθεί κριτική σκέψη και αυτόνομη μάθηση. Οι Woolf et al. (Woolf et al. 2002) θεωρούν ότι με τη διερευνητική μάθηση οι μαθητές «είναι ενεργοί στη δημιουργία της γνώσης, μαθαίνουν τι ερωτήσεις πρέπει να κάνουν, πώς να κάνουν προβλέψεις για τις θεωρίες και ποιες θεωρίες ή κανόνες να ελέγξουν. Η διερευνητική μάθηση παρέχει μια καλά προδιαγραμμένη προσέγγιση στην κονστρουκτιβιστική μάθηση». Με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές εντοπίζουν σύνθετα προβλήματα και επιλέγουν τις πληροφορίες που θα τους βοηθήσουν να δώσουν λύσεις στα προβλήματα αυτά. Η διαδικασία απαιτεί καλή προετοιμασία από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος πρέπει να εμπλέξει τους μαθητές ενθαρρύνοντας τους να

εργαστούν ομαδικά, να διατυπώσουν τις ερωτήσεις τους και τις υποθέσεις εργασίας, να εντοπίσουν τα στοιχεία και τις θεωρίες που είναι απαραίτητες για να δώσουν απάντηση στο πρόβλημα και να συλλέξουν τις πληροφορίες που θα τους βοηθήσουν να επιτύχουν τους στόχους τους.

Η διερευνητική μάθηση έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Δίνει έμφαση στις κονστрукτιβιστικές ιδέες περί διδασκαλίας και μάθησης. Η γνώση χτίζεται με βήματα και η μάθηση προχωράει σε ομαδικές καταστάσεις.
2. Ο εκπαιδευτικός δεν αρχίζει με μια δήλωση, αλλά με ερώτηση. Εισάγει αρχικά ένα ερέθισμα στην τάξη και στη συνέχεια καλεί τους μαθητές να παρατηρήσουν και να περιγράψουν. Η διατύπωση ερωτήσεων-απαντήσεων είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος μάθησης, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να αναζητήσουν την πληροφορία και να μάθουν μόνοι τους με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Ο εκπαιδευτικός δεν θα πρέπει να θεωρείται αυθεντία, αλλά να ενισχύει την πεποίθηση στα παιδιά πως όλες οι απόψεις γίνονται σεβαστές και αποδεκτές, αρκεί να τεκμηριώνονται με λογικά επιχειρήματα.
3. Το θέμα που είναι προς συζήτηση, το πρόβλημα που είναι για μελέτη, οι μέθοδοι και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται για να απαντήσουν στο πρόβλημα καθορίζονται από τους μαθητές και όχι από τον εκπαιδευτικό. Αντίθετα με την παραδοσιακή διδασκαλία, όπου ο ρόλος των μαθητών είναι περισσότερο παθητικός, στη διερευνητική μάθηση οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης, ενθαρρύνονται να σκεφτούν μόνοι τους, σχεδιάζουν πειράματα όπως προαναφέρθηκε και ελέγχουν και αξιολογούν τα αποτελέσματα/ευρήματα.

Στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης οι μαθητές αναπτύσσουν και καλλιεργούν δεξιότητες όπως: ο κριτικός και δημιουργικός τρόπος σκέψης (εκτίμηση στοιχείων και ισχυρισμών), η διάγνωση προβλημάτων, η διατύπωση υποθέσεων, ο σχεδιασμός κατάλληλων πειραμάτων, η αναζήτηση πληροφοριών, η κατασκευή μοντέλων, η συζήτηση με την ομάδα στη σχολική τάξη, η διαμόρφωση επιχειρημάτων, η λογική αιτιολόγηση

προκειμένου να αποδείξουν την ερμηνεία των υποθέσεων τους κ.α. Εκτός από τις προαναφερθείσες δεξιότητες, αναπτύσσονται αξίες και στάσεις όπως είναι η ειλικρίνεια, το ενδιαφέρον, το ομαδοσυνεργατικό κλίμα, η πνευματική ευρύτητα, κ.α. (*Bernholt et al 2013*).

Στις φυσικές επιστήμες, η διερευνητική διδασκαλία μάθησης ενθαρρύνει τη συμμετοχή των μαθητών στη διαμόρφωση ερωτημάτων/υποθέσεων, την αναζήτηση σχετικών στοιχείων/δεδομένων, καθώς και την ερμηνεία και επιστημονική αιτιολόγηση αυτών (*Anderson, 2002*). Σύμφωνα με την έκθεση της Ευρωπαϊκής επιτροπής (*European Commission, 2007*), οι μέθοδοι διδασκαλίας που βασίζονται στη διερευνητική μάθηση είναι κατάλληλα προσαρμοσμένες όχι μόνο για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και για αυτούς της πρωτοβάθμιας, αφού λαμβάνουν υπόψη την έμφυτη περιέργεια, την παρατήρηση και τον πειραματισμό που έχουν τα παιδιά στις ηλικίες αυτές για τις έννοιες των φυσικών επιστημών.

Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη διερευνητική μάθηση φαίνεται πως έχει θετικά αποτελέσματα ιδιαίτερα σε μαθητές οι οποίοι δεν ανταποκρίνονται τόσο καλά στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και σε μαθητές με χαμηλά επίπεδα αυτοεκτίμησης. Επιπρόσθετα, η χρήση των μεθόδων διερευνητικής μάθησης μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση του εγγενούς ενδιαφέροντος των μαθητών για τα αντικείμενα των θετικών επιστημών (*European Commission, 2007*).

Ο «**Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός**» αποτελεί εκπαιδευτικό στόχο (*Laugksch 1999*) και απασχολεί το χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τα τελευταία χρόνια. Περιγράφει μια τάση μετακίνησης από τον καθαρά ακαδημαϊκό προσανατολισμό της διδακτικής σε μια νέα προοπτική που λαμβάνει υπόψη τη χρησιμότητα της γνώσης στην καθημερινή ζωή (*Χατζηγεωργίου 2006*). Με τον όρο Επιστημονικό Γραμματισμό εννοούμε την ικανότητα εφαρμογής των επιστημονικών γνώσεων, των βασικών εννοιών και των επιστημών, των επιστημονικών τρόπων έρευνας (*Trowbridge et al. 2000*) στις πτυχές της

προσωπικής και πολιτικής ζωής του ανθρώπου (ικανότητα κατανόησης και ερμηνείας του φυσικού κόσμου, επίλυσης προβλημάτων, ανάγνωσης και κατανόησης άρθρων σε περιοδικά, παρακολούθηση αλλά και συμμετοχή σε συζητήσεις) (Trowbridge et al. 2000).

Ο επιστημονικός γραμματισμός περιλαμβάνει ειδικούς τύπους ικανοτήτων όπως το να μπορεί κάποιος να ρωτά, να απαντά σε ερωτήματα που προέρχονται από τα καθημερινά βιώματα και εμπειρίες, να περιγράφει και να εξηγεί φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα, να διαβάξει και να κατανοεί επιστημονικά άρθρα του λαϊκού τύπου (Σιάχος & Σπηλιωτοπούλου 2002). Σύμφωνα με την Λυμπουρίδου (Λυμπουρίδου 2012) ο επιστημονικός γραμματισμός είναι το σύνολο των γνώσεων και των δεξιοτήτων που πρέπει να κατέχει ο σύγχρονος πολίτης ώστε να μπορεί να συμμετέχει στη λήψη αποφάσεων που αφορούν την κοινωνικοπολιτική δράση. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τον Στύλο (Στύλος 2014) ο «επιστημονικός αλφαριθμητισμός» προϋποθέτει την ικανότητα των ατόμων να δημιουργούν και να αξιολογούν επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδείξεις και να εφαρμόζουν με τρόπο κατάλληλο τα συμπεράσματα από τέτοιου είδους επιχειρήματα». (Καράογλου & Κώτσης, 2017).

Σύμφωνα με το πλαίσιο αξιολόγησης του PISA 2006, ο εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες αναφέρεται:

1. Στην επιστημονική γνώση του μαθητή και την ικανότητά του να χρησιμοποιεί αυτή τη γνώση για να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ζητήματα, να αποκτά νέα γνώση, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να οδηγείται σε συμπεράσματα βασισμένα σε επιστημονικά τεκμήρια για θέματα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες και την τεχνολογία
2. Στην κατανόηση της επιστήμης ως μορφής ανθρώπινης γνώσης και διερεύνησης
3. Στην επίγνωση του πώς η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον
4. Στην προθυμία του να ασχοληθεί και να συμμετάσχει ενεργά ως πολίτης σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες (Στύλος, 2014).

Τα αποτελέσματα των μελετών για τη διερεύνηση της σχέσης του επιστημονικού γραμματισμού με το φύλο είναι αντικρουόμενα, ενώ δεν υπάρχουν δεδομένα που να αποδεικνύουν την ύπαρξη βιολογικών παραγόντων οι οποίοι δικαιολογούν τις διαφορετικές επιδόσεις των δυο φύλων σε επιστημονικά ζητήματα. Σε πρόσφατη μελέτη από τους Καραόγλου και Κώτση (Καραόγλου & Κώτσης 2017), στην οποία συμμετείχαν 912 ενήλικες πολίτες (448 γυναίκες και 464 άνδρες) διερευνήθηκε η επίδραση του φύλου στον επιστημονικό γραμματισμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια οριακά στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των ορθών απαντήσεων για τους άνδρες.

1.3. Τα μοντέλα διδασκαλίας

Η επιλογή του μοντέλου διδασκαλίας από τον εκπαιδευτικό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως οι δυνατότητες των μαθητών, η θεματική ενότητα και ο διατιθέμενος χρόνος. Επιπλέον, ένας εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, εκτός από το βασικό μοντέλο που ακολουθεί, ενδέχεται να ενσωματώσει στοιχεία και από άλλα μοντέλα. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στα μοντέλα διδασκαλίας που υπάρχουν.

α) Η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση ή παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας

Το παραδοσιακό μοντέλο διδασκαλίας εφαρμόζεται στη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του '60 αλλά σε πολλές χώρες χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό το μυαλό του παιδιού θεωρείται άγραφο χαρτί (*tabula rasa*) πάνω στο οποίο ο εκπαιδευτικός θα εγγράψει τη δική του επιστήμη. Ο εκπαιδευτικός είναι κύριος της τάξης και θεωρείται αυθεντία, ενώ ο μαθητής πρέπει να κάνει και να αποστηθίζει ό,τι υπαγορεύει ο εκπαιδευτικός (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005). Η διδασκαλία βασίζεται κυρίως στο σχολικό εγχειρίδιο και τις διαλέξεις που πραγματοποιεί ο εκπαιδευτικός και όχι τόσο σε εργαστηριακές πρακτικές. Η μάθηση είναι μια παθητική και αναπαραγωγική διαδικασία και ελέγχεται με τεστ προόδου στο οποίο ελέγχεται η ποσότητα των πληροφοριών που έχει συκρατήσει ο μαθητής.

Σύμφωνα με τον Καριώτογλου (Καριώτογλου, 2006) οι φάσεις της διδασκαλίας που πραγματοποιείται με το μοντέλο είναι τέσσερις:

- 🚦 *Προσανατολισμός:* Στη φάση αυτή ο εκπαιδευτικός διατυπώνει ερωτήσεις για να παρακινήσει το ενδιαφέρον των μαθητών.
- 🚦 *Εισαγωγή της νέας γνώσης:* Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το περιεχόμενο του μαθήματος με τη βοήθεια κατάλληλων παραδειγμάτων και, σε μερικές περιπτώσεις, με τη βοήθεια πειραμάτων τα οποία επιβεβαιώνουν τη θεωρία.
- 🚦 *Εφαρμογή της νέας γνώσης:* Στο στάδιο αυτό οι μαθητές εφαρμόζουν τη νέα γνώση σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, ασκήσεις κλπ.
- 🚦 *Αξιολόγηση της νέας γνώσης:* Στο τελευταίο στάδιο, ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήσεις στους μαθητές για να ελέγξει εάν έχει κατανοηθεί η νέα γνώση.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να:

- ✓ Καθοδηγεί την εκπαιδευτική διαδικασία και να παρέχει στους μαθητές τις πληροφορίες που απαιτούνται.
- ✓ Επαναλαμβάνει τις γνώσεις που μεταφέρει στους μαθητές.
- ✓ Υποβάλλει ερωτήσεις στους μαθητές με σκοπό τον έλεγχο της γνώσης.

Ο ρόλος του μαθητή είναι να:

- ✓ Δέχεται παθητικά τη γνώση από τον εκπαιδευτικό και τα σχολικά εγχειρίδια

Οι κύριοι λόγοι που οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί υιοθετούν το παραδοσιακό μοντέλο είναι οι εξής:

- Οι μαθητές συνήθως παρακολουθούν προσεχτικά και ήσυχα τον εκπαιδευτικό
- Η παράδοση του μαθήματος γίνεται με την μεταδοτική προσέγγιση και καθιστά τον δάσκαλο κύριο και ειδικό της τάξης
- Το Αναλυτικό Πρόγραμμα καλύπτεται σε ικανοποιητικό βαθμό και κατά τη διάρκεια του μαθήματος θεωρείται ότι γίνεται «πολλή» δουλειά

β) το μοντέλο της ανακαλυπτικής διδασκαλίας

Το μοντέλο της ανακαλυπτικής διδασκαλίας με κύριο εκπρόσωπο τον Bruner (1966), θεωρείται από πολλούς εκπαιδευτικούς ως ένας αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας των Φυσικών επιστημών καθώς ο μαθητής έχει ενεργό συμμετοχή και μπορεί να ανακαλύψει έννοιες και συλλογισμούς με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού.

Σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία, με βάση το μοντέλο, αυτό διαδραματίζει ο εκπαιδευτικός ο οποίος θα πρέπει να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες μάθησης ώστε ο μαθητής να έχει ενεργό συμμετοχή στην οικοδόμηση της δικής του γνώσης, να διεξάγει ένα πείραμα, να συλλέγει δεδομένα και να μπορεί να εξάγει ένα συμπέρασμα. Η γνώση η οποία αξιολογείται ποιοτικά και όχι ποσοτικά, ανακαλύπτεται μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών και του εκπαιδευτικού. Η διδακτική προσέγγιση είναι μαθητοκεντρικά προσανατολισμένη με τον εκπαιδευτικό να έχει τον ρόλο του καθοδηγητή χωρίς να παρέχει έτοιμες γνώσεις στους μαθητές αλλά να τους ενθαρρύνει και να τους βοηθάει να αναπτύξουν πρωτοβουλίες. Το μοντέλο αυτό διδασκαλίας έχει ενθαρρυντικά αποτελέσματα στο συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα των παιδιών

γ) Το μοντέλο της εποικοδομητικής (κονστрукτιβιστικής) διδασκαλίας

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 αναπτύχθηκε το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας το οποίο αναγνωρίζει και λαμβάνει υπόψη την ύπαρξη των προϋπαρχουσών ιδεών και εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών και τις αξιοποιεί διδακτικά κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Όπως θα αναφέρουμε στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής, οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών με το οικογενειακό και το κοινωνικό περιβάλλον και όχι μόνο, καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται και ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα. Οι μαθητές λοιπόν αναπτύσσουν εναλλακτικές ιδέες για πολλά φαινόμενα και οι ιδέες αυτές, συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές, τα συνοδεύουν και στις αίθουσες διδασκαλίας και μπορούν να επηρεάσουν σε ένα μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της μάθησης.

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να εντοπίζει και να αναδεικνύει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών γιατί παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία. Η μάθηση περιλαμβάνει τη σύνδεση των επιστημονικών ιδεών με τις προϋπάρχουσες γνώσεις. Οι αποκαλούμενες 'εναλλακτικές ιδέες' μπορούν να θεωρηθούν το αποτέλεσμα της προσπάθειας των μαθητών/μαθητριών να συμβιβάσουν πληροφορίες από μη-συμβατά εξηγητικά πλαίσια, όπως είναι τα αρχικά τους εξηγητικά πλαίσια για τα φυσικά φαινόμενα, και οι επιστημονικά αποδεκτές θεωρίες. Συνεπώς, η μάθηση είναι προϊόν της διαδικασίας εκείνης κατά την οποία πραγματοποιείται εξάλλειψη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, γνωστή ως εννοιολογική αλλαγή. Εάν οι παρανοήσεις δεν εξαλειφθούν μπορούν να εμποδίσουν την πρόοδο των μαθητών. Η γνώση δεν μεταδίδεται από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές αλλά οικοδομείται σταδιακά από τον μαθητή.

Ο εκπαιδευτικός έχει πολύπλευρο ρόλο στη διαδικασία αυτή (Κόκκοτας, 1997):

- ✓ Να είναι επιστημονικά καταρτισμένος, καθώς οι εκπαιδευτικοί που έχουν οι ίδιοι εναλλακτικές ιδέες δεν μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα της διδασκαλίας τους.
- ✓ Να έχει μελετήσει τους στόχους του μαθήματος κατά το Αναλυτικό Πρόγραμμα.
- ✓ Να διερευνά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (διαγνωστικός ρόλος).
- ✓ Να καταστρώνει το σχέδιο μαθήματος και το φύλλο εργασίας, με το οποίο θα εργαστούν οι μαθητές (δημιουργικός ρόλος).
- ✓ Να σχεδιάζει μαθησιακά έργα, προκειμένου οι μαθητές να οδηγηθούν σε αδιέξοδο λόγω της ανεπάρκειας των ιδεών τους (νεωτεριστικός ρόλος).
- ✓ Να δίνει πολλά παραδείγματα και πολλές εφαρμογές για την κατανόηση μιας νέας έννοιας και να βοηθά τους μαθητές στη διεξαγωγή πειραμάτων και δραστηριοτήτων (καθοδηγητικός ρόλος).
- ✓ Να είναι μεσολαβητής ανάμεσα στο μαθητή και τη μάθηση, δηλαδή να μετασχηματίζει διδακτικά την επιστημονική γνώση σε σχολική (σύμφωνα με τις νοητικές ικανότητες των

μαθητών και το πολιτισμικό τους υπόβαθρο) και να την εισάγει αξιοποιώντας κατάλληλα διδακτικά εργαλεία (π.χ. εννοιολογικούς χάρτες, αναλογίες).

- ✓ Να αξιολογεί τους μαθητές (*αξιολογητικός ρόλος*), προκειμένου να αντλήσει πληροφορίες όχι μόνο για την ποιότητα της διδασκαλίας (μαθησιακό αποτέλεσμα), αλλά και για να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν μεταγνωστικές ικανότητες, δηλαδή τι γνώριζαν πριν από τη διδασκαλία (εναλλακτικές ιδέες) και τι γνωρίζουν τώρα (επιστημονική άποψη).

Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας πλεονεκτεί έναντι των άλλων μοντέλων διότι: (Κόκκοτας, 2008)

- ✓ Η μάθηση είναι μια φυσική και λογική διαδικασία που συνδέει την κατανόηση των φυσικών εννοιών με την ανάπτυξη δεξιοτήτων στις επιστημονικές διαδικασίες.
- ✓ Οι μαθητές αναπτύσσουν την αυτοεκτίμησή τους, γιατί ο εκπαιδευτικός δείχνει ενδιαφέρον για τις απόψεις τους, τις οποίες λαμβάνει σοβαρά υπόψη.
- ✓ Υπάρχει σημαντική βελτίωση στη στάση των παιδιών για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών.
- ✓ Οι μαθητές είναι ενεργοί σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας, γιατί επικρατεί κλίμα ελευθερίας και αποδοχής στην τάξη αλλά και λόγω της ελκυστικότητας των μαθησιακών έργων.
- ✓ Βελτιώνει παιδιά με κοινωνικά προβλήματα ή προβλήματα συμπεριφοράς, επειδή αυτά αφενός δεν νιώθουν την ανάγκη να αμφισβητήσουν το δάσκαλο – αφού αυτός δεν έχει το ρόλο της αυθεντίας- και αφετέρου παίρνουν πρωτοβουλίες να αναλάβουν δραστηριότητες (π.χ. χρησιμοποιούν όργανα και συσκευές).

Το μοντέλο αυτό παρουσιάζει και αδυναμίες, όπως:

- ✓ Για τη διδασκαλία του ίδιου αντικειμένου απαιτείται σημαντικά περισσότερος χρόνος από το παραδοσιακό μοντέλο, διότι έχει ανατεθεί μέρος του ελέγχου των δραστηριοτήτων από το διδάσκοντα στους μαθητές, ενώ επιπλέον εκπονούνται χρονοβόρα

μαθησιακά έργα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της διδασκόμενης ύλης, γεγονός που πρέπει να συνεκτιμηθεί με τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτυγχάνει η εποικοδομητική προσέγγιση σε σχέση με την παραδοσιακή.

✓ Η εφαρμογή του προϋποθέτει εμπειρία των μαθητών και των εκπαιδευτικών στην ομαδική εργασία και στη διενέργεια συζητήσεων.

✓ Συχνά είναι δύσκολο να αναδομηθούν πλήρως όλες οι ιδέες των μαθητών, γεγονός που απογοητεύει τους εκπαιδευτικούς, επειδή θέλουν να δουν άμεσα αποτελέσματα.

✓ Μερικές φορές οι μαθητές κουράζονται γιατί η διαδικασία της αναδόμησης είναι χρονοβόρα και επίπονη (υπάρχουν μαθητές που προτιμούν ο δάσκαλος να κάνει όλη τη δουλειά, ακόμη και να σκέπτεται για λογαριασμό τους) (Κόκκοτας, 2008, Χαλκιά, 2010α).

Σύμφωνα με τους Driver και Oldham (Driver & Oldham, 1986) η διδακτική προσέγγιση με το εποικοδομητικό μοντέλο περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- **Το στάδιο του προσανατολισμού:** Στο στάδιο αυτό ο εκπαιδευτικός με μια καλά οργανωμένη εισαγωγή προετοιμάζει τους μαθητές για το τι πρόκειται να ακολουθήσει και προκαλεί την προσοχή, το ενδιαφέρον και την περιέργεια αυτών.

- **Το στάδιο της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών:** Στο στάδιο αυτό ο εκπαιδευτικός προσπαθεί να αναδείξει και να καταγράψει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών οι οποίες θα είναι διαφορετικές από τις επιστημονικές. Η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών γίνεται προφορικώς ή γραπτώς, συνήθως με εργασίες, συζήτηση, κλπ.

- **Το στάδιο της αναδόμησης των ιδεών των μαθητών:** Στη φάση αυτή επιδίωξη του εκπαιδευτικού είναι να ενθαρρύνει τους μαθητές να ελέγξουν τις ιδέες τους, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιπρόσθετα, στόχος του εκπαιδευτικού είναι η μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους αντιλήψεις σε άλλες, περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο. Το τελευταίο όπως προαναφέρθηκε περιγράφεται με τον όρο εννοιολογική αλλαγή. Για το σκοπό αυτό, οι μαθητές χωρίζονται σε μικρές-ολιγομελείς ομάδες,

εργάζονται με φύλλα εργασίας που περιέχουν δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης με τις οποίες θα καταπιαστούν οι μαθητές (π.χ. πειράματα, διεξαγωγή έρευνας), καταγράφουν τα αποτελέσματα και προσπαθούν από κοινού τα μέλη της ομάδας να τα ερμηνεύσουν.

- **Το στάδιο της εφαρμογής των νέων ιδεών των μαθητών:** Στο στάδιο αυτό στόχος είναι οι μαθητές να συσχετίσουν όσα έχουν μάθει με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι πολύ σημαντικός καθώς θα πρέπει να ενθαρρύνει τα παιδιά να λύσουν προβλήματα που περιλαμβάνονται στο φύλλο εργασίας, ή τα προτείνει ο ίδιος ή τα θέτουν οι μαθητές. Οι μαθητές λαμβάνουν σημαντική ικανοποίηση όταν καταλαβαίνουν ότι με τις καινούριες ιδέες μπορούν να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν.

- **Το στάδιο της ανασκόπησης:** Στόχος του σταδίου αυτού είναι να αντιληφθεί ο μαθητής τη γνωσιακή του πορεία, δηλαδή το δρόμο που διέτρεξε από τις αρχικές του απόψεις, τις δυσκολίες που συνάντησε, έως το σχηματισμό των νέων απόψεων. Οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις και με τον τρόπο αυτό κατανοούν και αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα όσων ανακάλυψαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΟΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

2.1. Τι είναι οι Εναλλακτικές Αντιλήψεις/Ιδέες;

Οι μαθητές μέσω των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, των κοινωνικών και των πολιτιστικών επαφών, καθώς και μέσα από τα βιβλία αρχίζουν να οικοδομούν ένα ευρύ φάσμα ερμηνειών, ιδεών και αντιλήψεων για το πως λειτουργεί ο κόσμος. Τις αντιλήψεις αυτές τις χρησιμοποιούν για την ερμηνεία και την εξήγηση πολλών φαινομένων που αντιλαμβάνονται ότι υπάρχουν ή συμβαίνουν γύρω τους (Κώτση, 2011).

Οι αντιλήψεις αυτές «συνοδεύουν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας, και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές απόψεις. Επομένως οι μαθητές όταν έρχονται στο σχολείο, έχουν ήδη διαμορφώσει δικούς τους κανόνες και θεωρίες για πολλά φαινόμενα που αντιλαμβάνονται. Η σημασία των ιδεών αυτών, που προϋπάρχουν είναι πολύ μεγάλη για τις περαιτέρω μαθησιακές δραστηριότητες, διότι ο τρόπος με τον οποίον οι μαθητές/τριες παρατηρούν και ερμηνεύουν τα διάφορα γεγονότα και φαινόμενα, επικοινωνούν ή δέχονται τις νέες πληροφορίες, σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τις ιδέες αυτές. Για τον λόγο αυτόν πολλοί ερευνητές μεταξύ των οποίων και ο Arons (Arons, 1992) θεωρούν πως οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να τροποποιήσουν τις αντιλήψεις αυτές και να μην τις αντιμετωπίσουν ως λάθη που πρέπει να εξαλειφθούν.

Πολλοί γνωστικοί ψυχολόγοι, ανάμεσα τους ο Piaget και ο Ausubel, έχουν τονίσει τη σημασία που έχει η πρότερη γνώση των μαθητών στο τι είναι ικανοί να μάθουν. Ο Piaget ήταν ο πρώτος που διερεύνησε τις αντιλήψεις των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες από τις αρχές της δεκαετίας του '30 και διατύπωσε την άποψη ότι τα παιδιά δομούν τη δική τους γνώση με τρόπο διαφορετικό από τους ενήλικες. Οι μαθητές μαθαίνουν όταν οι νέες γνώσεις «ταιριάζουν» στην υφιστάμενη γνωστική δομή τους. Η συστηματική μελέτη των ιδεών των παιδιών για τις έννοιες και τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών ξεκίνησε από

τους Driver & Easley (*Driver & Easley, 1978*) οι οποίοι συνέδεσαν τη μάθηση του γνωστικού αντικειμένου των φυσικών επιστημών με τη νοητική τους ανάπτυξη.

Οι αντιλήψεις αυτές ανάλογα με τον χρόνο και τον τρόπο που δημιουργήθηκαν στα παιδιά φέρουν διάφορα ονόματα. Στη βιβλιογραφία μπορούμε να συναντήσουμε τους παρακάτω όρους:

- ✓ **Πρώιμες Αντιλήψεις** των μαθητών (Αντιλήψεις ή ερμηνείες των διαφόρων φαινομένων που έχουν σχηματίσει τα παιδιά από μόνα τους σε μικρή συνήθως ηλικία, χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού)
- ✓ **Εναλλακτικές Αντιλήψεις** (Alternative Conceptions)
- ✓ **Λανθασμένες Αντιλήψεις ή Παρανοήσεις** (False conceptions or misconceptions) Οι πρώιμες αντιλήψεις σε μεγαλύτερη ηλικία και παρά την παρέμβαση του εκπαιδευτικού, μπορεί να μην εξελιχθούν σε επιστημονική γνώση
- ✓ **Εναλλακτικό Πλαίσιο** (Alternative Framework)
- ✓ **Εννοιολογικό Πλαίσιο** (Conceptual Framework)
- ✓ **Επιστήμη των Παιδιών** (Children's Science)
- ✓ **Μικροθεωρίες** (Minitheories)
- ✓ **Νοητικά Μοντέλα** (Mental Models)
- ✓ **Διαισθητικές Ιδέες** (Intuitive Ideas)

Οι ιδέες αυτές των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση αλλά είναι αντιλήψεις, απόψεις, νοητικές κατασκευές που οφείλονται στους τρόπους με τους οποίους παρατηρούν και αντιλαμβάνονται αυτά που συμβαίνουν γύρω τους. Μελέτες δείχνουν πως οι ιδέες αυτές είναι δυνατόν να παραμένουν όχι μόνο μετά τη διδασκαλία αλλά και μετά την ενηλικίωσή τους. Όπως προαναφέραμε, οι μαθητές έρχονται στο σχολείο κατέχοντας ήδη συγκροτημένες γνώσεις, απόψεις και ιδέες, οι οποίες επηρεάζουν τις διαδικασίες μάθησης και συνεπώς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις εκπαιδευτικές διαδικασίες. Σύμφωνα με τον Bertrand, «το πρόβλημα δεν είναι να

αποκτήσουν οι μαθητές μια πειραματική γνώση, αλλά να αλλάξουν γνώση, ανατρέποντας τα εμπόδια που τους έχει συσσωρεύσει η καθημερινή ζωή» (*Bertrand, 1994*).

Από έρευνες που έγιναν σχετικά με τις ιδέες των μαθητών προκύπτουν τα εξής:

- Προϋπάρχουν της διδασκαλίας των αντίστοιχων θεμάτων: τα παιδιά πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις για πολλά θέματα, έννοιες, φαινόμενα που άπτονται του αντικειμένου των Φυσικών Επιστημών.
- Οι αντιλήψεις τους ανθίστανται στην παραδοσιακή διδασκαλία και είναι δυνατόν να επηρεαστούν από την παραδοσιακή ή πειραματική διδασκαλία ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες.
- Είναι νοητικές κατασκευές, με τις οποίες τα παιδιά ερμηνεύουν τον κόσμο που τους περιβάλλει.
- Οι μαθητές/τριες παρατηρούν, ρωτούν, σκέφτονται και εργάζονται με βάση τις ιδέες αυτές.
- Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συνήθως διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά βιβλία.
- Είναι κοινές για όλα τα παιδιά και δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως συνηθισμένα «λάθη».

2.2. Πως δημιουργούνται οι Εναλλακτικές Αντιλήψεις/Ιδέες

Όπως προαναφέρθηκε, οι ιδέες/αντιλήψεις που έχουν τα παιδιά επηρεάζονται ή διαμορφώνονται από το ευρύτερο οικογενειακό περιβάλλον (ιδέες άμεσου οικογενειακού περιβάλλοντος, καθημερινός λόγος (γλώσσα), μέσα μαζικής επικοινωνίας, προκαταλήψεις), φυσικό περιβάλλον (βιωματικές εμπειρίες, τοποθεσία), τεχνολογικό περιβάλλον (τεχνολογία, εποπτικά μέσα), σχολικό περιβάλλον (σχολικά-διδασκτικά βιβλία, αναλυτικά προγράμματα). Οι αντιλήψεις αυτές αναπτύσσονται στην προσπάθειά τους να

ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται στο φυσικό τους περιβάλλον, να δώσουν ένα νόημα σε όσα αντιλαμβάνονται με βάση τις γνώσεις που έχουν και την αντίληψή τους. Όπως και οι επιστήμονες, τα παιδιά χρησιμοποιούν τις ομοιότητες και τις διαφορές που παρατηρούν ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των εναλλακτικών αντιλήψεων διαδραματίζει και η καθομιλουμένη γλώσσα, η οποία πολλές φορές διαφέρει από την επιστημονικώς ορθή. Όταν ο μαθητής διαβάσει ή ακούσει μια επιστημονική πρόταση, για να την κατανοήσει πρέπει να την ερμηνεύσει με λέξεις που χρησιμοποιεί στην καθημερινή του ζωή, η οποία όμως πολύ πιθανό να διαφέρει από την επιστημονική (Κώτσης, 2011). Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα, η ερμηνεία που δίνει ο μαθητής στις λέξεις να μην είναι ίδια με αυτή που περιμένει να ακούσει ο εκπαιδευτικός ή με αυτή που αναγράφεται στο σχολικό βιβλίο.

Επιπρόσθετα, η έλλειψη καλής επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία εναλλακτικών αντιλήψεων/ιδεών. Μελέτες έχουν δείξει πως οι ιδέες των μαθητών μπορεί να μεταβάλλονται με την ανάπτυξή τους ή να διατηρούνται (Κώτσης, 2002) και σε αυτό συμβάλλει κυρίως ο τρόπος ζωής τους.

2.3. Τα χαρακτηριστικά των Εναλλακτικών Αντιλήψεων/Ιδεών

Έρευνες που έχουν γίνει επί σειρά ετών ανέδειξαν ένα πλήθος εναλλακτικών ιδεών/αντιλήψεων για πολλά φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Οι έρευνες αυτές, αν και πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές χώρες με διαφορετικό πολιτιστικό επίπεδο και σε διαφορετικές ηλικίες μαθητικού πληθυσμού, έδειξαν ότι οι εναλλακτικές ιδέες/αντιλήψεις των μαθητών/τριών έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής (Κόκκοτας, 2008):

 Τα μη ορατά δεν υπάρχουν

Οι μαθητές στηρίζουν τους συλλογισμούς τους στα χαρακτηριστικά που είναι άμεσα παρατηρήσιμα, π.χ. οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα, η ουσία που έχει προστεθεί σε συγκεκριμένη ποσότητα διαλύτη για το σχηματισμό διαλύματος.

Περιορισμένη Εστίαση

Τα παιδιά εστιάζουν την προσοχή τους σε ορισμένα χαρακτηριστικά που είναι κυρίαρχα ή εμφανή, π.χ. η θερμοκρασία και όχι η ατμοσφαιρική πίεση ή η υγρασία συμβάλλει στον σχηματισμό των καιρικών φαινομένων.

Εστίαση της προσοχής σε αλλαγές και όχι σε σταθερές καταστάσεις

Οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν την ύπαρξη δύναμης σε ένα κινούμενο σώμα, ενώ δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν την παρουσία δυνάμεων σε ένα σώμα που ισορροπεί.

Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός

Τα παιδιά συνδέουν ένα αποτέλεσμα με ένα αίτιο. Για παράδειγμα δέχονται πως όταν μια δύναμη (αίτιο) δρα σε ένα σώμα (αντικείμενο) τότε παράγει ένα αποτέλεσμα. Όμως σύμφωνα με μελέτες δεν μπορούν να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση που υπάρχει μεταξύ των σωμάτων π.χ. το αξίωμα της δράσης και της αντίδρασης.

Μη διαχωρισμός των εννοιών

Μελέτες έχουν δείξει πως τα παιδιά δεν είναι σε θέση να ξεχωρίζουν βασικές έννοιες, μεταπηδούν από την μια έννοια στην άλλη χωρίς να το αντιληφθούν.

Εγωκεντρική και ανθρωποκεντρική άποψη

Μελέτες έχουν δείξει πως μέχρι την ηλικία των 10 ετών τα παιδιά έχουν εγωκεντρική αντίληψη για τον κόσμο. Η αντίληψη αυτή εγκαταλείπεται μετά την ηλικία αυτή και υιοθετείται μια ευρύτερη ανθρωποκεντρική αντίληψη, όπου η ερμηνεία των πραγμάτων και των φαινομένων που αντιλαμβάνονται αναζητούνται στην ανθρώπινη εμπειρία.

Στα αντικείμενα αποδίδονται χαρακτηριστικά ανθρώπων ή ζώων

Μελέτες έχουν δείξει πως τα παιδιά αποδίδουν στα αντικείμενα συναισθήματα ή θέληση ή σκοπό και αυτό συμβαίνει γιατί η μεταφορά χρησιμοποιείται τόσο στην καθημερινή γλώσσα όσο και στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Στα αντικείμενα αποδίδεται ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας

Πολλά παιδιά αποδίδουν σε ένα αντικείμενο ένα ορισμένο ποσό μιας φυσικής οντότητας π.χ. δύναμη.

2.4. Πως επηρεάζεται η μάθηση από τις εναλλακτικές ιδέες;

Όπως προαναφέρθηκε πολλοί γνωστικοί ψυχολόγοι έχουν τονίσει τη σημασία που έχει η πρότερη γνώση των μαθητών στο τι είναι ικανοί να μάθουν. Σύμφωνα με τον Ausubel «*Ο πιο σπουδαίος απλός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσέ το και δίδαξέ το σύμφωνα με αυτό*» (Ausubel, 1968). Η άποψη αυτή του Ausubel είναι πολύ σημαντική καθώς υποδηλώνει τη μεγάλη σημασία της ύπαρξης των ιδεών των μαθητών. Η μάθηση δεν περιλαμβάνει μόνο την αποδοχή νέων ιδεών αλλά την τροποποίηση ή κατάργηση των προϋπαρχουσών ιδεών.

Η ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών δημιουργεί εννοιολογική σύγχυση, δυσκολία στη μάθηση και αδυναμία κατανόησης και απόκτησης της νέας γνώσης. Σύμφωνα με τη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης ή του κονστρουκτιβισμού ένας μαθητής μαθαίνει με ένα τρόπο που εξαρτάται από τη φύση και την οργάνωση των γνωστικών του δομών. Επομένως, ο κάθε μαθητής αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση και η νέα γνώση θα αφομοιωθεί μόνο όταν ενσωματωθεί στην ήδη υπάρχουσα, διαφορετικά θα χαθεί με τον χρόνο (Καριώτογλου, 1990).

Η διδασκαλία και κατά συνέπεια η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν πραγματοποιείται τροποποίηση των ήδη υπαρχουσών αντιλήψεων και φέρνει τους μαθητές σε σύγκρουση με την προηγούμενη γνώση. Επομένως είναι κατανοητό πως τα

μαθησιακά αποτελέσματα δεν εξαρτώνται μόνο από το περιβάλλον μάθησης αλλά και από τις προϋπάρχουσες γνώσεις-αντιλήψεις-ιδέες του μαθητή. Η μάθηση δεν είναι μια παθητική διαδικασία.

2.5. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στις Φυσικές Επιστήμες

Οι Φυσικές Επιστήμες δηλαδή η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Γεωλογία, η Αστρονομία, η Μετεωρολογία, η Σεισμολογία, οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες είναι οι επιστήμες που παρατηρούν και μελετούν τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη φύση, είτε φυσικά είτε χημικά, καθώς και τον προσδιορισμό των αρχών τους, με τη διεξαγωγή πειραμάτων και παρατηρήσεων. Η επιστήμη της Φυσικής μελετάει ζητήματα φυσικών φαινομένων, η Χημεία τα χημικά φαινόμενα, ενώ η Βιολογία πραγματεύεται ταυτόχρονα τα χημικά και φυσικά φαινόμενα που είναι συνδεδεμένα άμεσα με τη ζωή.

Όπως είναι γνωστό η διδασκαλία των Φυσικών επιστημών ξεκινάει στο Δημοτικό Σχολείο ως ενιαίο γνωστικό αντικείμενο (μάθημα) και η διδασκαλία τους εστιάζει κυρίως στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (νοητικών και φυσικών), και την κατανόηση εννοιών παρά στη συσσώρευση ξερών γνώσεων (Κόκκοτας, 1993). Σύμφωνα με το ισχύον Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών, η διδασκαλία των φυσικών επιστημών έχει ως στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές τον φυσικό κόσμο, τους νόμους που τον διέπουν, τα φυσικά και χημικά φαινόμενα, τους οργανισμούς και τις διαδικασίες που προκαλούν μεταβολές στο περιβάλλον. Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών πρέπει επίσης να συμβάλλει:

- ✓ στην ανάπτυξη ικανοτήτων και καλλιέργεια δεξιοτήτων μέσα από πειραματικές και εργαστηριακές διαδικασίες, ώστε ο μαθητής να καταστεί ικανός να αξιολογεί επιστημονικές εφαρμογές,
- ✓ στην αναγνώριση και αξιολόγηση της συμβολής των φυσικών επιστημών στη βελτίωση της ποιότητας ζωής,

- ✓ στην καλλιέργεια ομαδικού πνεύματος εργασίας και ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας, συνεργασίας και αλληλοβοήθειας,
- ✓ στη γνώση της οργάνωσης και των διαδικασιών του περιβάλλοντος και απόκτηση ικανότητας παρέμβασης για την επίλυση κοινωνικών προβλημάτων, αξιοποιώντας τις ανάλογες γνώσεις,
- ✓ στην εξοικείωση του μαθητή με την απλή επιστημονική ορολογία, γεγονός που μπορεί να συμβάλλει στη γενική γλωσσική του ανάπτυξη (ΥΠ.Π.Θ., 2011).

Επομένως, σκοπός είναι η ενθάρρυνση της περιέργειας και η διεύρυνση του ερευνητικού πνεύματος στα παιδιά, ώστε να βοηθηθούν στην κατανόηση του κόσμου γύρω τους, να τους δοθεί η δυνατότητα «να μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν» και στο τέλος να καταλάβουν στοιχειώδεις έννοιες των Φυσικών Επιστημών που θα τα βοηθήσουν να χτίσουν ένα σκαλοπάτι για να διευρύνουν αργότερα το γνωστικό τους ορίζοντα (Κόκκοτας, 1993). Όμως μέχρι να φοιτήσουν οι μικροί μαθητές στο Δημοτικό σχολείο, έχουν ήδη ακούσει από το οικογενειακό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον αρκετά πράγματα και πιθανές ερμηνείες για τα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν στον κόσμο που ζουν. Πολλές φορές βέβαια οι ερμηνείες αυτές δεν είναι ορθές με αποτέλεσμα, όπως προαναφέραμε οι μαθητές να έχουν διαφορετικές αντιλήψεις-απόψεις από αυτές που είναι επιστημονικά αποδεκτές και ορθές.

Στη συνέχεια θα γίνει βιβλιογραφική ανασκόπηση των εναλλακτικών ιδεών για τις έννοιες της δύναμης και του βάρους (Γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής), την έννοια της Πυκνότητας (Γνωστικό αντικείμενο της Χημείας) και τέλος, για την θεωρία της εξέλιξης (Γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας).

2.5.1. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στις έννοιες της Δύναμης και του Βάρους (Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής)

Ένα μεγάλο μέρος της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ασχολείται με την ανίχνευση των εναλλακτικών ιδεών/ αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών προσθέτοντας συνεχώς νέα ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο αυτό. Η διερεύνηση της ύπαρξης εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αυτές επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της μάθησης και τον σχεδιασμό των κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων και παρεμβάσεων.

Εκτεταμένες μελέτες από Έλληνες και ξένους ερευνητές έχουν πραγματοποιηθεί στο αντικείμενο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών με απώτερο σκοπό την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των εναλλακτικών ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών, φοιτητών και καθηγητών σε μια πληθώρα εννοιών της Φυσικής όπως η ενέργεια, η βαρύτητα, οι δυνάμεις, καθώς και την ανίχνευση της απόστασής τους από τις καθιερωμένες επιστημονικές αντιλήψεις (Κώτσης, 2004α, Κώτσης, 2005α, Κώτσης & Αναγνωστόπουλος, 2006, Στύλος & Κώτσης, 2009, Στύλος, 2007, Jimoyiannis & Komis, 2003, Καριώτογλου, 2004, Bayraktar, 2009, Driver et al, 2000, Itza-Ortiz, 2004, Minstrell, 1982, Σολωμονίδου & Σταυρίδου, 1993).

Οι ιδέες των παιδιών και όχι μόνο, για τις δυνάμεις παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον και, ως εκ τούτου, η εννοιολογική κατανόησή της είναι ένα διαχρονικό πεδίο έρευνας. Η λέξη «δύναμη» για τα παιδιά έχει πολλές σημασίες για τα παιδιά. Οι κύριες εναλλακτικές ιδέες/αντιλήψεις που έχουν καταγραφεί από μελέτες που έχουν διεξαχθεί αναφορικά με την σχέση της έννοιας της δύναμης και της κίνησης ενός σώματος είναι:

- ✓ Εάν υπάρχει κίνηση, υπάρχει και μια δύναμη που ενεργεί
- ✓ Εάν δεν υπάρχει κίνηση, καμία δύναμη δεν ασκείται
- ✓ Δεν μπορεί να υπάρξει δύναμη χωρίς κίνηση

- ✓ Όταν ένα αντικείμενο κινείται, ενεργεί μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησής του
- ✓ Ένα κινούμενο αντικείμενο σταματάει όταν εξαντλείται η δύναμή του
- ✓ Ένα κινούμενο αντικείμενο έχει μια δύναμη μέσα του, η οποία το κρατάει σε κίνηση
- ✓ Η κίνηση είναι ανάλογη προς τη δύναμη που ασκείται
- ✓ Μια σταθερή ταχύτητα είναι αποτέλεσμα μιας σταθερής δύναμης (*Driver, 1998*)

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο αυτό, οι αντιλήψεις των μαθητών για τις δυνάμεις προέρχονται από το οικογενειακό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον όπου ζουν και μεγαλώνουν, από την καθημερινή εμπειρία της κίνησης, των συγκρούσεων και των προσπαθειών που καταβάλλονται για τη μετακίνηση των σωμάτων. Οι αντιλήψεις αυτές σταθεροποιούνται – παγιώνονται, καθώς οι εμπειρίες τους μεγαλώνουν και δύσκολα τροποποιούνται με διδακτικές παρεμβάσεις.

Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν πως η ηρεμία είναι μια ειδική περίπτωση κίνησης στην οποία η ταχύτητα του σώματος είναι σταθερή και ίση με το μηδέν. Η Driver αναφέρει ότι οι μαθητές δεν είναι πρόθυμοι να δεχτούν την παρουσία δυνάμεων εκεί που δεν υπάρχει κίνηση. Έχουν συνδυάσει την παρουσία δύναμης μόνο όταν υπάρχει κίνηση, η οποία θεωρούν ότι διατηρεί το σώμα σε κίνηση. Όταν ένα βιβλίο είναι σε ακινησία, οι μαθητές θεωρούν πως η πίεση του αέρα ή η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία ή το τραπέζι παρεμβάλλεται και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει (*Minstrell, 1982*). Από την άλλη πλευρά, όταν υπάρχει κίνηση, οι μαθητές πιστεύουν πως υπάρχει μια δύναμη που ενεργεί ή πιο συγκεκριμένα μια δύναμη που ενεργεί κατά την κατεύθυνση της κίνησής του αντικειμένου (*Καράογλου κ.α., 2010*). Η παραπάνω αντίληψη διαπιστώθηκε και σε μελέτη στην οποία συμμετείχαν 150 πρωτοετείς φοιτητές Πανεπιστημίου (*Clement, 1982*) όσο και ανάμεσα σε πολλούς φοιτητές, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που είχαν σπουδάσει Φυσική (*Caramazza et al., 1981*). Ο Osborne, σε μια μελέτη στην οποία συμμετείχαν 200

μαθητές ηλικίας 13, 14 και 15 ετών, διαπίστωσε αυξημένη επικράτηση της αντίληψης πως «υπάρχει κίνηση εφόσον υπάρχει δύναμη που ενεργεί», σε ποσοστό 46%, 53% και 66% των παιδιών αντίστοιχα (*Osborne, 1985*).

Πολλές μελέτες έχουν επιβεβαιώσει πως οι μαθητές πιστεύουν ότι η δύναμη είναι ιδιότητα ενός μεμονωμένου αντικειμένου και πως η ύπαρξη της αντίδρασης γενικά δεν είναι τόσο αποδεκτή. Από επιστημονική άποψη οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη. Για κάθε δύναμη υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση, για παράδειγμα ένα μπουκάλι πάνω σε ένα πάγκο ασκεί μια δύναμη σε αυτό και ο πάγκος ασκεί μια δύναμη ίση και αντίθετη στο μπουκάλι.

Η μελέτη των *Sjoberg* και *Lie* σε 1000 Νορβηγούς μαθητές επιβεβαιώνει την αντίληψη αυτή (*Sjoberg & Lie, 1981*). Ο *Minstrell* μελετώντας τις ιδέες 55 μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τις δυνάμεις που ασκούνται όταν ένα βιβλίο βρίσκεται πάνω σε ένα τραπέζι, διαπίστωσε πως μόνο 12 από μια ομάδα 27 μαθητών θεώρησαν ότι το τραπέζι ασκεί μια κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω (*Minstrell, 1982*). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως σπουδαστές που ετοιμάζονταν να γίνουν Μηχανικοί ενώ γνώριζαν την ύπαρξη μιας κατακόρυφης δύναμης από το τραπέζι στο βιβλίο (αντίδραση) παρόλα αυτά πίστευαν πως η κατακόρυφη δύναμη από το βιβλίο στο τραπέζι θα είναι σίγουρα μεγαλύτερη από την αντίδραση, «διαφορετικά το βιβλίο θα μπορούσε να κινηθεί μακριά» (*Clement, 1982*). Οι δυνάμεις όμως σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα αποτελούν χαρακτηριστικό της δράσης μεταξύ αντικειμένων. Έχοντας ως δεδομένο τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στο να αναγνωρίσουν μια δύναμη αντίδρασης, ο *Minstrell* (*Minstrell, 1982*) πρότεινε ότι πρέπει να παρέχουμε «γέφυρες» ανάμεσα στις προηγούμενες ιδέες των παιδιών και τις επιστημονικές αντιλήψεις. Για παράδειγμα οι μαθητές που δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τη δύναμη αντίδρασης που ασκεί ένα τραπέζι σε ένα βιβλίο ακουμπισμένο επάνω του, καλούνται να αναλογιστούν ποιες δυνάμεις ασκούνται πάνω σε ένα βιβλίο που βρίσκεται πάνω σε ένα αντικείμενο.

Όπως είναι γνωστό, το βάρος ενός αντικειμένου είναι η δύναμη της βαρύτητας στο αντικείμενο. Όμως, η επιστημονικώς ορθή αυτή άποψη δεν φαίνεται να ισχύει και για τους μαθητές και σπουδαστές, μελέτες έχουν καταγράψει εναλλακτικές αντιλήψεις. Οι ιδέες των παιδιών για τη βαρύτητα και το βάρος παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς δε φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένη η αντίληψη ότι το βάρος ενός αντικειμένου είναι η δύναμη της βαρύτητας στο αντικείμενο αυτό (*Driver R et al. 1998*). Έρευνες έχουν καταγράψει πως τα παιδιά πιστεύουν ότι όλα τα σώματα πέφτουν και ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα (*Osborne, 1980*). Η αντίληψη αυτή φαίνεται να είναι πολύ συνηθισμένη και μεταξύ των φοιτητών που σπουδάζουν φυσική οι οποίοι πιστεύουν ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα στη Γη διότι έχουν μεγαλύτερη επιτάχυνση εξαιτίας της βαρύτητας. Σε μια ενδιαφέρουσα δημοσιευμένη μελέτη προέκυψε ότι το 40% των φοιτητών που βρίσκονταν στο προπαρασκευαστικό έτος για να σπουδάσουν φυσική πίστευε ότι ένα αντικείμενο με μεγαλύτερο βάρος έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση κατά την πτώση (*Cunstone and White, 1980*). Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί ότι μαθητές συνδέουν την έννοια της βαρύτητας μόνο με τη Γη και όχι με τη Σελήνη (*Stead and Osborne, 1980*) καθώς θεωρούν ότι η βαρύτητα σχετίζεται με τον αέρα και εκεί που δεν υπάρχει αέρας δεν υπάρχει βαρύτητα.

2.5.2. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στην έννοια της Πυκνότητας (Γνωστικό Αντικείμενο της Χημείας)

Καθώς πολλές έννοιες της Χημείας αφορούν τον μικρόκοσμο, για τον οποίο οι μαθητές δεν έχουν εμπειρίες πριν από την ένταξη τους στο σχολικό περιβάλλον, οι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στη Χημεία προκύπτουν από τα προγράμματα σπουδών, τις παιδαγωγικές πρακτικές, την ανακριβή και ασαφή χρήση της γλώσσας και την αφηρημένη και συμβολική φύση του περιεχομένου του μαθήματος (Taber 2001).

Το μέγεθος πυκνότητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της ύλης και ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας ανά μονάδα όγκου, δηλαδή η πυκνότητα δείχνει το πόσο πυκνή είναι η ύλη σε ένα σώμα και εκφράζει την ποσότητα της μάζας στην μονάδα του όγκου. Η πυκνότητα αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα κάθε υλικού και αποτελεί εντατική ιδιότητα της ύλης, δηλαδή δεν εξαρτάται από το μέγεθος ενός αντικειμένου και την ποσότητα της ύλης του.

Διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικές τιμές πυκνότητας, επομένως η πυκνότητα είναι μια φυσική ιδιότητα που διαφοροποιεί τα υλικά σώματα και σχετίζεται με φαινόμενα, όπως η πλεύση ή η βύθιση στερεών σωμάτων σε υγρά, η καθαρότητα ενός υλικού και η ταυτοποίησή του.

Η πυκνότητα των υγρών μεταβάλλεται ελάχιστα, ακόμη και όταν συμβαίνουν σημαντικές μεταβολές στην πίεση και τη θερμοκρασία, και για το λόγο αυτό μπορούμε να τη θεωρήσουμε πρακτικά σταθερή. Η πυκνότητα όμως των αερίων μεταβάλλεται σημαντικά όταν μεταβάλλεται η πίεση και η θερμοκρασία, δεδομένου ότι τα αέρια είναι συμπιεστά και συμβαίνουν σε αυτά μεταβολές του όγκου χωρίς αντίστοιχες μεταβολές της μάζας. Τα στερεά είναι πρακτικά ασυμπίεστα. Συνεπώς, για τη διδασκαλία της πυκνότητας επιλέγονται υγρά και στερεά σώματα διότι οι μαθητές μπορούν να τα μετρήσουν και να τα ελέγξουν ευκολότερα.

Η πυκνότητα εξ ορισμού δεν είναι ένα μέγεθος το οποίο μπορεί να παρατηρηθεί και να μετρηθεί άμεσα (*Snir et al 1992*). Είναι σύνθετο μέγεθος το οποίο ορίζεται με τη βοήθεια δυο μεγεθών, της μάζας και του όγκου ενός υλικού (*Adey & Shayer, 1988*). Επομένως, οι όποιες παρανοήσεις παρατηρούνται στις έννοιες της μάζας και του όγκου είναι εύλογο να δημιουργούν παρανοήσεις και στην έννοια της πυκνότητας. Ο όγκος ενός σώματος είναι συνάρτηση τριών διαστάσεων και γίνεται αντιληπτός ως μέγεθος, ποσότητα, χωρητικότητα ή ως ποσότητα υγρής ύλης που εκτοπίζεται.

Οι κυριότερες παρανοήσεις των μαθητών και μαθητριών που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία σχετικά με την πυκνότητα αλλά και των εννοιών που την ορίζουν δηλαδή της μάζας και του όγκου είναι οι εξής:

- Η μάζα συγχέεται με τον όγκο (*Gennaro 1981*).
- Αντικείμενα με μεγάλο όγκο έχουν μεγάλη μάζα και αντίστροφα (*Snir et al.1992*).
- Η πυκνότητα είναι εκτατική ιδιότητα (*Rowell & Dawson 1977*).
- Η πυκνότητα εξαρτάται μόνο από τις αποστάσεις των μορίων (*Hewson, 1986*).
- Η πυκνότητα σχετίζεται με την σκληρότητα του αντικειμένου (*Hewson, 1986*).

Οι μαθητές δυσκολεύονται να συνδέσουν την μάζα με την ποσότητα της ύλης (Καλλέρη, 2016), συγχέοντάς την με το βάρος και τον όγκο. Η Hewson στην εργασία της το 1986 (*Hewson, 1986*) αναφέρει πως η λέξη πυκνός (*dense*) που αναφέρεται σε αριθμό σωματιδίων ανά μονάδα επιφάνειας συμβάλει στις παρανοήσεις που αφορούν την έννοια της πυκνότητας. Έπειτα από συνεντεύξεις με μαθητές/τριες Λυκείου διαπίστωσε ότι παρά το ότι είχαν διδαχθεί την πυκνότητα δύο φορές με το παραδοσιακό τρόπο, οι περισσότεροι/ες απάντησαν με εναλλακτικές έννοιες για την πυκνότητα, τη μάζα και τον όγκο (*Hewson, 1986*). Οι μαθητές/ριες Λυκείου όταν γίνεται χρήση σωματιδιακού μοντέλου, συνδέουν την πυκνότητα μόνο με τη διάταξη των ατόμων και των μορίων κι όχι και με τη μάζα τους, ενώ θεωρούν ότι έχει σχέση και με την σκληρότητα ενός αντικειμένου.

Οι μαθητές αποδίδουν στην πυκνότητα χαρακτήρα εκτατικού μεγέθους, όπως κάνουν με την πίεση και τη θερμοκρασία, ενώ είναι γνωστό πως η πυκνότητα είναι εντατικό μέγεθος δηλαδή είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα του υλικού. Στην εργασία των Klopfer (*Klopfer et al. 1992*) αναφέρεται ότι τα παιδιά δεν αντιλαμβάνονται ότι η έννοια της πυκνότητας είναι εντατική, καθώς προκύπτει από δύο εκτατικές (τη μάζα και τον όγκο) με αποτέλεσμα να θεωρούν ότι και αυτή εξαρτάται από το μέγεθος που έχει ένα αντικείμενο. Παρόμοια είναι και τα ευρήματα άλλων μελετών (*Gennaro, 1981, Adey & Shayer, 1988*) στις οποίες φαίνεται πως τα παιδιά δυσκολεύονται να κατανοήσουν την πυκνότητα, γιατί αφενός

εκφράζεται από το λόγο της μάζας προς τον όγκο και αυτό προϋποθέτει ότι τα παιδιά μπορούν να διαχειριστούν τις μαθηματικές έννοιες του κλάσματος και της αναλογίας και αφετέρου επειδή η έννοια της μάζας συγχέεται με αυτή του όγκου. Από την έρευνα των Smith et al. (Smith et al. 1985) προκύπτει ότι τα παιδιά προσεγγίζουν, κυρίως, ποιοτικά την έννοια της πυκνότητας κι όχι μαθηματικά, ίσως επειδή δεν είναι τόσο εξοικειωμένα με τις μονάδες μέτρησης όγκου. Ακόμη, δεν διακρίνουν την έννοια «βαρύ για το μέγεθος του» και την συμπεριλαμβάνουν στην έννοια του βάρους.

Επιπρόσθετα μελέτες δείχνουν πως υπάρχουν δυσκολίες στη διάκριση της πυκνότητας από το βάρος (Smith et al. 1985), ενώ στην έρευνα του Snir και των συνεργατών του (Snir et al. 1993) φαίνεται ότι οι μαθητές/ριες δυσκολεύονται να διακρίνουν την πυκνότητα και από την έννοια της μάζας. Το 1977, σχεδιάστηκε από τους Rowell & Dawson (1977) μια καινοτομική πειραματική διδασκαλία με στόχο την προσέγγιση της πυκνότητας με πειραματικές δοκιμασίες. Παρόλα αυτά όμως πολλοί μαθητές και μαθήτριες Γ' Γυμνασίου είχαν δυσκολίες στο να κατανοήσουν ότι η πυκνότητα είναι σταθερή και χαρακτηριστική για διαφορετικά αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό.

Οι Snir et al. (Snir et al. 1993) πρότειναν στην εργασία τους την προσέγγιση της έννοιας της πυκνότητας με τη βοήθεια ενός λογισμικού προγράμματος. Το λογισμικό πρόγραμμα δεν εμπεριείχε έννοιες που να αναφέρονται σε μικροσκοπικό επίπεδο, διότι θεώρησαν ότι αφενός οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης και αφετέρου διότι θεώρησαν ότι η μικροσκοπική προσέγγιση της πυκνότητας δεν είναι απαραίτητη για τον διαχωρισμό των εννοιών του βάρους και της πυκνότητας (Snir et al. 1992). Η έρευνα έδειξε πως ορισμένοι μαθητές/τριες δεν κατανόησαν τη λογική που υπήρχε στο λογισμικό πρόγραμμα (η πυκνότητα αναπαριστά τον αριθμό των κουκίδων ανά τετράγωνο). Σύμφωνα με μελέτη του Φασουλόπουλου κ.α. (Φασουλόπουλος κ.α., 1997) οι μαθητές και οι μαθήτριες των τελευταίων τάξεων του δημοτικού και του γυμνασίου παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας της πυκνότητας.

Σε πρόσφατη εργασία (Σταυρή Γ, 2019) σχεδιάστηκε κατάλληλη διδακτική παρέμβαση για τις έννοιες της μάζας, του όγκου και τη σωματιδιακή φύση της ύλης σε μαθητές της Α' Γυμνασίου. Οι ερευνητές επέλεξαν τα διδακτικά εργαλεία σε κάθε στάδιο της διδακτικής παρέμβασης με βάση τις αντιλήψεις των μαθητών που καταγράφηκαν πριν την έναρξη της διδασκαλίας. Η μελέτη έδειξε ότι η επιλογή των κατάλληλων διδακτικών εργαλείων μπορεί να προσφέρει τα βέλτιστα μαθησιακά αποτελέσματα εφόσον χρησιμοποιούνται συνδυαστικά, στην κατάλληλη στιγμή της διδακτικής ακολουθίας και υπηρετούν συγκεκριμένους, προκαθορισμένους διδακτικούς στόχους (γνωστικούς και δεξιότητων). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν πως μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό μαθητών περίπου 3-4% διατήρησε τις αρχικές λανθασμένες αντιλήψεις του. Η επιστημονικώς ορθή γνωστική εννοιολογική βάση οικοδομήθηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε έπειτα να γίνει προσέγγιση της πολύπλοκης έννοιας της πυκνότητας. Ωστόσο, σύμφωνα με τους συγγραφείς της εργασίας «όπου απαιτείται η εφαρμογή μαθηματικής συλλογιστικής μέσω πράξεων, ποσοστό 11-12% των μαθητών αντιμετώπισαν δυσκολία, γεγονός που πιθανώς δηλώνει κάποιο κενό των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών στην εφαρμογή των μαθηματικών σε διδακτικές ενότητες των φυσικών επιστημών».

2.5.3. Οι Εναλλακτικές Ιδέες στην Εξελικτική Θεωρία (Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας)

2.5.3.1. Η θεωρία της Εξέλιξης και η διδασκαλία της στο σχολείο

Η εξέλιξη είναι το κύριο χαρακτηριστικό της ζωής και αποτελεί τη βάση της ενοποίησης της Βιολογίας με πολλούς κλάδους των επιστημών όπως την Ιατρική, τη Γεωπονία και την Οικολογία. Η Θεωρία της Εξέλιξης αποτελεί την κεντρική και ενοποιό θεωρία της Βιολογίας διότι μπορεί να εξηγεί ταυτόχρονα την ενότητα και την ποικιλότητα της ζωής. Ο Dobzhansky, στο άρθρο του «*Τίποτα στη Βιολογία δεν έχει νόημα, παρά μόνο υπό το φως της Εξέλιξης*» σημειώνει ότι: «*Υπό το φως της εξέλιξης, η Βιολογία είναι ίσως η επιστήμη*

που προσφέρει τη μεγαλύτερη έμπνευση και ικανοποίηση. Χωρίς το φως της εξέλιξης, γίνεται ένας σωρός από διάφορα γεγονότα, μερικά από τα οποία είναι ενδιαφέροντα ή αξιοπερίεργα, αλλά που δεν συγκροτούν ως σύνολο μια εικόνα με νόημα...» (Dobzhansky, 1973)

Τα θεμέλια της Θεωρίας της Εξέλιξης τέθηκαν πριν από περίπου 150 χρόνια από τον Charles Robert Darwin (1809-1882) με τη δημοσίευση του βιβλίου του «*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*». Η Θεωρία της Εξέλιξης είναι μία από τις θεμελιώδους σημασίας θεωρίες που θα πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές καθώς αποτελεί εμπεριστατωμένη «επεξηγηματική ιστορία» της φύσης και του έμβιου κόσμου. Η Αμερικάνικη Ακαδημία Επιστημών - NAS (National Academy of Sciences, 1999) έχει χαρακτηρίσει τη θεωρία της εξέλιξης ως «την κεντρική έννοια στη Βιολογία». Την 21^η Ιουνίου του 2006, 67 Ακαδημίες, ανάμεσά τους και η Ακαδημία Αθηνών, μέλη της Διακαδημαϊκής Κοινότητας (Inter Academy Panel, IAP) υπέγραψαν μια κοινή διακήρυξη, που παροτρύνει γονείς και εκπαιδευτικούς να παρέχουν στα παιδιά τις απαραίτητες πληροφορίες για την εξέλιξη της ζωής στη Γη .

Ωστόσο, παρά τα χρόνια που μεσολάβησαν και την ταυτόχρονη ανάπτυξη της εξελικτικής βιολογίας ως ένα από τα πλέον δυναμικά πεδία έρευνας, η θεωρία αυτή εξακολουθεί να μην είναι κατανοητή από το ευρύ κοινό. Αυτό οφείλεται τόσο σε θεωρητικά ζητήματα, που έχουν να κάνουν με την ίδια τη θεωρία όσο και σε παιδαγωγικά, που έχουν να κάνουν με τη διδακτική προσέγγιση.

Μελέτες έχουν δείξει πως κοινωνικοί (εξωτερικοί) και γνωστικοί (εσωτερικοί) παράγοντες όπως είναι η τελεολογία, η αιτιότητα από πρόθεση επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την κατανόηση των εννοιών της Θεωρίας της Εξέλιξης αλλά και την αποδοχή ή την απόρριψή της (Ζόγκζα, 2007, Ζόγκζα, 2009).

Τα παιδιά και λιγότερο οι ενήλικες έχουν την τάση να πιστεύουν ότι οι φυσικές οντότητες διαθέτουν μια αόρατη ουσία, μια κρυμμένη δύναμη η οποία τους προσδίδει την

εξωτερική εμφάνιση και τη συμπεριφορά (*Medin & Atran, 2004*). Η τελεολογία σχετίζεται στενά με το συλλογισμό της αιτιότητας από πρόθεση ότι δηλαδή κάθε τι που συμβαίνει γίνεται για ένα σκοπό, και επίσης μπορεί να προκαλούνται από κάποια ευφυή οντότητα με πρόθεση. Συνέπεια αυτού ήταν να ευδοκιμήσει ο δημιουργισμός ή ο ευφυής σχεδιασμός (*Evans, 2000*). Μελέτες έχουν δείξει πως τα παιδιά πιστεύουν ότι τα πράγματα στο φυσικό τους περιβάλλον υπάρχουν για ένα σκοπό (*Kelemen 1999a, Kelemen 1999b, Kelemen 1999c*). Για παράδειγμα, τείνουν να πιστεύουν ότι «τα ζώα έχουν στόμα γιατί χρειάζεται να τρώνε», «τα πουλιά έχουν φτερούγες για να πετάνε» «τα σύννεφα υπάρχουν για να δίνουν βροχή» κλπ. Επίσης, μελέτες δείχνουν πως τα παιδιά απαντούν ότι υπάρχει «κάποιος» που δημιούργησε την πρώτη οντότητα κάθε κατηγορίας οντοτήτων (*Kelemen, 2004, Kelemen & DiYanni, 2005*).

Εκτός από τα γνωστικά εμπόδια, σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των εννοιών της θεωρίας της εξέλιξης αλλά και της αποδοχής ή της απόρριψής της διαδραματίζουν οι θρησκευτικές (*Borgerding et al. 2017, Glaze et al. 2015, Hermann 2011, Winslow et al. 2011, Smith 2010, Hokayem and BouJaoude, 2008, Trani 2004, Rutledge and Mitchell 2002, Athanasiou et al. 2012*) και πολιτιστικές ιδεολογικές απόψεις και οι εναλλακτικές ιδέες που προϋπάρχουν (*Pobiner 2016, Glaze and Goldston 2015*). Έχουν καταγραφεί σημαντικές δυσκολίες στην αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας όχι μόνο για θρησκευτικούς αλλά και για πολιτισμικούς λόγους (*Dagher & Boujaoude, 1997, Blackwell et al. 2003*)

Ο τρόπος αλλά και η έκταση στην οποία οι θρησκευτικές αντιλήψεις επηρεάζουν την αποδοχή ή την απόρριψη της θεωρίας της εξέλιξης έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από αρκετούς ερευνητές (*Roederer & Vlaardingerbroek, 1997*). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη διάρκειας 12 ετών των Downie & Barron (2000) στην οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις αλλά και η αποδοχή ή απόρριψη της εξελικτικής θεωρίας από πρωτοετείς φοιτητές/τριες τμημάτων Βιολογίας και Ιατρικής της Σκωτίας με θρησκευτικές προκαταλήψεις. Στη μελέτη αυτή παρατηρήθηκε πως το 4-11% και το 10% των πρωτοετών

φοιτητών/-τριών ενός τμήματος Βιολογίας και Ιατρικής αντίστοιχα απέρριπταν τη θεωρία της εξέλιξης και η απόρριψη συνδεόταν με τις θρησκευτικές τους τοποθετήσεις. Το ποσοστό των φοιτητών που απέρριπτε τη θεωρία, αποδεχόταν την ύπαρξη εξελικτικών αλλαγών στη είδη χωρίς όμως να αποδέχεται τη δημιουργία νέων ειδών (ειδογένεση) (Downie & Barron, 2000).

Οι Dagher & Boujaoude (2005) ρώτησαν τελειόφοιτους σπουδαστές κολλεγίου αν η εξελικτική θεωρία είναι επιστημονική θεωρία ή όχι. Αξίζει να σημειωθεί πως διαπίστωσαν την ελλιπή κατάρτιση για τη δομή των επιστημονικών θεωριών. Τέλος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η γλώσσα που χρησιμοποιούν οι ερωτηθέντες για να ερμηνεύσουν τα εξελικτικά φαινόμενα και τις αντιλήψεις που δημιουργούνται για αυτά (Moore et al, 2002).

Τα βιβλιογραφικά δεδομένα για τη σχέση μεταξύ της κατανόησης και της αποδοχής της θεωρίας της εξέλιξης είναι αντικρουόμενα. Σε κάποιες μελέτες υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης και της αποδοχής της θεωρίας (Lawson and Worsnop 1992, Scharmann et al. 2005, Shtulman and Calabi 2012, Hawley et al. 2011) ενώ σε άλλες δεν βρίσκουν σημαντική συσχέτιση (Sinatra et al. 2003, Ingram και Nelson 2006). Όπως προαναφέρθηκε, οι μαθητές αντλούν τις γνώσεις τους για την εξέλιξη όχι μόνο από σχολικό περιβάλλον αλλά και από το οικογενειακό, τους συνομηλίκους και τα μέσα ενημέρωσης (Donnelly και Akerson 2008, Moore et al. 2011, Bramschreiber 2013). Οι Bloom και Weisberg (2007) ισχυρίζονται ότι η κύρια πηγή αντίστασης του μαθητή στην διδασκαλία της εξέλιξης σχετίζεται με αυτά που γνωρίζουν πριν από την έκθεσή τους στην επιστήμη στο δημοτικό σχολείο.

2.5.3.2. Ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τις εναλλακτικές ιδέες για τη Θεωρία της Εξέλιξης

Παρόλο που η εξελικτική θεωρία αποδεικνύεται χρήσιμη σε πολλούς επιστημονικούς κλάδους, η διεθνής εκπαιδευτική κοινότητα έχει εστιάσει στις δυσκολίες, που

αντιμετωπίζουν οι μαθητές και σπουδαστές στην κατανόηση και την αποδοχή αυτής. Σε πολλές χώρες του κόσμου και σε διαφορετικές βαθμίδες της εκπαίδευσης, έχουν καταγραφεί χαμηλά ποσοστά κατανόησης και αποδοχής της εξελικτικής θεωρίας, καθώς και ένας μεγάλος αριθμός παρανοήσεων και εναλλακτικών αντιλήψεων (*Demastes et al. 1995, Sinatra et al. 2003, Kampourakis & Zogza 2007, Kampourakis & Zogza 2008, Gregory 2009*).

Ο κύριος μηχανισμός ο οποίος ερμηνεύει τη διαδικασία της εξέλιξης είναι η Φυσική Επιλογή, οι βασικές αρχές της οποίας διατυπώθηκαν από τον Δαρβίνο. Μελέτες έχουν καταγράψει δυσκολίες στην κατανόηση των μηχανισμών αυτών (*Ferrari & Chi, 1998*), οι οποίες δεν οφείλονται στο ότι οι εκπαιδευόμενοι αποτυγχάνουν να κατανοήσουν κάθε μια από τις αρχές της θεωρίας του Δαρβίνου, αλλά στο ότι συχνά αποτυγχάνουν να αντιληφθούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των διαδικασιών επίτευξης ισορροπίας, στην οποία η εξέλιξη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Όταν η ερμηνεία των εξελικτικών διαδικασιών γίνεται μέσω μεμονωμένων, ξεχωριστών γεγονότων τότε αυτό ταιριάζει καλύτερα σε μη Δαρβινικές αντιλήψεις των μηχανισμών της εξέλιξης, όπως η θεωρία του Λαμάρκ με χαρακτηριστικό την αυθαίρετη τάση για βελτίωση και πρόοδο των οργανισμών. Αν όμως υπάρχει ερμηνεία υπό το πρίσμα της ισορροπίας των γεγονότων που συμβαίνουν τότε αυτό ταιριάζει καλύτερα σε Δαρβινικές αντιλήψεις στις οποίες υπάρχει τάση προς την προσαρμογή και επιβίωση των οργανισμών που πληρούν τις καλύτερες προϋποθέσεις στις συγκεκριμένες συνθήκες.

Σε όλα τα στρώματα του πληθυσμού, από τον μαθητικό πληθυσμό έως τους φοιτητές της Ιατρικής και τους υποψήφιους διδάκτορες των Φυσικών Επιστημών (*Brumby, 1984, Bishop & Anderson 1990*) έχουν καταγραφεί εναλλακτικές ιδέες. Το 2002 οι Anderson και συνεργάτες, διερεύνησαν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών με ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με την Εξέλιξη και τη Φυσική επιλογή, γνωστό ως Εννοιολογικός Κατάλογος της Φυσικής Επιλογής (ΕΚΦΕ) (*Conceptual Inventory of Natural Selection*) (CINS). Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελείται από 20 ερωτήσεις και στηρίζεται στο βαθμό που

κατανοούν διάφορες πληθυσμιακές ομάδες 5 γεγονότα και 3 συμπεράσματα που αναπαριστούν τη λογική της Φυσικής Επιλογής.

Μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης πιστεύουν πως υπάρχει «κάποιος» που δημιούργησε τον πρώτο οργανισμό από κάθε κατηγορία οργανισμών (*Kelemen, 2004, Kelemen & DiYanni, 2005*). Επίσης, παιδιά μικρής ηλικίας αλλά και ενήλικες ταξινομούν τους ζωικούς οργανισμούς με βάση τις τελεολογικές παραδοχές, δηλαδή τους ταξινομούν σε κατηγορίες αφού πρώτα παρατηρήσουν τα κοινά τους χαρακτηριστικά (*Kelemen, 2003*). Έτσι, είναι πιθανότερο να βρίσκουν τις εξηγήσεις ύπαρξης των έμβιων όντων με βάση ένα σχέδιο σκοπού περισσότερο παρά με βάση τις εξηγήσεις με βάση τη θεωρία της εξέλιξης.

Μελέτη ελληνικής ερευνητικής ομάδας σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (μαθητές Γυμνασίου) έδειξε πως ένα πολύ μεγάλο μέρος των μαθητών δίνει τελεολογικές ερμηνείες για εξελικτικές διαδικασίες. Οι τελεολογικές αυτές ερμηνείες χρησιμοποιούνται με ακρίβεια από λίγους μαθητές, ενώ οι περισσότεροι δίνουν τόσο τελεολογικές όσο και δαρβινικές ερμηνείες (*Kampourakis & Zogza 2008*). Σύμφωνα με τους μαθητές, εξωτερικοί παράγοντες (η φύση, ο Θεός ή και τα δύο μαζί) ή εσωτερικοί παράγοντες (συνειδητές πράξεις των οργανισμών που άλλαζαν τα χαρακτηριστικά τους ώστε να προσαρμοστούν κατάλληλα στο περιβάλλον) ή και οι δυο, συμβάλλουν στην επίτευξη ενός στόχου (*Kampourakis & Zogza 2008*).

Μελέτη σε μαθητές Λυκείου έδειξε πως το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών εξέφραζε τελεολογικές και Λαμαρκιανές αντιλήψεις για την θεωρία της εξέλιξης (*Λάκκα & Βασιλοπούλου, 2004*). Το 2004 δημοσιεύτηκε μια εργασία στην οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών/-τριών της Γ' τάξης του Γυμνασίου σχετικά με την εξελικτική θεωρία πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση (*Πρίνου et al. 2004*). Η μελέτη αυτή έδειξε πως πριν τη διδακτική παρέμβαση το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (πάνω από το 60%) χρησιμοποιούσε το Λαμαρκιανό μοντέλο για να ερμηνεύσει τις εξελικτικές

διαδικασίες, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση το 30% των μαθητών τροποποίησε τις αντιλήψεις του.

Σε παλιότερη μελέτη, διερευνήθηκαν οι τροποποιήσεις στις απόψεις μαθητών Λυκείου σε θέματα που αφορούν στην εξελικτική θεωρία πριν και μετά τη διδασκαλία (Settlage, 1994). Τα αποτελέσματα της μελέτης έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς πριν τη διδακτική παρέμβαση οι αντιλήψεις των περισσότερων μαθητών (ποσοστό άνω του 50%) σχετιζόνταν με τελεολογικές και Λαμαρκιανές ερμηνείες ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώθηκε στο 20%. Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες απέδωσαν την εξελικτική αλλαγή στην ιδιαίτερη ανάγκη για ένα γνώρισμα ή στην εκτεταμένη χρήση ή την αχρηστία κάποιου μέρους του σώματος.

Έρευνα σε σπουδαστές όπου η Βιολογία δεν θεωρείται κύριο γνωστικό αντικείμενο έδειξε πως η πλειοψηφία των σπουδαστών πιστεύει πως η εξελικτική διαδικασία θεωρείται μια απάντηση των ειδών-οργανισμών (φυτικών και ζωικών) στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Bishop & Anderson, 1990). Οι ερωτηθέντες πιστεύουν πως οι αλλαγές στα χαρακτηριστικά γνώρισμα των οργανισμών οφείλονται σε μια προσαρμοστική διαδικασία, η οποία κατευθύνεται κυρίως από την ανάγκη των οργανισμών να προσαρμοστούν στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες και δεν οφείλεται σε τυχαίες μεταλλάξεις και γενετικό ανασυνδυασμό.

Σχετικά με τον κύριο μηχανισμό με τον οποίο πραγματοποιούνται οι εξελικτικές διαδικασίες, μελέτες έχουν καταγράψει τελεολογικές ερμηνείες σε παραδείγματα προσαρμογής με ένα μικρό ποσοστό περίπου 10% των ερωτηθέντων να ερμηνεύει όσα παρατηρούνται με τη βοήθεια της φυσικής επιλογής (Clough & Wood-Robinson, 1985) και Λαμαρκιανές απόψεις έχουν καταγραφεί σε σπουδαστές τόσο πριν όσο και μετά την διδασκαλία των σχετικών εννοιών (Deadman & Kelly, 1978, Brumby, 1984, Lawson & Thompson, 1988). Σε μία από τις πρώτες έρευνες που δημοσιεύτηκαν για τις δυσκολίες στην κατανόηση της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής, η M.Brumby (1979) αποκάλυψε ότι

μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (18%) μιας ομάδας σπουδαστών ήταν ικανό να εφαρμόσει αυτή την έννοια σε συνηθισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Στην ίδια έρευνα η πλειονότητα των σπουδαστών, ενώ είχαν ήδη διδαχθεί βιολογία, πίστευε ότι οι οργανισμοί «μπορούν βαθμιαία να προσαρμόζονται σε μια αλλαγή στο περιβάλλον», εάν αυτοί «το χρειάζονται», και ως εκ τούτου να εξελίσσονται.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε την στάση των εκπαιδευτικών στη θεωρία της εξέλιξης, καθώς η απόκτηση της γνώσης από τους μαθητές είναι συνάρτηση του τρόπου με τον οποίο το εκπαιδευτικό έργο έρχεται σε πέρας. Οι *Πρίνου και Χαλκιά (2006)* στην έρευνα που πραγματοποίησαν σε 153 Έλληνες εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης διαπίστωσαν μεταξύ άλλων πως: α) περιγράφουν την «προσαρμογή» ως μια συνειδητή πορεία για την εκπλήρωση κάποιας ανάγκης, ως μια αλλαγή των ατόμων στο περιβάλλον κ.α., β) μόνο το 50% συμφωνεί με την κοινή προέλευση των οργανισμών, γ) περίπου 50 % γνωρίζει ότι οι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν πολύ πριν εξελιχθούν οι άνθρωποι, δ) οι περισσότεροι θεωρούν ότι η φυσική επιλογή γίνεται σε οργανισμούς που προσπαθούν να προσαρμοστούν στο περιβάλλον, ε) περίπου το 50 % των συμμετεχόντων θεωρεί πως «η εξέλιξη αναφέρεται ως θεωρία επειδή δεν είναι τεκμηριωμένη» και στ) οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναγνωρίζουν ότι η κατάρτισή τους στην εξελικτική θεωρία δεν είναι επαρκής.

Επίσης, μελέτη από την ίδια ερευνητική ομάδα (*Prinou et al. 2005*) σε 111 Έλληνες εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έδειξε μεταξύ των άλλων πως, α) η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών είναι θετικοί στη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης, β) το μεγαλύτερο μέρος των εκπαιδευτικών στερείται γνώσεων σχετικά με το μηχανισμό της φυσικής επιλογής, γ) οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν την ευκαιρία να διδάξουν τη θεωρία της εξέλιξης, καθώς αυτή περιορίζεται μόνο σε ένα κεφάλαιο της Γ' Γυμνασίου ως διδακτέα ύλη. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αξίζει να σημειωθεί πως ο μαθητικός πληθυσμός τείνει να θεωρεί πως η εξέλιξη είναι μια τελεολογική διαδικασία, πραγματοποιείται με

σκοπό την ανάγκη και την επιθυμία των οργανισμών να ικανοποιήσουν κάποιες από τις ανάγκες τους. Σε αυτό συμβάλλουν όπως προαναφέρθηκε παράγοντες όπως το κοινωνικό-πολιτισμικό περιβάλλον (οικογένεια, θρησκευτικά «πιστεύω», σχολικό περιβάλλον κ.α.).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1. Σκοπός της έρευνας

Σκοποί της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση: α) του προσωπικού ενδιαφέροντος των αριστούχων μαθητών της Γ Λυκείου για το μάθημα της Φυσικής και της συσχέτισης αυτού με παραμέτρους όπως το φύλο των συμμετεχόντων και β) η διερεύνηση εναλλακτικών ιδεών για:

- ✓ την έννοια της δύναμης και του βάρους (Γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής)
- ✓ την έννοια της πυκνότητας (Γνωστικό αντικείμενο της Χημείας)
- ✓ τη θεωρία της εξέλιξης (Γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας)

3.2. Ο πληθυσμός της Μελέτης

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού συστήματος και συγκεκριμένα οι πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Το δείγμα της έρευνας μας αποτελείται από 316 φοιτητές οι οποίοι συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής και 300 φοιτητές οι οποίοι συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια σχετικά με τα γνωστικά αντικείμενα της Χημείας και της Βιολογίας. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πρώτο εξάμηνο των ακαδημαϊκών τους σπουδών.

3.3. Πιλοτική Έρευνα

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συλλογή του ερευνητικού υλικού είναι η αξιολόγηση του περιεχομένου των ερωτηματολογίων με δοκιμαστική εφαρμογή σε άτομα παρόμοια με αυτά του τελικού δείγματος. Από την πιλοτική αυτή έρευνα διαπιστώθηκε:

α) Ποιες λέξεις, φράσεις ή έννοιες δε γίνονται κατανοητές ή οδηγούν τα υποκείμενα σε παρερμηνείες;

- β) Πόσο ενδιαφέρουσες και αξιοποιήσιμες είναι οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση;
- γ) Σε ποιες ερωτήσεις δυσκολεύονται τα υποκείμενα ή ποιες πρόσθετες πληροφορίες ζητούν;
- δ) Πόσος χρόνος απαιτείται για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου;
- ε) Ποιες είναι οι αντιδράσεις των υποκειμένων και πώς αυτές μπορούν να ξεπεραστούν;
- στ) Ποιοι τομείς, ενδεχομένως, θα άξιζε ακόμα να συμπεριληφθούν στη διερεύνηση ή ποιοι μπορούν να αφαιρεθούν ως μη ουσιαστικοί;

Τα ερωτηματολόγια για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής είχαν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν από την ερευνητική ομάδα του Καθηγητή κ. Κώτση (*Κώτσης ΚΘ, 2011, Κώτσης ΚΘ, 2004α, Κώτσης ΚΘ, 2005α, Κώτσης & Αναγνωστόπουλος, 2006, Κώτσης & Στύλος Γ, 2011, Στύλος & Κώτσης, 2009*). Τα ερωτηματολόγια για τη Χημεία και τη Βιολογία δοκιμάστηκαν σε πιλοτικό στάδιο, αλλά λόγω του ότι δεν προέκυψαν ζητήματα διευκρίνισης και ούτε έγιναν παρατηρήσεις, καθώς οι οδηγίες για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου δινόταν από τον ερευνητή πριν την έναρξη της διαδικασίας, το δείγμα της πιλοτικής μελέτης συμπεριλήφθηκε στη κύρια μελέτη της παρούσας διατριβής.

3.4. Δομή των τελικών ερωτηματολογίων

3.4.1. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρία μέρη:

A) Το πρώτο μέρος (**A Μέρος**) περιλαμβάνει ερωτήσεις που σχετίζονται με: το φύλο, την κατεύθυνση που ακολούθησε στη Γ Λυκείου, το ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής σε μια πενταβάθμια κλίμακα, την βαθμολογία στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες εισαγωγικές εξετάσεις για την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, τον χαρακτηρισμό του ως μαθητή/τρια στο Λύκειο σε μια κλίμακα (1=κακό/ή, 2=Μέτριο/α, 3=Καλό/ή, 4=Άριστο/η) και τους λόγους που δεν του αρέσει η Φυσική (Παράρτημα Α).

B) Το δεύτερο μέρος (**B Μέρος**) περιλάμβανε τις ερωτήσεις που προέρχονται από το C.L.A.S.S.

Το CLASS είναι ένα εργαλείο με το οποίο εξετάζονται οι πεποιθήσεις και οι στάσεις των μαθητών/φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες (*Adams et al. 2006*) και στηρίχθηκε στις εξής έρευνες: (α) the Maryland Physics Expectations Survey (*Redish, et al. 1998*), (β) the Views About Science Survey (*Halloun and Hestenes, 1985*), και (γ) the Epistemological Beliefs Assessment about Physical Science (*Elby, 2001*). Σκοπός των ερευνών αυτών ήταν να μελετήσουν τις στάσεις, τις πεποιθήσεις, τις προσδοκίες των μαθητών αλλά και των φοιτητών που διδάσκονται εισαγωγικά μαθήματα φυσικής σχετικά με την φύση της γνώσης και της μάθησης στις φυσικές επιστήμες, τη σχέση μεταξύ φυσικού και πραγματικού κόσμου. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έδειξαν σημαντική διαφοροποίηση στις απόψεις που είχαν αρχάριοι και έμπειροι στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, και πως οι αρχικές πεποιθήσεις και στάσεις τους επηρέαζαν σημαντικά την απόδοσή τους στο μάθημα της φυσικής.

Το εργαλείο CLASS περιλαμβάνει 8 κατηγορίες στις οποίες εντάσσονται 42 δηλώσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τις πεποιθήσεις και τις στάσεις τους στις Φυσικές Επιστήμες. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει από 4 έως 8 δηλώσεις. Οι 8 κατηγορίες αφορούν:

- α) Τη σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο
- β) Το προσωπικό ενδιαφέρον
- γ) Την προσπάθεια κατανόησης
- δ) Τις εννοιολογικές συνδέσεις
- ε) Την εφαρμογή της εννοιολογικής κατανόησης
- στ) Την επίλυση προβλημάτων
- ζ) Την εμπιστοσύνη στην επίλυση προβλημάτων

η) Την ικανότητα στην επίλυση προβλημάτων

Στην παρούσα μελέτη εστιάσαμε στην κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» και διερευνήθηκε εάν οι συμμετέχοντες έχουν προσωπικό ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής. Στην παραπάνω κατηγορία οι δηλώσεις αναφέρονται στο Παράρτημα Α. Οι απαντήσεις των φοιτητών καταγράφηκαν με τη βοήθεια μιας πενταβάθμιας κλίμακας (1=Διαφωνώ Πολύ, 2=Διαφωνώ, 3=Αβέβαιος, 4=Συμφωνώ και 5=Συμφωνώ Πολύ). Οι απαντήσεις «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ πολύ» στις δηλώσεις του CLASS αντιστοιχούν στην άποψη που έχει διαμορφώσει ένας έμπειρος καθηγητής Φυσικής και στο «επιθυμητό ποσοστό» (percent favourable), ενώ οι απαντήσεις «Διαφωνώ» και «Διαφωνώ πολύ» που δε συμφωνούν με την άποψη ενός έμπειρου φυσικού αντιστοιχούν στο «μη επιθυμητό ποσοστό».

Γ) Το τρίτο μέρος (Γ Μέρος) του ερωτηματολογίου περιλάμβανε ερωτήσεις που αφορούν τη διερεύνηση εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της δύναμης (6 ερωτήσεις) και του βάρους (6 ερωτήσεις) και περιγράφονται στο Παράρτημα Α:

3.4.2. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Χημείας

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 9 ερωτήσεις εκ των οποίων: οι 4 πρώτες αφορούν τα δημογραφικά στοιχεία των μαθητών (ηλικία και φύλο), και ερωτήσεις όσον αφορά το γνωστικό υπόβαθρο για το μάθημα της Χημείας, δηλαδή οι ερωτήσεις αυτές σχετίζονται με: το φύλο, την ηλικία, το ενδιαφέρον για το μάθημα της Χημείας σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1=καθόλου, 2=Λίγο, 3=Μέτριο, 4=Πολύ, 5=Πάρα Πολύ) και την βαθμολογία στο μάθημα της Χημείας στις Πανελλήνιες εισαγωγικές εξετάσεις για την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Στις 5 τελευταίες ερωτήσεις που περιγράφονται στο Παράρτημα Β, διερευνώνται αν υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες-αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με την έννοια της πυκνότητας.

3.4.3. Ερωτηματολόγιο στο γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας

Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 13 ερωτήσεις εκ των οποίων: οι 4 πρώτες αφορούν τα δημογραφικά στοιχεία των μαθητών (ηλικία και φύλο), και ερωτήσεις όσον αφορά το γνωστικό υπόβαθρο για το μάθημα της Βιολογίας, δηλαδή οι ερωτήσεις αυτές σχετίζονται με: το φύλο, την ηλικία, το ενδιαφέρον για το μάθημα της Βιολογίας σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1=καθόλου, 2=Λίγο, 3=Μέτριο, 4=Πολύ, 5=Πάρα Πολύ) και την βαθμολογία στο μάθημα της Βιολογίας στις Πανελλήνιες εισαγωγικές εξετάσεις για την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Επίσης, διατυπώθηκαν ερωτήσεις που αφορούν τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης και της αποδοχής της από τους ερωτηθέντες και τη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών και αντιλήψεων των παιδιών σχετικά με την εξελικτική θεωρία (Παράρτημα Γ).

Οι φοιτητές στην παρούσα μελέτη, σύμφωνα με το Ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα διδάχθηκαν την θεωρία της Εξέλιξης στο μάθημα της Βιολογίας Γενικής Παιδείας Γ Λυκείου, το οποίο δεν εξετάζεται στις Πανελλήνιες Εισαγωγικές Εξετάσεις.

3.5. Στατιστική Ανάλυση των Δεδομένων

Όπως προαναφέρθηκε, η μέθοδος συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η δειγματοληπτική έρευνα. Ο δειγματοληπτικός σχεδιασμός ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος είναι κατάλληλος για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης καθώς σκοπός ήταν η διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης των εννοιών της δύναμης και την ανάδειξη των ενδεχόμενων εναλλακτικών ιδεών και όχι η παρέμβαση με κάποια πειραματική μελέτη στο δείγμα. Επιπρόσθετα, τα παραπάνω μπορούσαν να εξεταστούν σε μικρό χρονικό διάστημα με τη χορήγηση κατάλληλου ερωτηματολογίου μια μόνο φορά, καθώς δεν εξετάστηκαν οι ενδεχόμενες μεταβολές τους στο χρόνο.

Στους φοιτητές δόθηκε κατάλληλο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν είναι συνδεδεμένες με απλά φαινόμενα που συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή ώστε οι φοιτητές να βρεθούν αντιμέτωποι με καταστάσεις που δείχνουν τις παρανοήσεις τους στις δυνάμεις. Στο ερωτηματολόγιο δεν περιλαμβάνονται ερωτήσεις με τις οποίες θα γινόταν στείρος έλεγχος των γνώσεων των φοιτητών που αποκόμισαν κατά τη διάρκεια των χρόνων τους στο Γυμνάσιο και το Λύκειο.

Η στατιστική επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με στατιστικό πρόγραμμα SPSS (package 22). Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο χ^2 test με το οποίο καθίσταται δυνατή η διαπίστωση αν υπάρχει σχέση μεταξύ των δυο μεταβλητών που εξετάζονται. Στην παρούσα μελέτη, οι τυχαίες μεταβλητές είναι κατηγοριοποιημένες (μεταβλητές κατηγορίας). Η στατιστική ανάλυση που εφαρμόστηκε, το στατιστικό κριτήριο χ^2 χρησιμοποιείται για να αξιολογηθούν πιθανές διαφορές στο πλήθος των διάφορων τιμών μεταξύ των δύο μεταβλητών κατηγορίας καθώς και η ανεξαρτησία των δύο μεταβλητών.

Επίσης, στα δεδομένα που συλλέχθηκαν για τα τρία Γνωστικά αντικείμενα υπολογίστηκε η συνολική απόδοση (Score). Η συνολική απόδοση των σωστών και ψευδών απαντήσεων υπολογίστηκε ως το άθροισμα των σωστών και λανθασμένων απαντήσεων των υπολοίπων στοιχείων. Οι σωστές απαντήσεις βαθμολογήθηκαν ως 1 και οι λανθασμένες ως 0. Χρησιμοποιήθηκαν ιστογράμματα για τον έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων. Διεξήχθη μια πολλαπλή παλινδρόμηση για να διερευνηθεί η συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης των μαθητών και του ενδιαφέροντος των συμμετεχόντων για τα γνωστικά αντικείμενα. Ορίστηκε το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας σε $p = 0,05$ σε όλες τις δοκιμές.

Τέλος υπολογίστηκε η συνολική απόδοση στην κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» του εργαλείου CLASS στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής και διερευνήθηκε η συσχέτιση με

παραμέτρους της μελέτης όπως ο βαθμός στο μάθημα της Φυσικής στις πανελλήνιες εξετάσεις και το ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής.

Οι έλεγχοι κανονικής κατανομής των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν με τους ελέγχους Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p = 0.05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής ανά γνωστικό αντικείμενο.

4.1. Αποτελέσματα στο Διδακτικό Αντικείμενο της Φυσικής

Όπως προαναφέρθηκε, ο πληθυσμός της μελέτης για το Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής είναι 316 αριστούχοι μαθητές της Γ Λυκείου και συγκεκριμένα πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (το 54% του πληθυσμού αποτέλεσαν τα αγόρια, ενώ το 46% τα κορίτσια). Οι 313 ερωτηθέντες ακολούθησαν θετική κατεύθυνση στη Γ Λυκείου, ενώ οι 3 ακολούθησαν τεχνολογική.

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Φυσικής φαίνονται στον **Πίνακα Φ1**. Μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων έδειξε μέτριο ή μεγάλο ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, ενώ πολύ μικρότερο είναι το ποσοστό αυτών που έδειξε πάρα πολύ ενδιαφέρον.

Πίνακας Φ1. Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής

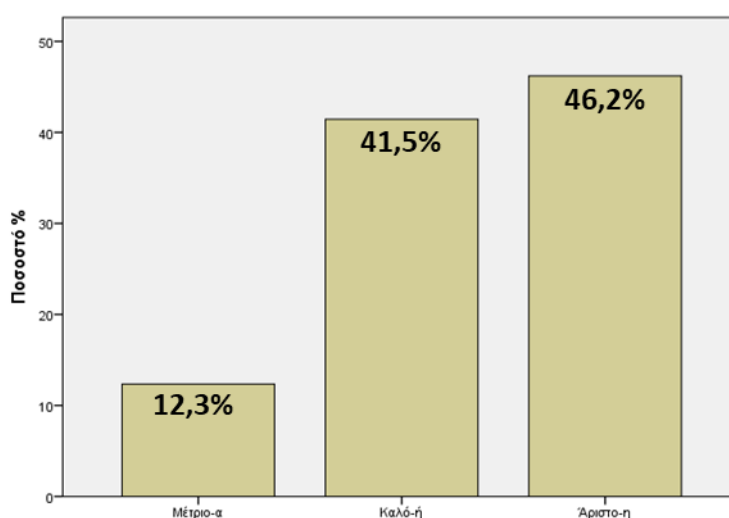
Ενδιαφέρον για τη Φυσική	Συχνότητα	Ποσοστό %
Καθόλου	3	1,0
Λίγο	10	3,2
Μέτριο	142	44,9
Πολύ	116	36,7
Πάρα πολύ	42	13,3
Άλλη απάντηση	3	0,9
Σύνολο	316	100,0

Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να σημειώσουν στο ερωτηματολόγιο τον βαθμό που έγραψαν στο μάθημα της Φυσικής Κατεύθυνσης στις Πανελλαδικές Εισαγωγικές Εξετάσεις. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον **Πίνακα Φ2**.

Πίνακας Φ2. Βαθμολογία στη Φυσική Κατεύθυνσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

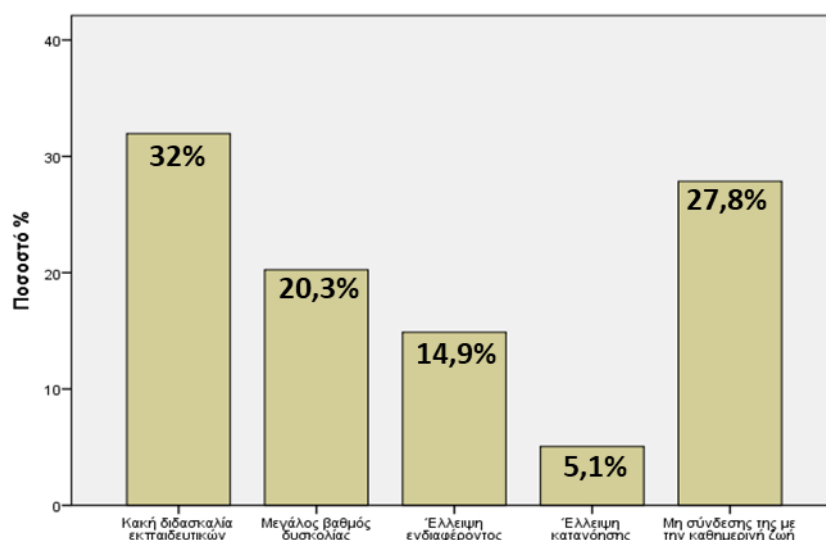
Βαθμολογία στη Φυσική Κατεύθυνσης	Συχνότητα	Ποσοστό %
19,5-20	107	33,9
19-19,5	104	32,9
18,5-19	39	12,3
18-18,5	34	10,8
<18	32	10,1
Σύνολο	316	100,0

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα Φ1**, η πλειοψηφία των ερωτηθέντων χαρακτηρίζουν τον εαυτό τους καλό/ή ή άριστο/η μαθητή/τρια στο σχολείο (41,5% και 46,2%, αντίστοιχα).



Σχήμα Φ1: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Πώς θα χαρακτηρίζατε, από πλευράς επίδοσης, τον εαυτό σας ως μαθητή/τρια στο σχολείο;...»

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ποιοι είναι οι λόγοι που δεν σας αρέσει η Φυσική;...» Όπως φαίνεται στο **Σχήμα Φ2**, οι λόγοι που δεν τους αρέσει το μάθημα της Φυσικής είναι κυρίως η κακή διδασκαλία του μαθήματος από τους εκπαιδευτικούς (ποσοστό 32%, 101/316 ερωτηθέντες), η έλλειψη σύνδεσης με την καθημερινή ζωή (ποσοστό 27,8%, 88/316 ερωτηθέντες) και ο μεγάλος βαθμός δυσκολίας του μαθήματος (ποσοστό 20,3%, 64/316 ερωτηθέντες). Σε μικρότερο ποσοστό, όπως φαίνεται από το σχήμα, συνεισφέρουν η έλλειψη ενδιαφέροντος (ποσοστό 14,9%, 47/316 ερωτηθέντες) και η έλλειψη κατανόησης (ποσοστό 5,1%, 16/316 ερωτηθέντες).



Σχήμα Φ2: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «*Λόγοι που δεν σας αρέσει η Φυσική;...*»

4.1.1. Διερεύνηση του προσωπικού ενδιαφέροντος για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, με τη χρήση του C.L.A.S.S.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου παρουσιάζονται ξεχωριστά οι απαντήσεις των ερωτηθέντων στις δηλώσεις του C.L.A.S.S. οι οποίες αφορούν το προσωπικό ενδιαφέρον τους για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής (**Πίνακας Φ3**). Όπως φαίνεται, μεγάλο ποσοστό των φοιτητών (71.2%) αναγνωρίζουν πως η φυσική βιώνεται στην καθημερινή πράξη και πως οι γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν αλλάζουν τις ιδέες τους για το πώς λειτουργεί ο κόσμος αλλά και για ό,τι παρατηρούν στην καθημερινή ζωή. Παρόλα αυτά είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι μόνο ένας στους τρεις φοιτητές μελετά το μάθημα της φυσικής με σκοπό την απόκτηση γνώσεων που θα είναι χρήσιμες εκτός των απαιτήσεων του σχολείου.

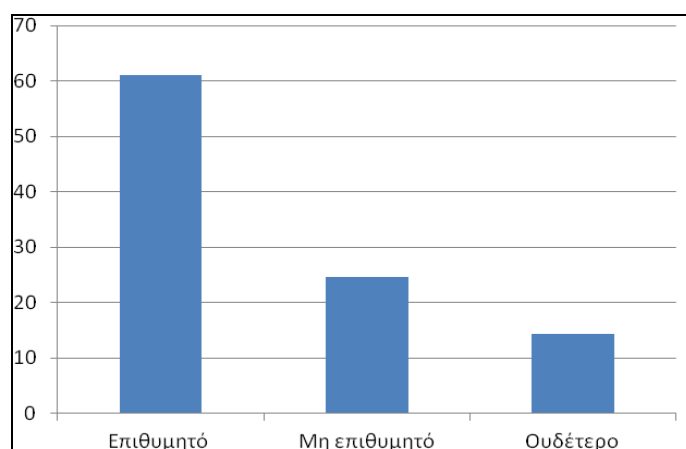
Στη συνέχεια διερευνήθηκε το «επιθυμητό ποσοστό» και το «μη επιθυμητό ποσοστό» που προκύπτει από τις παραπάνω ερωτήσεις για όλους τους ερωτηθέντες που συμμετείχαν στη μελέτη. Το «επιθυμητό» ποσοστό αναφέρεται στο ποσοστό των απαντήσεων «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ πολύ» και αντιστοιχεί στις απόψεις που έχει διαμορφώσει ένας έμπειρος καθηγητής, ενώ το «μη επιθυμητό» ποσοστό αναφέρεται στο ποσοστό των

απαντήσεων «Διαφωνώ» και «Διαφωνώ πολύ» και δεν αντιστοιχεί στις απόψεις που έχει ένας έμπειρος καθηγητής. Επειδή το CLASS διερευνά τις πεποιθήσεις φοιτητών για τη Φυσική και διαχωρίζει τις πεποιθήσεις των καθηγητών Φυσικής από εκείνες των αρχαρίων, πραγματοποιήθηκε σύμπτυξη της κλίμακας με σκοπό τη σύγκριση των απαντήσεων των πρωτοετών φοιτητών με αυτές έχει διαμορφώσει ένα έμπειρος καθηγητής Φυσικής.

Πίνακας Φ3: Κατανομή απαντήσεων στις δηλώσεις των φοιτητών που αφορούν το προσωπικό ενδιαφέρον για το Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής

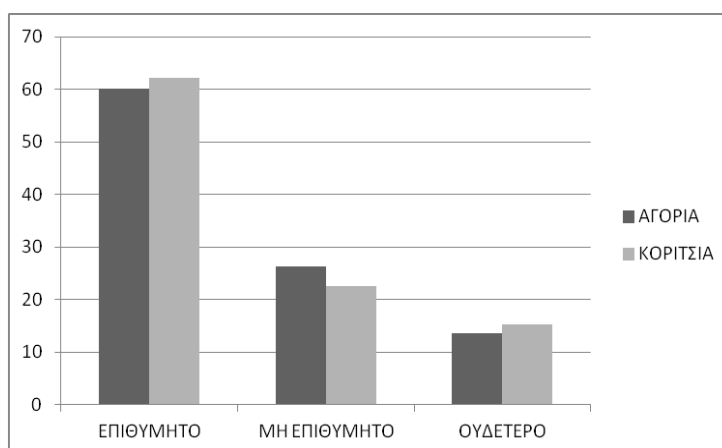
A.A.	Δηλώσεις	Διαφωνώ/ Διαφωνώ πολύ (%)	Αβέβαιος (%)	Συμφωνώ/ Συμφωνώ πολύ (%)
1	Νομίζω πως η Φυσική Βιώνεται στην καθημερινή ζωή	17,41	11,39	71,2
2	Δεν είμαι ικανοποιημένος μέχρις ότου κατανοήσω το γιατί και το πώς κάτι λειτουργεί	12,97	12,03	75,00
3	Μελετώ Φυσική για να αποκτήσω γνώσεις που θα είναι χρήσιμες στη ζωή μου έξω από το σχολείο	51,90	18,04	30,06
4	Μου αρέσει να επιλύω προβλήματα Φυσικής	30,07	13,92	56,01
5	Η γνώση της Φυσικής αλλάζει τις ιδέες μου για το πώς λειτουργεί ο κόσμος	27,85	14,87	57,28
6	Λογικές δεξιότητες που χρησιμοποιούνται στη Φυσική μπορεί να είναι χρήσιμες για μένα στην καθημερινή ζωή μου	7,28	16,14	76,58

Από το **Σχήμα Φ3** προκύπτει ότι 6 στους δέκα φοιτητές εμφανίζουν επιθυμητά ποσοστά προσωπικού ενδιαφέροντος για τη Φυσική, σχεδόν 3 στους δέκα εμφανίζουν μη επιθυμητά ποσοστά και 1 στους δέκα παρουσιάζει ουδέτερο ενδιαφέρον.



Σχήμα Φ3: Η κατανομή του «επιθυμητού» και του «μη επιθυμητού» ποσοστού.

Στο **Σχήμα Φ4** φαίνεται το «επιθυμητό» ποσοστό και το «μη επιθυμητό» ποσοστό που προκύπτει από τις παραπάνω ερωτήσεις για τους ερωτηθέντες που συμμετείχαν στη μελέτη σε σχέση με το φύλο. Είναι αξιοσημείωτο πως δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια.



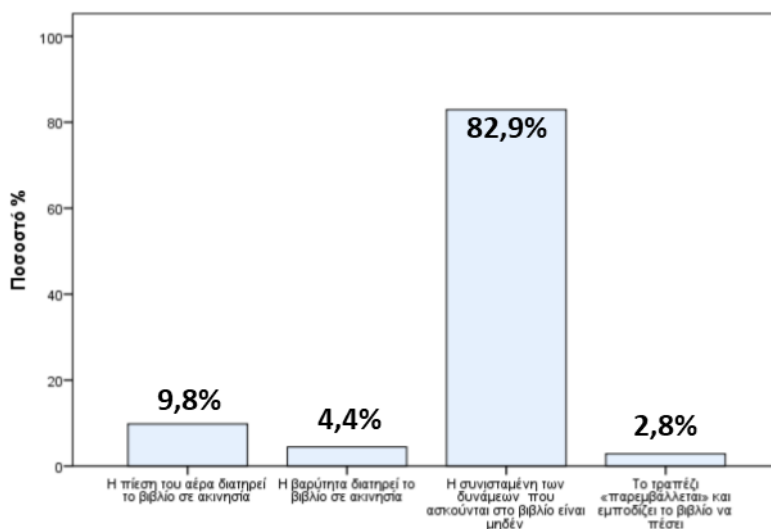
Σχήμα Φ4: Η κατανομή του «επιθυμητού» και του «μη επιθυμητού» ποσοστού ως προς το φύλο. Στο διάγραμμα παρουσιάζονται συγκριτικά τα ποσοστά αγοριών/κοριτσιών για το «επιθυμητό» και «μη επιθυμητό» ποσοστό καθώς και όσοι έχουν ουδέτερη απάντηση.

4.1.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Φυσικής

4.1.2.1. Διερεύνηση εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της δύναμης

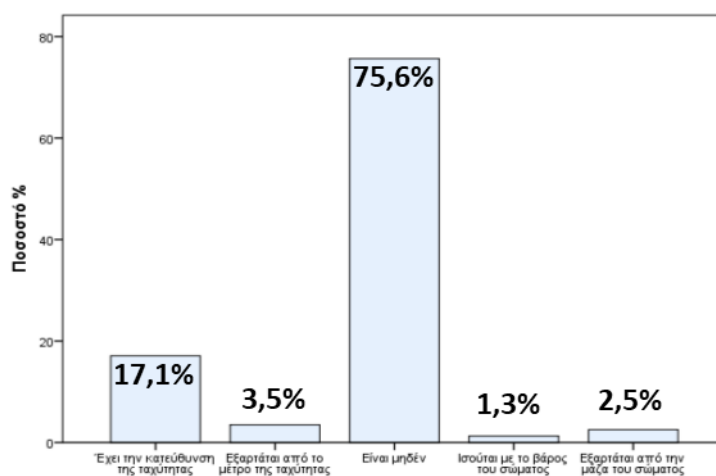
Οι απαντήσεις των ερωτηθέντων στα ερωτήματα που τέθηκαν παρουσιάζονται με τη μορφή ραβδογραμμάτων.

Από τις απαντήσεις στην **Ερώτηση Φ1** «Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία στο γεγονός ότι...», διαπιστώνεται πως μεγάλο ποσοστό φοιτητών (82,9%) δίνει τη σωστή απάντηση, ενώ μικρότερο ποσοστό αυτών δίνουν τρεις διαφορετικές λανθασμένες απαντήσεις (9,8%, 4,4% και 2,8%, αντίστοιχα) (**Σχήμα Φ5**).



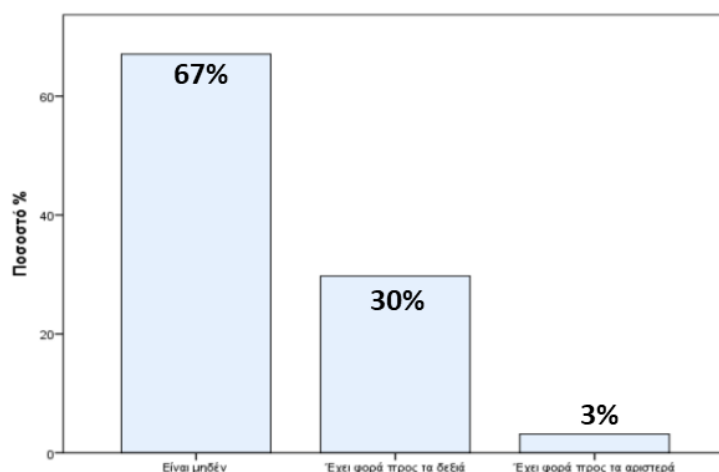
Σχήμα Φ5: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία στο γεγονός ότι...»

Στην **Ερώτηση Φ2** «Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα...», τρεις στους τέσσερεις ερωτηθέντες (ποσοστό 75,6%) αναγνωρίζουν πως κατά την κίνηση ενός αυτοκινήτου με σταθερή ταχύτητα η συνισταμένη των δυνάμεων είναι ίση με το μηδέν, ενώ 1 στους 4 δίνει απάντηση διαφορετική από την επιστημονικώς ορθή (17,1% απαντά πως θα έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας, 3,5% απαντά πως εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας, 1,3% απαντά πως ισούται με το βάρος του σώματος και 2,5% απαντά πως εξαρτάται από τη μάζα του σώματος) (**Σχήμα Φ6**).



Σχήμα Φ6: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα...»

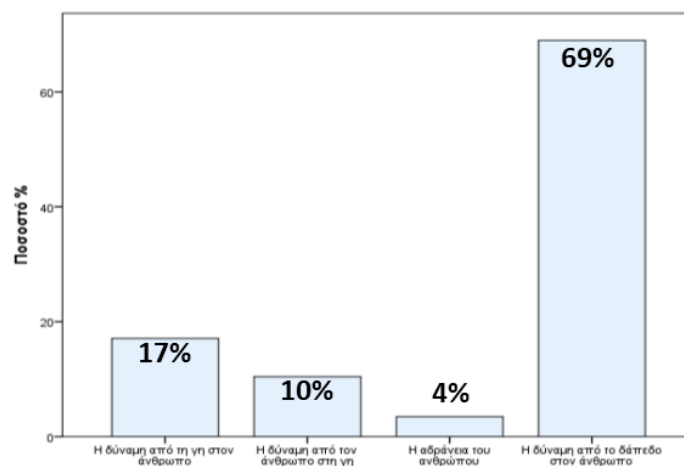
Στην **Ερώτηση Φ3** «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό...» η πληροφορία πως το αυτοκίνητο κατευθύνεται προς τα δεξιά ενώ κινείται με σταθερή ταχύτητα φαίνεται πως μπέρδεψε τους φοιτητές και μείωσε το ποσοστό της σωστής απάντησης της ερώτησης όπως φαίνεται στο **Σχήμα Φ7**.



Σχήμα Φ7: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό...»

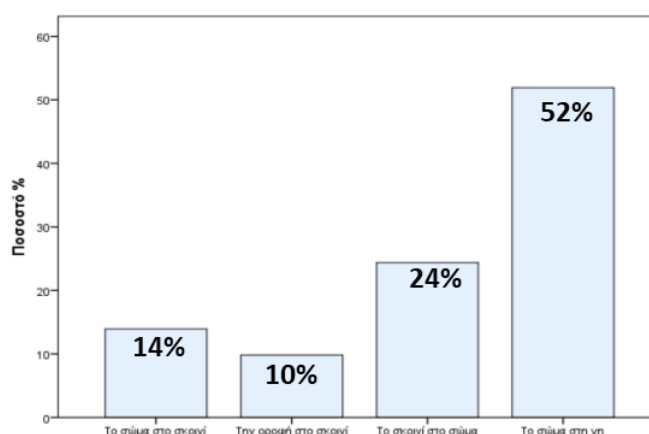
Είναι σημαντικό να σχολιαστούν τα αποτελέσματα των **Ερωτήσεων Φ2 και Φ3**, καθώς θα αναμέναμε την ίδια απάντηση για τις δυο αυτές ερωτήσεις. Όμως στην **Ερώτηση Φ3**, η πληροφορία πως το αυτοκίνητο κατευθύνεται προς τα δεξιά μπέρδεψε τους ερωτηθέντες και μείωσε ακόμη περισσότερο το ποσοστό της σωστής απάντησης από 76% σε 67%. Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό ποσοστό φοιτητών, 30% πιστεύει πως η συνισταμένη δύναμη θα έχει φορά προς τα δεξιά ίδια με την φορά κίνησης του αυτοκινήτου.

Στην **Ερώτηση Φ4** «Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι...» διαπιστώνεται πως 3 στους 10 δεν έχουν κατανοήσει πως η αντίδραση της δύναμης αυτής είναι αυτή που ασκείται από το δάπεδο στον άνθρωπο. Όπως φαίνεται στο **Σχήμα Φ8**, μόνο το 69% των αριστούχων μαθητών απαντάει σωστά επιλέγοντας πως η αντίδραση της δύναμης αυτής είναι από το δάπεδο στον άνθρωπο. Το 17% υποστηρίζει πως η δύναμη προέρχεται από τη γη στον άνθρωπο, το 10% από τον άνθρωπο στη γη και το 4% είναι η αδράνεια του ανθρώπου.



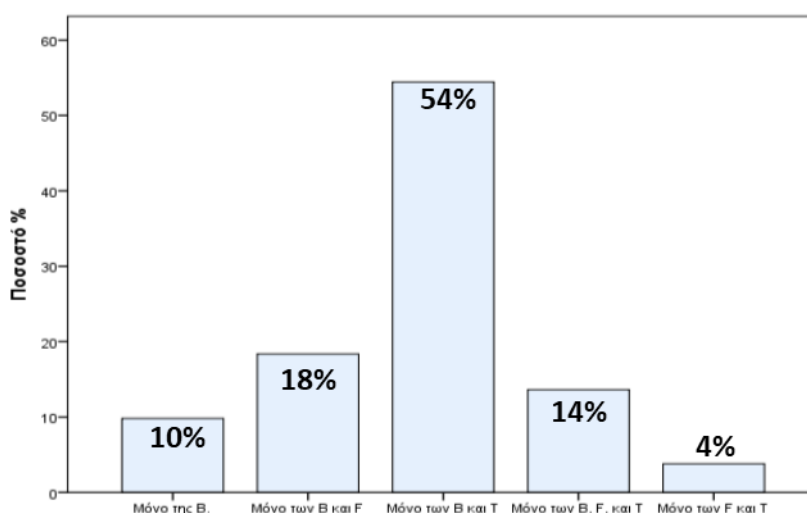
Σχήμα Φ8: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι...»

Στην **Ερώτηση Φ5** «*Η αντίδραση του βάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από...*» παρατηρούμε πως μόνο 1 στους 2 φοιτητές κατανοούν πως η αντίδραση του βάρους του σώματος είναι η δύναμη που ασκείται από το σώμα στη Γη (**Σχήμα Φ9**). Πιο αναλυτικά, στο **Σχήμα Φ9** φαίνεται πως μόνο το 52% των αριστούχων μαθητών γνωρίζει πως η αντίδραση του βάρους του σώματος είναι η δύναμη που ασκείται από το σώμα στη γη. Το υπόλοιπο 48% των φοιτητών ισχυρίζεται πως είναι η δύναμη από το σώμα στο σκοινί (14%), από την οροφή στο σκοινί (10%) ή από το σκοινί στο σώμα (24%).



Σχήμα Φ9: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «*Η αντίδραση του βάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από...*»

Η κατανομή των απαντήσεων στην **Ερώτηση Φ6** «Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα...» έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Όπως φαίνεται στο **Σχήμα Φ10**, 1 στους 2 αριστούχους μαθητές γνωρίζουν πως στο μπαλάκι του γκολφ ασκείται μόνο η δύναμη της βαρύτητας (B) και η δύναμη της αντίστασης του αέρα (T) (54%). Οι υπόλοιποι φοιτητές θεωρούν πως η δύναμη της μπάλας είναι η συνισταμένη μόνο της B (10%), μόνο των B και F (δύναμης του κτυπήματος) (18%), μόνο των B, F, και T (14%), μόνο των F και T (4%). Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός πως ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών (36%) πιστεύει πως η δύναμη του χτυπήματος F συνεχίζει και επιδρά στο μπαλάκι.



Σχήμα Φ10: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα...»

Στη συνέχεια διερευνήθηκε η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στα ερωτήματα της έρευνας με μεταβλητές όπως

- ✓ το φύλο
- ✓ η επίδοση στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες Εξετάσεις και
- ✓ το ενδιαφέρον για τη Φυσική.

Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στις ερωτήσεις για την έννοια της δύναμης και του «φύλου» των ερωτηθέντων:

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης της σχέσης μεταξύ του φύλου των ερωτηθέντων και των απαντήσεων των ερωτηθέντων παρουσιάζονται στους **Πίνακες Φ4 έως Φ9** που ακολουθούν. Από τις απαντήσεις των φοιτητών διαπιστώνεται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις δυο παραμέτρους που εξετάστηκαν.

Πίνακας Φ4. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία στο γεγονός ότι...» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Η πίεση του αέρα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βιβλίο είναι μηδέν	Το τραπέζι «παρεμβάλλεται» και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει
Αγόρι	22	10	130	7
Κορίτσι	9	3	132	3
Σύνολο	31	13	262	10

Chi-Square=9,752, df=4, p=0.185

Πίνακας Φ5. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα...» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας	Εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας	Είναι μηδέν	Ισούται με το βάρος του σώματος	Εξαρτάται από την μάζα του σώματος
Αγόρι	21	5	134	3	6
Κορίτσι	33	6	105	1	2
Σύνολο	54	11	239	4	8

Chi-Square=7,782, df=4, p=0.100

Πίνακας Φ6. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό..» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Είναι μηδέν	Έχει φορά προς τα δεξιά	Έχει φορά προς τα αριστερά
Αγόρι	110	56	3
Κορίτσι	102	38	7
Σύνολο	212	94	10

Chi-Square=3,836, df=2, p=0.147

Πίνακας Φ7. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι..» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Η δύναμη από τη γη στον άνθρωπο	Η δύναμη από τον άνθρωπο στη γη	Η αδράνεια του ανθρώπου	Η δύναμη από το δάπεδο στον άνθρωπο
Αγόρι	25	23	4	117
Κορίτσι	29	10	7	101
Σύνολο	54	33	11	218

Chi-Square=5,907, df=3, p=0.116

Πίνακας Φ8. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Η αντίδραση του θάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από ...» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Το σώμα στο σκοινί	Την οροφή στο σκοινί	Το σκοινί στο σώμα	Το σώμα στη γη
Αγόρι	25	19	42	83
Κορίτσι	19	12	35	81
Σύνολο	44	31	77	164

Chi-Square=1,535, df=3, p=0.674

Πίνακας Φ9. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα:.....» και του φύλου των ερωτηθέντων

	Μόνο της Β	Μόνο των Β και F	Μόνο των Β και T	Μόνο των Β, F, και T	Μόνο των F και T
Αγόρι	21	26	99	21	2
Κορίτσι	10	32	73	22	10
Σύνολο	31	58	172	43	12

Chi-Square=12,339, df=4, p=0.115

Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στις ερωτήσεις για την έννοια της δύναμης και επίδοσης στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες Εισαγωγικές Εξετάσεις των ερωτηθέντων:

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης της συσχέτισης μεταξύ της βαθμολογικής επίδοσης στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες Εξετάσεις και στις απαντήσεις στις ερωτήσεις που τέθηκαν παρουσιάζονται στους **Πίνακες Φ10 έως Φ15**. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις υψηλές βαθμολογικές επιδόσεις των φοιτητών στις Πανελλήνιες Εξετάσεις και στις παρανοήσεις που καταγράφηκαν στα ερωτήματα που τους είχαν τεθεί.

Πίνακας Φ10. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία στο γεγονός ότι...» και της επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Η πίεση του αέρα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βιβλίο είναι μηδέν	Το τραπέζι «παρεμβάλλεται» και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει
19.5-20	9	6	86	6
19-19.5	10	5	87	2
18.5-19	6	1	31	1
18-18.5	6	1	27	0
μικρότερος από 18	0	0	31	1
Σύνολο	31	13	262	10

Chi-Square=14,533, df=16, p=0.559

Πίνακας Φ11. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα...» και της επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας	Εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας	Είναι μηδέν	Ισούται με το βάρος του σώματος	Εξαρτάται από την μάζα του σώματος
19.5-20	14	5	87	0	1
19-19.5	23	4	74	2	1
18.5-19	6	1	28	1	3
18-18.5	7	1	25	0	1
μικρότερος από 18	4	0	25	1	2
Σύνολο	54	11	239	4	8

Chi-Square=17,309, df=16, p=0.366

Πίνακας Φ12. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό..» και του φύλου των ερωτηθέντων της επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Είναι μηδέν	Έχει φορά προς τα δεξιά	Έχει φορά προς τα αριστερά
19.5-20	77	28	2
19-19.5	64	37	3
18.5-19	24	13	2
18-18.5	25	8	1
μικρότερος από 18	22	8	2
Σύνολο	212	94	10

Chi-Square=5,797, df=8, p=0.670

Πίνακας Φ13. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι..» και της Επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Η δύναμη από τη γη στον άνθρωπο	Η δύναμη από τον άνθρωπο στη γη	Η αδράνεια του ανθρώπου	Η δύναμη από το δάπεδο στον άνθρωπο
19.5-20	17	6	2	82
19-19.5	13	14	6	71
18.5-19	8	6	1	24
18-18.5	6	4	1	23
μικρότερος από 18	10	3	1	18
Σύνολο	54	33	11	218

Chi-Square=14,195 df=12, p=0.288

Πίνακας Φ14. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «*Η αντίδραση του βάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από ...*» και του φύλου των ερωτηθέντων και της επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Το σώμα στο σκοινί	Την οροφή στο σκοινί	Το σκοινί στο σώμα	Το σώμα στη γη
19.5-20	10	12	24	61
19-19.5	12	16	25	51
18.5-19	6	0	10	23
18-18.5	13	1	7	13
μικρότερος από 18	3	2	11	16
Σύνολο	44	31	77	164

Chi-Square=30,421, df=12, p=0.222

Πίνακας Φ15. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «*Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα:....*» και του φύλου των ερωτηθέντων και της επίδοσης στις Πανελλήνιες Εξετάσεις

	Μόνο της Β	Μόνο των Β και F	Μόνο των Β και Τ	Μόνο των Β, F, και Τ	Μόνο των F και Τ
19.5-20	11	16	62	13	5
19-19.5	15	20	47	16	6
18.5-19	2	9	23	5	0
18-18.5	1	7	21	5	0
μικρότερος από 18	2	6	19	4	1
Σύνολο	31	58	172	43	12

Chi-Square=13,564, df=16, p=0.631

Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στις ερωτήσεις για την έννοια της δύναμης και του ενδιαφέροντος για τον μάθημα της Φυσικής:

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης αυτής παρουσιάζονται στους **Πίνακες Φ16 έως Φ21** που ακολουθούν. Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας έδειξαν πως δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για το μάθημα της Φυσικής και στις παρανοήσεις που καταγράφηκαν στα ερωτήματα που τους είχαν τεθεί.

Πίνακας Φ16. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία στο γεγονός ότι...» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

	Η πίεση του αέρα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία	Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βιβλίο είναι μηδέν	Το τραπέζι «παρεμβάλλεται» και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει
Καθόλου	0	0	13	0
Μέτρια	16	5	116	4
Αρκετά	0	0	41	1
Πολύ	14	8	90	4
Σύνολο	31	13	262	10

Chi-Square=16,621, df=16, p=0.411

Πίνακας Φ17. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα...» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

	Έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας	Εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας	Είναι μηδέν	Ισούται με το βάρος του σώματος	Εξαρτάται από την μάζα του σώματος
Καθόλου	3	0	10	0	0
Μέτρια	28	3	104	3	4
Αρκετά	5	2	31	1	3
Πολύ	18	5	92	0	1
Σύνολο	54	12	241	4	8

Chi-Square=20,024, df=16, p=0.219

Πίνακας Φ18. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό..» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

	Είναι μηδέν	Έχει φορά προς τα δεξιά	Έχει φορά προς τα αριστερά
Καθόλου	7	6	0
Μέτρια	93	45	4
Αρκετά	29	9	4
Πολύ	81	33	2
Σύνολο	212	94	10

Chi-Square=9.648, df=8, p=0.291

Πίνακας Φ19. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι..» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

	Η δύναμη από τη γη στον άνθρωπο	Η δύναμη από τον άνθρωπο στη γη	Η αδράνεια του ανθρώπου	Η δύναμη από το δάπεδο στον άνθρωπο
Καθόλου	2	1	0	10
Μέτρια	28	20	6	88
Αρκετά	9	1	0	32
Πολύ	15	11	5	85
Σύνολο	54	33	11	221

Chi-Square=12,322, df=12, p=0.420

Πίνακας Φ20. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «*Η αντίδραση του βάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από ...*» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

	Το σώμα στο σκοινί	Την οροφή στο σκοινί	Το σκοινί στο σώμα	Το σώμα στη γη
Καθόλου	3	0	2	8
Μέτρια	24	23	23	72
Αρκετά	3	1	17	21
Πολύ	14	6	34	62
Σύνολο	44	32	78	165

Chi-Square=28,165, df=12, p=0.095

Πίνακας Φ21. Συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων στην ερώτηση «*Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα:.....*» και του Ενδιαφέροντος για το Μάθημα της Φυσικής

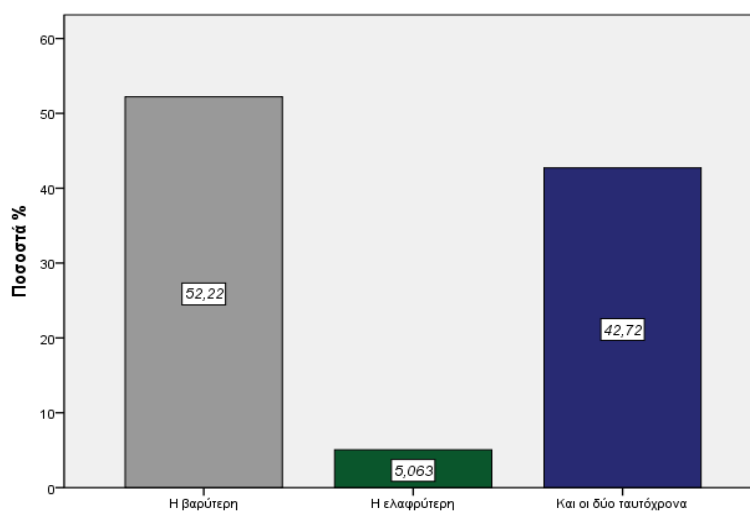
		Μόνο των	Μόνο των	Μόνο των	Μόνο των
	Μόνο της Β	Β και F	Β και T	Β, F, και T	F και T
Καθόλου	0	4	5	4	0
Μέτρια	13	29	74	20	6
Αρκετά	3	4	24	8	3
Πολύ	15	20	67	11	3
Σύνολο	31	59	174	43	12

Chi-Square=15,836, df=16, p=0.464

4.1.2.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια του Βάρους

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των ερωτήσεων που αφορούν τη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σχετικά με την έννοια του βάρους.

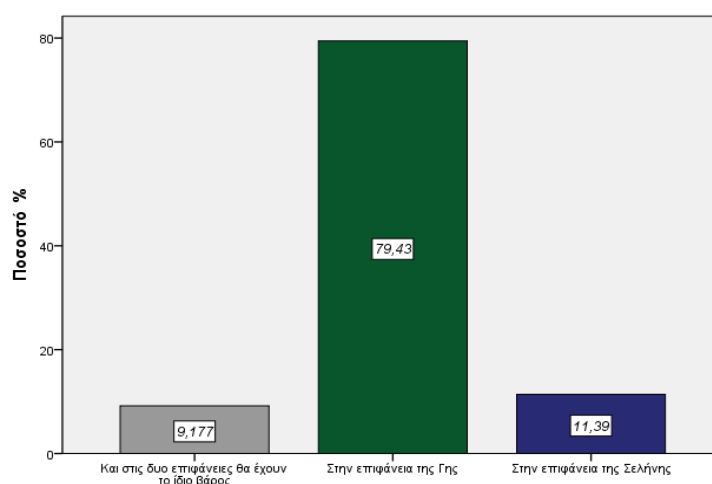
Στην **Ερώτηση Φ7**: «Όταν ο Γαλιλαίος άφησε ελεύθερες τις δυο σφαίρες από την κορυφή του κεκλιμένου πύργου της Πίζα, η αντίσταση του αέρα δεν ήταν πραγματικά αμελητέα. Υποθέτοντας πως οι σφαίρες είχαν το ίδιο μέγεθος, αλλά η μια ήταν πολύ βαρύτερη από την άλλη, ποια χτύπησε πρώτη στο έδαφος;...» παρατηρούμε πως το 52,22 % των φοιτητών απαντά ότι η βαρύτερη σφαίρα θα χτυπήσει πρώτη στο έδαφος, ενώ το 42,72 % αυτών ότι θα φτάσουν και οι δυο ταυτόχρονα (**Σχήμα Φ11**). Ένα ποσοστό ίσο με 5,063% απαντά πως η ελαφρύτερη σφαίρα θα χτυπήσει πρώτη στο έδαφος.



Σχήμα Φ11: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Όταν ο Γαλιλαίος άφησε ελεύθερες τις δυο σφαίρες από την κορυφή του κεκλιμένου πύργου της Πίζα, η αντίσταση του αέρα δεν ήταν πραγματικά αμελητέα. Υποθέτοντας πως οι σφαίρες είχαν το ίδιο μέγεθος, αλλά η μια ήταν πολύ βαρύτερη από την άλλη, ποια χτύπησε πρώτη στο έδαφος;...»

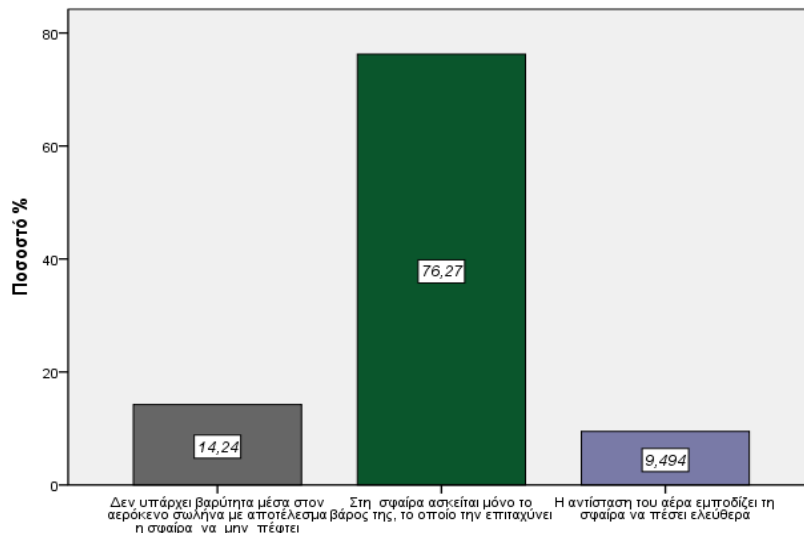
Στην **Ερώτηση Φ8**: «Μια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Γης και η ίδια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Σελήνης. Που έχει το μεγαλύτερο βάρος;...» προκύπτει πως το 79,43% των φοιτητών δηλώνουν ότι η πέτρα έχει μεγαλύτερο βάρος στην επιφάνεια της Γης, ενώ ένα μικρό ποσοστό φοιτητών (11,39 %) είχε την άποψη ότι η πέτρα έχει

μεγαλύτερο βάρος στην επιφάνεια της Σελήνης (**Σχήμα Φ12**). Την απάντηση πως και στις δυο επιφάνειες οι πέτρες θα έχουν το ίδιο βάρος έδωσε το 9,177% των ερωτηθέντων.



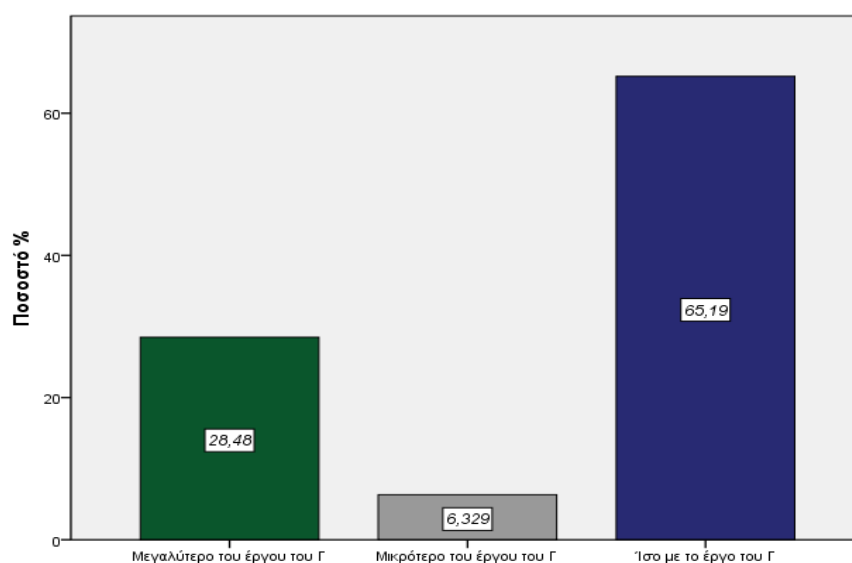
Σχήμα Φ12: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Μια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Γης και η ίδια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Σελήνης. Που έχει το μεγαλύτερο βάρος;...»

Στην Ερώτηση Φ9: «Στο πάνω άκρο ενός αερόκενου σωλήνα αφήνουμε μια σφαίρα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;...» Οι φοιτητές πιστεύουν ορθά σε σχετικά μεγάλο ποσοστό (76,27 %) ότι στη σφαίρα ασκείται μόνο το βάρος της, το οποίο και την επιταχύνει, καθώς δεν υπάρχουν αντιστάσεις. Παρόλα αυτά υπάρχει ένα ποσοστό φοιτητών περίπου 25 % που απάντησε λανθασμένα στην ερώτηση αυτή, είτε διότι θεωρούσε ότι στον αερόκενο σωλήνα υπάρχουν αντιστάσεις λόγω του αέρα οι οποίες εμποδίζουν τη σφαίρα να πέσει ελεύθερα (9,494 %), είτε διότι πίστευε ότι δεν υπάρχει βαρύτητα η οποία θα προκαλούσε την πτώση της σφαίρας (14,24%) (**Σχήμα Φ13**).



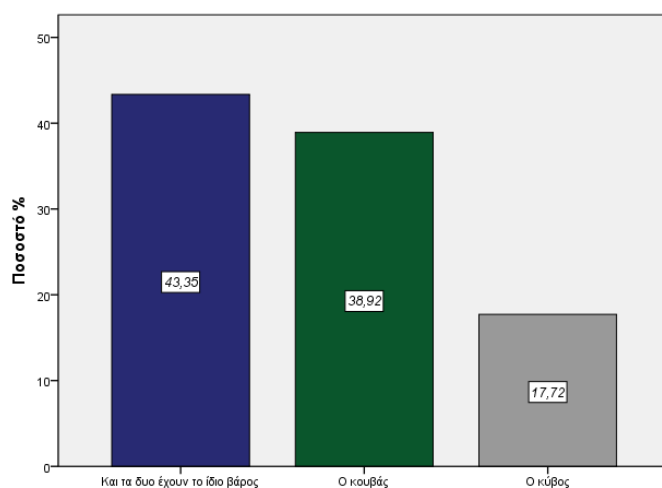
Σχήμα Φ13: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Στο πάνω άκρο ενός αερόκενου σωλήνα αφήνουμε μια σφαίρα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;...»

Στην **Ερώτηση Φ10** «Δυο άνθρωποι Α και Γ με ίσες μάζες ανεβαίνουν μια σκάλα. Ο Α ανεβαίνει την σκάλα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον Γ. Το έργο του βάρους του Α όταν και οι δυο φτάσουν στην κορυφή της σκάλας είναι...» οι απαντήσεις των ερωτηθέντων φαίνονται στο **Σχήμα Φ14**. Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι το 65.19 % των ερωτηθέντων θεωρεί ότι οι δυο άνθρωποι ανεξάρτητα από την ταχύτητα που ανεβαίνουν τη σκάλα θα έχουν το ίδιο έργο του βάρους, ενώ το 28.48 % πιστεύει πως το έργο του βάρους εξαρτάται από την ταχύτητα που ανεβαίνει ο άνθρωπος τη σκάλα.



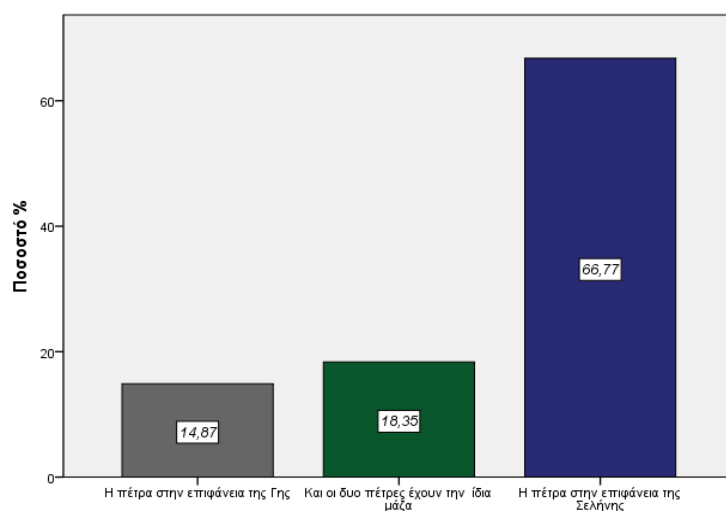
Σχήμα Φ14: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση: «Δυο άνθρωποι Α και Γ με ίσες μάζες ανεβαίνουν μια σκάλα. Ο Α ανεβαίνει την σκάλα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον Γ. Το έργο του βάρους του Α όταν και οι δυο φτάσουν στην κορυφή της σκάλας είναι...»

Στην **Ερώτηση Φ11** «Ο κουβάς και ο κύβος έχουν ίσες μάζες, αλλά αιωρούνται (ισορροπούν) σε διαφορετικά ύψη πάνω από το πάτωμα. Ποιο από τα δυο έχει μεγαλύτερο βάρος;...» οι απαντήσεις των πρωτοετών φοιτητών είναι πραγματικά εντυπωσιακές. Οι φοιτητές θεωρούν ότι ενεργεί συνισταμένη δύναμη διάφορη του μηδενός, ίδιου «προσανατολισμού» με το παρατηρούμενο αποτέλεσμα, η οποία και το δικαιολογεί. Σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής, η παραπάνω περίπτωση είναι κατάσταση «ασύμμετρης» ισορροπίας, για την οποία ισχύει η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν.



Σχήμα Φ15: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Ο κουβάς και ο κύβος έχουν ίσες μάζες, αλλά αιωρούνται (ισορροπούν) σε διαφορετικά ύψη πάνω από το πάτωμα. Ποιο από τα δυο έχει μεγαλύτερο βάρος;...»

Τέλος, στην **Ερώτηση Φ12**: «Μια πέτρα πάνω στην επιφάνεια της Γης και μια άλλη στην επιφάνεια της Σελήνης ζυγίζονται και προκύπτει και για τις δυο το ίδιο βάρος. Ποια από τις δυο πέτρες έχει μικρότερη μάζα;...»



Σχήμα Φ16: Κατανομή απαντήσεων των ερωτηθέντων στην ερώτηση «Μια πέτρα πάνω στην επιφάνεια της Γης και μια άλλη στην επιφάνεια της Σελήνης ζυγίζονται και προκύπτει και για τις δυο το ίδιο βάρος. Ποια από τις δυο πέτρες έχει μικρότερη μάζα;...»

Γνωρίζοντας ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι μικρότερη στη Σελήνη σε σχέση με τη Γη είναι εντυπωσιακό ότι το 66.77 % των ερωτηθέντων απάντησε εσφαλμένα ότι η πέτρα θα έχει μικρότερη μάζα στην επιφάνεια της Σελήνης. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το 14.87 % των ερωτηθέντων απάντησε πως μικρότερη μάζα θα έχει η πέτρα στην επιφάνεια της Γης, ενώ το 18.35 % ότι και οι δυο πέτρες θα έχουν την ίδια μάζα. Με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων στο ερώτημα αυτό προκύπτει πως οι ερωτηθέντες δυσκολεύονται να ξεχωρίσουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών της μάζας και του βάρους, σε επίπεδο ορισμού.

4.2. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Χημείας

Ο πληθυσμός της μελέτης αυτής για τη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Χημείας είναι 300 αριστούχοι μαθητές της Γ Λυκείου και συγκεκριμένα 162 αγόρια (ποσοστό 54 %) και 138 κορίτσια (ποσοστό 46 %) με ηλικία 18-19 έτη. Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να σημειώσουν στο ερωτηματολόγιο τον βαθμό που έγραψαν στο μάθημα της Χημείας Κατεύθυνσης στις Πανελλαδικές Εισαγωγικές Εξετάσεις. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον **Πίνακα Χ1**.

Πίνακας Χ1. Βαθμολογία στη Χημεία Κατεύθυνσης στις Πανελλήνιες Εισαγωγικές Εξετάσεις

Βαθμολογία στη Χημεία Κατεύθυνσης	Συχνότητα	Ποσοστό %
19,5-20	171	57
19-19,5	94	31,3
18,5-19	35	11,7
18-18,5	0	0
<18	0	0
Σύνολο	300	100

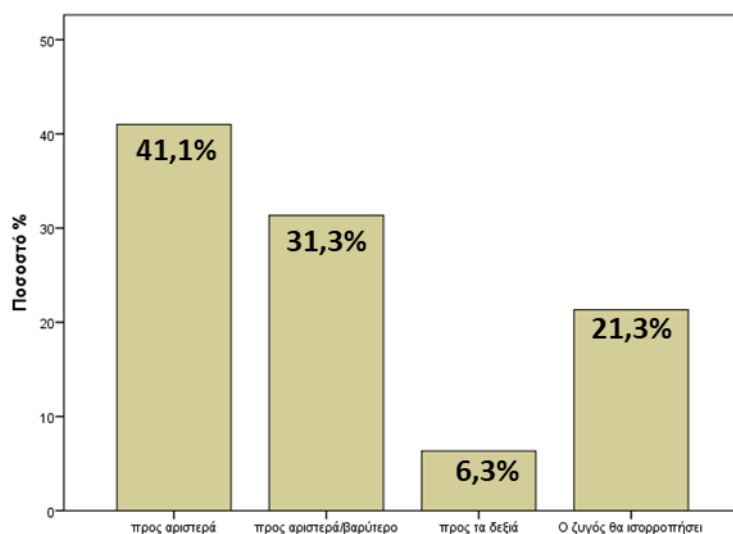
Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Χημείας φαίνονται στον **Πίνακα Χ2**. Μεγάλο ποσοστό των συμμετεχόντων έδειξε πολύ ή πάρα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Χημείας, ενώ ένα ποσοστό περίπου 13 % έδειξε μέτριο ενδιαφέρον.

Πίνακας Χ2. Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Χημείας

Ενδιαφέρον για τη Χημεία	Συχνότητα	Ποσοστό %
Καθόλου	0	0
Λίγο	2	0,7
Μέτριο	40	13,3
Πολύ	95	31,7
Πάρα πολύ	163	54,3
Σύνολο	316	100,0

Στην Ερώτηση Χ1: «Δυο όμοια δοχεία τα οποία περιέχουν λάδι (αριστερό δοχείο) και νερό (δεξί δοχείο) μέχρι το ίδιο ύψος τοποθετούνται στη ζυγαριά όπως φαίνεται στο σχήμα.

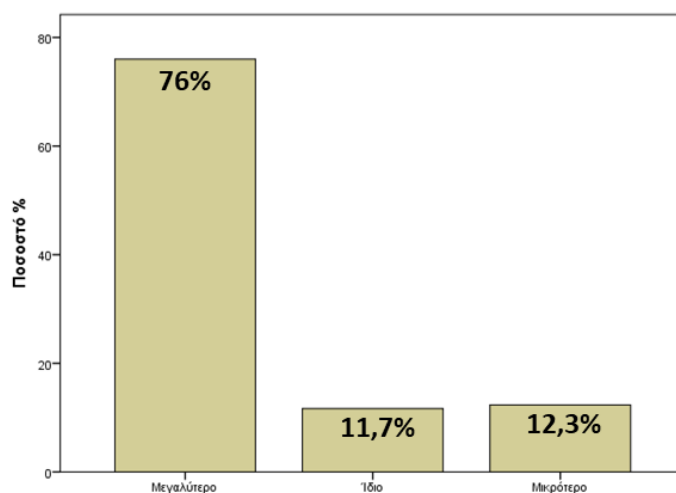
Τι πιστεύετε πως θα συμβεί:....». Στο **Σχήμα Χ1** φαίνονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς οι 217/300 ερωτηθέντες (ποσοστό 72,3%) πιστεύουν πως ο ζυγός θα μετατοπιστεί προς τα αριστερά, ενώ οι υπόλοιποι απαντούν πως θα μετατοπισθεί προς δεξιά (19/300 ή ποσοστό 6,3%) ή θα ισορροπήσει (64/100 ή ποσοστό 21,3%). Ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει να σχολιάσουμε το ότι από τους 217 που απάντησαν πως θα μετατοπισθεί αριστερά, οι 123 (ποσοστό 41,1% επί του συνόλου των ερωτηθέντων) απάντησαν πως θα μετατοπισθεί προς αριστερά και οι 94 (ποσοστό 31,3% επί του συνόλου των ερωτηθέντων) απάντησαν πως θα μετατοπιστεί προς το βαρύτερο/προς αριστερά. Θεωρούν δηλαδή πως ο ζυγός μετράει το βάρος του σώματος ενώ είναι γνωστό πως με τον ζυγό μετράμε την μάζα. Επομένως εν μέρει έδωσαν τη σωστή απάντηση πως η μετατόπιση του ζυγού θα είναι προς αριστερά όμως υπάρχει λανθασμένη θεώρηση του ότι μετράμε το βάρος και όχι τη μάζα.



Σχήμα Χ1: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Δυο όμοια δοχεία τα οποία περιέχουν λάδι (αριστερό δοχείο) και νερό (δεξί δοχείο) μέχρι το ίδιο ύψος τοποθετούνται στη ζυγαριά όπως φαίνεται στο σχήμα. Τι πιστεύετε πως θα συμβεί: ...»

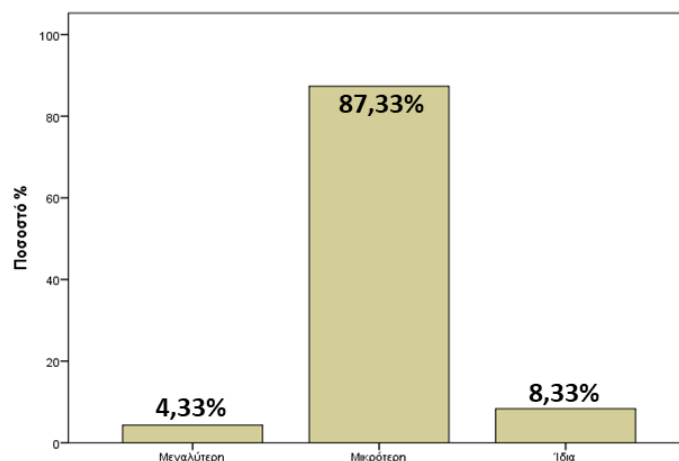
Στην Ερώτηση Χ2: «Δυο όμοια αδιαφανή δοχεία τοποθετούνται στο ζυγό και ισορροπούν. Το αριστερό δοχείο περιέχει λάδι και δεξί δοχείο περιέχει νερό. Το ύψος στο δοχείο του λαδιού είναι σε σχέση με αυτό του νερού:....» ένα πολύ μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων περίπου 76% (228/300 ερωτηθέντες) αναγνωρίζει ορθώς ότι το ύψος στο

δοχείο του λαδιού θα είναι μεγαλύτερο, το 12,3% θεωρεί πως το ύψος θα είναι μικρότερο, ενώ το 11,7% πως θα είναι ίδιο (**Σχήμα Χ2**). Βέβαια στην ερώτηση αυτή θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε σωστή την απάντηση αυτή που αναγνωρίζει διαφορετικά ύψη όχι απαραίτητα ψηλότερη στάθμη λαδιού γιατί πιθανόν να μη γνωρίζουν τη σχέση πυκνότητας των δυο υγρών. Μόνο 35 στους 300 ερωτηθέντες (ποσοστό 11,7%) θεωρεί πως τα ύψη θα είναι ίδια.



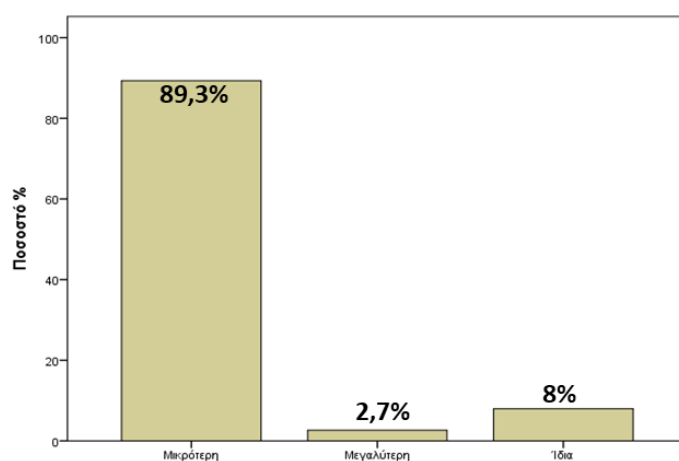
Σχήμα Χ2: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Δυο όμοια αδιαφανή δοχεία τοποθετούνται στο ζυγό και ισορροπούν. Το αριστερό δοχείο περιέχει λάδι και δεξί δοχείο περιέχει νερό. Το ύψος στο δοχείο του λαδιού είναι σε σχέση με αυτό του νερού:...»

Στην **Ερώτηση Χ3:** «Οι δυο μπάλες ισορροπούν στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί; ..» οι 262 ερωτηθέντες (262/300 ερωτηθέντες ή ποσοστό 87,3%) απάντησαν σωστά πως η μπάλα στα αριστερά έχει μικρότερη πυκνότητα, ενώ οι 38 ερωτηθέντες (38/300 ερωτηθέντες ή ποσοστό 12,6%) απαντούν λανθασμένα (**Σχήμα Χ3**). Πιο συγκεκριμένα οι 13/38 απαντούν πως θα έχει μεγαλύτερη, ενώ οι 25/38 ότι θα έχει ίδια.



Σχήμα X3: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Οι δυο μπάλες ισορροπούν στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί; ..»

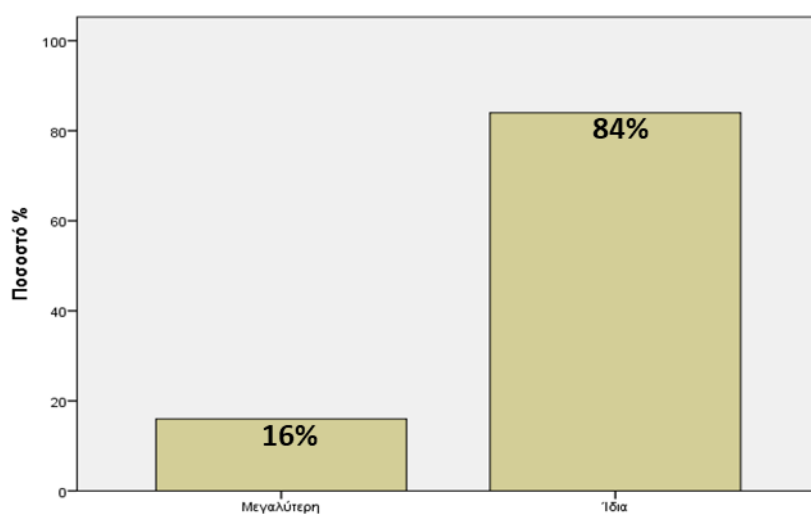
Στην **Ερώτηση X4:** «Δυο μπάλες ίδιου μεγέθους βρίσκονται στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί;...» η πλειοψηφία των ερωτηθέντων, 268 ερωτηθέντες (268/300 ερωτηθέντες ή ποσοστό 89,3%) απάντησαν σωστά πως η μπάλα στα αριστερά έχει μικρότερη πυκνότητα, ενώ οι 32 ερωτηθέντες (32/300 ερωτηθέντες ή ποσοστό 10,7%) απαντούν λανθασμένα (**Σχήμα X4**). Πιο συγκεκριμένα οι 8/32 (ποσοστό 2,7%) απαντούν πως θα έχει μεγαλύτερη, ενώ οι 24/32 (ποσοστό 8%) ότι θα έχει ίδια.



Σχήμα X4: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Δυο μπάλες ίδιου μεγέθους βρίσκονται στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί;...»

Αξίζει να σχολιαστεί όμως ότι για τις απαντήσεις των ερωτήσεων X2, X3 και X4 η πλειοψηφία των ερωτηθέντων απάντησαν χωρίς να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες και τα μεγέθη του μικρόκοσμου.

Η **Ερώτηση X5**: «Ένας ίσιος, ομοιόμορφος πίνακας κόβεται σε 3 κομμάτια διαφορετικού μεγέθους, έτσι ώστε το άθροισμα των μηκών των δύο μικρότερων κομματιών να ισούται με το μήκος του μακρύτερου τεμαχίου. Κάθε τεμάχιο έχει το ίδιο πλάτος και πάχος. Ποιο κομμάτι...» είχε 3 ερωτήματα: στα δυο πρώτα ερωτήματα όλοι οι συμμετέχοντες απάντησαν πως τον μεγαλύτερο όγκο και τη μεγαλύτερη μάζα θα έχει το κομμάτι C. Ενδιαφέρον έχουν οι απαντήσεις για το τρίτο ερώτημα στο οποίο 48 από τους 300 (ποσοστό 16%) συμμετέχοντες απάντησαν πως το κομμάτι C θα έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα (**Σχήμα X5**), ενώ οι 252/300 απάντησαν πως όλα τα κομμάτια θα έχουν την ίδια πυκνότητα (ποσοστό 84%).



Σχήμα X5: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ένας ίσιος, ομοιόμορφος πίνακας κόβεται σε 3 κομμάτια διαφορετικού μεγέθους, έτσι ώστε το άθροισμα των μηκών των δύο μικρότερων κομματιών να ισούται με το μήκος του μακρύτερου τεμαχίου. Κάθε τεμάχιο έχει το ίδιο πλάτος και πάχος. Ποιο κομμάτι έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα...»

4.3. Διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Βιολογίας

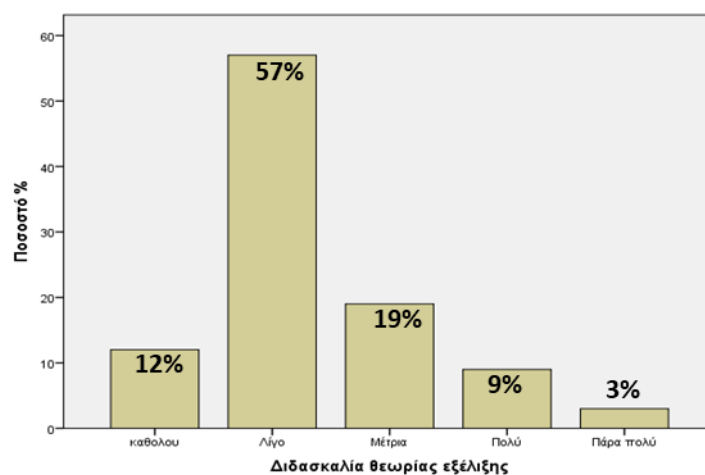
Όπως προαναφέρθηκε, ο πληθυσμός της μελέτης είναι 300 αριστούχοι μαθητές της Γ Λυκείου και συγκεκριμένα 162 αγόρια (ποσοστό 54 %) και 138 κορίτσια (ποσοστό 46 %) με ηλικία 18-19 έτη. Όλοι οι συμμετέχοντες έγραψαν στο μάθημα της Βιολογίας στις πανελλαδικές εισαγωγικές εξετάσεις βαθμολογία που κυμαίνεται από 19,5-20. Ενδιαφέρον έχει πως σχεδόν το σύνολο των συμμετεχόντων δήλωσε πως το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Βιολογίας ήταν «πάρα πολύ» μεγάλο (δήλωση με βάση την πενταβάθμια κλίμακα 1=καθόλου, 2=μέτρια, 3=αρκετά, 4=πολύ, και 5=πάρα πολύ) (Πίνακας Β1).

Πίνακας Β1. Ενδιαφέρον για το γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας

Ενδιαφέρον για τη Βιολογία	Συχνότητα	Ποσοστό %
Καθόλου	0	0
Μέτρια	0	0
Αρκετά	0	0
Πολύ	15	5
Πάρα πολύ	285	95
Σύνολο	300	100

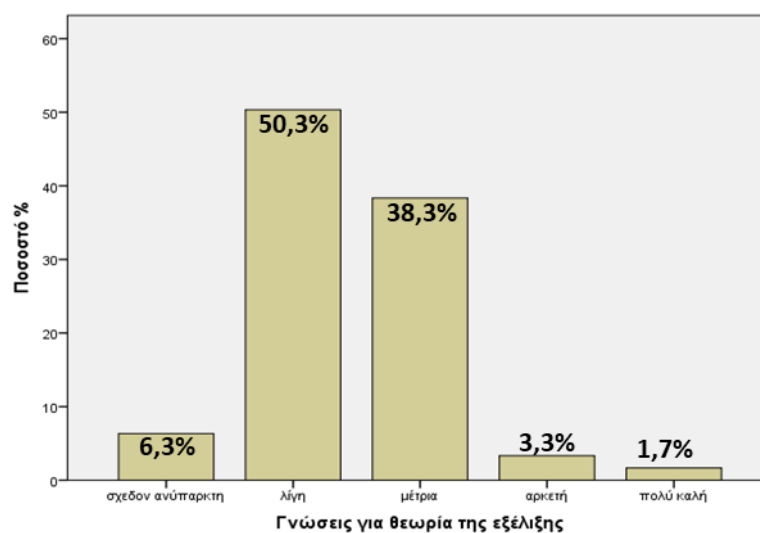
Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να απαντήσουν σε ερωτήσεις που αφορούν την διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης και το κατά πόσο την αποδέχονται.

Στην **Ερώτηση Β1**: «Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι ήταν ικανοποιητική η εμβάθυνση στις διαδικασίες της εξέλιξης κατά τη διδασκαλία του μαθήματος;...», το 12 % των ερωτηθέντων απαντά πως δεν έχουν διδαχθεί «καθόλου» καλά τη θεωρία αυτή, το 57 % «λίγο», το 19 % «μέτρια», το 9 % «πολύ» και το 3 % «πάρα πολύ» (**Σχήμα Β1**). Αξίζει να σημειωθεί ότι συνολικά το 76 % των ερωτηθέντων έχουν διδαχθεί λίγο έως μέτρια τη θεωρία της εξέλιξης.



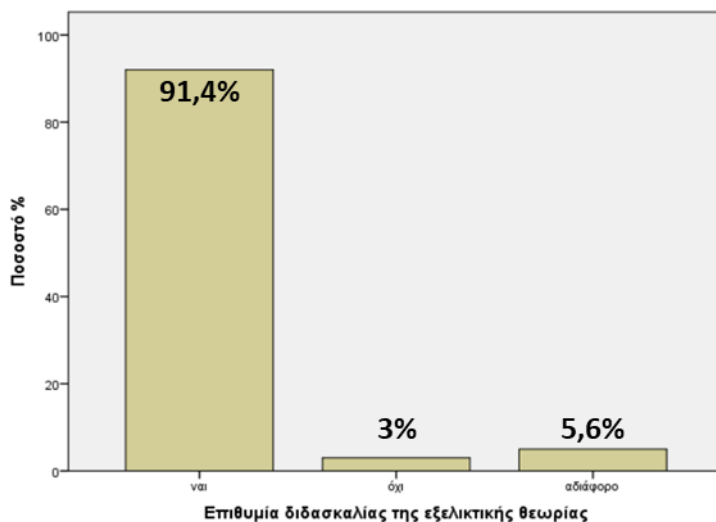
Σχήμα Β1: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι ήταν ικανοποιητική η εμπάθυνση στις διαδικασίες της εξέλιξης κατά τη διδασκαλία του μαθήματος;...»

Στην **Ερώτηση Β2:** «Με βάση την παρακάτω κλίμακα πως θα χαρακτηρίζατε τη γνώση σας για τη θεωρία της Εξέλιξης;...», το 6,3 % των ερωτηθέντων απαντά πως είναι σχεδόν ανύπαρκτη, το 50,3 % «λίγη», το 38,3 % «μέτρια», το 3,3 % «αρκετή» και το 1,7 % απαντά πως είναι πολύ καλή (**Σχήμα Β2**). Αξίζει να σημειωθεί ότι συνολικά το 89 % των ερωτηθέντων χαρακτηρίζει τη γνώση στη θεωρία της εξέλιξης των ειδών λίγη έως μέτρια.



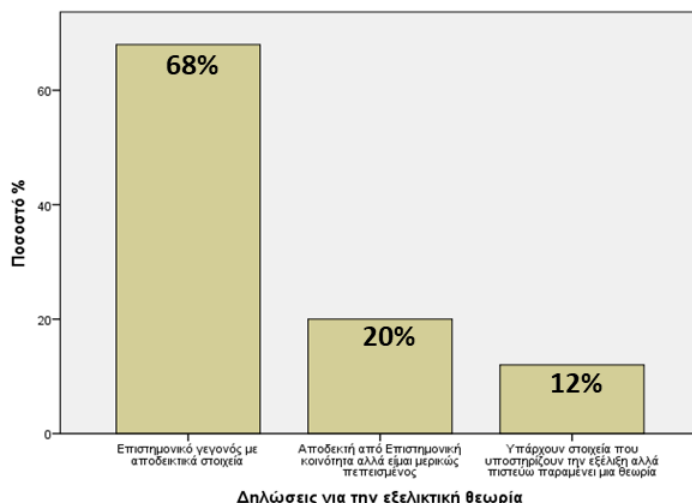
Σχήμα Β2: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Με βάση την παρακάτω κλίμακα πως θα χαρακτηρίζατε τη γνώση σας για τη θεωρία της Εξέλιξης;...»

Στην **Ερώτηση B3**: «Θα επιθυμούσατε να διδαχθείτε εκτενώς τη θεωρία της εξέλιξης;...» το 91,4 % των ερωτηθέντων απαντά πως θα ήθελε, το 3% δεν θα ήθελε και το 5,6% δεν ενδιαφέρεται για τη διδασκαλία της θεωρίας αυτής (**Σχήμα B3**).



Σχήμα B3: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Θα επιθυμούσατε να διδαχθείτε εκτενώς τη θεωρία της εξέλιξης;...»

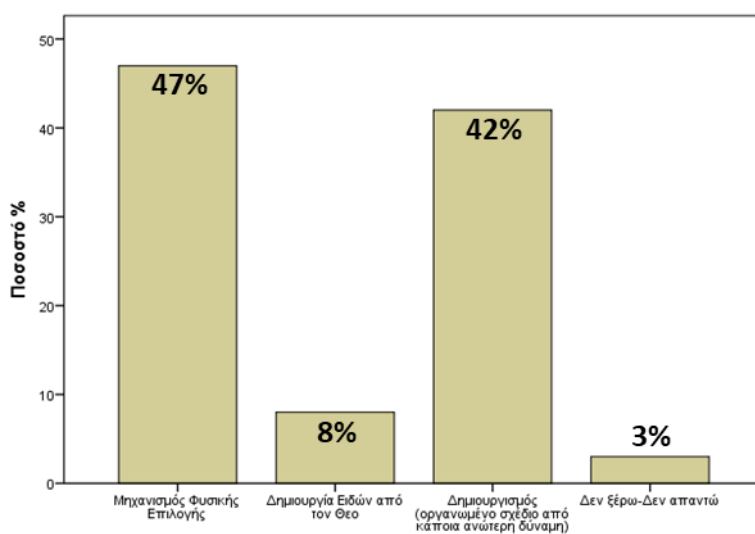
Στην **Ερώτηση B4**: «Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις προσεγγίζει περισσότερο τις απόψεις σας σχετικά με την εξέλιξη;...» το 68% των ερωτηθέντων απαντούν πως η εξέλιξη είναι ένα επιστημονικό γεγονός και υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία στα οποία στηρίζεται, το 20% πως η εξέλιξη γίνεται αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, αλλά ότι παραμένω "μερικώς πεπεισμένος/η" και το 12 % απαντούν πως υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν την εξέλιξη αλλά πιστεύω ότι «παραμένει μόνο μια θεωρία». Αξίζει να σημειωθεί πως κανένας από τους ερωτηθέντες δεν απάντησε πως η εξελικτική θεωρία είναι μια αναληθής θεωρία (**Σχήμα B4**).



Σχήμα B4: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις προσεγγίζει περισσότερο τις απόψεις σας σχετικά με την εξέλιξη:...»

Στην Ερώτηση B5: «Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις σας αντιπροσωπεύει περισσότερο;...»

το 47 % των ερωτηθέντων απαντά πως η δημιουργία ενός είδους είναι αποτέλεσμα τυχαίων εξελικτικών διαδικασιών υπονοώντας πως η εξέλιξη πραγματοποιείται μέσω του Μηχανισμού της Φυσικής Επιλογής, ενώ το 42 % απαντά πως υπάρχει ένα οργανωμένο σχέδιο το οποίο ελέγχεται από κάποια ανώτερη δύναμη (θεωρία του Δημιουργισμού η οποία αποδέχεται την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής όμως η διαδικασία αυτή ελέγχεται από μια υπέρτατη δύναμη).



Σχήμα B5: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις σας αντιπροσωπεύει περισσότερο;..»

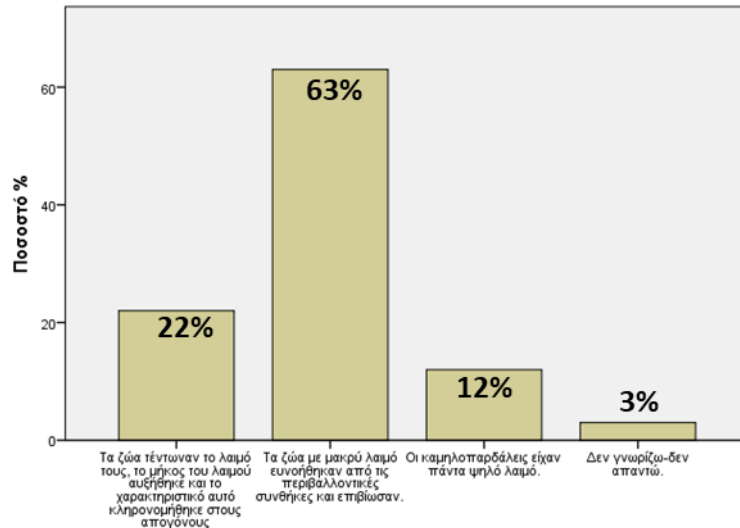
Στο τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου, οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους φοιτητές είχαν σκοπό τη διερεύνηση και ανάδειξη ενδεχόμενων εναλλακτικών ιδεών-παρανοήσεων. Παρά την αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας από ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών, οι έννοιες που διέπουν τη θεωρία της εξέλιξης των ειδών φαίνεται πως δεν έχουν κατανοηθεί πλήρως. Τα κύρια γνωστικά εμπόδια στη διδασκαλία της εξέλιξης και την κατανόηση των εννοιών της, όπως έχουν περιγραφεί και από άλλες ερευνητικές ομάδες θεωρούνται η τελεολογία, ο ουσιολογισμός και η προθετικότητα.

Στην Ερώτηση B6: «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι καμηλοπαρδάλεις είχαν προέλθει από ένα ζώο με κοντύτερο λαιμό. Αυτό συνέβη γιατί...» όπως φαίνεται στο **Σχήμα**

B6:

- ✓ το 22% των ερωτηθέντων θεωρεί πως τα ζώα τέντωναν τον λαιμό τους για να φτάσουν τα ψηλότερα κλαδιά, το μήκος αυτού σταδιακά αυξήθηκε και στη συνέχεια το χαρακτηριστικό αυτό κληρονομήθηκε και στους απογόνους (Λαμαρκιανές αντιλήψεις)
- ✓ το 63% θεωρεί πως στον πληθυσμό των καμηλοπαρδάλων τυχαία υπάρχουν ζώα με κοντό και μακρύ λαιμό. Τα ζώα με μακρύ λαιμό ευνοήθηκαν από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, επιβίωσαν και κυριάρχησαν (Δαρβινικές Αντιλήψεις)
- ✓ το 12% θεωρεί πως οι καμηλοπαρδάλεις είχαν πάντα ψηλό λαιμό και
- ✓ το 3% δηλώνει πως δεν ξέρει-δεν απαντά.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη ερώτηση υπάρχει ως παράδειγμα στο σχολικό βιβλίο και επομένως έχει διδαχθεί στους μαθητές. Παρόλα αυτά αξίζει να σχολιάσουμε πως **μόνο 6 στους 10 ερωτηθέντες δίνει τη σωστή απάντηση.**

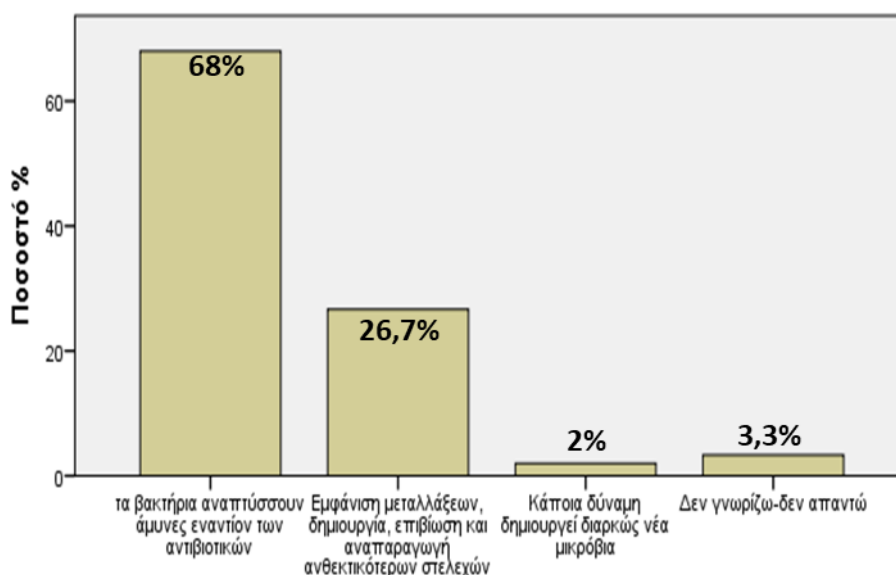


Σχήμα Β6: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι καμηλοπαρδάλεις είχαν προέλθει από ένα ζώο με κοντότερο λαιμό. Αυτό συνέβη γιατί...»

Στην Ερώτηση Β7: «Στην εφημερίδα διαβάζουμε πως: Οι επιστήμονες έχουν επανειλημμένα προειδοποιήσει την ιατρική κοινότητα για τους κινδύνους που απορρέουν από την αυξημένη χρήση των αντιβιοτικών, που πολλές φορές γίνεται χωρίς λόγο. Για ποιον λόγο ανησυχούν οι επιστήμονες;..», παρατηρούμε όπως φαίνεται στο **Σχήμα Β7** πως:

- ✓ το 68% των ερωτηθέντων (204/300 ερωτηθέντες) υποστηρίζει τη Λαμαρκιανή αντίληψη για την εξέλιξη που υποστηρίζει πως τα ίδια τα βακτήρια αναπτύσσουν άμυνες εναντίον των αντιβιοτικών και το χαρακτηριστικό αυτό το κληρονομούν και στους απογόνους
- ✓ το 26,7% (80/300 ερωτηθέντες) υποστηρίζει πως σε κάποια βακτήρια εμφανίστηκαν μεταλλάξεις και προέκυψαν ανθεκτικότερα στελέχη τα οποία επιβίωσαν, αναπαράχθηκαν και επικράτησαν
- ✓ το 3,3% (10/300 ερωτηθέντες) των ερωτηθέντων δεν γνωρίζει-δεν απαντά και τέλος
- ✓ το 2% (6/300 ερωτηθέντες) απαντά πως κάποια δύναμη δημιουργεί διαρκώς νέα μικρόβια.

Αξίζει να αναφερθεί πως το σχολικό βιβλίο της Βιολογίας Γενικής Παιδείας της Γ Λυκείου που διδάχθηκαν αναφέρει ότι «Η αλόγιστη χρήση αντιβιοτικών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά».



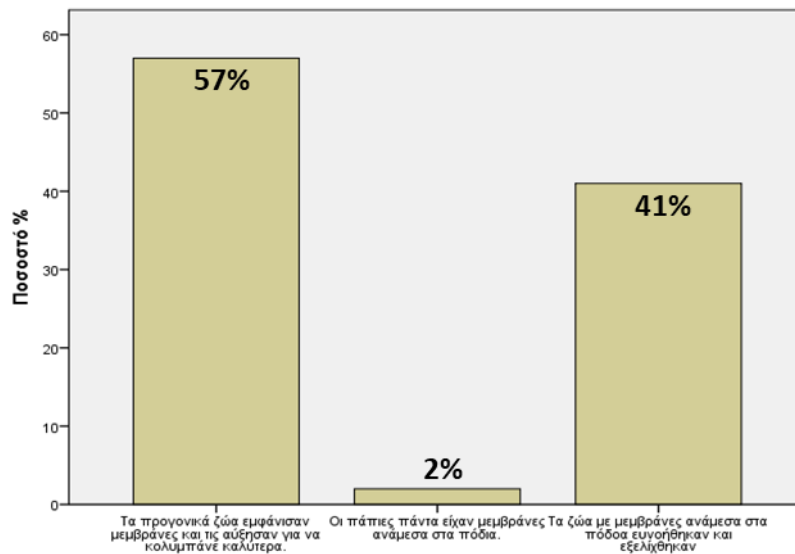
Σχήμα Β7: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Στην εφημερίδα διαβάζουμε πως: Οι επιστήμονες έχουν επανειλημμένα προειδοποιήσει την ιατρική κοινότητα για τους κινδύνους που απορρέουν από την αυξημένη χρήση των αντιβιοτικών, που πολλές φορές γίνεται χωρίς λόγο. Για ποιον λόγο ανησυχούν οι επιστήμονες;...»

Στην Ερώτηση Β8: «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι πάπιες είχαν προέλθει από ένα ζώο χωρίς μεμβράνες ανάμεσα στα δάκτυλα των ποδιών. Αυτό συνέβη γιατί...» παρατηρούμε όπως φαίνεται στο **Σχήμα Β8** πως:

- ✓ το 57% των ερωτηθέντων (171/300 ερωτηθέντες) απάντησε πως τα προγονικά ζώα χωρίς μεμβράνες σταδιακά εμφάνισαν και αύξησαν μεμβράνες για να κολυμπάνε καλύτερα (Λαμαρκιανές αντιλήψεις)
- ✓ το 2% των ερωτηθέντων (6/300 ερωτηθέντες) απάντησε πως οι πάπιες πάντα είχαν μεμβράνες ανάμεσα στα πόδια (υπονοώ ότι δεν έγινε εξέλιξη)
- ✓ το 41% των ερωτηθέντων (123/300 ερωτηθέντες) απάντησε πως τα ζώα με μεμβράνες ανάμεσα στα πόδια ευνοήθηκαν από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και σταδιακά εξελίχθηκαν οι πάπιες (Δαρβινικές αντιλήψεις)

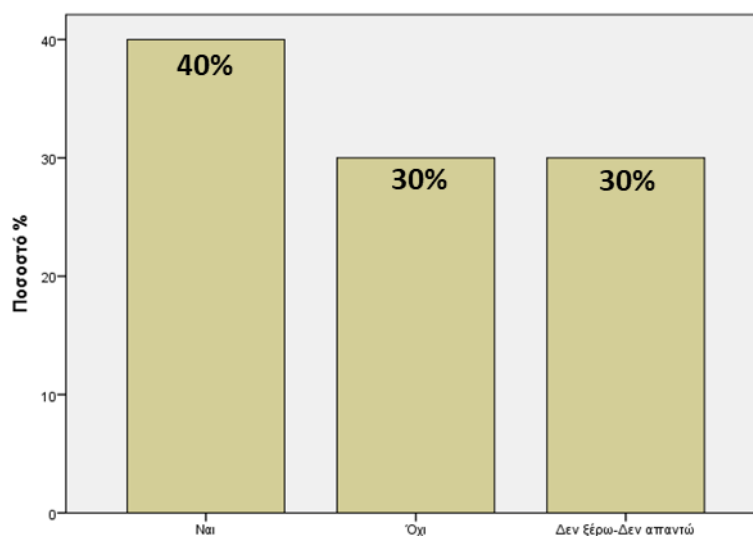
✓ δεν υπήρχε από κάποιον/α επιλογή της απάντησης «δεν ξέρω-δεν απαντώ»

Αξίζει να σχολιάσουμε πως μόνο 6 στους 10 ερωτηθέντες δίνει τη σωστή απάντηση.



Σχήμα Β8: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι πάπιες είχαν προέλθει από ένα ζώο χωρίς μεμβράνες ανάμεσα στα δάκτυλα των ποδιών. Αυτό συνέβη γιατί...»

Στην Ερώτηση Β9: «Πιστεύετε πως όποιος κάνει μονόζυγο ψηλώνει περισσότερο;», το 40% των ερωτηθέντων απάντησε «Ναι», απάντηση που υποδηλώνει Λαμαρκιανές αντιλήψεις, το 30 % απάντησε «Όχι» απάντηση που υποδηλώνει Δαρβινικές αντιλήψεις και τέλος το 30% επέλεξε την απάντηση «Δεν ξέρω/Δεν απαντώ» (Σχήμα Β9).



Σχήμα Β9: Κατανομή απαντήσεων των συμμετεχόντων στην ερώτηση «Πιστεύετε πως όποιος κάνει μονόζυγο ψηλώνει περισσότερο;...»

4.4. Υπολογισμός της Συνολικής Απόδοσης (Score)

Το ποσοστό των επιστημονικώς ορθών απαντήσεων για κάθε ερώτηση καθώς και η συνολική απόδοση υπολογίστηκε για τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και για τα τρία Γνωστικά Αντικείμενα. Οι έλεγχοι κανονικής κατανομής των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν με τους ελέγχους Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk (**Παράρτημα Δ**). Σε όλες τις περιπτώσεις δεν ικανοποιούνταν η προϋπόθεση της κανονικότητας και για αυτό το λόγο εφαρμόστηκαν μη παραμετρικοί έλεγχοι (Mann-Whitney) (Κατσής κ. συν., 2010).

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα Σ1**, η συνολική απόδοση είναι μεγαλύτερη για το Γνωστικό Αντικείμενο της Χημείας (75.59 ± 16.53), ακολουθεί η απόδοση για το Αντικείμενο της Φυσικής (64.56 ± 16.60), ενώ πολύ μικρότερη είναι για το Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας (40.17 ± 23.74).

Πίνακας Σ1. Συνολική απόδοση (Score) για τα τρία Γνωστικά Αντικείμενα

Γνωστικό Αντικείμενο Φυσικής		Γνωστικό Αντικείμενο Χημείας		Γνωστικό Αντικείμενο Βιολογίας	
Ερωτήσεις	Ποσοστό Επιστημονικώς ορθών απαντήσεων (%) (σύνολο 316)	Ερωτήσεις	Ποσοστό Επιστημονικώς ορθών απαντήσεων (%) (σύνολο 300)	Ερωτήσεις	Ποσοστό Επιστημονικώς ορθών απαντήσεων (%) (σύνολο 300)
Ερώτηση Φ1	82.91	Ερώτηση Χ1	41.00	Ερώτηση Β1	63.00
Ερώτηση Φ2	75.63	Ερώτηση Χ2	76.00	Ερώτηση Β2	26.67
Ερώτηση Φ3	67.09	Ερώτηση Χ3	87.33	Ερώτηση Β3	41.00
Ερώτηση Φ4	68.99	Ερώτηση Χ4	89.33	Ερώτηση Β4	30.00
Ερώτηση Φ5	51.90	Ερώτηση Χ5	83.67		
Ερώτηση Φ6	54.43				
Ερώτηση Φ7	42.72				
Ερώτηση Φ8	79.43				
Ερώτηση Φ9	76.27				
Ερώτηση Φ10	65.19				
Ερώτηση Φ11	43.35				
Ερώτηση Φ12	66.77				

	Γνωστικό Αντικείμενο		
	Φυσική	Χημεία	Βιολογία
Σύνολο Ερωτήσεων	12	5	4
Score	7.75 ± 1.99	3.78 ± 0.83	1.61 ± 0.95
Score 100%	64.56 ± 16.60	75.59 ± 16.53	40.17 ± 23.74

Στη συνέχεια διερευνήθηκε αν υπάρχει επίδραση του φύλου των συμμετεχόντων στη Συνολική απόδοση όπως αυτή υπολογίστηκε για τα τρία Γνωστικά αντικείμενα. Για τα Αντικείμενα της Φυσικής (κορίτσια (N=147) και αγόρια (N=169), $U=11751$, $p=0.402$)

(Παράρτημα Δ) και της Χημείας (κορίτσια (N=138) και αγόρια (N=161), $U=10053,5$, $p=0.126$) (Παράρτημα Δ) δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην Συνολική απόδοση μεταξύ των δυο φύλων, όμως η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική για το Αντικείμενο της Βιολογίας (κορίτσια (N=138) και αγόρια (N=162), $U=6383,5$, $p<0.001$) (Παράρτημα Δ).

Όπως φαίνεται στον Πίνακα Σ2, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στο ενδιαφέρον των φοιτητών για τα τρία Γνωστικά αντικείμενα και στη Συνολική απόδοση (Score).

Πίνακας Σ2: Συσχέτιση μεταξύ ενδιαφέροντος των συμμετεχόντων για τα Γνωστικά Αντικείμενα και της Συνολικής Απόδοσης (Score)

	Ενδιαφέρον φοιτητών
ScorePhysics	Chi-Square=26.269, df=30, p=0.661
ScoreChemistry	Chi-Square=3.960, df=4, p=0.411
ScoreBiology	Chi-Square=4.159, df=4, p=0.385

Τέλος υπολογίστηκε η Συνολική απόδοση για την κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» του εργαλείου CLASS (Πίνακας Σ3) και διερευνήθηκε η συσχέτισή της με τον βαθμό στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες καθώς και με το ενδιαφέρον για το μάθημα, η οποία βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας Σ4).

Πίνακας Σ3: Συνολική απόδοση (Score) για την κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» του εργαλείου CLASS

Ερωτήσεις	ScoreCLASS
Νομίζω πως η Φυσική Βιώνεται στην καθημερινή ζωή	20.99 ± 4.03
Δεν είμαι ικανοποιημένος μέχρις ότου κατανοήσω το γιατί και το πώς κάτι λειτουργεί	
Μελετώ Φυσική για να αποκτήσω γνώσεις που θα είναι χρήσιμες στη ζωή μου έξω από το σχολείο	
Μου αρέσει να επιλύω προβλήματα Φυσικής	
Η γνώση της Φυσικής αλλάζει τις ιδέες μου για το πώς λειτουργεί ο κόσμος	
Λογικά δεξιότητες που χρησιμοποιούνται στη Φυσική μπορεί να είναι χρήσιμες για μένα στην καθημερινή ζωή μου	

Το Mann-Whitney Τεστ δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ κοριτσιών (N=146) και αγοριών (N=170) όσον αφορά τη συνολική απόδοση για την κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» (U=11411, p=0.216) (**Παράρτημα Δ**).

Πίνακας Σ4: Συσχέτιση μεταξύ της Συνολικής απόδοσης (Score) για την κατηγορία «Προσωπικό Ενδιαφέρον» του εργαλείου CLASS και των παραμέτρων της μελέτης

	ScoreCLASS
Βαθμός στο μάθημα της Φυσικής στις Πανελλήνιες εξετάσεις	Chi-Square=91.313, df=72, p=0.062
Ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής	Chi-Square=123.485, df=72, p<0.001

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγικά

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή, διερευνήθηκε το προσωπικό ενδιαφέρον των αριστούχων μαθητών της Γ Λυκείου για το μάθημα της Φυσικής και οι εναλλακτικές ιδέες των αριστούχων μαθητών της Γ Λυκείου σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών και συγκεκριμένα:

- ✓ στην έννοια της δύναμης και του βάρους (Γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής)
- ✓ στην έννοια της πυκνότητας (Γνωστικό αντικείμενο της Χημείας) και
- ✓ στη θεωρία της εξέλιξης (Γνωστικό αντικείμενο της Βιολογίας).

Επιλέξαμε ως πληθυσμό έρευνας τους αριστούχους μαθητές του εκπαιδευτικού συστήματος καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλές βαθμολογικές επιδόσεις στις Πανελλήνιες Εισαγωγικές Εξετάσεις δηλαδή άριστη ανταπόκριση σε προχωρημένα θέματα που διαγωνίστηκαν. Επομένως, θα περίμενε κανείς πως δεν θα υπήρχαν παρανοήσεις σε θέματα Φυσικής, Χημείας ή Βιολογίας ή αν υπήρχαν θα ήταν σε περιορισμένο βαθμό. Ένα από τα κύρια συμπέρασμα της παρούσας μελέτης αποτελεί το γεγονός πως οι υψηλές επιδόσεις στις Πανελλήνιες εξετάσεις δε συνάδουν απαραίτητα με την εις βάθος γνώση των αντικειμένων των μαθημάτων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν αναδεικνύει πως ένας μεγάλος αριθμός αριστούχων μαθητών του εκπαιδευτικού μας συστήματος διατηρεί σε μεγάλο ποσοστό τις εναλλακτικές ιδέες για έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, οι παρανοήσεις που καταγράφηκαν στα ερωτήματα δεν παρουσίασαν συσχέτιση με παραμέτρους όπως βαθμολογικές επιδόσεις στις Πανελλήνιες εξετάσεις, το φύλο και το ενδιαφέρον των φοιτητών για το μάθημα της Φυσικής.

5.2. Συζήτηση-σχολιασμός ανά ερευνητικό ερώτημα

5.2.1. Προσωπικό ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για το μάθημα της Φυσικής

Γνωρίζουμε πως οι μαθητές εκτός από τις αρχικές αντιλήψεις που έχουν για έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής, έχουν ήδη διαμορφωμένες στάσεις και πεποιθήσεις, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την εκπαιδευτική διαδικασία, τη διαδικασία της μάθησης αλλά και τη μάθηση ως αποτέλεσμα (*Sahin 2010*). Η στάση τους απέναντι στο μάθημα της Φυσικής πιθανά απορρέει από τον τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος στο Γυμνάσιο και το Λύκειο που συνήθως πραγματοποιείται μέσω απομνημόνευσης θεωριών και κανόνων (*Siorenta & Jimogiannis 2008*) παρά μέσω εκπαιδευτικών προσεγγίσεων όπου ο προβληματισμός και η σκέψη θα βοηθήσουν στην απόκτηση της γνώσης και στην ουσιαστική κατανόηση εννοιών και φαινομένων.

Βιβλιογραφικά δεδομένα έχουν δείξει ότι οι στάσεις και οι πεποιθήσεις των μαθητών συνδέονται και με τις επιδόσεις τους. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης προέκυψε πως οι πεποιθήσεις που αφορούν τη δομή και τη σταθερότητα της γνώσης της Φυσικής είναι καλοί προγνωστικοί δείκτες της κατανόησης της Φυσικής (*Stathopoulou & Vosniadou 2007*). Επίσης, φοιτητές με ευνοϊκές πεποιθήσεις για το μάθημα της Φυσικής πετυχαίνουν υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα (*Perkins et al 2005*). Η έννοια του ενδιαφέροντος θεωρείται ως βασική προϋπόθεση-κίνητρο για την ενασχόληση με μια δραστηριότητα (*Schiefele 1999, Krapp 2002*).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς προκύπτει πως οι αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού μας συστήματος, δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Επτά στους δέκα ερωτηθέντες αναγνωρίζουν πως η Φυσική βιώνεται στην καθημερινή πράξη και πως οι γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν αλλάζουν τις ιδέες τους για το πώς λειτουργεί ο κόσμος αλλά και

για ό,τι παρατηρούν στην καθημερινή ζωή. Όμως αξίζει να σημειωθεί πως ένας στους τρεις φοιτητές μελετά το μάθημα της Φυσικής μόνο για τις απαιτήσεις του σχολείου και όχι για την απόκτηση γνώσεων που θα είναι χρήσιμες όταν ο μαθητής τελειώνει τη μαθητική του πορεία ή για περαιτέρω εμβάθυνση.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σε συμφωνία με τα αντίστοιχα που προέκυψαν από έρευνα της ομάδας του κ. Κώτση που αφορούσε τη διερεύνηση του προσωπικού ενδιαφέροντος φοιτητών του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής με τη χρήση του C.L.A.S.S. (Κώτσης-Στύλος 2011). Σύμφωνα με έρευνα, μερικοί μαθητές θεωρούν τη Φυσική σαν αδύναμες συνδεδεμένες πληροφορίες που πρέπει να μάθουν ξεχωριστά, ενώ άλλοι βλέπουν τη Φυσική σαν ένα σύνολο ιδεών που πρέπει να μάθουν (Hammer 1994). Κάποιοι μαθητές αντιλαμβάνονται τη μάθηση της Φυσικής ως απομνημόνευση τύπων και επίλυση προβλημάτων, ενώ άλλοι πιστεύουν ότι η μάθηση περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας βαθύτερης εννοιολογικής κατανόησης (Κώτσης-Στύλος 2011).

Στην παρούσα μελέτη, έξι στους δέκα φοιτητές εμφανίζουν επιθυμητά ποσοστά προσωπικού ενδιαφέροντος για τη Φυσική (το «επιθυμητό» ποσοστό αναφέρεται στο ποσοστό των απαντήσεων «Συμφωνώ» και «Συμφωνώ πολύ» και αντιστοιχεί στις απόψεις που έχει διαμορφώσει ένας έμπειρος καθηγητής), ενώ μόνο 3 στους δέκα εμφανίζουν μη επιθυμητά ποσοστά (το «μη επιθυμητό» ποσοστό αναφέρεται στο ποσοστό των απαντήσεων «Διαφωνώ» και «Διαφωνώ πολύ» και δεν αντιστοιχεί στις απόψεις που έχει ένας έμπειρος καθηγητής) και 1 στους δέκα παρουσιάζει ουδέτερο ενδιαφέρον. Τα ποσοστά αυτά δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι περισσότεροι μαθητές έχουν στάσεις και πεποιθήσεις για το μάθημα της Φυσικής διαφορετικές από αυτές που έχει ένας έμπειρος Φυσικός (Sahin 2010). Επιπρόσθετα μελέτες έχουν δείξει ότι οι μαθητές όταν ενδιαφέρονται για τα θέματα

που πρόκειται να διδαχθούν τότε μπορεί να ασχοληθούν με επιστημονικές μαθησιακές δραστηριότητες (*Osborne et al. 2003, Hidi et al. 2004*).

5.2.2. Εναλλακτικές ιδέες για την έννοια της δύναμης και του βάρους

Έως τώρα έχουν δημοσιευτεί αρκετές εργασίες που αφορούν την καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Μηχανικής σε διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες, σε μαθητές, φοιτητές και σε εκπαιδευτικούς (*Bayraktar, 2009, Driver et al, 2000, Itza-Ortiz, 2004, Minstrell, 1982, Jimoyiannis & Komis, 2003, Κώτσης, 2011, Καριώτογλου, 2004, Κώτσης, 2004α, Κώτσης, 2005α, Κώτση & Αναγνωστόπουλος, 2006, Στύλος & Κώτσης, 2009, Σολωμονίδου & Σταυρίδου, 1993, Στύλος, 2007*).

Οι μαθητές φαίνεται πως παρουσιάζουν δυσκολία στο να κατανοήσουν πως η ηρεμία είναι μια φυσική κατάσταση στην οποία η ταχύτητα του σώματος είναι ίση με το μηδέν (*Minstrell, 1982*). Η Driver αναφέρει ότι οι μαθητές δεν είναι πρόθυμοι να δεχτούν την παρουσία δυνάμεων εκεί που δεν υπάρχει κίνηση. Έχουν συνδυάσει την παρουσία δύναμης μόνο όταν υπάρχει κίνηση, η οποία θεωρούν ότι διατηρεί το σώμα σε κίνηση. Όταν ένα βιβλίο είναι σε ακινησία, οι μαθητές θεωρούν πως η πίεση του αέρα ή η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία ή το τραπέζι παρεμβάλλεται και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει (*Minstrell, 1982*). Στη δική μας μελέτη παρατηρήσαμε πως ένα πολύ μεγάλο ποσοστό ερωτηθέντων (82,9%) απάντησε σωστά πως η ακινησία ενός βιβλίου σε ένα τραπέζι οφείλεται στο ότι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βιβλίο είναι μηδέν.

Μια κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα που αναδύεται στην παρούσα μελέτη είναι το γεγονός πως η ύπαρξη της κίνησης ενός αντικειμένου προϋποθέτει την παρουσία μιας δύναμης που ενεργεί σε αυτό ή η δύναμη που ενεργεί στο αντικείμενο θα έχει την κατεύθυνση της κίνησής του. Όπως προκύπτει, τρεις στους τέσσερις αριστούχους μαθητές του εκπαιδευτικού μας συστήματος φαίνεται να έχει κατανοήσει σε βάθος τον πρώτο νόμο του

Νεύτωνα και μόνο ένας στους δυο φαίνεται να έχει κατανοήσει τον δεύτερο νόμο. Ένα σημαντικό ποσοστό συμμετεχόντων, περίπου 30%, πιστεύει πως η συνισταμένη δύναμη θα έχει φορά ίδια με τη φορά της κίνησης του αυτοκινήτου. Η αντίληψη αυτή είναι γνωστή ως «Αριστοτελική» στην οποία πιστεύεται πως η σταθερή κίνηση ενός σώματος είναι αποτέλεσμα μιας σταθερής δύναμης που έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας. Η εναλλακτική αυτή ιδέα που καταγράφηκε στην παρούσα έρευνα είναι σε συμφωνία και με άλλες μελέτες που έχουν δημοσιευτεί στο παρελθόν (Στύλος, 2007, Καράογλου, 2010, Clement 1982). Η παραπάνω αντίληψη διαπιστώθηκε και σε μελέτη στην οποία συμμετείχαν 150 πρωτοετείς φοιτητές Πανεπιστημίου (Clement, 1982) όσο και ανάμεσα σε πολλούς φοιτητές, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που είχαν σπουδάσει Φυσική (Caramazza et al., 1981). Η αντίληψη που έχουν οι φοιτητές για τη δύναμη και την ιδιότητα που της αποδίδουν να συνεχίζει να δρα σε ένα σώμα ακόμα και όταν αυτή δεν εφαρμόζεται, έχει προκύψει και από μελέτη που έγινε στα πλαίσια διερεύνησης των αντιλήψεων των πρωτοετών φοιτητών τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Στύλος, 2007). Αξίζει να σημειωθεί ότι και φοιτητές άλλων χωρών έχουν την άποψη πως σε ένα κινούμενο αντικείμενο ασκείται μια δύναμη κατά τη διεύθυνση της κίνησης, μια θεωρία που είναι γνωστή ως «θεωρία ωθήσεως» (Clement, 1982).

Μελέτες έχουν δείξει πως οι μαθητές πιστεύουν ότι η δύναμη είναι ιδιότητα ενός μεμονωμένου αντικειμένου και πως η ύπαρξη της αντίδρασης γενικά δεν είναι τόσο αποδεκτή. Από επιστημονική άποψη οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη. Επομένως, για κάθε δύναμη υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση. Για παράδειγμα ένα μπουκάλι πάνω σε ένα πάγκο ασκεί μια δύναμη σε αυτό και ο πάγκος ασκεί μια δύναμη ίση και αντίθετη στο μπουκάλι. Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήσαμε πως ένα μεγάλο ποσοστό των αριστούχων μαθητών δεν έχει κατανοήσει σε βάθος τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα.

Σε πρόσφατη μελέτη (Ιωαννίδης Χ, 2019), καταγράφηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου σχετικά με την έννοια της δύναμης και την επίδρασή της στην κίνηση ενός

σώματος και σχεδιάστηκε κατάλληλη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση προσομοιώσεων/εικονικών πειραμάτων με βάση τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών. Σύμφωνα με τους συγγραφείς της εργασίας, «κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές εργάστηκαν ομαδικά, επέδειξαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και έθεσαν περισσότερα ερωτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία». Οι μαθητές συμπλήρωσαν το σχετικό ερωτηματολόγιο πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση και φάνηκε πως αρκετοί μαθητές εγκατέλειψαν τις αρχικές τους ιδέες προς τις επιστημονικά ορθές. Επιπλέον, σύμφωνα με τους συγγραφείς «φάνηκε ότι η χρήση φύλλων εργασίας με συνδυασμό με τα εικονικά πειράματα (προσομοιώσεις) λειτούργησε θετικά στην επιδιωκόμενη γνωστική σύγκρουση με τις αντιλήψεις των μαθητών σε συμφωνία με την έρευνα των Jimoyianni & Komi (2001)».

Έρευνες που έχουν γίνει στην έννοια του βάρους και της μάζας τόσο σε μαθητές όσο και σε φοιτητές έδειξαν ότι παρατηρούνται οι ίδιες εναλλακτικές αντιλήψεις. Οι ιδέες των παιδιών για τη βαρύτητα και το βάρος παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον καθώς δε φαίνεται να είναι πολύ διαδεδομένη στους μαθητές η αντίληψη ότι το βάρος ενός αντικείμενου είναι η δύναμη της βαρύτητας στο αντικείμενο αυτό (*Driver R et al. 1998*). Επίσης, έρευνες έχουν δείξει πως όχι μόνο φοιτητές που προορίζονται να γίνουν εκπαιδευτικοί στη μέση εκπαίδευση (*Trumper, 2001*) αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχουν παρανοήσεις σε αυτό το πεδίο (*Kikas, 2004*).

Τα αποτελέσματα της δικής μας μελέτης δείχνουν πως σχεδόν ένας στους δυο αριστούχους μαθητές πιστεύει πως η βαρύτερη σφαίρα θα φτάσει πρώτη στο έδαφος. Έρευνες έχουν καταγράψει πως τα παιδιά πιστεύουν ότι όλα τα σώματα πέφτουν και ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα (*Osborne, 1980*). Η αντίληψη αυτή φαίνεται να είναι πολύ συνηθισμένη και μεταξύ των φοιτητών που σπουδάζουν φυσική οι οποίοι πιστεύουν ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα στη Γη διότι έχουν μεγαλύτερη επιτάχυνση εξαιτίας της βαρύτητας (*Gunstone and White, 1981*). Σε μια

ενδιαφέρουσα δημοσιευμένη μελέτη προέκυψε ότι το 40% των φοιτητών που βρίσκονταν στο προπαρασκευαστικό έτος για να σπουδάσουν φυσική πίστευε ότι ένα αντικείμενο με μεγαλύτερο βάρος έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση κατά την πτώση (*Cunstone and White, 1981*).

Οι φοιτητές πιστεύουν ορθά σε σχετικά μεγάλο ποσοστό ότι στη σφαίρα που κινείται σε αερόκενο σωλήνα ασκείται μόνο το βάρος της, το οποίο και την επιταχύνει, καθώς δεν υπάρχουν αντιστάσεις. Παρόλα αυτά υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό φοιτητών περίπου 25% που απάντησε λανθασμένα στην ερώτηση αυτή, είτε διότι θεωρούσε ότι στον αερόκενο σωλήνα υπάρχουν αντιστάσεις λόγω του αέρα οι οποίες εμποδίζουν τη σφαίρα να πέσει ελεύθερα, είτε διότι πίστευε ότι δεν υπάρχει βαρύτητα η οποία θα προκαλούσε την πτώση της σφαίρας. Η προαναφερθείσα άποψη των φοιτητών ότι δεν υπάρχει βαρύτητα λόγω απουσίας αέρα έχει αναφερθεί στη διεθνή βιβλιογραφία (*Stead and Osborne, 1980*).

Οι απαντήσεις των πρωτοετών φοιτητών θεωρούνται πραγματικά εντυπωσιακές όταν ερωτήθηκαν για το βάρος του κουβά και του κύβου που έχουν ίσες μάζες και ισορροπούν σε διαφορετικά ύψη πάνω από το πάτωμα. Σύμφωνα με τους νόμους της Φυσικής, η παραπάνω περίπτωση είναι κατάσταση «ασύμμετρης» ισορροπίας, για την οποία ισχύει η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν. Οι φοιτητές θεωρούν ότι ενεργεί συνισταμένη δύναμη διάφορη του μηδενός, ίδιου «προσανατολισμού» με το παρατηρούμενο αποτέλεσμα, η οποία και το δικαιολογεί (*Κουμαράς κ.α. 1994*). Ανάλογα ευρήματα έχουν δημοσιευτεί παλαιότερα (*Gunstone and White, 1981*).

Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις για τη σύγκριση της μάζας των δυο πετρών που έχουν ίδιο βάρος, στην επιφάνεια της Γης και στην επιφάνεια της Σελήνης. Παρόλο που γνωρίζουν πως η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι μικρότερη στη Σελήνη σε σχέση με τη Γη είναι εντυπωσιακό ότι το 66.77 % των ερωτηθέντων απάντησε εσφαλμένα ότι η πέτρα θα έχει μικρότερη μάζα στην επιφάνεια της Σελήνης. Αξιοσημείωτο είναι το

γεγονός ότι περίπου το 15 % των ερωτηθέντων απάντησε πως μικρότερη μάζα θα έχει η πέτρα στην επιφάνεια της Γης, ενώ περίπου το 18 % ότι και οι δυο πέτρες θα έχουν την ίδια μάζα. Με βάση τις απαντήσεις στο ερώτημα αυτό προκύπτει πως οι ερωτηθέντες δυσκολεύονται να ξεχωρίσουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών της μάζας και του βάρους, σε επίπεδο ορισμού.

5.2.3. Εναλλακτικές ιδέες για την έννοια της πυκνότητας

Σχετικά με τη διερεύνηση εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της πυκνότητας, διαπιστώσαμε πως τρεις στους δέκα αριστούχους μαθητές δεν αναγνώρισαν πως δυο διαφορετικά υγρά ίδιου όγκου θα έχουν διαφορετική πυκνότητα (**Ερώτηση X1**), παρόλο που έχουν διδαχθεί πως η πυκνότητα είναι χαρακτηριστική ιδιότητα για κάθε υγρό. Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών απαντά πως ο ζυγός θα μετατοπισθεί αριστερά προς το βαρύτερο σώμα παρόλο που είναι γνωστό πως με τον ζυγό μετράμε τη μάζα ενός σώματος και όχι το βάρος του.

Οι μαθητές απάντησαν στα ερωτήματα που τέθηκαν χρησιμοποιώντας τη μαθηματική σχέση ορισμού της πυκνότητας και όχι κάποιο σωματιδιακό μοντέλο (μάζα ατόμων-μορίων). Μια εναλλακτική ιδέα που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία και διαπιστώθηκε και στη δική μας μελέτη αλλά σε μικρό ποσοστό φοιτητών είναι πως η πυκνότητα είναι εκτατικό μέγεθος δηλαδή η τιμή της εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού. Στην παρούσα μελέτη, 48 από τους 300 ερωτηθέντες (ποσοστό 16%) απάντησαν πως το μεγαλύτερο κομμάτι θα έχει και την μεγαλύτερη πυκνότητα (**Ερώτηση X5**).

5.2.4. Εναλλακτικές ιδέες για την θεωρία της εξέλιξης

Όταν πραγματοποιήσαμε την παρούσα έρευνα η διδασκαλία της εξελικτικής θεωρίας πραγματοποιούνταν στα πλαίσια του μαθήματος Βιολογία Γενικής Παιδείας στη Γ Λυκείου

το οποίο όμως δεν εξετάζεται στις Πανελλήνιες Εξετάσεις. Στο πρώτο μέρος της μελέτης οι φοιτητές ερωτήθηκαν σχετικά με τη διδασκαλία (εκτενής διδασκαλία, γνώση, εμβάθυνση) και την αποδοχή της θεωρίας της εξέλιξης. Από την έρευνα αυτή διαπιστώσαμε πως το 76 % των ερωτηθέντων έχει διδαχθεί λίγο έως μέτρια τη θεωρία της εξέλιξης και το 89% θεωρεί πως η γνώση που έχει αποκτήσει στη θεωρία αυτή είναι λίγη έως μέτρια. Δεδομένου ότι στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν φοιτητές του Τμήματος Ιατρικής θα θεωρούσαμε αναμενόμενο πως το ενδιαφέρον τους για την εκτενή διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης θα ήταν μεγάλο. Στην συγκεκριμένη ερώτηση το ποσοστό αυτό βρέθηκε να είναι 91,4 %. Ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών, 68% δέχεται πως η θεωρία της εξέλιξης είναι επιστημονικό γεγονός και υπάρχουν στοιχεία που το αποδεικνύουν.

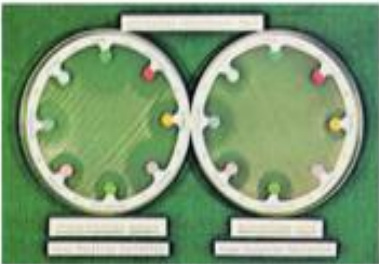
Στην παρούσα μελέτη καταγράψαμε εναλλακτικές ιδέες σε μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων στην θεωρία της εξέλιξης. Στην **Ερώτηση B6** που υπάρχει ως παράδειγμα στο σχολικό βιβλίο της Βιολογίας Γενικής Παιδείας Γ Λυκείου παρατηρήσαμε πως μόνο το 63 % των ερωτηθέντων ερμηνεύει την προέλευση των καμηλοπαρδάλων με βάση τις Δαρβινικές αντιλήψεις, ενώ το 22 % των φοιτητών την ερμηνεύει σύμφωνα με τις απόψεις του Λαμάρκ. Αξίζει να σημειωθεί πως ένας στους δέκα φοιτητές (ποσοστό 12 %) απαντά πως οι καμηλοπαρδάλεις είχαν πάντα ψηλό λαιμό δηλαδή θεωρεί πως δεν έχει πραγματοποιηθεί εξέλιξη.

Αξίζει να σχολιαστεί ότι στις **Ερωτήσεις B7** και **B8** το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών δίνει ερμηνείες με βάση τις Λαμαρκιανές αντιλήψεις (ποσοστά 68 % και 57 %, αντίστοιχα). Στο σχολικό βιβλίο της Βιολογίας Γενικής Παιδείας, στη σελίδα 26 αναγράφεται το εξής: *«Παρ' όλα αυτά η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά.»* όπως φαίνεται στην επόμενη σελίδα. Φαίνεται πως η διατύπωση της πρότασης αυτής στο σχολικό εγχειρίδιο συμβάλει στην ερμηνεία με τη βοήθεια των Λαμαρκιανών αντιλήψεων. Η χρήση των ουσιαστικών «επιβίωση» ή «επικράτηση» ή «επιλογή» αντί της «δημιουργίας» πιθανά θα βοηθούσε

περισσότερο στο να κατανοήσει ο μαθητής πως η αλόγιστη χρήση αντιβιοτικών έχει ως αποτέλεσμα τη επιβίωση εκείνων των στελεχών των βακτηρίων που είναι ανθεκτικά σε αυτά.

ΑΝΘΙΒΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΑ

Τα αντιβιοτικά δρουν επιλεκτικά, με την έννοια ότι βλάπτουν **μόνο τους μικροοργανισμούς** και όχι το κύτταρο του ανθρώπου. Επειδή τα αντιβιοτικά, γενικά, δρουν αναστέλλοντας την παραγωγή ουσιών στα βακτήρια, στους μύκητες και στα πρωτόζωα, δεν είναι αποτελεσματικά έναντι των ιών, καθώς αυτοί δε διαθέτουν δικό τους μεταβολικό μηχανισμό, αφού αποτελούν υποχρωματικά κυτταρικά παράσιτα.



Εικόνα 1.17:

Στα δύο κυττάρια με «αλλοιωμένες» βακτηρίες δεν παρατηρείται αύξηση των βακτηρίων γύρω από τους τραυματισμένους δακτύλους που παράγουν αντιβιοτικά.

Σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα

Τα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα, αυτά δηλαδή που μεταδίδονται κατά κύριο λόγο με τη σεξουαλική επαφή, είναι ευρέως διαδεδομένα σε όλες τις χώρες του κόσμου και αποτελούν ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας. Προκαλούν στείρωση, νοσήματα, ακόμη και θνητότητα.

Κάθε χρόνο σε όλο τον κόσμο αναφέρονται περίπου 250 εκατομμύρια περιστατικά σεξουαλικά μεταδιδόμενων νοσημάτων. Έχει υπολογιστεί ότι τα 1/3 από αυτά αφορά εφήβους. Εκτός από τη σεξουαλική επαφή, τα περισσότερα από αυτά μπορούν να μεταδοθούν μέσω του αίματος ή των παραγόντων του πλ. ή, σε περιπτώσεις μετάγγισης ή χρήσης μολυσμένης σύριγγας, καθώς και από τη μολυσμένη μητέρα στο έμβρυο.

Τα πιο συνηθισμένα σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα είναι:

1. **Από βακτήρια:** η σύφιλη, η γονόρροια (ή γονόρρα) και η λοίμωξη από χλαμύδια.
2. **Από ιούς:** ο απλός έρπητας, η λοίμωξη από ιούς των ανθρώινων θηλωμάτων, το AIDS, η ηπατίτιδα Β και η ηπατίτιδα C.
3. **Από πρωτόζωα:** η λοίμωξη από τριχομόνδα.
4. **Από μύκητες:** η λοίμωξη από κόνιδια.

Η ανακάλυψη των αντιβιοτικών έφερε επανάσταση στην αντιμετώπιση των βακτηριακών λοιμώξεων. Παρ' όλα αυτά **η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά.** Λόγω του γεγονότος αυτού γίνεται όλο και μεγαλύτερη η ανάγκη για την ανακάλυψη νέων αντιβιοτικών.

Οι λέξεις που χρησιμοποιούνται όπως «σχέδιο», «ανάγκη» και «προσαρμογή» έχουν μια καθημερινή σημασία που αντιβαίνει την επιστημονική σημασία. Ένας τρόπος που πιθανά θα μπορούσε να αναδείξει κανείς με σαφήνεια αυτή τη διαφορά, είναι να δώσουμε στους μαθητές παραδείγματα προθετικής εξήγησης και εξελικτικής εξήγησης της προσαρμογής. Η λέξη «προσαρμογή» για παράδειγμα, μπορεί να ερμηνευτεί είτε ως συνολική, συνεχής αλλαγή της ομάδας, είτε ως αλλαγή σε μεμονωμένα άτομα της ομάδας. Ένα τέτοιο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι το εξής: «Οι πάπιες προσαρμόστηκαν στο αλλαγμένο περιβάλλον τους επειδή (1) ήθελαν να το κάνουν και αποφάσισαν να αλλάξουν, ή (2) επειδή κάποιες πάπιες διέθεταν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό που ήταν πλεονεκτικό

[109]

σε αυτό το περιβάλλον;». Οι μαθητές πρέπει να μάθουν να εξηγούν την προέλευση των χαρακτηριστικών των ειδών, εφαρμόζοντας σωστά μερικές κύριες έννοιες της εξελικτικής βιολογίας. Είναι κατανοητό και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης πως αρκετοί μαθητές φαίνεται να αντιλαμβάνονται την εξέλιξη ως μια διαδικασία με σκοπό. Είναι σημαντικό και σκόπιμο να βοηθήσουμε τους μαθητές να υπερπηδήσουν τις πρώτες διαισθητικές νοητικές τους παραστάσεις, και να υποστηρίξουμε την οικοδόμηση ενός νέου εξηγητικού πλαισίου της εξέλιξης που θα επιτρέπει τη διατύπωση εκ μέρους τους συνεπών και σταθερών εξηγήσεων για τα εξελικτικά φαινόμενα (*Kampourakis and Zogza, 2009*). Θα πρέπει να οδηγηθούν σε μια κατάσταση γνωστικής σύγκρουσης, όπου τα κυρίαρχα συστατικά των εννοιολογικών τους πλαισίων θα αμφισβητηθούν από τους ίδιους και βαθμιαία θα αντικατασταθούν από νέα. Σε αυτή τη διαδικασία, είναι απαραίτητο να δοθεί έμφαση σε δυο έννοιες εξ ολοκλήρου αντίθετες με τις νοητικές προ-παραστάσεις των μαθητών που περιγράψαμε νωρίτερα: “τύχη” και “αδυναμία πρόβλεψης”. Είναι πάρα πολύ σημαντικό οι μαθητές να κατανοήσουν ότι οι διαισθητικές τους τελεολογικές εξηγήσεις είναι αντίθετες με τη φυσική πορεία της εξέλιξης.

Η εξέλιξη είναι μια διαδικασία στην οποία υπάρχει μια αιτιώδης εξάρτηση από συγκεκριμένες συνθήκες ή γεγονότα που καθορίζουν το τρέχον αποτέλεσμα. Για να γίνει αυτό κατανοητό, είναι σημαντικό οι καθηγητές να επισημάνουν τη διάκριση μεταξύ (α) αιτιολογήσεων βάσει σχεδιασμού, οι οποίες σχετίζονται με την πρόθεση εξωτερικών ή εσωτερικών του οργανισμού παραγόντων να επιτύχουν ένα προσδιορισμένο εκ των προτέρων τελικό στόχο, και (β) μη προθετικών αιτιολογήσεων βάσει συνεπειών, οι οποίες σχετίζονται με τη Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης μέσω της φυσικής επιλογής. Μια τέτοια διάκριση απαιτεί προσοχή στο πώς περιγράφονται από τους καθηγητές ή παρουσιάζονται στα βιβλία οι εξελικτικές εξηγήσεις (*Kampourakis and Zogza, 2008*).

Συμπερασματικά, οι απαντήσεις των αριστούχων μαθητών του εκπαιδευτικού μας συστήματος εμφανίζουν τα δυο γνώριμα χαρακτηριστικά που διακρίνονται και στις

αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Στηρίζονται αφενός σε δικά τους νοητικά σχήματα που έχουν διαισθητικό ή εμπειρικό χαρακτήρα και αφετέρου σε επιστημονικές γνώσεις που αποκόμισαν από τη διδασκαλία, οι οποίες έχουν δημιουργήσει σύγχυση αυτών των εμπειριών. Επειδή όμως αναφερόμαστε σε φοιτητές που έχουν περάσει από όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, το χαρακτηριστικό που επικρατεί είναι το δεύτερο, δηλαδή οι αντιλήψεις τους έχουν διαμορφωθεί στα χρόνια της εκπαίδευσής τους με γνώσεις από το επιστημονικό μοντέλο (Κώτσης, 2002).

5.3. Προτάσεις διδακτικής αξιοποίησης των ευρημάτων της έρευνας

Η σύγχρονη πρόταση της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών λαμβάνει σοβαρά υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Επομένως, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να λάβουν υπόψη τους τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον διδακτικό μετασχηματισμό που προηγείται της ανάπτυξης του σχεδίου μαθήματος και στην επιλογή των κατάλληλων διδακτικών εργαλείων, προκειμένου αυτές να τροποποιηθούν και να εξελιχθούν προς τις επιστημονικά ορθές. Στο σχεδιασμό της διδασκαλίας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και η σύνθεση του τμήματος (Chantzis et al, 2010). Οι γλωσσικές ιδιαιτερότητες, το μορφωτικό υπόβαθρο της οικογένειας αλλά και κοινωνικά θέματα μπορεί να επηρεάζουν τις προσλαμβανόμενες παραστάσεις των μαθητών. Οι προϋπάρχουσες/εναλλακτικές ιδέες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στις περαιτέρω μαθησιακές διαδικασίες, διότι ο τρόπος με τον οποίον οι μαθητές παρατηρούν και ερμηνεύουν τα διάφορα γεγονότα και φαινόμενα, επικοινωνούν ή δέχονται τις νέες πληροφορίες, έχει σχέση με τις ιδέες αυτές. Η ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, για τις οποίες δεν μπορεί να απαντηθεί αν ευθύνεται ο εκπαιδευτικός, η μέθοδος ή το εγχειρίδιο, αποτυπώνει τη γνώση τους και

εξάγεται το συμπέρασμα ότι δεν έχει γίνει η απαραίτητη εννοιολογική αλλαγή (Κώτσης, 2011).

Πρόσφατη μελέτη (Μαστρογιωργάκη 2019) έδειξε πως η διδακτική-μαθησιακή παρέμβαση με απαντήσεις (επιχειρήματα) που αφορούν στο 2^ο Νόμο του Νεύτωνα και που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων 39 μαθητών της Α΄ τάξη Λυκείου. Με την πρακτική αυτή, η οποία έχει προταθεί για τις Φυσικές Επιστήμες, επιδιώκεται οι μαθητές να ασκηθούν τόσο στην ανάπτυξη τεκμηριωμένων επιχειρημάτων που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία που τους δίνονται ή συλλέγουν οι ίδιοι από διερευνήσεις που διενεργούν, όσο και στην αξιολόγηση επιχειρημάτων (των δικών τους ή των επιχειρημάτων που τους δίνονται) αναγνωρίζοντας τα δυνατά και αδύναμα σημεία τους (NRC 2012). Υποστηρίζεται ότι η εμπλοκή των μαθητών με την πρακτική της επιχειρηματολογίας μπορεί να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (Venville & Dawson 2012), να συμβάλλει στην αλλαγή της εικόνας που έχουν σχηματίσει οι μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες (Bell & Linn 2000), καθώς επίσης και στην προαγωγή δεξιοτήτων παραγωγής γραπτού επιστημονικού λόγου (Sampson & Walker 2012). Τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των γραπτών επιχειρημάτων συνιστούν ένα επιπλέον κριτήριο της ποιότητάς τους και σχετίζονται με την πληρότητα και τη συνθετότητα των προτάσεων που συγκροτούνται, τη χρήση του λεξιλογίου και την τήρηση των γλωσσικών συμβάσεων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα 2014).

Η εννοιολογική αλλαγή επέρχεται όταν σημειώνεται οποιαδήποτε μεταβολή στο γνωστικό υπόβαθρο του μαθητή (με προσθήκη, αφαίρεση, τροποποίηση ή αντικατάσταση εννοιών) και προσδιορίζεται με την καταγραφή της γνώσης του μαθητή σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές (Chinn & Brewer 1998) και όταν οι αντιλήψεις των μαθητών πριν από τη διδασκαλία αντικατασταθούν (αναδομηθούν ριζικά) με τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις (Duit & Treagust 2003). Για το λόγο αυτόν πολλοί ερευνητές

θεωρούν ότι οι ιδέες των μαθητών πρέπει να βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των εκπαιδευτικών, αλλά και των εκπονητών των Αναλυτικών Προγραμμάτων (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2005).

Το αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών επιστημών φαίνεται πως δεν έχει αναπτυχθεί καλά στο ελληνικό σχολείο. Οι εκπαιδευτικοί τείνουν να εισάγουν θέματα και έννοιες στις Φυσικές επιστήμες με επιφανειακό τρόπο, όπου δίνεται έμφαση μόνο σε ποσοτικά προβλήματα. Η απομνημονευτική διαδικασία μάθησης των νόμων για παράδειγμα της Φυσικής δεν επιτρέπει στους μαθητές ούτε να εμβαθύνουν αλλά ούτε να υιοθετήσουν μόνιμα τις νέες ιδέες, με αποτέλεσμα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα να επιστρέφουν στις αρχικές τους αντιλήψεις (Brown, 1989). Οι παραδοσιακοί, δασκαλοκεντρικοί τρόποι διδασκαλίας δεν είναι αποτελεσματικοί στο να επιφέρουν εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou & Ioannides, 1998). Από την άλλη πλευρά εκπαιδευτικοί περιορισμοί όπως διαθέσιμος χρόνος, αυστηρά αναλυτικά προγράμματα και αξιολογήσεις που επικεντρώνονται κυρίως στο πόσο οι μαθητές γνωρίζουν (περιεχόμενο) και όχι στο πως θα επιτευχθεί η κατανόηση και απόκτηση της γνώσης, συμβάλλουν στο να μην αναδεικνύονται οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ή να μην αντικαθίστανται από τις ορθές επιστημονικά απόψεις (Wee 2010).

Σύμφωνα με πρόσφατα αποτελέσματα το κύριο χαρακτηριστικό των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών Χημείας που δημοσιεύτηκαν το 2014 και 2015, είναι οι ασαφείς αναφορές στις διερευνητικές προσεγγίσεις διδασκαλίας (εργαστηριακής ή μη) και τον τρόπο που ενισχύουν αυτές τη μάθηση της Χημείας (Σάλτα 2017). Επιπρόσθετα, φαίνεται πως ο Οδηγός του Εκπαιδευτικού στο Γυμνάσιο παρέχει σημαντική βοήθεια στους εκπαιδευτικούς σχετικά με τις ιδέες των μαθητών για βασικές έννοιες Χημείας και προτάσεις χειρισμού τους, ενώ δεν ισχύει το ίδιο για τους εκπαιδευτικούς του Λυκείου. Επίσης, στο πρόγραμμα σπουδών του Γυμνασίου παρατηρείται μεγάλος αριθμός προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων σε σχέση με τον διαθέσιμο χρόνο για τη διδασκαλία του μαθήματος (Σάλτα 2017). Υπάρχει λοιπόν επιτακτική ανάγκη

επαναπροσδιορισμού των προγραμμάτων σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες με κοινή επιδίωξη την ανάπτυξη διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης-διδασκαλίας στα οποία θα συνδυάζονται δράσεις της τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης, έτσι ώστε να έχουν νόημα και όφελος για τους μαθητές (Πλακίτση 2017).

Χρειάζεται μια αλλαγή στη διδακτική στρατηγική ώστε να καταστεί δυνατή πιο αποτελεσματική η προσέγγιση και η πλήρης αποσαφήνιση των εννοιών των Φυσικών επιστημών από τους μαθητές. Τα μαθήματα των Φυσικών επιστημών και οι διδακτικές δραστηριότητες θα πρέπει να απορρέουν μέσα από ένα πλαίσιο ποιοτικής προσέγγισης των διαφόρων εννοιών έτσι ώστε να υιοθετηθούν από τους μαθητές μέσα από την ενεργή εμπλοκή τους (Jimoyiannis & Komis, 2003). Οι εργαστηριακές ασκήσεις, που είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών και επομένως και του μαθήματος της Χημείας προσφέρουν σημαντικές εμπειρίες για μάθηση και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως ακρόαση, παρατήρηση, διερεύνηση, αλλά και επικοινωνιακών, οργανωτικών, δημιουργικών και δεξιοτήτων χειρισμού (Hofstein et al. 2013). Επίσης, συμβάλλουν στην καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η διατύπωση επιστημονικά ορθών ερωτήσεων και επιστημονικής επιχειρηματολογίας.

Τα τελευταία χρόνια η εισαγωγή και η εξάπλωση των Νέων Τεχνολογιών έχει λάβει μεγάλες διαστάσεις σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας συμπεριλαμβανομένης και της εκπαίδευσης. Στην τελευταία, οι Νέες Τεχνολογίες έχουν αξιοποιηθεί ιδιαίτερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στη δημιουργία νέων περιβαλλόντων μάθησης με τη χρήση εξομοιώσεων, οπτικοποιήσεων, μοντέλων, εκπαιδευτικών παιχνιδιών, καθώς φαίνεται να αυξάνουν τα κίνητρα μάθησης και ένταξης των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Βασιλούδης, 2011, Hennessy et al. 2007).

Με την ανάπτυξη των Νέων Τεχνολογιών, η ενσωμάτωση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τεχνολογικών μέσων όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές (χρήση του διαδικτύου και ιστοσελίδων), διαδραστικοί πίνακες, γυαλιά εικονικής πραγματικότητας, βιντεοπροβολείς,

οπτικοακουστικό υλικό, προσομοιώσεις και εικονικά πειράματα μπορεί να βοηθήσει στη σχεδίαση και την υλοποίηση διδασκαλιών με τη διερευνητική μάθηση από τους εκπαιδευτικούς (Schuler et al. 2012). Το υλικό συσχετίζεται άμεσα με την εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς επηρεάζει και επηρεάζεται από βασικές παραμέτρους της όπως είναι τα μαθησιακά αποτελέσματα, η αλληλεπίδραση εκπαιδευτικού και μαθητών, η οργάνωση και οι επιλογές των εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό της διδασκαλίας (Reys et al. 2003), οι διδακτικές πρακτικές που αυτοί χρησιμοποιούν (Parada & Sacristán 2010) και οι διδακτικοί στόχοι (Comi et al. 2017, Davis 2009, Fan & Zhu 2007). Διαφορετικό εκπαιδευτικό υλικό θα απαιτηθεί στην μαθητοκεντρική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με την δασκαλοκεντρική (Hora 2015) καθώς επίσης και σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα (Gorder 2008, Comi et al. 2017). Επίσης, υπάρχουν και άλλες παράμετροι που καθορίζουν την επιλογή του εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας όπως η ευκολία χρήσης του υλικού, οι γενικότερες ιδέες και στάσεις των εκπαιδευτικών (Keengwe et al. 2008), η διαθεσιμότητά των υλικών και οι υποδομές του σχολείου καθώς και οι κανόνες που καθορίζουν τη λειτουργία του σχολείου (Gorder 2008).

Τα μέσα αυτά έχουν την δυνατότητα να παρέχουν πρόσβαση με ψηφιακό τρόπο σε περιβάλλοντα που είναι δύσκολο να προσεγγιστούν μέσω παραδοσιακών μεθόδων. Ταυτόχρονα προωθούν τη συνεργασία, την αυθεντικότητα (αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης) και τη προσωποποίηση της γνώσης (προσαρμογή του τρόπου μάθησης στις ανάγκες του κάθε μαθητή) (Kearney et al. 2012). Βεβαία θα πρέπει να λάβουμε υπόψη πως τα τεχνολογικά μέσα από μόνα τους δεν μπορεί να κάνουν μια διδασκαλία επιτυχημένη, αλλά ο τρόπος με τον οποίο ο εκπαιδευτικός τα χρησιμοποιεί (Pringle et al. 2015), ο ρόλος του εκπαιδευτικού, καθώς και το γενικότερο παιδαγωγικό πλαίσιο που ακολουθείται παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποδοτική ενσωμάτωση των τεχνολογικών μέσων και στον χαρακτηρισμό της διδασκαλίας ως επιτυχημένης ή μη (Bell et al. 2013; Odom et al. 2011). Τα εμπόδια και οι προκλήσεις των εκπαιδευτικών κατά την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών

στην διδακτική πράξη αποτελούν αντικείμενο διαρκούς ερευνητικής δραστηριότητας (Ertmer et al. 2012, Zinger et al. 2017). Σε πρόσφατη έρευνα διερευνήθηκαν οι απόψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη δυνατότητα χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής και μικροϋπολογιστικών συστημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Αναγνωστάκης 2017). Γίνονται συνεχώς προσπάθειες για την ένταξή τους στο σχολικό περιβάλλον μέσω τεχνολογικών εργαλείων, εξοπλισμού, προγραμμάτων, λογισμικών, αλλά και της κατάλληλης επιμόρφωσης εκπαιδευτικών (Σολομωνίδου, 2006). Αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνική υποστήριξη αναφέρεται συχνά ως εμπόδιο στην επιτυχή παιδαγωγική εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη σχολική τάξη το οποίο εμφανίζεται τόσο σε αναπτυσσόμενες όσο και σε ανεπτυγμένες χώρες (Warschauer 2011).

Η χρήση των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνίας (ΤΠΕ) συμβάλλει στην ενσωμάτωση: α) δυναμικών μοντέλων προσομοιώσεων σε εκπαιδευτικά λογισμικά για την οικοδόμηση της γνώσης και β) ανοικτών ή σχεδόν ανοικτών περιβαλλόντων που υποστηρίζονται από τεχνολογίες, όπως τα πολυμέσα και τα υπερμέσα, σύγχρονη και ασύγχρονη επικοινωνία. Τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα περιλαμβάνουν αντικείμενα και δράσεις εμφανείς, σταδιακές και αναστρέψιμες από τον μαθητή, απευθείας χειρισμό αντικειμένων, με έμφαση στην κατά ελάχιστο ή μέγιστο αξιοποίηση της τεχνολογίας ανάλογα με το υπό μελέτη θέμα και σε περιπτώσεις όπου η διδασκαλία και η μάθηση είναι διαφορετικά αδύνατη ή δύσκολη (Μικρόπουλος, 2002).

Έρευνες έχουν δείξει πως με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων προσομοίωσης (Τζιμογιάννης, & Μικρόπουλος, 2000, Τζιμογιάννης, & Μικρόπουλος, 2010) αλλά και με την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών προγραμμάτων στη Φυσική (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2012) πετυχαίνουμε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

Σε πρόσφατη εργασία διερευνήθηκαν οι ιδέες 57 μαθητών της Γ' Λυκείου για τις έννοιες του έργου και της ενέργειας πριν και μετά την εφαρμογή διδακτικής παρέμβασης μέσω της χρήσης των ΤΠΕ (Σαραντόπουλος, 2019). Επίσης, σε πρόσφατη μελέτη (Ελματζίδου 2017)

στην οποία εφαρμόστηκε η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) και παραδοσιακή διδασκαλία σε μαθητές Γ Λυκείου για τη διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης παρατηρήθηκε σημαντική συμβολή της ΔΜΑ σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία στη βελτίωση της αποδοχής και της κατανόησης της Θεωρίας της Εξέλιξης. Σύμφωνα με τους Psillos και Kariotoglou (2016), κύριο χαρακτηριστικό της ΔΜΑ είναι η διερευνητική μάθηση, αφορά αναλυτικό πρόγραμμα διάρκειας λίγων εβδομάδων και περιλαμβάνει δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης προσαρμοσμένες στο επίπεδο σκέψης των εκπαιδευομένων.

Επιπρόσθετα, σε άλλη μελέτη φάνηκε ότι ο συνδυασμός κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού και σχεδιασμένων πειραματικών δραστηριοτήτων στο σχολικό εργαστήριο για τη μελέτη του απλού βαρυτικού εκκρεμούς οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (αποτελεσματική διδασκαλία), σε σχέση με την άσκηση σε ένα μόνο πειραματικό περιβάλλον (Τσιχουρίδης 2017). Οι ερευνητές ανέφεραν πως με την εναλλαγή πειραματικών περιβαλλόντων διατηρείται το ενδιαφέρον των μαθητών συνεχώς ενεργό και οδηγεί σε δημιουργικό αναστοχασμό, βελτιώνοντας τη συνολική μαθησιακή διαδικασία (Τσιχουρίδης 2017). Στο πλαίσιο της διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης, χρησιμοποιήθηκε εκπαιδευτικό υλικό με διεπιστημονικό χαρακτήρα για μια κοινή διδακτική προσέγγιση στη Χημεία και στα Μαθηματικά (Γκίτζια 2017). Έγινε σαφέστερη στους μαθητές η χρήση μαθηματικών εννοιών και συμβολικών παραστάσεων για να ερμηνεύσουν ένα χημικό φαινόμενο και όχι μόνο για να λύσουν αλγοριθμικές ασκήσεις (Γκίτζια 2017). Τα αποτελέσματα μελετών από τους Osborne & Hennesy (Osborne & Hennesy, 2003) και Σιμάτο (Σιμάτο, 1999) υποδεικνύουν τη θετική συμβολή του εμπλουτισμού της διδασκαλίας του μαθήματος των φυσικών επιστημών με διάφορα εργαλεία και μέσα.

Μελέτες έχουν δείξει πως τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ για τους μαθητές στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών είναι:

- Να έρθουν σε επαφή με απλές εποπτικές αναπαραστάσεις του μικρόκοσμου με στόχο την κατανόηση και την ερμηνεία των μακροσκοπικών φαινομένων.
- Να έχουν τη δυνατότητα παρέμβασης σε παραμέτρους και παρατήρησης των αποτελεσμάτων.
- Να συνδέουν το πραγματικό περιβάλλον με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, μεταβιβάζοντας πειραματικά δεδομένα με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων, ώστε να είναι δυνατή η διαγραμματική απεικόνιση και μελέτη του (Ζησιμόπουλος κ.ά., 2002).

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να προτείνουμε:

✓ Οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να διερευνούν και να λαμβάνουν υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στο σχεδιασμό της διδασκαλίας καθώς και στην επιλογή των κατάλληλων διδακτικών εργαλείων.

✓ Η διδακτική-μαθησιακή παρέμβαση με απαντήσεις και επιχειρήματα (πρακτική της επιχειρηματολογίας) μπορεί να συμβάλει στην εμπλοκή των μαθητών στην μαθησιακή διαδικασία και να συνεισφέρει στην καλύτερη κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών

✓ Οι εργαστηριακές ασκήσεις, που είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών πρέπει να πραγματοποιούνται καθώς αποτελούν τη βάση για την εμβάθυνση και την κατανόηση των εννοιών, καθώς και την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως ακρόαση, παρατήρηση, διερεύνηση, αλλά και επικοινωνιακών, οργανωτικών, δημιουργικών και δεξιοτήτων χειρισμού. Απλές πειραματικές δοκιμασίες θα πρέπει να πραγματοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς και να συζητούνται τα αποτελέσματα στη σχολική τάξη. Δε νοείται Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών χωρίς εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων.

✓ Επιπρόσθετα η χρήση των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στη δημιουργία νέων περιβαλλόντων μάθησης με τη

χρήση εξομοιώσεων, οπτικοποιήσεων, μοντέλων, εκπαιδευτικών παιχνιδιών φαίνεται πως αυξάνει τα κίνητρα μάθησης και ένταξης των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

✓ **Πληρέστερη μελέτη της διδακτικής ενότητας της δύναμης στα σχολικά εγχειρίδια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.** Όπως προαναφέρθηκε η έννοια αυτή έχει μελετηθεί ιδιαίτερα από την ερευνητική ομάδα του κ. Κώτση και έχουν προταθεί πολλές διδακτικές παρεμβάσεις και προτάσεις στα Σχολικά Εγχειρίδια. Με την παρούσα διατριβή διαπιστώσαμε πως οι εναλλακτικές ιδέες υπάρχουν και στους αριστούχους μαθητές του εκπαιδευτικού συστήματος. Οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την έννοια της δύναμης και του βάρους στο Σχολικό Εγχειρίδιο της Φυσικής της Α Λυκείου και συγκεκριμένα στην Ενότητα «1.2. Δυναμική σε μια Διάσταση». Στην ενότητα αυτή διδάσκεται η έννοια της δύναμης, του βάρους καθώς και οι νόμοι του Νεύτωνα. Με βάση τα ευρήματα της παρούσας διατριβής είναι αντιληπτό πως οι παραπάνω έννοιες δεν έχουν κατανοηθεί σε βάθος. Στο Σχολικό Εγχειρίδιο υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός εφαρμογών από την καθημερινότητα ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν τις έννοιες αυτές. Θα προτείναμε να προστεθούν περισσότερες εφαρμογές από την καθημερινότητα που θα βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν σε βάθος τις έννοιες αυτές. Για να επιτευχθεί αυτό ο διαθέσιμος διδακτικός χρόνος θα πρέπει να αυξηθεί κατά τουλάχιστον 2-3 διδακτικές ώρες ώστε να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί μετά την εισαγωγή των εννοιών αυτών, να συζητήσουν και να ερμηνεύσουν τα παραδείγματα από την καθημερινή ζωή (ενδεικτικά Παράρτημα Α). Η έννοια του βάρους διδάσκεται στην ενότητα «1.2.5 Η έννοια του βάρους», μετά τη διδασκαλία της έννοιας της δύναμης. Ενώ στο Σχολικό Εγχειρίδιο αναγράφεται πως «Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μάζα m ενός σώματος είναι σταθερή, ενώ το βάρος του μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο πάνω στην επιφάνεια της Γης. Επίσης το βάρος ενός σώματος μειώνεται με το υψόμετρο, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο» στην παρούσα διατριβή καταγράφηκαν εναλλακτικές ιδέες. Θεωρούμε σημαντικό να προστεθούν επιπλέον εφαρμογές από την καθημερινή ζωή και να συζητηθούν με τους μαθητές.

✓ **Πληρέστερη μελέτη της διδακτικής ενότητας της πυκνότητας στα σχολικά εγχειρίδια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.** Στα Σχολικά Εγχειρίδια του Λυκείου και συγκεκριμένα στο Σχολικό Εγχειρίδιο της Α Λυκείου, η έννοια της πυκνότητας διδάσκεται στην Ενότητα «1.2. Γνωρίσματα της ύλης (μάζα, όγκος, πυκνότητα). Μετρήσεις και μονάδες» εισάγεται ως ο λόγος της μάζας προς τον όγκο και οι μαθητές χρησιμοποιούν την μαθηματική αυτή σχέση για την μετατροπή της μάζας σε όγκο και το αντίστροφο στο 4^ο Κεφάλαιο στην διδακτική ενότητα των διαλυμάτων. Προτείνουμε να αναβαθμιστεί η διδακτική προσέγγιση για τη θεματική ενότητα της πυκνότητας για το σχολικό εγχειρίδιο της Α Λυκείου. Η έννοια της πυκνότητας είναι παρούσα σε πάρα πολλά καθημερινά φαινόμενα, γι' αυτό πιστεύουμε πως θα πρέπει να αφιερωθεί τουλάχιστον 1 διδακτική ώρα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα της Α Λυκείου. Δυστυχώς σύμφωνα με το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα σπουδών της Α Λυκείου δεν προβλέπεται κάποια πειραματική δοκιμασία για την έννοια της πυκνότητας. Θα προτείναμε μετά τη διδασκαλία της έννοιας της πυκνότητας, οι μαθητές με τους εκπαιδευτικούς να εκτελέσουν απλές πειραματικές δοκιμασίες, χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερος εργαστηριακός εξοπλισμός, ώστε να κατανοήσουν την έννοια αυτή. Πειραματικές δοκιμασίες οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν και στη σχολική αίθουσα όπως οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή (Παράρτημα Β) θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς, στο σύνολό τους ή εν μέρει και να οδηγήσουν σαφώς σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία, αλλά και στην εξοικείωση των μαθητών με συνεργατικές και διαλογικές δραστηριότητες. Οι μαθητές θα πρέπει να διδάσκονται συνεργατικές δεξιότητες, να μιμούνται στην ομαδική εργασία και να μην είναι παθητικοί δέκτες γνώσεων από τον εκπαιδευτικό. Προτείνεται μετά το τέλος της διδασκαλίας να δοθεί στους μαθητές ένα φύλλο αξιολόγησης για τον έλεγχο της κατανόησης της έννοιας αυτής.

Στα περισσότερα σχολεία Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης υπάρχει κατάλληλος τεχνολογικός εξοπλισμός και διαδραστικοί πίνακες. Είναι αναγκαίο να υπάρχουν νέα

περιβάλλοντα μάθησης και εκπαιδευτικά προγράμματα προσομοίωσης ώστε να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στην διδασκαλία της έννοιας της πυκνότητας. Ιδιαίτερα με τα προγράμματα προσομοίωσης, οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν μια παράμετρο και να παρατηρούν πως αυτή η αλλαγή επηρεάζει το υπό μελέτη σύστημα και να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα μέσω μιας ενεργού διαδικασίας δημιουργίας υποθέσεων και δοκιμής ιδεών. Εναλλακτικά, μπορούν να εξερευνήσουν συνδυασμούς παραμέτρων και να παρατηρήσουν την επίδρασή τους στην εξέλιξη του υπό μελέτη φυσικού συστήματος. Θεωρούμε πως θα είχε ιδιαίτερα ενεργητικά αποτελέσματα η χρήση κατάλληλων προγραμμάτων προσομοίωσης στη διδασκαλία της έννοιας της πυκνότητας στους μαθητές.

✓ **Πληρέστερη μελέτη της διδακτικής ενότητας της Θεωρίας της Εξέλιξης στα σχολικά εγχειρίδια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.** Η διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης θεωρείται απαραίτητη για τους μαθητές που ενδιαφέρονται να ακολουθήσουν τις Επιστήμες Υγείας. Όπως προαναφέρθηκε το χρονικό διάστημα υλοποίησης της μελέτης, η διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης πραγματοποιούνταν στο μάθημα Βιολογία Γενικής Παιδείας της Γ Λυκείου και συγκεκριμένα στο τελευταίο κεφάλαιο του Σχολικού Βιβλίου με αποτέλεσμα να μην καλύπτεται επαρκώς η ύλη. Η γνώση της θεωρίας αυτής είναι θεμελιώδους σημασίας για τους όλους τους μαθητές και ιδιαίτερα για αυτούς που θα ακολουθήσουν τις Επιστήμες Υγείας. Η διδασκαλία της ενότητας αυτής θα έπρεπε να γίνεται στο μάθημα της Βιολογίας Β Λυκείου, όπως συμβαίνει τα τελευταία 3 χρόνια, ώστε όλοι οι μαθητές να αποκτήσουν βασικές γνώσεις για την θεωρία αυτή και να μπορούν να κρίνουν κάθε βιολογικό φαινόμενο υπό το φως της εξέλιξης. Ένα επίκαιρο παράδειγμα είναι η ερμηνεία του τρόπου με τον οποίο συμβαίνουν οι μεταλλάξεις στους ιούς.

Όπως προαναφέραμε, στο Σχολικό Εγχειρίδιο αναγράφεται το εξής: *«Παρ' όλα αυτά η αλόγιστη χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στελεχών βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά.»* . Θεωρούμε πως διατύπωση της πρότασης αυτής στο σχολικό εγχειρίδιο συμβάλει στην ερμηνεία της θεωρίας της εξέλιξης με τη βοήθεια των

Λαμαρκιανών αντιλήψεων. Η χρήση των ουσιαστικών «επιβίωση» ή «επικράτηση» ή «επιλογή» αντί της «δημιουργίας» θα βοηθούσε περισσότερο στο να κατανοήσει ο μαθητής πως η αλόγιστη χρήση αντιβιοτικών έχει ως αποτέλεσμα τη επιβίωση εκείνων των στελεχών των βακτηρίων που είναι ανθεκτικά σε αυτά. Θα προτείναμε την αντικατάσταση της λέξης «δημιουργίας» με μια από τις ακόλουθες λέξεις: «επιβίωση» ή «επικράτηση» ή «επιλογή».

5.4. Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για περαιτέρω μελέτη

Στην παρούσα μελέτη αποδεικνύεται ότι οι παρανοήσεις – εναλλακτικές ιδέες των μαθητών παραμένουν σε μεγάλο βαθμό καθ' όλη τη διάρκεια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, χωρίς να έχει γίνει εννοιολογική αλλαγή. Ένας μεγάλος αριθμός αριστούχων μαθητών του εκπαιδευτικού συστήματος συμμετείχε στην παρούσα έρευνα και καταγράφηκαν εναλλακτικές αντιλήψεις στα τρία γνωστικά αντικείμενα και ιδιαίτερα στη Βιολογία. Δεδομένου ότι δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί κάποια διδακτική παρέμβαση και να συμπληρωθεί εκ νέου το ερωτηματολόγιο για το Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να επαναληφθεί η μελέτη αυτή στους πρωτοετείς φοιτητές που πλέον διδάσκονται τη θεωρία της εξέλιξης στη Β Λυκείου. Κατά τη διάρκεια όμως της μελέτης παρατηρήθηκε μια στατιστικά σημαντική επίδραση του φύλου στη Συνολική Απόδοση για το Αντικείμενο της Βιολογίας η οποία θα μπορούσε να διερευνηθεί περαιτέρω. Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια ολιστική προσπάθεια από όλους τους φορείς της εκπαίδευσης ώστε να τροποποιηθούν κατάλληλα τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και να εφαρμοστεί μια σύγχρονη μέθοδος διδασκαλίας η οποία θα επιφέρει εννοιολογικές αλλαγές στις παρανοήσεις των μαθητών και θα αποφέρει πλούσιο μαθησιακό αποτέλεσμα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

Adams WK, Perkins KK, Podolefsky NS, Dubson M, Finkelstein ND, Wieman CE. New instrument for measuring student beliefs about physics and learning physics: The Colorado Learning Attitudes about Science Survey. *Physical Review Special Topics –Physics Education Research* 2006; 2, 1-14.

Adey P, Shayer M. Strategies for meta-learning in physics. *Physics Education* 1988; 23, 97 – 104.

Anderson RD. Reforming Science Teaching: What Research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education* 2002; 13(1): 1-12

Arons AB. Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής (Α. Δ. Βαλαδάκης, μετάφραση – επιμέλεια). 1992, Αθήνα: Τροχαλία.

Athanasiou, K., Katakos, E. & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of evolution acceptance among Greek education students: the contribution of knowledge increase. *Journal of Biological Education*, 46, 234-241.

Ausubel DP. Educational Psychology. A cognitive view. (2nd edition). 1968, New York: Holt, Rinehart and Winston.

Bayraktar S. Micronceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion. *International Journal of Science and mathematical Education*. 2009; 7 (2), 273-291.

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with Kie. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797–817.

Bell T., Urhahne D., Schanze S. & Ploetzner R., (2010): Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges, *International Journal of Science Education*, 32 (3), 349-377.

Bernholt S, Ronnebeck S, Ropohl M, Koller O, Parchmann I (2013). Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM-Part I. Assist-Me Report Series Number 1-2.

Bertrand Y. (1994). Σύγχρονες εκπαιδευτικές θεωρίες (μτφ. Α. Σιπητάνου, Ε. Λινάρδου). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα (έτος πρωτότυπης έκδοσης 1992).

Bishop BA, & Anderson CW. Students' conceptions of natural selection and its role in evolution, *Journal of Research in Science Teaching* 1990; 27(5), 415-427.

Blackwell WH, Powell MJ, Dukes GH. The problem of student acceptance of evolution. *Journal of Biological Education*. 2003; 37 (2), 58-67.

Borgerding LA, Deniz H, Shevock Anderson E. Evolution acceptance and epistemological beliefs of college biology students. *J Res Sci Teach*. 2017; 54(4):493–519.

Bramscreiber TL. Teaching evolution: strategies for conservative school communities. *Race Equal Teach*. 2013; 32:10–4.

Brown, D. Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education* 1989; 24, 353.

Brumby MN. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 1984, 68, 493-503.

Caramazza A, McCloskey M, Green B. Naïve beliefs in "sophisticated" subjects: misconceptions about trajectories of object. *Cognition* 1981; 9 (2), 117-123.

Chantzis I, Kogianni E, Tripsianis G, Constantinidis Th, Lialiaris, Th. Helping primary pupils to understand the cell. *Journal of Science Education* 2010; 2, 11.

Chinn CA, Brewer WF (1998). Theories of Knowledge Acquisition. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education*, Part one (97-113). Kluwer Academic Publishers.

Clement J. Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics* 1982; 50(1), 66-71.

Comi, S. L., Argentin, G., Gui, M., Origo, F. & Pagani, L. (2017). Is it the way they use it? Teachers, ICT and student achievement. *Economics of Education Review*, 56, 24–39.

Davis, J. (2009). Understanding the influence of two Mathematics textbooks on prospective secondary teachers' knowledge. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12(5), 365–389.

Daugher ZR, Boujaoude S. Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 1997; 34, 429-445.

Daugher ZR, Boujaoude S. Students' Perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education* 2005; 89 (3): 378-391.

Deadman JA, Kelly PJ. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education* 1978; 12 (1): 7-15.

Demastes SS, Settlage J, Good R. Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching* 1995; 32: 535–550.

Donnelly L, Akerson V. High school biology students' evolution learning experiences. In: Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD. 2008.

Driver R. (1983) *The pupil as a scientist?* Open University Press: Milton Keynes

Driver R, Easley J. Pupils and Paradigms: A Review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science education*. 1978; 5, 61-84.

Driver R, Oldham V. A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 1986; 13: 105-122.

Driver R, Squires A, Rushworth P, Wood-Robinson V. (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών (μτφ. Χατζή Μ.). Τυπωθήτω, Αθήνα.

Driver R, Squires A, Rushworth P, & Wood-Robinson V (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Αθήνα: Εκδόσεις ΤΥΠΟΘΗΤΩ

Duit R, Treagust D. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 2003; 25 (6), 671-688.

Elby A. Helping physics students learn about learning. *Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement* 2001; 69(7): 52–57.

Ertmer, P.A., Ottenbret-Leftwich, A.T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers & Education*, 59(2), 423-435.

Evans EM. The emergence of beliefs about the origins of species in school-age children. *Merril-Palmer Quarterly* 2000; 46: 221-254.

Fan, L. & Zhu, Y. (2007). Representation of problem-solving procedures: A comparative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 61-75.

European Commission (2007). Science Education Now: A Renewed pedagogy for the future of Europe. Brussels.

Ferrari M, Chi-Michenen TH. The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*. 1998; 20 (10) 1231-1256.

Gagne R. (1975). Essentials of Learning for Instruction. Hinsdale, Dryden Press

Gennaro E. Assessing junior High students' understanding of density and solubility. *School Science and Mathematics* 1981; 81: 399 – 404.

Gorder, L. M. (2008). A study of teacher perceptions of instructional technology integration in the classroom. *The Journal of Research in Business Education*, 50(2), 63-76.

Gregory TR. 2009. Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach* 2: 156–175.

Glaze AL, Goldston MJ, Dantzler J. Evolution in the southeastern USA: factors influencing acceptance and rejection in pre-service science teachers. *Int J Sci Math Educ*. 2015; 13(6):1189–1209.

Gunstone RF, White R. Understanding of Gravity. *Science Education*. 1981; 65(3): 291-299.

Halloun IA, Hestenes D. The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics* 1985; 53(11): 1043-1056.

Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2),151–183.

Hawley PH, Short SD, McCune LA, Osman MR, Little TD. What's the matter with Kansas?: the development of the Evolutionary Attitudes and Literacy Survey (EALS). *Evol Educ Outreach*. 2011;4:117–132.

Hennesy S, Deaney R, Ruthven K, & Winterbottom M. (2007). *Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science*. UK: University of Cambridge.

Hermann RS. Breaking the cycle of continued evolution education controversy: on the need to strengthen elementary level teaching of evolution. *Evol Educ Outreach*. 2011; 4:267–274.

Hewson MG. The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education* 1986; 70: 159 - 170.

Hidi S, Renninger KA & Krapp A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. In D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Eds.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (pp. 89-115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Hokayem H, BouJaoude S. College students' perceptions of the theory of evolution. *J Res Sci Teach*. 2008; 45:395–419.

Hofstein, A., Kipnis, M. & Abrahams, I. (2013). How to learn in and from the chemistry laboratory. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry - A Studybook* (pp. 153 - 182). Rotterdam: Sense Publishers.

Hora, M. T. (2015). Toward a descriptive science of teaching: How the TDOP illuminates the multidimensional nature of active learning in postsecondary classrooms. *Science Education*, 99(5), 783-818.

Ingram EL, Nelson C. Relationship between achievement and students' acceptance of evolution or creation in an upper-level evolution course. *J Res Sci Teach*. 2006; 43(1): 7–24.

Itza-Ortiz S, Rebello S, Zollman D. Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism. *European Journal of Physics*, 2004; 25 (1): 81-89.

Jimoyiannis A, Komis V. Investigating Greek Student's ideas about forces and motion. *Research in Science Education*, 2003; 33: 375-392.

Jimoyiannins, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36 183-204.

Kampourakis K, Zogza V. Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science and Education* 2007; 16: 393–422.

Kampourakis K, Zogza V. Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science and Education* 2008; 17(1): 27-47.

Kearney, M., Schuck, S., Burden, K., & Aubusson, P. (2012). Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. *Research in learning technology*, 20.

Keengwe, J., Onchwari, G., & Wachira, P. (2008). Computer technology integration and student learning: Barriers and promise. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 560-565.

Kelemen D. Function, goals and intention: children's teleological reasoning about objects. *Trends in Cognitive Science*, 1999a; 3(12): 461-468.

Kelemen D. The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition*, 1999b; 70: 241-272.

Kelemen D. Why are rocks pointy?: children's preference for teleological explanations of the natural world. *Developmental Psychology* 1999c; 35: 1440-1452.

Kelemen D. British and American children's preferences for teleo-functional explanations of the natural world. *Cognition* 2003; 88: 201-221.

Kelemen, D. (2004) Are children "intuitive theists"?: reasoning about purpose and design in nature. *Psychological Science* 2004; 15(5): 295-301.

Kelemen D, DiYanni C. Intuitions about origins: purpose and intelligent design in children's reasoning about nature. *Journal of Cognition and Development* 2005; 6(1) 3-31.

Kikas E. Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *J Res Sci Teach* 2004; 41 (5): 432-448.

Klopfer LE, Champagne AB, Chaiklin SD. The ubiquitous quantities, explorations that inform the design of instruction on the physical properties of matter. *Science education* 1992; 76(6): 597-614.

Krapp A. Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 2002; 12: 383-409.

Laugksch RC. Scientific Literacy: A conceptual Overview. *Science Education* 1999; 84(1): 71-94.

Lawson AE, Worsnop WA. Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *J Res Sci Teach*. 1992;29:143–66.

Medin DL, Atran S. The native mind: Biological categorization and reasoning in development and across cultures. *Psychological Review* 2004; 111(4): 960-983.

Minstrell J . Explaining the “at rest” condition of an object. *The Physics Teacher* 1982; 20 (1): 10-14.

Moore R, Mitchell G, Bally R, Inglis M, Day J, Jacobs D. Undergraduates’ understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education* 2002; 36 (2) 65-71

Moore R, Brooks DC, Cotner S. The relation of high school science biology courses and students’ religious beliefs to college students’ knowledge of evolution. *Am Biol Teach* 2011; 73: 222–226.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Odom, A. L., Marszalek, J. M., Stoddard, E. R., & Wrobel, J. M. (2011). Computers and traditional teaching practices: Factors influencing middle level students’ science achievement and attitudes about science. *International Journal of Science Education*, 33(17), 2351-2374.

Osborne R. Children’s dynamics. *The Physics Teacher* 1984; 22(8): 504-508.

Osborne RJ, Gilbert JK. A technique for exploring student’s views of the world. *Physics Education*. 1980b; 15: 376-379.

Osborne R. Building on children's intuitive ideas. In R. Osborne & P. Freyberg (eds.), *Learning in Science*, 1985, Heinemann, Auckland, New Zealand.

Osborne J, Hennesy S. *Literature Review in Science Education and the Role of ICT: Promise, Problems and the Future Directions*. 2003. Cambridge: Futurelab Series.

Osborne J, Simon S, Collins S, Collins S. Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 2003; 25(9): 1049-1079.

Parada, S.E., Sacristán, A.I. (2010). *Teacher's reflections on the use of instruments in their mathematics lessons: A case-study*. In M. Pinto & T. Kawasaki (ed.), PME 34 (Vol. 4, pp. 25-32). Belo Horizonte, Brazil: PME

Perkins KK, Adams WK, Pollock SJ, Finkelstein ND, Wieman CE. Correlating student beliefs with student learning using the Colorado learning attitudes about science survey. In: Marx J, Heron P, Franklin S (eds) *Proceedings of 2004 physics education research conference*, Sacramento, CA. American Institute of Physics, pp 61–64.

Pobiner B. Accepting, understanding, teaching and learning (human) evolution: obstacles and opportunities. *Yearb Phys Anthropol*. 2016; 159: S232–74.

Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating science and technology: Using technological pedagogical content knowledge as a framework to study the practices of science teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 648-662.

Prinou L, Halkia K, Skordoulis C. Teachers' attitudes, views and difficulties regarding the teaching of evolution, *Proceedings of ESERA 2005 Conference: Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*, August 28 – September 1, 2005, Barcelona, p.229-231.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*. Dordrecht:Springer.

Redish EF, Saul JM, & Steinberg RN. Student expectations in introductory physics. *American Journal of Physics* 1998; 66, 212–224.

Reys, R., Reys, B., Lapan, R., Holliday, G., & Wasman, D. (2003). Assessing the Impact of “Standards”-Based Middle Grades Mathematics Curriculum Materials on Student Achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 74-95

Roederer CJ, Vlaardingerbroek B. Evolution Education in Papua New Guinea: trainee teachers’ views. *Educational Studies* 1997; 23 (3) 363-375.

Rowell JA, Dawson CJ. Teaching About Floating and Sinking: An Attempt to Link Cognitive Psychology with Classroom Practice. *Science Education*, 1977; 61(2): 243-251.

Rutledge ML, Mitchell MA. High school biology teachers’ knowledge structure, acceptance and teaching of evolution. *Am Biol Teach*. 2002;64:21–8.

Sahin M. Effects of Problem-Based Learning on University Students’ Epistemological Beliefs About Physics and Physics Learning and Conceptual Understanding of Newtonian Mechanics. *Journal of Science Education and Technology* 2010; 19: 266-275.

Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas: Writing to learn by learning to write in science. *Science Education*, 97(5), 643–670.

Scharmann LC. A proactive strategy for teaching evolution. *Am Biol Teach*. 2005; 67(1): 12–6.

Schiefele, U. Interest and learning from text. *Scientific Studies of Reading* 1999; 3: 257-279.

Schuler, C., Winters, N., & West, M. (2012). The future of mobile learning: implications for policy makers and planners. Paris: UNESCO.

Settlage Jr. Conceptions of Natural Selection: A snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*. 1994; 31 (5): 449-457.

Sinatra GM, Southerland SA, Mcconaughey F, Demastes JW. Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *J Sci Teach Educ* 2003; 40: 510–528.

Siorenta A, Jimoyiannis A. Physics instruction in secondary schools: an investigation of teachers' beliefs towards physics laboratory and ICT. *Research in Science & Technological Education* 2008; 26: 185-202.

Sjoberg S, Lie S. Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students, Institute of Physics Report Series: 1981, Report 81-11, University of Oslo.

Smith C, Carey S, Wiser M. On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 1985; 21(3): 177-237.

Smith MU. Current status of research in teaching and learning evolution: I. Philosophical/epistemological issues. *Sci Educ*. 2010; 19: 523–538.

Snir J, Smith C, Grosslight L. Using Conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight - density differentiation *Cognition and Instruction* 1992; 9(3): 221-283.

Snir J, Smith C, Grosslight L. Conceptually enhanced simulations: A computer tool for science teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 1993; 2(2): 373-388.

Stathopoulou C, Vosniadou S. Exploring the relationship between physics-related epistemological beliefs and physics understanding. *Contemporary Educational Psychology* 2007; 32(3): 255–281.

Stead K, Osborne R (1980) Gravity , LISP Working Paper 20, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand

Shtulman A, Calabi P. Cognitive constraints on understanding and acceptance of evolution. In: Rosengren KS, Brem SK, Evans ME, Sinatra GM, editors. *Evolution challenges: integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. New York: Oxford University Press; 2012. p. 47–65.

Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2), 123-158.

Trumper R. A cross-college age study of science and nonscience students; conceptions of basic astronomy concepts in pre-service training for high-school teachers. *J Sci Edu Technol* 2001; 10: 189-195.

Trani R. I won't teach evolution, it's against my religion: and now for the rest of the story. *Am Biol Teach* 2004;66:419–427.

Trowbridge LW, Bybee RW, Powell JC (2000). *Teachning Secondary School Science. Strategies for Developing Scientific Literacy* (7nd ed.) Upper Saddle, NJ: Prentice-Hall.

Venville, G. J., & Dawson, V. (2012). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.

Vosniadou, S, Ioannides C. From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 1998; 20: 1213-1230.

Warschauer, M. (2011). *Learning in the Cloud: How (and why) to transform schools with digital media*. New York, NY: Teachers College Press

Wee B (2010). Realizing the child's perspective: An exploration of young children's environmental ideas. Sassbrucken, Germany: Lamber Academic Publising.

Winslow MW, Staver JR, Scharmann LC. Evolution and personal religious belief: Christian university biology-related majors' search for reconciliation. *J Res Sci Teach* 2011; 48:1026–1049.

Woolf BP, Reid J, Stillings N. et al. "A general platform for inquiry learning". *Lecture Notes in Computer Science*, 2002; 2363: 681-697.

Wu Y.T., Tsai C.C. Effects of constructivist oriented instruction on elementary school students' cognitive structures. *Journal of Biological Education*, 2005; 39 (3): 113-119.

Zinger, D., Tate, T., & Warschauer M. (2017). Learning and teaching with technology: Technological pedagogy and teaching practice. In D. J. Clandinin & J. Husu (Eds.), *The SAGE Handbook of Research on Teacher Education* (pp. 577-593). London: SAGE Publications.

Ελληνόγλωσση

Αναγνωστάκης Σ., Σταύρου Δ. (2017). Πειράματα Φυσικής-Χημείας με εκπαιδευτική ρομποτική και μικροϋπολογιστικά συστήματα. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 426-432.

Βασιλοπούλου Μ, Λάκκα Α. Εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών Λυκείου για την εξέλιξη. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε. ΔΙ.Φ.Ε) με τίτλο «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Οι Προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα, Καλαμάτα». 18-20 Μαρτίου 2004, σ. 159-161.

Βασιλούδης Ι. *Δημιουργία κινήτρων με τη βοήθεια των Νέων Τεχνολογιών: Μελέτη Περίπτωσης*. Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τις Τ.Π.Ε. στην Εκπαίδευση της Ε.Τ.Π.Ε., 28-30/4/2011.

Γκίτζια Β., Διαμαντίδης Δ. (2017). Αξιοποιώντας τις Τ.Π.Ε. για το σχεδιασμό μιας κοινής προσέγγισης εννοιών μαθηματικών και χημείας για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 898-905.

Ελματζίδου Ε, Παπαδοπούλου Π. (2017). Σχεδιασμός, ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση μια διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τη διδασκαλία της εξελικτικής θεωρίας σε μαθητές λυκείου. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 766-772.

Ευαγγέλου Φ.Β. & Κώτσης Κ.Θ. Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση* 2012; 3: 141-158.

Ζησιμόπουλος Γ, Καφετζόπουλος Κ, Μουτζούρη-Μανούσου Ε, Παπασταματίου Ν. (2002): *Θέματα διδακτικής για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών*, Εκδ. Πατάκη, Αθήνα

Ζόγκζα Β (2007) Η Βιολογική γνώση στην παιδική ηλικία: Ιδέες των παιδιών και διδακτικές προσεγγίσεις. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Ζόγκζα Β. (2009) Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας: Διδασκαλία και μάθηση βιολογικών εννοιών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μεταίχμιο, Αθήνα.

Ιωαννίδης ΧΝ, Ζαχαρήs ΓΚ (2019). Ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών Α΄ Λυκείου για την έννοια της Δύναμης: Επίτευξη γνωστικών συγκρούσεων με τη χρήση προσομοιώσεων. Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 725-729.

Καλλέρη, Μ. (2016) Έννοιες και φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο για μικρά παιδιά, Ostrakon Publishing, Θεσσαλονίκη.

Καράογλου Γ, Κώτσης Κ, Ρίζος Ι. Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών μαθητών της Α΄ Λυκείου για την έννοια της κίνησης με τη χρήση του I.B.C.M. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 2010; 3(2): 85-95.

Καράογλου Γ, Κώτσης Κ. (2017). Η επίδραση του φύλου στον επιστημονικό εγγραμματισμό. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 623-630.

Καριώτογλου Π (1990). Προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης της μηχανικής των ρευστών. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Καριώτογλου Π, Κουνατίδης Χ, Καρνέζου Μ. (2004). Βιβλιογραφική ανασκόπηση των ιδεών των μαθητευομένων για την έννοια της δύναμης. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ), *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τη «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σ. 429-434). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Καριώτογλου Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Κόκκοτας Π. (1993). Φυσικές επιστήμες, διδασκαλία φυσικών επιστημών. Λήμμα στο: Παιδαγωγική Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια – Λεξικό. Τόμος 9, σσ. 5077 – 5085. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Κόκκοτας Π. (1997). *Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα.

Κόκκοτας Π. (1998). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης. Αθήνα.

Κόκκοτας Π. (2008). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (μέρος 2ο). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα-

Κολιάδης ΑΕ (1997). Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη. Γνωστικές Θεωρίες. Τόμος Γ'. Αθήνα.

Κουμαράς Π, Καριώτογλου Π, Φύλλος Δ. (1994). Αιτιακοί Συλλογισμοί των Μαθητών: Η Περίπτωση της Μηχανικής. Σύγχρονη Εκπαίδευση, Τ 79.

Κώτσης ΚΘ (2011). *Ερευνητική προσέγγιση του διαχρονικού χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών στη διδακτική της φυσικής*, Ιωάννινα.

Κώτσης ΚΘ. (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, 201-211.*

Κώτσης Κ.Θ. (2004α). Διαφορές αντιλήψεων σε έννοιες της μηχανικής φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, οι οποίοι εισήχθησαν στο Πανεπιστήμιο με τα δυο τελευταία εισαγωγικά συστήματα εξετάσεων. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.), *Πρακτικά 4^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη «Διδακτική των*

Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σ. 422-428). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κώτσης Κ.Θ. (2005α). Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών του Δημοτικού στην έννοια της δύναμης από τη διδασκαλία τους με τα νέα σχολικά εγχειρίδια. Στο Κ. Σκορδούλη & Ε. Νικολαΐδη (επιμ.), *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»* (σ. 218-225). Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

Κώτσης Κ.Θ., Αναγνωστόπουλος Α. (2006). Αντιλήψεις των μαθητών Α Λυκείου για βασικές έννοιες και αρχές της Φυσικής, όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, μάζα, βάρος και 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα. Στο Ε. Σταυρίδου (επιμ.), *Πρακτικά του 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ) με θέμα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Μάθησης»* (σ. 411-418). Βόλος: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κώτσης Κ., Στυλος Γ. (2011). Ανίχνευση του προσωπικού ενδιαφέροντος φοιτητών ΠΤΔΕ για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, με τη χρήση του C.L.A.S.S. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 944-951.

Μαστρογιωργάκη Μ, Σκουμιός Μ. (2019). Διδάσκοντας το 2ο Νόμο του Νεύτωνα μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών: η δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών. Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 287-296.

Μικρόπουλος Α. (2002). *Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες*, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση.

Πλακίτση Κ, Σπύρτου Α. (2017). Επαναπροσδιορίζοντας τα προγράμματα σπουδών για τις φυσικές επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 1280-1281.

Πόρποδας Κ.Π. (1993). Η διαδικασία της μάθησης (επεξεργασία πληροφοριών, αντίληψη, μνήμη αναπαράσταση της γνώσης). Αθήνα.

Πρίνου Λ, Σκορδούλης Κ, Χαλκιά Κ. Οι «Λαμαρκιανές» ερμηνείες των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου εμπόδιο στην κατανόηση της φυσικής επιλογής. Σκέψεις και επισημάνσεις. Πρακτικά 2^{ου} συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε. ΔΙ. Φ. Ε.) με τίτλο «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Οι Προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα, Καλαμάτα». 18-20 Μαρτίου 2004, σ. 158-159.

Πρίνου Λ, Χαλκιά Λ, Σκορδούλης Κ. Θεωρία της Εξέλιξης: Η αναγκαιότητα της διδασκαλίας της και η περιπέτειά της στο ελληνικό σχολείο. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου συνεδρίου για τη διδακτική των φυσικών επιστημών και τις νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση, Αθήνα, σ. 260-266

Ράπτης Α., Ράπτη Α. (2001), Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας. Εκδόσεις Α. Ράπτης, Αθήνα.

Σάλτα Κ. (2017). Προγράμματα σπουδών χημείας: Ανάλυση του προσανατολισμού και δομικών στοιχείων τους. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 439-445.

Σαραντόπουλος Ι, Ζαχαρήs ΓΚ (2019). Διερεύνηση των ιδεών των μαθητών Γ΄ Λυκείου για τις έννοιες έργο και ενέργεια: Επίτευξη απλών γνωστικών συγκρούσεων με τη χρήση των ΤΠΕ. Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 800-808.

Σιάχος Χ, Σπηλιωτοπούλου Β (2002). Διερεύνηση όψεων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού: Η περίπτωση της νανοτεχνολογίας. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Κρήτη.

Σιμάτος Α. (1999). *Τεχνολογία και εκπαίδευση: Επιλογή και χρήση των εποπτικών μέσων διδασκαλίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2013). Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του Δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Θ. Πιερράτος, Σ., Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου, & Π. Κουμαράς (Επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου "Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;" (σελ. 323–330). saph2013.web.auth.gr, 15/02/2017.

Στύλος ΓΚ. (2014). Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Διδακτορική Διατριβή). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ιωάννινα.

Στύλος Γ, Ευαγγελάκης Γ, Κώσης Κ. (2007). Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών επτά τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (επιμ.), Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση» (σ. 528-537). Ιωάννινα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Στύλος Γ., Κώσης Κ. (2009). Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 1ετών και 2ετών φοιτητών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με έννοιες τις Νευτώνειας Μηχανικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπιδής (επιμ.), Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση" (σ.487-494). Φλώρινα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Σολομωνίδου Χ, Σταυρίδου Ε.. Οι έννοιες της δράσης και της αντίδρασης: μελέτη γνωστικών δυσκολιών και διδακτική αντιμετώπιση με ένα καινοτομικό μοντέλο ερευνητικής και διδακτικής παρέμβασης. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 1993; 24: 19-33.

Σολομωνίδου Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: Μεταίχμιο

Σταυρή Γ, Γιαννακουδάκης Π. (2019). Διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μίας διδακτικής ακολουθίας για την ύλη και τη σωματιδιακή φύση της, τη μάζα και τον όγκο σαν ένα ενιαίο εννοιολογικό σύνολο, βάση για την οικοδόμηση σύνθετων εννοιών. Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 366-373.

Σπυροπούλου-Κατσάνη Δ. (2005). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Τζιμογιάννης Α, Μικρόπουλος Τ.Α. Η χρήση των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της επιτάχυνσης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 2000; 112: 127-134.

Τζιμογιάννης Α, Μικρόπουλος Τ.Α. Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 2010; 111: 120-131.

Τσιχουρίδης Χ., Βαβουγιός Δ., Ιωαννίδης Γ. (2017). Η εναλλαγή διαφορετικών τύπων πειραματικών περιβαλλόντων ως αποτελεσματική μέθοδος διδασκαλίας. Μελέτη περίπτωσης. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, σελ. 682-688.

Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. (2011). *Πρόγραμμα σπουδών φυσικών επιστημών Δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. Αθήνα: ΥΠ.Π.Θ

Φλουρής Γ (2003). Σκέψεις για την αναζήτηση ενός πλαισίου επιμόρφωσης και δια βίου μάθησης των εκπαιδευτικών στην κοινωνία της γνώσης. Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα.

Χαλκιά Κ. (2010α). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις* (Τόμος Α'). Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα

Χαραλαμπίδης Β.Ι. (2001). Οργάνωση της Διδασκαλίας και της Μάθησης Γενικά. Παιδαγωγική Σειρά. Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.

Χατζηγεωργίου Ι. Ο ρόλος της προσχολικής εκπαίδευσης στην ανάπτυξη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού. *Τα εκπαιδευτικά*, 2006: 27-36.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ερωτήσεις στο Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής

1. Φύλο:

Άντρας	
Γυναίκα	

2. Κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο:

Θετική	
Τεχνολογική	

3. Ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής

Καθόλου	
Λίγο	
Μέτριο	
Πολύ	
Πάρα Πολύ	

4. Βαθμός στο μάθημα της Φυσικής στις πανελλήνιες εξετάσεις

Φυσική Κατεύθυνσης	
--------------------	--

5. Πώς θα χαρακτηρίζατε, από πλευράς επίδοσης, τον εαυτό σας ως μαθητή/τρια στο σχολείο;

Κακό-ή	
Μέτριο-α	
Καλό-ή	
Άριστο-η	

6. Λόγοι που δεν σας αρέσει η Φυσική (περισσότερα από ένα)

Κακή διδασκαλία εκπαιδευτικών	
Μεγάλος βαθμός δυσκολίας	
Έλλειψη ενδιαφέροντος	
Έλλειψη κατανόησης	
Μη σύνδεσής της με την καθημερινή ζωή	

Άλλος λόγος.....

Ερωτήσεις για το Προσωπικό Ενδιαφέρον

	Διαφωνώ πολύ	Διαφωνώ	Αβέβαιος	Συμφωνώ	Συμφωνώ πολύ
Νομίζω πως Φυσική βιώνεται στην καθημερινή ζωή.	1	2	3	4	5
Δεν είμαι ικανοποιημένος μέχρις ότου κατανοήσω το γιατί και το πώς κάτι λειτουργεί.	1	2	3	4	5
Μελετώ Φυσική για να αποκτήσω γνώσεις που θα είναι χρήσιμες στη ζωή μου έξω από το σχολείο.	1	2	3	4	5
Μου αρέσει να επιλύω προβλήματα Φυσικής.	1	2	3	4	5
Η γνώση της Φυσικής αλλάζει τις ιδέες μου για το πώς λειτουργεί ο κόσμος.	1	2	3	4	5
Λογικές δεξιότητες που χρησιμοποιούνται στη Φυσική μπορεί να είναι χρήσιμες για μένα στην καθημερινή ζωή μου.	1	2	3	4	5

Ερωτήσεις για την έννοια της δύναμης

Ερώτηση Φ1: Ένα βιβλίο που βρίσκεται σε ακινησία πάνω στο τραπέζι οφείλει την ακινησία

στο γεγονός ότι:

- Α) η πίεση του αέρα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία
- Β) η βαρύτητα διατηρεί το βιβλίο σε ακινησία
- Γ) η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο βιβλίο είναι μηδέν
- Δ) το τραπέζι «παρεμβάλλεται» και εμποδίζει το βιβλίο να πέσει

Ερώτηση Φ2: Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα. Η

συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα:

- Α) έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας
- Β) εξαρτάται από το μέτρο της ταχύτητας
- Γ) είναι μηδέν
- Δ) ισούται με το βάρος του σώματος
- Ε) εξαρτάται από την μάζα του σώματος

Ερώτηση Φ3: Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα δεξιά, τότε η συνισταμένη δύναμη σε αυτό:

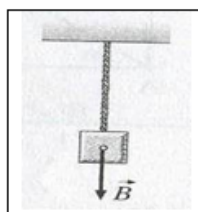
- A) είναι μηδέν
- B) έχει φορά προς τα δεξιά
- Γ) έχει φορά προς τα αριστερά

Ερώτηση Φ4: Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη F στο δάπεδο. Η αντίδραση αυτής της δύναμης είναι:

- A) η δύναμη από τη γη στον άνθρωπο
- B) η δύναμη από τον άνθρωπο στη γη
- Γ) η αδράνεια του ανθρώπου
- Δ) η δύναμη από το δάπεδο στον άνθρωπο

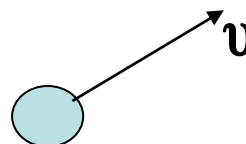
Ερώτηση Φ5: Η αντίδραση του βάρους του σώματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι η δύναμη που ασκείται από:

- A) το σώμα στο σκοινί
- B) την οροφή στο σκοινί
- Γ) το σκοινί στο σώμα
- Δ) το σώμα στη γη



Ερώτηση Φ6: Ένα μπαλάκι του γκολφ κινείται στον αέρα όπως δείχνει το σχήμα. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι τρεις δυνάμεις ασκούνται στην μπάλα:

- A) η δύναμη βαρύτητας B
- B) η δύναμη του κτυπήματος F
- Γ) η δύναμη αντίστασης του αέρα T



Στην πραγματικότητα η δύναμη της μπάλας είναι η συνισταμένη

A) μόνο της B.

B) μόνο των B και F

Γ) μόνο των B και T

Δ) μόνο των B, F, και T

E) μόνο των F και T

Ερωτήσεις για την έννοια του βάρους

Ερώτηση Φ7: Όταν ο Γαλιλαίος άφησε ελεύθερες τις δυο σφαίρες από την κορυφή του κεκλιμένου πύργου της Πίζα, η αντίσταση του αέρα δεν ήταν πραγματικά αμελητέα.

Υποθέτοντας πως οι σφαίρες είχαν το ίδιο μέγεθος, αλλά η μια ήταν πολύ βαρύτερη από την άλλη, ποια χτύπησε πρώτη το έδαφος;

A) Η βαρύτερη

B) Η ελαφρότερη

Γ) Και οι δυο ταυτόχρονα

Ερώτηση Φ8: Μια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Γης και η ίδια πέτρα ζυγίζεται στην επιφάνεια της Σελήνης. Που έχει το μεγαλύτερο βάρος;

A) Και στις δυο επιφάνειες θα έχουν το ίδιο βάρος

B) Στην επιφάνεια της Γης

Γ) Στην επιφάνεια της Σελήνης

Ερώτηση Φ9: Στο πάνω άκρο ενός αερόκενου σωλήνα αφήνουμε μια σφαίρα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

- A) Δεν υπάρχει βαρύτητα μέσα στον αερόκενο σωλήνα με αποτέλεσμα η σφαίρα να μην πέφτει
- B) Στη σφαίρα ασκείται μόνο το βάρος της, το οποίο την επιταχύνει
- Γ) Η αντίσταση του αέρα εμποδίζει τη σφαίρα να πέσει ελεύθερα

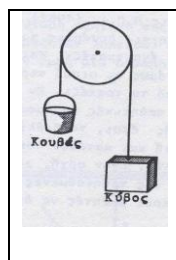
Ερώτηση Φ10: Δυο άνθρωποι Α και Γ με ίσες μάζες ανεβαίνουν μια σκάλα. Ο Α ανεβαίνει την σκάλα με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον Γ. Το έργο του βάρους του Α όταν και οι δυο φτάσουν στην κορυφή της σκάλας είναι:

- A) μεγαλύτερο του έργου του Γ
- B) μικρότερο του έργου του Γ
- Γ) ίσο με το έργο του Γ

Ερώτηση Φ11:

Ο κουβάς και ο κύβος έχουν ίσες μάζες, αλλά αιωρούνται (ισορροπούν) σε διαφορετικά ύψη πάνω από το πάτωμα. Ποιο από τα δυο έχει μεγαλύτερο βάρος;

- A) Και τα δυο έχουν το ίδιο βάρος
- B) Ο κουβάς
- Γ) Ο κύβος



Ερώτηση Φ12: Μια πέτρα πάνω στην επιφάνεια της Γης και μια άλλη στην επιφάνεια της Σελήνης ζυγίζονται και προκύπτει και για τις δυο το ίδιο βάρος. Ποια από τις δυο πέτρες έχει μεγαλύτερη μάζα;

- A) Η πέτρα στην επιφάνεια της Γης
- B) Και οι δυο πέτρες έχουν την ίδια μάζα
- Γ) Η πέτρα στην επιφάνεια της Σελήνης

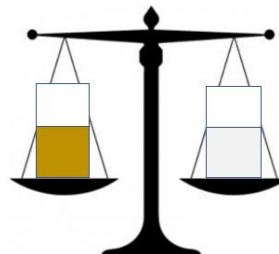
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Ερωτήσεις για το Γνωστικό Αντικείμενο της Χημείας

Ερώτηση Χ1: Δυο όμοια δοχεία τα οποία περιέχουν λάδι (αριστερό δοχείο) και νερό (δεξί δοχείο) μέχρι το ίδιο ύψος τοποθετούνται στη ζυγαριά όπως φαίνεται στο σχήμα.

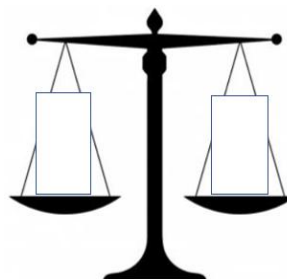
Τι πιστεύετε πως θα συμβεί:

- A) ο ζυγός θα μετατοπιστεί προς
- B) Ο ζυγός θα ισορροπήσει.



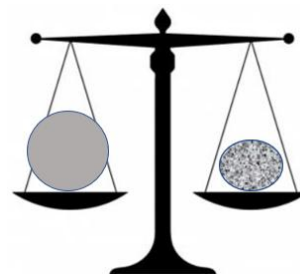
Ερώτηση Χ2: Δυο όμοια αδιαφανή δοχεία τοποθετούνται στο ζυγό και ισορροπούν. Το αριστερό δοχείο περιέχει λάδι και δεξί δοχείο περιέχει νερό. Το ύψος στο δοχείο του λαδιού είναι σε σχέση με αυτό του νερού και γιατί:

- A) μεγαλύτερο
- B) ίδιο
- Γ) μικρότερο



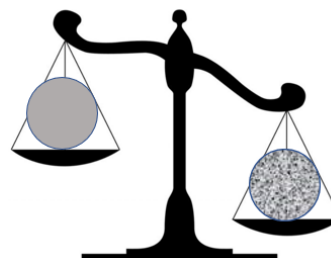
Ερώτηση Χ3: Οι δυο μπάλες ισορροπούν στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί:

- A) μεγαλύτερη
- B) μικρότερη
- Γ) ίδια

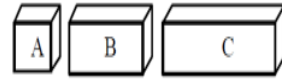


Ερώτηση Χ4: Δυο μπάλες ίδιου μεγέθους βρίσκονται στα άκρα ενός ζυγού όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Η μπάλα στα αριστερά έχει πυκνότητα σε σχέση με την μπάλα στα δεξιά και γιατί:

- A) μεγαλύτερη
- B) μικρότερη
- Γ) ίδια



Ερώτηση Χ5: Ένας ίσιος, ομοιόμορφος πίνακας κόβεται σε 3 κομμάτια διαφορετικού μεγέθους, έτσι ώστε το άθροισμα των μηκών των δύο μικρότερων κομματιών να ισούται με το μήκος του μακρύτερου τεμαχίου. Κάθε τεμάχιο έχει το ίδιο πλάτος και πάχος. Ποιο κομμάτι:



- A) έχει τον μεγαλύτερο όγκο;
- B) έχει την μεγαλύτερη μάζα;
- Γ) έχει την μεγαλύτερη πυκνότητα;

Οι Ερωτήσεις Χ1 και Χ2 προέρχονται από το άρθρο: ΦΑΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΚΑΡΙΩΤΟΓΛΟΥ, Π., ΚΟΥΜΑΡΑΣ, Π., ΨΥΛΛΟΣ, Δ., 1997, Δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της πυκνότητας. Παιδαγωγική Επιθεώρηση, 25, σελ. 161 – 176.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Ερωτήσεις για το Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας

Ερώτηση B1: Σε τι βαθμό θεωρείτε ότι ήταν ικανοποιητική η εμβάθυνση στις διαδικασίες της εξέλιξης κατά τη διδασκαλία του μαθήματος;

- A) Καθόλου
- B) Λίγο
- Γ) Μέτρια
- Δ) Πολύ
- Ε) Πάρα πολύ

Ερώτηση B2: Με βάση την παρακάτω κλίμακα πως θα χαρακτηρίζατε τη γνώση σας για τη θεωρία της Εξέλιξης;

- A) Σχεδόν ανύπαρκτη
- B) Λίγη
- Γ) Μέτρια
- Δ) Αρκετή
- Ε) Πολύ καλή

Ερώτηση B3: Θα επιθυμούσατε να διδαχθείτε εκτενώς τη θεωρία της εξέλιξης;

- A) Ναι, θα ήθελα να μάθω περισσότερα
- B) Όχι, δε με ενδιαφέρει
- Γ) Αδιάφορο αν θα τη διδαχθώ

Ερώτηση B4: Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις προσεγγίζει περισσότερο τις απόψεις σας σχετικά με την εξέλιξη των ειδών μέσω του μηχανισμού της φυσικής επιλογής:

- A) η εξέλιξη είναι ένα επιστημονικό γεγονός και υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία στα οποία στηρίζεται
- B) η εξέλιξη γίνεται αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα, αλλά ότι παραμένω "μερικώς πεπεισμένος/η"
- Γ) υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν την εξέλιξη αλλά πιστεύω ότι «παραμένει μόνο μια θεωρία»
- Δ) είναι μια αναληθής θεωρία

Ερώτηση B5: Ποια από τις ακόλουθες δηλώσεις σας αντιπροσωπεύει περισσότερο:

- A) η δημιουργία ενός είδους είναι αποτέλεσμα τυχαίων εξελικτικών διαδικασιών
- B) ο Θεός θα μπορούσε να δημιουργήσει τα είδη μέσω της εξελικτικής διαδικασίας
- Γ) δεν είναι απαραίτητη η παρέμβαση του Θεού αλλά υπάρχει ένα οργανωμένο σχέδιο από κάποια ανώτερη δύναμη
- Δ) δεν γνωρίζω, δεν απαντώ

Ερώτηση B6: «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι καμηλοπαρδάλεις είχαν προέλθει από ένα ζώο με κοντότερο λαιμό. Αυτό συνέβη γιατί:

- A) Τα ζώα τέντωναν τον λαιμό τους για να φτάσουν τα ψηλότερα κλαδιά, το μήκος αυτού σταδιακά αυξήθηκε και στη συνέχεια το χαρακτηριστικό αυτό κληροδοτήθηκε και στους απογόνους
- B) Στον πληθυσμό των καμηλοπαρδάλων τυχαία υπάρχουν ζώα με κοντό και μακρύ λαιμό. Τα ζώα με μακρύ λαιμό ευνοήθηκαν από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, επιβίωσαν και κυριάρχησαν
- Γ) Οι καμηλοπαρδάλεις είχαν πάντα ψηλό λαιμό

Δ) Δεν ξέρω-δεν απαντώ

Ερώτηση Β7: «Στην εφημερίδα διαβάζουμε πως: Οι επιστήμονες έχουν επανειλημμένα προειδοποιήσει την ιατρική κοινότητα για τους κινδύνους που απορρέουν από την αυξημένη χρήση των αντιβιοτικών, που πολλές φορές γίνεται χωρίς λόγο. Για ποιον λόγο ανησυχούν οι επιστήμονες;...»

Α) Τα ίδια τα βακτήρια αναπτύσσουν άμυνες εναντίον των αντιβιοτικών και το χαρακτηριστικό αυτό το κληροδοτούν και στους απογόνους

Β) Σε κάποια βακτήρια εμφανίστηκαν μεταλλάξεις και προέκυψαν ανθεκτικότερα στελέχη τα οποία επιβίωσαν, αναπαράχθηκαν και επικράτησαν

Γ) Δεν γνωρίζω-δεν απαντώ

Δ) Κάποια δύναμη δημιουργεί διαρκώς νέα μικρόβια

Ερώτηση Β8: «Σύμφωνα με τη θεωρία της εξέλιξης, οι πάπιες είχαν προέλθει από ένα ζώο χωρίς μεμβράνες ανάμεσα στα δάκτυλα των ποδιών. Αυτό συνέβη γιατί...»

Α) Τα προγονικά ζώα χωρίς μεμβράνες σταδιακά εμφάνισαν και αύξησαν μεμβράνες για να κολυμπάνε καλύτερα

Β) Οι πάπιες πάντα είχαν μεμβράνες ανάμεσα στα πόδια (υπονοώ ότι δεν έγινε εξέλιξη)

Γ) Τα ζώα με μεμβράνες ανάμεσα στα πόδια ευνοήθηκαν από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και σταδιακά εξελίχθηκαν οι πάπιες

Δ) Δεν γνωρίζω-δεν απαντώ

Ερώτηση Β9: «Πιστεύετε πως όποιος κάνει μονόζυγο ψηλώνει περισσότερο;»

Α) Ναι

Β) Όχι

Γ) Δεν ξέρω-δεν απαντώ

Παράρτημα Δ Οι έλεγχοι κανονικής κατανομής των δεδομένων και αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας

α) Συνολική απόδοση (Score) για την κατηγορία «Προσωπικό ενδιαφέρον» του Εργαλείου CLASS

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
score	,088	316	,000	,984	316	,002

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
score	316	20,99	4,027	10	30
Φύλο	316	1,46	,499	1	2

Ranks

	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
score	Αντρας	170	152,62	25946,00
	Γυναίκα	146	165,34	24140,00
	Total	316		

Test Statistics^a

	score
Mann-Whitney U	11411,000
Wilcoxon W	25946,000
Z	-1,237
Asymp. Sig. (2-tailed)	,216

a. Grouping Variable: Φύλο

β) Συνολική απόδοση (Score) για το Γνωστικό Αντικείμενο της Φυσικής

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Scorephysics100	,142	316	,000	,965	316	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Scorephysics100	316	64,56	16,599	17	100
Φύλο	316	1,47	,500	1	2

Ranks

	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Scorephysics100	Αγόρι	169	154,53	26116,00
	Κορίτσι	147	163,06	23970,00
	Total	316		

Test Statistics^a

	Scorephysics100
	0
Mann-Whitney U	11751,000
Wilcoxon W	26116,000
Z	-,838
Asymp. Sig. (2-tailed)	,402

a. Grouping Variable: Φύλο

γ) Συνολική απόδοση (Score) για το Γνωστικό Αντικείμενο της Χημείας

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ScoreChemistry100	,278	299	,000	,859	299	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ScoreChemistry100	299	75,59	16,525	20	100
Φύλο	300	1,46	,499	1	2

Ranks

	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
ScoreChemistry100	Αγόρι	161	143,44	23094,50
	Κορίτσι	138	157,65	21755,50
	Total	299		

Test Statistics^a

	ScoreChemistry 100
Mann-Whitney U	10053,500
Wilcoxon W	23094,500
Z	-1,532
Asymp. Sig. (2-tailed)	,126

a. Grouping Variable: Φύλο

δ) Συνολική απόδοση (Score) για το Γνωστικό Αντικείμενο της Βιολογίας

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ScoreBiology100	,212	300	,000	,896	300	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ScoreBiology100	300	40,17	23,739	0	100
Φύλο	300	1,46	,499	1	2

Ranks

	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
ScoreBiology100	Αγόρι	162	120,90	19586,50
	Κορίτσι	138	185,24	25563,50
	Total	300		

Test Statistics^a

	ScoreBiology100
	0
Mann-Whitney U	6383,500
Wilcoxon W	19586,500
Z	-6,752
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Grouping Variable: Φύλο