

**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ/ ΑΝΤΙΑΛΗΨΕΙΣ (alternative conceptions) ΚΑΙ
ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ ΙΔΕΕΣ / ΑΝΤΙΑΛΗΨΕΙΣ (misconceptions) ΣΤΙΣ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.**

Έρευνα σε μαθητές Β' Γυμνασίου, με σκοπό την ανάδειξη, καταγραφή και διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών και των παρερμηνειών στα θέματα της υδροστατικής πίεσης, της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων.



Μεταπτυχιακή Διατριβή

Μουτσάκη Καλλιόπη

Τριμελής Επιτροπή:

Μιχαηλίδης Παναγιώτης

Τζανάκης Κωσταντίνος

Σταύρου Δημήτρης

ΡΕΘΥΜΝΟ 2010

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κ. Κων. Τζανάκη, για το χρόνο που αφιέρωσε, τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις, και που χωρίς τη καθοριστική συμβολή του θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

* * * * *

Ευχαριστώ ακόμη, το Γιάννη Ιατράκη, που καθ όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, με ενθάρρυνε και στήριξε τη προσπάθεια μου, καθώς επίσης την οικογένεια και τους φίλους μου, που με το δικό τους τρόπο, συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας.

* * * * *

Τέλος, ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Παν. Μιχαηλίδη, για τη συμβολή του, στην ολοκλήρωση του δύσκολου αυτού πονήματος.

«Ο πιο σπουδαίος απλός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσε το και δίδαξε τον συμφωνά με αυτό».
(Ausubel, 1968)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.....	9
1.2 ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ	10
1.2.1 ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ.....	11
1.2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ.....	12
1.2.2.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΙΣΜΟΣ.....	12
1.2.2.2 ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΣΜΟΣ.....	13
1.2.2.3. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΓΝΩΣΗ.....	14
1.2.2.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ (ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ) ΜΑΘΗΣΗ.....	15
2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ	16
3. ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	18
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	19
4.1 ΠΡΟΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΙΔΕΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ.....	15
4.2 ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΙΣ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ.....	21
4.3 ΕΜΠΟΔΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ.....	25
4.4 ΝΟΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥΣ.....	26
4.5 Η ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ – ΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΣΜΟΥ.....	28
4.6 ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ – ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ.....	31
4.7 ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ, ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΥΘΙΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ.....	33
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	36
5.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	37
5.2 Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ, ΤΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ, ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ.....	39
6. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ	40
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ	43
7.1 Α' ΜΕΡΟΣ –ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ.....	44
7.2 Β' ΜΕΡΟΣ – ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΥΘΙΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ.....	55
7.3 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ.....	68
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ/ ΣΧΟΛΙΑ	97
10.1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 ^ο –ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	97

10.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ^ο	104
10.3 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 ^ο	113
10.4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 ^ο	127

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

*Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, και ιδιαίτερα της Φυσικής, στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αποτελεί έναν από τους συχνότερους προβληματισμούς των ερευνητών, σε διάφορα ερευνητικά επίπεδα. Η πρακτική διάσταση που πρέπει να χαρακτηρίζει το μάθημα των Φυσικών Επιστημών είναι έντονα συνυφασμένη με την ερμηνεία των φαινομένων τα οποία καθημερινά παρατηρούμε γύρω μας. Ο Newton υποστήριζε ότι «η έννοια των Φυσικών Επιστημών είναι πολύ ευρύτερη από τις φυσικές διαδικασίες ή τις τεχνολογικές κατασκευές που εξηγούνται από αυτές. Είναι η ίδια η ανθρώπινη δραστηριότητα που εξελίσσεται στο φυσικό περιβάλλον και μας αφορά όλους. Τα προϊόντα των θετικών Επιστημών - νόμοι, αρχές, γενικεύσεις, θεωρίες και μοντέλα - δε μπορεί να αγνοηθούν. Καθορίζουν τη σχέση μας με τον κόσμο και τη θέση μας σε αυτόν. Λίγη σημασία έχει η γνώση ή η άγνοια του νόμου της βαρύτητας, **σημασία έχει ότι η εικόνα που έχουμε για τον κόσμο γύρω μας διαμορφώνεται από αυτόν.**» Ο τρόπος που οι μαθητές αντιλαμβάνονται και ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα επηρεάζει όχι μόνο την κατανόηση τους και την επίδοσή τους στο μάθημα της Φυσικής αλλά κυρίως επιδρά στο είδος της γνώσης που θα συγκρατήσουν. Η γνώση αυτή, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι επιστημονικά ορθή, και βασίζεται κυρίως στις αισθητηριακές εντυπώσεις των μαθητών λόγω των προσλαμβανουσών εικόνων και ερεθισμάτων που δέχονται από την καθημερινή τους επαφή με το φυσικό κόσμο. Ο πρωταρχικός συντελεστής της γνώσης στο χώρο των Φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα στην κατανόηση των βασικών φυσικών εννοιών και των νόμων που τις διέπουν, είναι οι αντιλήψεις και οι ερμηνείες που δίνουν οι ίδιοι οι μαθητές στα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Από τις εναλλακτικές ιδέες, αντιλήψεις και ερμηνείες των μαθητών, οι οποίες διαμορφώνονται πριν ακόμα οι μαθητές φοιτήσουν στο σχολείο και οι οποίες μπορεί να τους συντροφεύουν μέχρι και την ενήλικη ζωή, ξεκινούν τα νήματα της μάθησης και σκοπός είναι με τη βοήθεια των εκπαιδευτικών αυτές οι ιδέες να μην παρακαμφτούν αλλά να αποτελέσουν τα θεμέλια πάνω στα οποία θα οικοδομηθεί η επιστημονικά ορθή γνώση. Διερευνώντας τις εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις που έχουν οι ίδιοι οι μαθητές, και μελετώντας τα κοινά τους χαρακτηριστικά και τις επιπτώσεις στη διδασκαλία της Φυσικής, ίσως καταφέρουμε να ξεδιπλώσουμε ορισμένα πολύτιμα στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να απεικονίσουμε τον τρόπο που η Φυσική πρέπει να διδάσκεται στο σχολείο, να τονίσουμε τα σημεία της εκπαιδευτικής*

πρακτικής που χρειάζονται αναθεώρηση, έτσι ώστε να εφαρμοστεί μια σύγχρονη μέθοδος διδασκαλίας που να μπορεί να επιφέρει εννοιολογικές αλλαγές στις παρανοήσεις των μαθητών.

Η έρευνα που παρουσιάζεται παρακάτω, εστιάστηκε σε μαθητές της Β' Τάξης του Γυμνασίου, σε διάφορα σχολεία της πόλης αλλά και του Νομού Ηρακλείου, που διδάσκονται στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής, τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης και της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων. Συγκεντρώθηκε ένα μεγάλο πλήθος στοιχείων τόσο για την έννοια της υδροστατικής πίεσης και τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται όσο και για το φαινόμενο της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων. Καταγράψαμε τις εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών στο βαθμό που ήταν εφικτό, και προσπαθήσαμε να σκιαγραφήσουμε το χαρακτήρα των εσφαλμένων αντιλήψεων στο ερευνώμενο θέμα. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι καθώς το πλήθος των αποτελεσμάτων που συγκεντρώθηκε ήταν ιδιαίτερα μεγάλο, κρίναμε, εμείς, λειτουργικό και χρήσιμο να σχολιάσουμε στα συμπεράσματά μας τα στοιχεία που θεωρήσαμε πιο σημαντικά, ή εκείνα που έδιναν διαφορετικές πληροφορίες από άλλες παρόμοιες έρευνες. Κύριος στόχος μας ήταν να καταγράψουμε εναλλακτικές ιδέες και παρανοήσεις τουλάχιστον σε πρώτο επίπεδο προσέγγισης, ώστε να αναδειχθούν τα σημεία που αξίζει να διερευνηθούν με εστιασμένη έρευνα σε επόμενο στάδιο. Στα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα πρωτογενή στοιχεία, ως αφορμή για περαιτέρω έρευνες. Εξάλλου, καθώς το θέμα των «εναλλακτικών ιδεών και παρανοήσεων των μαθητών» δέχεται ερμηνείες από διάφορες Επιστήμες εκτός της Διδακτικής της Φυσικής, όπως Γνωστική Ψυχολογίας, δε θα ήταν δυνατό να καλυφθεί πλήρως, εξεταζόμενο μόνο από τη σκοπιά της Φυσικής και της Διδακτικής της, όπως έγινε στην έρευνά μας.

Ελπίζουμε ότι η έρευνα που παρουσιάζεται παρακάτω και τα αποτελέσματά της θα συμβάλλουν στην ευρύτερη διερεύνηση των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών για τις διδασκόμενες φυσικές έννοιες αλλά και στην διαμόρφωση επιμορφωτικών προγραμμάτων εστιασμένων στα χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα πιο ενδιαφέροντα μαθήματα που περιλαμβάνονται στα Αναλυτικά Προγράμματα των σχολείων είναι οι Φυσικές Επιστήμες, δηλ. η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Οικολογία, κλπ. Η έρευνα για την αναγνώριση των καλύτερων μεθόδων διδασκαλίας τους και για τον τρόπο προσέγγισης των γνωστικών αντικειμένων που περιλαμβάνουν, έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετές δεκαετίες.

Ο χώρος των Φυσικών Επιστημών στην Εκπαίδευση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο γιατί διαπραγματεύεται θέματα που βρίσκονται σε διαρκή εξέλιξη όσο και γιατί αντιμετωπιζόταν πάντα με κάποια επιφύλαξη ακόμη και προκατάληψη - από τους μαθητές, λόγω του βαθμού δυσκολίας του σε ορισμένες από τις θεματικές του ενότητες. Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) έχουν το δικό τους «γίγνεσθαι» που συνεχίζεται μέσα στο χρόνο (Κόκκοτας, 1988). Είναι η προσπάθεια του ανθρώπου να γνωρίσει την πραγματικότητα και παράλληλα το σώμα των γνώσεων που αποκτήθηκε από αυτή την προσπάθεια. Οι Φ.Ε. δεν είναι μια μέθοδος ή ένα πλήθος γνώσεων, αλλά είναι τρόπος συμπεριφοράς, είναι η διάθεση να παρατηρεί κανείς τα γεγονότα και να καταγράφει τις παρατηρήσεις του. Είναι μια διαδικασία ανακάλυψης, που απαιτεί φαντασία, κρίση, ευελιξία και συστηματικότητα.

Στον οδηγό διδασκαλίας της Unesco υποστηρίζεται η άποψη ότι οι Φ.Ε. αποτελούν μια ανοικτή διαδικασία στην οποία η φαντασία, η υπόθεση, η κριτική και η αμφιγνωμία παίζουν ουσιαστικό ρόλο. Οι σύγχρονες θεωρήσεις για τις Φ.Ε. δε δέχονται ότι οι Φ.Ε. είναι ένας κατάλογος με αλήθειες που πρέπει να μάθουν οι μαθητές. Αντίθετα, είναι ένα σύστημα γνώσης, όπου κάποια πράγματα που μελετήθηκαν σ' έναν τομέα, αποδεικνύονται χρήσιμα σε έναν άλλο ή κάτι που ανακαλύφθηκε αργότερα φωτίζει κάποιο προηγούμενο άλυτο θέμα.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, κρίνεται όχι μόνο χρήσιμη αλλά και απαραίτητη. Σκοπός, μέσω της διδασκαλίας των Φ.Ε. αποτελεί η υποστήριξη της νοητικής αυτονομίας των παιδιών, η συμβολή στο να οδηγηθεί η σκέψη τους από την απλή παρατήρηση των φαινομένων του φυσικού κόσμου στη συστηματική διερεύνηση, στη διαμόρφωση κριτικής και ερευνητικής στάσης. Επίσης, οι Φ.Ε. συμβάλουν στην αξιοποίηση της περιέργειας, της φαντασία και διευκολύνουν τη συνεργασία μεταξύ των παιδιών και μεταξύ παιδιών – ενηλίκων στο πλαίσιο του σχολικού και κοινωνικού περιβάλλοντος. Σημαντική συνεισφορά αποτελεί και η δημιουργία και ανάπτυξη εκπαιδευτικών πλαισίων, όπου στα παιδιά δομούνται μοντέλα ερμηνειών και αντιμετώπισης του φυσικού κόσμου συμβατά με αυτά των Φυσικών Επιστημών.

Η διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο, απευθύνεται στους μαθητές ανεξαρτήτως αν στην ζωή τους θα ακολουθήσουν δρόμους και ασχολίες που απαιτούν ειδικές επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις. Αποτελεί χρέος του σχολείου να εφοδιάσει τους αυριανούς πολίτες αυτού του τόπου, με τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για να εξοικειωθούν με το κόσμο στον οποίο ζουν, είτε αυτός είναι ο πολύπλοκος τεχνολογικός κόσμος του σύγχρονου τεχνικού πολιτισμού, είτε είναι ο αξιοθαύμαστος κόσμος της φυσικής πραγματικότητας, σε όλες της κλίμακες οργάνωσης της ύλης, από τα γειτονικά μας φαινόμενα μέχρι την απεραντοσύνη του ολικού σύμπαντος.

Στον αιώνα μας, η διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο δεν πρέπει να είναι, πλέον, η απαρχή συσσώρευσης ενός μεγάλου όγκου φαινομένων και φυσικών νομών, συσκευασμένων προς απομνημόνευση. Οι μαθητές δε χρειάζεται να αποτελούν τράπεζα μεγάλου όγκου πληροφοριών

αφού το ρόλο αυτό τον έχει αναλάβει πλέον η σύγχρονη τεχνολογία. Αυτό που καλείται να προσφέρει η διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο είναι η μεταφορά στους μαθητές του θαυμαστού και δημιουργικού τρόπου με τον οποίο η επιστημονική σκέψη διεισδύει στον πυρήνα δύσκολων προβλημάτων που σχετίζονται με την κατανόηση της δομής και λειτουργίας του φυσικού κόσμου. Να κατανοήσουν οι μαθητές τον τρόπο με τον οποίο, ξεκινώντας από ένα μικρό αριθμό βασικών θεμελιωδών αρχών και εννοιών μπορεί κάποιος να περιγράψει αλλά και να προβλέψει μια ευρύτατη κλάση φυσικών φαινομένων (Βιβλίο μαθητή, Φυσική Γ' Γυμνασίου, Ο.Ε.Δ.Β)

1.1 Διδακτική και Φυσικές Επιστήμες

Η διδακτική είναι η επιστήμη της διδασκαλίας, ασχολείται με τη θεωρία και την πράξη της διδασκαλίας και στόχο έχει τη βελτίωση της ποιότητας διδασκαλίας. Η τήρηση των κανόνων της Διδακτικής αποτελεί το καλύτερο δυνατό τρόπο διδασκαλίας των Φ.Ε.

Τα κέντρα ενδιαφέροντος των ερευνών, στο τομέα της Διδακτικής της Φυσικής αποτελούν τόσο οι «αποδεκτές της γνώσης» δηλαδή οι μαθητές, όσο και οι «συντελεστές της γνώσης» οι εκπαιδευτικοί. Μια σύντομη ανασκόπηση των εργασιών στο τομέα των Φυσικών Επιστημών, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η έρευνα, είναι περισσότερο εστιασμένη στους μαθητές, αφού μέχρι και σήμερα δεν έχει δοθεί απάντηση στο ερώτημα «ποιός είναι ο τρόπος με τον οποίο ο μαθητής μαθαίνει τη νέα γνώση, ο τρόπος που την αφομοιώνει και την εντάσσει στις καθημερινές του εμπειρίες και πράξεις». Σύμφωνα με τον Resnick (1989) «οι σύγχρονες γνωστικές θεωρίες (cognitive theories) αντιμετωπίζουν τη μάθηση σαν ενεργητική και εποικοδομητική διαδικασία που επηρεάζεται ισχυρά από τις ήδη διαμορφωμένες αντιλήψεις, απόψεις και ιδέες. Η προϋπάρχουσα γνώση σε συνδυασμό με τα «πιστεύω» του κάθε ατόμου, παίζουν καθοριστικό ρόλο στο είδος και στον τρόπο μάθησής του».

Στη σχολική εκπαίδευση, είναι αρκετά έντονο το δίλημμα της επιλογής της αντιμετώπισης των Φ.Ε ως συνόλου δεδομένων γνώσεων που πρέπει να μάθει ο μαθητής, ή ενός εξελισσόμενου μεθοδολογικού πλαισίου παραγωγής γνώσης. Οι δύο αυτές τάσεις επηρεάζουν καθοριστικά τη χάραξη της διδακτικής στρατηγικής. Η πρώτη αντίληψη, εξυπηρετείται αποτελεσματικά με τη *μετωπική, θεωρητική διδασκαλία, την έμφαση στον ορθολογισμό και τη μαθηματική - φορμαλιστική διάσταση του μαθήματος*. Η δεύτερη, προϋποθέτει μερική περικοπή της διδακτέας ύλης, υιοθέτηση της *πειραματικής διδασκαλίας με έμφαση στη μεθοδολογία και τη διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων, όχι τόσο στα αποτελέσματα αυτά καθαυτά*. Η άποψη, ότι πρώτα πρέπει να κατανοείς και να ερμηνεύεις τα φαινόμενα και μετά να υπολογίζεις, κατακτά όλο και περισσότερους υποστηρικτές.

Οι Φ.Ε έχουν κάποιες ιδιαιτερότητες, όπως το γεγονός ότι στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό σε πειραματικές αποδείξεις, ή ότι αρκετά από τα επιστημονικά δεδομένα επιδέχονται διαφορετικές ερμηνείες, Έτσι, είναι δύσκολο να πούμε ότι η διδασκαλία τους στηρίζεται σε μία μόνο συγκεκριμένη θεωρία μάθησης ή σε μία μόνο διδακτική μεθοδολογική προσέγγιση. Ωστόσο, δεν καταργείται η ανάγκη, η διδασκαλία τους να στηρίζεται στις γενικές αρχές μάθησης που σχετίζονται με τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης σε συνδυασμό με τις μεθοδολογικές προσεγγίσεις που επιτρέπει η ίδια η φύση τους.

Η διδακτική της Φυσικής και η μελέτη γύρω από τον τρόπο που μπορεί η διδασκαλία να είναι περισσότερο αποτελεσματική, οδήγησε στον ορισμό ορισμένων *διδακτικών μοντέλων*. Επίσης, στις μέρες μας έχει συγκεντρωθεί μεγάλος αριθμός εμπειρικών δεδομένων και διδακτικών προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση διδακτικών στρατηγικών που μπορούν να εφαρμοστούν από τους διδάσκοντες με στόχο την εννοιολογική πρόοδο ή και εννοιολογική αλλαγή (Light, P. Brinkam, F. & Vonk, H., 1991)

Τα διδακτικά μοντέλα ή αλλιώς διδακτικές στρατηγικές, αποτελούν σχήματα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, στη δομή και τη μεθοδολογία, που αφορούν το σχεδιασμό και την οργάνωση της διδακτικής - μαθησιακής πορείας. Χαρακτηριστικά σημεία της διαφοροποίησης των διδακτικών σχημάτων είναι η κατανομή των δραστηριοτήτων στο δάσκαλο και στο μαθητή, το σχέδιο της λογικής εξέλιξης του μαθήματος σε σχέση με τις γενικές αντιλήψεις για τη μάθηση και τις νοητικές δραστηριότητες των μαθητών, καθώς και το σχέδιο της λογικής εξέλιξης του μαθήματος αναφορικά με τα στοιχεία των Φυσικών Επιστημών.

Ανάλογα με την κατανομή των δραστηριοτήτων ανάμεσα στο δάσκαλο και το μαθητή, χρησιμοποιούνται οι όροι: δασκαλοκεντρικό, μαθητοκεντρικό, εξατομικευμένη διδασκαλία, διδασκαλία με ομάδες εργασίας, κ.ά. Τον τελευταίο καιρό διαμορφώνονται δυο ακόμη τάσεις όσον αφορά τα διδακτικά μοντέλα και προτείνονται οι όροι *ανακαλυπτικό* ή ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο και *μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας*.

Έτσι, διαμορφώνεται η τάση να δίνεται περισσότερη έμφαση στην μέθοδο παρά στην ποσότητα διδακτικής Ύλης. Προς την κατεύθυνση αυτή συμφωνεί και η άποψη πως, αν οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν βασικό μάθημα σε όλες τις βαθμίδες της βασικής εκπαίδευσης όλων των χωρών, δεν είναι για τόσο για τις γνώσεις που προσφέρουν όσο για τη μέθοδο που εισάγουν.

1.2. Θεωρίες Μάθησης

Η μάθηση είναι ένα σύνθετο εσωτερικό βιολογικό και πνευματικό φαινόμενο που έχει μελετηθεί από διάφορους κλάδους της επιστήμης όπως Ψυχολογία, Παιδαγωγική, Φυσιολογία, Ιατρική, Βιολογία και άλλοι. Οι διαδικασίες της μάθησης είναι τόσο ποικιλόμορφες και διαφορετικές, ώστε η ένταξη τους σε μία και μοναδική κατηγορία δεν μπορεί να είναι βάσιμη και πλήρης. Όπως παρατηρεί ο Φλουρής (Φλουρής, 2003), παρότι έχει διεξαχθεί πληθώρα σχετικών μελετών, η μάθηση παραμένει μια διαδικασία η οποία δεν έχει ερμηνευτεί και κατανοηθεί πλήρως και κατά τρόπο παραδεκτό από όλους, όσους ασχολούνται με αυτή. Στην ουσία τα όσα γράφονται και λέγονται για τη μάθηση αποτελούν επιστημονικές υποθέσεις που εξάγονται από την παρατήρηση και τη μελέτη των αποτελεσμάτων της.

Υπάρχει μεγάλη διάσταση απόψεων μεταξύ των ερευνητών για τον προσδιορισμό της έννοιας της μάθησης. Κατά καιρούς, η μάθηση ορίστηκε ως δημιουργία υποκατάστατων ανακλαστικών (Pavlov), ως δοκιμή και πλάνη (Thorndike, 1913), ως επανάληψη μιας αντίδρασης μετά από θετική ενίσχυση (Skinner, 1968), ως ενόραση (Kohler), ως μίμηση προτύπου (Bandura), ως επεξεργασία των πληροφοριών (Neisser, 1985 Gagné, 1975) και ως προσωπική ερμηνεία στις νεοαποκτηθείσες πληροφορίες (Rogers, 1969).

Έχοντας αυτό υπόψη και γνωρίζοντας ότι κανένας ορισμός της μάθησης δεν μπορεί να είναι ικανοποιητικός, ένας ορισμός που προτάθηκε από τον Kimble (Kimble, 1980) μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικός: «Μάθηση είναι μια σχετικά σταθερή αλλαγή σε μια δυνατότητα της συμπεριφοράς, η οποία συμβαίνει ως αποτέλεσμα ενισχυμένης πρακτικής». Ένας άλλος

ορισμός είναι του Gagné σύμφωνα με τον οποίο (Gagné, 1975) η μάθηση είναι η διαδικασία που υποβοηθά τους οργανισμούς να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και με ένα μόνιμο τρόπο, έτσι ώστε η ίδια η τροποποίηση ή αλλαγή να μη χρειαστεί να συμβεί κατ' επανάληψη σε κάθε νέα περίπτωση. Η αλλαγή ή τροποποίηση αυτή γίνεται αντιληπτή από το ίδιο το πρόσωπο που μαθαίνει, αφού από τη στιγμή που θα έχει ολοκληρωθεί η μάθηση, θα είναι σε θέση να εκτελεί ορισμένες πράξεις που δεν θα μπορούσε να κάνει προηγουμένως.

Η μάθηση είναι φαινόμενο που περιλαμβάνει διαδικασίες τόσο σε βιολογικό όσο και σε πνευματικό επίπεδο. Ο Χαραλαμπίδης (Χαραλαμπίδης, 2001) επισημαίνει ότι ως βιολογική διαδικασία, η μάθηση παρατηρείται και στα ζώα και στους ανθρώπους και είναι αποτέλεσμα μακράς άσκησης, επανάληψης και εθισμού. Ως πνευματική διαδικασία η μάθηση παρατηρείται μόνο στον άνθρωπο, κατευθύνεται σε μεγάλο βαθμό από τον ίδιο και εκδηλώνεται στη συμπεριφορά του. Η μάθηση δεν είναι κάτι που μπορεί να παρατηρηθεί στην ολότητα της άμεσα. Μόνο το αποτέλεσμα της μπορεί να γίνει αντιληπτό.

1.2.1 Μάθηση και διδασκαλία

Ο άνθρωπος χωρίς συστηματική βοήθεια δεν μπορεί στη διάρκεια της ζωής του να ανταποκριθεί στο περιβάλλον του κατά τρόπο ικανοποιητικό και να ανταπεξέλθει στις αυξημένες απαιτήσεις της σύγχρονης ζωής. Η συστηματική βοήθεια παρέχεται σε μεγάλο βαθμό με τη διδασκαλία, η οποία αποσκοπεί στο να μεταδώσει στο μαθητή την πείρα των προγόνων του και να τον καταστήσει ικανό όχι μόνο να τη χρησιμοποιήσει, αλλά και να τη βελτιώσει ή να την προσαρμόσει καλύτερα στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Η μάθηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διδασκαλία. Σύμφωνα με τις νέες αντιλήψεις στο χώρο της παιδαγωγικής ψυχολογίας (Καψάλης, 1990) ο μαθητής δεν αποτελεί ένα παθητικό ον που αντιδρά μηχανικά και χωρίς συμμετοχή στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, αλλά αποτελεί μια ενεργητική ύπαρξη, έναν παραγωγό, ένα μετασχηματιστή των πληροφοριών που προσφέρονται από το δάσκαλο. Η μάθηση που επιτυγχάνεται από το μαθητή είναι ένα ζωντανό προϊόν που χρησιμεύει σ' αυτόν να ικανοποιήσει τις ανάγκες του και να λύσει τα προβλήματα της ζωής του. Πρέπει να επισημανθεί (Τριλιανός, 2004), ότι παρά τη στενή αλληλεπίδραση μάθησης και διδασκαλίας, η ύπαρξη της μιας δεν συνεπάγεται αυτόματα την ύπαρξη της άλλης ούτε το αντίστροφο. Για να αποδειχτεί μια διδασκαλία χρήσιμη, ποιοτικά ανώτερη και αποτελεσματική, ο εκπαιδευτικός πρέπει να λάβει υπόψη του τις αρχές και τους νόμους της μάθησης. Άλλωστε, όπως αναφέρει ο Gagné, διδασκαλία σημαίνει το σύνολο των ενεργειών που θα κάνει ο δάσκαλος προκειμένου να προκαλέσει, να ενεργοποιήσει, να ενισχύσει και να προωθήσει τη μάθηση (Φλουρής, 2003).

Βασικές θεωρίες για τη μάθηση

Όπως και στις άλλες περιοχές της επιστήμης, έτσι και στην περιοχή της μάθησης υπάρχουν διάφορες θεωρίες που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τις βασικές της διεργασίες. Οι θεωρίες αυτές διαφέρουν κατά πολύ στη μέθοδο και στο συμπέρασμα, γιατί έχουν συγκεντρώσει την προσοχή τους αποκλειστικά σε ορισμένες όψεις της όλης διεργασίας της μάθησης και έτσι βλέπουν τα πράγματα από διαφορετική οπτική γωνία.

Επειδή στόχος της διδασκαλίας είναι να προκαλέσει και να ενισχύσει τη μάθηση, είναι απαραίτητο για τον εκπαιδευτικό να γνωρίζει τις βασικές θεωρίες της μάθησης, τη διαφορετική τους φιλοσοφία, τις αρχές και τη μεθοδολογία τους, ώστε αυτό που κάνει να έχει νόημα και να μπορεί να το αξιολογήσει. Άλλωστε, όπως αναφέρεται (Ράπτης, Ράπτη, 2001), κάθε είδους διδασκαλία σχετίζεται με ορισμένες παραδοχές για το τι πρέπει να μάθει ο μαθητεύομενος καθώς και το πως είναι καλύτερο να το μάθει, δηλαδή τους στόχους, το περιεχόμενο και τη διαδικασία της μάθησης. Κάθε δάσκαλος, λοιπόν, είτε το γνωρίζει είτε όχι, υιοθετεί στην πράξη μια θεωρία μάθησης.

Η δημιουργία μιας συγκεκριμένης θεωρίας, που να προβλέπει μια «φόρμουλα» γενικής εφαρμογής για όλες τις διδακτικές καταστάσεις, είναι αδύνατη, λόγω της ποικιλίας των καταστάσεων της μάθησης που χαρακτηρίζουν τη διδασκαλία (Φλουρής, 2003). Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένες από τις πιο αντιπροσωπευτικές θεωρίες της μάθησης, δηλαδή η προσέγγιση του συμπεριφορισμού, η θεωρία του εποικοδομητισμού, οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρήσεις για τη γνώση, η διερευνητική και η συνεργατική μάθηση.

1.2.2.1 Συμπεριφορισμός

Σύμφωνα με τους οπαδούς του συμπεριφορισμού (ή μιχεβιορισμού - behaviorism), δεν έχουν σημασία οι εσωτερικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της μάθησης, αλλά οι αλλαγές που συμβαίνουν στην εμφανή συμπεριφορά του υποκειμένου, στο τι δηλαδή μπορεί να κάνει ο μαθητεύομενος ως αποτέλεσμα της κατάλληλης οργάνωσης του περιβάλλοντος της μάθησης.

Ο σημαντικότερος μηχανισμός της μάθησης είναι, κατά τους συμπεριφοριστές, η *ενίσχυση της επιθυμητής συμπεριφοράς* (Ράπτης, Ράπτη 2001). Κλασικό παράδειγμα είναι το γνωστό πείραμα του Ραβλον. Ο Ρώσος φυσιολόγος Ραβλον έδινε τροφή σε ένα σκύλο καθημερινά, αφού χτυπούσε ένα καμπανάκι. Η προσφορά, δηλαδή, τροφής συνοδευόταν από ένα συγκεκριμένο ήχο. Μετά από πολλές επαναλήψεις της ίδιας διαδικασίας, ο Ραβλον παρατήρησε πως ο σκύλος, μόλις άκουγε το γνωστό -πλέον- ήχο, είχε έκκριση σάλιου. Το πείραμα αυτό έγινε και σε άλλα ζώα, όπως γάτες, ποντίκια, χιμπατζήδες κ.λ.π. με διαφορετικά, όμως, ερεθίσματα. Τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια με την περίπτωση του σκύλου.

Η επιθυμητή αντίδραση σε ένα εξαρτημένο – και όχι φυσικό – ερέθισμα, όπως είναι η τροφή, είναι μια βασική μορφή μάθησης που συντελεστήκε επειδή ο σκύλος συσχέτισε συνειρμικά τον ήχο του κουδουνιού με την τροφή. Αν δεν υπήρχε κίνητρο (ικανοποίηση της πείνας) ο μηχανισμός αυτός ίσως να μη λειτουργούσε. Συνεπώς, εξαρτημένη μάθηση συντελείτε με την ενίσχυση της επιθυμητής συμπεριφοράς (θετική ενίσχυση), είτε μέσω της αμοιβής, είτε με τιμωρία ή την απαλλαγή από τις δυσάρεστες επιπτώσεις μιας μη επιθυμητής συμπεριφοράς (αρνητική ενίσχυση).

Ο Skinner είναι από τους αντιπροσωπευτικότερους εκπροσώπους του συμπεριφορισμού. Σε αντίθεση με τον Ραβλον, υποστηρίζει ότι (Τριλιανός, 2004) η συμπεριφορά δεν πρέπει να αποδίδεται σε κάποιο ανεξάρτητο ερέθισμα, αλλά να θεωρείται ως αποτέλεσμα εσωτερικών επενεργειών του οργανισμού. Η θεωρία του ονομάστηκε *ενεργός ή συντελεστική μάθηση*.

Βασικός άξονας, λοιπόν, των απόψεων του Skinner είναι η θέση ότι αν ορισμένη αντίδραση ακολουθείται από κάποιο σχετικό ερέθισμα, η πιθανότητα να επαναληφθεί σε ανάλογες περιπτώσεις η ίδια συμπεριφορά αυξάνεται. Αν, αντίθετα, μια ορισμένη συμπεριφορά δεν

συννοδεύεται από κάποια ενίσχυση, παύει σιγά-σιγά να εκδηλώνεται, γίνεται δηλαδή «απόσβεση» της. Για να έχει αποτελέσματα η ενίσχυση πρέπει να είναι άμεση. Πρέπει επίσης να έχει φροντίσει ο εκπαιδευτής να ερευνήσει ποια είναι κάθε φορά η κατάλληλη ενίσχυση για το κάθε άτομο (Ράπτης, Ράπτη, 2001).

Ο Skinner υπήρξε ο πρόδρομος των μηχανών διδασκαλίας (teaching machines) (Skinner, 1968), πριν αναπτυχθούν τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Πίστευε ότι οι μηχανές αυτές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα ευνοϊκά για τη μάθηση που θα ανέτρεπαν τα μειονεκτήματα του σχολικού συστήματος, εφόσον θα ασχολούνταν με τις απαντήσεις των μαθητών και θα ενίσχυαν τις σωστές απαντήσεις αμέσως μετά τη διατύπωση τους από τους μαθητές, κάτι που δεν γινόταν στο πλαίσιο της συνηθισμένης διδασκαλίας. Πίστευε επίσης ότι οι διδακτικές μηχανές θα μπορούσαν να εφαρμόσουν ορισμένες γενικές αρχές της διδασκαλίας, η οποία θα στηριζόταν στον προγραμματισμό των διαδοχικών ερωτήσεων προς το μαθητή γι' αυτό και η διδασκαλία αυτή ονομάστηκε *προγραμματισμένη διδασκαλία* (Σολομωνίδου, 1999).

Ο συμπεριφορισμός επικράτησε το πρώτο μισό του 20ου αιώνα και παρόλο που βοήθησε στην εξήγηση ορισμένων φαινομένων της μάθησης, δέχτηκε αρκετή κριτική εξαιτίας του μοντέλου αγωγής και διδασκαλίας που εισήγαγε. Ένα σοβαρό μειονέκτημα του συμπεριφορισμού είναι η προσήλωση του στην εξωτερική συμπεριφορά του ατόμου και στο ρόλο των εξωτερικών συνθηκών και ταυτόχρονα η παραμέληση του ρόλου των εσωτερικών ανώτερων νοητικών λειτουργιών και της εσωτερικής προσπάθειας του ατόμου να κατανοήσει τον κόσμο και να ρυθμίσει ανάλογα τη συμπεριφορά του (Ματσαγγούρας, 1997). Επίσης, υποστηρίζεται από πολλούς (Σολομωνίδου, 1999), ότι το μοντέλο του Skinner και του συμπεριφορισμού είναι ανεπαρκές, καθότι είναι γνωστό πως οι άνθρωποι μαθαίνουν από τα λάθη τους, χωρίς να χρειάζονται πάντα ενίσχυση για να μάθουν, με την προϋπόθεση ότι τους εξηγείται η αιτία του λάθους τους. Τέλος, άλλοι απορρίπτουν τις θεωρίες του συμπεριφορισμού ως μηχανιστικές ή αυθαίρετες γενικεύσεις διαπιστώσεων που έγιναν κυρίως σε ζώα (Φλουρής, 2003).

Οι συμπεριφοριστές, παρά την προσπάθειά τους να θέσουν τα επιστημονικά θεμέλια της θεωρίας της μάθησης, υπήρξαν υπερβολικά αισιόδοξοι στις προσδοκίες τους, διότι η θεωρία τους φαίνεται ότι δεν προσφέρεται για προωθημένες μορφές μάθησης, όπου η προσωπική άποψη, η απρόβλεπτη κριτική επιχειρηματολογία, η δημιουργικότητα και η πρωτοβουλία, η ιδιαιτερότητα της κάθε κουλτούρας και η πρωτότυπη έκφραση έχουν μεγάλη αξία (Ράπτης, Ράπτη, 2001).

1.2.2.2 Εποικοδομητισμός

Ο εποικοδομητισμός (constructivism), έχοντας ως αρχικό και κύριο πεδίο έρευνας και εφαρμογής τις φυσικές επιστήμες, ρίχνει φως και δίνει βαρύτητα στις υπάρχουσες αντιλήψεις, ιδέες και αναπαραστάσεις των εκπαιδευόμενων σε σχέση με το θέμα που διδάσκονται κάθε φορά. Η εμφάνιση της εποικοδομητικής θεωρίας χρωστάει πολλά στην εξέλιξη της ψυχολογίας, με τις εργασίες του Jean Piaget, και της επιστημολογίας (Gaston Bachelard) οι οποίες επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό την παιδαγωγική σκέψη και τον προσανατολισμό της εκπαιδευτικής έρευνας (Σολομωνίδου, 1999).

Σύμφωνα με την εποικοδομητική άποψη, λοιπόν, η νόηση είναι μια λειτουργία κατασκευής νοημάτων βασισμένη πάνω στην όλη εμπειρία του ατόμου. Η δόμηση της γνώσης είναι επομένως μια λειτουργία που βασίζεται στις προϋπάρχουσες εμπειρίες, τις νοητικές κατασκευές, τις πεποιθήσεις, τις «θεωρίες» που ο καθένας χρησιμοποιεί, προκειμένου να ερμηνεύσει

αντικείμενα ή γεγονότα και τις οποίες δεν μπορεί να υποτιμά ο δάσκαλός κατά τις διδακτικές του επιδιώξεις (Ράπτης, Ράπτη, 2001).

Από τη θεώρηση του εποικοδομητισμού δίνεται έμφαση στην ενεργητικό ρόλο του μαθητή και στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων διερευνητικού χαρακτήρα τα οποία δημιουργούν κίνητρο για τους μαθητές (Κορδάκη, 2000). Αναγνωρίζεται η σημασία της πρότερης γνώσης μαθητή πάνω στην οποία με βάση την εμπειρία και τον αναστοχασμό οικοδομεί τη γνώση του. Επιπλέον, αναγνωρίζεται η σημασία του λάθους κατά τη διάρκεια της τροποποίησης του οποίου ο μαθητής μαθαίνει.

Οι βασικές παραδοχές της εποικοδομητικής θεωρίας έχουν διαμορφωθεί με βάση ένα σημαντικό αριθμό ερευνητικών δεδομένων και τις έχει συνοψίσει μια εξέχουσα μορφή της διδακτικής των φυσικών επιστημών, η Rosalind Driver (Σολομωνίδου, 1999):

- Οι μαθητές δεν θεωρούνται πλέον παθητικοί δέκτες, αλλά τελικοί υπεύθυνοι της δικής τους μάθησης. Σε κάθε μαθησιακή διαδικασία φέρνουν τις δικές τους προηγούμενες αντιλήψεις και απόψεις.
- Η μάθηση θεωρείται ότι εμπλέκει το μαθητή με ενεργό τρόπο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η μάθηση προϋποθέτει την οικοδόμηση νοήματος και συμβαίνει συχνά μέσα από προσωπική διαπραγμάτευση.
- Η γνώση δεν είναι «κάπου εκεί έξω», αλλά οικοδομείται με προσωπικό και κοινωνικό τρόπο. Το καθεστώς της γνώσης είναι λίγο προβληματικό. Μπορεί να αξιολογείται από το μαθητή ως προς το βαθμό που ταιριάζει με την υπάρχουσα εμπειρία του και είναι συνεπής με άλλες πλευρές της γνώσης του.
- Οι διδάσκοντες φέρνουν επίσης στις μαθησιακές καταστάσεις τις δικές τους ιδέες και αντιλήψεις. Φέρνουν όχι μόνο τη γνώση που έχουν για το αντικείμενο, αλλά και τις απόψεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση και όλα αυτά επηρεάζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης με τα παιδιά μέσα στην τάξη.
- Η διδασκαλία δεν είναι η μετάδοση της γνώσης, αλλά προϋποθέτει την οργάνωση των καταστάσεων μέσα στην τάξη και το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων με τρόπο που να προωθούν την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης.
- Το αναλυτικό πρόγραμμα δεν είναι αυτό το οποίο θα πρέπει να μάθει κανείς, αλλά αποτελεί ένα πρόγραμμα από μαθησιακές δραστηριότητες, υλικά, πηγές, μέσα από τα οποία οι μαθητές οικοδομούν τη γνώση.

1.2.2.3 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρήσεις για τη γνώση

Σε αντίθεση με την ατομοκεντρική θεωρία του εποικοδομητισμού, άλλοι επιστήμονες, με πρωτοπόρο το Ρώσο Vygotsky, έχουν υποστηρίξει μια κοινωνικοκεντρική θεώρηση της ανάπτυξης, με βάση την οποία τονίζεται ο ρόλος που παίζουν οι κοινωνικό-πολιτισμικοί παράγοντες στη γένεση της γνώσης και την πορεία μάθησης και ανάπτυξης του ατόμου. Πρόκειται για μια σύγχρονη κατεύθυνση που είναι γνωστή ως *κοινωνικο-πολιτισμική προσέγγιση*, κατά την οποία η προσωπική σκέψη οικοδομείται με βάση την κοινωνική αλληλεπικοινωνία.

Σύμφωνα με τον Vygotsky, η νοητική ανάπτυξη είναι μια διαδικασία άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορικοκοινωνική διάσταση και το πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο συντελείται. Η ανάπτυξη επιτυγχάνεται όχι μόνο χάρη στον έμφυτο νοητικό εξοπλισμό του κάθε ατόμου, αλλά

και εξαιτίας της διαμεσολάβησης των κοινωνικών γεγονότων και των πολιτιστικών εργαλείων (όπως είναι η γλώσσα), καθώς και της εσωτερίκευσης των σημασιών με τις οποίες είναι φορτισμένα αυτά τα πολιτισμικά μέσα και εργαλεία. Τα εργαλεία αυτά και οι κοινωνικές σημασίες τους όχι μόνο διαμεσολαβούν για την πραγματοποίηση των γνωστικών διεργασιών, αλλά εμπεριέχουν νοήματα και τρόπους σκέψης που διαμορφώνουν διαλεκτικά τις ίδιες τις νοητικές διεργασίες (Ράπτης, Ράπτη 2001).

Η θέση του Vygotsky ότι η κοινωνική αλληλεπικοινωνία γεννά τη γνωστική εξέλιξη φαίνεται ξεκάθαρα στο σημείο που προσδιορίζει τη «ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης» (zone of proximal development) ως την «απόσταση μεταξύ του κατεχόμενου επιπέδου ανάπτυξης, όπως αυτοπροσδιορίζεται από την ανεξάρτητη (ατομική) επίλυση προβλημάτων, και το επίπεδο της ενδυνάμει ανάπτυξης, όπως προσδιορίζεται από την ικανότητα του ατόμου να επιλύει προβλήματα κάτω από την καθοδήγηση ενηλίκων ή μέσα από τη συνεργασία με ικανότερους συνομήλικους» (Vygotsky, 1978).

Σε διδακτικό επίπεδο η έννοια της επικείμενης ανάπτυξης σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει πρώτα να προσδιορίζει το επίπεδο των ατομικών ικανοτήτων του παιδιού και κατόπιν να εντοπίζει το επίπεδο των γνωστικών ικανοτήτων που μπορεί να αναπτύξει το παιδί με τη βοήθεια νύξεων, επιδείξεων και ερωτημάτων από την πλευρά του εκπαιδευτικού (Ματσαγγούρας, 1997).

1.2.2.4 Διερευνητική (ή ανακαλυπτική) μάθηση

Η προσπάθεια του μαθητή να μαθαίνει μόνος του, αυτόβουλα, κάνοντας χρήση των εσωτερικών του εμπειριών και δυνατοτήτων ανάγεται στην εποχή του Σωκράτη και του Πλάτωνα. Στην εποχή εκείνη, ο μεν πρώτος αναταράζει τις δημιουργικές δυνάμεις των μαθητών του, ο δε δεύτερος με τη διαλεκτική του καθορίζει έναν επιστημονικό τρόπο εργασίας στη μάθηση.

Στη σύγχρονη εποχή η προσπάθεια του μαθητή για ανακάλυψη ή διερεύνηση των γνώσεων συστηματοποιήθηκε, οργανώθηκε και τεκμηριώθηκε κυρίως μέσα από τις θέσεις του Jerome Bruner. Οι Ράπτης και Ράπτη (Ράπτης, Ράπτη, 2001) αναφέρουν ότι ο Bruner ανήκει στην κατηγορία των γνωστικών ψυχολόγων της μάθησης, που δίνει έμφαση στη διευκόλυνση της μάθησης μέσα από την κατανόηση των δομών και των επιστημονικών αρχών ενός αντικειμένου και των τρόπων του σκέπτεσθαι του μαθητευόμενου, καθώς και στην υιοθέτηση της ανακαλυπτικής μεθόδου, ή της καθοδηγούμενης ανακάλυψης με την ανάπτυξη εσωτερικών κινήτρων μάθησης από μέρους του μαθητευόμενου. Οι τρόποι σκέψης ή τα συστήματα, τα οποία χρησιμοποιεί ο μαθητευόμενος για να κατανοεί τις πληροφορίες και να αναπτύσσεται γνωστικά (που αντιστοιχούν και στα ιστορικά στάδια της ανθρώπινης εξέλιξης) είναι κατά τον Bruner (Bruner, 1966):

- Το σύστημα της *πραξιακής αναπαράστασης* (enactive representation), στο οποίο η γνώση σχετίζεται με την κίνηση και τη δεξιότητα που προέρχεται από την άμεση επαφή του ατόμου με τα πράγματα (π.χ. το παιδί μετράει τα μολύβια)
- Το σύστημα της *εικονικής αναπαράστασης* στο οποίο οι γνώσεις αναπαριστώνται μέσω εσωτερικών πνευματικών εικόνων, χωρίς όμως το στοιχείο του αφηρημένου συσχετισμού (π.χ. η εικόνα του παιδιού που μετράει τα μολύβια) και
- Το σύστημα της *συμβολικής αναπαράστασης*, που είναι και το ανώτερο, στο οποίο οι γνώσεις παρουσιάζονται με σύμβολα (αναπαράσταση σχέσεων με αφηρημένα σύμβολα,

με δυνατότητα διαφόρων συσχετισμών και διατύπωσης θεωριών, ακόμη και χωρίς να στηρίζεται ο μαθητευόμενος σε συγκεκριμένα στοιχεία της εμπειρίας).

Σχετικά με την απόκτηση της γνώσης (Τριλιανός, 2003) ο Bruner υποστηρίζει την ανακαλυπτική-διερευνητική μάθηση, κατά την οποία ο μαθητής με τις δυνάμεις προσπαθεί να εμβαθύνει στο αντικείμενο και να ανακαλύψει τις θεμελιώδεις αρχές και σχέσεις που διέπουν τα επιμέρους στοιχεία του. Εδώ η λογική σκέψη του ατόμου παίζει ρόλο, όμως ο Bruner θεωρεί ότι το άτομο πρέπει να προχωρήσει παραπέρα και να καλλιεργήσει τη διαισθητική σκέψη, που του επιτρέπει να κάνει πνευματικά άλματα, να πρωτοτυπεί, να εφευρίσκει και να συλλαμβάνει ριζοσπαστικές λύσεις σε προβληματικές καταστάσεις.

Σε μια από τις πιο γνωστές θέσεις του (Φλουρής, 2003), ο Bruner υποστηρίζει ότι όλοι οι μαθητές είναι δυνατόν να μάθουν οτιδήποτε και σε οποιαδήποτε ηλικία, εφόσον υπάρχει η κατάλληλη δομή και οργάνωση της ύλης, καθώς και η απαραίτητη μεθόδευση της διδασκαλίας. Η θέση αυτή του Bruner προκάλεσε αρκετές αντιδράσεις, αφού προσέκρουσε στις μέχρι τότε αποδεκτές αντιλήψεις για το θέμα αυτό, αλλά και επέφερε επαναστατικές αλλαγές τόσο στη φύση των αναλυτικών προγραμμάτων όσο και στην οργάνωση και διεξαγωγή της διδασκαλίας.

Ο Bruner υπήρξε ο εμπνευστής της ιδέας του σπειροειδούς αναλυτικού προγράμματος, με βάση το οποίο έδειξε ότι η γνώση που έχει αναπτυχθεί με τον κατάλληλο για το παιδί τρόπο από πολύ νωρίς και αργότερα γίνεται αντικείμενο μελέτης σε πιο προχωρημένο επίπεδο (έτσι όλοι οι τρόποι αναπαράστασης να υπάρχουν), έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να γίνει κτήμα του μαθητή. Η ανακαλυπτική μάθηση και οι στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων δεν αναπτύσσονται ξαφνικά, ως δια μαγείας, ούτε είναι άσχετες με την προηγούμενη εμπειρία του παιδιού. Είναι δεξιότητες που μαθαίνονται, γι' αυτό και πρέπει να είναι μέλημα κάθε δασκάλου. Ο δάσκαλος καθοδηγεί τα παιδιά προς την «ανακάλυψη» αρχών, νόμων και κανόνων που διέπουν όχι μόνο τα φαινόμενα ως γνωστικά αντικείμενα αλλά και την ίδια του τη σκέψη (Ράπτης, Ράπτη, 2001).

Η συμβολή του Bruner υπήρξε μοναδική (Σολομωνίδου, 1999), καθώς συνδύασε την έννοια του χειρισμού των πραγματικών αντικειμένων ως ένα μέρος του μοντέλου ανάπτυξης με τη σωκρατική έννοια της μάθησης ως μια διαδικασία εσωτερικής αναδιοργάνωσης μέσω της ανακαλυπτικής μάθησης.

2. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

Πληθώρα ερευνητικών δεδομένων των τελευταίων είκοσι ετών υποστηρίζουν την άποψη ότι οι μαθητές δεν έρχονται στο σχολείο ως “tabula rasa”, αλλά πριν ακόμα φοιτήσουν σ’ αυτό, έχουν διαμορφώσει άποψη για τα φυσικά φαινόμενα και έχουν δώσει τη δική τους ερμηνεία γι’ αυτά. Οι ιδέες των παιδιών για τα φυσικά φαινόμενα, διεθνώς γνωστές ως representations (παραστάσεις), conceptions (ιδέες, αντιλήψεις), alternative conceptions (εναλλακτικές ιδέες, αντιλήψεις), misconceptions (λανθασμένες αντιλήψεις, παρανοήσεις) είναι κατά κανόνα λανθασμένες από επιστημονική άποψη και λειτουργούν όχι μόνο ως προσωπικές θεωρίες για τη κατανόηση της πραγματικότητας, αλλά και ως φίλτρο ή και ως εμπόδιο για την απόκτηση των νέων γνώσεων που καλείται να μάθει ο μαθητής (Σταυρίδου, 1995).

Ορισμένες φορές η προϋπάρχουσα γνώση μπορεί να εμποδίσει τη κατανόηση νέων πληροφοριών. Αν και αυτό ισχύει συχνότερα στην εκμάθηση της φυσικής και των μαθηματικών,

εντούτοις έχει εφαρμογή σε όλα τα γνωστικά πεδία. Συμβαίνει επειδή η τρέχουσα κατανόηση μας του φυσικού και του κοινωνικού περιβάλλοντος, της ιστορίας, της θεωρητικής αντίληψης για τους αριθμούς κ.τ.λ. είναι προϊόν χιλιάδων ετών πολιτισμικής δραστηριότητας που έχει αλλάξει ριζικά τους διαισθητικούς τρόπους εξήγησης των φαινομένων (Βοσνιάδου, 2002).

Τα παιδιά διαμορφώνουν τις ιδέες τους μέσω των αλληλεπιδράσεων, την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα και με αυτές προσπαθούν να ερμηνεύσουν πως λειτουργεί ο κόσμος. Επιπλέον αυτές τις ιδέες τις χρησιμοποιούν για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν ό,τι υποπίπτει στην αντίληψη τους. Οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα έχουν μια παγκοσμιότητα, συγκροτούν ερμηνευτικά μοντέλα και μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας (Κόκκοτας, 2002).

Μερικές δε από αυτές είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δεν αλλάζουν με τη διδασκαλία. Έτσι είναι δυνατόν οι μαθητές να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αλλά να αδυνατούν να τις εφαρμόσουν εκτός σχολείου για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων. Οι ιδέες δεν είναι απλές παρανοήσεις που ίσως οφείλονται σε κακή πληροφόρηση των μαθητών, αλλά πιθανόν να δημιουργούνται από κάποιους μηχανισμούς που αυτοί διαθέτουν και με αυτούς αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους. Οι παρανοήσεις δεν εμφανίζονται μόνο στα μικρότερα παιδιά. Υπάρχουν και στους μαθητές του Γυμνασίου, του Λυκείου ακόμη και του Πανεπιστημίου.

Έρευνες στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών έφεραν στην επιφάνεια πολλές μαθησιακές δυσκολίες που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση εννοιών και φαινομένων. Η ύπαρξη των νοητικών αυτών κατασκευών των μαθητών θέτει με νέους όρους το ζήτημα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Αυτή δεν θεωρείται πλέον ως μια διαδικασία συσσώρευσης και αποστήθισης νέων γνώσεων, αλλά ως δημιουργία νέων παραστάσεων και οικοδόμηση νέων εννοιών, και ιδιαίτερα ως διαδικασία που οδηγεί, είτε σε αλλαγή νοητικών σχημάτων, είτε σε τροποποίηση ή αντικατάσταση παραστάσεων και αντιλήψεων, των οποίων η προέλευση και λειτουργία ανάγεται σ' αυτό που ονομάζεται κοινός νούς (common sense) (Σταυρίδου, 1995).

Η προβληματική της παρούσας έρευνας αφορά στις εναλλακτικές ιδέες /αντιλήψεις (alternative conceptions) και λανθασμένες ιδέες /αντιλήψεις (misconceptions) στις Φυσικές Επιστήμες και συγκεκριμένα στη κατανόηση της υδροστατικής πίεσης και της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων.

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ότι οι μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων, παρουσιάζουν μείζονα προβλήματα στην κατανόηση των φαινομένων που συνδέονται με την υδροστατική πίεση και την επίπλευση και βύθιση των σωμάτων. Δεδομένου ότι οι έννοιες αυτές αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης της Β' τάξης του Γυμνασίου, θεωρήθηκε απαραίτητη η διερεύνηση των αντίστοιχων ιδεών των μαθητών, με στόχο αφενός, τη καλύτερη διδακτική προσέγγιση από τους εκπαιδευτικούς και αφετέρου τη σχεδίαση και παραγωγή σύγχρονου διδακτικού υλικού.

Ως εννοιολογική περιοχή για τη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών επιλέχθηκε η πλεύση και η βύθιση των σωμάτων εξαιτίας ενός ακόμα λόγου, της εννοιολογικής απόστασης που διαπιστώθηκε ανάμεσα στις απόψεις της «σχολικής γνώσης» και στις αντιλήψεις των μαθητών (Gibson, 1997 Καριώτογλου, 1991 Smith, Carey & Wisser, 1985 Smith, Maclin & Grosslight, 1997). Συγκεκριμένα, οι μαθητές προκειμένου να αποφανθούν για την πλεύση και τη βύθιση των σωμάτων εστιάζονται αποκλειστικά στο βάρος, τον όγκο, ή το σχήμα των σωμάτων,

ενώ σύμφωνα με τη «σχολική γνώση», τα σώματα βυθίζονται, ή επιπλέουν σε ένα υγρό αν η πυκνότητα τους είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού αντίστοιχα.

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων ερευνών στο ίδιο θεματικό πεδίο προκύπτει η ύπαρξη ενός πλήθους εναλλακτικών αντιλήψεων για την πίεση, την επίπλευση και τη βύθιση των σωμάτων και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν. Συμφωνά με έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές Δημοτικού (Ταμπάκης & Σταυρίδου, 2006), οι λανθασμένες ιδέες στην έννοια της υδροστατικής πίεσης, δημιουργούνται επειδή η πλειοψηφία των μαθητών δεν έχει κατανοήσει τις βασικές ιδιότητες των υγρών, έχουν την αντίληψη ότι τα υγρά είναι συμπιεστά. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θεωρούν ότι ο όγκος, η μάζα και το βάρος των υγρών επηρεάζεται από το είδος του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. Σύνθετες είναι επίσης, οι μαθητές να δυσκολεύονται να δώσουν ένα απλό ορισμό της υδροστατικής πίεσης και τη συγχέουν με τη δύναμη και το βάρος.

Ως προς το φαινόμενο της επίπλευσης και της βύθισης των σωμάτων οι μαθητές, αν και καταφέρνουν εύκολα να κάνουν τη διάκριση μεταξύ των σωμάτων που επιπλέουν και εκείνων που βυθίζονται στο νερό, αρκετοί μαθητές κάνουν λόγο για την ύπαρξη κάποιας δύναμης ενώ δυσκολεύονται να αντιληφθούν το φαινόμενο ως ισορροπία δυνάμεων. Μεγάλο ποσοστό των μαθητών θεωρεί ότι, για το φαινόμενο της επίπλευσης ή βύθισης ευθύνονται το βάρος του σώματος και η ύπαρξη αέρα στο εσωτερικό του.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η καταγραφή, ανάδειξη και διερεύνηση των ιδεών των μαθητών για την υδροστατική πίεση, την επίπλευση και τη βύθιση των σωμάτων, θα πραγματοποιηθεί με ερευνητικό εργαλείο το γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο θα δοθεί στους μαθητές έπειτα από διδασκαλία του αντιστοίχου σχολικού μαθήματος. Η διδασκαλία θα έχει δομηθεί σύμφωνα με το διδακτικό μοντέλο του εποικοδομητισμού (Driver & Oldham, 1986) έτσι ώστε να μπορούν μέσα από τις διαφορές φάσεις της διδασκαλίας να αναδειχθούν όσο το δυνατό περισσότερες και διαφορετικές εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών πάνω στο ερευνώμενο θέμα.

3. ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι μαθητές δεν είναι παθητικοί δεκτές αυτών που διδάσκονται στο επίσημο πρόγραμμα του σχολείου. Η μάθηση είναι το αποτέλεσμα της εννοιολογικής αλλαγής των γνωστικών δομών των μαθητών, με παράλληλη οικοδόμηση της γνώσης. Η οικοδόμηση των νέων εννοιών προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των φαινομένων που παρατηρούν και των κειμένων που διαβάζουν οι μαθητές μέσω διαπροσωπικών διαπραγματεύσεων.

Τα τελευταία χρόνια, πληθώρα ερευνών στη Διδακτική της Φυσικής σχετίζεται με τις νοητικές κατασκευές των μαθητών, οι οποίες ευθύνονται για πολλές μαθησιακές δυσκολίες, που επηρεάζουν ιδιαίτερα τη μάθηση εννοιών και φαινομένων. Οι περισσότερες από τις έρευνες αυτές, έχουν ως σκοπό την ανάδειξη και καταγραφή των συνήθων λανθασμένων ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών, την κατηγοριοποίηση και τα κοινά χαρακτηριστικά τους.

Οι αντιλήψεις των μαθητών όμως έχουν επιφέρει αλλαγές και στο ρόλο του εκπαιδευτικού, ο οποίος από πομπός ή μεταδότης της γνώσης καλείται να επιτελέσει το ρόλο του ερευνητή, να γίνει συνέταιρος και να ενθαρρύνει τους μαθητές να επικοινωνήσουν και να ανταλλάξουν τις ιδέες τους, Δεν αρκεί να κατανοήσει επαρκώς τις έννοιες τις οποίες θα διδάξει αλλά οφείλει να γνωρίζει τις αντιλήψεις των μαθητών και το ρόλο τους στη κατασκευή γνώσεων καθώς και τις δικές του αντιλήψεις.

Στα πλαίσια της έρευνας αυτής, σκοπός είναι η ανάδειξη και καταγραφή των ιδεών των μαθητών, τα αποτελέσματα της οποίας, θα είναι χρήσιμα στους εκπαιδευτικούς στα πλαίσια της *διδασκαλίας* ώστε:

- να ασχολούνται με την αλλαγή των ιδεών των μαθητών και όχι την ανάδειξη τους.
- να σχεδιάζουν τη διδασκαλία τους με σκοπό να καταπολεμηθούν οι λανθασμένες αντιλήψεις και να επιτύχουν τον επιδιωκόμενο στόχο, δηλαδή να κατέχουν οι μαθητές την επιστημονική γνώση

Η αναγνώριση της σπουδαιότητας των ιδεών των μαθητών εξυπηρετεί επίσης και τη *παραγωγή διδακτικού υλικού* και συγκεκριμένα:

- την επιλογή των εννοιών που θα διδαχθούν
- την επιλογή των μαθησιακών εμπειριών /πειραμάτων
- τη διατύπωση / παρουσίαση των στόχων των προτεινομένων δραστηριοτήτων

Οι εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών έχουν περίοπτη θέση και σπουδαιότητα στη διδασκαλία και στη μάθηση, και ιδιαίτερα στις Φυσικές Επιστήμες. Στη παρούσα έρευνα επιλέξαμε τα φαινόμενα της υδροστατικής πίεσης, της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων, επειδή η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ότι οι μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων παρουσιάζουν δυσκολίες στη κατανόηση τους (Kariotoglou et al. 1993). Ένας ακόμα λόγος για την επιλογή της συγκεκριμένης ερευνητικής περιοχής είναι ότι δεν υπάρχουν πολλές ερευνητικές εργασίες στη θεματική αυτή περιοχή ώστε να χαρτογραφηθούν και να διερευνηθούν οι ιδέες των παιδιών.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

4.1 Προϋπάρχουσες ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών

Από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μετά παρατηρείται στο χώρο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μια έντονη ερευνητική δραστηριότητα σε παγκόσμια κλίμακα που τείνει να επηρεάσει αποφασιστικά το οικοδόμημα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) που είχε στηριχθεί στις απόψεις των Piaget, Bruner και λοιπών για τη μάθηση.

Βάσει της νέας αυτής θεώρησης των πραγμάτων, κυρίαρχο ρόλο στη μάθηση παίζουν οι ιδέες που έχουν τα παιδιά για τα φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχτούν στο σχολείο. Πριν ο μαθητής διδαχτεί στο σχολείο τι είναι το φως, έχει διαμορφώσει κάποια δική του άποψη για την έννοια αυτή. Η αναγνώριση του ρόλου των μαθητών στη διδασκαλία και τη μάθηση μας είναι γνωστή πριν από τη δεκαετία του '50. Οι εργασίες του Piaget ακόμα και από τις αρχές της δεκαετίας του '20 επηρέασαν πολλούς θεωρητικούς της παιδείας και της εκπαίδευσης οι οποίοι ανέπτυξαν μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φ. Ε. στις οποίες αναγνωριζόταν η αξία των ιδεών των μαθητών.

Σύμφωνα με τον Einstein, η επιστήμη δεν είναι μια συλλογή νόμων, ούτε ένας κατάλογος γεγονότων άσχετων μεταξύ τους, αλλά μια δημιουργία του ανθρώπινου πνεύματος, το οποίο επινοεί ιδέες και έννοιες. Οι θεωρίες της Φυσικής προσπαθούν να σχηματίσουν μια εικόνα της πραγματικότητας και να τη συνδέσουν με τον ευρύτερο κόσμο των αισθητηριακών εντυπώσεων (Einstein&Infeld, 1938/78).

Εδώ ακριβώς υπάρχουν δύο σημεία που χρειάζονται επισήμανση: οι *αισθητηριακές εντυπώσεις* και οι *επιστημονικές απόψεις*, διότι εκεί δημιουργούνται οι περισσότερες μαθησιακές δυσκολίες. Κάτω από αυτή τη διάσταση, η εκπαίδευση καλείται να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ των προϋπάρχουσων ιδεών που έχουν οι μαθητές λόγω των αισθητηριακών εντυπώσεων και των επιστημονικών θεωριών που διδάσκονται στο επίσημο πρόγραμμα του σχολείου.

Τα παιδιά από τις πρώτες αισθητηριακές τους εμπειρίες με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον αναπτύσσουν τις εναλλακτικές ιδέες / αντιλήψεις και δίνουν αυθόρμητες ερμηνείες / εξηγήσεις για πολλά πράγματα και φαινόμενα που υπάρχουν ή συμβαίνουν γύρω τους. Οι προϋπάρχουσες αυτές ιδέες και ερμηνείες «συνοδεύουν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές απόψεις. Η σημασία των προϋπάρχουσων ιδεών είναι πολύ σπουδαία στις περαιτέρω μαθησιακές δραστηριότητες διότι ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές παρατηρούν και ερμηνεύουν τα διάφορα γεγονότα και φαινόμενα, επικοινωνούν ή δέχονται τις νέες πληροφορίες έχει σχέση με τις ιδέες αυτές.

Οι ιδέες των παιδιών δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από τους μηχανισμούς που αυτά διαθέτουν και με τους οποίους αντιλαμβάνονται ό,τι συμβαίνει γύρω τους. Αλλά και ο τρόπος που οι μαθητές παρατηρούν και καταλήγουν σε συμπεράσματα επηρεάζεται από τα διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα που έχουν δημιουργήσει.

Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, οι οποίες αποκλίνουν από τις επιστημονικές απόψεις, αναφέρονται από τον Ausubel (1968) ως προαντιλήψεις (preconceptions), από τον Novac (1986) ως παρανοήσεις ή εσφαλμένες αντιλήψεις (misconceptions) και από τους Driver & Easley (1978) ως εναλλακτικές ιδέες (alternative conceptions). Επίσης, η οργάνωση των ιδεών / αντιλήψεων και η μεταξύ τους σχέση συναντώνται με τους όρους γνωστική δομή (cognitive structure) ή εναλλακτικό πλαίσιο (alternative framework) για να διαχωριστούν από τις επιστημονικές (Driver et al, 1985/93).

Σύμφωνα με τις σχετικά νέες απόψεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση, «τα κεφάλια των μαθητών δεν είναι άδεια βάζα που θα γεμίσουν με γνώση και σοφία στο σχολείο» (Baxter, 1989) διότι η γνώση είναι το αποτέλεσμα μιας εποικοδομητικής ενέργειας και δε μεταφέρεται σε παθητικούς δέκτες από τα βιβλία και τους εκπαιδευτικούς. Επομένως, αν οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών δε ληφθούν υπόψη από τους εκπαιδευτικούς στο σχεδιασμό των κατάλληλων διδακτικών έργων, κατά τη διδασκαλία μιας έννοιας ή ενός φαινομένου, οι παρανοήσεις αυτές θα εξακολουθήσουν να υπάρχουν ή ακόμα και να ενισχυθούν.

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα φαινόμενα ομαδοποιούνται και συγκροτούν ερμηνευτικά πρότυπα, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ, παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας (Βοσνιάδου, 2002). Οι ιδέες αυτές είναι επαρκείς για τους μαθητές για την ερμηνεία των φαινομένων και συγκροτούν μια αυτοσυνεπή ως ένα βαθμό γνωστική δομή με περιορισμένη ισχύ. Το πλήθος των εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές για διάφορες έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστήμων, έπειτα από μελέτες διαπιστώθηκε ότι οι έρευνες, αν και έγιναν σε χώρες με διαφορετικό πολιτισμικό επίπεδο και σε διάφορες ηλικίες μαθητικού πληθυσμού έδειξαν ότι οι απόψεις των μαθητών έχουν πολλά κοινά σημεία και κοινά χαρακτηριστικά, γεγονός το οποίο επιτρέπει στους ερευνητές να τις κατηγοριοποιήσουν και να τις περιγράψουν.

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

- Τα παιδιά πριν ακόμα φοιτήσουν στο σχολείο έχουν απόψεις για μια ποικιλία θεμάτων των Φ.Ε.
- Οι αντιλήψεις τους είναι δυνατό να επηρεαστούν από τη διδασκαλία με τρόπους που δε γνωρίζουμε ή να παραμείνουν ανεπηρέαστες από αυτή.
- Οι διαισθητικές ιδέες τους ασκούν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.
- Οι αντιλήψεις των παιδιών είναι συχνά διαφορετικές από το επιστημονικό πρότυπο, όπως αυτό παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές επειδή αποτελούν το σκελετό της ερμηνείας των σχετικών φαινομένων.

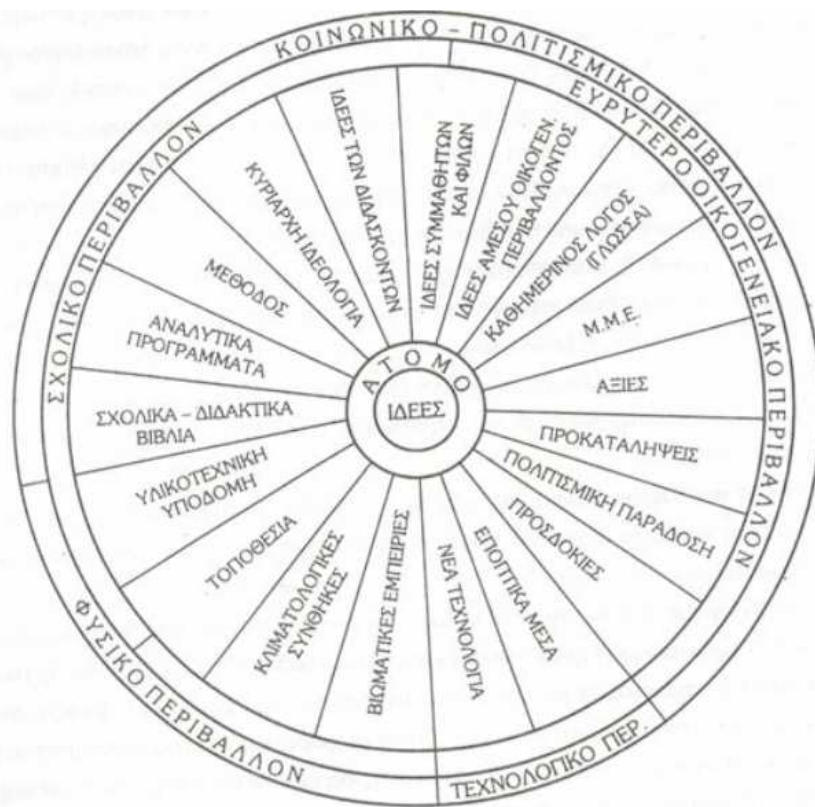
4.2 Πώς δημιουργούνται οι ιδέες των μαθητών και ποιοι παράγοντες τις επηρεάζουν

Ο εγκέφαλος δεν είναι ένας παθητικός καταναλωτής πληροφοριών, αλλά εποικοδομεί ενεργά τις δικές του ερμηνείες των πληροφοριών και βγάζει συμπεράσματα από αυτές. Όπως οι επιστήμονες, έτσι και τα παιδιά συγκεντρώνουν στοιχεία και χτίζουν μοντέλα για να ερμηνεύσουν τα γεγονότα και να κάνουν προβλέψεις, χρησιμοποιούν τις ομοιότητες και τις διαφορές για να οργανώσουν τα φαινόμενα και τα γεγονότα, και κατά τη διάρκεια της παρατήρησης των γεγονότων και των φαινομένων ψάχνουν για στοιχεία και για σχέσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων ώστε να οικοδομήσουν δομές σχέσεων.

Οι παρατηρήσεις γίνονται αποδεκτές ή απορρίπτονται αν είναι σε αρμονία ή όχι με τις προσδοκίες τους. Ακόμα και οι ερωτήσεις που κάνουν και κατ' επέκταση ο τρόπος που ερμηνεύουν τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν φαίνεται να επηρεάζονται από τα νοητικά σχήματα που διαθέτουν. Οι ιδέες τους φαίνονται στους ίδιους τους μαθητές ευλογοφανείς παρόλο που οι ενήλικες συχνά δε συμφωνούν. Η χρήση της γλώσσας δεν είναι ακριβής. Παιδιά διαφορετικής ηλικίας αλλά και κουλτούρας είναι δυνατό να έχουν παρόμοιες ιδέες.

Οι ιδέες αναπτύσσονται στην προσπάθεια των παιδιών να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν με αναφορά στις εμπειρίες τους, τις τρέχουσες γνώσεις τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν. Πολλές ιδέες των παιδιών φαίνεται να αναπτύσσονται καθώς αυτά προσπαθούν να ερμηνεύσουν το φυσικό τους περιβάλλον. Οι ιδέες των παιδιών διαμορφώνονται με την επίδραση των αντιλήψεων των μεγάλων, των μέσων επικοινωνίας, την αλληλεπίδραση με άλλα παιδιά από τη διδασκαλία, τα σχολικά εγχειρίδια κ.τ.λ.

Αναλυτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν τις ιδέες των ατόμων φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί:



(Καρανίκας, Διδακτορική Διατριβή, 1996)

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

Όταν ο μαθητής ακούσει ή διαβάσει μια επιστημονική πρόταση για να την κατανοήσει πρέπει να χρησιμοποιήσει την καθημερινή ερμηνεία των χρησιμοποιούμενων λέξεων. Είναι όμως πολύ πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι ίδια με αυτή που είχε στο μυαλό του ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού εγχειριδίου (Η λέξη π.χ. σωματίδιο στην επιστήμη σημαίνει άτομο, μόριο ή ιόν. Στην καθημερινή γλώσσα σημαίνει μικρό κομμάτι στερεού που είναι ορατό με γυμνό μάτι).

Παρανοήσεις δημιουργούνται και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, λόγω έλλειψης καλής επικοινωνίας μεταξύ δασκάλων και μαθητών. Όταν ο δάσκαλος επικοινωνεί με την τάξη αυτό που πετυχαίνει συνήθως είναι να περάσουν στους μαθητές οι λέξεις και οι χειρονομίες που

χρησιμοποιεί και όχι το νόημα αυτό καθαυτό. Ο δάσκαλος έχει κάποιες ιδέες τις οποίες προσπαθεί να μεταδώσει στους μαθητές μεταφράζοντας τες σε λέξεις, σχήματα, διαγράμματα ή σύμβολα.

Ο μαθητής μπορεί να τα προσέξει όλα αυτά, αλλά πρέπει να βρει και ένα νόημα για να τους αποδώσει. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το νόημα που θα δώσει ο μαθητής να μην είναι το ίδιο με εκείνο που ήθελε να αποδώσει ο δάσκαλος. Η πιθανότητα αυτή γίνεται μάλιστα μεγαλύτερη αν η γλώσσα που χρησιμοποιείται δεν του είναι οικεία. Όσον αφορά στα σχολικά εγχειρίδια ο τρόπος που οι μαθητές κατανοούν ό,τι διαβάζουν σ' αυτά επηρεάζεται από τα ερμηνευτικά τους σχήματα. Κατασκευάζουν δηλαδή ερμηνείες, συσχετίζοντας αυτό που ήδη γνωρίζουν με αυτό που διαβάζουν και γι' αυτό είναι δυνατό να δίνουν ερμηνείες διαφορετικές από εκείνες στις οποίες αποβλέπει ο συγγραφέας του εγχειριδίου.

Πολλές φορές οι ιδέες είναι αναμνήσεις παλιών θεωριών. Ο Novac (1976) και ο Baxter (1989), μελετώντας τις ιδέες των παιδιών για θέματα αστρονομίας, διαπίστωσαν ότι πολλές από τις ιδέες των παιδιών σε διάφορες ηλικίες είναι προ-κοπερνικές. Ενώ η Viennot (1985) διαπίστωσε ότι οι μαθητές έχουν αριστοτελικές απόψεις για τη κίνηση και τη δύναμη.

Για τα παιδιά:

- Η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση αποδίδεται στην ύπαρξη μιας δύναμης που ασκείται στο κινητό.

Στην Αριστοτελική Φυσική υπάρχουν δύο είδη (τοπικών) κινήσεων: οι φυσικές κινήσεις και οι βίαιες κινήσεις. Οι πρώτες (όπως π.χ. η πτώση ενός βαρέως σώματος) οφείλονται σε εσωτερικές αιτίες και δε χρειάζονται εξωτερικές δυνάμεις (το βάρος θεωρείται εσωτερική ιδιότητα του σώματος). Οι δεύτερες οφείλονται σε εξωτερική αιτία, σε μια κινούσα δύναμη, η οποία είναι απαραίτητη όχι μόνο για να ξεκινήσει η κίνηση αλλά και για να συντηρηθεί (Κανδεράκης, 2007). Η δύναμη αυτή είναι μια έννοια που έρχεται από την καθημερινή ζωή και συνδέεται με μια ασαφή έννοια «προσπάθειας» (Lloyd, 2005).

- Όταν το σώμα ρίχνεται προς τα πάνω, κινείται με την επίδραση της δύναμης που του δώσαμε, η οποία μειώνεται καθώς το σώμα ανεβαίνει. Το σώμα θα αρχίσει να κατεβαίνει όταν «τελειώσει» η δύναμη.

Η αντίληψη αυτή των μαθητών, έχει κοινά στοιχεία με τη μεσαιωνική θεωρία του «impetus». Με βάση τη θεωρία του «impetus», όταν ένα αίτιο (για παράδειγμα ο άνθρωπος) θέτει σε κίνηση ένα σώμα, μεταδίδει σ' αυτό μια εσωτερική δύναμη που χρησιμεύει στη διατήρηση της κίνησης όταν το σώμα δεν βρίσκεται σε επαφή με το αίτιο. Επιπρόσθετα, η δύναμη του κινούμενου αντικείμενου βαθμιαία εξαντλείται (είτε από μόνο του είτε εξαιτίας εξωτερικών επιδράσεων, όπως οι τριβές) με αποτέλεσμα το σώμα σταδιακά να επιβραδύνεται και τελικά να σταματά (Σκούμιος, 2007).

Σε άλλες έρευνες διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές θεωρούν πως η όραση είναι αποτέλεσμα των ακτινών που στέλνει το μάτι σε κάποιο αντικείμενο, ή ότι τα αντικείμενα στέλνουν δικό τους «φως». Η πρώτη άποψη επικρατούσε στους Πυθαγόρειους, ενώ η δεύτερη ήταν άποψη του Παρμενίδη (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2000).

Επίσης, η άποψη ότι η θερμότητα «ρέει» σαν ένα ρευστό από ένα σώμα μεγαλύτερης σε ένα σώμα μικρότερης θερμοκρασίας εκφράζεται από τα παιδιά, αλλά ίσχυε και στους επιστημονικούς κύκλους μέχρι και τον 19^ο αιώνα.

Τέλος, η γεωκεντρική άποψη, ότι ο Ήλιος κινείται γύρω από τη Γη ή ότι η Γη είναι επίπεδη (Βοσνιάδου, 2000) είναι απόψεις των παιδιών που τις συναντά κανείς στις θεωρίες του παρελθόντος.

Εξαιτίας αυτών των ευρημάτων θεωρείται ότι η γνώση της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών είναι μια χρήσιμη πηγή πληροφοριών για να κατανοήσει κανείς τον τρόπο που οι μαθητές ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους και να τους οδηγήσει στην οικοδόμηση της επιστημονικά αποδεκτής γνώσης. Ο ρόλος της ιστορίας των Επιστημών, στην ανίχνευση και επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών, είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφού αποτελεί αξιόπιστο ερευνητικό εργαλείο για τον προσδιορισμό περιοχών εστίασης του ερευνητικού ενδιαφέροντος, στην προσπάθεια ανίχνευσης και εντοπισμού των αντιλήψεων. Αποτελεί επίσης, ένα χρήσιμο μεθοδολογικό εργαλείο για την αποκωδικοποίηση των διαδικασιών που διέπουν τη συγκρότηση και αλλαγή των επιστημονικών αναπαραστάσεων και στη συνέχεια τη μεταφορά των ιστορικών «διδαγμάτων» στις διδακτικές πρακτικές οικοδόμησης της σύγχρονης γνώσης από τους μαθητές. Ακόμη, πολλές φορές είναι πηγή έμπνευσης δραστηριοτήτων και πειραματικών καταστάσεων για την παραγωγή διδακτικού υλικού.

Πολλοί ερευνητές διατύπωσαν ότι οι ιδέες των παιδιών δε μεταβάλλονται εύκολα με τη διδασκαλία (Viennot, 1985) και ακολουθούν τους μαθητές μέχρι την ενηλικίωση τους. Οι παρανοήσεις εμφανίζονται σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης, ακόμη και σε μεταπτυχιακούς φοιτητές, αλλά και στους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Οι προϋπάρχουσες ιδέες και εναλλακτικές ερμηνείες δύσκολα εκφράζονται από μαθητές, γιατί θεωρούνται από τους εκπαιδευτικούς «λανθασμένες» ή «ανόητες» και δεν τυγχάνουν ιδιαίτερης σημασίας, όπως θα έπρεπε. Οι Pope and Gilbert (1983) επισημαίνουν ότι λίγοι εκπαιδευτικοί ενδιαφέρονται για τις προσωπικές εμπειρίες και τις αυθόρμητες εξηγήσεις που δίνουν οι μαθητές ενώ, κατά τη γνώμη τους, θα πρέπει να θεωρούνται ως τα θεμέλια της περαιτέρω γνώσης. Επίσης, επισημαίνεται ότι δεν είναι αρκετό να διαβάσουν ή να ακούσουν οι μαθητές από τον εκπαιδευτικό το «σωστό» για να τι υιοθετήσουν και να αντικαταστήσουν το «λάθος».

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά και σε μια προσπάθεια ταξινόμησης των ιδεών των μαθητών, καταλήγουμε στις παρακάτω κατηγορίες, οι οποίες έγιναν με βάση τα κοινά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2000)

- Η ανθρωποκεντρική άποψη

Οι μαθητές θεωρούν ότι το οξυγόνο υπάρχει για να αναπνέουν οι άνθρωποι, και βρέχει για να διατηρηθεί η τροφική αλυσίδα με πρωταγωνιστή τον άνθρωπο.

- Η ανιμιστική άποψη

Οι μαθητές θεωρούν ότι τα σύννεφα ιδρώνουν, οι άγγελοι παίζουν bowling και δημιουργούν τις βροντές.

- Τα μη ορατά δεν υπάρχουν

Οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα, η διαλυμένη ουσία στο διαλύτη, η καμπυλότητα της επιφάνειας της Γης.

- Η περιορισμένη εστίαση σε ένα εμφανές χαρακτηριστικό

Για τους μαθητές η θερμοκρασία και όχι η ατμοσφαιρική πίεση ή η υγρασία είναι το χαρακτηριστικό για το σχηματισμό των καιρικών φαινομένων.

- Η εστίαση της προσοχής σε αλλαγές και όχι σε σταθερές καταστάσεις

Οι μαθητές εστιάζουν τη προσοχή τους στη κίνηση και όχι στη σχέση ισορροπίας- δύναμης.

- Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός και όχι η αλληλεπίδραση

Οι μαθητές ερμηνεύουν ως ένα σημείο τη σχέση μεταξύ δύναμης- κίνησης, ενώ έχουν δυσκολία να εντοπίσουν τη σχέση δράσης-αντίδρασης.

- Μη διαχωρισμός εννοιών

Οι μαθητές συγχέουν τις έννοιες πίεση-δύναμη, ηλεκτρισμός –φορτίο /τάση /ενέργεια /ισχύς, βαρύτητα -μάζα /όγκος.

4.3 Εμπόδια και Αντιλήψεις

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι τα παιδιά έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver, Guesne & Tiberghien 1985). Οι αντιλήψεις αυτές, αφορούν μια συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή των Φυσικών Επιστημών, έχουν έναν τοπικό χαρακτήρα. Εν αντιθέσει, η έννοια του εμποδίου, αν και συνδέεται στενά με αυτή των αντιλήψεων, εντούτοις μπορεί να χαρακτηριστεί ως πλέον γενική και εγκάρσια έννοια. Το εμπόδιο δηλαδή έχει ένα περισσότερο γενικό χαρακτήρα, συγκρινόμενο με τις αντιλήψεις, εφόσον άπτεται πιο γενικών τρόπων σκέψης και έχει ένα περισσότερο εγκάρσιο χαρακτήρα καθώς είναι δυνατό να αφορά σε διάφορες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών (Σκούμιος). Από το ίδιο εμπόδιο είναι δυνατό να απορρέουν ποικίλες αντιλήψεις για διάφορες έννοιες. Σύμφωνα λοιπόν με αυτή τη θεώρηση, «οι αντιλήψεις συνιστούν περισσότερο εκδηλώσεις ενός εμποδίου, παρά αυτό καθαυτό το εμπόδιο» και το εμπόδιο συνιστά ένα είδος «σκληρού πυρήνα» των αντιλήψεων. Επομένως, η επεξεργασία ενός εμποδίου επιφέρει τροποποίηση των συνδεόμενων με αυτό αντιλήψεων, ενώ το αντίστροφο δεν ισχύει πάντα. Η συγκρότηση δηλαδή διδακτικών καταστάσεων που αποσκοπούν στη σημειακή υπέρβαση καθεμιάς από τις αντιλήψεις, δεν συνεπάγεται και την υπέρβαση των εμποδίων από τις οποίες πηγάζουν. Είναι δυνατό, το σχετιζόμενο εμπόδιο παραμένει ενεργό και μετά την τροποποίηση ορισμένων αντιλήψεων.

Οι αντιλήψεις χαρακτηρίζονται για την αντίσταση που παρουσιάζουν σε κάθε προσπάθεια ιδιοποίησης της γνώσης. Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στις αντιλήψεις έχουν καταδείξει ότι: «ακόμα και στην περίπτωση που τα παιδιά αποδέχονται τις επεξηγήσεις του ενήλικα, αυτό δε συμβαίνει παρά ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα, πριν τις ξεχάσουν και ξαναγυρίσουν στις αρχικές τους αντιλήψεις. Αν οι αντιλήψεις των παιδιών έγιναν ένα προνομιούχο αντικείμενο έρευνας, είναι όχι μόνο γιατί θεωρούνται ως αυθεντικές παραγωγές της παιδικής σκέψης, αλλά επίσης διότι οι αντιλήψεις αντιστέκονται στις προτεινόμενες απ' έξω τροποποιήσεις» (Henriques, 1987). Επισημαίνεται, ακόμα ότι: «η αντίσταση αυτού του είδους των αντιλήψεων πρέπει να μας απασχολήσει πάνω στο τι δημιουργεί αυτή τη σταθερότητα» (Johnsua & Dupin, 1987). Αυτή η σταθερότητα των αντιλήψεων θα μπορούσε να αποδοθεί στην ύπαρξη των εμποδίων, που, όπως έχει αναφερθεί, συνιστούν το «σκληρό πυρήνα» των αντιλήψεων που τις υποβασιάζουν. Επίσης, οι αντιλήψεις είναι περισσότερο «κοντά» στις απαντήσεις των παιδιών και κατά συνέπεια έχουν ένα περισσότερο συγκεκριμένο χαρακτήρα συγκρινόμενες με τα εμπόδια. Αντίθετα, τα εμπόδια σχετίζονται περισσότερο με την οπτική γωνία κάτω από την οποία τα προσεγγίζει ο ερευνητής. Ως εκ τούτου τα εμπόδια έχουν ένα περισσότερο υποθετικό χαρακτήρα σε σύγκριση με τις αντιλήψεις (Σκούμιος)

4.4 Νοητικές παραστάσεις και τα πλαίσια χρήσης τους

Εδώ και χρόνια έχει αναπτυχθεί μια ερευνητική δραστηριότητα που αποσκοπεί στο να κατανοήσει την ανάπτυξη των γνώσεων για το φυσικό κόσμο και τη μάθηση των επιστημονικών εννοιών. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο ρόλο των νοητικών παραστάσεων / μοντέλων στη εκμάθηση των επιστημονικών εννοιών και συγκεκριμένα υποστηρίζεται ότι ικανότητα να διαμορφώνουμε νοητικά μοντέλα είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό του γνωστικού συστήματος του ανθρώπου και ότι η χρήση των νοητικών μοντέλων από τα παιδιά είναι θεμέλιο για μια πιο επεξεργασμένη και σκόπιμη χρήση των μοντέλων από τους επιστήμονες (Βοσνιάδου, 2000).

Τα μοντέλα είναι σημαντικά στις φυσικές επιστήμες διότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα / εργαλεία για να βοηθήσουν στην κατασκευή και ανακατασκευή των θεωριών. Είναι πηγές παραγωγικής γνώσης που διαθέτουν προβλεπτική και επεξηγηματική ισχύ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διατύπωση νέων υποθέσεων και να βοηθήσουν στην επιστημονική ανακάλυψη (Βοσνιάδου, 2002). Τα νοητικά μοντέλα που οικοδομούν τα παιδιά και οι ενήλικοι είναι σημαντικά για την ανάπτυξη των εννοιών και την εννοιολογική αλλαγή. Έχουν και αυτά προβλεπτική και επεξηγηματική ισχύ και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως διαμεσολαβητικοί μηχανισμοί για την αναθεώρηση υπαρχουσών θεωριών και την οικοδόμηση καινούριων.

Οι έννοιες εντάσσονται σε γενικές και εξειδικευμένες θεωρίες και η ανάπτυξη των εννοιών εμπλέκει όχι μόνο τον εμπλουτισμό αλλά και την αναθεώρηση και τη ριζικά αναδιοργάνωση αυτών των θεωριών. Τα νοητικά μοντέλα ορίζονται ως μια μορφή νοητικής αναπαράστασης που διατηρεί αναλλοίωτη τη δομή αυτού που αναπαριστά. Υποστηρίζεται ότι τα νοητικά μοντέλα μπορεί να είναι ιδιαίτερος χρήσιμα σε καταστάσεις όπου διαισθητικές γνώσεις της φυσικής χρειάζεται να αξιοποιηθούν για να απαντηθεί ένα ερώτημα, να λυθεί ένα πρόβλημα ή να κατανοηθούν οι εισερχόμενες πληροφορίες. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα του πως τα νοητικά μοντέλα λειτουργούν στη γνωστική ανάπτυξη και πως χρησιμοποιούνται για την οικοδόμηση και την αναθεώρηση των θεωριών των παιδιών για το φυσικό κόσμο (Βοσνιάδου, 2002).

Οι νοητικές παραστάσεις μπορεί, μεταξύ των άλλων, να χρησιμεύουν στο σχεδιασμό και στην οργάνωση διδακτικών δραστηριοτήτων είτε στο επίπεδο μιας ευρείας ενότητας του αναλυτικού προγράμματος είτε στο επίπεδο της ωριαίας διδακτικής ενότητας. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να χρησιμεύουν

- στην επιλογή και οργάνωση των διδακτικών δραστηριοτήτων –προβλημάτων, ικανών να θέσουν σε κίνηση μια συζήτηση που να οδηγεί π.χ. σε αντιπαράθεση των ιδεών
- στο καθορισμό των «κόμβων δυσκολίας», δηλαδή, των εννοιολογικών εμποδίων τα οποία θα πρέπει να υπερπηδήσουν οι μαθητές
- στο σχεδιασμό διδακτικών δραστηριοτήτων όπου θα ληφθούν υπόψη οι διαφορετικοί ρυθμοί μάθησης και οι ιδιαιτερότητες των μαθητών

Οι διάφοροι τρόποι χρήσης των νοητικών παραστάσεων, όμως, δε μπορούν από μόνοι τους να λειτουργήσουν, αν δε γίνει γνωστό το επιστημολογικό υπόβαθρο της χρήσης των νοητικών παραστάσεων. Μόνο τότε μπορεί κάποιος να κατανοήσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του επιδιωκόμενου διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης μέσα σε ένα εποικοδομητικό πλαίσιο.

Σύμφωνα με το Κουζέλη (1991) υπάρχουν τέσσερις επιστημολογικές αντιλήψεις, ή αλλιώς πλαίσια χρήσης των νοητικών παραστάσεων που είναι δυνατόν να καθοδηγήσουν την ανάλυση, το σχεδιασμό και την αξιολόγηση διδακτικού υλικού οργανικά συνδεδεμένου με αυτές, τα οποία παρουσιάζουμε αναλυτικά παρακάτω:

- *Το πλαίσιο αντικατάστασης.* Πρόκειται για την αντίληψη που θεωρεί τις νοητικές παραστάσεις ως λανθασμένες ιδέες (mis-conceptions) και γι' αυτό θα πρέπει να αποβληθούν και να αντικατασταθούν από τα εννοιολογικά πλαίσια της επιστημονικής γνώσης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών υποτιμώνται, ή δε λαμβάνονται υπόψη στη διδασκαλία, διότι ο κύριος στόχος είναι να γίνουν οι μαθητές κάτοχοι της εσωτερικής λογικής και της δομής του αντικειμένου διδασκαλίας. Πολλές φορές αυτό συμβαίνει μέσα από μια «ψευδό-εποικοδομητική» αντίληψη όπου το αναλυτικό πρόγραμμα και ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιούν τις νοητικές παραστάσεις ως πρόσχημα για μια εισαγωγική δραστηριότητα, χωρίς να τις εκμεταλλευτούν στη συνέχεια (Κολιόπουλος & Ραβάνης, 1998). Στην περίπτωση αυτή, οι νοητικές παραστάσεις παίζουν το ρόλο των αρχικών ιδεών των μαθητών, οι οποίες αποκτούν έναν αυτόνομο, μη λειτουργικό χαρακτήρα στο σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδασκαλίας. Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, η αναγνώριση, η διάκριση και η χρήση από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές των δυο ειδών γνώσης, της βιωματικής και της επιστημονικής, μέσα στο πλαίσιο της διδασκαλίας αποτελεί σημαντικό στοιχείο στη μάθηση του περιεχομένου των φυσικών επιστημών.
- *Το πλαίσιο ενίσχυσης.* Στη βάση αυτού του πλαισίου, το οποίο βρίσκεται στον αντίποδα του προηγούμενου, συναντάμε την αντίληψη σύμφωνα με την οποία οι νοητικές παραστάσεις αποτελούν ένα εναλλακτικό σύστημα ιδεών το οποίο χρήζει ενίσχυσης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, αφού μόνο μέσα από αυτό το σύστημα ιδεών αποκτά νόημα γι' αυτούς η νέα γνώση. Το πλαίσιο ενίσχυσης των λεγόμενων «εναλλακτικών» αντιλήψεων (alternative conceptions), με τις οποίες έρχονται τα παιδιά στο σχολείο, βασίζεται στην ασυμμετρία των διαφόρων μορφών γνώσης η οποία υποστηρίζεται από το σχετικιστικό επιστημολογικό παράδειγμα. Στη περίπτωση αυτή, ουσιαστικά καταργείται η έννοια του διδακτικού μετασχηματισμού, αφού η υπονοούμενη, ή ρητά εκπεφρασμένη ασυμμετρία ανάμεσα στις διάφορες μορφές γνώσης που εμπλέκονται στην εκπαιδευτική διαδικασία, δηλαδή της επιστημονικής γνώσης αναφοράς, της βιωματικής γνώσης και της σχολικής επιστημονικής γνώσης, δεν επιτρέπεται κανενός είδους επικοινωνία, ούτε τη συγκρότηση κάποιας συσχέτισης ανάμεσα σε αυτές.
- *Το πλαίσιο βελτίωσης.* Ανάμεσα στις δυο προηγούμενες αντιλήψεις εμφανίζεται αυτή η οποία προσπαθεί να επιτύχει μια αμοιβαία προσέγγιση των βιωματικών νοητικών παραστάσεων και της επιστημονικής γνώσης ή μια βελτίωση των πρώτων με τη βοήθεια της δεύτερης. Αυτή η αντίληψη προϋποθέτει την ύπαρξη συνέχειας ανάμεσα στη γνώση μιας οικείας πραγματικότητας και της επιστημονικής γνώσης υποστηρίζοντας ότι μπορούμε να περάσουμε από τη μια μορφή στην άλλη χωρίς επιστημολογικές ρήξεις. Στη περίπτωση αυτή θα μπορούσαμε, για παράδειγμα, να εκφράσουμε τις επιστημονικές έννοιες σε μια μη επιστημονική γλώσσα, χωρίς αυτές να χάνουν την ιδιαιτερότητα που έχουν, επειδή ακριβώς, λαμβάνουν το νόημα τους στο πλαίσιο ενός ιδιαίτερου εννοιολογικού συστήματος. Πρόκειται κατά βάση για την αντίληψη που κυριαρχεί στη διαδικασία εκλαΐκευσης της επιστημονικής γνώσης, η οποία όμως χαρακτηρίζεται, αντιθέτως, από τη ριζική τροποποίηση της

επιστημονικής γνώσης που ορισμένες φορές οδηγεί στη παραποίηση του νοήματος των επιστημονικών ιδεών (Κολιόπουλος, 2005).

- *Το πλαίσιο μετασχηματισμού και συμπλήρωσης.* Δεν πρόκειται για ένα ενιαίο, προς το παρόν, πλαίσιο χρήσης των νοητικών παραστάσεων, αλλά σε γενικές γραμμές υποστηρίζεται η ιδέα του ταυτόχρονου μετασχηματισμού και διατήρησης των νοητικών παραστάσεων στη διδασκαλία. Η νέα γνώση μπορεί να συγκροτηθεί «μαζί» και «εναντίον» των νοητικών παραστάσεων. Δεν τίθεται θέμα αποβολής των βιωματικών παραστάσεων, όπως στο πλαίσιο της αντικατάστασης, αλλά, τουναντίον, αυτές θεωρούνται απαραίτητο πεδίο αναφοράς, ενώ παράλληλα αναζητούνται μηχανισμοί αναπαραγωγής της επιστημονικής γνώσης σε σύνδεση με τη βιωματική. Η αντίληψη αυτή θέτει, λοιπόν, επί τάπητος το θέμα της διαμόρφωσης ενός περιεχομένου διδασκαλίας σε διαρκή αλληλεπίδραση με τις νοητικές παραστάσεις, δηλαδή, της κατασκευής εντελώς πρωτότυπου διδακτικού υλικού το οποίο, αφενός να λαμβάνει υπόψη τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών και να εξασφαλίζει τη, μέσω επιστημολογικών ρήξεων, συγκρότηση μιας νέας γνώσης, εγγύτερης προς την επιστημονική γνώση.

Αν οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών δε ληφθούν υπόψη από τους εκπαιδευτικούς στο σχεδιασμό των κατάλληλων διδακτικών έργων, οι μαθητές μετά τη διδασκαλία θα βρίσκονται σε μια από τις ακόλουθες καταστάσεις:

- *Οι προϋπάρχουσες ιδέες παραμένουν αναλλοίωτες*

Οι μαθητές μετά τη διδασκαλία εξακολουθούν να διατηρούν τις αρχικές τους ιδέες, παρότι μπορεί να χρησιμοποιούν πιο τεχνικούς όρους.

- *Οι προϋπάρχουσες και οι επιστημονικές ιδέες συνυπάρχουν*

Οι αρχικές παρανοήσεις των μαθητών ενισχύονται από τη διδασκαλία.

- *Οι προϋπάρχουσες επιστημονικές απόψεις είναι συγκεχυμένες*

Συχνά οι μαθητές δε διαχωρίζουν τις επιστημονικές γνώσεις από τις εναλλακτικές τους ιδέες, και τις χρησιμοποιούν αδιακρίτως και με ασυνέπεια.

- *Οι επιστημονικές έννοιες έχουν επικρατήσει*

Οι μαθητές έχουν αντικαταστήσει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις με τις επιστημονικές, που είναι το ζητούμενο.

4.5 Η Εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση - Το διδακτικό μοντέλο του εποικοδομητισμού

Στα τέλη της δεκαετίας του '70 εμφανίζεται πλήθος ερευνών που τονίζουν την ύπαρξη προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα που πρόκειται να διδαχθούν. Παράλληλες εξελίξεις στον τομέα της γνωστικής ψυχολογίας αναδεικνύουν την επίδραση αυτών των ιδεών στη διδασκαλία. Σε αυτά τα πλαίσια αναπτύσσεται στις αρχές της δεκαετίας του '80, η εποικοδομητική θεωρία για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες. Βασικό στοιχείο, το οποίο και σαφώς διαφοροποιεί τον εποικοδομητισμό από τις προηγούμενες θεωρίες, είναι το γεγονός ότι λαμβάνει υπόψη και αξιοποιεί τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα. Με άλλα λόγια, προτείνεται ο σχεδιασμός της διδακτικής πρακτικής με βάση τον τρόπο που ίδιοι οι μαθητές κατανοούν τις φυσικές έννοιες και ερμηνεύουν τα φαινόμενα της φύσης, πριν διδαχθούν τον επιστημονικό τρόπο ερμηνείας τους.

Ολόκληρη η δεκαετία του 1980 χαρακτηρίζεται από εκτενή μελέτη των προϋπάρχουσων ιδεών των μαθητών, τόσο ανά θεματική ενότητα των φυσικών επιστημών, όσο και αναφορικά με τα γενικά τους χαρακτηριστικά ή τους παράγοντες που βοηθούν την ανάπτυξη τους. Η επίδραση της σημασίας που αποδίδεται στις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών διαφαίνεται σχεδόν σε όλα τα επίπεδα της διδακτικής διαδικασίας. Όσον αφορά το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών προτείνεται ο διδακτικός τους μετασχηματισμός, δηλαδή η μετατροπή του σε γνώση κατάλληλη να διδαχθεί στους μαθητές, στη βάση των προϋπάρχουσων ιδεών τους (αρκετά συχνά χρησιμοποιείται ο όρος *σχολική επιστήμη*). Με την ίδια λογική, επιλέγονται και τα πειράματα/φαινόμενα με τα οποία πρόκειται να έλθουν σε επαφή οι μαθητές. Διατηρείται η άποψη περί ενεργούς συμμετοχής των μαθητών, με την έννοια ότι ενεργητικά οικοδομούν τη γνώση, βασιζόμενοι στις προϋπάρχουσες ιδέες και εμπειρίες τους.

Οι γνωστικοί ψυχολόγοι θεωρούν ότι η εσωτερικοποίηση καινούργιων πληροφοριών είναι συνάρτηση των εννοιών που προϋπάρχουν και των νοητικών δομών του ατόμου. Οι πληροφορίες αποκτούν νόημα μέσα από τη διαδικασία σύνδεσης με τις υπάρχουσες δομές και παραστάσεις στη μνήμη του μαθητή. Ο μαθητής, στη συνεχή αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον, αναπτύσσει σχήματα κατάλληλα για την ερμηνεία των εμπειριών του. Η διαισθητική αυτή γνώση είναι αποτελεσματική αλλά και αποσπασματική, δεμένη με συγκεκριμένα φαινόμενα και είναι βαθιά ριζωμένη. Από την άλλη, η Φυσική περιλαμβάνει έννοιες ακριβείς, αφαιρετικές και ιεραρχικά οργανωμένες. Το πρότυπο της διαφέρει τόσο στο περιεχόμενο όσο και στη μορφή του από τις ιδέες των μαθητών. Σύμφωνα με την εποικοδομητική υπόθεση, αυτό σημαίνει ότι η μάθηση μπορεί να συνεπάγεται εννοιολογικές αλλαγές για τους μαθητές, όταν οι προϋπάρχουσες ιδέες διαφέρουν από τις καθιερωμένες επιστημονικές έννοιες που θα καλείται να μάθει.

Σημαντικό επίσης χαρακτηριστικό της εποικοδομητικής προσέγγισης συνιστά η επισήμανση της μεταγνωστικής διαδικασίας. Με τον όρο *μεταγνώση* εννοείται η επίγνωση της μαθησιακής διαδικασίας από τον ίδιο το μαθητή, όρος που ίσως με απλούστερο τρόπο δηλώνεται μέσα από τη φράση «*να γνωρίζουμε τι γνωρίζουμε, να γνωρίζουμε τι δε γνωρίζουμε*». Προτείνεται δηλαδή διαδικασίες που βοηθούν και ενθαρρύνουν το μαθητή να έχει γνώση της γνωστικής του πορείας κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Τέτοιες διαδικασίες περιλαμβάνουν την ανάδειξη των γνώσεων του μαθητή, την εξάσκηση του στο να μιλάει για τις σκέψεις του, την αυτο-αξιολόγηση κτλ.

Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία που περιλαμβάνει τις φάσεις του προσανατολισμού, της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης.

Η φάση του προσανατολισμού

Αφορά το ξεκίνημα της διδασκαλίας που είναι απαραίτητο να είναι καλά οργανωμένο, ώστε να τραβήξει την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών. Ο δάσκαλος εξηγεί με την έναρξη του μαθήματος τι πρόκειται να επακολουθήσει ώστε να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που θα διεξάγουν οι ίδιοι. Πρέπει με κάθε τρόπο να προκαλέσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών. Αυτό μπορεί να γίνει με την παρατήρηση ενός φαινομένου ή την

παρουσίαση μιας συλλογής αντικειμένων, με την παρατήρηση μιας διαφάνειας στον ανακλαστικό προβολέα κ.τ.λ.

Η φάση της ανάδειξης των ιδεών

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές εκφράζουν προφορικά ή γραπτά τις ιδέες τους. Εδώ οι μαθητές εξωτερικεύουν τις ιδέες τους, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε ανάδειξη των ιδεών των μαθητών. Ο πιο απλός είναι να παρακολουθήσουμε τι λένε, ή να κάνουμε διάλογο μαζί τους. Αυτό μπορεί να γίνει άτυπα σε εξατομικευμένη βάση κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων στην τάξη ή, πιο συστηματικά, σε συζήτηση μικρών ομάδων. Οι πρακτικές δραστηριότητες, τα ερωτηματολόγια, οι ατομικές εργασίες είναι τρόποι ανάδειξης των ιδεών. Ένας άλλος τρόπος είναι τα υποθετικά πειράματα, που ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιων πειραμάτων που περιγράφουμε. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δυο ή περισσότερων ατόμων, ο δάσκαλος τους δίνει τα κατάλληλα έργα, αυτοί εργάζονται στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια συζητούν σε επίπεδο ομάδας. Οι μαθητές καταγράφουν τις απόψεις τους σε χαρτί που τις συγκεντρώνει ο δάσκαλος, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και έτσι βγαίνουν τα σημαντικότερα μοντέλα των ιδεών των μαθητών. Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί ώστε να επιλεγεί ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτηση του από τους μαθητές επιδιώκεται στην επόμενη φάση.

Η φάση της αναδόμησης των ιδεών – Εισαγωγή της επιστημονικής γνώσης

Στη φάση αυτή οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν ιδέες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, ή να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του διδάσκοντα είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες ιδέες, που είναι πλησιέστερα στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να εκφράσουν άποψη για τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος συμπίπτουν με την άποψή τους, τότε έχουμε επιβεβαίωση της υπάρχουσας γνώσης. Σε διαφορετική περίπτωση, έχουμε γνωστική σύγκρουση. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δυο ή τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πώς θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν. Στόχος των έργων αυτών είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε αδιέξοδο, βλέποντας τη διάσταση ανάμεσα στο αναμενόμενο από αυτούς και το πειραματικό αποτέλεσμα, θα οδηγηθούν μ' αυτόν τον τρόπο σε ενδο-προσωπική σύγκρουση. Αυτή η σύγκρουση θα τους κάνει να μη νιώθουν ικανοποιημένοι, γεγονός που θα τους ωθήσει πιθανόν σε εννοιολογική αλλαγή. Αναλυτικότερα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο δάσκαλος καθοδηγεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους με τρόπο συστηματικό, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν αποτελέσματα που δεν ταιριάζουν με την ιδέα που ερευνούν, ακόμα και αν αυτή είναι δική τους. Πάντως απαιτείται μεγάλη προσοχή όσον αφορά την επιλογή των κατάλληλων έργων, π.χ. πειράματα επίδειξης, που μπορεί να φαίνονται πολύ πειστικά στο δάσκαλο, είναι

δυνατόν όμως να μην προκαλούν καμία εντύπωση στους μαθητές, αν οι τελευταίοι δεν έχουν κατανοήσει το σκοπό για τον οποίο γίνονται.

Η φάση της εφαρμογής της νέας γνώσης

Στη φάση αυτή οι μαθητές συσχετίζουν αυτό που έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που αποκτούν με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητα τους.

Η φάση της ανασκόπησης ή σύγκρισης των ιδεών- Μεταγνώση

Σ' αυτή τη φάση οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Οι μαθητές θα πρέπει να συγκρίνουν τις αρχικές με τις νέες απόψεις τους. Συνειδητοποιούν την προηγούμενη με την τωρινή κατάσταση, καθώς και τη γνωστική πορεία της αλλαγής. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και είναι αυτό που ονομάζουμε μεταγνώση.

Η διδασκαλία της υδροστατικής πίεσης, της επίπλευσης και της βύθισης των σωμάτων στα πλαίσια του σχολικού μαθήματος, θα δομηθεί σύμφωνα με το *εποικοδομητικό πρότυπο διδασκαλίας*. Η θεωρία του εποικοδομητισμού και το διδακτικό του μοντέλο θεωρούμε, ότι είναι καταλληλότερο ώστε να επιτύχουμε το στόχο της έρευνας, που είναι η ανάδειξη και διερεύνηση των ιδεών των μαθητών.

4.6 Εννοιολογική αλλαγή στη Μάθηση

Τη τελευταία δεκαετία παρατηρείται μια προσπάθεια για την τροποποίηση των αρχικών ιδεών / αντιλήψεων των μαθητών προς το επιστημονικό πρότυπο, η οποία αναφέρεται με τον όρο *εννοιολογική αλλαγή* (conceptual change), ενώ πολλές είναι οι απόψεις για το πώς μπορεί να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή.

Υποστηρίζεται ότι για να επιτύχει μια «συμφωνία» μεταξύ των γνωστικών / νοητικών δομών των μαθητών, οι οποίες έχουν σχηματιστεί από τις εμπειρίες τους από το φυσικό κόσμο, και των νέων γνώσεων οι οποίες διδάσκονται στο σχολείο, χρειάζονται τα παρακάτω:

- *Επαύξηση* (accretion) της υπάρχουσας γνώσης με την παροχή νέων πληροφοριών, εννοιών και νομών, τα οποία να συνδέονται με τις ιδέες που έχει ήδη ο μαθητής (π.χ. ο κύκλος του νερού, που οι μαθητές ήδη γνωρίζουν, τα βαρομετρικά συστήματα, τις ανοδικές κινήσεις του αέρα, τη φύση των υδρατμών και την ύπαρξη πυρήνων συμπύκνωσης, καθώς επίσης και το νόμο της βαρύτητας)
- *Εναρμόνιση* (tuning) των γνωστικών δομών που έχουν ήδη σχηματίσει οι μαθητές με μικρές τροποποιήσεις, ώστε να γίνουν πιο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο (π.χ. με το σχεδιασμό κατάλληλων δραστηριοτήτων, εργασιών πεδίου κ.λ.π.)
- *Αναδιοργάνωση* (restructuring) των γνωστικών δομών, αρχικά με την οργάνωση των αποθηκευμένων ήδη πληροφοριών και την αντικατάσταση τους με νέες γνωστικές δομές

που θα ερμηνεύσουν τις νέες πληροφορίες, αλλά και τα διάφορα φαινόμενα, και θα συμβάλουν στην απόκτηση νέας γνώσης (π.χ. το θερμικό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας, για το οποίο οι μαθητές δεν έχουν γνώση, σε σχέση με το κύκλο του νερού που τους είναι πιο οικεία γνώση).

Το μοντέλο της εννοιολογικής αλλαγής που αναπτύχθηκε από τους Posner et al.(1982) επεκτάθηκε από τους Hewson and Hewson (1982), οι οποίοι περιγράφουν τη μάθηση ως μια διεργασία μέσα από την οποία ο μαθητής αλλάζει τις αντιλήψεις του με το να συλλαμβάνει νέες έννοιες ή με το να ανταλλάσσει τις υπάρχουσες αντιλήψεις με νέες. Όμως έχει διαπιστωθεί ότι οι ιδέες των μαθητών θα αλλάξουν όταν δεν θα είναι αρκετές να δώσουν εξηγήσεις σε καινούργια δεδομένα, επομένως προτείνουν:

- Τη δημιουργία δυσαρέσκειας (dissatisfaction) με τις αρχικές ιδέες, διότι οι μαθητές δεν θα είναι σε θέση να περιγράψουν ή να ερμηνεύσουν τα δεδομένα φυσικά φαινόμενα.
- Τη δυνατότητα εκτίμησης κατανοητών εννοιών (intelligible conceptions) από τους μαθητές, με τις οποίες θα είναι σε θέση να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τις εμπειρίες τους ή τα συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα.
- Την ικανότητα των μαθητών να λύσουν με τις νέες έννοιες τα προβλήματα που δημιουργούσαν οι έννοιες που αντικαθίστανται. Τις νέες έννοιες οι μαθητές πρέπει να τις βρίσκουν αληθοφανείς (plausible).
- Τη δυνατότητα επέκτασης των νέων εννοιών, οι οποίες δημιουργούν νέες προοπτικές ερευνάς, λόγω της επεξηγηματικής ισχύος τους και της τεχνολογικής τους εφαρμογής.

Στρατηγικές για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής

Οι Anderson and Smith (1987) περιγράφουν τρία σημεία για τη μελέτη και την οργάνωση της διδασκαλίας, προκειμένου να αρχίσει η εννοιολογική αλλαγή:

- *Κατάλληλες τεχνικές ερωτήσεων*
 - Διατύπωση ερωτήσεων, όπου οι μαθητές στη προσπάθειά τους να εξηγήσουν ένα φαινόμενο, έρχονται αντιμέτωποι με τις παρανοήσεις τους και αυτό δημιουργεί δυσαρέσκεια στους ίδιους.
 - Διατύπωση ερωτήσεων, όπου οι μαθητές, προκειμένου να εξηγήσουν ένα φαινόμενο, αποσαφηνίζουν τις ανακρίβειες των αντιλήψεων τους.
 - Διατύπωση ερωτήσεων, όπου οι μαθητές καλούνται να δώσουν εξηγήσεις, εφαρμόζοντας τις επιστημονικές έννοιες σε νέες καταστάσεις.
 - Διατύπωση ερωτήσεων, όπου οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν την εφαρμογή της νέας έννοιας και όχι την επανάληψή της.
- *Παρουσίαση πληροφοριών*
 - Άμεση αντιπαραβολή επιστημονικών εννοιών με τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών.
 - Εφαρμογή των νέων εννοιών στα συγκεκριμένα φαινόμενα.
 - Επανάληψη αναπαραστάσεων και εμπειριών των μαθητών για ανατροφοδότηση και εφαρμογή των νέων εννοιών.
- *Σχεδιασμός και χρήση κατάλληλων διδακτικών και εργαστηριακών στρατηγικών*

- Προκαλούνται οι μαθητές με συμβάντα που είναι αντίθετα με τις αρχικές τους ιδέες.
- Προκαλούνται οι μαθητές με καθημερινά φαινόμενα /συμβάντα, τα οποία είναι κοντά στις εμπειρίες τους.
- Ενθαρρύνονται οι μαθητές να συμμετέχουν ενεργά σε συζητήσεις που αφορούν εξηγήσεις των καθημερινών φαινομένων.

4.7 Υδροστατική πίεση, επίπλευση και βύθιση των σωμάτων

Ο άνθρωπος, στη προσπάθεια του να επιλύσει τα πρακτικά προβλήματα που παρουσιάζονταν στη καθημερινή του ζωή, ασχολήθηκε από αρχαιοτάτων χρόνων με τη συμπεριφορά των υγρών είτε «εν στάσει» είτε «εν ηρεμία». Η πρώτη όμως συστηματική μελέτη των υγρών, ανάγεται στην ελληνική αρχαιότητα. Τον 3ο αιώνα π.Χ. ο Αρχιμήδης είναι ο πρώτος που ανακαλύπτει την άνωση και διατυπώνει την ομώνυμη αρχή. Με τα υγρά ασχολήθηκε επίσης και ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς (10 μ.Χ.- 70 μ.Χ.). Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα και μέχρι τους νεότερους χρόνους μικρή μόνο πρόοδος σημειώθηκε στην Υδροστατική και αυτή σε θεωρητικό επίπεδο. Περίπου το 1583, ο Ολλανδός μαθηματικός Simon Stevin, (1548-1620) απέδειξε ότι η πίεση που ασκεί ένα υγρό πάνω σε μια δεδομένη επιφάνεια εξαρτάται από το βάθος στο οποίο βρίσκεται η επιφάνεια και όχι από το σχήμα του δοχείου που περιέχει το υγρό. Όμως, κατά τον 17ο αιώνα ο Pascal διατύπωσε τη θεμελιώδη αρχή της υδροστατικής, τη γνωστή ως «Αρχή του Pascal». Από τότε η περαιτέρω πρόοδος της υδροστατικής συνίσταται κυρίως σε θεωρητικές διερευνήσεις των δύο παραπάνω βασικών αρχών αλλά και σε πρακτικές εφαρμογές των πορισμάτων αυτών.

Αρχές της Υδροστατικής

Η Υδροστατική στηρίζεται σε δύο κυρίως αρχές: στην «Αρχή του Pascal» κατά την οποία η υδροστατική πίεση παραμένει σταθερή σε όλη τη μάζα του ηρεμούντος υγρού, που δεν υφίσταται επίδραση δυναμικού πεδίου και στην «Αρχή του Αρχιμήδη», σύμφωνα με την οποία κάθε σώμα βαπτιζόμενο σε υγρό υφίσταται άνωση ίση με το βάρος του ύδατος που εκτοπίζει. Μια τρίτη επίσης αρχή, αφορά το συμπιεστό των υγρών. Από τις τρεις αυτές αρχές προκύπτουν όλα τα θεωρήματα, οι νόμοι και οι εφαρμογές της υδροστατικής. Η συμπεριφορά των πραγματικών υγρών υπό την επίδραση των μοριακών δυνάμεων αποτελεί ιδιαίτερο κεφάλαιο της Υδροστατικής όπου και εξετάζονται η επιφανειακή τάση, τα τριχοειδή φαινόμενα οι δυνάμεις συνοχής και συνάφειας κ.λ.π.

Οι σημαντικότεροι νόμοι και αρχές της υδροστατικής αναλυτικά είναι:

Θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής

Ο νόμος αυτός αφορά υγρό που ισορροπεί μέσα σε ένα βαρυτικό πεδίο. Ο θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής αναφέρει ότι η πίεση που ασκείται από το υγρό σε ένα σημείο του που βρίσκεται σε βάθος h , ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας του υγρού (ρ), της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) και του βάθους από την επιφάνεια του υγρού (h), δηλαδή ισχύει:

$$P = \rho g h$$

Αρχή του Pascal

Η Αρχή του Pascal διατυπώθηκε από τον Pascal και αναφέρει ότι η πίεση που δημιουργεί ένα εξωτερικό αίτιο σε κάποιο σημείο του υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του υγρού.

Αρχή του Αρχιμήδη

Η αρχή του Αρχιμήδη, που διατυπώθηκε από τον αρχαίο Έλληνα μαθηματικό Αρχιμήδη, αναφέρει ότι κάθε σώμα που είναι πλήρως βυθισμένο σε ρευστό δέχεται δύναμη άνωσης, ίση με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζει. Ισχύει δηλαδή: $A = B_{\text{υγρ}}$.

Κυρίαρχη θέση στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τα τελευταία χρόνια κατέχουν οι έρευνες που ασχολούνται με την ανίχνευση και καταγραφή των ιδεών που έχουν οι μαθητές, αλλά και οι φοιτητές για τα φυσικά φαινόμενα. Ιδιαίτερα, ως προς τα φαινόμενα της υδροστατικής πίεσης, της επίπλευσης και της βύθισης, η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ότι οι μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων παρουσιάζουν δυσκολίες στη κατανόηση τους.

Σε μια λίστα από τη συλλογή *Operation Physics* για τη Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, παρουσιάζεται μια εργασία από *American Institute of Physics* (Bill Weiler of U. Illinois) όπου έχουν καταγραφεί και ομαδοποιηθεί οι παρερμηνείες των μαθητών στα διάφορα πεδία των Φυσικών Επιστημών.

Οι συχνότερες παρερμηνείες στις *Δυνάμεις και Ρευστά* είναι :

- τα αντικείμενα επιπλέουν στο νερό επειδή είναι ελαφρύτερα από το νερό
- τα αντικείμενα βυθίζονται στο νερό επειδή είναι βαρύτερα από το νερό
- μάζα / όγκος / βάρος / βαρύτητα / μέγεθος / πυκνότητα μπορεί να γίνουν αντιληπτά ως ισοδύναμες ποσότητες
- τα ξύλινα σώματα επιπλέουν ενώ τα μέταλλα βυθίζονται
- όλα τα αντικείμενα που περιέχουν αέρα επιπλέουν
- τα υγρά του υψηλού ιξώδους είναι υγρά με υψηλή πυκνότητα
- η προσκόλληση είναι η ίδια με τη συνοχή
- θερμαίνοντας τον αέρα απλά γίνεται πιο καυτός
- η πίεση και η δύναμη είναι συνώνυμες
- η πίεση προκύπτει από την κίνηση των ρευστών
- τα κινούμενα ρευστά περιέχουν υψηλότερη πίεση
- η πίεση στα ρευστά ενεργεί μόνο προς τα κάτω

Ως αντιλήψεις των μαθητών για την πλευση – βύθιση των σωμάτων εντοπίστηκαν οι ακόλουθες (Biddulph & Osborne 1984, Smith, Carey & Wisner 1985):

- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από βάρος/ μάζα σώματος
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από όγκο σώματος
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από σχήμα σώματος
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από όγκο υγρού
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από πυκνότητα σώματος
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από πυκνότητα υγρού
- Εξάρτηση της πλευσης ή βύθισης ενός σώματος μέσα σε ένα υγρό από σχέση πυκνοτήτων σώματος και υγρού.

Πιο συγκεκριμένα, σε μια επισκόπηση ερευνών στο θέμα της υδροστατικής πίεσης του Καριώτογλου, Κουμαρά και Ψύλλου (Kariotoglou et al.1993) αναφέρεται ότι πολλοί μαθητές ηλικίας 10-15 ετών εντάσσουν με επιτυχία τα υλικά σώματα στην αντίστοιχη φυσική τους κατάσταση χρησιμοποιώντας, όμως, διαισθητικά και όχι επιστημονικά κριτήρια. Ακόμη, μερικά παιδιά θεωρούν ότι τα υγρά είναι συμπιεστά και ο όγκος τους μεταβάλλεται (Dow, Auld & Wilson 1978).

Σύμφωνα με τους Καριώτογλου και Ψύλλο (Kariotoglou & Psilos 1993), τα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές Γυμνασίου για την πίεση είναι τρία:

α) το μοντέλο του συνωστισμένου πλήθους ή ανθρωπομορφικό μοντέλο σύμφωνα με το οποίο η πυκνότητα των υγρών ποικίλει, ενώ η πίεση υπολογίζεται πάνω σε μια επιφάνεια και μπορεί να διαμοιραστεί β) το μοντέλο της πίεσης- δύναμης χαρακτηριστικό του οποίου είναι ότι στηρίζεται στη σύγκυση της πίεσης σε ένα σημείο με τη δύναμη που αυτή προκαλεί, με αποτέλεσμα η πίεση να θεωρείται ανυσματικό μέγεθος, να εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού και να υπολογίζεται σε επιφάνεια, γ) το μοντέλο της υγρότητας το οποίο χρησιμοποιείται σπάνια, συνδέεται με την σωστή χρήση του τύπου $P = \varepsilon * h$ και τη θεώρηση της πίεσης ως μονόμετρου μεγέθους.

Ως προς τα φαινόμενα της επίπλευσης και της βύθισης των σωμάτων, πρώτοι που διερεύνησαν το πώς τα παιδιά τα κατανοούν ήταν η Inhelder και Piaget (1958) οι οποίοι συμπέραναν ότι η διαμόρφωση κανόνων πρόβλεψης απαιτεί ιδιαίτερα αφαιρετικές διαδικασίες συλλογισμού. Άλλες έρευνες (Havu- Nuutinen 2005, Heywood & Parker 2001) έδειξαν ότι οι παράγοντες που θεωρούνται ότι επηρεάζουν την επίπλευση και τη βύθιση ενός σώματος είναι το βάρος, ο αέρας που εμπεριέχεται, η επιφάνεια επαφής, το σχήμα, το υλικό του σώματος, το μήκος του, αν είναι συμπαγές ή όχι και αν έχει τρύπες ή ρήγματα. Τέλος, τα ευρήματα δείχνουν ότι τα παιδιά σπάνια διαχειρίζονται τέτοια φαινόμενα με όρους δυνάμεων. Η μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας φανερώνει ότι οι περισσότερες δυσκολίες στη κατανόηση του φαινομένου της επίπλευσης και

της βύθισης εδράζονται στις εναλλακτικές αντιλήψεις που υπάρχουν για τις υποκείμενες έννοιες όπως είναι ο όγκος, η μάζα, η δύναμη και η πίεση (Raghavan, Sartoris & Glaser 1998).

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνά μας είναι περιγραφική (επισκόπηση πεδίου), δηλαδή περιγράφει γεγονότα ή χαρακτηριστικά ενός ορισμένου πληθυσμού ή μιας κατάστασης. Η *περιγραφική έρευνα* (descriptive research) έχει σαν πρωταρχικό σκοπό τη συλλογή, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων που σχετίζονται με φυσικά ή ανθρώπινα φαινόμενα, χωρίς να υπεισέρχεται στις αιτίες που δημιούργησαν αυτή την εικόνα των πραγμάτων, ούτε και στις διαφορές ή σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών (Παπαναστασίου, 1996). Δεδομένου ότι οι περιγραφικές έρευνες περιορίζονται στην ακριβή απεικόνιση των στοιχείων της κατάστασης που ερευνάται, κρίνεται απαραίτητο να μην περιορίζονται σε απλή συσσώρευση γεγονότων αλλά να προχωρούν σε ταξινόμηση των γεγονότων που περιγράφονται.

Η απλούστερη μορφή της περιγραφικής έρευνας είναι η περιγραφή της κατανομής του δείγματος μιας μόνο μεταβλητής. Στη παρούσα έρευνα έχοντας ως κύριο στόχο να αναδείξουμε όσο το δυνατό περισσότερες από τις υπάρχουσες ιδέες και παρανοήσεις των μαθητών γύρω από τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης και της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων, διεξήγαμε την έρευνα μας μέσω ερωτηματολογίου. Η πηγή των δεδομένων μας είναι η σχολική τάξη, και συγκεκριμένα η τοπολογία της έρευνας περιορίστηκε σε δείγμα μαθητών από τεσσερα διαφορετικά σχολεία του νόμου Ηρακλείου. Μέσο συλλογής των δεδομένων της έρευνας ήταν γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο περιείχε ερωτήσεις κλειστού αλλά και ανοιχτού τύπου.

Η αναζήτηση όσο δυνατών περισσότερων ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών και η καταγραφή τους είναι μια αρκετά πολύπλοκη από τη φύση της διαδικασία. Θεωρήσαμε λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχετική βιβλιογραφία, ότι το καλύτερο εργαλείο για την ανίχνευση, καταγραφή και διερεύνηση των ιδεών των μαθητών είναι το ερωτηματολόγιο, με το οποίο μπορούμε να συλλέξουμε πολλές πληροφορίες ταυτόχρονα, εξοικονομώντας χρόνο για τη συλλογή τους. Με το τρόπο αυτό, πέραν από την εξοικονόμηση χρόνου, επιτυγχάνουμε να έχουμε και μια ομαδοποιημένη παρουσίαση, γεγονός που βοήθησε στη διερεύνηση των ιδεών.

Το ερωτηματολόγιο που αναπτύξαμε, όπως αναφέραμε και παραπάνω, μοιράστηκε σε μαθητές της Β' Τάξης Γυμνασίου, στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής. Η χορήγηση του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε μετά τη διδασκαλία των αντίστοιχων εννοιών, (της υδροστατικής πίεσης και της επίπλευσης- βύθισης των σωμάτων), δύο εβδομάδες έπειτα από την ολοκλήρωση της διδακτικής ενότητας που αναφέρεται στη Πίεση (3^ο κεφάλαιο σχολικού βιβλίου). Οι ερωτήσεις που συμπεριλαμβάνει είναι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, κλειστού τύπου καθώς και συνδυασμός και των δυο τύπων. Κάθε ερώτηση αναφέρεται σε μια μεταβλητή που επηρεάζει τις αντιλήψεις των μαθητών στις ερευνώμενες φυσικές έννοιες ώστε να μπορεί να γίνεται καλύτερος έλεγχος των αποτελεσμάτων.

Οι ερωτήσεις στην πλειοψηφία τους, αποτελούνται από δυο σκέλη. Στο πρώτο σκέλος, διατυπώνεται μια *κλειστού τύπου ερώτηση* πολλαπλής επιλογής, όπου ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει μια από τις εναλλακτικές απαντήσεις που του δίνονται. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Μακράκης, 1997), οι “κλειστές ερωτήσεις” προσφέρονται για στατιστική ανάλυση και ανίχνευση, μπορούν να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα αντιλήψεων, είναι σύντομες και συνήθως κατανοητές ώστε να δίνουν απαντήσεις εύκολες για κωδικοποίηση. Επίσης μπορούν να

λειτουργήσουν ως «ερωτήσεις φίλτρα» δηλαδή ως μέσο διάκρισης – κατηγοριοποίησης των απαντώντων μεταξύ μεταγενέστερων απαντήσεων.

Υπάρχουν, βέβαια, και μειονεκτήματα με τη χρήση των κλειστών ερωτήσεων, αφού οι ερωτώμενοι περιορίζονται ανάμεσα στις δεδομένες απαντήσεις και είναι δυνατό να χάνεται ένα ποσοστό χρήσιμης για την έρευνα πληροφορίας. Ωστόσο, στη συγκεκριμένη έρευνα οι κλειστές ερωτήσεις προέρχονται α) έπειτα από ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας γύρω από την έννοια της υδροστατικής πίεσης και του φαινομένου της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων (Smith, Snir & Grosslight, 1992· Havu-Nuutinen Sari, 2005· Heywood & Parker, 2001) β) από μελέτη προηγούμενων ερευνών που έχουν επίσης ασχοληθεί με τις εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών στο ερευνώμενο θέμα (Ταμπάκης & Σταυρίδου, 2008· Kariotoglou & Psilos, 1993· Θασίτης, Φασουλόπουλος & Καριώτογλου, 2004).

Στο δεύτερο σκέλος κάθε ερώτησης, ζητείται από τον ερωτώμενο μαθητή, να αιτιολογήσει την απάντησή του, δηλαδή να αναφέρει το λόγο ή τους λόγους για τον/ους οποίο/ους επέλεξε τη συγκεκριμένη απάντηση. Κρίναμε λοιπόν, απαραίτητη τη χρήση ανοιχτών ερωτήσεων, έτσι ώστε οι μαθητές να έχουν την ευκαιρία να εκφράσουν τις ιδέες τους, επιστημονικά ορθές, εναλλακτικές ή και λανθασμένες. Με το τρόπο αυτό, οι ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών που θα καταγράψουμε, δε θα επιβεβαιώσουν απλώς τις ήδη υπάρχουσες από τη βιβλιογραφία, αλλά ίσως επιτύχουμε την ανίχνευση νέων ιδεών.

Η επόμενη ενέργεια μετά τη χορήγηση και συλλογή των δεδομένων είναι η ανάλυση τους. Για την ανάλυση των δεδομένων των περιγραφικών ερευνών χρησιμοποιούνται βασικά στοιχεία από την περιγραφική στατιστική. Οι στατιστικές τεχνικές που πολύ συχνά χρησιμοποιούνται είναι ο αριθμητικός μέσος, διάμεσος, επικρατούσα τιμή, τυπική απόκλιση, εκατοστημόρια, ποσοστά, γραφικές παραστάσεις αλλά όχι μόνο. Η ανάλυση των δεδομένων στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η εύρεση του μέσου όρου των απαντήσεων των μαθητών. Αυτός ο μέσος όρος παρέχει και τη στάση του δείγματος για το ερευνώμενο θέμα. Αν το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό, τότε ο μέσος όρος θεωρείται ότι είναι και ο μέσος όρος του πληθυσμού προς μελέτη (Παπαναστασίου, 1996). Επίσης, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το κριτήριο χ^2 (chi-squared) και να μη επεκταθούμε σε πιο σύνθετα στατιστικά κριτήρια επειδή πρόθεσή μας ήταν να αναδείξουμε την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών στο θέμα της υδροστατικής πίεσης και επίπλευσης- βύθισης των σωμάτων και να τις καταγράψουμε, να δείξουμε την έντασή τους, και να προσπαθήσουμε να βρούμε απλούς συσχετισμούς μεταξύ των συγκρινόμενων ομάδων.

5.1 Διαμόρφωση ερωτηματολογίου

Κύριο εργαλείο της ερευνάς μας, όπως προαναφέρθηκε ήταν το ερωτηματολόγιο. Συμπληρωματικά, σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις, όπου οι μαθητές έδειξαν ενδιαφέρον και προθυμία για συζήτηση, πραγματοποιήθηκε κάποιου είδους συνέντευξη με κύριο άξονα την απόδοση των αιτιολογήσεων σε απαντήσεις του ερωτηματολογίου.

Η αποκλειστική σχεδόν χρήση του ερωτηματολογίου, ως μέσο για την καταγραφή των εναλλακτικών ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών στις ερευνώμενες φυσικές έννοιες, κρίνουμε ότι είναι αποτελεσματική για τους εξής λόγους:

- Οι μαθητές απαντούν ελεύθερα, διατηρώντας την ανωνυμία τους, χωρίς το άγχος της πιθανής αξιολόγησης- βαθμολόγησης των απαντήσεων τους και κατ' επέκταση της επίδοσης τους στο μάθημα της Φυσικής.
- Συγκεντρώνεται ικανό πλήθος στοιχείων από μαθητές διαφορετικών σχολείων.
- Μέσω των ανοικτών ερωτήσεων, όπου οι μαθητές εκφράζουν τις ιδέες τους γύρω από τις ερευνώμενες φυσικές έννοιες, έχουμε τη δυνατότητα να καταγράψουμε πολλές και διαφορετικές ιδέες μαθητών για το πώς αντιλαμβάνονται τις έννοιες αυτές, έτσι ώστε στη συνέχεια να πραγματοποιήσουμε την καταγραφή, ομαδοποίηση και διερεύνηση τους.

Δύο ενότητες συνέθεσαν το ερωτηματολόγιο μας, η καθεμία για διαφορετικό κύριο σκοπό.

Η *Πρώτη Ενότητα*, περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις (ανοιχτού και κλειστού τύπου) και έχει σκοπό την ανάδειξη των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών γύρω από την έννοια της υδροστατικής πίεσης. Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε δύο υπο-ενότητες με ερευνητικό άξονα, τους παράγοντες που επηρεάζουν την υδροστατική πίεση.

Ο άξονας έρευνας στη *1^η υποενότητα* είναι η διερεύνηση των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τα χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος και συγκεκριμένα:

1. το βάθος στο οποίο βρίσκεται το βυθιζόμενο σώμα
2. το σχήμα του βυθιζόμενου σώματος
3. το ποσοανατολισμό του βυθιζόμενου σώματος
4. η μάζα/ βάρος του βυθιζόμενου στο υγρό σώματος
5. ο όγκος του βυθιζόμενου σώματος

Ο ερευνητικός άξονας της *2^{ης} υπο-ενότητας*, είναι η διερεύνηση των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τα χαρακτηριστικά του υγρού αλλά και του δοχείου που το περιέχει, και συγκεκριμένα:

1. το μήκος του δοχείου που περιέχει το υγρό
2. το σχήμα του δοχείου που περιέχει το υγρό
3. ο όγκος του δοχείου που περιέχει το υγρό
4. το είδος του υγρού

Η *Δεύτερη Ενότητα*, περιλαμβάνει 13 ερωτήσεις (ανοιχτού και κλειστού τύπου) και έχει σκοπό την ανάδειξη των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών στο θέμα της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων. Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενότητες, οι οποίες εξετάζουν τις ιδέες των μαθητών *α) πότε επιπλέουν και πότε βυθίζονται διάφορα σώματα β) το επίπεδο επίπλευσης των σωμάτων γ) τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού.*

Συγκεκριμένα, η *1^η υπο-ενότητα*, έχει ως στόχο την καταγραφή των ιδεών των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν ένα σώμα, έτσι ώστε όταν βρεθεί μέσα σε ένα υγρό να καταφέρει να επιπλεύσει ή αντίστοιχα να βυθιστεί. Το θέμα της επίπλευσης ή βύθισης ενός σώματος το εξετάζουμε από τη σκοπιά:

- των χαρακτηριστικών του βυθιζόμενου σώματος (μάζα/ βάρος, σχήμα, όγκος, πυκνότητα)

- των χαρακτηριστικών του υγρού μέσα στο οποίο θα βυθιστεί (πυκνότητα, ποσότητα, είδος υγρού)

Η 2^η υπό-ενότητα, έχει ως ερευνητικό άξονα τις ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών για το επίπεδο επίπλευσης των σωμάτων και πως αυτό εξαρτάται από:

- το βάρος του σώματος
- τη ποσότητα του υγρού
- το είδος του υγρού

Η 3^η υπό-ενότητα, έχει ως ερευνητικό άξονα τις ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών για τον όγκο που εκτοπίζει ένα σώμα όταν αφεθεί μέσα σε υγρό και πως αυτό εξαρτάται από:

- το βάρος του σώματος
- τη ποσότητα του υγρού
- το είδος του υγρού

Η εγκυρότητα του ερωτηματολογίου η οποία αναφέρεται στο **τι μετράει**, στο **πόσο καλά** το μετράει, και στο αν αναδεικνύει τις πραγματικές διαφορές μεταξύ των ατόμων ως προς το χαρακτηριστικό που μετρά (Βάμβουκας, 1996).

Η «αξιοπιστία» του ερωτηματολογίου μας, δηλαδή η ιδιότητά του να παρέχει ένα σταθερό μέτρο ενός σταθερού φαινομένου, εξασφαλίζεται αφού έχει ήδη εξασφαλιστεί η εγκυρότητά του. Έχει διατυπωθεί ότι αν ένα όργανο μέτρησης ικανοποιεί το κριτήριο της εγκυρότητας, τότε κατ' ανάγκη ικανοποιεί και εκείνο της αξιοπιστίας.

Το ερωτηματολόγιο με τη μορφή που αποδόθηκε στους μαθητές παρατίθεται στο Παράρτημα 1.

5.2 Η εφαρμογή του ερωτηματολογίου και το στατιστικό δείγμα

Η εγκυρότητα οποιασδήποτε εμπειρικής έρευνας βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο δείγμα που έχει πραγματοποιηθεί η έρευνα. Όταν το δείγμα είναι *ομοιογενές* και *αντιπροσωπευτικό* είμαστε σε μεγάλο βαθμό σίγουροι ότι τα αποτελέσματά μας είναι αξιόπιστα. Με τον όρο «αντιπροσωπευτικότητα» του δείγματος εννοούμε το βαθμό στον οποίο τα υποκείμενα του δείγματος αντικατοπτρίζουν τα άτομα του πληθυσμού, δίνουν μια πιστή εικόνα του πληθυσμού, αποτελούν μικρογραφία του πληθυσμού προέλευσής τους σε ό,τι αφορά τα χαρακτηριστικά τους. Όταν το δείγμα είναι *τυχαίο*, ώστε όλα τα άτομα του πληθυσμού να έχουν την ίδια πιθανότητα να επιλεγούν ως υποκείμενα του δείγματος, εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος και τα συμπεράσματα της έρευνας επιτρέπουν γενικεύσεις, δηλαδή συναγωγή έγκυρων συμπερασμάτων για τα άτομα του πληθυσμού.

Για τη διεξαγωγή της έρευνάς μας, προσπαθήσαμε να καλύψουμε τις προϋποθέσεις του τυχαίου και αντιπροσωπευτικού δείγματος, χορηγώντας το ερωτηματολόγιο σε μαθητές από τέσσερα σχολεία του Νόμου Ηρακλείου (Γυμνάσιο Ηρακλείου, Γυμνάσιο Αρκαλοχωρίου, Γυμνάσιο Καστελλίου και Γυμνάσιο Θρασανού). Ο συνολικός αριθμός των μαθητών που αποτελέσαν το δείγμα της ερευνάς μας είναι 151. Η χορήγηση του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής, περίπου δύο εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής ενότητας που αναφέρεται στη Πίεση (3ο κεφάλαιο σχολικού βιβλίου).

Η διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου απαιτούσε περίπου μια διδακτική ώρα 50-55 **min** και για τη συμπλήρωση δεν δόθηκαν επεξηγήσεις στους μαθητές. Το ερωτηματολόγιο λόγω της διαμόρφωσής του με σχήματα και εικόνες καταλάμβανε 11 σελίδες, γεγονός που φάνηκε ότι δημιουργούσε πρόβλημα σε αρκετούς μαθητές που αντικρίζοντας το, το θεωρούσαν δύσκολο και χρονοβόρο για να απαντηθεί με αποτέλεσμα την πρόχειρη συμπλήρωσή του, ορισμένες φορές. Τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν τα συγκεντρώσαμε άμεσα από τους ίδιους τους διδάσκοντες που δέχτηκαν οι μαθητές τους να λάβουν μέρος στην έρευνα. Το χρονικό διάστημα που συμπληρώθηκαν τα ερωτηματολόγια ήταν **Μάρτιος- Απρίλιος 2010**.

Διαπιστώθηκαν ιδιαίτερες δυσκολίες στη συγκέντρωση των ερωτηματολογίων, που συνοψίζονται στα εξής:

- ❖ Εκδηλώθηκε, σε περιορισμένο βαθμό, απροθυμία από την πλευρά των διδασκόντων εκπαιδευτικών, να χορηγήσουν το ερωτηματολόγιο στους μαθητές, επικαλούμενοι έλλειψη χρόνου και δήλωσαν ότι έχουν κουραστεί, τόσο οι ίδιοι όσο και οι μαθητές τους, να συμπληρώνουν ερευνητικά ερωτηματολόγια, σπαταλώντας χρήσιμο διδακτικό χρόνο.
- ❖ Μερικοί καθηγητές, φοβήθηκαν πως το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελεί έμμεσο τρόπο αξιολόγησης του μαθήματος, και απέφευγαν να χορηγήσουν το ερωτηματολόγιο στους μαθητές.
- ❖ Όσον αφορά τους μαθητές, ορισμένοι αντιμετώπισαν επιπόλαια την έρευνα, καθώς τους φάνηκαν δύσκολες οι ερωτήσεις και πολύ χρονοβόρα η διαδικασία απάντησης.

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από κάθε ερωτηματολόγιο τα επεξεργαστήκαμε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου για Κοινωνικές Επιστήμες SPSS.

6. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ

Η διατύπωση των ερευνητικών μας υποθέσεων βασίστηκε στην ανάγκη να καταγράψουμε και να διερευνήσουμε τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της Β' Τάξης του Γυμνασίου, στις έννοιες των ρευστών, και συγκεκριμένα τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης και επίπλευσης ή βύθισης των σωμάτων.

Συγκεκριμένα, θελήσαμε να διερευνήσουμε τις ιδέες και τις παρανοήσεις των μαθητών, όσον αφορά:

- I. την υδροστατική πίεση που δέχεται ένα σώμα βυθισμένο σε ένα υγρό, και την εξάρτηση της από τα χαρακτηριστικά του υγρού αλλά και του δοχείου που το περιέχει.*

Από ανασκόπηση των ερευνητικών εργασιών που πραγματεύονται τις ιδέες των μαθητών αναφορικά με την έννοια της υδροστατικής πίεσης (Ταμπάκης, 2006 Καριώτογλου, 1991), παρατηρούμε ότι υπάρχει άμεση εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τα χαρακτηριστικά του υγρού, όπως το είδος του υγρού – δηλαδή την πυκνότητα του - καθώς και την ποσότητα του υγρού. Παράγοντες που οι μαθητές θεωρούν ότι επηρεάζουν το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης αποτελούν επίσης, η θέση του σώματος μέσα στο δοχείο (βάθος ή απόσταση από τον πυθμένα), ο όγκος αλλά και το σχήμα του δοχείου. Τα ερωτήματα που επιλέξαμε για να διερευνήσουμε τους

παράγοντες αυτούς, αναφέρονται στο αν υπάρχουν ή όχι μεταβολές του μεγέθους της υδροστατικής πίεσης αν μεταβάλλουμε

- το βάθος του (Ερώτημα 2^ο)
- την ποσότητα του υγρού (Ερώτημα 3^ο & 5^ο)
- το σχήμα του δοχείου που το περιέχει (Ερώτημα 3^ο & 4^ο)

II. την υδροστατική πίεση που δέχεται ένα σώμα βυθισμένο σε ένα υγρό, και την εξάρτηση της από τα χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος.

Η πλειοψηφία των μαθητών, ιδιαίτερα στην υπό εξέταση ηλικιακή βαθμίδα, τείνει να δίνει εξηγήσεις σε φυσικά φαινόμενα και καταστάσεις, εστιάζοντας την προσοχή της στα εξωτερικά χαρακτηριστικά των σωμάτων αδυνατώντας να τα ερμηνεύσει μέσω σχέσεων αίτιου-αποτελέσματος (Τσαπαρλής, 1997). Για το λόγο αυτό, θελήσαμε να ερευνήσουμε κατά πόσο οι μαθητές εξαρτούν το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης που ασκείται σε ένα σώμα, λαμβάνοντας υπόψη τα εμφανή χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος. Συγκεκριμένα, θα εξετάσουμε τη μεταβολή του μεγέθους της υδροστατικής πίεσης από τα εξής χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος

- Το βάρος/ μάζα του (Ερώτημα 9^ο)
- Τον όγκο του (Ερώτημα 10^ο)
- Την πυκνότητα του (Ερώτημα 9^ο)
- Το προσανατολισμό του (Ερώτημα 6^ο)

Ένας ακόμα παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η υδροστατική πίεση είναι και η επιτάχυνση της βαρύτητας. Όμως, αν και οι περισσότεροι μαθητές γνωρίζουν ότι το μέγεθος της επιτάχυνσης της βαρύτητας παρουσιάζεται στον τύπο της υδροστατικής πίεσης, ελάχιστοι συνδέουν την εξάρτηση της από το μέγεθος αυτό (Ερώτημα 8^ο).

III. την επίπλευση ή βύθιση ενός σώματος σε ένα υγρό, και την εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του σώματος.

Στα πλαίσια του σχολικού μαθήματος της Φυσικής και στο σχολικό βιβλίο της Β' Τάξης του Γυμνασίου (Φυσική Β' Γυμνασίου, Βιβλίο μαθητή), η έννοια της επίπλευσης ή βύθισης ενός σώματος παρουσιάζεται μέσω της συνθήκης πλευσης, που ουσιαστικά απορρέει από την *ισορροπία των δυνάμεων* που ασκούνται στο σώμα, και συγκεκριμένα της δύναμης του βάρους και της δύναμης της άνωσης. Έπειτα, παρουσιάζονται οι μαθηματικοί τύποι του βάρους και της άνωσης, και μέσω αυτών εξηγείται η εξάρτηση της επίπλευσης ή βύθισης του σώματος από τη *σύγκριση πυκνοτήτων*. Έχει διαπιστωθεί εννοιολογική απόσταση ανάμεσα στις απόψεις της «σχολικής γνώσης» και τις αντιλήψεις των μαθητών (Gibson, 1997 Καριώτογλου, 1991 Smith, Carey & Wisser, 1985 Θασίτης, Φασουλόπουλος & Καριώτογλου, 2004). Σύμφωνα με τη «σχολική γνώση», τα σώματα βυθίζονται ή επιπλέουν σε ένα υγρό αν η πυκνότητα τους είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού αντίστοιχα. Όμως οι μαθητές, προκειμένου να αποφανθούν για την πλευση ή βύθιση των σωμάτων εστιάζονται αποκλειστικά στο βάρος, στον όγκο ή το σχήμα των σωμάτων (Σκούμιος & Ψυχάρης, 2007 Maclin & Grosslight, 1997 Gibson, 1997).

Τις απόψεις αυτές θα προσπαθήσουμε να ανιχνεύσουμε, εξετάζοντας τις απαντήσεις τους στα ερωτήματα που αφορούν την εξάρτηση της επίπλευσης ενός σώματος από:

- Το βάρος του σώματος (*Ερώτημα 2^ο*)
- Τον όγκο του σώματος (*Ερώτημα 3^ο*)
- Το σχήμα του σώματος (*Ερώτημα 5^ο*)

IV. *την επίπλευση ή βύθιση ενός σώματος σε ένα υγρό και την εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του υγρού.*

Οι μαθητές, εκτός από τα χαρακτηριστικά ενός σώματος, εξαρτούν την πλεύση ή βύθιση του και από τα χαρακτηριστικά του υγρού (Σκούμιος & Ψυχάρης, 2007 Smith, Maclin & Grosslight, 1992 Gibson, 1997), και συγκεκριμένα

- Τον όγκο του υγρού (*Ερώτημα 8^ο*)
- Την πυκνότητα του υγρού (*Ερώτημα 9^ο*)

Από τα ευρήματα που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που σχετίζονται με τον εντοπισμό των αντιλήψεων των μαθητών για την πλεύση/ βύθιση των σωμάτων, διαπιστώνουμε ότι στην πλειοψηφία τους οι μαθητές προκείμενου να ερμηνεύσουν την πλεύση ή βύθιση ενός σώματος, εστιάζονται μονομερώς, στα χαρακτηριστικά του σώματος ή στα χαρακτηριστικά του υγρού, χωρίς να προχωρούν στη σύγκριση των δυο και συγκεκριμένα στη σύγκριση της πυκνότητας του σώματος και της πυκνότητας του υγρού.

V. *τους παράγοντες που επηρεάζουν το επίπεδο επίπλευσης ενός σώματος που αφήνεται σε ένα υγρό.*

Όταν ένα σώμα αφηθεί σε ένα υγρό, θα βρεθεί σε μια από τις ακόλουθες καταστάσεις: θα επιπλεύσει, θα βυθιστεί, ή θα ισορροπήσει σε οποιοδήποτε σημείο το αφήσουμε. Εξετάζοντας την πρώτη περίπτωση, όπου δηλαδή το σώμα επιπλέει, παρατηρούμε ότι ένα τμήμα του σώματος είναι βυθισμένο στο υγρό ενώ το υπόλοιπο παραμένει έξω από αυτό. Οι μαθητές, από καταστάσεις της καθημερινής τους ζωής, έχουν διαπιστώσει ότι το βυθισμένο τμήμα ενός σώματος δεν είναι πάντα το ίδιο, με αποτέλεσμα να αλλάζει το επίπεδο επίπλευσης του. Θέλοντας, λοιπόν να εξετάσουμε τους παράγοντες αυτούς, διατυπώσαμε ερωτήματα που αναφέρονται στην εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από:

- Το βάρος του σώματος (*Ερώτημα 7^ο*)
- Την ποσότητα του υγρού (*Ερώτημα 8^ο*)
- Την πυκνότητα του υγρού (*Ερώτημα 9^ο*)

VI. *τους παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο του υγρού που εκτοπίζει ένα σώμα, όταν αυτό αφήνεται μέσα σε ένα υγρό.*

Ένα σώμα, όταν αφαιρεί σε ένα υγρό, θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί, αλλά και στις δυο αυτές περιπτώσεις θα εκτοπίσει ένα μέρος από το υγρό. Πρώτος ο Έλληνας μαθηματικός και φυσικός Αρχιμήδης (3^{ος} αιώνας π.Χ.), παρατήρησε ότι όταν ένα σώμα βυθίζεται στο υγρό, καταλαμβάνει χώρο στον οποίο προηγουμένως υπήρχε υγρό. Δηλαδή το σώμα εκτοπίζει το υγρό, οπότε η στάθμη του υγρού ανεβαίνει. Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται ισούται με τον όγκο του σώματος, ή του μέρους του σώματος που είναι βυθισμένο αυτό. Οι αντιλήψεις των μαθητών

όμως, αποκαλύπτουν ότι για μια ακόμα φορά, οι μαθητές σχετίζουν τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού ή διαφορετικά την άνοδο της στάθμης του υγρού, με τα εμφανή χαρακτηριστικά του σώματος (Smith, Maclin & Grosslight, 1992) δηλαδή με

- Το βάρος/ μάζα του σώματος (Ερώτημα 7^ο, 11^ο & 13^ο)
- Τον όγκο του σώματος (Ερώτημα 7^ο & 11^ο)
- Το σχήμα του σώματος (Ερώτημα 13^ο)
- Τον όγκο του υγρού (Ερώτημα 8^ο)

Ενδιαφέρον παρουσιάζει να ανιχνεύσουμε τις ιδέες των μαθητών σχετικά με την εξάρτηση του όγκου του υγρού που εκτοπίζεται, με τον όγκο του σώματος. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, «ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται ισούται με τον όγκο του σώματος, ή του μέρους του σώματος που είναι βυθισμένο αυτό». Επομένως, έχουμε δυο διαφορετικές περιπτώσεις: α) όταν το σώμα είναι εξ ολοκλήρου μέσα στο υγρό, οπότε ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται είναι ίσος με τον όγκο του σώματος και β) όταν το σώμα επιπλέει, οπότε ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται είναι ίσος με τον όγκο του μέρους του σώματος που βρίσκεται βυθισμένο σε αυτό. Θέλοντας να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές εφαρμόζουν το διαχωρισμό αυτών των δυο περιπτώσεων, επιλέξαμε τα ερωτήματα 7 & 13.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Από τα ερωτηματολόγια που τελικά συγκεντρώθηκαν, διαπιστώσαμε την ακόλουθη κατανομή, ανά σχολείο και ανά φύλο. Τα αρχικό μας δείγμα αποτελούσαν 167 μαθητές. Σημειώνεται ότι τα ποσοστά υπολογίστηκαν επί του συνόλου των μαθητών που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο, δηλαδή 151, αφού μερικοί μαθητές αρνήθηκαν να το συμπληρώσουν. Να επισημάνουμε επίσης, ότι μεγάλο ποσοστό μαθητών απάντησε σε όλες τις ερωτήσεις κλειστού τύπου, ενώ δε συνέβη το ίδιο όταν ζητούσαμε την αιτιολόγηση της απάντησης που επέλεξαν.

ΦΥΛΟ	N	%
<i>ΑΓΟΡΙΑ</i>	<i>67</i>	<i>44,4</i>
<i>ΚΟΡΙΤΣΙΑ</i>	<i>84</i>	<i>55,6</i>
<i>ΣΥΝΟΛΟ</i>	<i>151</i>	<i>100</i>

ΓΥΜΝΑΣΙΟ	N	%
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	59	39,1
ΑΡΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	39	25,8
ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ	34	22,5
ΘΡΑΨΑΝΟΥ	19	12,6
ΣΥΝΟΛΟ	151	100

Συνοψίζοντας τα χαρακτηριστικά του δείγματος μας, μπορούμε να πούμε ότι αποτελείται από μαθητές και των δυο φύλων, αγόρια και κορίτσια, σε ίσα περίπου ποσοστά. Επίσης, οι τύποι σχολείων στα οποία φοιτούν οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα μας είναι αστικό, ημι-αστικό και επαρχιακό.

Από τα παραπάνω γενικά χαρακτηριστικά επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι το δείγμα μας είναι τυχαίο, αμερόληπτο και αντιπροσωπευτικό των μαθητών της Β' Τάξης του Γυμνασίου.

7.1 Μέρος Α ' Υδροστατική πίεση

(Οι πίνακες και τα διαγράμματα περιλαμβάνονται αναλυτικά στο Παράρτημα 2)

Τα αποτελέσματα της Α' Ενότητας, παρουσιάζονται και αναλύονται ξεχωριστά, για κάθε ερώτημα. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, σκοπός μας είναι να αναδείξουμε τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, ορθές και λανθασμένες, σχετικά με το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης. Για το λόγο αυτό, κάθε ερώτημα εξετάζει μία μόνο παράμετρο, αφενός, για να είναι ευκολότερο για τους μαθητές να εστιάσουν στην εκάστοτε εξεταζόμενη παράμετρο και αφετέρου, για να είναι ευκολότερη η διαδικασία της κωδικοποίησης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Οι απαντήσεις των μαθητών, έχουν κατηγοριοποιηθεί και παρουσιάζονται σε πίνακες, όπου αναφέρεται η συχνότητα και το ποσοστό επί τοις εκατό, των απαντήσεων.

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε εδώ, με βάση τα αποτελέσματα μας, είναι ότι ένα ποσοστό μαθητών, της τάξεως του 14,5%, ενώ δέχθηκε να συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο, δεν απάντησε σε αρκετές ερωτήσεις, με συνέπεια, κατά την ανάλυση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων, να εμφανίζονται μεγάλα ποσοστά στην κατηγορία «*καμιά απάντηση*». Το γεγονός αυτό ήταν προβληματικό, αφού δε μπορούσε να γίνει σωστή απεικόνιση της κατανομής των μαθητών και των αντιλήψεων που αυτοί διατηρούν. Για το λόγο αυτό, εξαιρέσαμε από το δείγμα μας ερωτηματολόγια με μικρή απαντητικότητα. Συγκεκριμένα, εξαιρέσαμε ερωτηματολόγια στα οποία οι μαθητές είχαν απαντήσει σε λιγότερες από 18 στο σύνολο των 23 ερωτήσεων που υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο. Επομένως, εξαιρέθηκαν 22 ερωτηματολόγια και το δείγμα μας πλέον περιλαμβάνει 129 ερωτηματολόγια. Να σημειωθεί, ότι στα 129 ερωτηματολόγια του δείγματος, υπάρχουν και πάλι ερωτήσεις τις οποίες δεν απάντησαν οι μαθητές, αλλά η απαντητικότητα ανά ερωτηματολόγιο είναι ικανοποιητική και δε μπάνει εμπόδιο στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων.

Μια ακόμα δυσκολία που αντιμετωπίσαμε, κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι η αδυναμία ορισμένων ερωτήσεων. Στην Ενότητα Α', παρατηρούμε ότι κάποιες ερωτήσεις, είτε έχουν πολύ μικρή απαντητικότητα (αρκετά μικρότερη από την απαντητικότητα του ερωτηματολογίου), είτε οι απαντήσεις των μαθητών ήταν σε μεγάλο ποσοστό λάθος προσανατολισμένες. Συγκεκριμένα, στην ενότητα αυτή, τα ερωτήματα που θεωρούμε ότι παρουσιάζουν κάποια αδυναμία είναι το 5^ο και 6^ο ερώτημα. Όμως, θεωρήσαμε σκόπιμο να παρουσιάσουμε και να σχολιάσουμε τα ερωτήματα αυτά καθώς και τις απαντήσεις που δόθηκαν από τους μαθητές, και να αιτιολογήσουμε τη πηγή της αδυναμίας. Τα ερωτήματα αυτά, θα εξαιρεθούν στο επόμενο μέρος, όπου θα επιχειρήσουμε συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά, όλες οι ερωτήσεις με τη σειρά που τεθήκαν στο ερευνητικό ερωτηματολόγιο, καθώς και κατηγοριοποιημένες οι απαντήσεις που δοθήκαν από τους μαθητές. Να σημειωθεί ότι, σε πρώτη φάση, οι κατηγορίες που παρουσιάζονται συμπεριλαμβάνουν όλες τις απαντήσεις που δοθήκαν από τους μαθητές, ακόμα και αυτές με συχνότητα 1, χωρίς να έχουν παραληφθεί ή ομαδοποιηθεί κάποιες από αυτές. Όμως, στο επόμενο

μέρος, όπου θα αναζητούμε συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών και ερωτημάτων, θα χρειαστεί επανακωδικοποίηση και ομαδοποίηση των απαντήσεων των μαθητών.

Ερώτηση 1^η: «Εξηγήσετε με απλά λόγια πως αντιλαμβάνεστε την έννοια της υδροστατικής πίεσης».

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	<i>Η υδροστατική πίεση είναι η δύναμη που ασκεί ένα υγρό σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα του</i>	52	40,3
B	<i>Η υδροστατική πίεση είναι το βάρος του υγρού</i>	41	31,8
Γ	<i>Η υδροστατική πίεση είναι η πίεση που ασκεί ένα υγρό στο δοχείο που το περιέχει</i>	9	7,0
Δ	<i>Καμιά απάντηση</i>	27	20,9
	Σύνολο	129	100

Η 1^η ερώτηση είναι μια ερώτηση ανοιχτού τύπου, αρκετά γενική, και σκοπός μας μέσω της συγκεκριμένης ερώτησης, είναι να διαπιστώσουμε αν και πως αντιλαμβάνονται οι μαθητές την έννοια της υδροστατικής πίεσης, καθώς και κατά ποσό είναι σε θέση να δώσουν ένα ορισμό για το μέγεθος αυτό.

Αρχικά, αναφέρουμε ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν απάντησαν την ερώτηση αυτή, ήταν αρκετά μεγάλο (20,9%). Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι ήταν ερώτηση ανοιχτού τύπου, και οι μαθητές εμφανίζουν συνήθως μεγαλύτερη δυσκολία και μικρότερη απαντητικότητα στις «ανοιχτές» ερωτήσεις.

Από την κατανομή των απαντήσεων, το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών περίπου το 40% εκφράζει την πίεση ως «τη δύναμη που ασκεί ένα υγρό σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα του», ενώ περίπου το 32% θεωρεί ότι η πίεση οφείλεται στο βάρος του υγρού, χωρίς τις περισσότερες φορές να εισάγει την έννοια της δύναμης. Ένα μικρό ποσοστό μαθητών περίπου 7% θεωρεί ότι η πίεση ασκείται στο δοχείο που περιέχει το υγρό και μόνο σε αυτό.

Επομένως, παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι μαθητές δυσκολεύονται να δώσουν ένα απλό ορισμό για την έννοια της υδροστατικής πίεσης και η δυσκολία αυτή έχει τις ρίζες της στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν πλήρως κατανοήσει, την έννοια της πίεσης, στη Μηχανική. Μέσω της ερώτησης αυτής, δηλαδή του πως αντιλαμβάνονται οι μαθητές την έννοια της υδροστατικής πίεσης, έρχεται στην επιφάνεια η σύγχυση της με τη δύναμη και το βάρος (Ταμπάκης, 2006).

Ερώτηση 2^η: «Δυο φίλοι βουτούν στην ίδια πισίνα αλλά σε διαφορετικό βάθος.. Ποιος από τους δυο αισθάνεται μεγαλύτερη τη πίεση του νερού;»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	<i>Ο φίλος που βρίσκεται βαθύτερα αισθάνεται μικρότερη πίεση</i>	3	2,3
B	<i>Ο φίλος που βρίσκεται βαθύτερα αισθάνεται μεγαλύτερη πίεση, γιατί η υδροστατική πίεση αυξάνει με το βάθος</i>	114	88,4
Γ	<i>Οι δυο φίλοι αισθάνονται την ίδια πίεση, γιατί η πίεση του νερού είναι παντού η ίδια</i>	9	7,0
Δ	<i>Καμιά απάντηση</i>	3	2,3
	Σύνολο	129	100

Στη 2^η ερώτηση, επιχειρήθηκε να ελέγξει ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάθος στο οποίο βρίσκεται ένα βυθισμένο σώμα.

Η επικρατούσα αντίληψη, ταυτίζεται με την επιστημονικά ορθή, επομένως ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών (88,4%) ρητά συνέδεσαν το βάθος με το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης, ενώ το 2,3% πιστεύει το αντίθετο, χωρίς όμως να αιτιολογεί την απάντησή του. Επίσης, το 7% των μαθητών, απάντησε ότι η υδροστατική πίεση που ασκεί το νερό, είναι παντού η ίδια, εκφράζοντας την αντίληψη ότι η πίεση του νερού έχει συγκεκριμένη τιμή, η οποία διαφέρει για κάθε υγρό.

Το μεγάλο ποσοστό ορθών απαντήσεων στη συγκεκριμένη ερώτηση, οφείλεται αφενός στη βιωματική γνώση, δηλαδή στο γεγονός ότι οι μαθητές έχουν οι ίδιοι βιώσει ή παρατηρήσει μέσω των καθημερινών εμπειριών τους την εξάρτηση της πίεσης του νερού από το βάθος, και αφετέρου στην βαρύτητα που δίνεται από το σχολικό βιβλίο στον παράγοντα αυτό.

Ερώτηση 3^η : «Δυο φίλοι βουτούν στο ίδιο βάθος, αλλά σε διαφορετικού μήκους πισίνες. Ποιος από τους δυο θα αισθανθεί μεγαλύτερη τη πίεση του νερού;»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A1	<i>Η μικρότερη πισίνα έχει μεγαλύτερη πίεση, επειδή αυξάνεται η πυκνότητα</i>	45	34,9
A2	<i>Η μικρότερη πισίνα έχει μεγαλύτερη πίεση</i>	8	6,2
B1	<i>Η μεγαλύτερη πισίνα έχει μεγαλύτερη πίεση, επειδή υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού</i>	34	26,4
B2	<i>Η μεγαλύτερη πισίνα έχει μεγαλύτερη πίεση, επειδή έχει μεγαλύτερο μήκος</i>	7	5,4
Γ1	<i>Η πίεση είναι η ίδια, επειδή το βάθος είναι το ίδιο</i>	20	15,5
Γ2	<i>Η πίεση είναι ίδια, επειδή είναι ίδια σε όλα τα υγρά</i>	3	2,3
Δ	<i>Καμιά απάντηση</i>	12	9,3
	Σύνολο	129	100

Η 3^η ερώτηση, σκοπό είχε να ερευνήσει αν οι μαθητές εξαρτούν την υδροστατική πίεση από το μήκος του δοχείου που περιέχει το υγρό (Ταμπάκης & Σταυρίδου, 2006).

Οι απαντήσεις που δόθηκαν στην ερώτηση αυτή φέρνουν στο φως τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την πίεση. Παρατηρούμε, ότι, απαντήσεις που συμβαδίζουν με την επιστημονικά ορθή γνώση έδωσε μόνο το 15,5% των μαθητών, ενώ οι δυο λανθασμένες εναλλακτικές αντιλήψεις έχουν αρκετά υψηλότερα ποσοστά. Οι μαθητές που επέλεξαν την σωστή απάντηση, αιτιολογούν την επιλογή τους αναφέροντας ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το μήκος της πιασίννας και από την ποσότητα του νερού, αλλά μόνο από το βάθος από την επιφάνεια.

Όταν η στενότερη πιασίννα θεωρείται ότι έχει μεγαλύτερη πίεση, αντίληψη που εκφράζεται από το 34,9% των μαθητών, αυτό μπορεί να γίνεται γιατί οι μαθητές χρησιμοποιούν το ανθρωπομορφικό μοντέλο (Kariotoglou & Psilos, 1993). Σύμφωνα με το ανθρωπομορφικό μοντέλο, σε ένα πιο στενό μέρος η πυκνότητα και επομένως και η πίεση αυξάνονται. Επίσης., ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6,2%), απάντησε στην ερώτηση κλειστού τύπου, θεωρώντας ότι η μικρότερη πιασίννα θα δεχτεί μεγαλύτερη πίεση, δεν αιτιολόγησε όμως την επιλογή αυτή.

Αντιθέτως, όταν η μεγαλύτερη πιασίννα θεωρείται ότι έχει την περισσότερη πίεση, όπως απάντησε το 29,8%, αυτό είναι δυνατό να συνδεθεί με την ποσότητα του νερού και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται. Η εξήγηση αυτή δίνεται στα πλαίσια του μοντέλου της πίεσης- δύναμης (Kariotoglou & Psilos, 1993), όπου υπάρχει σύγχυση των δυο αυτών εννοιών ή ακόμη είναι αποτέλεσμα της αντίληψης ότι τα υγρά είναι συμπιεστά και επομένως η περισσότερη ποσότητα νερού επιφέρει αλλαγές και στην πυκνότητα του αυξάνοντας το μέτρο της υδροστατικής πίεσης. Στο επόμενο μέρος, όπου επιχειρούμε συσχετίσεις μεταξύ των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές σε διάφορες ερωτήσεις, θα δούμε ότι οι μαθητές των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται στο μοντέλο της πίεσης-δύναμης, στην πλειοψηφία τους συνδέουν την έννοια της υδροστατικής πίεσης με την δύναμη (Ερώτηση 1^η).

Πολύ μικρό ποσοστό μαθητών, εξέφρασε την αντίληψη ότι η πίεση είναι ένα σταθερό μέγεθος, επομένως η τιμή της είναι και παραμένει ίδια για όλα τα υγρά.

Ερώτηση 4^η: «Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τέσσερα συγκοινωνούντα δοχεία, το καθένα διαφορετικού σχήματος. Δυο χρυσόψαρα βρίσκονται στο ίδιο ύψος από τον πυθμένα αλλά σε δοχεία διαφορετικού σχήματος. Ποιο από τα δυο χρυσόψαρα νιώθει μεγαλύτερη τη πίεση του νερού;»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A1	<i>Το στενότερο δοχείο έχει μεγαλύτερη πίεση, επειδή στριμώχνεται περισσότερο</i>	36	27,9
A2	<i>Το στενότερο δοχείο έχει μεγαλύτερη πίεση, γιατί έχει μικρότερο χώρο</i>	11	8,5
B1	<i>Το μεγαλύτερο δοχείο έχει μεγαλύτερη πίεση, επειδή έχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού</i>	34	26,4
Γ1	<i>Η πίεση είναι η ίδια, γιατί το βάθος είναι το ίδιο</i>	19	14,7

Γ2	<i>Η πίεση είναι ίδια, επειδή τα δοχεία συγκοινωνούν</i>	3	2,3
Γ3	<i>Η πίεση είναι η ίδια, επειδή δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου</i>	8	6,2
Δ	<i>Καμία απάντηση</i>	18	14,0
	Σύνολο	129	100

Σκοπός του 4^{ου} ερωτήματος είναι να διαπιστώσουμε αν στις αντιλήψεις των μαθητών συμπεριλαμβάνεται η εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχεται το υγρό.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρατηρούμε ότι η επικρατούσα αντίληψη δεν είναι η επιστημονικά ορθή και τα μεγαλύτερα ποσοστά απαντήσεων κατανέμονται και πάλι στα μοντέλα για την υδροστατική πίεση που περιγράψαμε στο προηγούμενο ερώτημα.

Συγκεκριμένα, οι μαθητές που πιστεύουν ότι η υδροστατική πίεση θα είναι ίδια, αποτελούν το 23,2%, εκ των οποίων το 14,7% αιτιολόγησε την επιλογή του αναφέροντας την εξάρτηση της πίεσης από το βάθος, το 6,2% αναφέρει απλά ότι η πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου, ενώ το 2,3% θεωρεί ότι η πίεση είναι ίδια επειδή τα δοχεία συγκοινωνούν.

Οι απαντήσεις των μαθητών και πάλι διχάζονται στα δύο μοντέλα που περιγράψαμε παραπάνω, δηλαδή στο ανθρωπομορφικό μοντέλο, σε ποσοστό 36,4%- όπου θεωρούν ότι στο στενότερο δοχείο ασκείται μεγαλύτερη πίεση- και στο μοντέλο της πίεσης-δύναμης – σε ποσοστό 26,4% όπου στο μεγαλύτερο δοχείο ασκείται μεγαλύτερη πίεση- (Kariotoglou & Psilos, 1993).

Ρίχνοντας μια προσεκτική ματιά στη κατανομή των απαντήσεων στα ερωτήματα 3^ο και 4^ο, παρατηρούμε ότι έχουμε σχεδόν σταθερά ποσοστά μεταξύ των ορθών απαντήσεων, των απαντήσεων σύμφωνα με το ανθρωπομορφικό μοντέλο, και των απαντήσεων σύμφωνα με το μοντέλο της πίεσης- δύναμης. Το γεγονός αυτό συνηγορεί στην άποψη ότι κάθε μαθητής έχει σχηματίσει μια αυτοσυνεπή δομή, ένα νοητικό μοντέλο και σύμφωνα με αυτό ερμηνεύει καταστάσεις όπου διαισθητικές γνώσεις της φυσικής χρειάζεται να αξιοποιηθούν για να απαντηθεί ένα ερώτημα, να λυθεί ένα πρόβλημα ή να κατανοηθούν οι εισερχόμενες πληροφορίες (Βοσνιάδου, 2002).

Επίσης, παρατηρούμε ότι οι μαθητές των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται στο πλαίσιο του μοντέλου της πίεσης- δύναμης, σε ποσοστό 26,4% επί του συνόλου των απαντήσεων, θεωρούν ότι η αύξηση της τιμής της υδροστατικής πίεσης οφείλεται στην αύξηση της ποσότητας του υγρού. Όπως θα δούμε και αναλυτικά και στο επόμενο μέρος της εργασίας αυτής, οι μαθητές συνδέουν την ποσότητα του υγρού τόσο με την υδροστατική πίεση, όσο και με το επίπεδο επίπλευσης (Ερώτηση 8.β).

Ερώτηση 5^η : «Οι λίμνες του σχήματος, συγκρατούνται από φράγματα. Τα σχήμα Α, απεικονίζει μια μεγάλη αλλά ρηχή λίμνη, ενώ το σχήμα Β, μια μικρή αλλά βαθιά λίμνη. Σε ποιο από τα δυο φράγματα ασκείται μεγαλύτερη μέση πίεση από το νερό;»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
--	------------------------------	----------	----------

A1	Το φράγμα A δέχεται μεγαλύτερη πίεση, γιατί έχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού	22	17,1
A2	Το φράγμα A δέχεται μεγαλύτερη πίεση, επειδή έχει μεγαλύτερο μήκος	9	7,0
B	Το φράγμα B δέχεται μεγαλύτερη πίεση, γιατί έχει μεγαλύτερο βάθος	29	22,5
Γ	Οι δυο λίμνες έχουν την ίδια πίεση, γιατί η μια είναι μεγάλη και ρηχή ενώ η άλλη μικρή αλλά βαθιά	11	8,5
Δ	Καμία απάντηση	58	45,0
	Σύνολο	129	100

Η 5^η ερώτηση, έχει σκοπό να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια της μέσης πίεσης και την εξάρτησής της από το βάθος.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, έπειτα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων μας και την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών, διαπιστώσαμε ότι ορισμένες ερωτήσεις έχουν κάποια αδυναμία, μια εκ των οποίων και η συγκεκριμένη ερώτηση.

Αρχικά, προβληματιστήκαμε με το γεγονός ότι το ποσοστό των μαθητών που απάντησε στην ερώτηση ήταν μόνο 55%. Στην ερώτηση αυτή, δε ζητάμε την πίεση σε ένα σημείο αλλά την πίεση στο φράγμα δηλαδή τη μέση πίεση που ασκείται σε αυτό. Έπειτα από συζήτηση με τους μαθητές αλλά και με τους διδάσκοντες του μαθήματος, διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι- μερικοί δε γνωρίζουν καθόλου- την έννοια της μέσης τιμής, επομένως, δεν είναι σε θέση να εξάγουν συμπεράσματα και να κάνουν συσχετίσεις για τη μέση πίεση. Επίσης, στην ερώτηση αυτή, δεν μεταβάλλεται μόνο ένας παράγοντας - οι δυο λίμνες έχουν διαφορετικό βάθος αλλά και διαφορετικό μήκος, ίσως και διαφορετική ποσότητα νερού- επομένως οι μαθητές είτε εστιάζουν μονομερώς σε ένα από τους παράγοντες αυτούς, είτε θεωρούν ότι επηρεάζουν όλοι εξίσου το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης και λειτουργούν καταστρεπτικά ο ένας προς τον άλλο.

Παρά τα προβλήματα που εκ των υστερών παρουσιάστηκαν στη συγκεκριμένη ερώτηση, και εξετάζοντας την κατανομή των απαντήσεων, συμπεραίνουμε ότι οι αρκετοί ήταν οι μαθητές που σωστά συνέδεσαν την πίεση με το βάθος (22,5%), υπήρχαν όμως και αρκετοί που εκφράζοντας λανθασμένες αντιλήψεις, συνέδεσαν τη πίεση με την ποσότητα του νερού (17,1%)- μοντέλο πιεσοδύναμης, αλλά και με το μήκος της λίμνης. (7%).

Η ερώτηση αυτή, θα παραλειφθεί σε επόμενο μέρος, όπου θα γίνουν συσχετισμοί των απαντήσεων των μαθητών, αφού σε μπορούμε να εξάγουμε έγκυρα και αξιόπιστα συμπεράσματα.

Ερώτηση 6^η: «Ένας δύτες είναι βυθισμένος στο νερό. Προς ποια κατεύθυνση αν στρέψει το κεφάλι του, θα νιώσει εντονότερη την πίεση στα αυτιά του?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	Νιώθει εντονότερη πίεση, όταν έχει το κεφάλι προς τα κάτω	46	35,7

B	Νιώθει εντονότερη πίεση, όταν έχει το κεφάλι προς τα πάνω, λόγω της άνωσης	24	18,6
Γ	Νιώθει εντονότερη πίεση, όταν έχει το κεφάλι προς τη κατεύθυνση των κομμάτων/ρευμάτων	5	3,9
Δ	Προς όλες τις κατευθύνσεις, η πίεση είναι η ίδια αφού δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση	23	17,8
E	Καμιά απάντηση	31	24,0
	Σύνολο	129	100

Στην 6^η ερώτηση, σκοπός είναι να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές πιστεύουν ότι η υδροστατική πίεση που ασκείται σε ένα σώμα εξαρτάται από τον προσανατολισμό του.

Μια από τις παρανοήσεις των μαθητών στο θέμα των ρευστών αναφέρεται στην αντίληψη ότι «η πίεση στα ρευστά ασκείται μόνο προς τα κάτω» (Bill Weiler). Θέλοντας να διερευνήσουμε την αντίληψη αυτή, στη περίπτωση της υδροστατικής πίεσης επιλέξαμε το συγκεκριμένο ερώτημα. Οι απαντήσεις των μαθητών, όσον αφορά την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης που ασκείται σε ένα σώμα, από τον προσανατολισμό του σώματος, ήταν στην πλειοψηφία τους λανθασμένες. Η επικρατούσα αντίληψη, με ποσοστό 35,7%, όπως διαφαίνεται από τις απαντήσεις των μαθητών, αποτελεί η αντίληψη ότι η πίεση εξαρτάται από την προσανατολισμό του σώματος, και μάλιστα είναι μεγαλύτερη όταν το σώμα είναι στραμμένο προς τα κάτω. Η παρανόηση αυτή των μαθητών, έχει τις ρίζες της στην επίσης λανθασμένη αντίληψη ότι τα σώματα δέχονται δύναμη μόνο προς τα κάτω. Υιοθετώντας λοιπόν, οι μαθητές το μοντέλο της πίεσης- δύναμης, συγχέουν την δύναμη με την πίεση και θεωρούν ότι και οι δύο, μεγιστοποιούνται, όταν το σώμα είναι στραμμένο προς τα κάτω.

Μικρό ποσοστό μαθητών 17,8%, εξέφρασε τη σωστή αντίληψη, ότι δηλαδή το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης είναι ανεξάρτητο του προσανατολισμού του σώματος, αλλά ακόμα και οι μαθητές των οποίων οι ιδέες ταυτίζονταν με την επιστημονικά ορθή γνώση, δεν αιτιολόγησαν επαρκώς τις απαντήσεις τους, γεγονός που μας κάνει να υποθέτουμε ότι οι περισσότεροι από αυτούς το απομνημόνευσαν ως σχολική γνώση, χωρίς να έχουν κατανοήσει τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει. Να σημειωθεί ότι και σε αυτή την ερώτηση, το ποσοστό των μαθητών που δεν απάντησε 24%, ήταν αρκετά μεγάλο, γεγονός που μας προβληματίζει.

Ερώτηση 7^η: «Οι δυο κύλινδροι του σχήματος είναι ίδιοι και περιέχουν ο ένας νερό και ο άλλος οινόπνευμα. Το ύψος του νερού και του οινόπνευματος είναι και στα δυο δοχεία το ίδιο. Αν αφήσουμε το ίδιο αντικείμενο στο πυθμένα των δυο δοχείων, σε ποιο δοχείο θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A1	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο δοχείο με το νερό, επειδή το νερό έχει μεγαλύτερη πυκνότητα	34	26,4
A2	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο δοχείο με το νερό, επειδή το οινόπνευμα είναι ελαφρύτερο	23	17,8

A3	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο νερό, επειδή το οινόπνευμα εξατμίζεται	6	4,7
B1	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο οινόπνευμα, επειδή είναι εύφλεκτο	1	0,8
B2	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο οινόπνευμα, επειδή το οινόπνευμα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα	13	10,1
B3	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο οινόπνευμα, επειδή αποτελείται από διάφορες χημικές ουσίες	1	0,8
Γ1	Θα δεχθεί την ίδια πίεση και στα δυο δοχεία, αφού έχουν την ίδια ποσότητα υγρού	13	10,1
Γ2	Θα δεχθεί την ίδια πίεση και στα δυο δοχεία, επειδή το σώμα έχει τον ίδιο όγκο	17	13,2
Γ3	Θα δεχθεί την ίδια πίεση και στα δυο δοχεία, επειδή το σώμα βρίσκεται στο ίδιο βάθος	12	9,3
Δ	Καμία απάντηση	9	7,0
	Σύνολο	129	100

Στο ερώτημα αυτό, όπου σκοπός μας ήταν να καταγράψουμε τις απόψεις των μαθητών σχετικά με την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το είδος του υγρού και συγκεκριμένα την πυκνότητα του, διαπιστώνουμε για μια ακόμη φορά ότι οι μαθητές κατέχονται από πλήθος εναλλακτικών ιδεών. Η επικρατούσα αντίληψη ταυτίζεται με την επιστημονικά ορθή, όσον αφορά την ερώτηση κλειστού τύπου, όπου δηλαδή το 48,9% πιστεύει ότι το σώμα θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση στο δοχείο με το νερό. Όμως, οι αιτιολογήσεις των μαθητών δεν είναι πάντα προς τη σωστή κατεύθυνση. Μονό, το 26,4% έδωσε τη σωστή αιτιολόγηση, συνέδεσε δηλαδή την υδροστατική πίεση με την πυκνότητα του υγρού ενώ οι υπόλοιποι οδηγήθηκαν στη σωστή επιλογή μέσω λάθος διαδρομής, συνδέοντας την υδροστατική πίεση με άλλα χαρακτηριστικά του υγρού και συγκεκριμένα του οινοπνεύματος, όπως ότι «το οινόπνευμα είναι πιο ελαφρύ», «το οινόπνευμα εξατμίζεται», «γιατί το οινόπνευμα είναι εύφλεκτο», «το οινόπνευμα αποτελείται από διαφορές χημικές ουσίες». Στο μεγαλύτερο ποσοστό των λανθασμένων αιτιολογήσεων, οι μαθητές αναφέρουν ότι «το οινόπνευμα είναι πιο ελαφρύ», γεγονός που μας κάνει να υποθέτουμε ότι οι μαθητές εξαρτούν την υδροστατική πίεση από το βάρος του υγρού. Η υπόθεση αυτή, επαληθεύεται μέσω των απαντήσεων των μαθητών στην Ερώτηση 8.

Η απάντηση με τη δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα ήταν αυτή όπου οι μαθητές θεωρούν ότι η πίεση που θα ασκηθεί στο σώμα, θα είναι ίση και στα δύο δοχεία, επομένως υποστηρίζουν ότι η υδροστατική πίεση είναι ανεξάρτητη του υγρού και της πυκνότητας του. Την αντίληψη αυτή οι μαθητές, τη στηρίζουν με διάφορα επιχειρήματα, η πλειοψηφία των οποίων σχετίζεται για μια ακόμα φορά με τα χαρακτηριστικά του σώματος αλλά και του υγρού. Θεωρούν λοιπόν, ότι η υδροστατική πίεση δεν θα μεταβληθεί στα δυο δοχεία,-δηλαδή στα δύο διαφορετικά υγρά-επειδή περιέχουν την ίδια ποσότητα υγρού (10,1%), ή επειδή ο όγκος του σώματος είναι ο ίδιος (13,2%), ή επειδή βρίσκονται στο ίδιο βάθος (9,3%).

Τέλος, υπήρχε και ένα ποσοστό απαντήσεων 10,1%, που υποστήριζαν ότι η πίεση που θα ασκηθεί στο σώμα θα είναι μεγαλύτερη, όταν αυτό βρεθεί στο δοχείο με το οινόπνευμα. Οι περισσότεροι από τους μαθητές που έδωσαν τη συγκεκριμένη απάντηση, κατέχονταν από τη

σωστή αντίληψη, δηλαδή αιτιολόγησαν την επιλογή τους αναφέροντας την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα του υγρού, όμως λανθασμένα υπέθεσαν ότι το οινόπνευμα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό.

Ερώτηση 8^η: «Ένας αστροναύτης, όταν ζυγιστεί στη σελήνη, το βάρος του είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος του στη Γη. Αν μεταφέρουμε ένα κλειστό δοχείο με νερό στην επιφάνεια της σελήνης, θα μεταβληθεί η υδροστατική πίεση στο πυθμένα του δοχείου σε σχέση με την υδροστατική πίεση, όταν αυτό βρισκόταν στην επιφάνεια της Γης;»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	Η πίεση θα είναι μεγαλύτερη στη Σελήνη	17	13,2
B	Η πίεση θα είναι μεγαλύτερη στη Γη	72	55,8
B1	Η πίεση θα είναι μεγαλύτερη στη Γη, επειδή το σώμα έχει μεγαλύτερο βάρος	2	1,6
Γ1	Η πίεση θα είναι η ίδια, επειδή δεν εξαρτάται από το βάρος του σώματος	23	17,8
Γ2	Η πίεση θα είναι η ίδια, επειδή η πίεση του νερού είναι σταθερή	4	13,1
Δ	Καμία απάντηση	11	8,5
	Σύνολο	129	100

Σκοπός της παρούσας ερώτησης, είναι να καταγράψουμε τις απόψεις των μαθητών, σχετικά με την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Η πλειοψηφία των μαθητών απάντησε σωστά στην ερώτηση κλειστού τύπου σε ποσοστό 57,4%, πιστεύοντας ότι η υδροστατική πίεση στη Γη θα είναι μεγαλύτερη. Όμως, το 55,8% απλά έδωσε τη συγκεκριμένη απάντηση χωρίς να αιτιολογήσει την επιλογή του, ενώ χωρίς αιτιολόγηση απάντησε και το 13,2% υποστηρίζοντας το αντίθετο, ότι η υδροστατική πίεση θα είναι μεγαλύτερη στη Σελήνη. Αρκετοί ήταν επίσης και οι μαθητές 17,8% που θεωρούν ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το βάρος του υγρού, εν αντιθέσει με το 1,6% που συνέδεσε την υδροστατική πίεση με το βάρος του υγρού, υποστηρίζοντας ότι στη Γη η πίεση θα είναι μεγαλύτερη.

Στη παρούσα ερώτηση είναι δύσκολο και επισφαλές να εξάγουμε συμπεράσματα αφού το 69% των μαθητών, δεν αιτιολόγησε την απάντηση που επέλεξε και το 8,5%, δεν απάντησε. Παρατηρούμε όμως ότι κανένας από του μαθητές δεν αναφέρθηκε στο μέγεθος της επιτάχυνσης της βαρύτητας, δεν απομόνωσε δηλαδή τη μεταβλητή αυτή, αλλά εστίασαν στο βάρος του σώματος το οποίο μεταβάλλεται. Δυστυχώς, επειδή οι αιτιολογήσεις των μαθητών δεν ήταν αρκετές ούτε και αναλυτικές, δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε με βεβαιότητα αν οι μαθητές, εξαρτούν την υδροστατική πίεση από την επιτάχυνση της βαρύτητας, απλά το κάνουν με έμμεσο τρόπο μέσω της δύναμης του βάρους.

Ερώτηση 9^η: «Σε ένα δοχείο με νερό, βυθίζουμε μια σφαίρα από σίδηρο και μια σφαίρα από αλουμίνιο. Οι δυο σφαίρες έχουν ίδιο βάρος (μάζα) αλλά διαφορετικό όγκο και βρίσκονται στο πυθμένα του δοχείου. Ποια από τις δυο σφαίρες θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A1	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση η σφαίρα αλουμινίου, επειδή έχει μεγαλύτερο όγκο	31	24,0
A2	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση η σφαίρα του αλουμινίου., επειδή το αλουμίνιο είναι ελαφρύτερο	7	5,4
A3	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση η σφαίρα του αλουμινίου, επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια	5	3,9
B1	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση η σφαίρα σιδηρού, επειδή έχει μικρότερο όγκο	36	27,9
B2	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση η σφαίρα σιδηρού, επειδή ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα	7	5,4
Γ1	Θα δεχθούν ίση πίεση επειδή βρίσκονται στο ίδιο βάθος	20	15,5
Γ2	Θα δεχθούν ίση πίεση επειδή έχουν το ίδιο βάρος	8	6,2
Γ3	Θα δεχθούν ίση πίεση επειδή βρίσκονται μέσα στο ίδιο υγρό	6	4,7
Δ	Καμία απάντηση	9	7,0
	Σύνολο	129	100

Το ερώτημα αυτό, τίθεται στους μαθητές με σκοπό να διαπιστωθούν οι αντιλήψεις που έχουν σχετικά με την εξάρτηση του μεγέθους της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του σώματος. Αναλύοντας τις απαντήσεις που δόθηκαν διαπιστώνουμε ότι ελάχιστοι μαθητές έχουν διαμορφώσει την ορθή αντίληψη, μόλις το 26,4% επέλεξε και αιτιολόγησε σωστά την άποψη ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από τον όγκο του σώματος και οι περισσότεροι σχετίζουν το μέγεθος της με το βάθος (15,5%) και το είδος του υγρού (4,7%).

Δύο είναι οι επικρατούσες εναλλακτικές αντιλήψεις που κατέχουν οι μαθητές, και τα ποσοστά τους είναι σχεδόν τα ίδια. Το 33,3 % υποστηρίζει ότι η σφαίρα σιδηρού, δηλαδή το σώμα με το μικρότερο όγκο, θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση. Όταν λοιπόν, το μικρότερο σώμα θεωρείται ότι δέχεται μεγαλύτερη πίεση, αυτό πιθανόν να γίνεται γιατί οι μαθητές νιοθετούν το μοντέλο της πίεσης-δύναμης που, όπως αναφέραμε και παραπάνω, η πίεση συνδέεται με τη ποσότητα του νερού και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται. Ακόμη μπορεί να είναι και αποτέλεσμα της αντίληψης ότι τα υγρά συμπιέζονται και επομένως, αφού το σώμα είναι μικρότερων διαστάσεων, η ποσότητα του υγρού είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να επιφέρει αλλαγές στη πυκνότητα του αυξάνοντας το μέτρο της υδροστατικής πίεσης.

Στον αντίποδα της παραπάνω αντίληψης, το 32% των μαθητών, απάντησε ότι το αλουμίνιο, δηλαδή το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση. Οι μαθητές που επέλεξαν τη συγκεκριμένη απάντηση, αιτιολόγησαν την επιλογή τους μέσω της επιφάνειας του σώματος.

Θεωρούν ότι αφού το σώμα έχει μεγαλύτερο όγκο, συνεπώς και μεγαλύτερη επιφάνεια, θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση.

Σε μικρότερο ποσοστό 11,6%, παρατηρούμε ότι οι μαθητές σχετίζουν το βάρος του σώματος με την υδροστατική πίεση, θεωρώντας ότι αφού το βάρος είναι ίδιο, τότε και η πίεση θα είναι η ίδια (6,2%) ενώ υπήρχαν και μαθητές (5,4%) οι οποίοι παρά την σαφήνεια της ερώτησης, ότι τα δύο σώματα έχουν ίσο βάρος, αναφέρουν ότι το αλουμίνιο είναι ελαφρύτερο επομένως θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση.

Ερώτηση 10^η: «Σε ένα δοχείο με νερό, βυθίζουμε μια σφαίρα από σίδηρο και μια σφαίρα από αλουμίνιο. Οι δυο σφαίρες έχουν ίδιο όγκο αλλά διαφορετικό βάρος (μάζα) και βρίσκονται στο πυθμένα του δοχείου. Ποια από τις δυο σφαίρες θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση το αλουμίνιο, επειδή είναι ελαφρύτερο	5	3,9
B1	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση ο σίδηρος,, επειδή είναι βαρύτερος	4	3,1
B2	Θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση ο σίδηρος, επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα	16	12,4
Γ1	Θα δεχθούν ίση πίεση, επειδή βρίσκονται στο ίδιο βάθος	21	16,3
Γ2	Θα δεχθούν ίση πίεση, επειδή βρίσκονται μέσα στο ίδιο υγρό	8	6,2
Γ3	Θα δεχθούν ίση πίεση, επειδή έχουν τον ίδιο όγκο	67	51,9
Δ	Καμία απάντηση	8	6,2
	Σύνολο	129	100

Στο προηγούμενο ερώτημα παρουσιάσαμε τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του βυθισμένου σώματος, οπού διαπιστώσαμε ότι μεγάλο ποσοστό των μαθητών διατηρεί αντιλήψεις που δε συμβαδίζουν με την επιστημονικά ορθή γνώση. Στο ερώτημα αυτό, οπού σκοπός μας είναι να διερευνήσουμε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάρος (μάζα) του σώματος.

Η πλειοψηφία των μαθητών 74,4%, θεωρεί ότι τα σώματα θα δεχθούν ίση πίεση αλλά το 51,9% αιτιολογεί λανθασμένα την επιλογή αυτή μέσω της ισότητας των όγκων των δυο σωμάτων. Σωστή αιτιολόγηση αναφέροντας το παράγοντα του βάθους εκφράζει το 16,3% ενώ το 6,2% αναφέρει ως παράγοντα το είδος του υγρού, δηλαδή την πυκνότητα του υγρού.

Η αντίληψη που επικρατεί σε ποσοστό 7%, είναι ότι οι μαθητές σχετίζουν την πίεση που ασκείται σε ένα σώμα με το βάρος του σώματος αυτού (όπως παρατηρήσαμε και στην Ερώτηση 9) ενώ το 12,4% σχετίζει την υδροστατική πίεση με τη πυκνότητα του σώματος.

Από την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών, παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό εστιάζει στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του σώματος και συγκεκριμένα στον όγκο και το βάρος, και σχετίζει με αυτά το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης. Σύμφωνα με τα δεδομένα, υποθέτουμε

ότι θα υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση, τόσο της υδροστατικής πίεσης όσο και της επίπλευσης/βύθισης από τον όγκο των σωμάτων. Επίσης, αρκετοί μαθητές θεωρούν ότι η πίεση εξαρτάται από τη πυκνότητα του σώματος, γεγονός το οποίο πιθανόν οφείλεται σε παρανόηση του μαθηματικού τύπου της υδροστατικής πίεσης –όπου αναφέρεται η πυκνότητα του υγρού- ή και σε σύγχυση με την έννοια της επίπλευση/ βύθισης των σωμάτων όπου η πυκνότητα του σώματος παίζει καθοριστικό ρόλο.

7.2 Μέρος Β' Επίπλευση –Βύθιση

(Οι πίνακες και τα διαγράμματα περιλαμβάνονται αναλυτικά στο Παράρτημα 3)

Τα αποτελέσματα της Β' Ενότητας, παρουσιάζονται και αναλύονται ξεχωριστά, για κάθε ερώτημα. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, σκοπός μας είναι να αναδείξουμε τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, ορθές και λανθασμένες, σχετικά με α) την επίπλευση/βύθιση των σωμάτων β) το επίπεδο επίπλευσης των σωμάτων γ) τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού. Για το λόγο αυτό, κάθε ερώτημα εξετάζει μια μόνο παράμετρο, αφενός, για να είναι ευκολότερο για τους μαθητές να εστιάσουν στην εκάστοτε εξεταζόμενη παράμετρο και αφετέρου, για να είναι ευκολότερη η διαδικασία της κωδικοποίησης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Οι απαντήσεις των μαθητών, έχουν κατηγοριοποιηθεί και παρουσιάζονται σε πίνακες, όπου αναφέρεται η συχνότητα και το ποσοστό των απαντήσεων.

Στη Β' Ενότητα, οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε είναι συγκριτικά περισσότερες από την Α' Ενότητα. Η απαντητικότητα του ερωτηματολογίου είναι μικρότερη, λόγω του ότι οι μαθητές είχαν ήδη αρχίσει να κουράζονται, επομένως έδιναν λιγότερο αναλυτικές αιτιολογήσεις, συχνά απαντούσαν μόνο τις ερωτήσεις κλειστού τύπου και επίσης δεν έδωσαν απαντήσεις σε αρκετά ερωτήματα. Για το λόγο αυτό, και για να παρουσιάσουμε με το καλύτερο δυνατό τρόπο τα αποτελέσματα μας, εξαιρέσαμε επιπλέον ερωτηματολόγια. Επομένως, από το αρχικό μας δείγμα των 151 ερωτηματολογίων, εξαιρέσαμε αρχικά 22 ερωτηματολόγια με συνολικά απαντημένες λιγότερες από 18 ερωτήσεις και έπειτα, εξαιρέσαμε ακόμα 18 ερωτηματολόγια. Τα 18 ερωτηματολόγια, εξαιρέθηκαν με κριτήριο οι απαντημένες ερωτήσεις να είναι μην είναι λιγότερες από 8, στο σύνολο των 13 ερωτήσεων από τις οποίες απαρτίζεται η Β' Ενότητα. Το ερευνητικό δείγμα της ενότητας αυτής αποτελούν 111 ερωτηματολόγια στα οποία υπάρχουν και πάλι ερωτήσεις τις οποίες δεν απάντησαν οι μαθητές, αλλά η απαντητικότητα ανά ερωτηματολόγιο είναι ικανοποιητική και δε μπαίνει εμπόδιο στην ανάλυση και την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά, όλες οι ερωτήσεις με τη σειρά που τεθήκαν στο ερευνητικό ερωτηματολόγιο, και παρουσιάζονται κατηγοριοποιημένες οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους μαθητές. Να σημειωθεί ότι, σε πρώτη φάση, οι κατηγορίες που παρουσιάζονται, συμπεριλαμβάνουν όλες τις απαντήσεις που δόθηκαν από τους μαθητές, ακόμα και αυτές με συχνότητα 1, χωρίς να έχουν παραληφθεί ή ομαδοποιηθεί κάποιες από αυτές. Όμως, στο επόμενο μέρος, όπου θα αναζητούμε συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών, θα χρειαστεί επανακωδικοποίηση και ομαδοποίηση των απαντήσεων των μαθητών.

Ερώτηση 1^η: «Κάποια σώματα επιπλέουν στο νερό ενώ άλλα βυθίζονται. Γιατί συμβαίνει αυτό? Δώστε μερικά παραδείγματα για κάθε περίπτωση.»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	Τα σώματα επιπλέουν όταν έχουν μικρή πυκνότητα	29	26,1
B	Τα σώματα επιπλέουν επειδή είναι πιο ελαφριά από το νερό	37	33,3
Γ	Τα σώματα επιπλέουν επειδή περιέχουν αέρα	18	16,2
Δ	Τα σώματα επιπλέουν λόγω της άνωσης	11	9,9
Ε	Τα σώματα επιπλέουν επειδή είναι συμπαγή	3	2,7
ΣΤ	Τα σώματα επιπλέουν, όταν έχουν μικρό όγκο	5	4,5
Z	Καμιά απάντηση	8	7,2
	Σύνολο	111	100

Η ερώτηση αυτή, τίθεται στους μαθητές με σκοπό την ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίπλευση και βύθιση των σωμάτων.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί με θέμα την επίπλευση και τη βύθιση των σωμάτων, προκύπτει ότι οι μαθητές διατηρούν ποικίλες αντιλήψεις για τους λόγους που ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται (Gibson, 1997 · Smith, Carey & Wiser, 1985 Θασίτης, Φασουλόπουλος & Καριώτογλου, 2004). Ο κύριος παράγοντας εξάρτησης της πλεύσης ή βύθισης των σωμάτων, θεωρείται από τους μαθητές σε ποσοστό 33,3% ότι είναι το βάρος των σωμάτων ενώ αναφέρονται και άλλοι παράγοντες όπως η ύπαρξη αέρα στο εσωτερικό του 16,2%, η δύναμη της άνωσης 9,9% καθώς και αν το υλικό των σωμάτων είναι συμπαγές ή όχι 2,7%.

Επίσης, αναφέρεται και η πυκνότητα των σωμάτων ως παράγοντας εξάρτησης 26,1% όμως η πλειοψηφία των μαθητών κάνει σύγκριση πυκνοτήτων για τα διάφορα σώματα –θεωρώντας ότι τα πυκνότερα σώματα βυθίζονται- και δεν εξαρτά την πλεύση/ βύθιση ενός σώματος από τη σχέση πυκνοτήτων σώματος και υγρού.

Τέλος, μερικοί μαθητές αναφέρονται στη δύναμη της άνωσης σε ποσοστό 9,9%, και φαίνονται ικανοί να συσχετίσουν την ύπαρξη της άνωσης με την επίπλευση ενός σώματος, χωρίς όμως να μπορούν να αντιληφθούν την επίπλευση ως ισορροπία δυνάμεων, παρά μόνο σαν δύναμη που ωθεί το σώμα στην επιφάνεια.

Ερώτηση 2^η: «Σε ένα δοχείο με νερό αφήνουμε ελεύθερα ένα κομμάτι φελλού και ένα κομμάτι σιδηρού –ίδιου μεγέθους. Τι προβλέπεται ότι θα συμβεί?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A1	<i>Ο σίδηρος βυθίζεται επειδή είναι βαρύτερος από το φελλό</i>	32	28,8
A2	<i>Ο σίδηρος βυθίζεται επειδή είναι πυκνότερος από το φελλό</i>	38	34,2
A3	<i>Ο σίδηρος βυθίζεται επειδή είναι συμπαγής ενώ ο φελλός περιέχει αέρα</i>	23	20,7
A4	<i>Ο σίδηρος βυθίζεται επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό, ενώ ο φελλός επιπλέει γιατί έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό</i>	5	4,5
A5	<i>Ο σίδηρος βυθίζεται επειδή είναι σκληρότερος ενώ ο φελλός επιπλέει γιατί είναι μαλακός</i>	2	1,8
B	<i>Θα βυθιστούν και τα δυο</i>	2	1,8
Γ	<i>Καμιά απάντηση</i>	9	8,1
	Σύνολο	111	100

Το 2^ο ερώτημα, έχει σκοπό να εξετάσει τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την εξάρτηση της πλεύσης ενός σώματος από το υλικό δηλαδή από την πυκνότητα του.

Στο ερώτημα αυτό ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί αν αφήσουμε ένα κομμάτι φελλό και ένα κομμάτι σίδηρο σε ένα υγρό. Σχεδόν όλοι οι μαθητές προέβλεψαν σωστά ότι ο φελλός θα επιπλεύσει ενώ ο σίδηρος θα βυθιστεί. Ωστόσο, από τις απαντήσεις των παιδιών, προκύπτουν ποικίλες ερμηνείες για το λόγο για τον οποίο συμβαίνει αυτό. Διαπιστώνουμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι οι παράγοντες που καθορίζουν την πλεύση ή βύθιση ενός σώματος είναι το βάρος, με ποσοστό 28,8% –όπως είδαμε και στο προηγούμενο ερώτημα- αλλά και η ύπαρξη αέρα με 20,7%.

Ακόμη, υπάρχουν μαθητές που δίνουν απαντήσεις που παραπέμπουν στην έννοια της πυκνότητας ή τη σύγκριση πυκνοτήτων που αποτελεί μια διαδικασία μέσω της οποίας μπορεί κάποιος να προβλέψει με ακρίβεια αν ένα σώμα θα επιπλεύσει ή όχι. Όμως, και σε αυτή την ερώτηση, το 34,2% των μαθητών συγκρίνουν τις πυκνότητες των δυο σωμάτων- του σιδήρου και του φελλού- ενώ μόλις το 4,5% κάνει σύγκριση της πυκνότητα του νερού με την αντίστοιχη πυκνότητα κάθε σώματος.

Ερώτηση 3η: «Σε ένα δοχείο με νερό αφήνουμε ελεύθερα δυο κομμάτια από το ίδιο υλικό (π.χ. ξύλο) διαφορετικού όγκου. Τι προβλέπεται ότι θα συμβεί?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	<i>Θα επιπλέουν και τα δυο, αφού είναι από το ίδιο υλικό</i>	52	46,8
B	<i>Θα βυθιστούν και τα δυο, γιατί το ξύλο είναι πυκνότερο από το νερό</i>	8	7,2
Γ	<i>Το κομμάτι με το μεγαλύτερο όγκο θα βυθιστεί, αφού είναι βαρύτερο</i>	32	28,8

<i>A</i>	<i>Το κομμάτι με το μεγαλύτερο όγκο θα επιπλέει, επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια.</i>	7	6,3
<i>E</i>	<i>Το κομμάτι με το μεγαλύτερο όγκο, θα βυθιστεί γρηγορότερα.</i>	2	1,8
<i>ΣΤ</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	10	9
	<i>Σύνολο</i>	111	100

Στο 3^ο ερώτημα σκοπός μας είναι να καταγράψουμε τις απόψεις των μαθητών για την εξάρτηση της πλευσης ενός σώματος από τον όγκο του σώματος.

Παρόλο που όλοι οι μαθητές κατάφεραν να κάνουν τη διάκριση μεταξύ των σωμάτων που επιπλέουν και εκείνων που βυθίζονται στο νερό και να γράψουν σχετικά παραδείγματα (Ερώτημα 1^ο), όταν τους ζητήθηκε να προβλέψουν τι θα συμβεί αν αφήσουμε δύο σώματα από το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικού όγκου, παρατηρούμε ότι από τις απαντήσεις των μαθητών αναδεικνύονται οι εναλλακτικές τους απόψεις που σχετίζουν την πλευση ή βύθιση των σωμάτων, με το βάρος και τον όγκο του σώματος. Το 46,8% απάντησε σωστά και αιτιολόγησε την πλευση των σωμάτων, συγκρίνοντας την πυκνότητα του ξύλου με την πυκνότητα του νερού, θεωρώντας την πλευση ανεξάρτητη του όγκου του σώματος.

Εν αντιθέσει, το 28,8% των μαθητών πιστεύει ότι το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο θα είναι βαρύτερο επομένως θα βυθιστεί. Οι μαθητές που επέλεξαν την απάντηση αυτή, αιτιολόγησαν την επιλογή τους, θεωρώντας ότι η πλευση ή βύθιση των σωμάτων εξαρτάται από το βάρος των σωμάτων.

Επίσης, ένα ποσοστό των μαθητών 6,3%, θεωρεί ότι το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο, λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειας επίπλευσης που θα έχει, θα καταφέρει να επιπλεύσει. Οι μαθητές που έδωσαν την απάντηση αυτή, αιτιολόγησαν την επιλογή τους, αναφέροντας την έννοια της άνωσης και συγκεκριμένα, υποστηρίζουν ότι αφού η επιφάνεια του μεγάλωσε, αυξάνεται και η δύναμη της άνωσης, επομένως το σώμα με το μεγαλύτερο όγκο θα καταφέρει να επιπλεύσει.

Παρατηρώντας τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτήματα 2^ο και 3^ο, διαπιστώνουμε ότι η κατανομή των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές, είναι σε αντιστοιχία στα δύο αυτά ερωτήματα. Δηλαδή, τα ποσοστά των μαθητών που σχετίζουν την υδροστατική πίεση με το βάρος, ή την πυκνότητα, ή την επιφάνεια του σώματος, δεν έχουν σημαντικές διαφορές στα δυο αυτά ερωτήματα.

Το γεγονός αυτό συνηγορεί στην άποψη ότι κάθε μαθητής έχει σχηματίσει μια αυτοσυνεπή δομή, ένα νοητικό μοντέλο και σύμφωνα με αυτό ερμηνεύει καταστάσεις όπου διαισθητικές γνώσεις της φυσικής χρειάζεται να αξιοποιηθούν για να απαντηθεί ένα ερώτημα, να λυθεί ένα πρόβλημα ή να κατανοηθούν οι εισερχόμενες πληροφορίες (Βοσνιάδου, 2002).

Ερώτηση 5η: «Στο παρακάτω σχήμα έχουμε ένα συμπαγή σιδερένιο κύβο ενός τόνου. Όταν τον αφήσουμε ελεύθερο στο νερό παρατηρούμε ότι βυθίζεται. Το ίδιο κομμάτι σιδηρού διαμορφωμένο σε σχήμα λεκάνης, παρατηρούμε ότι επιπλέει. Γιατί συμβαίνει αυτό?»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
--	------------------------------	----------	----------

<i>A</i>	<i>Η σιδερένια λεκάνη επιπλέει, επειδή δέχεται μικρότερη πίεση</i>	<i>4</i>	<i>3,6</i>
<i>B</i>	<i>Η σιδερένια λεκάνη επιπλέει, επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια</i>	<i>9</i>	<i>8,1</i>
<i>Γ</i>	<i>Η σιδερένια λεκάνη επιπλέει επειδή περιέχει αέρα</i>	<i>19</i>	<i>17,1</i>
<i>Δ</i>	<i>Η σιδερένια λεκάνη επιπλέει επειδή μειώθηκε η πυκνότητα της</i>	<i>35</i>	<i>31,5</i>
<i>E</i>	<i>Η σιδερένια λεκάνη επιπλέει, επειδή δέχεται μεγαλύτερη άνωση</i>	<i>29</i>	<i>26,1</i>
<i>ΣΤ</i>	<i>Καμιά απάντηση</i>	<i>15</i>	<i>13,5</i>
	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Παραθέτοντας το ερώτημα αυτό, σκοπός μας ήταν να αναδείξουμε τις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών σχετικά με τη πλευση και βύθιση των σωμάτων και πως αυτή μεταβάλλεται όταν αλλάζουμε τα σχήμα ενός σώματος, διατηρώντας σταθερό τον όγκο και τη μάζα του. Αναλύοντας τις απαντήσεις που συγκεντρώσαμε, επιβεβαιώνουμε για μια ακόμη φορά την αντίληψη των μαθητών ότι η πλευση των σωμάτων εξαρτάται από την παρουσία του αέρα στο εσωτερικό του αφού το 17,1% αιτιολόγησε με αυτό το επιχείρημα την πλευση της λεκάνης.

Αρκετά μεγάλο ποσοστό 31,5% θεωρεί ότι η λεκάνη επιπλέει γιατί άλλαξε η πυκνότητα της, χωρίς να γίνεται διάκριση μεταξύ πυκνότητας και μέσης πυκνότητας ενώ το 26,1% των απαντήσεων αναφέρεται στη δύναμη της άνωσης, εξηγώντας ότι αφού αυξήθηκε η επιφάνεια επίπλευσης του σώματος, θα δεχθεί μεγαλύτερη δύναμη άνωσης, με αποτέλεσμα να καταφέρει να επιπλεύσει..

Παρατηρούμε και πάλι, ότι οι μαθητές που αιτιολόγησαν την πλευση της λεκάνης, μέσω της έννοιας της άνωσης, έκαναν απλή αναφορά στη δύναμη της άνωσης, χωρίς να αντιλαμβάνονται την πλευση ενός σώματος ως ισορροπία δυνάμεων. Επίσης, όπως αναφέραμε και παραπάνω, οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με την έννοια της μέσης τιμής, επομένως και της μέσης πυκνότητας, με αποτέλεσμα, όταν στις απαντήσεις αναφέρουν ότι μειώθηκε η πυκνότητα του σώματος, να μη γνωρίζουμε με βεβαιότητα αν εννοούν τη μέση πυκνότητα –αντίληψη που είναι επιστημονικά ορθή- ή πιστεύουν ότι η πυκνότητα του σώματος μεταβάλλεται αν αλλάξουμε το σχήμα του -λανθασμένη αντίληψη-.

Ερώτηση 6η: «Ένα κομμάτι σίδηρος βυθίζεται στο νερό, αλλά ένα σιδερένιο πλοίο επιπλέει. Γιατί?»

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Το πλοίο επιπλέει επειδή είναι κούφιο</i>	<i>48</i>	<i>43,2</i>
<i>B</i>	<i>Το πλοίο επιπλέει εξαιτίας της άνωσης</i>	<i>18</i>	<i>16,2</i>
<i>Γ</i>	<i>Το πλοίο επιπλέει επειδή έχει μικρότερη πυκνότητα από το σίδηρο</i>	<i>21</i>	<i>18,9</i>
<i>Δ</i>	<i>Το πλοίο επιπλέει επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια</i>	<i>8</i>	<i>7,2</i>
<i>E</i>	<i>Το πλοίο επιπλέει, επειδή εκτοπίζει περισσότερο νερό</i>	<i>5</i>	<i>4,5</i>

ΣΤ	Το πλοίο επιπλέει επειδή έχει μηχανή	4	3,6
Z	Καμία απάντηση	7	6,3
	Σύνολο	111	100

Σε αυτό το ερώτημα, όπως και στο ερώτημα 6^ο, οι μαθητές καλούνται να αιτιολογήσουν γιατί δύο σώματα φτιαγμένα από το ίδιο υλικό, αν αφεθούν στο νερό, το ένα θα καταφέρει να επιπλεύσει ενώ το άλλο θα βυθιστεί. Σημειώνουμε, ότι τα σώματα αποτελούνται από σίδηρο που σχεδόν όλοι οι μαθητές στο 2^ο ερώτημα, σωστά προέβλεψαν ότι ο σίδηρος, βυθίζεται.

Από τις απαντήσεις των μαθητών προκύπτουν ποικίλες εναλλακτικές αντιλήψεις, τις περισσότερες των οποίων τις έχουμε ήδη συναντήσει σε προηγούμενα ερωτήματα, όπως τη παρουσία αέρα, ή τη δύναμη της άνωσης 16,2%.

Μόνο το 18,9% ερμήνευσε την κατάσταση χρησιμοποιώντας την έννοια της πυκνότητας. Όμως και πάλι, οι μαθητές των οποίων οι αιτιολογήσεις στηρίζονται στη σύγκριση πυκνοτήτων των δύο σωμάτων, δεν αναφέρουν ξεκάθαρα ότι η πυκνότητα του σιδήρου από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα δυο σώματα είναι ίδια και το μέγεθος που διαφοροποιείται είναι η μέση πυκνότητα. Αυτό όμως ίσως είναι απόρροια του γεγονότος ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με την έννοια της μέσης πυκνότητας. Επομένως, κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων μας, δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε αν οι μαθητές εννοώντας διαφορετική πυκνότητα εννοούσαν στην ακρίβεια μέση πυκνότητα ή αν κάποιος από αυτούς θεωρούν ότι η πυκνότητα του σιδήρου μεταβάλλεται.

Πολλοί είναι επίσης οι μαθητές, σε ποσοστό 16,2% οι οποίοι σχετίζουν την επίπλευση ενός σώματος με τη δύναμη της άνωσης, και συγκεκριμένα με την επιφάνεια επίπλευσης του σώματος, ενώ το 7,2% αναφέρει την επιφάνεια επίπλευσης χωρίς να κάνει λόγο για τη δύναμη της άνωσης. Οι μαθητές που αιτιολόγησαν με αυτό το τρόπο τις απαντήσεις τους, δεν εξηγούν αναλυτικά το λόγο για τον οποίο θεωρούν ότι ένα σώμα με μεγαλύτερη επιφάνεια επιπλέει ευκολότερα, δεν αναφέρουν δηλαδή τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού και τη σύνδεση του με την έννοια της άνωσης ενώ ένα μικρό επίσης ποσοστό, μόλις 4,5% αναφέρει τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού, χωρίς να αναφέρει τη δύναμη της άνωσης. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι οι μαθητές, δεν έχουν μια ολοκληρωμένη αντίληψη για τη συνθήκη πλεύσης ενός σώματος, δεν έχουν μια σωστά δομημένη εικόνα για το πώς σχετίζονται η άνωση με την επιφάνεια επίπλευσης του σώματος και τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού.

Ερώτηση 7^η: «Στο σχήμα παρουσιάζεται μια βάρκα που επιπλέει στο νερό.

α) Αν πάνω στη βάρκα τοποθετήσουμε ένα φορτίο, το επίπεδο επίπλευσης της θα παραμένει το ίδιο?

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	Το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει, γιατί η βάρκα είναι βαρύτερη	46	41,4
B	Το επίπεδο επίπλευσης θα κατεβεί, γιατί στη βάρκα θα ασκηθεί μεγαλύτερη άνωση	20	18,0

Γ1	Το επίπεδο επίπλευσης δε θα μεταβληθεί, επειδή δεν αλλάζει η επιφάνεια επίπλευσης	18	16,2
Γ2	Το επίπεδο επίπλευσης δε θα μεταβληθεί, επειδή δεν αλλάζει η πυκνότητα του σώματος	7	6,3
Δ	Καμία απάντηση	20	18,0
	Σύνολο	111	100

Η 7^η ερώτηση αποτελείται από δυο υπο-ερωτήματα: το 1^ο υπο-ερώτημα (7.α) αναφέρεται στο επίπεδο επίπλευσης ενός σώματος και πως αυτό μεταβάλλεται σε σχέση με το βάρος του, ενώ το 2^ο (7.β) στον όγκο που εκτοπίζει ένα σώμα σε σχέση με το βάρος του. Η πλειοψηφία των μαθητών, πιστεύει ότι το επίπεδο επίπλευσης εξαρτάται από το βάρος του σώματος, και συγκεκριμένα το 41,4% προέβλεψε σωστά ότι το επίπεδο επίπλευσης θα ανεβεί, δηλαδή το σώμα θα επιπλεύσει χαμηλότερα μέσα στο υγρό, όταν αυξήσουμε το βάρος του σώματος.

Ένα ποσοστό 18% πιστεύει ότι το επίπεδο επίπλευσης εξαρτάται από το βάρος αλλά με αντίθετη σχέση, δηλαδή, όταν αυξήσουμε το βάρος του σώματος, το επίπεδο επίπλευσης θα κατεβεί, άρα το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα μέσα στο νερό. Οι μαθητές που έδωσαν αυτή την απάντηση, αιτιολόγησαν την επιλογή τους χρησιμοποιώντας τη δύναμη της άνωσης.

Οι μαθητές λοιπόν, πιστεύουν ότι αφού αυξάνεται το βάρος, αυξάνεται η δύναμη της άνωσης, άρα αφού δέχεται μεγαλύτερη άνωση το σώμα, θα επιπλεύσει ψηλότερα. Παρατηρούμε ότι οι αντιλήψεις των μαθητών είναι συγκεχυμένες γύρω από την έννοια της άνωσης. Επικρατεί σύγχυση και δημιουργούνται παρανοήσεις, αφού οι μαθητές γνωρίζουν ότι «Η άνωση που ασκείται σε ένα βυθισμένο σώμα είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει» και επίσης «Ο όγκος του εκτοπιζομένου υγρού είναι ίσος με τον όγκο του βυθισμένου τμήματος του σώματος».

Ένα ποσοστό των μαθητών 22,5% πιστεύουν ότι το επίπεδο επίπλευσης του σώματος δεν εξαρτάται από το βάρος του επομένως δε θα μεταβληθεί. Οι αιτιολογήσεις των μαθητών που διατηρούν τη συγκεκριμένη εναλλακτική αντίληψη, αναφέρονται στην επιφάνεια επίπλευσης του σώματος και όχι στο βάρος του, σε ποσοστό 16,2%. Σχετίζουν, δηλαδή, την επιφάνεια επίπλευσης με το επίπεδο επίπλευσης, διευκρινίζοντας ότι όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια, τόσο ψηλότερα θα επιπλεύσει το σώμα. Αυτή η αντίληψη είναι εν μέρη σωστή, αφού όντως η επιφάνεια επίπλευσης σχετίζεται με τον όγκο που εκτοπίζει το σώμα και κατ'επέκταση και με το επίπεδο επίπλευσης του, εστιάζει όμως σε ένα μόνο παράγοντα και οδηγεί σε λανθασμένα συμπεράσματα. Σε πολύ μικρό ποσοστό, μόλις 6,3% εμφανίζονται απαντήσεις που σχετίζουν το επίπεδο επίπλευσης με την πυκνότητα του σώματος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι αναμενόμενη η ισχυρή συσχέτιση που παρατηρούμε μεταξύ, των αντιλήψεων των μαθητών για το ρόλο του βάρους στο επίπεδο επίπλευσης, και των αντιλήψεων για το ρόλο του βάρους στον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού (Ερώτηση 7.β) αλλά και γενικά στην πλεύση των σωμάτων (Ερώτηση 1^η).

β) ο όγκος του νερού που θα εκτοπίσει στις δυο περιπτώσεις (όταν είναι άδεια και όταν έχει επιπλέον φορτίο), θα είναι ο ίδιος?»

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι μεγαλύτερος, αφού το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει</i>	<i>50</i>	<i>45,0</i>
<i>B</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι μικρότερος, αφού το επίπεδο επίπλευσης θα κατέβει</i>	<i>16</i>	<i>14,4</i>
<i>Γ</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι ο ίδιος και στις δυο περιπτώσεις</i>	<i>18</i>	<i>16,2</i>
<i>Δ</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	<i>27</i>	<i>24,3</i>
	Σύνολο	111	100

Σκοπός του ερωτήματος αυτού αποτελεί η διερεύνηση της εξάρτησης του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από το βάρος του σώματος. Η κατανομή των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές σε αυτό το ερώτημα είναι σε αντιστοιχία με τις απαντήσεις στο αμέσως προηγούμενο ερώτημα 7^α, του οποίου αποτελεί και συνέχεια.

Οι μαθητές που θεωρούν ότι με την αύξηση του βάρους του σώματος, το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει, ως λογική συνέπεια, πιστεύουν ότι ο όγκος του νερού που θα εκτοπιστεί θα είναι μεγαλύτερος (45%), οι μαθητές που θεωρούν ότι το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα, πιστεύουν ότι ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι μικρότερος (14,4), ενώ οι μαθητές που θεωρούν ότι το επίπεδο επίπλευσης δε θα μεταβληθεί, θεωρούν ότι και ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα παραμείνει ο ίδιος (24,3%).

Επαληθεύουμε λοιπόν, ότι οι μαθητές, έχουν δημιουργήσει συνεπή νοητικά μοντέλα, και σύμφωνα με αυτά εξηγούν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα όμως, οι περισσότεροι από αυτούς δεν έχουν μια ξεκάθαρη αντίληψη για το ρόλο του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού και τη σχέση του με τη δύναμη της άνωσης.

Όμως, σε καμία από τις απαντήσεις των μαθητών δε συνδέθηκε ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού με τη δύναμη της άνωσης. Ακόμα και οι μαθητές που στο ερώτημα 7^α, ανέφεραν τη δύναμη της άνωσης, κανένας δε πραγματοποιεί συσχέτιση με το βάρος ή τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού.

Ερώτηση 8^η: «Τα δυο δοχεία του σχήματος περιέχουν νερό. Το δοχείο A περιέχει μικρότερη ποσότητα νερού από το δοχείο B. Αφήνουμε ένα σώμα στο δοχείο A και επιπλέει. Να σχεδιάσετε πως θα επιπλεύσει το ίδιο σώμα αν το αφήσουμε στο δοχείο B.

α) Θα αλλάξει το επίπεδο επίπλευσης του?

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα</i>	<i>35</i>	<i>31,5</i>
<i>B</i>	<i>Το σώμα θα επιπλεύσει χαμηλότερα</i>	<i>27</i>	<i>24,3</i>
<i>Γ</i>	<i>Το επίπεδο επίπλευσης του σώματος δε θα μεταβληθεί</i>	<i>34</i>	<i>30,6</i>
<i>Δ</i>	<i>Το σώμα θα βυθιστεί</i>	<i>4</i>	<i>3,6</i>

<i>E</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	<i>11</i>	<i>9,9</i>
	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Σκοπός του ερωτήματος αυτού είναι να εξετάσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών για το αν η ποσότητα του υγρού, επηρεάζει την επίπλευση των σωμάτων. Διαπιστώνουμε ότι μεγάλο μέρος των μαθητών 55,8 % διατηρεί τη λανθασμένη αντίληψη ότι κάτι τέτοιο ισχύει, ενώ το 30,6% πιστεύει το αντίθετο ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν απάντησαν σε αυτή την ερώτηση ήταν 9,9%. Από την εξέταση των σχημάτων που έκαναν στη συνέχεια για να δείξουν πως θα επιπλεύσει ένα σώμα σε ένα δοχείο με περισσότερο νερό όταν είναι γνωστό το επίπεδο επίπλευσης του σε ένα δοχείο με μικρότερη ποσότητα νερού, συμπεραίνουμε ότι το 31,5% πιστεύει ότι στο περισσότερο νερό το αντικείμενο θα επιπλεύσει πιο ψηλά, το 24,3% πιστεύει το αντίθετο ενώ ένα μικρό ποσοστό, 3,6% πιστεύει ότι το σώμα θα βυθιστεί.

Σωστή πρόβλεψη ότι η ποσότητα του νερού δεν επηρεάζει τον τρόπο που επιπλέουν τα σώματα έδωσε μόνο το 30,6%.

Βάση για μια ερμηνεία των πιο πάνω απαντήσεων θα μπορούσε ίσως να αποτελέσουν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν τα παιδιά για την πίεση αλλά και οι αντιλήψεις της για την έννοια της πυκνότητας και της ιδιότητες των υγρών. Η συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών μοντέλων για την πίεση που υιοθετούν οι μαθητές (μοντέλο πίεσης-δύναμης και ανθρωπομορφικό μοντέλο) και οι αντιλήψεις τους για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού, παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο μέρος. Η χρήση του μοντέλου της πίεσης-δύναμης οδηγεί στη σύγχυση της πίεσης που αυξάνεται με το βάθος με την άνοση της οποίας το μέτρο εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού (Kariotoglou & Psillos, 1993). Ίσως αυτός είναι ο λόγος που ένα μεγάλο μέρος των μαθητών υποστηρίζει ότι στο μεγαλύτερο δοχείο, το αντικείμενο θα επιπλεύσει σε υψηλότερο επίπεδο. Ένας ακόμα λόγος που θα μπορούσε να αιτιολογήσει τις απαντήσεις των μαθητών είναι οι ίδιοι να πιστεύουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού έχει ως αποτέλεσμα της αύξηση της πυκνότητας του λόγω της συμπίεσής του. Οι περιπτώσεις των σχημάτων που παρουσιάζουν το σώμα να επιπλέει σε χαμηλότερο επίπεδο 24,3% ή ακόμα και να βυθίζεται 3,6%, ίσως, οφείλονται στην υιοθέτηση του ανθρωπομορφικού μοντέλου σύμφωνα με το οποίο η πυκνότητα της υγρού μειώνεται όταν αυτό βρεθεί σε μεγαλύτερο δοχείο.

B) Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι ο ίδιος και στις δυο περιπτώσεις?»

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι μεγαλύτερος, αφού το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει</i>	<i>40</i>	<i>36,0</i>
<i>B</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι μικρότερος, αφού το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει</i>	<i>32</i>	<i>28,8</i>
<i>Γ</i>	<i>Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι ίσος και στις δυο περιπτώσεις</i>	<i>22</i>	<i>19,8</i>
<i>Δ</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	<i>17</i>	<i>15,3</i>

	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>
--	---------------	------------	------------

Σκοπός του ερωτήματος αυτού αποτελεί η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από τη ποσότητα του υγρού. Η κατανομή των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές σε αυτό το ερώτημα είναι σε αντιστοιχία με τις απαντήσεις στο αμέσως προηγούμενο ερώτημα 8^α, του οποίου αποτελεί και συνέχεια.

Οι μαθητές που θεωρούν ότι με την αύξηση της ποσότητας του υγρού, το επίπεδο επίπλευσης θα ανέβει, ως λογική συνέπεια, πιστεύουν ότι ο όγκος του νερού που θα εκτοπιστεί θα είναι μεγαλύτερος (36%), οι μαθητές που θεωρούν ότι το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα, πιστεύουν ότι ο όγκος του εκτοπιζομένου υγρού θα είναι μικρότερος (28,8%), ενώ οι μαθητές που θεωρούν ότι το επίπεδο επίπλευσης δε θα μεταβληθεί, θεωρούν ότι και ο όγκος του εκτοπιζομένου υγρού θα παραμείνει ο ίδιος (19,8%).

Ερώτηση 9^η: «Ένα πλοίο επιπλέει στο αλμυρό νερό, ψηλότερα, χαμηλότερα ή στο ίδιο επίπεδο με το επίπεδο επίπλευσης στο γλυκό νερό?»

<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>Θα επιπλεύσει ψηλότερα, γιατί το αλάτι αυξάνει τη πυκνότητα του νερού</i>	<i>40</i>	<i>36,0</i>
<i>Θα επιπλεύσει ψηλότερα, γιατί η δύναμη της άνωσης είναι μεγαλύτερη στη θάλασσα</i>	<i>20</i>	<i>18,0</i>
<i>Θα επιπλεύσει στο ίδιο επίπεδο, αφού δεν αλλάζει η πυκνότητα του νερού</i>	<i>25</i>	<i>22,5</i>
<i>Θα επιπλεύσει χαμηλότερα</i>	<i>15</i>	<i>13,5</i>
<i>Καμία απάντηση</i>	<i>11</i>	<i>9,9</i>
<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Σκοπός του ερωτήματος, είναι να διαπιστωθεί αν οι μαθητές διατηρούν αντιλήψεις που σχετίζουν το επίπεδο επίπλευσης ενός σώματος με το είδος του υγρού στο οποίο βρίσκεται, και συγκεκριμένα να διαπιστωθεί αν οι μαθητές θεωρούν ότι υπάρχει εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης, με την πυκνότητα του υγρού.

Η πλειονότητα των μαθητών, πιστεύει ότι αλλάζοντας την πυκνότητα του υγρού, αλλάζει και το επίπεδο επίπλευσης. Το 48% των μαθητών, πιστεύει ότι το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα στο αλατόνερο, ενώ το 13,5% πιστεύει το αντίθετο. Οι μαθητές που θεωρούν ότι το σώμα θα επιπλεύσει ψηλότερα, αιτιολογούν την απάντησή τους είτε μέσω της πυκνότητας το 36%, θεωρώντας ότι το αλατόνερο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα με αποτέλεσμα να αλλάζει το επίπεδο επίπλευσης, είτε μέσω της δύναμης της άνωσης το 18%, θεωρώντας ότι το σώμα στο αλατόνερο θα δεχθεί μεγαλύτερη δύναμη άνωσης, άρα θα επιπλεύσει ψηλότερα.

Διαπιστώνουμε για μια ακόμη φορά, ότι οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει πλήρως την έννοια της άνωσης, και έχουν λανθασμένες αντιλήψεις για τη σχέση της δύναμης της άνωσης με το βάρος

και τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού. Ίσως η παρανόηση αυτή να δημιουργείται στους μαθητές, οι οποίοι διδάσκονται ότι «*Η άνωση είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται*» και επίσης ότι «*Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού είναι ίσος με τον όγκο του βυθιζόμενου τμήματος*». Όμως υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις περιπτώσεις που τα σώματα επιπλέουν (άρα ένα τμήμα του μόνο είναι βυθισμένο) και στις περιπτώσεις όπου το σώμα βρίσκεται ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό. Αν οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν επισημανθούν οι μαθητές δεν κάνουν διάκριση των δυο περιπτώσεων και οδηγούνται σε λογικά άλματα, δίνοντας εσφαλμένες ερμηνείες και εξάγοντας λανθασμένα συμπεράσματα.

Ερώτηση 10^η: «*Δυο φίλοι βρίσκονταν σε ένα μπαράκι. Ο Κώστας παρήγγειλε χυμό πορτοκαλιού και ο Νίκος ούισκι με πάγο. Όταν ήρθαν τα ποτά, οι δυο φίλοι πρόσεξαν ότι τα παγάκια ήταν βυθισμένα σε διαφορετικό βάθος. Σε ποιο ποτό ήταν βυθισμένα περισσότερο?*»

	Κατηγορίες απαντήσεων	N	%
A	<i>Τα δυο ποτά έχουν διαφορετικές πυκνότητες</i>	59	53,2
B	<i>Τα δυο ποτά έχουν μικρότερη πυκνότητα από το πάγο , γι' αυτό βυθίζονται τα παγάκια</i>	8	7,2
Γ	<i>Το ούισκι έχει μικρότερη πυκνότητα γιατί περιέχει οινόπνευμα</i>	5	4,5
Δ	<i>Ελλιπής/καμία απάντηση</i>	39	35,1
	Σύνολο	111	100

Η ερώτηση αυτή σκοπό είχε να αναδείξει τις ιδέες των μαθητών για η σχέση του επιπέδου επίπλευσης και της πυκνότητας του υγρού. Όμως, εκ του αποτελέσματος, διαπιστώνουμε ότι παρουσιάζονται κάποιες αδυναμίες. Συγκεκριμένα, οι περισσότεροι μαθητές, σε ποσοστό 53,2% αιτιολόγησαν ότι το επίπεδο επίπλευσης στα δυο υγρά είναι διαφορετικό λόγω των διαφορετικών πυκνοτήτων χωρίς να αναφέρουν ποιο από τα δυο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και σε ποιο το επίπεδο επίπλευσης είναι ψηλότερα, ενώ μόλις το 7,2% κάνει σύγκριση της πυκνότητας του υγρού σε σχέση με τη πυκνότητα του πάγου.

Από τις απαντήσεις που συγκεντρώσαμε, παρατηρούμε και πάλι, ότι οι μαθητές, συγκρίνουν τις πυκνότητες των δυο υγρών και όχι τη πυκνότητα κάθε υγρου με τη πυκνότητα του πάγου. Ίσως όμως οι απαντήσεις των μαθητών να είναι ελλιπείς, γιατί δεν ήταν αρκετά σαφής η ερώτηση και για το λόγο αυτό παρατηρούμε ότι το ποσοστό που δεν απάντησε ήταν αρκετά μεγάλο 35%. Συνεπώς, είναι επισφαλές να επιχειρήσουμε από τη συγκεκριμένη ερώτηση να εξάγουμε αξιόπιστα συμπεράσματα.

Ερώτηση 11^η: «*Σε ένα δοχείο γεμάτο μέχρι τα χείλη του με νερό, βυθίζουμε με προσοχή μια σφαίρα σιδηρού ορισμένου βάρους. Σε ένα άλλο όμοιο δοχείο με νερό βυθίζουμε μια σφαίρα αλουμινίου ίδιου βάρους. Η ποσότητα του νερού που θα εκτοπιστεί θα είναι ίδια, μεγαλύτερη ή μικρότερη σε σχέση με την προηγούμενη;*»

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Ο σίδηρος θα εκτοπίσει μεγαλύτερη ποσότητα υγρού, επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα</i>	9	8,1
<i>B</i>	<i>Το αλουμίνιο θα εκτοπίσει μεγαλύτερο όγκο νερού, επειδή έχει μεγαλύτερο όγκο από το σίδηρο</i>	53	47,7
<i>Γ</i>	<i>Τα δυο σώματα θα εκτοπίσουν την ίδια ποσότητα νερού, επειδή έχουν το ίδιο βάρος</i>	22	19,8
	<i>Τα δυο σώματα θα εκτοπίσουν την ίδια ποσότητα νερού, επειδή βρίσκονται στο ίδιο βάθος</i>	5	4,5
<i>Δ</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	22	19,8
	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Με τα τρία τελευταία ερωτήματα 11, 12 και 13, σκοπός μας ήταν να καταγράψουμε τις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο του υγρού που εκτοπίζει ένα σώμα όταν βρεθεί μέσα σε αυτό.

Στο 11^ο ερώτημα, εξετάζουμε την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού σε σχέση με τον όγκο του σώματος, διατηρώντας το βάρος (μάζα) σταθερό. Σημειώνουμε, ότι το σώμα είναι εξ ολοκλήρου βυθισμένο στο υγρό, επομένως ο βυθισμένος όγκος του σώματος ταυτίζεται με τον όγκο του σώματος.

Από την κατανομή των απαντήσεων των μαθητών, διαπιστώνουμε ότι οι περισσότεροι σε ποσοστό 47,7%, εξαρτούν τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού, από τον όγκο του σώματος, υποστηρίζοντας ότι το αλουμίνιο, λόγω του μεγαλύτερου όγκου θα εκτοπίσει μεγαλύτερη ποσότητα υγρού, ενώ ένα ποσοστό της τάξεως 20% σχετίζει- λανθασμένα- τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού με το βάρος του σώματος, ενώ παρατηρούμε ότι ένα μικρό ποσοστό αναφέρει ως παράγοντα εξάρτησης το βάθος, που ίσως οφείλεται σε παρανόηση της άνωσης με την υδροστατική πίεση.

Ερώτηση 12^η: «Σε ένα δοχείο γεμάτο μέχρι τα χείλη του με νερό, βυθίζουμε με προσοχή μια σφαίρα σιδηρού ορισμένου όγκου. Σε ένα άλλο όμοιο δοχείο με νερό βυθίζουμε μια σφαίρα αλουμινίου ίδιου όγκου. Η ποσότητα του νερού που θα εκτοπιστεί θα είναι ίδια, μεγαλύτερη ή μικρότερη σε σχέση με την προηγούμενη;»

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Το αλουμίνιο θα εκτοπίσει μεγαλύτερο όγκο νερού</i>	9	8,1
<i>B1</i>	<i>Ο σίδηρος θα εκτοπίσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού, επειδή είναι βαρύτερος από το αλουμίνιο</i>	11	9,9
<i>B2</i>	<i>Ο σίδηρος θα εκτοπίσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού, επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το αλουμίνιο</i>	8	7,2
<i>Γ</i>	<i>Τα δυο σώματα θα εκτοπίσουν την ίδια ποσότητα νερού, επειδή έχουν ίσους όγκους</i>	66	59,5

<i>A</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	<i>17</i>	<i>15,3</i>
	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Εν αντιθέσει με το 11^ο ερώτημα, όπου διατηρούσαμε σταθερή τη μάζα και μεταβάλλαμε τον όγκο, τώρα, τα δυο σώματα έχουν ίσους όγκους αλλά διαφορετικό βάρος (μάζα).

Παρατηρούμε και πάλι, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων εκφράζει την αντίληψη ότι, ο όγκος του υγρού που εκτοπίζει ένα σώμα, σχετίζεται με τον όγκο του σώματος. Σημειώνουμε, ότι και σε αυτό το ερώτημα, ότι το σώμα ήταν εξ ολοκλήρου βυθισμένο στο νερό, συνεπώς, δεν υπήρχε διαφοροποίηση μεταξύ όγκου βυθισμένου τμήματος και του όγκου του σώματος. Επομένως, η πλειοψηφία των μαθητών, με ποσοστό 59,5% εκφράζει την ορθή επιστημονικά αντίληψη ενώ μόλις το 9,9% σχετίζει το βάρος του σώματος με τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού.

Ερώτηση 13^η: «Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι η στάθμη του δοχείου ανέβηκε όταν βυθίσαμε ένα κομμάτι ξύλο. Από τι εξαρτάται η άνοδος της στάθμης?

	<i>Κατηγορίες απαντήσεων</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>A</i>	<i>Η άνοδος της στάθμης του νερού εξαρτάται από τον όγκο του βυθιζόμενου σώματος</i>	<i>29</i>	<i>26,1</i>
<i>B</i>	<i>Η άνοδος της στάθμης του νερού εξαρτάται από το βάρος του βυθιζόμενου σώματος</i>	<i>43</i>	<i>38,7</i>
<i>Γ</i>	<i>Η άνοδος της στάθμης του νερού εξαρτάται μόνο από τον όγκο του βυθιζόμενου τμήματος του σώματος</i>	<i>21</i>	<i>18,9</i>
<i>Δ</i>	<i>Η άνοδος της στάθμης του νερού εξαρτάται από το σχήμα του βυθιζόμενου σώματος</i>	<i>5</i>	<i>4,5</i>
<i>E</i>	<i>Καμία απάντηση</i>	<i>13</i>	<i>11,7</i>
	<i>Σύνολο</i>	<i>111</i>	<i>100</i>

Στην ερώτηση αυτή παρατηρούμε ότι είναι ποικίλες οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών. Οι περισσότεροι σχετίζουν την άνοδο της στάθμης του νερού, με κάποιο από τα χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος, όπως το βάρος 38,7%, τον όγκο 26,1%, ακόμα και το σχήμα του σώματος 4,5%. Συμπεραίνουμε, ότι οι μαθητές εστιάζονται περισσότερο στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του σώματος και δυσκολεύονται να κατανοήσουν καταστάσεις όπως της ισορροπίας δυνάμεων.

Από τις απαντήσεις των μαθητών εξάγουμε ένα ακόμα ενδιαφέρον συμπέρασμα, όσον αφορά τον όγκο του εντοπιζόμενου υγρού. Μικρό ήταν το ποσοστό, μόλις 18,9% των μαθητών, το οποίο ορθά συνέδεσε την άνοδο της στάθμης του σώματος με τον όγκο του βυθιζόμενου τμήματος του σώματος. Οι περισσότεροι μαθητές, 26,1% αναφέρονταν στην εξάρτηση της ανόδου της στάθμης από τον όγκο του σώματος, χωρίς να κάνουν διάκριση μεταξύ των εξ ολοκλήρου βυθισμένων

σωμάτων και αυτών που επιπλέουν, δηλαδή χωρίς να διαχωρίζουν τον όγκο του σώματος, από τον όγκο του βυθισμένου τμήματος.

7.3 Συσχετίσεις

Επόμενο στάδιο επεξεργασίας των δεδομένων μας, είναι η συσχέτιση των μεταβλητών που εξετάζονται μέσω των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Συγκεκριμένα, σκοπός μας είναι, μέσω του στατιστικού κριτηρίου χ^2 , να διαπιστώσουμε αν οι απαντήσεις των μαθητών στις διάφορες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου είναι ανεξάρτητες, ή αν υπάρχει μεταξύ τους κάποια συσχέτιση. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι ερωτήσεις που περιέχονται στο ερευνητικό ερωτηματολόγιο κατανέμονται σε 4 θεματικές ενότητες (α. υδροστατική πίεση β. επίπλευση-βύθιση γ. επίπεδο επίπλευσης δ. όγκος εκτοπιζόμενου υγρού). Σκοπό μας λοιπόν, αποτελεί να διαπιστώσουμε αν οι αντιλήψεις των μαθητών για τις παραπάνω έννοιες συνδέονται μεταξύ τους, σε ποιο βαθμό και με ποιο τρόπο.

Στη στατιστική αυτή επεξεργασία των δεδομένων μας, θα εξετάσουμε ανά ζεύγη τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, από τα οποία ερωτήματα – όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο μέρος- κάποια θα εξαιρεθούν αφού δεν μπορούν να προσφέρουν στη στατιστική ανάλυση και δεν είναι αξιόπιστα για την εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων. Τα ερωτήματα που εξαιρούνται είναι: από το Α' Μέρος το 2^ο, το 5^ο & 6^ο ερώτημα) και από το Β' Μέρος το 10^ο ερώτημα.

Στους παρακάτω πίνακες, θα παρουσιάσουμε και θα σχολιάσουμε μόνο του διμεταβλητούς πίνακες, όπου παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση των εξεταζόμενων μεταβλητών, δηλαδή, όπου υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις επομένως και στις αντιλήψεις των μαθητών.

Στο Παράρτημα 4^ο παρουσιάζονται όλες οι συσχετίσεις των μεταβλητών (και η κωδικοποίηση τους), οι τιμές των στατιστικών κριτηρίων που εφαρμοστήκαν. Τα κελιά που είναι κενά, δεν παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση.

1) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την υδροστατική πίεση, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το μήκος του δοχείου.

		Υ.Π. – μήκος δοχείου		Total
		Σωστό	Λάθος	
Υδροστατική πίεση	Λάθος	4 9,1%	40 90,9%	44 100,0%
	Σωστό	9 30,0%	21 70,0%	30 100,0%
Total		13 17,6%	61 82,4%	74 100,0%

$$\chi^2 = 5,385 \beta.ε. = 1, p=0,020, \Phi = -0,270$$

Τα αποτελέσματα του πίνακα, δείχνουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των μαθητών που ορίζουν σωστά το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης, και αυτών που την ορίζουν λανθασμένα, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το μήκος του δοχείου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές που δίνουν λανθασμένο ορισμό στην υδροστατική πίεση, αναφέρονται στην έννοια της δύναμης, θεωρούν δηλαδή την υδροστατική πίεση ως μια δύναμη που δρα όταν τα σώματα βρεθούν μέσα σε υγρό, και το 90% αυτών, υποστηρίζει ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το μήκος του δοχείου. Εν αντιθέσει, οι μαθητές που απάντησαν σωστά στο ερώτημα αυτό, συνέδεσαν την υδροστατική πίεση με την έννοια του βάρους αλλά και πάλι, μόλις το 30% πιστεύει ότι το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης είναι ανεξάρτητο του μήκους του δοχείου.

	Εξάρτηση Υ.Π. – μήκος δοχείου			Total
	μικρότερη	μεγαλύτερη	ίση	
Υδροστατική πίεση	5	35	4	44
	11,4%	79,5%	9,1%	100,0%
δύναμη	21		9	30
βάρος	70,0%		30,0%	100,0%
Total	26	35	13	74
	35,1%	47,3%	17,6%	100,0%

Σε μια πιο αναλυτική συσχέτιση των δυο μεταβλητών, παρατηρούμε ότι το 79,5% των μαθητών που αντιλαμβάνονται την υδροστατική πίεση ως μια δύναμη που ασκούν τα ρευστά, πιστεύει ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το μήκος του δοχείου δηλαδή όσο μεγαλύτερο είναι ένα δοχείο με υγρό, τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση που ασκείται, ενώ το 70% των μαθητών που θεωρούν ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος, πιστεύουν ότι όσο μικρότερο είναι το δοχείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση.

Σύμφωνα με τους Καριώτογλου και Ψύλλο (1993), όταν η μεγαλύτερη πίεση θεωρείται ότι έχει μεγαλύτερη πίεση, είναι δυνατό να συνδεθεί με την ποσότητα του υγρού και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται. Η εξήγηση αυτή δίνεται στα πλαίσια του μοντέλου της πίεσης- δύναμης, όπου υπάρχει σύγχυση των δυο αυτών εννοιών, επομένως, είναι λογικό το γεγονός ότι η πλειοψηφία των μαθητών που υιοθετούν το μοντέλο της πίεσης-δύναμης, ορίζουν την υδροστατική πίεση μέσω την έννοιας της δύναμης.

Από την άλλη μεριά, οι μαθητές που εκφράζουν την αντίληψη ότι η στενότερη πισίνα έχει μεγαλύτερη πίεση, χρησιμοποιούν το ανθρωπομορφικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο σε ένα πιο στενό μέρος, η πυκνότητα και επομένως η πίεση αυξάνονται. Οι μαθητές που υιοθέτησαν το ανθρωπομορφικό μοντέλο για τη πίεση, στην πλειοψηφία τους, ορίζουν την υδροστατική πίεση μέσω της έννοιας του βάρους.

2) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την υδροστατική πίεση, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου.

	Σχήμα δοχείου		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. μήκος δοχείου	20		20
Σωστό	100,0%		100,0%
Λάθος	2	70	72
	2,8%	97,2%	100,0%
Total	22	70	92
	23,9%	76,1%	100,0%

Στη περίπτωση αυτή, δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε το στατιστικό κριτήριο χ^2 , επειδή το 25% των κελιών (>20%), έχει συχνότητα μικρότερη από 5, επομένως, δεν πληρείται μία από τις βασικές προϋποθέσεις αξιοπιστίας εφαρμογής του κριτηρίου.

Εναλλακτικά, επιλεγούμε να εφαρμόσουμε το Fisher's Exact Test, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, όπου θέλουμε να συσχετίσουμε δύο κατηγορικές μεταβλητές με δύο κατηγορίες απάντησης η καθεμία, και το οποίο θεωρούμε κατάλληλο για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των μεταβλητών.

$$\text{Fisher's Exact Test} = 0,000, \beta.ε. = 1, p=0,000, \Phi = 0,940$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα, και έπειτα από την εφαρμογή του Fisher's Exact Test, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της Υ.Π. από το σχήμα του δοχείου, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της Υ.Π. από το μήκος του δοχείου.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε και από την τιμή του δείκτη συνάφειας ($\Phi=0,940$), οι δύο εξεταζόμενες μεταβλητές παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση, και συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι όλοι οι μαθητές που διατηρούν την ορθή επιστημονικά αντίληψη ότι η Υ.Π. δεν εξαρτάται από το μήκος του δοχείου, εκφράζουν τη άποψη ότι η Υ.Π. είναι ανεξάρτητη από το σχήμα του δοχείου, ενώ αντίστοιχα το 97% των μαθητών που θεωρούν ότι η Υ.Π. εξαρτάται από το μήκος θεωρούν ταυτόχρονα ότι εξαρτάται και από το σχήμα του δοχείου.

Όπως είδαμε και αναλυτικότερα στο προηγούμενο πίνακα, οι αντιλήψεις των μαθητών που πιστεύουν ότι η πίεση εξαρτάται από το μήκος του δοχείου, εντάσσονται σε δυο εναλλακτικά μοντέλα. Ουσιαστικά, θέλοντας να εξετάσουμε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου, οι μαθητές και πάλι εστίασαν τη προσοχή τους στο στενό και στο πλατύ δοχείο, και οι ερμηνείες ήταν ταυτόσημες με αυτές που έδωσαν όσον αφορά το μικρό και το μεγάλο δοχείο.

3) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την υδροστατική πίεση, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας.

	Επιτάχυνση βαρύτητας		Total	
	Σωστό	Λάθος		
Υδροστατική πίεση	Λάθος	20 48,8%	21 51,2%	41 100,0%
	Σωστό	25 75,8%	8 24,2%	33 100,0%
Total		45 60,8%	29 39,2%	74 100,0%

$$\chi^2 = 5,585 \beta.ε. = 1, p=0,018, \Phi = -0,275$$

Τα αποτελέσματα του πίνακα, δείχνουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των μαθητών που ορίζουν την έννοια της υδροστατικής πίεσης μέσω της δύναμης και αυτών που την ορίζουν μέσω του βάρους, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι το 75,8% των μαθητών που ορθά όρισε την υδροστατική πίεση μέσω της έννοιας του βάρους, απάντησε σωστά για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Μια ερμηνεία που μπορεί να δοθεί είναι ότι οι μαθητές που θεωρούν ότι η υδροστατική πίεση των υγρών οφείλεται στο βάρος τους, εύκολα μπορούν να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι μεταβάλλοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας, μεταβάλλεται το βάρος του υγρού επομένως μεταβάλλεται και η τιμή της υδροστατικής πίεσης. Το γεγονός συνηγορεί στην άποψη ότι οι μαθητές αυτοί, έχουν κατανοήσει τόσο την έννοια όσο και τους παράγοντες εξάρτησης του μεγέθους της υδροστατικής πίεσης.

4) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του σώματος.

	Όγκος σώματος		Total	
	Σωστό	Λάθος		
Επιτάχυνση βαρύτητας	Σωστό	21 33,3%	42 66,7%	63 100,0%
	Λάθος	4 11,1%	32 88,9%	36 100,0%
Total		25 25,3%	74 74,7%	99 100,0%

$$\chi^2 = 5,994 \beta.ε. = 1, p=0,014, \Phi = 0,246$$

Από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, βλέπουμε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ των μαθητών που απάντησαν σωστά και αυτών που απάντησαν λάθος στην εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας, σε σχέση με τις αντιλήψεις που έχουν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του σώματος.

Προσπαθώντας να ερμηνεύσουμε τα δεδομένα του πίνακα, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών 88,9% που εκφράζει λανθασμένη αντίληψη για την εξάρτηση της Υ.Π. από την επιτάχυνση της βαρύτητας, εκφράζει και λανθασμένη αντίληψη για την εξάρτηση από τον όγκο του σώματος, γεγονός που σημαίνει ότι συγκεκριμένοι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει τους παράγοντες εξάρτησης της Υ.Π. Όμως, και το 66,7% των μαθητών που απάντησε σωστά για την επιτάχυνση της βαρύτητας, έδωσε λανθασμένη απάντηση για την εξάρτηση από τον όγκο του σώματος. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει, γιατί οι μαθητές τείνουν να εστιάζουν την προσοχή τους στα προφανή και εξωτερικά χαρακτηριστικά των σωμάτων, να αιτιολογούν τις απαντήσεις τους και να βγάζουν συμπεράσματα στηριζόμενοι σε αυτά, γεγονός που -όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση- μπορεί να οδηγήσει σε λάθος ερμηνείες.

5) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τη πυκνότητα του υγρού, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας.

	Επιτάχυνση βαρύτητας		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. πυκνότητα υγρού	36	5	41
	87,8%	12,2%	100,0%
Σωστό	23	26	49
	46,9%	53,1%	100,0%
Λάθος	59	31	90
	65,6%	34,4%	100,0%

$$\chi^2 = 16,510 \text{ β.ε.} = 1, p=0,000, \Phi = 0,428$$

Τα αποτελέσματα του πίνακα, δείχνουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των μαθητών που εξαρτούν την υδροστατική πίεση από την πυκνότητα του υγρού, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Συγκεκριμένα, το 87,8% των μαθητών που σωστά αιτιολόγησε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα του υγρού, έδωσε και σωστή απάντηση στην εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Το γεγονός αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές που έδωσαν ορθές απαντήσεις και στα δύο αυτά ερωτήματα, γνωρίζουν τους παράγοντες εξάρτησης του μεγέθους της υδροστατικής πίεσης.

6) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του σώματος, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάρος του σώματος.

	Βάρος σώματος		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. όγκο σώματος	18	6	24
Σωστό	75,0%	25,0%	100,0%
Λάθος	9	70	79
	11,4%	88,6%	100,0%
Total	27	76	103
	26,2%	73,8%	100,0%

$$\chi^2 = 38,505 \text{ β.ε.} = 1, p=0,000, \Phi = -0,611$$

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει ότι οι δύο ομάδες μαθητών, αυτοί που έδωσαν ορθή και αυτοί που έδωσαν λανθασμένη απάντηση για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο του σώματος, έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάρος του σώματος.

Συγκεκριμένα, το 75% των μαθητών που εξέφρασαν τη σωστή αντίληψη για την εξάρτηση της Υ.Π. από τον όγκο του σώματος, έδωσαν σωστή απάντηση και αιτιολόγηση και στην περίπτωση της εξάρτησης της Υ.Π. από το βάρος του σώματος ενώ αντίστοιχα το 88,6% των μαθητών που έδωσε λανθασμένη απάντηση για την εξάρτηση της Υ.Π. από τον όγκο του σώματος, διατηρεί λανθασμένη αντίληψη και για την εξάρτηση της από το βάρος του σώματος.

Η Υ.Π. δεν εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος, επομένως δεν εξαρτάται ούτε από το βάρος ούτε από τον όγκο των σωμάτων. Συχνά όμως οι μαθητές εστιάζουν στα εξωτερικά και προφανή χαρακτηριστικά προκειμένου να εξάγουν συμπεράσματα. Επίσης, αρκετοί είναι οι μαθητές οι οποίοι συγχέουν τους παράγοντες εξάρτησης της Υ.Π. με τους παράγοντες εξάρτησης της επίπλευσης των σωμάτων, καθώς και της δύναμης της άνωσης.

7) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του σώματος, σε σχέση με την εξάρτηση της επίπλευσης από την πυκνότητα του σώματος.

	Επίπλευση- πυκνότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. σχήμα δοχείου	6	18	24
	25,0%	75,0%	100,0%
Σωστό	29	31	60
Λάθος	48,3%	51,7%	100,0%
Total	35	49	84
	41,7%	58,3%	100,0%

$$\chi^2 = 3,840 \text{ β.ε.} = 1, p=0,050, \Phi = -0,214$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, μεταξύ των διαφορετικών αντιλήψεων που διατηρούν οι μαθητές για την εξάρτηση της Υ.Π. από το σχήμα του δοχείου, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της επίπλευσης από την πυκνότητα των σωμάτων.

Το αρνητικό πρόσημο του δείκτη Φ , μας επισημαίνει ότι η συσχέτιση των δύο μεταβλητών είναι αρνητική. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι το 75% των μαθητών που σωστά θεωρούν ότι το μέγεθος της Υ.Π. δεν επηρεάζεται από το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχεται το υγρό, ταυτόχρονα απαντούν λανθασμένα για την εξάρτηση της επίπλευσης από την πυκνότητα των σωμάτων, εστιάζοντας (όπως είδαμε στη παρουσίαση των απαντήσεων ανά ερώτηση) σε διαφορετικούς παράγοντες όπως το βάρος των σωμάτων ή τη παρουσία αέρα στο εσωτερικό τους.

8) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τη πυκνότητα του υγρού, σε σχέση με τις αντιλήψεις για την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα του σώματος.

	Επίπλευση- σχήμα σωμ		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. πυκνότητα υγρού	21	16	37
	56,8%	43,2%	100,0%
Σωστό	9	28	37
Λάθος	24,3%	75,7%	100,0%
Total	30	44	74
	40,5%	59,5%	100,0%

$$\chi^2 = 8,073 \text{ β.ε.} = 1, p=0,004, \Phi = 0,330$$

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση της Υ.Π. από τη πυκνότητα του υγρού, σε σχέση με την εξάρτηση επίπλευσης από το σχήμα του σώματος.

	Εξάρτηση επιπλ.- σχήμα σώματος			Total
	πυκνότητα	άνωση	αέρας	
Εξάρτηση Υ.Π. πυκνότητα υγρού	23	11	10	44
νερό	52,3%	25,0%	22,7%	100,0%
οινόπνευμα	7	3	3	13
	53,8%	23,1%	23,1%	100,0%
ίση	5	5	14	24
	20,8%	20,8%	58,3%	100,0%
Total	35	19	27	81
	43,2%	23,5%	33,3%	100,0%

Ρίχνοντας μια προσεκτική ματιά στα δεδομένα που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι το 56,8% των μαθητών γνωρίζει ότι βασικός παράγοντας εξάρτησης της υδροστατικής πίεσης αποτελεί η πυκνότητα του υγρού, ενώ ταυτόχρονα αιτιολογούν σωστά την εξάρτηση της επίπλευσης των σωμάτων από το σχήμα τους. Εν αντιθέσει, η πλειοψηφία των μαθητών που δεν έδωσε σωστή απάντηση για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα του υγρού, σε ποσοστό 75,7%, έδωσε λανθασμένη αιτιολόγηση για το ρόλο του σχήματος των σωμάτων σε σχέση με την επίπλευση τους.

Ουσιαστικά, και τα δυο αυτά ερωτήματα, εξετάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για το μέγεθος της πυκνότητας, το ένα για την πυκνότητα του υγρού σε σχέση με την υδροστατική πίεση και το άλλο για την «μέση» πυκνότητα του σώματος σε σχέση με την επίπλευση του, αφού αλλάζοντας το σχήμα του σώματος αυτό που αλλάζει είναι η μέση πυκνότητα του. Συμπεραίνουμε λοιπόν, βάση των δεδομένων μας, ότι οι μαθητές που έχουν κατανοήσει την έννοια της πυκνότητας, ορίζουν σωστά το ρόλο που διαδραματίζει τόσο στη Υ.Π. όσο και στην επίπλευση των σωμάτων.

9) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάρος του σώματος, σε σχέση με τις αντιλήψεις για την εξάρτηση της επίπλευσης από τον όγκο του σώματος.

	Επίπλευση –όγκος σω		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. βάρος σώματος	21	3	24
Σωστό	87,5%	12,5%	100,0%
Λάθος	38	25	63
	60,3%	39,7%	100,0%
Total	59	28	87
	67,8%	32,2%	100,0%

$$\chi^2 = 5,884 \text{ β.ε.} = 1, p=0,015, \Phi = 0,260$$

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα δείχνουν οι μαθητές που διατηρούν ορθή αντίληψη για την εξάρτηση της Υ.Π. από το βάρος του σώματος, διαφοροποιούνται από τους μαθητές που διατηρούν λανθασμένες ή εναλλακτικές αντιλήψεις, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για την εξάρτηση της επίπλευσης από τον όγκο των σωμάτων.

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι το 87% των μαθητών που πιστεύουν ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το βάρος των σωμάτων, ταυτόχρονα πιστεύουν ότι ο όγκος των σωμάτων δεν επηρεάζει την επίπλευση τους, ενώ περίπου το 40% των μαθητών που συνδέουν το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης με το βάρος των σωμάτων, ταυτόχρονα συνδέουν και την επίπλευση με τον όγκο των σωμάτων. Οι μαθητές που εξέφρασαν λανθασμένες απόψεις και στα δύο ερωτήματα, εστιάζουν την προσοχή τους και εξάγουν συμπεράσματα, βάσει των εξωτερικών χαρακτηριστικών των σωμάτων όπως το βάρος, τον όγκο, το σχήμα κ.τ.λ. Οι μαθητές βρίσκουν δυσκολία στο να μετατοπίσουν την εστίασή τους από τα άμεσα και προφανή χαρακτηριστικά στους μη προφανείς παράγοντες των μεγεθών. Κάνουν υποθέσεις σχετικά με τα αίτια και τα αποτελέσματα και προσδοκούν να εξηγήσουν τη συμπεριφορά των σχετικών φαινομένων, χωρίς όμως να λαμβάνουν υπόψη τους μη προφανή αίτια και αποτελέσματα.

10) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου, σε σχέση με τις αντιλήψεις για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού.

	Επίπ. Επίπλ.- ποσότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. σχήμα δοχείου	13	9	22
Σωστό	59,1%	40,9%	100,0%
Λάθος	17	43	60
	28,3%	71,7%	100,0%
Total	30	52	82
	36,6%	63,4%	100,0%

$$\chi^2 = 6,564 \text{ β.ε.} = 1, p=0,010, \Phi = 0,28$$

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι περίπου το 60% των μαθητών απάντησε σωστά και στα δύο ερωτήματα, πιστεύει δηλαδή ότι το σχήμα του δοχείου δεν επηρεάζει το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης, ταυτόχρονα πιστεύει ότι η ποσότητα του υγρού δεν επηρεάζει το επίπεδο επίπλευσης των σωμάτων. Αντίθετα, το 71% των μαθητών που λανθασμένα εξαρτούν

την υδροστατική πίεση από το σχήμα του δοχείου, εξαρτούν και το επίπεδο επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού.

	Εξάρτηση επιπ. επίπλ.ποσότητα υγρ			Total	
	ανέβει	κατέβει	σταθερό		
Εξάρτηση Υ.Π. σχήμα δοχείου	στενότερο	13 37,1%	10 28,6%	12 34,3%	35 100,0%
	πλατύτερο	8 32,0%	12 48,0%	5 20,0%	25 100,0%
	ίση	7 31,8%	2 9,1%	13 59,1%	22 100,0%
Total		28 34,1%	24 29,3%	30 36,6%	82 100,0%

$$\chi^2 = 11,200 \text{ β.ε.} = 4, p=0,024$$

Σε μια πιο αναλυτική συσχέτιση των δυο μεταβλητών, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που υιοθετούν τα διάφορα μοντέλα για την πίεση – εναλλακτικά και σωστά- όπως αυτά εκφράζονται από τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της Υ.Π. από το σχήμα του δοχείου, σε σχέση με τις αντιλήψεις που διατηρούν για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού.

Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της Υ.Π. από το σχήμα του δοχείου, ουσιαστικά τους κατατάσσει σε τρεις ομάδες ανάλογα με το μοντέλο της πίεσης το οποίο υιοθετούν. Επομένως, και σύμφωνα με τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού διαφοροποιούνται ανάλογα με το μοντέλο της πίεσης που εκφράζουν και συγκεκριμένα, οι μαθητές που υιοθετούν το μοντέλο της πίεσης δύναμης, θεωρούν ότι μεγαλύτερη ποσότητα υγρού, κάνει το σώμα να επιπλέει ψηλότερα. Μια ερμηνεία που μπορεί να δοθεί είναι ότι οι μαθητές που απάντησαν λανθασμένα και στα δυο αυτά ερωτήματα, διατηρούν λανθασμένες αντιλήψεις γιατί πιθανόν να πιστεύουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πυκνότητας του λόγω της συμπίεσής του, επομένως η αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε αύξηση της υδροστατικής πίεσης και αλλαγή του επιπέδου επίπλευσης.

11) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από την ποσότητα του υγρού.

	Εκτοπ. υγρό- ποσότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση Υ.Π. επιτάχυνση βαρύτητας	11	48	59
	18,6%	81,4%	100,0%
Σωστό	11	17	28
	39,3%	60,7%	100,0%
Λάθος	22	65	87
	25,3%	74,7%	100,0%
Total			

$$\chi^2 = 4,282 \beta.ε. = 1, p=0,039, \Phi = -0,222$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που απάντησαν σωστά και αυτών που απάντησαν λανθασμένα για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας, σε σχέση με τις αντιλήψεις που διατηρούν για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από την ποσότητα του.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι το 81,4% των μαθητών που ορθά θεωρεί την επιτάχυνση της βαρύτητας ως παράγοντα εξάρτησης της υδροστατικής πίεσης, ταυτόχρονα εκφράζει την αντίληψη ότι ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού, επηρεάζεται από την ποσότητα του υγρού.

12) Οι αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες πλεύσης των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα του σώματος.

	Επίπλευση – σχήμα σωμ		Total
	Σωστό	Λάθος	
Επίπλευση βύθιση	7	16	23
	30,4%	69,6%	100,0%
Σωστό	23	18	41
	56,1%	43,9%	100,0%
Λάθος	30	34	64
	46,9%	53,1%	100,0%
Total			

$$\chi^2 = 3,897 \beta.ε. = 1, p=0,048, \Phi = -0,247$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα, παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι μαθητές που εξέφρασαν σωστές αντιλήψεις για τους παράγοντες εξάρτησης της επίπλευσης των σωμάτων, σε ποσοστό 69,6% απάντησαν λανθασμένα για το ρόλο του σχήματος στη επίπλευση των σωμάτων, ενώ οι μαθητές που εξέφρασαν λανθασμένες ή εναλλακτικές αντιλήψεις για την επίπλευση, έδωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό ορθές απαντήσεις για την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα των σωμάτων.

		Εξάρτηση επίπλ.— σχήμα σώματος			Total
		πυκνότητα	αέρας	άνωση	
Επίπλευση βύθιση		7	3	13	23
	πυκνότητα	30,4%	13,0%	56,5%	100,0%
	βάρος	9	10	7	26
		34,6%	38,5%	26,9%	100,0%
	αέρας	14	1		15
		93,3%	6,7%		100,0%
Total		30	14	20	64
		46,9%	21,9%	31,3%	100,0%

$$\chi^2 = 24,286, \beta.ε. = 4, p=0,000$$

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα, συμπεραίνουμε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ των μαθητών ως προς το μέγεθος που θεωρούν ως κύριο παράγοντα πλεύσης, σε σχέση με την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα του σώματος.

Μελετώντας τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο παραπάνω πίνακα, θα περίμενε κανείς να παρατηρήσει μια ομοιομορφία στη κατανομή των απαντήσεων των μαθητών. Αντιθέτως, παρατηρούμε ότι οι μαθητές ενώ αρχικά εστιάζουν σε ένα μέγεθος και το θεωρούν ως παράγοντα πλεύσης, έπειτα, εστιάζουν σε διαφορετικό παράγοντα. Το γεγονός αυτό πιθανόν να συμβαίνει επειδή οι μαθητές θεωρούν ότι η πλεύση δεν εξαρτάται από ένα και μόνο παράγοντα, επομένως ανάλογα τη περίπτωση, αιτιολογούν τις απαντήσεις τους αναφερόμενοι σε άλλο μέγεθος. Μια άλλη πιθανή εξήγηση θα μπορούσε να είναι ότι οι μαθητές, δεν έχουν μια ολοκληρωμένη και σαφή αντίληψη για τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίπλευση και βύθιση των σωμάτων, με αποτέλεσμα, να παρασύρονται από τις εκάστοτε ερωτήσεις και να εστιάζουν στα μεταβαλλόμενα μεγέθη, χωρίς αυτά να είναι απαραίτητα παράγοντες εξάρτησης της πλεύσης των σωμάτων.

Συγκεκριμένα, παρατηρούμε από τα στοιχεία του πίνακα, ότι το 93,3% των μαθητών που θεωρούν ότι η παρουσία αέρα στο εσωτερικό ενός σώματος είναι η κύρια αιτία πλεύσης, θεωρεί ταυτόχρονα ότι η αλλαγή σχήματος σε ένα σώμα που δεν επέπλεε το καθιστά ικανό να επιπλεύσει λόγω της αλλαγής στη πυκνότητα του σώματος.

13) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της επίπλευσης των σωμάτων από τη πυκνότητα τους, σε σχέση με την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα των σωμάτων.

	Επίπλ. -σχήμα σώματος		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπλ. πυκνότητα σώματες	16	13	29
	55,2%	44,8%	100,0%
	12	32	44
	27,3%	72,7%	100,0%
Total	28	45	73
	38,4%	61,6%	100,0%

$$\chi^2 = 5,754 \text{ β.ε.} = 1, p=0,016, \Phi = 0,281$$

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο πίνακα, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση της πλευσης από τη πυκνότητα του σώματος, σε σχέση με την εξάρτηση της πλευσης από το σχήμα του σώματος.

	Εξάρτηση επίπλ. – σχήμα σώματος			Total
	πυκνότητα	αερας	ανωση	
Εξάρτηση επίπλ. πυκνότητα σώματες	16	4	9	29
	55,2%	13,8%	31,0%	100,0%
βάρος	7	11	6	24
	29,2%	45,8%	25,0%	100,0%
αέρας	5	2	13	20
	25,0%	10,0%	65,0%	100,0%
Total	28	17	28	73
	38,4%	23,3%	38,4%	100,0%

$$\chi^2 = 16,697, \text{ β.ε.} = 4, p=0,002$$

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η επίπλευση των σωμάτων εξαρτάται από την σχέση πυκνότητας σώματος-υγρού. Αλλάζοντας το σχήμα ενός σώματος, αυτό που ενδεχομένως να αλλάξει δεν είναι η πυκνότητα του υλικού από το οποίο αποτελείται το σώμα, αλλά η μέση πυκνότητα του σώματος –όπως και στην ερώτηση του ερωτηματολογίου μας-. Οι μαθητές που εξαρτούν την επίπλευση των σωμάτων από την πυκνότητα, σε ποσοστό 55%, πιστεύουν ότι αλλάζοντας το σχήμα του σώματος, η πλευση του και πάλι θα εξαρτηθεί από την πυκνότητα του, ενώ οι μαθητές που θεωρούν υπαίτιο το βάρος για την επίπλευση ή βύθιση των σωμάτων, σε ποσοστό 45% πιστεύουν πως η παρουσία αέρα είναι που επηρεάζει τη πλευση του σώματος. Ίσως, οι μαθητές αυτοί να θεωρούν ότι η παρουσία αέρα στο σώμα, το καθιστά ελαφρύτερο, επομένως είναι ευκολότερο να επιπλεύσει.

14) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της επίπλευσης από το σχήμα των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση της επίπλευσης από τη μέση πυκνότητα.

	Επίπλ. – μέση πυκνότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπλ. σχήμα σώματος Σωστό	23 82,1%	5 17,9%	28 100,0%
Λάθος	11 26,2%	31 73,8%	42 100,0%
Total	34 48,6%	36 51,4%	70 100,0%

$$\chi^2 = 21,005 \text{ β.ε.} = 1, p=0,000, \Phi = 0,548$$

	Εξάρτηση επίπλ. – μέση πυκνότητα			Total
	αέρας	πυκνότητα	άνωση	
Εξάρτηση επίπλ. σχήμα σώματος πυκνότητα	5 17,9%	23 82,1%		28 100,0%
αέρας	8 50,0%	3 18,8%	5 31,3%	16 100,0%
άνωση	6 23,1%	8 30,8%	12 46,2%	26 100,0%
Total	19 27,1%	34 48,6%	17 24,3%	70 100,0%

$$\chi^2 = 27,490, \text{ β.ε.} = 4, p=0,000$$

Τα στοιχεία του πίνακα δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων των μαθητών, που εστιάζουν σε διαφορετικό παράγοντα προκείμενου να αιτιολογήσουν την επίπλευση των σωμάτων.

Έχουμε ήδη αναφέρει ότι αλλάζοντας το σχήμα των σωμάτων – στις ερωτήσεις που συμπεριλάβαμε στο ερωτηματολόγιο μας- μεταβάλλεται και η μέση πυκνότητα των σωμάτων. Σε αντίθεση με προηγούμενες συσχετίσεις,- όπου οι μαθητές εστίαζαν σε διαφορετικούς παράγοντες επίπλευσης- παρατηρούμε ότι οι μαθητές εστιάζουν σε συγκεκριμένους παράγοντες και σε αρκετά μεγάλο ποσοστό είναι συνεπής σε αυτό. Συγκεκριμένα, το 82% των μαθητών που εστίασαν στη πυκνότητα, εξακολούθησαν να αιτιολογούν τις απαντήσεις τους αναφερόμενοι στο παράγοντα αυτό. Ομοίως, το 50% των μαθητών που αναφέρεται στην παρουσία αέρα στο εσωτερικό των σωμάτων και το 46,2% των μαθητών που εισήγαγε στις απαντήσεις του την έννοια της άνωσης.

15) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της επίπλευσης από τη πυκνότητα των σωμάτων, σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού.

	Όγκος εκτοπιζ. υγρού		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπλ. πυκνότητα σωμάτε	16 48,5%	17 51,5%	33 100,0%
Σωστό	8 16,7%	40 83,3%	48 100,0%
Λάθος			
Total	24 29,6%	57 70,4%	81 100,0%

$$\chi^2 = 9,495 \text{ β.ε.} = 1, p=0,002, \Phi = 0,342$$

	Όγκος εκτοπιζομένου υγρού			Total
	όγκος	βάρος	σχήμα	
Εξάρτηση επίπλ. πυκνότητα σωμάτε	16 48,5%	6 18,2%	11 33,3%	33 100,0%
πυκνότητα	2 6,9%	25 86,2%	2 6,9%	29 100,0%
βάρος				
αέρας	6 31,6%	10 52,6%	3 15,8%	19 100,0%
Total	24 29,6%	41 50,6%	16 19,8%	81 100,0%

$$\chi^2 = 28,832, \text{ β.ε.} = 4, p=0,000$$

Από τα ποσοστά του πίνακα παρατηρούμε ότι το 86,2% των μαθητών που θεωρούν το βάρος των σωμάτων ως κύριο παράγοντα επίπλευσης, θεωρούν επίσης ότι το βάρος των σώματος αποτελεί το κύριο παράγοντα εξάρτησης του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού. Όπως είδαμε και παραπάνω, αρκετοί είναι οι μαθητές που θεωρούν ότι το βάρος των σωμάτων επηρεάζει τον όγκο του υγρού που θα εκτοπίσει ένα σώμα όταν αφηθεί σε ένα υγρό. Μια πιθανή ερμηνεία είναι οι μαθητές αυτοί να θεωρούν ότι όσο βαρύτερο είναι ένα σώμα, τόσο βαθύτερα θα βρεθεί μέσα στο υγρό, επομένως, τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο όγκος του υγρού που θα εκτοπίσει. Η αντίληψη που διατηρούν οι μαθητές, πιθανόν να προκύπτει από διαισθητικά κριτήρια, αφού κανένας δεν αναφέρθηκε στη δύναμη της άνωσης και δεν την συνέδεσε με το εκτοπιζόμενο υγρό. Αντιθέτως, οι μαθητές που έχουν σχηματίσει ορθή αντίληψη για την εξάρτηση της επίπλευσης από την πυκνότητα των σωμάτων, εξαρτούν τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού, από τον όγκο του

σώματος – χωρίς βέβαια οι περισσότεροι από αυτούς να διευκρινίζουν ότι η εξάρτηση είναι από τον όγκο του βυθιζόμενου τμήματος του σώματος-.

16) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση της πλεύσης/ βύθισης από τον όγκο των σωμάτων, σε σχέση με τους παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού.

	Όγκος εκτοπιζ. υγρού		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπλ. όγκο σώματος	9	39	48
Σωστό	18,8%	81,3%	100,0%
Λάθος	17	13	30
	56,7%	43,3%	100,0%
Total	26	52	78
	33,3%	66,7%	100,0%

$$\chi^2 = 11,944 \text{ β.ε.} = 1, p=0,001, \Phi = -0,391$$

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα δείχνουν οι μαθητές που διατηρούν ορθή αντίληψη για την εξάρτηση της επίπλευσης από τον όγκο των σωμάτων, διαφοροποιούνται από τους μαθητές που διατηρούν λανθασμένες ή εναλλακτικές αντιλήψεις, σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν για τους παράγοντες εξάρτησης του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού.

Συγκεκριμένα, το 81,3% των μαθητών που απάντησε σωστά ότι ο όγκος των σωμάτων δεν επηρεάζει την ικανότητα επίπλευσης τους, συνέδεσε με λανθασμένους παράγοντες τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού.

	Όγκος εκτοπιζόμενου υγρού			Total
	όγκος	βάρος	σχήμα	
Εξάρτηση επίπλ. όγκο σώματος	9	22	17	48
πυκνότητα	18,8%	45,8%	35,4%	100,0%
βάρος	17	12	1	30
	56,7%	40,0%	3,3%	100,0%
Total	26	34	18	78
	33,3%	43,6%	23,1%	100,0%

17) Οι αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες πλεύσης των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από τον όγκο του σώματος.

	Όγκος εκτ. υγρού-όγκος		Total
	Σωστό	Λάθος	
Επίπλευση	5	9	14
βύθιση	35,7%	64,3%	100,0%
	31	7	38
	81,6%	18,4%	100,0%
Total	36	16	52
	69,2%	30,8%	100,0%

Στη περίπτωση αυτή, δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε το στατιστικό κριτήριο χ^2 , επειδή το 25% των κελιών (>20%), έχει συχνότητα μικρότερη από 5, επομένως, δεν πληρείται μία από τις βασικές προϋποθέσεις αξιοπιστίας εφαρμογής του κριτηρίου.

Για το λόγο αυτό, επιλεγούμε και πάλι να εφαρμόσουμε το Fisher's Exact Test, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, όπου θέλουμε να συσχετίσουμε δύο κατηγορικές μεταβλητές με δύο κατηγορίες απάντησης η καθεμία, και το οποίο θεωρούμε κατάλληλο για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ των μεταβλητών.

Fisher's Exact Test: 0,005, β.ε.= 1, p=0,001, Φ= -0,441

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα, και έπειτα από την εφαρμογή του Fisher's Exact Test, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες εξάρτησης της επίπλευσης των σωμάτων, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού, από τον όγκο του σώματος.

Το αρνητικό πρόσημο του δείκτη συνάφειας Φ, μας υποδεικνύει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, όπου συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι το 81,6% των μαθητών που θεωρεί λάθος παράγοντα υπαίτιο για την ικανότητα επίπλευσης των σωμάτων, εκφράζει ορθή αντίληψη για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από τον όγκο του σώματος.

Μια πιθανή ερμηνεία της κατανομής των απαντήσεων των μαθητών είναι ότι οι μαθητές που έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις για τον παράγοντα εξάρτησης της επίπλευσης, εστίασαν κυρίως στο βάρος και τον όγκο των σωμάτων και όχι στην πυκνότητα τους. Δεδομένου αυτού, οι μαθητές που απάντησαν λανθασμένα, εστιάζουν στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του σώματος, και βάσει αυτών εξάγουν συμπεράσματα, επομένως με τον ίδιο τρόπο σκεπτόμενοι, θεώρησαν ότι και ο όγκος που εκτοπίζει ένα σώμα, εξαρτάται από τον όγκο του.

18) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος του σώματος, σε σχέση με την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από το βάρος του σώματος.

	Όγκος εκτ. υγρού- βάρο		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπ.επίπλ. βάρος σώματος Σωστό	24 75,0%	8 25,0%	32 100,0%
Λάθος	18 48,6%	19 51,4%	37 100,0%
Total	42 60,9%	27 39,1%	69 100,0%

$$\chi^2 = 5,003 \beta.ε. = 1, p=0,025, \Phi = 0,269$$

Στο παραπάνω πίνακα, παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τις αντιλήψεις που διατηρούν για την εξάρτηση τόσο του επιπέδου επίπλευσης, όσο και του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού, από το βάρος του σώματος.

Λογικό και αναμενόμενο το γεγονός ότι παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών εξεταζόμενων μεταβλητών, αφού στο ερευνητικό ερωτηματολόγιο, εξεταστήκαν ως δύο υποερωτήματα της ίδιας ερώτησης. Επομένως, με έναν απλό συλλογισμό, οι μαθητές που θεωρούν ότι θα μεταβληθεί το επίπεδο επίπλευσης με την αλλαγή του βάρους υποστηρίζουν ότι θα μεταβληθεί και ο όγκος του εκτοπιζομένου υγρού. Το παράδοξο είναι ότι θα περιμέναμε, οι μαθητές οι οποίοι υποστήριζαν ότι το επίπεδο επίπλευσης δε θα μεταβληθεί με την αλλαγή του βάρους, να απαντήσουν ταυτόχρονα ότι ο όγκος του εκτοπιζομένου υγρού δε θα μεταβληθεί, ενώ από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτει ότι ένα ποσοστό της τάξεως του 48% πιστεύει ότι το επίπεδο επίπλευσης θα παραμείνει το ίδιο ενώ ο όγκος εκτοπιζομένου υγρού θα μεταβληθεί.

19) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από την βάρος του σώματος, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού.

	Επίπ. επίπλ.- ποσότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Όγκος εκτ. υγρού βάρος σώματος Σωστό	11 27,5%	29 72,5%	40 100,0%
Λάθος	16 50,0%	16 50,0%	32 100,0%
Total	27 37,5%	45 62,5%	72 100,0%

$$\chi^2 = 3,840, \beta.ε. = 1, p=0,050, \Phi = -0,231$$

Σύμφωνα με τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που έχουν διαμορφώσει σωστή αντίληψη για την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού, από το βάρος των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού. Παρατηρούμε ότι το 72,5% των μαθητών που ορθά συνέδεσαν τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού, με το βάρος του σώματος, έδωσε λανθασμένες απαντήσεις για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, στα ερωτήματα που παρατεθήκαν στο ερευνητικό ερωτηματολόγιο, το επίπεδο επίπλευσης καθορίζει και το όγκο του εκτοπιζομένου υγρού. Επομένως, οι μαθητές εξαρτούν το επίπεδο επίπλευσης και από το βάρος αλλά και από την ποσότητα του υγρού.

20) Οι αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες πλεύσης των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος των σωμάτων.

		Επιπ. επίπλ. - βάρος		Total
		Σωστό	Λάθος	
Επίπλευση βύθιση	Σωστό	7 28,0%	18 72,0%	25 100,0%
	Λάθος	28 62,2%	17 37,8%	45 100,0%
Total		35 50,0%	35 50,0%	70 100,0%

$$\chi^2 = 7,529 \text{ β.ε.} = 1, p=0,006, \Phi = -0,328$$

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο πίνακα, παρατηρούμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τους παράγοντες εξάρτησης της επίπλευσης των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος των σωμάτων.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το 72% των μαθητών που διατηρούν την ορθή επιστημονικά αντίληψη για την επίπλευση, εκφράζει λανθασμένη αντίληψη για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος, ενώ αντιθέτως το 62% των μαθητών που εστιάζει σε λάθος παράγοντες για την επίπλευση των σωμάτων, έδωσε σωστή απάντηση και αιτιολόγηση για την σχέση του βάρους με το επίπεδο επίπλευσης.

Όπως παρουσιάσαμε στο προηγούμενο μέρος της εργασίας αυτής, οι περισσότεροι από τους μαθητές που έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις για τους παράγοντες εξάρτησης της επίπλευσης, εστίαζαν στο μέγεθος του βάρους των σωμάτων. Το γεγονός αυτό, πιθανόν να οδηγεί σε μια ερμηνεία, ότι δηλαδή οι μαθητές που θεωρούν κύριο παράγοντα επίπλευσης το βάρος των σωμάτων, εξαρτούν και το επίπεδο επίπλευσης από τον παράγοντα αυτό, ενώ οι μαθητές που σωστά πιστεύουν ότι η επίπλευση ή βύθιση των σωμάτων εξαρτάται από την πυκνότητα των σωμάτων, ίσως λανθασμένα συνδέουν και το επίπεδο επίπλευσης με το μέγεθος αυτό, ή απλά από- συνδέουν το μέγεθος του βάρους.

21) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού, σε σχέση με τις αντιλήψεις για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από τη πυκνότητα του υγρού.

	Επίπλευση –πυκνότητα		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επιπ. επίπλ. ποσότητα υγρού	26	1	27
Σωστό	96,3%	3,7%	100,0%
Λάθος	33	29	62
	53,2%	46,8%	100,0%
Total	59	30	89
	66,3%	33,7%	100,0%

$$\chi^2 = 15,615, \beta.ε. = 1, p=0,000, \Phi = 0,419$$

	Πυκνότητα υγρού		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επιπ. επίπλ. ποσότητα υγρού	12	23	35
ανέβει	34,3%	65,7%	100,0%
κατέβει	21	6	27
	77,8%	22,2%	100,0%
σταθερό	26	1	27
	96,3%	3,7%	100,0%
Total	59	30	89
	66,3%	33,7%	100,0%

$$\chi^2 = 28,517, \beta.ε. = 2, p=0,000$$

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, δείχνουν τις αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από δύο παράγοντες: την ποσότητα και την πυκνότητα του υγρού.

Από τα ποσοστά που παρουσιάζονται στο πίνακα, διαπιστώνουμε ότι το 65,7% των μαθητών που θεωρεί ότι το επίπεδο επίπλευσης θα ανεβεί αν αυξήσουμε την ποσότητα του υγρού, απάντησε λάθος στην εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την πυκνότητα του υγρού. Επομένως, οι 23 μαθητές που έδωσαν αυτές τις απαντήσεις, φαίνεται να μην έχουν κατανοήσει τους παράγοντες εξάρτησης του επιπέδου επίπλευσης και διατηρούν λανθασμένες αντιλήψεις. Εν αντιθέσει το 93,3% των μαθητών που θεωρεί ότι η ποσότητα του υγρού δεν επηρεάζει το επίπεδο επίπλευσης, απάντησε σωστά για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από τη πυκνότητα του υγρού. Οι 26 αυτοί μαθητές, φαίνεται να έχουν ολοκληρωμένη και σωστή αντίληψη για τους παράγοντες εξάρτησης του επιπέδου επίπλευσης.

22) Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος των σωμάτων, σε σχέση με την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού.

	Επίπ. επίπλ. – ποσότητ		Total
	Σωστό	Λάθος	
Εξάρτηση επίπ.επίπλ. βάρος σώματος Σωστό	7 18,9%	30 81,1%	37 100,0%
Λάθος	23 56,1%	18 43,9%	41 100,0%
Total	30 38,5%	48 61,5%	78 100,0%

$$\chi^2 = 11,358, \beta.ε.= 1, p=0,001, \Phi= -0,382$$

	Επίπεδο επίπλ. – ποσότητα υγρού			Total
	ανέβει	κατεβει	σταθερό	
Εξάρτηση επίπ. επίπλ. βάρος σώματος θα ανέβει	10 48,6%	12 32,4%	7 18,9%	37 100,0%
θα κατέβει	2 11,1%	4 22,2%	12 66,7%	18 100,0%
σταθερό	10 43,5%	2 8,7%	11 47,8%	23 100,0%
Total	30 38,5%	18 23,1%	30 38,5%	78 100,0%

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα, δείχνουν τις αντιλήψεις των μαθητών για την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από δυο παράγοντες: το βάρος του σώματος και την ποσότητα του υγρού.

($\chi^2 = 16,042$, $\beta.ε.= 4$, $p=0,003$)

Παρατηρούμε, ότι το 32,4% των μαθητών που θεωρεί ότι θα ανεβεί το επίπεδο επίπλευσης με την αύξηση του βάρους ταυτόχρονα θεωρεί ότι θα κατέβει αν αυξήσουμε την ποσότητα του υγρού. Μια πιθανή ερμηνεία των απαντήσεων αυτών, είναι η χρήση του μοντέλου της πίεσης-δύναμης, που οδηγεί σε σύγκυση της πίεσης που αυξάνεται με το βάθος με την άνωση, της οποίας το μέτρο εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού (Kariotoglou & Psillos, 1993). Ίσως αυτός είναι ο λόγος που ένα μεγάλο μέρος των μαθητών υποστηρίζει ότι στο μεγαλύτερο δοχείο, το αντικείμενο θα επιπλεύσει σε υψηλότερο επίπεδο, ενώ ταυτόχρονα πιστεύει ότι αυξάνοντας το βάρος το αντικείμενο θα βυθιστεί περισσότερο άρα το επίπεδο επίπλευσης θα ανεβεί.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας, ήταν να καταγράψει τις εναλλακτικές ιδέες που διατηρούν οι μαθητές στη πρώτη βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, σε ζητήματα ρευστών και συγκεκριμένα στο θέμα της υδροστατικής πίεσης και επίπλευσης/ βύθισης των σωμάτων. Μια γενική διαπίστωση που προκύπτει από τα ερευνητικά αποτελέσματα είναι ότι μεγάλο ποσοστό των μαθητών δεν έχει κατανοήσει τις βασικές ιδιότητες των υγρών με αποτέλεσμα να θεωρεί ότι ο όγκος, η μάζα και το βάρος επηρεάζεται από το είδος του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. Το γεγονός αυτό πιθανότατα αποτελεί συνέπεια της αντίληψης ότι τα ρευστά είναι συμπιεστά και επομένως μπορεί να μεταβληθεί η πυκνότητα στο εσωτερικό τους. Η λανθασμένη αυτή αντίληψη των μαθητών πηγάζει από το γεγονός ότι στη σχολική γνώση δεν αναφέρεται αυτή η βασική ιδιότητα της ασυμπιεστότητας των υγρών με αποτέλεσμα η παρανόηση αυτή να θεωρείται σε μεγάλο βαθμό υπαίτια για τη γέννηση περαιτέρω λανθασμένων αντιλήψεων, τόσο στο θέμα της υδροστατικής πίεσης όσο και στην επίπλευση/βύθιση των σωμάτων.

Πολύ μεγάλα ποσοστά μαθητών στην πρώτη βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, έχουν δυσκολία να κατανοήσουν την έννοια της υδροστατικής πίεσης και να την εφαρμόσουν για να απαντήσουν σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Όπως είδαμε και στον αναλυτικό πίνακα συσχετίσεων των ερευνώμενων μεταβλητών, η μεγαλύτερη συγκέντρωση ισχυρών συσχετίσεων παρατηρείται μεταξύ των μεταβλητών οι οποίες αναφέρονται στο μέγεθος της υδροστατικής πίεσης. Σε πρώτη ανάλυση, το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι υπάρχει ένα πλέγμα αντιλήψεων γύρω από την έννοια αυτή, του οποίου τα χαρακτηριστικά προσπαθήσαμε να αποτυπώσουμε και να ερμηνεύσουμε.

Συνοψίζοντας τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών γύρω από την έννοια της υδροστατικής πίεσης παρατηρούμε ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές, φαίνεται να αντιλαμβάνονται την ύπαρξη της, δεν κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο δρα σε ένα σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα υγρό. Η πλειοψηφία των μαθητών γνωρίζει ότι το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης συνδέεται με το βάθος, παρόλα αυτά μικρό ποσοστό αντιλαμβάνεται την εξάρτηση της από την πυκνότητα του υγρού, ενώ αρκετοί φαίνεται να διατηρούν αντιλήψεις όπου ο όγκος και το βάρος των σωμάτων επηρεάζει το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης.

Επίσης, οι μαθητές δυσκολεύονται να δώσουν ένα απλό ορισμό της, τη συγγέουν με τη δύναμη και το βάρος, ενώ θεωρούν ότι το μέγεθος της επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το είδος του δοχείου, και η ποσότητα του υγρού, απόψεις που ίσως παραπέμπουν είτε στη χρήση των αντίστοιχων μοντέλων για την πίεση, ή την αντίληψη περί συμπιεστότητας των υγρών, όπου η μεταβολή της πυκνότητας ενός υγρού επιφέρει και ανάλογες μεταβολές στο μέτρο της υδροστατικής πίεσης. Σύμφωνα με τους Καριώτογλου και Ψύλλο, υπάρχουν εναλλακτικά μοντέλα για την υδροστατική πίεση: το ανθρωπομορφικό μοντέλο ή μοντέλο του συνωστισμένου πλήθους και το μοντέλο της πίεσης- δύναμης. Κατά την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε στην παρούσα έρευνα, πολλές από τις εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις των μαθητών, εντάσσονταν στα δυο αυτά εναλλακτικά μοντέλα και ερμηνεύονται μέσω αυτών.

Ισχυρές συσχετίσεις παρουσιάζονται και μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών για την υδροστατική πίεση, σε σχέση με τις αντιλήψεις τους για την επίπλευση των σωμάτων. Συγκεκριμένα, βάση των ευρημάτων της παρούσας έρευνας, συμπεραίνουμε ότι οι μαθητές που εξαρτούν το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα και το βάρος των σωμάτων,

ταυτόχρονα θεωρούν ότι η ικανότητα επίπλευσης των σωμάτων εξαρτάται από τα ίδια χαρακτηριστικά. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η σχέση μεταξύ της υδροστατικής πίεσης καθώς και της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων είναι ζητήματα με τα οποία οι μαθητές θα πρέπει να εμπλακούν για να μπορέσουν να τα κατανοήσουν. Τα παιδιά βρίσκουν δυσκολία στο να μετατοπίσουν την εστίασή τους από τα άμεσα και προφανή χαρακτηριστικά του υγρού στο οποίο βυθίζεται ένα σώμα καθώς και τα χαρακτηριστικά του βυθιζόμενου σώματος, στην υδροστατική πίεση ή στην επίπλευση των σωμάτων. Κάνουν υποθέσεις σχετικά με τα αίτια και τα αποτελέσματα και προσδοκούν να εξηγήσουν τη συμπεριφορά των σχετικών φαινομένων, χωρίς όμως να λαμβάνουν υπόψη τους μη προφανή αίτια και αποτελέσματα.

Όσον αφορά το διδακτικό κομμάτι, υποθέτουμε ότι το χαμηλό ποσοστό αποδεκτών απαντήσεων στην Α' Ενότητα που αφορούσε την έννοια της υδροστατικής πίεσης, μπορεί να αποδοθεί και στο γεγονός ότι η διαπραγμάτευση της έννοιας της πίεσης και των μεταβολών της στα σχολικά βιβλία δεν γίνεται με μια μέθοδο ενεργού /εποικοδομητικής μάθησης. Η έννοια της πίεσης που ασκούν τα ρευστά αντιμετωπίζεται σύντομα, ενώ η έμφαση δίδεται σε επιφανειακές ποσοτικές εφαρμογές και προβλήματα, παραμερίζοντας τη βαθύτερη ποιοτική κατανόηση (deBerg 1992). Οι διδάσκοντες εστιάζουν τη διδασκαλία τους περισσότερο σε δεδομένα και περιγραφές, παρά σε αίτια και σε σχέσεις παραγόντων (Newton & Newton 2000).

Ως προς το φαινόμενο της επίπλευσης και της βύθισης των σωμάτων φαίνεται ότι όλοι οι μαθητές καταφέρνουν να κάνουν διάκριση μεταξύ των σωμάτων που επιπλέουν και εκείνων που βυθίζονται στο νερό και να δώσουν σχετικά παραδείγματα. Όμως, οι περιπτώσεις των μαθητών που ερμηνεύουν σωστά το φαινόμενο με βάση τη σύγκριση πυκνοτήτων είναι ελάχιστες, ορισμένα παιδιά κάνουν λόγο για την ύπαρξη κάποιας δύναμης, αλλά κανένα δεν καταφέρνει να το αντιληφθεί ως ισορροπία δυνάμεων, ενώ οι παράγοντες που θεωρούνται από την πλειοψηφία τους, ότι ευθύνονται για αυτό το φαινόμενο, είναι το βάρος του σώματος, η ύπαρξη αέρα στο εσωτερικό του, καθώς επίσης και το σχήμα του.

Όσον αφορά το επίπεδο επίπλευσης των σωμάτων, οι αντιλήψεις που διατηρούν οι μαθητές, εκτός του ότι δεν είναι σύμφωνες με την επιστημονικά ορθή γνώση, ταυτόχρονα είναι συγκεκριμένες και δεν έχουν συνεπή δομή. Γνωρίζουμε ότι όσο βαθύτερα βυθίζεται ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη της άνωσης που δέχεται (αφού εκτοπίζει μεγαλύτερο όγκο υγρού) προκειμένου να εξισορροπήσει τη δύναμη του βάρους του. Όμως κανένας από τους μαθητές δεν έδειξε να έχει αντιληφθεί την επίπλευση ως ισορροπία δυνάμεων, επομένως δεν αντιμετώπισε και το επίπεδο επίπλευσης ως επίπεδο ισορροπίας του σώματος. Αν και θεωρούν ότι το επίπεδο επίπλευσης εξαρτάται από το βάρος των σωμάτων, κανένας δεν έδωσε μια ολοκληρωμένη απάντηση για το λόγο που συμβαίνει αυτό. Αντιθέτως, αρκετοί μαθητές αναφέρθηκαν στην έννοια της άνωσης, χρησιμοποιώντας την με λανθασμένο τρόπο και εξάγοντας λανθασμένα συμπεράσματα. Επίσης, η ποσότητα ενός υγρού, θεωρείται από ένα μεγάλο μέρος των μαθητών ότι επηρεάζει το επίπεδο επίπλευσης πιθανότατα, είτε λόγω της χρήσης εναλλακτικών μοντέλων για την πίεση, - όπου παρατηρούμε σύγχυση της πίεσης που αυξάνεται με το βάθος με την άνωση της οποίας το μέτρο εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού (Kariotoglou & Psillos, 1993)- είτε επειδή η αντίληψη της συμπίεστικότητας των υγρών οδηγεί στην άποψη ότι το μέγεθος του δοχείου ή η ποσότητα του νερού μεταβάλλει την πυκνότητα του. Σύμφωνα με τις αντιλήψεις των μαθητών, η πυκνότητα του υγρού επηρεάζει το

επίπεδο επίπλευσης του. Η αντίληψη αυτή, αν και είναι σύμφωνη με την επιστημονικά ορθή γνώση, οι μαθητές δεν την συνδέουν με τη δύναμη της άνωσης.

Τέλος, όσον αφορά τον όγκο του εκτοπιζόμενου υγρού, οι μαθητές φαίνεται να τον συνδέουν με αρκετούς παράγοντες, όπως το σχήμα, το βάρος και την πυκνότητα του σώματος. Όμως ελάχιστοι ήταν εκείνοι, που έκαναν το διαχωρισμό, μεταξύ όγκου σώματος και όγκου βυθισμένου τμήματος σώματος, από το οποίο εξαρτάται το εκτοπιζόμενο υγρό. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι σχεδόν κανένας από τους μαθητές, δε συνέδεσε το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού με την δύναμη της άνωσης, την οποία ανέφεραν συχνά στις αιτιολογήσεις τους.

Έχει αποδειχθεί ερευνητικά ότι οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών διατηρούνται μετά τη διδασκαλία και ότι οι μαθητές τις χρησιμοποιούν για να κατανοήσουν όσα διδάσκονται. Συνεπώς, για να πετύχει ο εκπαιδευτικός ουσιαστική μάθηση με τη διδακτική του παρέμβαση, είναι απαραίτητο να γνωρίζει τι υπάρχει ήδη στη γνωστική δομή των μαθητών.

Από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, προκύπτει ότι ο εκπαιδευτικός, για να βοηθήσει τους μαθητές να οικοδομήσουν τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης και της πλεύσης των σωμάτων, θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι γνωρίζουν τις βασικές ιδιότητες των ρευστών, δίνοντας ιδιαίτερο βάρος στο γεγονός ότι τα ρευστά δεν είναι συμπιεστά. Έπειτα, ακολουθώντας εποικοδομητικό τρόπο διδασκαλίας, πρέπει να αποσαφηνίσει τα εμπλεκόμενα μεγέθη αλλά και τις σχέσεις που τα διέπουν, ώστε να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή και να μπορέσουν οι μαθητές να κατακτήσουν την επιστημονική γνώση.

Η παρουσίαση μιας σειράς δεδομένων, περιγραφών και ορισμών δεν είναι αρκετή για την κατανόηση τους. Η παρουσίαση και η διερεύνηση απλών παραδειγμάτων από την καθημερινότητα αλλά και πειραμάτων με απλά υλικά, όπως αυτά που περιγράφουν οι τεθείς ερωτήσεις, φέρνουν τους μαθητές αντιμέτωπους με κάτι προβληματικό γι' αυτούς, λόγω των ατελών γνώσεών τους και της πολυπλοκότητας που εμπεριέχει μια πειραματική ή πραγματική κατάσταση. Μέσα από μια τέτοια διδακτική μεθοδολογία μπορεί να ενισχυθεί η κατανόηση των εννοιών και ο μαθητής να ασκείται στο να εφαρμόζει με τρόπο παραγωγικό ένα πλέγμα επιμέρους δεδομένων και εννοιών στο πλαίσιο κάποιων γενικών αρχών.

Θεωρούμε ότι θα πρέπει να γίνει σοβαρή προσπάθεια από όλους τους φορείς της εκπαίδευσης, ώστε και στη χώρα μας να εφαρμοσθεί μια σύγχρονη μέθοδος διδασκαλίας της φυσικής στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση και να μην συνεχίζεται η γνωστή παραδοσιακή διδασκαλία, η οποία έχει αποδειχτεί ότι δεν μπορεί να επιφέρει εννοιολογικές αλλαγές στις παρανοήσεις των μαθητών. Επίσης πιστεύουμε ότι οι εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, πριν τη διδασκαλία τους, θα πρέπει να λάβουν σοβαρά υπόψη τους το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών τους, καθώς και τις αντιλήψεις που «κουβαλάνε» στη σχολική τάξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ausubel, D.P. (1968) *“Educational psychology, A Cognitive View”* New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Βάμβουκας Μ. *«Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία»* Εκδ. Γρηγόρης, Αθήνα 1998.
- Baxter, J. (1989) *«Children’s understanding of familiar astronomical event»* International Journal Science Education vol.11 pp 502-513.
- Biddulph, F. & Osborne, R. (1984) *«Pupils ideas about Floating and Sinking»* Paper presented to Australian Science Education Research Association Conference, May, Melbourne, Australia.
- Βοσνιάδου, Σ. (2002), *«Πως μαθαίνουν οι μαθητές»*, Σειρά Ψυχολογίας, Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Brook, A. and Driver, R. (1984) *«Aspects of secondary students’ understanding of energy: full report»* Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Bruner, J.S. (1959) *«Η διαδικασία της Παιδείας»*, Μετάφραση Κληρίδη, Χ. Εκδόσεις : Καράβια, Αθήνα.
- Dow W. M., Auld J. & Wilson D. (1978). *“Pupils’ conceptions of gases, liquids and solids”* Dundee College of Education.
- Driver, R. and Easley, J. (1978) *«Pupils and Paradigms: a Review of Literature related to Concept Development in Adolescent Science Students»*, Science Education, 5, pp 61-84.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986) *“A constructivist approach to curriculum development in science”*, Studies in Science Education, 18, 105-122.
- Driver, R. Squires, A. Rushworth, P. Wood-Robinson V. (2002) *«Οικο-δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών»* (Επιμ. Κόκκοτας Π.) Αθήνα: Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Driver, R. Guesne, E. Tiberghin, A. (1985/1993) *«Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες»* (ελληνική μετάφραση). Εκδόσεις : Τροχαλία, Ε.Ε.Φ., Αθήνα.
- Einstein, A. and Infeld, L. (1928/78), *«Η εξέλιξη των ιδεών στη Φυσική»* (ελληνική μετάφραση), Εκδόσεις Δωδώνη, Αθήνα.
- Gibson, J. (1997) *“Floating and sinking again”* Primary Science Review, 46, 10-11.

- Havu-Nuutinen Sari (2005) “Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective” *International Journal of Science Education*, vol.27, n 3, p. 259-279.
- Henriques, L. (1987) «*A study to define and verify a model of interactive-constructive elementary school science teaching.*» Unpublished Phd Dissertation, Iowa City, IA: University of Iowa.
- Heywood D. & Parker J. (2001) “*Describing the cognitive landscape in learning and teaching about forces.*” *International Journal of Science Education*, 23 (11), 1177-1199.
- Inhelder B. & Piaget J. (1958) “*The growth of logical thinking from childhood to adolescence*” Routledge & Kegan Paul, London.
- Joshua, S., & Dupin, J.J. (1987) «*Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics.*» *Cognition and Instruction*, 4 , 117-135.
- Καρανίκας, Ι. (1996) «*Μελέτη των προβλημάτων της Διδασκαλία των θερμικών Φαινομένων, Πρόταση για Εποικοδομητική Προσέγγιση στη διδασκαλία και στη Μάθηση των θερμικών Φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ*» Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καριώτογλου, Π. (1991) «*Προβλήματα της διδασκαλίας και μάθησης της Μηχανικής των Ρευστών στο Γυμνάσιο.*» Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
- Kariotoglou, P. and Psilos, D. (1993). “*Pupils' pressure models and their implications for instruction.*” *Research in Science and Technological Education*, 11 (1), 95-108.
- Καψάλης, Α. (1990) «*Η επίδραση της επιείκειας στα λάθη κοινωνικής αντίληψης κατά την αξιολόγηση των Εκθέσεων*», Παιδαγωγική Επιθεώρηση, τ. 13, σελ.205-217.
- Κόκκοτας, Π. (2002) “*Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*”, Μέρος ΙΙ, (3η εκδ.) Αθήνα: Ιδίου.
- Κόκκοτας, Π. (1988) «*Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*», Εκδ.Γρηγόρη, 2η έκδ., σ.29-30.
- Κολιόπουλος, Δ. (2005) «*Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*» Εκδόσεις: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006) «*Θέματα διδακτικής των Φυσικών Επιστημών . Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*» Εκδόσεις: Μεταίχμιο.

- Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (1998), «*Η έννοια της ενέργειας στη σκέψη των μαθητών. Ερευνητικά ευρήματα και διδακτικές επιπτώσεις*». Σύγχρονη Εκπαίδευση, τόμος , αρ. 100, σελ. 69-77.
- Κουμαράς, Π. (1989) «*Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*» Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κορδάκη, Μ. (2000) «*Διδακτική της Πληροφορικής : Ο Υπολογιστής ως αντικείμενο και ως εργαλείο μάθησης*». Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πάτρα, 2000.
- Κουζέλης, Γ. (1991) «*Από τον βιοματικό στον επιστημονικό κόσμο*» Κριτική, Αθήνα.
- Light, P. Brinkam, F. & Vonk, H.(1991) Eur.J. Teacher Education, τ 14, No 1 Πρακτικά Α΄ Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής, Αθήνα 1978.
- Μακράκης Β. (1997) «*Ανάλυση Δεδομένων στην επιστημονική έρευνα με τη χρήση του SPSS.*» Εκδ. Gutenberg, Αθήνα.
- Μатσαγγούρας, Η. (1997) «*Θεωρία και Πράξη της Διδασκαλίας: Στρατηγικές Διδασκαλίας*». Αθήνα, Εκδ. Gutenberg.
- Neisser, U. (1985), «*The role of theory in the ecological study of memory: Comment on Bruce*», *Journal of Experimental Psychology* 114 (2): 272–276.
- Παπαναστασίου, Κ. (1996) «*Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*» Λευκωσία: Εκδόσεις συγγραφέως.
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2001) «*Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας. Συνολική Προσέγγιση*», Αθήνα.
- Pope, M. and Gilbert J. (1983) «*Personal Experience and the construction of knowledge in Science*» *Science Education* 67 pp 193-203.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). «*Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change*» "Science Education," 66 (2), 211-227.
- Raghavan K., Sartoris M.L. & Glaser R. (1998). «*Why does it go up? The impact of the MARS curriculum as revealed through changes in student explanations of helium balloon.*» *Journal of Research in Science Teaching* , 35 (5), 547-567.

- Resnick, L. (1989) «*Introduction In L.Resnick (Ed). .Knowing, learning and instruction:Essays in honor of Robert Glaser*» (pp 1-24). Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Rogers, C. (1969) «*Freedom to Learn: A View of What Education Might Become*» (1st ed.) Columbus, Ohio: Charles Merrill.
- Σκούμιος, Μ., Ψυχάρης, Σ. (2008) «*Επεξεργασία αντιλήψεων μαθητών για την πλεύση και βύθιση των σωμάτων*» Ιδέες μαθητών και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ΕΔΙΦΕ 2008.
- Skinner (1968) «*The Technology of Teaching*» New York: Appleton-Century-Crofts Library of Congress Card Number 68-12340.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985) “*On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density.*” *Cognition*, 21, 177-237.
- Smith, C., Snir, J., & Grosslight, L. (1992) “*Using conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight-density differentiation.*” *Cognition and Instruction*, 9, 221-283.
- Σολομωνίδου, Χ. (1999) “*Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Μέσα, υλικά, διδακτική χρήση και αξιοποίηση*” Εκδόσεις: Καστανιώτη.
- Σπυροπούλου- Κατσάνη, Δ. (2000) «*Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*» Εκδόσεις: Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Σταυρίδου Ε. (1995), «*Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και Διαδικασίες Μάθησης*», Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλας.
- Ταμπάκης Π. & Σταυρίδου Ε. (2008) «*Υδροστατική πίεση, επίπλευση και βύθιση των σωμάτων: Μια πρόταση για παραγωγή διδακτικού υλικού με βάση τις ιδέες των παιδιών Ε' και ΣΤ' τάξης δημοτικού σχολείου*» ΈΔΙΦΕ 2008.
- Ταμπάκης Π. (2006) “*Διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριων Ε' και ΣΤ' τάξης Δημοτικού Σχολείου πάνω σε έννοιες και φαινόμενα που σχετίζονται με την υδροστατική πίεση, την επίπλευση και τη βύθιση των σωμάτων και παραγωγή αντίστοιχου διδακτικού υλικού.*” Πτυχιακή εργασία του Π.Μ.Σ. Του Π.Τ.Δ.Ε. : Σύγχρονα Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή Διδακτικού Υλικού, Βόλος: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Thorndike, E. (1913) «*Education Psychology: briefer course*» New York: Routledge.

- Τριλιανός, Α. (2004) «*Μάθηση και σχολείο*», στο συλλογικό τόμο Συμβουλευτικής Γονέων της Γενικής Γραμματείας Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα, σ. 5-8.
- Unesco, «*Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και στο γυμνάσιο*», Εκδ. Εκπαιδευτικά Θέματα, Αθήνα 1985, σελ. 21.
- Φλουρής, Γ. (2003) «*Σκέψεις για την αναζήτηση ενός πλαισίου επιμόρφωσης και δια βίου μάθησης των εκπαιδευτικών στην κοινωνία της γνώσης*» στο Χουρδάκης, Α., κ.α. (επιμ), *100 χρόνια από την ίδρυση του Διδασκαλείου στην Κρήτη. Από τα Διδασκαλεία εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στα Διδασκαλεία μετεκπαίδευσης*, Ρέθυμνο, Αθήνα: εκδ. Ατραπός.
- Viennot, L. (1985) «*Analysing student's reasoning : Tendencies in Inderpreration*», *American Journal Physics*, 53 (5), pp 432-436.
- Viennot, L., (1979), «*Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics.*» *European Journal of Science Education*. 1 (2), 205-221.
- Vygotsky, L.S. (1978) «*Mind and society: The development of higher psychological processes*» Cambridge, MA: Harvard University Press.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1^ο – ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Εναλλακτικές ιδέες/ αντιλήψεις (alternative conceptions) και Λανθασμένες ιδέες/ αντιλήψεις (misconceptions) στις Φυσικές Επιστήμες.

Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αποτελεί μέρος έρευνας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Παν/μίου Κρήτης και θα προσπαθήσει να συμβάλει στην ανάδειξη, καταγραφή και διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών και των παρερμηνειών που έχουν οι μαθητές της Β' Τάξης του Γυμνασίου στα θέματα της υδροστατικής πίεσης, της επίπλευσης και βύθισης των σωμάτων.

ΦΥΛΟ: **ΑΓΟΡΙ** **ΚΟΡΙΤΣΙ**
ΣΧΟΛΕΙΟ:

ΕΝΟΤΗΤΑ Α': *Υδροστατική πίεση*

Ερώτηση 1^η:

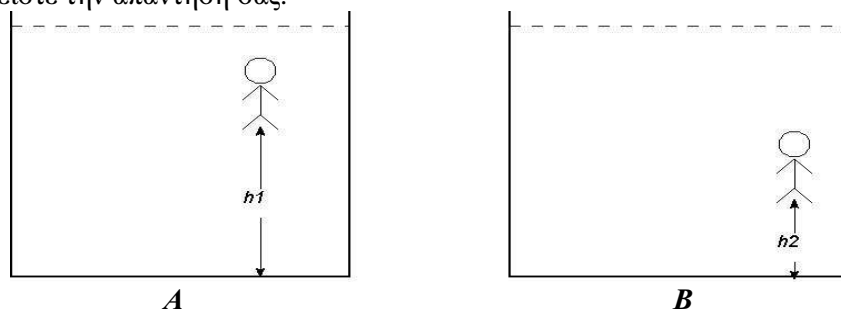
Όταν κάνεις βουτιές στη θάλασσα, αισθάνεσαι πίεση στα αυτιά σου. Η πίεση που αισθάνεσαι είναι η υδροστατική πίεση. Εξηγήστε, με απλά λόγια, πως αντιλαμβάνεστε την έννοια της υδροστατικής πίεσης.

Ερώτηση 2^η:

Δυο φίλοι βουτάνε στην ίδια πισίνα αλλά σε διαφορετικό βάθος ο καθένας. Ποιός από τους δυο αισθάνεται μεγαλύτερη τη πίεση του νερού?

- α) ο Α
- β) ο Β
- γ) αισθάνονται την ίδια πίεση

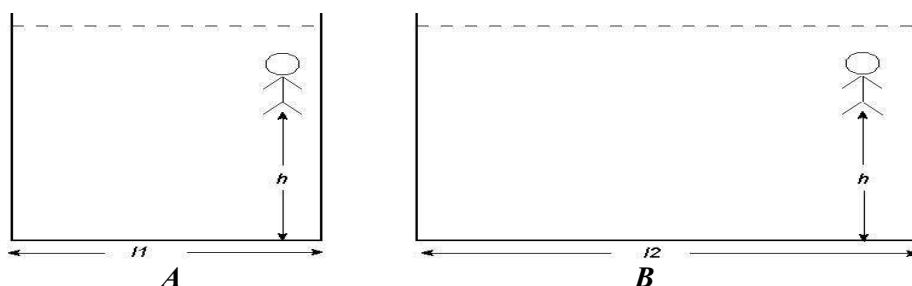
Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 3^η:

Δυο φίλοι βουτούν στο ίδιο βάθος, αλλά σε πισίνες διαφορετικού μήκους. Ποιος από τους δυο αισθάνεται μεγαλύτερη την πίεση του νερού?

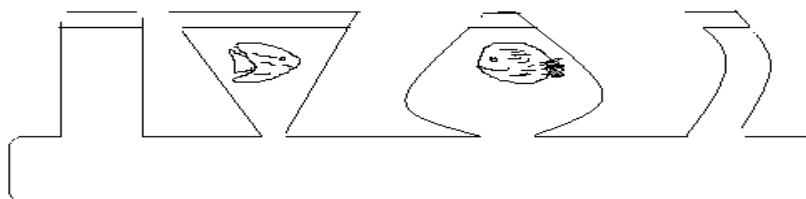
- α) ο A
 - β) ο B
 - γ) αισθάνονται την ίδια πίεση
- Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 4^η:

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται τέσσερα συγκοινωνούντα δοχεία – με διαφορετικό σχήμα το καθένα – που περιέχουν νερό. Δυο χρυσόψαρα, βρίσκονται στο ίδιο ύψος από το πυθμένα αλλά σε δοχεία με διαφορετικό σχήμα. Ποιο από τα δυο χρυσόψαρα νιώθει μεγαλύτερη πίεση?

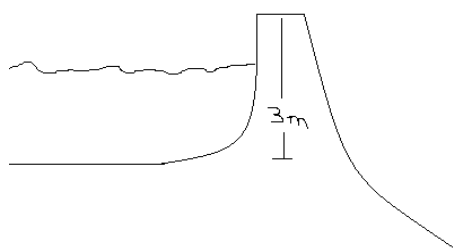
- α) το A
 - β) το B
 - γ) αισθάνονται την ίδια πίεση
- Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



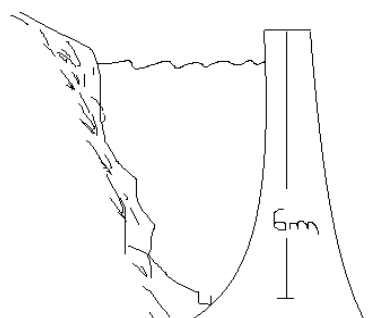
Ερώτηση 5^η:

Οι λίμνες του σχήματος συγκρατούνται από φράγματα. Το σχήμα A, απεικονίζει μια μεγάλη αλλά ρηχή λίμνη ενώ το σχήμα B, μια μικρή αλλά βαθιά λίμνη. Η μέση πίεση που ασκείται από το νερό στο φράγμα είναι μεγαλύτερη:

- α) στο φράγμα A
 - β) στο φράγμα B
 - γ) είναι ίση και στα δυο φράγματα.
- Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Μεγάλη αλλά ρηχή λίμνη
A



Μικρή αλλά βαθιά λίμνη
B

Ερώτηση 6^η:

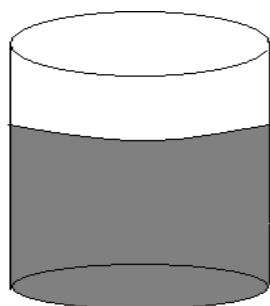
Ένας δύτης είναι βυθισμένος στο νερό. Προς ποια κατεύθυνση αν στρέψει το κεφάλι του, θα νιώσει εντονότερη την πίεση στα αυτιά του?
Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 7^η:

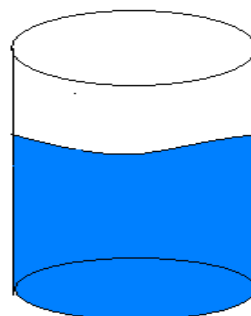
Τα δυο δοχεία του σχήματος είναι ίδια και περιέχουν το ένα νερό και ο άλλο οινόπνευμα. Το ύψος του νερού και του οινοπνεύματος είναι και στα δυο δοχεία το ίδιο. Αν αφήσουμε το ίδιο αντικείμενο στο πυθμένα των δυο δοχείων, σε ποιο δοχείο θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση?

- α) στο Α
- β) στο Β
- γ) θα δεχθεί ίση πίεση

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Νερό
A



Οινόπνευμα
B

Ερώτηση 8^η:

Ένας αστροναύτης, όταν ζυγιστεί στη σελήνη, το βάρος του είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος του στη Γη. Αν μεταφέρουμε ένα κλειστό δοχείο με νερό στην επιφάνεια της σελήνης, η υδροστατική πίεση στο πυθμένα του δοχείου

- α) θα είναι μεγαλύτερη
- β) θα είναι μικρότερη
- γ) δε θα μεταβληθεί

σε σχέση με την υδροστατική πίεση στο πυθμένα του δοχείου όταν αυτό βρισκόταν στην επιφάνεια της Γης;

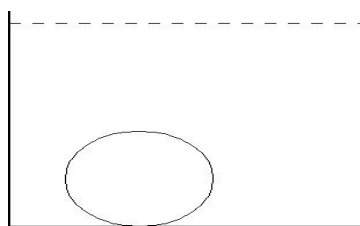
Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 9^η:

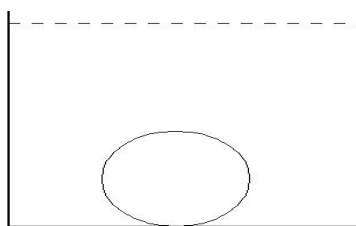
Σε ένα δοχείο με νερό, βυθίζουμε μια σφαίρα από σίδηρο και μια σφαίρα από αλουμίνιο. Οι δυο σφαίρες έχουν ίδιο όγκο, ίσο με 10 cm^3 και βρίσκονται στο πυθμένα του δοχείου. Ποια από τις δυο σφαίρες θα δεχθεί μεγαλύτερη πίεση?

- α) η Α
- β) η Β
- γ) θα δεχτούν την ίδια πίεση

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Αλουμίνιο
A



Σίδηρος
B

Ερώτηση 10^η:

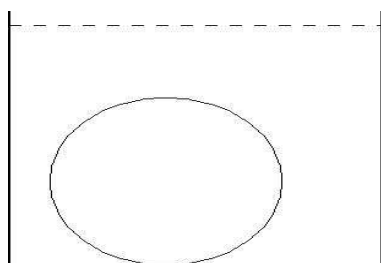
Σε ένα δοχείο με νερό, βυθίζουμε μια σφαίρα από σίδηρο και μια σφαίρα από αλουμίνιο. Οι δυο σφαίρες έχουν βάρος 10 N και βρίσκονται στο πυθμένα του δοχείου. Ποια από τις δυο σφαίρες θα δεχτεί μεγαλύτερη πίεση?

α) η A

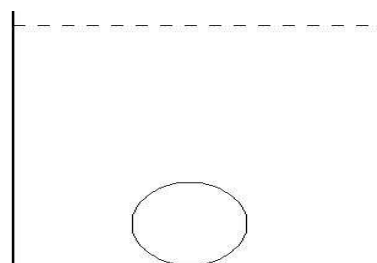
β) η B

γ) θα δεχτούν την ίδια πίεση

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Αλουμίνιο
A



Σίδηρος
B

ΕΝΟΤΗΤΑ Β': Επίπλευση –βύθιση σωμάτων

Ερώτηση 1^η:

Κάποια σώματα επιπλέουν στο νερό ενώ άλλα βυθίζονται. Γιατί συμβαίνει αυτό? Δώστε μερικά παραδείγματα για κάθε περίπτωση.

Ερώτηση 2^η:

Σε ένα δοχείο με νερό αφήνουμε ελεύθερα ένα κομμάτι φελλού και ένα κομμάτι σιδηρού – ίδιου όγκου. Τι προβλέπεται ότι θα συμβεί?

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 3^η:

Σε ένα δοχείο με νερό αφήνουμε ελεύθερα δυο κομμάτια από το ίδιο υλικό (π.χ. ξύλο) διαφορετικού όγκου. Τι προβλέπεται ότι θα συμβεί?

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 4^η:

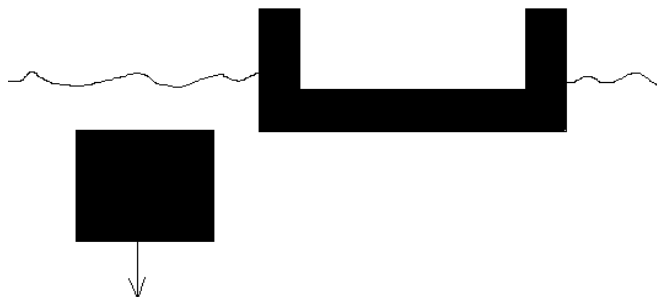
Αν αφήσουμε ελεύθερα στη θάλασσα δυο κομμάτια ξύλου, ένα λεπτό κλαδί και ένα μεγάλο κομμάτι από τον κορμό του δέντρου. Τι προβλέπεται ότι θα συμβεί;

Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 5^η:

Στο παρακάτω σχήμα έχουμε ένα συμπαγή σιδερένιο κύβο ενός τόνου. Όταν τον αφήσουμε ελεύθερο στο νερό παρατηρούμε ότι βυθίζεται. Το ίδιο κομμάτι σιδηρού διαμορφωμένο σε σχήμα λεκάνης, παρατηρούμε ότι επιπλέει.

Γιατί συμβαίνει αυτό?



Ερώτηση 6^η:

Ένα κομμάτι σιδήρος βυθίζεται στο νερό, αλλά ένα σιδερένιο πλοίο επιπλέει. Γιατί? Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 7^η:

Στο σχήμα παρουσιάζεται μια βάρκα που επιπλέει στο νερό.

α) Αν πάνω στη βάρκα τοποθετήσουμε ένα φορτίο, το επίπεδο επίπλευσης της θα παραμείνει το ίδιο?

Σχεδιάστε τη βάρκα και το επίπεδο επίπλευσης μετά την τοποθέτηση του φορτίου.

β) ο όγκος του νερού που θα εκτοπίσει στις δυο περιπτώσεις (όταν είναι άδεια και όταν έχει επιπλέον φορτίο), θα είναι ο ίδιος?

Δικαιολογείστε τις απαντήσεις σας.



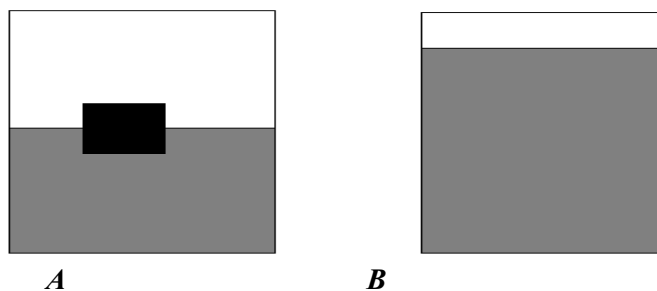
Ερώτηση 8^η:

Τα δυο δοχεία του σχήματος περιέχουν νερό. Το δοχείο Α περιέχει μικρότερη ποσότητα νερού από το δοχείο Β. Αφήνουμε ένα σώμα στο δοχείο Α και επιπλέει. Να σχεδιάσετε πως θα επιπλεύσει το ίδιο σώμα αν το αφήσουμε στο δοχείο Β.

α) Θα αλλάξει το επίπεδο επίπλευσης του?

β) Ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού θα είναι ο ίδιος και στις δυο περιπτώσεις?

Δικαιολογείστε τις απαντήσεις σας.



Ερώτηση 9^η:

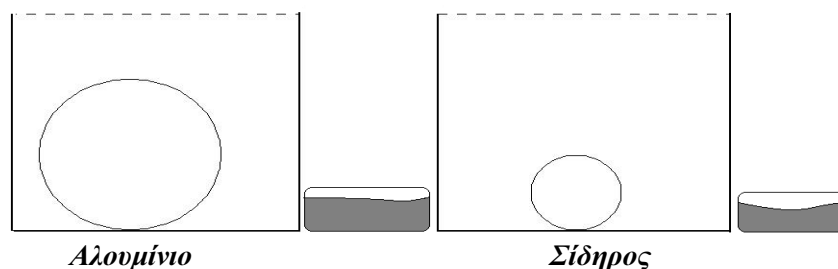
Ένα πλοίο επιπλέει στο αλμυρό νερό
 α) ψηλότερα
 β) χαμηλότερα
 γ) στο ίδιο επίπεδο
 με το επίπεδο επίπλευσης στο γλυκό νερό?
 Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 10^η:

Δυο φίλοι βρίσκονταν σε ένα μπαράκι. Ο Κώστας παρήγγειλε χυμό πορτοκαλιού και ο Νίκος ούισκι με πάγο. Όταν ήρθαν τα ποτά, οι δυο φίλοι πρόσεξαν ότι τα παγάκια ήταν βυθισμένα σε διαφορετικό βάθος. Τι συμπέρασμα βγάζεται για τα δύο ποτά?
 Δικαιολογείστε την απάντησή σας.

Ερώτηση 11^η:

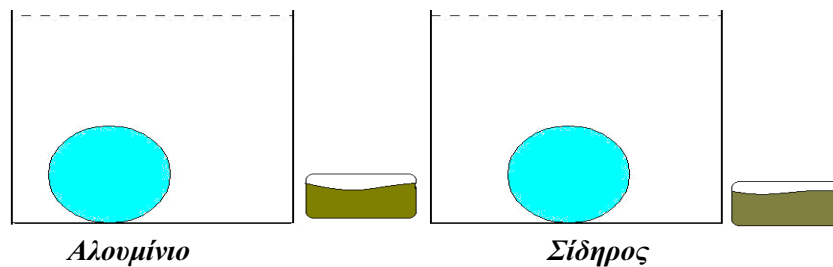
Ένα κομμάτι αλουμινίου βάρους 10 N τοποθετείται σε ένα δοχείο γεμάτο νερό ως τα χείλη. Το ποτήρι ξεχειλίζει. Το ίδιο κάνουμε σε ένα άλλο δοχείο με ένα κομμάτι σιδήρου βάρους 10 N. Ο σίδηρος εκτοπίζει
 α) μεγαλύτερη
 β) μικρότερη
 γ) ίση
 ποσότητα νερού με αυτή που εκτόπισε το αλουμίνιο;
 Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 12^η:

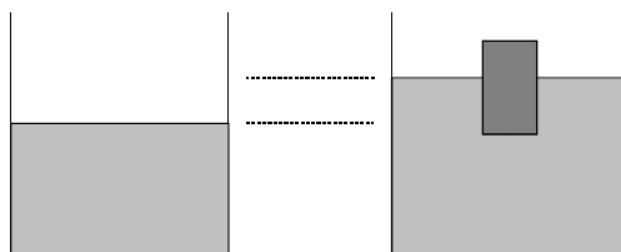
Ένα κομμάτι αλουμινίου όγκου 10 cm^3 τοποθετείται σε ένα ποτήρι γεμάτο νερό ως τα χείλη. Το ποτήρι ξεχειλίζει. Το ίδιο κάνουμε σε ένα άλλο ποτήρι με ένα κομμάτι σιδήρου όγκου 10 cm^3 . Ο σίδηρος εκτοπίζει

- α) μεγαλύτερη
β) μικρότερη
γ) ίση
ποσότητα νερού με αυτή που εκτόπισε το αλουμίνιο;
Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



Ερώτηση 13^η:

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι η στάθμη του δοχείου ανέβηκε όταν αφήσαμε ένα κομμάτι ξύλο να επιπλεύσει. Από τι εξαρτάται η άνοδος της στάθμης;
Δικαιολογείστε την απάντησή σας.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2^ο

Πίνακες & Ραβδογράμματα Συχνοτήτων

Α' Μέρος – Υδροστατική Πίεση

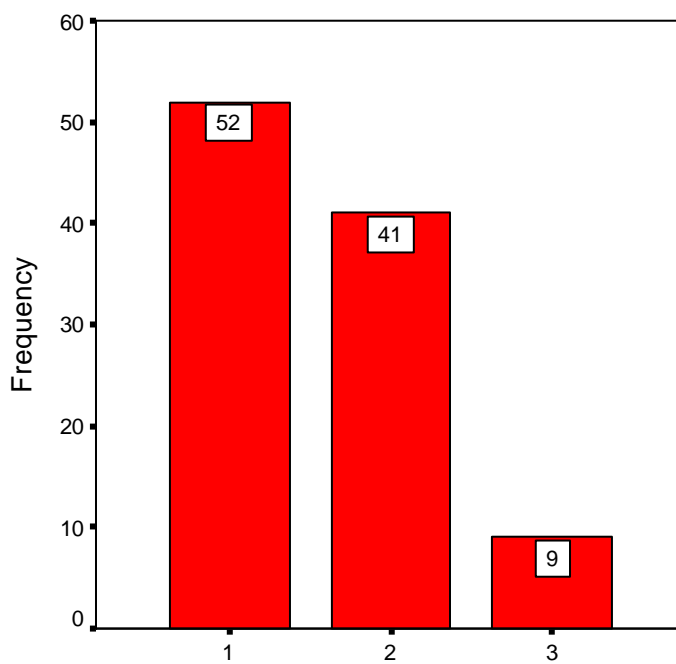
Οι αντιλήψεις των μαθητών για:

1. την έννοια της υδροστατικής πίεσης

A1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	52	40,3	51,0	51,0
	2	41	31,8	40,2	91,2
	3	9	7,0	8,8	100,0
	Total	102	79,1	100,0	
Missing	0	27	20,9		
Total		129	100,0		

A1

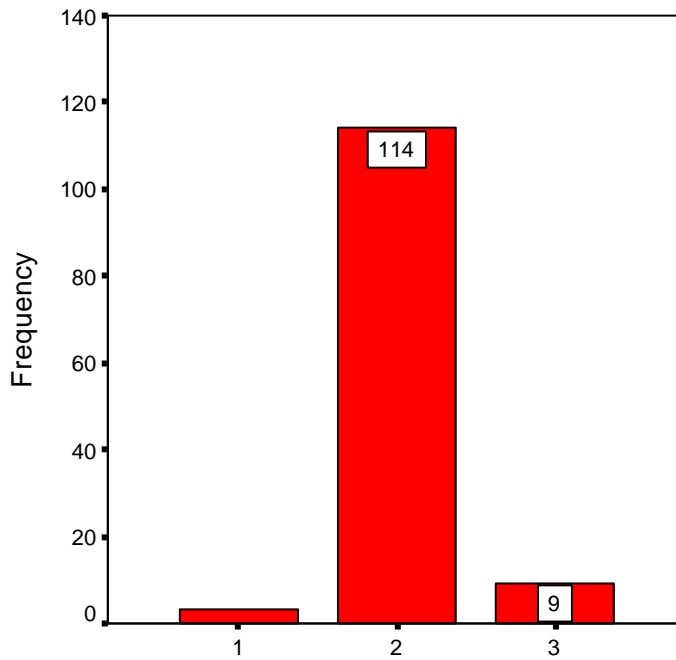


2. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάθος (h) του σώματος

A2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	3	2,3	2,4	2,4
	2	114	88,4	90,5	92,9
	3	9	7,0	7,1	100,0
	Total	126	97,7	100,0	
Missing	0	3	2,3		
Total		129	100,0		

A2



3. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το μήκος (l) του δοχείου

A3

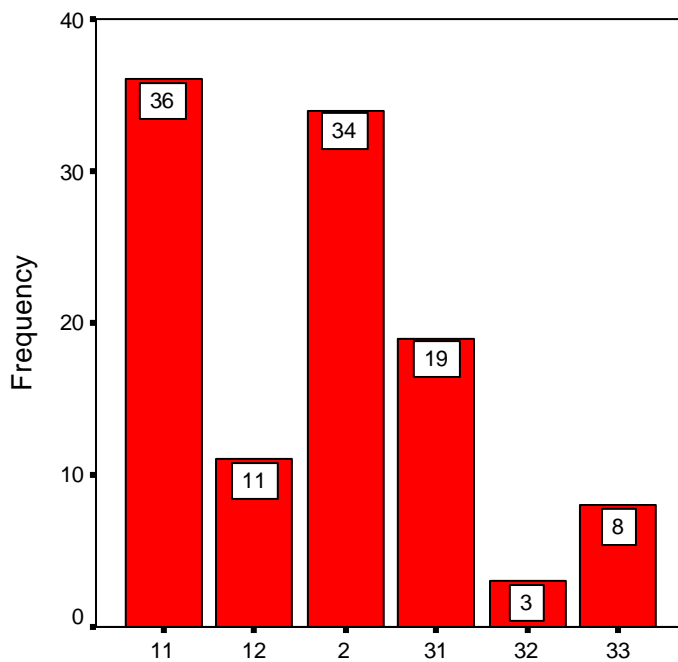
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	45	34,9	38,5	38,5
	12	8	6,2	6,8	45,3
	21	34	26,4	29,1	74,4
	22	7	5,4	6,0	80,3
	31	20	15,5	17,1	97,4
	32	3	2,3	2,6	100,0
	Total	117	90,7	100,0	
Missing	0	12	9,3		
Total		129	100,0		

4. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου

A4

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	36	27,9	32,4	32,4
	12	11	8,5	9,9	42,3
	2	34	26,4	30,6	73,0
	31	19	14,7	17,1	90,1
	32	3	2,3	2,7	92,8
	33	8	6,2	7,2	100,0
	Total	111	86,0	100,0	
Missing	0	18	14,0		
Total		129	100,0		

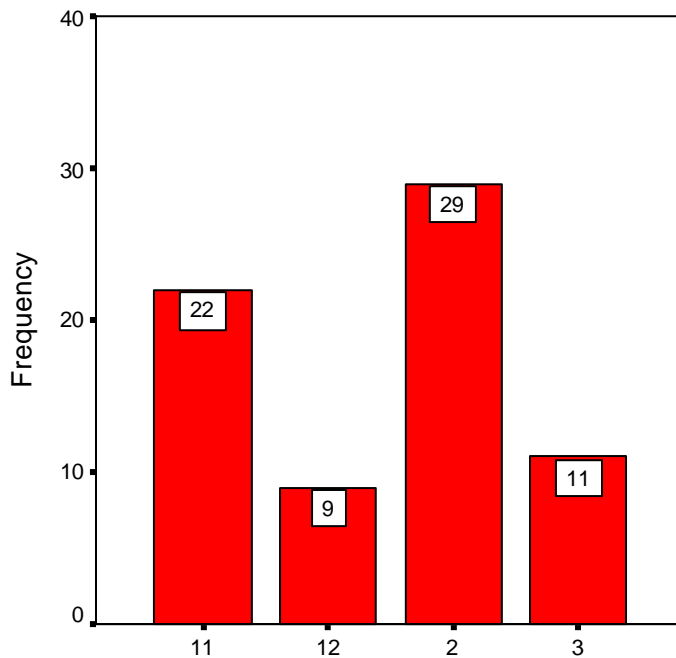
A4



5. την εξάρτηση της «μέσης» υδροστατικής πίεσης από το ύψος (h) του βυθισμένου σώματος

A5

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	22	17,1	31,0	31,0
	12	9	7,0	12,7	43,7
	2	29	22,5	40,8	84,5
	3	11	8,5	15,5	100,0
	Total	71	55,0	100,0	
Missing	0	58	45,0		
Total		129	100,0		

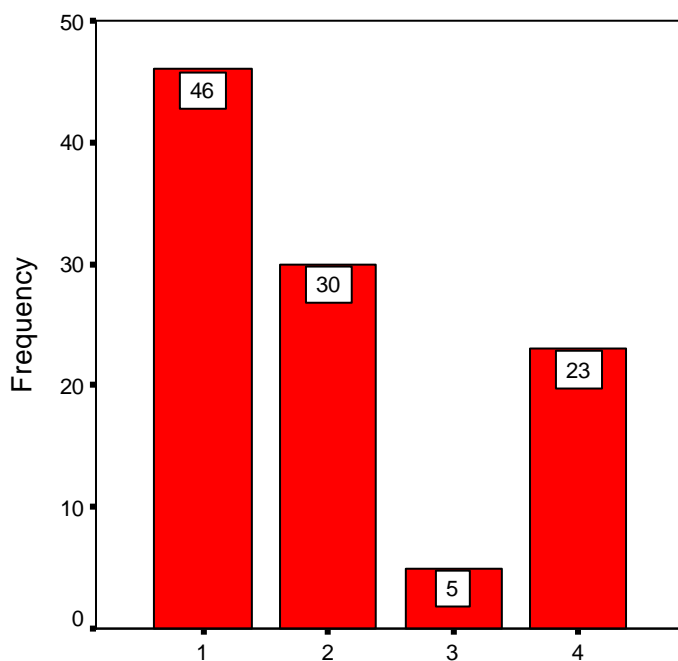
A5

6. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το προσανατολισμό του σώματος

A6

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	46	35,7	46,9	46,9
	2	24	18,6	24,5	71,4
	3	5	3,9	5,1	76,5
	4	23	17,8	23,5	100,0
	Total	98	76,0	100,0	
Missing	0	31	24,0		
Total		129	100,0		

A6

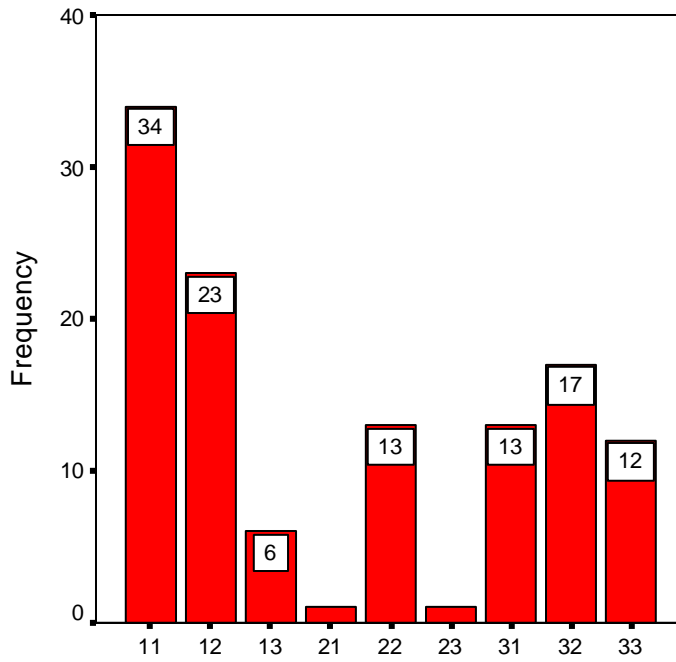


7. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα (ρ) του υγρού

A7

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	34	26,4	28,3	28,3
	12	23	17,8	19,2	47,5
	13	6	4,7	5,0	52,5
	21	1	,8	,8	53,3
	22	13	10,1	10,8	64,2
	23	1	,8	,8	65,0
	31	13	10,1	10,8	75,8
	32	17	13,2	14,2	90,0
	33	12	9,3	10,0	100,0
	Total	120	93,0	100,0	
Missing	0	9	7,0		
Total		129	100,0		

A7

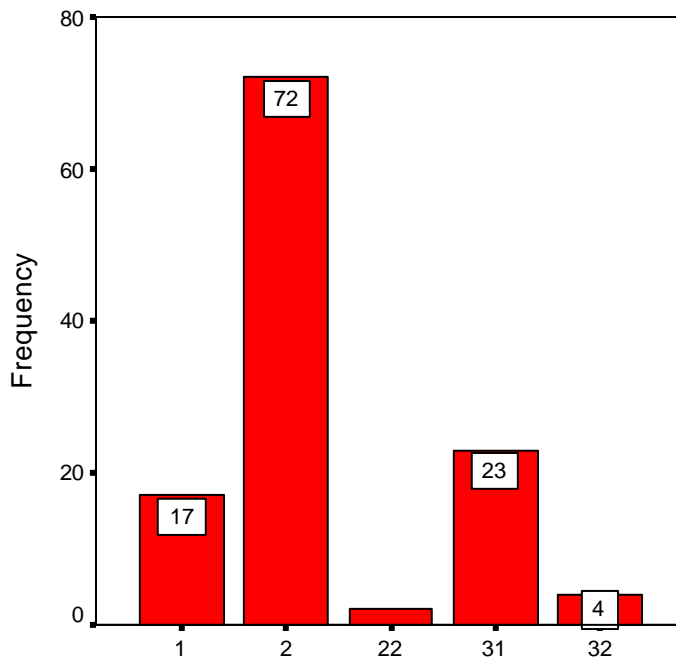


8. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας (g)

A8

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	17	13,2	14,4	14,4
	2	72	55,8	61,0	75,4
	22	2	1,6	1,7	77,1
	31	23	17,8	19,5	96,6
	32	4	3,1	3,4	100,0
	Total	118	91,5	100,0	
Missing	0	11	8,5		
Total		129	100,0		

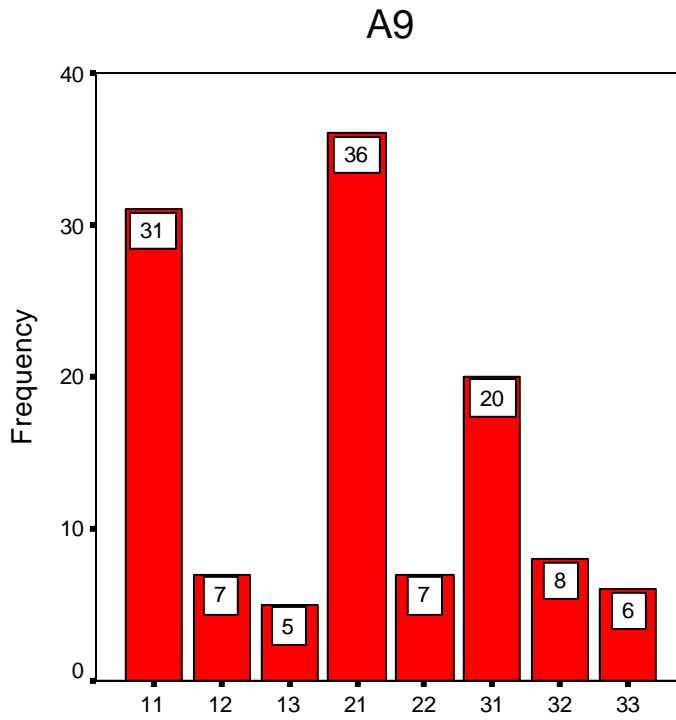
A8



9. την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τον όγκο (*V*) του σώματος

A9

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	31	24,0	25,8	25,8
	12	7	5,4	5,8	31,7
	13	5	3,9	4,2	35,8
	21	36	27,9	30,0	65,8
	22	7	5,4	5,8	71,7
	31	20	15,5	16,7	88,3
	32	8	6,2	6,7	95,0
	33	6	4,7	5,0	100,0
	Total	120	93,0	100,0	
Missing	0	9	7,0		
Total		129	100,0		

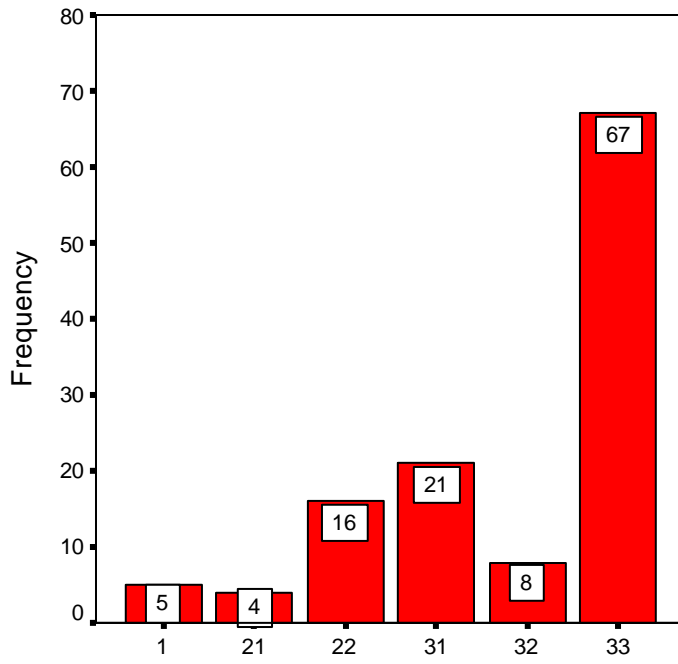


10. Την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάρος/μάζα (B) του σώματος

A10

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	5	3,9	4,1	4,1
	21	4	3,1	3,3	7,4
	22	16	12,4	13,2	20,7
	31	21	16,3	17,4	38,0
	32	8	6,2	6,6	44,6
	33	67	51,9	55,4	100,0
	Total	121	93,8	100,0	
Missing	0	8	6,2		
Total		129	100,0		

A10



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2^ο

Πίνακες & Ραβδογράμματα Συχνοτήτων

Β' Μέρος – Επίπλευση & Βύθιση των σωμάτων

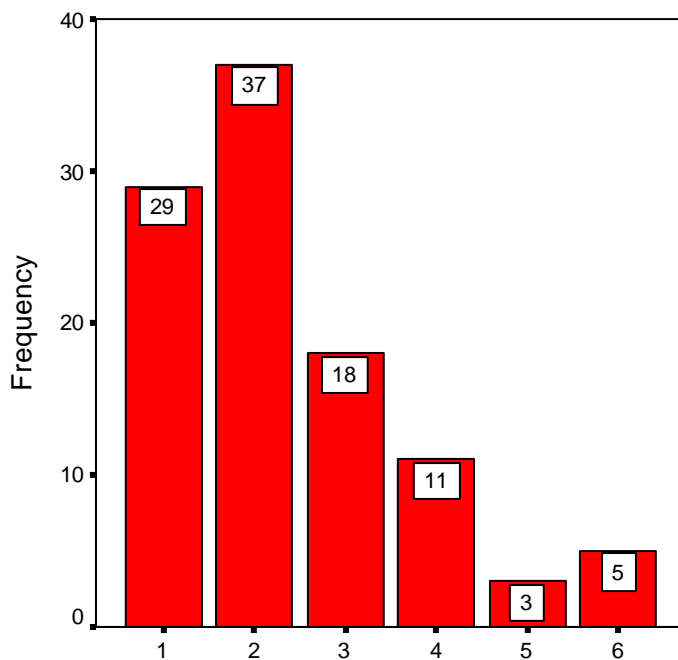
Οι αντιλήψεις των μαθητών για:

1. τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίπλευση/βύθιση των σωμάτων

B1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	29	26,1	28,2	28,2
	2	37	33,3	35,9	64,1
	3	18	16,2	17,5	81,6
	4	11	9,9	10,7	92,2
	5	3	2,7	2,9	95,1
	6	5	4,5	4,9	100,0
	Total	103	92,8	100,0	
Missing	0	8	7,2		
	Total	111	100,0		

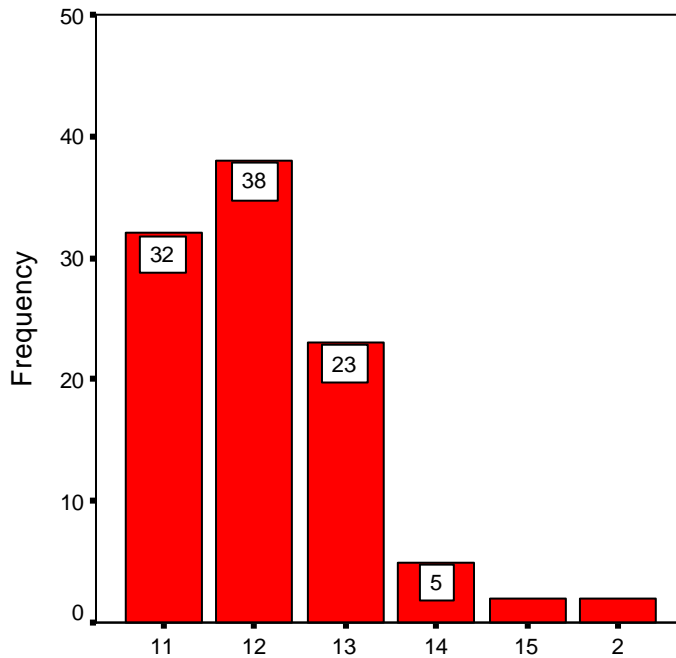
B1



2. την εξάρτηση της επίπλευσης/βύθισης από τη πυκνότητα (ρ) του σώματος

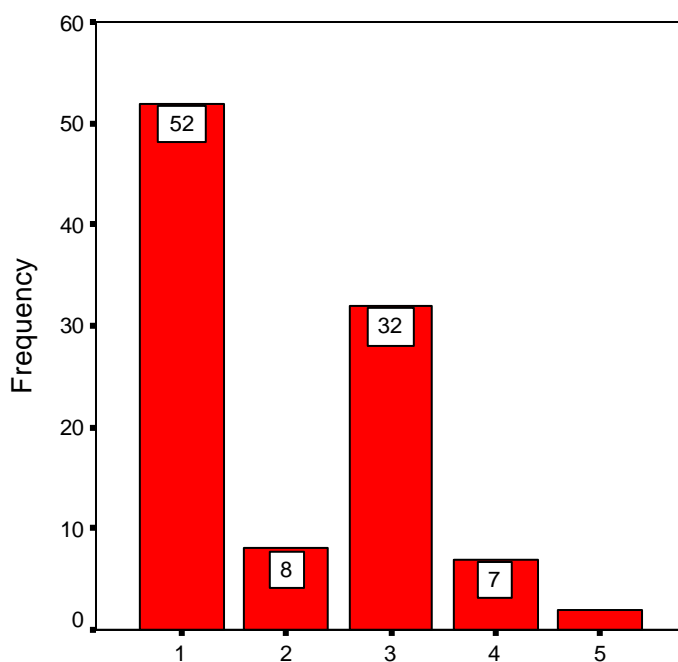
B2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11	32	28,8	31,4	31,4
	12	38	34,2	37,3	68,6
	13	23	20,7	22,5	91,2
	14	5	4,5	4,9	96,1
	15	2	1,8	2,0	98,0
	2	2	1,8	2,0	100,0
	Total	102	91,9	100,0	
Missing	0	9	8,1		
Total		111	100,0		

B2**3. την εξάρτηση της επίπλευσης/βύθισης από τον όγκο (V) του σώματος****B3**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	52	46,8	51,5	51,5
	2	8	7,2	7,9	59,4
	3	32	28,8	31,7	91,1
	4	7	6,3	6,9	98,0
	5	2	1,8	2,0	100,0
	Total	101	91,0	100,0	
Missing	0	10	9,0		
Total		111	100,0		

B3

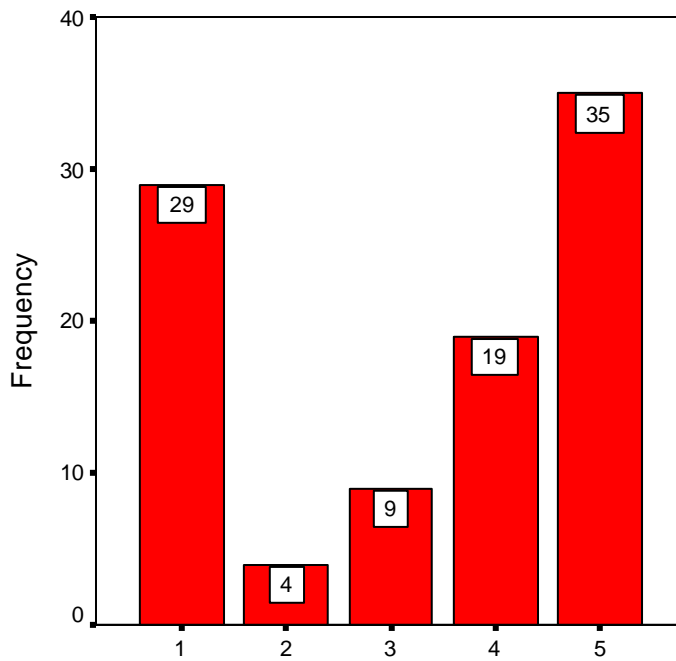


5. την εξάρτηση της επίπλευσης/βύθισης από το σχήμα σώματος

B5

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	4	3,6	4,2	4,2
	3	9	8,1	9,4	13,5
	4	19	17,1	19,8	33,3
	5	35	31,5	36,5	69,8
	11	29	26,1	30,2	100,0
	Total	96	86,5	100,0	
Missing	0	15	13,5		
Total		111	100,0		

B5

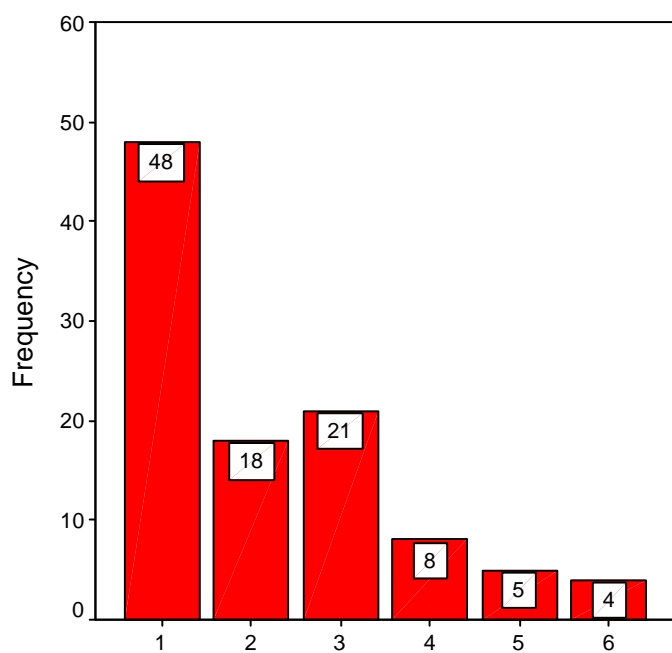


6. την εξάρτηση της επίπλευσης/βύθισης από την «μέση» πυκνότητα του σώματος

B6

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	48	43,2	46,2	46,2
	2	18	16,2	17,3	63,5
	3	21	18,9	20,2	83,7
	4	8	7,2	7,7	91,3
	5	5	4,5	4,8	96,2
	6	4	3,6	3,8	100,0
	Total	104	93,7	100,0	
Missing	0	7	6,3		
	Total	111	100,0		

B6

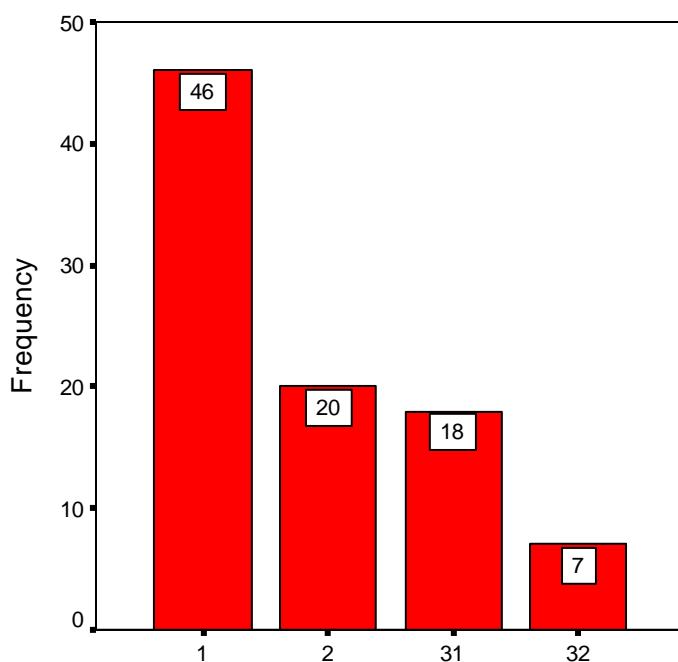


7.1 την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από το βάρος του σώματος

B7.1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	46	41,4	50,5	50,5
	2	20	18,0	22,0	72,5
	31	18	16,2	19,8	92,3
	32	7	6,3	7,7	100,0
Total		91	82,0	100,0	
Missing	0	20	18,0		
Total		111	100,0		

B7.1

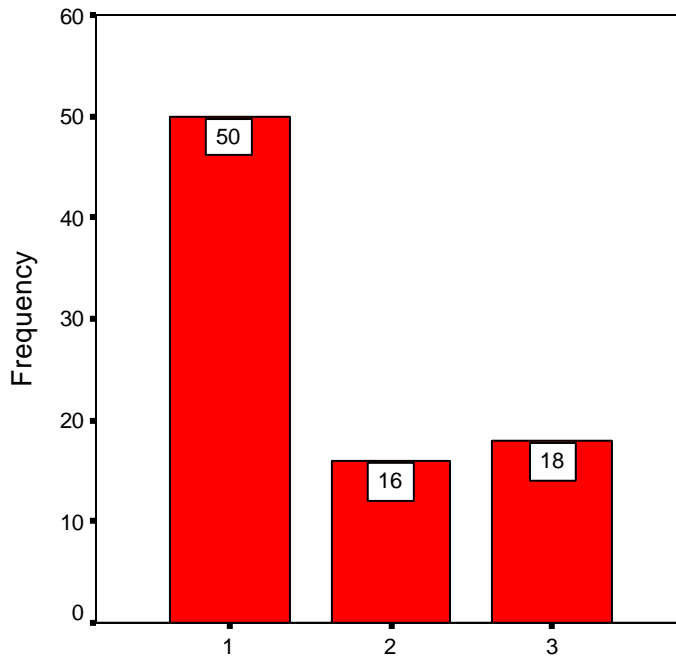


7.2 την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από το βάρος του σώματος

B7.2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	50	45,0	59,5	59,5
	2	16	14,4	19,0	78,6
	3	18	16,2	21,4	100,0
	Total	84	75,7	100,0	
Missing	0	27	24,3		
Total		111	100,0		

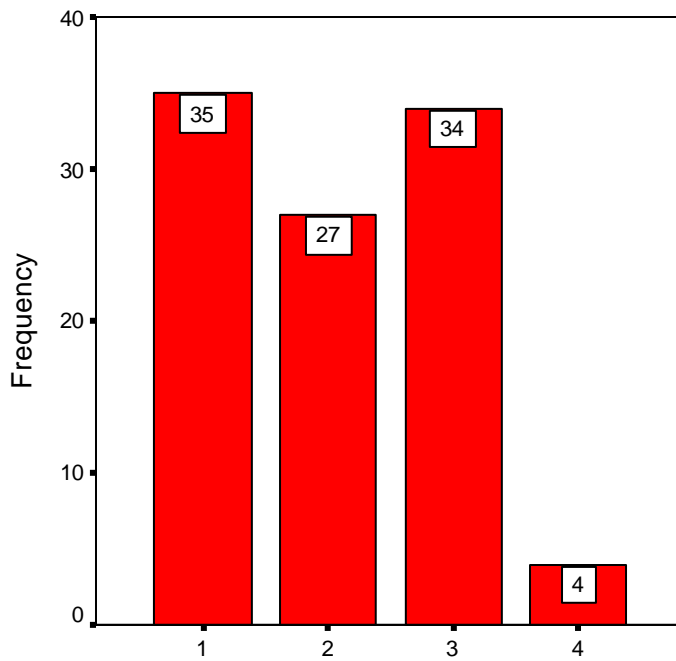
B7.2



8.1 την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την ποσότητα του υγρού

B8.1

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	35	31,5	35,0	35,0
	2	27	24,3	27,0	62,0
	3	34	30,6	34,0	96,0
	4	4	3,6	4,0	100,0
	Total	100	90,1	100,0	
Missing	0	11	9,9		
Total		111	100,0		

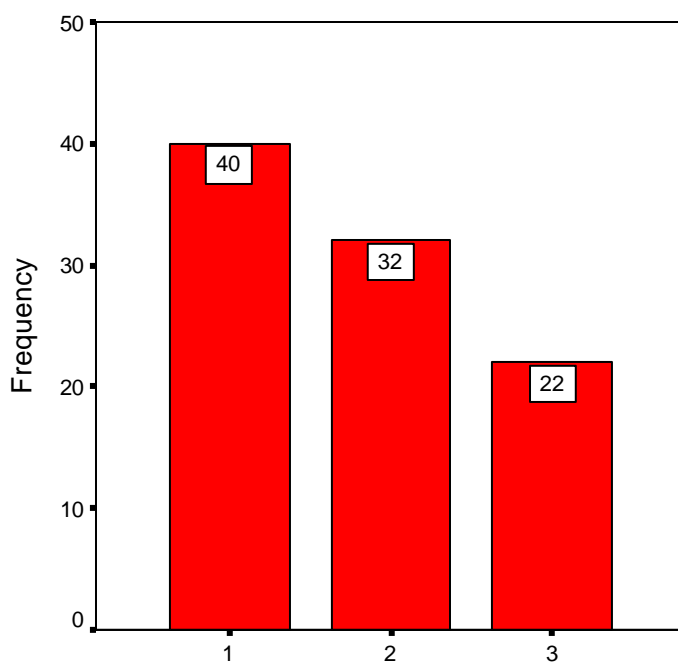
B8.1

8.2 την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από την ποσότητα του υγρού στο δοχείο

B8.2

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	40	36,0	42,6	42,6
	2	32	28,8	34,0	76,6
	3	22	19,8	23,4	100,0
	Total	94	84,7	100,0	
Missing	0	17	15,3		
Total		111	100,0		

B8.2

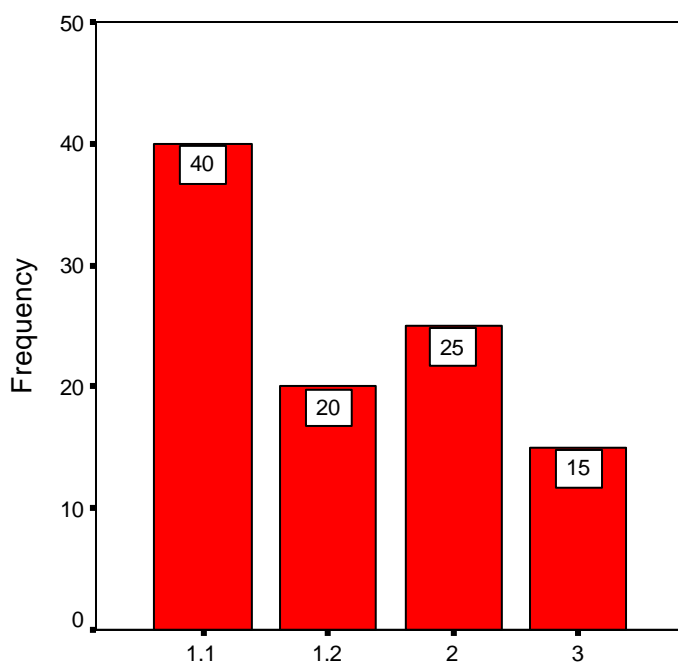


9. την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την πυκνότητα του υγρού

B9

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1.1	40	36,0	40,0	40,0
	1.2	20	18,0	20,0	60,0
	2	25	22,5	25,0	85,0
	3	15	13,5	15,0	100,0
	Total	100	90,1	100,0	
Missing	0	11	9,9		
Total		111	100,0		

B9

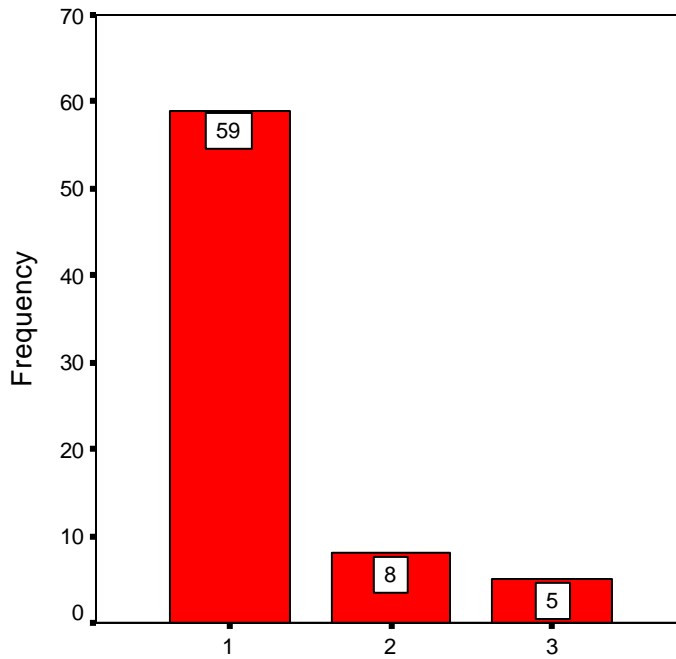


10. την εξάρτηση του επιπέδου επίπλευσης από την πυκνότητα του υγρού

B10

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	59	53,2	81,9	81,9
	2	8	7,2	11,1	93,1
	3	5	4,5	6,9	100,0
	Total	72	64,9	100,0	
Missing	0	39	35,1		
Total		111	100,0		

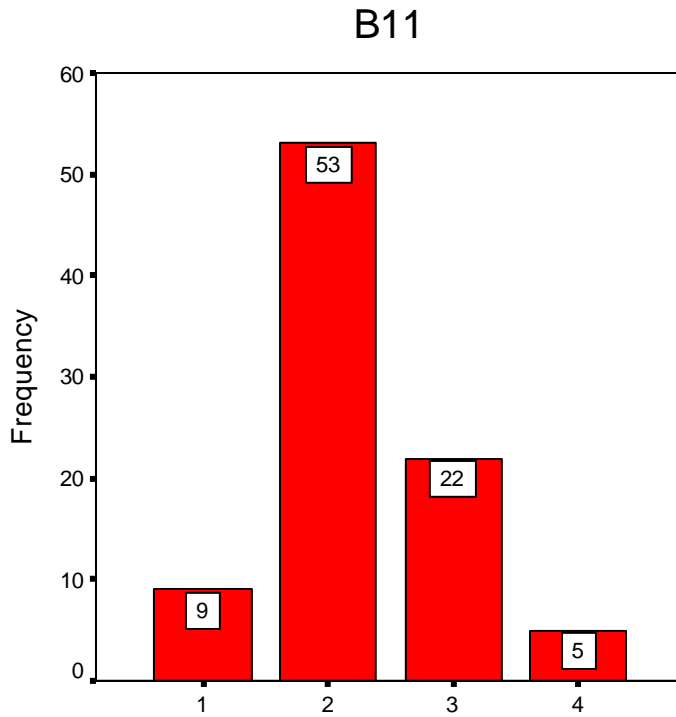
B10



11. την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζομένου υγρού από τον όγκο του βυθισμένου σώματος

B11

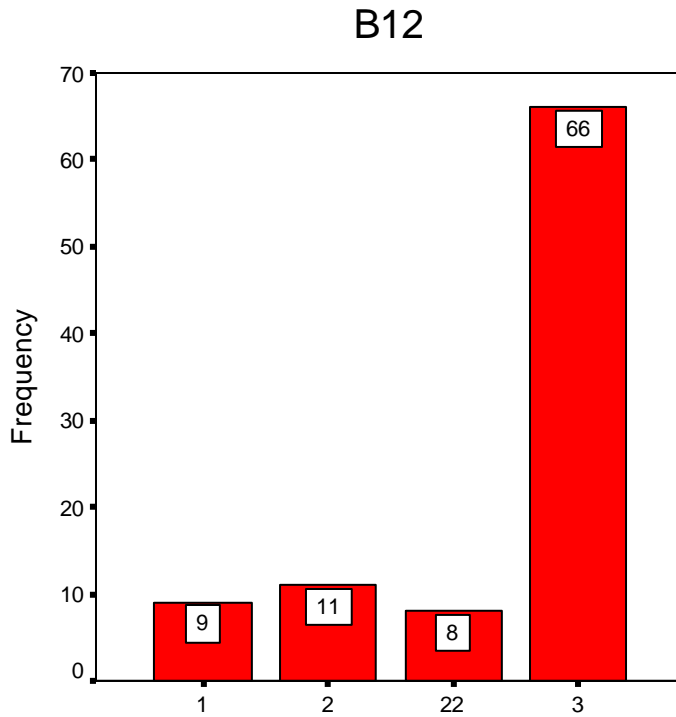
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	9	8,1	10,1	10,1
	2	53	47,7	59,6	69,7
	3	22	19,8	24,7	94,4
	4	5	4,5	5,6	100,0
	Total	89	80,2	100,0	
Missing	0	22	19,8		
Total		111	100,0		



12. την εξάρτηση του όγκου του εκτοπιζόμενου υγρού από το βάρος του βυθισμένου σώματος

B12

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	9	8,1	9,6	9,6
	2	11	9,9	11,7	21,3
	22	8	7,2	8,5	29,8
	3	66	59,5	70,2	100,0
	Total	94	84,7	100,0	
Missing	0	17	15,3		
Total		111	100,0		

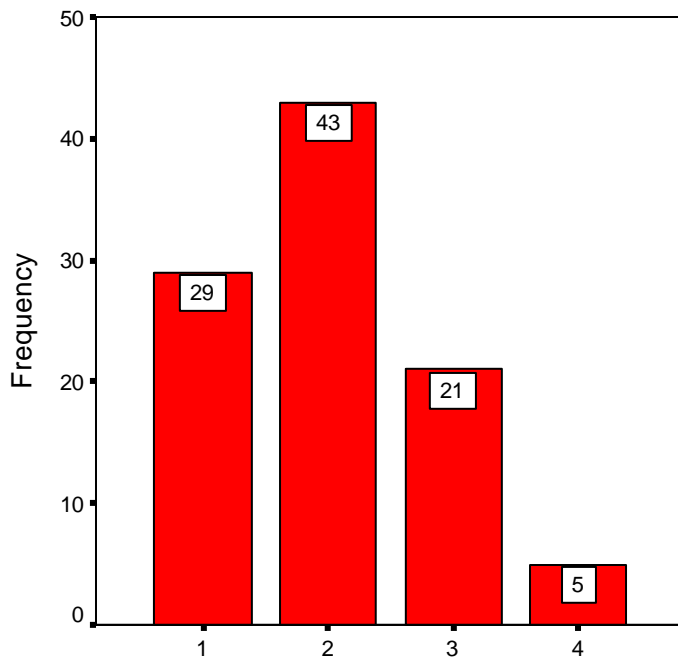


13. τους παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο του εκτοπιζομένου υγρού

B13

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	29	26,1	29,6	29,6
	2	43	38,7	43,9	73,5
	3	21	18,9	21,4	94,9
	4	5	4,5	5,1	100,0
	Total	98	88,3	100,0	
Missing	0	13	11,7		
Total		111	100,0		

B13



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4^ο

Πίνακας Συσχετίσεων Μεταβλητών - Κωδικοποίηση Μεταβλητών ---Υδροστατική πίεση---

1. Παράγοντες που επηρεάζουν την υδροστατική πίεση
2. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – μήκος δοχείου
3. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – σχήμα δοχείου
4. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – πυκνότητα υγρού
5. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – επιτάχυνση βαρύτητας
6. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – όγκος σώματος
7. Εξάρτηση υδροστατικής πίεσης – βάρος σώματος

---Επίπλευση- βύθιση---

8. Παράγοντες που επηρεάζουν την επίπλευση/βύθιση των σωμάτων
9. Εξάρτηση επίπλευσης/ βύθισης – πυκνότητα σώματος
10. Εξάρτηση επίπλευσης/βύθισης – όγκος σώματος
11. Εξάρτηση επίπλευσης/βύθισης – σχήμα σώματος
12. Εξάρτηση επίπλευσης/βύθισης – μέση πυκνότητα σώματος

---Επίπεδο επίπλευσης---

13. Εξάρτηση επιπέδου επίπλευσης – βάρος σώματος
14. Εξάρτηση επιπέδου επίπλευσης – ποσότητα υγρού
15. Εξάρτηση επιπέδου επίπλευσης – πυκνότητα υγρού

---Όγκος εκτοπιζόμενου υγρού---

16. Εξάρτηση όγκου εκτοπιζόμενου υγρού – βάρος σώματος
17. Εξάρτηση όγκου εκτοπιζόμενου υγρού – ποσότητα υγρού
18. Εξάρτηση όγκου εκτοπιζόμενου υγρού – όγκος σώματος
19. Εξάρτηση όγκου εκτοπιζόμενου υγρού – βάρος σώματος
20. Παράγοντες που επηρεάζουν τον όγκο εκτοπιζόμενου υγρού

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	1	$\chi^2=5,385$ $p=0,020$ $\Phi=-,270$			$\chi^2=5,585$ $p=0,018$ $\Phi=-,275$								
2.		1.3.1	Δεν εφαρμόζεται χ^2 Fisher's Test: 0,000										
3.			1.3.2						$\chi^2=3,840$ $p=0,050$ $\Phi=-,214$				
4.				1.3	$\chi^2=16,510$ $p=0,000$ $\Phi=0,428$						$\chi^2=8,073$ $p=0,004$ $\Phi=0,330$		
5.					1.3.4	$\chi^2=5,994$ $p=0,014$ $\Phi=0,246$							
6.						1.3.4.1	$\chi^2=38,505$ $p=0,000$ $\Phi=-0,611$						
7.							1.3.4.2			$\chi^2=5,884$ $p=0,015$ $\Phi=0,260$			
8.								1.3.			$\chi^2=3,897$ $p=0,048$ $\Phi=-0,247$		$\chi^2=7,52$ $p=0,006$ $\Phi=-,328$
9.									1.3.4.3		$\chi^2=5,754$ $p=0,016$ $\Phi=0,281$		
10.										1.3.4.4			
11.											1.3.4.5	$\chi^2=21,005$ $p=0,000$ $\Phi=0,548$	
12.												1.3.4.6	
13.													1.3.4.7
14.													
15.													
16.													
17.													
18.													

19.													
20.													