

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**Κατεύθυνση: «Εκπαιδευτικά Προγράμματα και Υλικό (Συμβατικές και e-Μορφές):
Πολιτικές και Πρακτικές»**



ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ ΣΟΦΙΑ
Εκπαιδευτικός ΠΕ 04.01

Διπλωματική Εργασία

**Μελέτη των πρακτικών διερεύνησης μαθητών Β΄ γυμνασίου στο πλαίσιο μιας
παρέμβασης καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης για την έννοια της πίεσης**

Επιβλέπων Καθηγητής
ΤΖΙΜΟΓΙΑΝΝΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΚΟΡΙΝΘΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Αθανάσιος Τζιμογιάννης, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου
(Επιβλέπων Καθηγητής)

Γεώργιος Μπαγάκης, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Κωνσταντίνος Δημόπουλος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο «Μελέτη των πρακτικών διερεύνησης μαθητών Β΄ γυμνασίου στο πλαίσιο μιας παρέμβασης καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης για την έννοια της πίεσης», εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εκπαιδευτικά Προγράμματα και Υλικό (Συμβατικές και e-Μορφές): Πολιτικές και Πρακτικές» του Τμήματος Κοινωνικής και Εκπαιδευτικής Πολιτικής του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Τζιμογιάννη, όχι μόνο για την πολύτιμη βοήθεια και τον χρόνο που αφιέρωσε, αλλά κυρίως για την έμπνευση που μου πρόσφερε.

Ευχαριστώ τον Σχολικό Σύμβουλο ΠΕ04, κ. Γιώργο Κατσιγιάννη και τον Υπεύθυνο ΕΚΦΕ κ. Μιχάλη Παπακαλοδούκα, για την κριτική ανάγνωση των φύλλων αξιολόγησης.

Ευχαριστώ την Διευθύντρια κ. Ολυμπία Χασούρα και τους Συναδέλφους του Γυμνασίου Βραχατίου για την ηθική και πρακτική υποστήριξή τους.

Ευχαριστώ τον σύζυγό μου Χρήστο και την μητέρα μου Ελένη που με στήριξαν και υποστηρίζουν τις επιλογές μου. Ευχαριστώ τα παιδιά μου, Δημήτρη και Ελεάννα, για την υπομονή τους και ελπίζω να έμαθαν ότι η αναζήτηση της γνώσης δεν τελειώνει ποτέ.

Τέλος, αλλά όχι τελευταίους, ευχαριστώ τους μαθητές μου που με εμπιστεύθηκαν και αγκάλιασαν τη διερευνητική μάθηση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Κριτήρια Επιλογής Θέματος – Η Σημασία της Έρευνας	5
1.2 Συνοπτική Παρουσίαση της Έρευνας και των Αποτελεσμάτων.....	7
1.3 Οργάνωση της Διπλωματικής Εργασίας.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	10
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	10
2.1 Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Από τον Συμπεριφορισμό στον Εποικοδομισμό.....	10
2.2 Διερευνητική Μάθηση.....	16
2.3 Η Διερευνητική Μάθηση στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	20
2.4 Μορφές και Φάσεις της Διερευνητικής Μάθησης.....	25
2.5 Συνεργατική Μάθηση.....	32
2.6 Ιδιοκτησία της Μάθησης και Ρυθμιζόμενη Μάθηση.....	36
2.7 Εναλλακτικά Ερμηνευτικά Σχήματα και Γνωστικές Δυσκολίες στην Πίεση.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	60
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	60
4.1 Στόχοι της Έρευνας.....	60
4.2 Ερευνητικά Ερωτήματα.....	61
4.3 Πλαίσιο της Έρευνας.....	62
4.4 Το Δείγμα της Έρευνας.....	63
4.5 Σχεδιασμός της Έρευνας.....	63
4.6 Πηγές Ερευνητικών Δεδομένων – Εργαλεία.....	64
4.6.1 Φύλλα εργασίας.....	65
4.6.2 Βιντεοσκόπηση.....	65
4.6.3 Ασύγχρονη Συζήτηση.....	66
4.6.4 Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές.....	68
4.6.5 Διαγνωστικός/Τελικός Έλεγχος Γνώσεων.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	71
Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ.....	71

5.1 Σχεδιασμός της Εκπαιδευτικής Παρέμβασης	71
5.2 Σχεδιασμός του Διερευνητικού Κύκλου των Μαθημάτων	73
5.3 Σχεδιασμός των Μαθημάτων	75
5.3.1 Πρώτη Ενότητα	76
5.3.2 Δεύτερη Ενότητα	79
5.3.3 Τρίτη Ενότητα	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	86
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	86
6.1 Συνοπτική Ανάλυση και Ευρήματα των Βίντεο και των Φύλλων Εργασίας ανά Φάση της Διερευνητικής Μάθησης.....	86
6.1.1 Πρώτη φάση - Προσανατολισμός	86
6.1.1.1 Ευρήματα από τη Φάση του Προσανατολισμού	97
6.1.2 Δεύτερη φάση – Διατύπωση του Προβλήματος.....	99
6.1.2.1 Ευρήματα από τη Φάση της Διατύπωσης του Προβλήματος.....	105
6.1.3 Τρίτη φάση - Διερεύνηση.....	106
6.1.3.1 Ευρήματα από τη Φάση της Διερεύνησης.....	123
6.1.4 Τέταρτη φάση – Συμπεράσματα.....	124
6.1.4.1 Ευρήματα από τη Φάση των Συμπερασμάτων	136
6.1.5 Πέμπτη φάση - Επικοινωνία.....	138
6.1.5.1 Ευρήματα από τη Φάση της Επικοινωνίας	155
6.1.6 Έκτη φάση - Εμβάθυνση	157
6.1.6.1 Ευρήματα από τη Φάση της Εμβάθυνσης	175
6.2 Ανάλυση της Αποτίμησης της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές	176
6.2.1 Ευρήματα από την Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές.....	185
6.3 Ανάλυση του Διαγνωστικού και Τελικού Ελέγχου Γνώσεων για την Πειραματική Ομάδα και την Ομάδα Ελέγχου	187
6.3.1 Ευρήματα από την Ανάλυση του Διαγνωστικού και Τελικού Ελέγχου Γνώσεων	192
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	194
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	194
7.1 Συμμετοχή, Οφέλη και Δυσκολίες των Μαθητών στη Διερευνητική Διαδικασία	194
7.2 Απόψεις και Αντιλήψεις των Μαθητών σχετικά με τη Διερευνητική Μέθοδο	197
7.3 Γνωστικά Αποτελέσματα και Σύγκριση με την Ομάδα Ελέγχου.....	201
7.4 Συζήτηση - Αναστοχασμός	203
7.5 Προτάσεις για την Εφαρμογή της Διερευνητικής Μάθησης	204
7.6 Περιορισμοί της Έρευνας – Προτάσεις για Μελλοντικές Έρευνες	206
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	207
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	220

Παράρτημα Ι Φύλλα εργασίας πρώτης ενότητας μαθημάτων	220
Παράρτημα ΙΙ Φύλλα εργασίας δεύτερης ενότητας μαθημάτων	231
Παράρτημα ΙΙΙ Φύλλα εργασίας τρίτης ενότητας μαθημάτων	243
Παράρτημα ΙV Διαγνωστικός/Τελικός έλεγχος γνώσεων	251
Παράρτημα V Φύλλο αποτίμησης της διερευνητικής μάθησης από τους μαθητές...	258

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το σχολείο φαίνεται να καταπιέζει την έμφυτη περιέργεια των παιδιών να γνωρίσουν και να καταλάβουν τον κόσμο, διοχετεύοντάς τους γνώσεις τις οποίες οι μαθητές δεν έχουν καταλάβει ότι τις χρειάζονται και λύνοντάς τους προβλήματα, που δεν ήταν ποτέ δικά τους. Οι Φυσικές Επιστήμες, δεν είναι απλά ένα σύνολο γνώσεων που αντιστακτά την τρέχουσα κατανόηση της φύσης, είναι και ένα σύνολο πρακτικών, που χρησιμοποιούνται για την καθιέρωση, επέκταση και βελτίωση της γνώσης, αλλά πάνω απ' όλα, είναι ένας ιδιαίτερος τρόπος σκέψης.

Αυτός ο τρόπος σκέψης δεν είναι χρήσιμος μόνο στους μαθητές που θα ακολουθήσουν τις θετικές επιστήμες, αλλά είναι πολύτιμο εφόδιο όλων των μαθητών, καθώς περιλαμβάνει την κατανόηση εννοιών και πρακτικών, που μπορούν να εφαρμοστούν με ευελιξία σε μια σειρά από καταστάσεις.

Το ζητούμενο είναι, να βρεθούν οι διδακτικές προσεγγίσεις που θα προάγουν την εμπλοκή και τη δέσμευση των μαθητών στην αναζήτηση της γνώσης. Αυτές οι διδακτικές προσεγγίσεις πρέπει να είναι αντίστοιχες των δυνατοτήτων και των ενδιαφερόντων των μαθητών, στη δική τους εποχή.

Η εργασία αυτή επιχείρησε να αναδείξει ερευνητικά και βιβλιογραφικά, μια πληθώρα απόψεων, πρακτικών και αποτελεσμάτων της καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης.

Η καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος μάθησης, εκμεταλλεύεται τον παιδικό ενθουσιασμό και την περιέργεια των μαθητών, προσφέροντάς τους ταυτόχρονα, το χρόνο, τη δυνατότητα και την υποστήριξη, ώστε να προβληματιστούν και να δημιουργήσουν οι ίδιοι, μέσω αλληλεπίδρασης, τις γνώσεις τους.

Είναι όμως εφικτή στην σχολική πραγματικότητα; Με ποιον τρόπο θα μπορούσε να εφαρμοστεί και ποια, γνωστικά και μη, αποτελέσματα θα είχε; Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στις ομάδες τους; Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν, ποιες ρυθμίσεις υιοθετούν και πώς αποτιμούν τελικά οι ίδιοι τη μέθοδο αυτή;

Σε αυτά τα ερωτήματα, επιχειρεί να απαντήσει η συγκεκριμένη έρευνα. Αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης που αναφέρεται αφενός μεν, στην παρακολούθηση της πειραματικής ομάδας των είκοσι πέντε μαθητών που ακολούθησαν την καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο μάθησης, ως προς την εμφάνιση συνεργατικών και διερευνητικών ικανοτήτων, αφετέρου δε, στη σύγκρισή της με την ομάδα ελέγχου, που αποτελείται από είκοσι τέσσερις μαθητές, ως προς τα γνωστικά αποτελέσματα.

Για τη συλλογή των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν οι βιντεοσκοπήσεις των πέντε ομάδων του τμήματος που αποτελούσε την πειραματική ομάδα, συλλέχθηκαν φύλλα εργασίας από τα οκτώ συνολικά μαθήματα της παρέμβασης, δεδομένα από την ασύγχρονη συζήτηση των μαθητών στο Moodle και τα φύλλα που συμπλήρωσαν οι μαθητές κατά την αποτίμηση της μεθόδου. Τέλος, βαθμολογήθηκε ο διαγνωστικός και τελικός έλεγχος γνώσεων για τις δύο ομάδες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, οι μαθητές ήταν σε θέση να ολοκληρώσουν όλες τις φάσεις του διερευνητικού κύκλου και να παραδώσουν συμπληρωμένα τα φύλλα εργασίας, σε κάθε μάθημα, εμφανίζοντας, στις περισσότερες περιπτώσεις, κοινωνικά επιμερισμένη ρύθμιση, συνεργαζόμενοι και διαπραγματευόμενοι κοινές αντιλήψεις και στόχους για το μάθημά τους. Η ασύγχρονη συζήτηση ήταν επωφελής για τους μαθητές που συμμετείχαν, αλλά δεν είχε καθολική συμμετοχή. Τα γνωστικά αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας ήταν, στις περισσότερες ερωτήσεις, καλύτερα από της ομάδας ελέγχου.

Το σημαντικότερο ίσως εύρημα, είναι ότι οι περισσότεροι μαθητές ένιωσαν τη μάθηση ως δική τους ευθύνη και ότι έλυναν δικά τους προβλήματα, με συνέπεια η προσοχή τους να είναι δεδομένη, η σκέψη τους εστιασμένη και οι πράξεις τους στοχευμένες. Όλα αυτά δημιούργησαν έναν κύκλο ευνοϊκών συνθηκών, που οδηγεί στην πρόταση εφαρμογής της, καλά μελετημένης και προσεκτικά εφαρμοσμένης, καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου μάθησης στα σχολεία.

Λέξεις κλειδιά: Διερευνητική Μάθηση, Διερευνητική Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, Καθοδηγούμενη Διερεύνηση, Πίεση, Υδροστατική Πίεση, Ατμοσφαιρική Πίεση

ABSTRACT

School seems to suppress the innate curiosity of children, to know and to understand the surrounding world, by channeling knowledge that students hardly understand their need and by solving problems that are completely unfamiliar to them. Natural Sciences do not provide only a set of knowledge that reflects the current understanding of nature, but also consist of a set of practices able to establish, expand and improve knowledge, and even more, they can be seen as a peculiar way of thinking.

This way of thinking is useful not only to those students that will be involved later in Natural Sciences, but is a valuable tool to all students that provides the understanding of concepts and practices which can be flexibly applied to a variety of situations.

The final task is to discover the appropriate teaching methods and approaches that stimulate students' engagement and commitment to the quest for knowledge. Such teaching practices ought to be adapted fully to the particular potential and interests of pupils, as well as to their contemporary world.

The present thesis focuses on the guided inquiry based learning and attempts to highlight, from both literature and research viewpoints, a plethora of its viewpoints, practices and results.

Guided inquiry based learning exploits the child's enthusiasm and curiosity of the students, providing them, in parallel, time, ability and support in order to reflect and create their own knowledge through interaction.

Nonetheless, is it feasible in the current school environment? If so, how could it be applied and what cognitive or not results would it have? Do students actively participate within their teams? What kind of difficulties do they encounter, what kind of regulations do they adopt and how do they finally evaluate this learning method?

The present research attempts to address all the aforementioned questions. It can be viewed as a case study that refers, on one hand, to the monitoring, with respect to the appearance of both cooperative and explorative skills, of the experimental group consisting of twenty-five students who followed the guided inquiry based learning, and, on the other hand, to its comparison, regarding the cognitive results, with the control group of twenty-four students.

The experimental group was split in five independent teams. Video recordings, worksheets from the eight total courses of the intervention, data from the asynchronous discussion of the students in Moodle and the sheets completed by the pupils during the evaluation of the method constitute the data collection of the present thesis. As a final input, the scores of the diagnostic and final knowledge check for the two groups are also considered.

Analysis of the results evidenced that students were able to complete satisfactorily all phases of the inquiry cycle and to deliver the requested worksheets in each lesson completed. In the majority of cases, students displayed socially shared regulation through collaboration and negotiation of common perspectives and objectives for their lesson. It was also found that the asynchronous chat benefited the students who participated,

although the participation was incomplete. For most questions, the cognitive results of the experimental group were better, compared to those of the control group.

In conclusion, the most important finding of the current thesis is that the majority of students felt the learning process as their own responsibility and that they solved their own problems. Consequently, such majority was characterized by a given concentration, focused thought, as long as by targeted actions. These characteristics may constitute the prerequisites and, moreover, the favorable conditions leading to the proposal for the implementation of a well-designed and carefully applied guided inquiry learning method in schools.

Key words: Inquiry Based Learning, Inquiry Based Science Education, Guided Inquiry, Pressure, Hydrostatic Pressure, Atmospheric Pressure

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κριτήρια Επιλογής Θέματος – Η Σημασία της Έρευνας

Η διεθνής έρευνα, έχει δείξει ότι η πλειοψηφία των μικρών παιδιών έχει θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες μέχρι την ηλικία των δέκα ετών, αλλά ότι το ενδιαφέρον αυτό μειώνεται απότομα στο Γυμνάσιο (Archer et al., 2010). Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας, η πληθώρα γρήγορων πληροφοριών και η διαφοροποίηση στις δυνατότητες επικοινωνίας, επιτάσσουν την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και των συνεργατικών δεξιοτήτων.

Το ζητούμενο λοιπόν είναι, να βρεθούν οι διδακτικές προσεγγίσεις που θα προάγουν την εμπλοκή και την δέσμευση των μαθητών στην αναζήτηση της γνώσης, την ανάπτυξη της κρίσης και της ικανότητά τους να συνεργάζονται (NRC, 2015, p3-5). Η δέσμευση ορίζεται ως την αίσθηση ότι οι μαθητές ανήκουν και συνδέονται με το σχολείο, τους εκπαιδευτικούς και τους συμμαθητές τους, την αίσθηση της αυτο-αποτελεσματικότητας, τη συμμετοχή, την προσπάθεια, τα επίπεδα συγκέντρωσης και το ενδιαφέρον για τη μάθηση εν γένει (Gibbs & Poskitt, 2010, p.10).

Η διερευνητική μάθηση, είναι μια πιθανή λύση για την αντιμετώπιση του χαμηλού κινήτρου των μαθητών ως προς την εκμάθηση των Φυσικών Επιστημών (Silm, et al., 2017), προσφέροντας στους μαθητές μία πρόωμη επιστημονική ταυτότητα (Kim, 2018). Είναι ένας τρόπος μάθησης με επίκεντρο τον μαθητή, όπου οι ίδιοι διατυπώνουν το πρόβλημα, δημιουργούν ερωτήματα, εξετάζουν και ερμηνεύουν τις υποθέσεις τους, καταλήγοντας συμπερασματικά στη διατύπωση επιστημονικών προτάσεων (Pedaste, 2015).

Ο στόχος της διερευνητικής μάθησης είναι να ενθαρρύνει τους μαθητές να υιοθετήσουν μια κριτική σκέψη, δεξιότητες συνεργασίας και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων που οδηγούν μεταγνωστικά στην αυτοεκτίμησή τους (Schraw, Crippen, & Hartley, 2006). Οι προσεγγίσεις της είναι αντίστοιχες των δυνατοτήτων και των ενδιαφερόντων των μαθητών, στην δική τους εποχή, ώστε να αποτελούν κίνητρο για τη μάθηση.

Ειδικότερα, η καθοδηγούμενη έρευνα έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την εκμάθηση της επιστήμης σε σχέση με την ανοιχτή έρευνα (Minner et al., 2010). Στο πλαίσιο του καθοδηγούμενου ερωτήματος, ο εκπαιδευτικός ή το μαθησιακό περιβάλλον μπορούν να δώσουν διάφορους τύπους υποστηρικτικών δομών (van Uum, Verhoeff & Peeters, 2017) στον μαθητή που εμπλέκεται ενεργά στην μάθηση της έρευνας (Lazonder and Harmsen, 2016).

Αν έστω κάποια, από αυτά τα οφέλη που προαναφέρθηκαν μπορούν πράγματι να υπάρξουν, τότε είναι επιβεβλημένη ανάγκη να ερευνηθεί η καθοδηγούμενη διερευνητική

μάθηση, ειδικά στις Φυσικές Επιστήμες που είναι ένα από τα πιο δύσκολα αντικείμενα που διδάσκονται στο σχολείο.

Η διερεύνηση ωστόσο, δεν είναι απλά να αφήνουμε τους μαθητές να κάνουν αυτό που θέλουν (Schunk, 2012), ούτε τα πειράματα μπορούν να μετουσιωθούν από παραδοσιακά σε διερευνητικά με απλή αφαίρεση των οδηγιών για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας (Buck, Bretz & Towns, 2008). Σε όλους τους μαθητές αρέσουν τα πειράματα και όλοι, ειδικά οι μαθητές που δυσκολεύονται στη θεωρία, δραστηριοποιούνται.

Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ενδιαφέρονται να ανακαλύψουν το γιατί κάνουν ένα πείραμα, τι περιμένουν να βρουν και πώς μπορούν να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες που συλλέγουν για να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Ούτε, σημαίνει αναγκαστικά ότι θα μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις που απέκτησαν σε πραγματικές καταστάσεις εκτός τάξης.

Αν και η διερεύνηση είναι μια ελάχιστα καθοδηγούμενη μαθησιακή προσέγγιση, περιλαμβάνει κατεύθυνση, απαιτώντας από τον εκπαιδευτικό γνώσεις όχι μόνο του αντικειμένου του, αλλά και των μεθόδων μάθησης. Τον απομακρύνει από τη σιγουριά του βιβλίου και τον απόλυτο έλεγχο της τάξης, καλώντας τον να οργανώσει και να στηρίξει τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές ερευνούν.

Ο εκπαιδευτικός μέσα από τη διερευνητική μάθηση δεν δίνει εύκολες λύσεις, αλλά βοηθά τον μαθητή να αναρωτηθεί την κατάλληλη ερώτηση, που θα τον οδηγήσει συνειρμικά στην λύση (Kim, 2018) και οργανώνει τις ομάδες ώστε να φτάσουν στην κοινωνικά επιμερισμένη μάθηση που αντανακλά στην αυτορρυθμιζόμενη μάθηση (Hadwin & Oshige, 2011).

Έχει διαπιστωθεί ότι οι εκπαιδευτικοί δεν εφαρμόζουν την προσέγγιση της διερευνητικής μάθησης στις αίθουσες διδασκαλίας τους όσο θα ανέμενε κάποιος αναλογιζόμενος τα πιθανά οφέλη της (Silm et al., 2017).

Οι εκπαιδευτικοί μπορεί να θεωρούν τη διερευνητική μάθηση δύσκολη για πολλούς λόγους, καθώς μπορεί να έχουν προηγούμενες ρυθμίσεις, όπως τη χρήση σχολικών βιβλίων που είναι συνταγογραφικά, πεποιθήσεις που απέκτησαν ως μαθητές, τις απαιτήσεις της αξιολόγησης, τους γονείς που δεν υποστηρίζουν πάντοτε και την έλλειψη πόρων (Anderson, 2002).

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα μεγαλύτερα εμπόδια είναι συστημικά, όπως το φορτωμένο Πρόγραμμα Σπουδών που δεν αφήνει χρόνο για διερεύνηση, οι απαιτητικές εξετάσεις (Jimoyiannis, 2010) και ο μεγάλος αριθμός των μαθητών στα τμήματα (Silm et al., 2017). Ταυτόχρονα, οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν την έλλειψη χρόνου για το σχεδιασμό των μαθημάτων (Long & Bae, 2018).

Κάποια από αυτά τα εμπόδια, όπως οι απαιτήσεις των εξετάσεων και το ότι η ύλη «πρέπει να βγει», δεν είναι ακριβώς πεποιθήσεις, είναι γεγονός, ειδικά για τις τάξεις του Λυκείου. Το ερώτημα στο οποίο καλείται να απαντήσει αυτή η έρευνα είναι, στο αν μπορεί να «βγει η ύλη», ενώ ταυτόχρονα οι μαθητές γίνονται πιο υπεύθυνοι μαθαίνοντας το πώς και το γιατί μαθαίνουν.

Τέλος, η συγκεκριμένη εργασία επιχειρεί να αναδείξει τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται, ώστε μία μέθοδος διδασκαλίας να ονομάζεται καθοδηγούμενη διερεύνηση, δίνοντας ταυτόχρονα ένα παράδειγμα εφαρμογής της στην τάξη. Οι παρεμβάσεις που δημιουργήθηκαν για αυτή την εργασία, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από άλλους εκπαιδευτικούς, να βελτιωθούν ή να τροποποιηθούν από αυτούς, ώστε να καλύπτουν τους στόχους τους.

1.2 Συνοπτική Παρουσίαση της Έρευνας και των Αποτελεσμάτων

Η έρευνα, αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης, της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου μάθησης, στη Φυσική της Β΄ Γυμνασίου. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν η εφαρμογή και τα αποτελέσματα, μιας διδακτικής παρέμβασης οκτώ συνολικά μαθημάτων, σε διάστημα ενός μήνα, στην έννοια της πίεσης στα στερεά, στην υδροστατική και στην ατμοσφαιρική πίεση.

Συμμετείχαν δύο τμήματα της Β΄ Γυμνασίου, εκ των οποίων το ένα αποτέλεσε την πειραματική ομάδα στην οποία εφαρμόστηκε η παρέμβαση και το άλλο, στο οποίο εφαρμόστηκε παραδοσιακή διδασκαλία, αποτέλεσε το μέτρο σύγκρισης ως προς τα γνωστικά αποτελέσματα των μαθητών.

Η πειραματική ομάδα, η οποία για πρώτη φορά παρακολούθησε διερευνητικά μαθήματα, χωρίστηκε σε πέντε ομάδες των πέντε ατόμων και ακολούθησε τον διερευνητικό κύκλο, όπως αυτός περιγράφεται στην ενότητα 5.2. Η συμμετοχή, η συνεργασία και οι ρυθμίσεις μέσα στις ομάδες, καταγράφηκαν μέσω βιντεοσκόπησης για κάθε ομάδα χωριστά.

Στο τέλος των μαθημάτων, οι μαθητές παρέδιδαν συμπληρωμένο ένα φύλλο εργασίας. Ένας μαθητής της ομάδας, έπαιρνε το ομαδικό φύλλο εργασίας, στο οποίο καταγράφονταν οι τελικές απόψεις της ομάδας, μαζί του ώστε να συμπληρώσει την τελευταία φάση που γινόταν εκτός σχολείου, μέσω ασύγχρονης συζήτησης. Στο τέλος της παρέμβασης ζητήθηκε από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας, να αποτιμήσουν τη μέθοδο που παρακολούθησαν.

Η ομάδα ελέγχου, παρακολούθησε τη διδασκαλία ολόκληρης της τάξης, μέσω βιβλίου και πειραμάτων επίδειξης.

Στην αρχή και στο τέλος των μαθημάτων, οι δύο ομάδες έγραψαν το ίδιο test με ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών και δικαιολόγηση.

Η απομαγνητοσκόπηση των σαράντα video της πειραματικής ομάδας, έδειξε όχι μόνο την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και το ενδιαφέρον τους για τις δραστηριότητες, αλλά ότι η ίδια η μέθοδος λειτούργησε ως κίνητρο για την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες μάθησης. Σε αυτή τη διαπίστωση, συνηγορεί και η αποτίμηση των ίδιων των μαθητών για τη διερευνητική μέθοδο μάθησης. Οι μαθητές δήλωσαν ότι αρκετές φάσεις του διερευνητικού κύκλου τους δυσκόλεψαν αλλά, ταυτόχρονα, ότι τους άρεσαν.

Οι μαθητές, στις περισσότερες περιπτώσεις, λειτούργησαν ομαδικά και συνεργατικά. Ενώ αρκετές φορές ξεκινούσαν από εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα, τις λεγόμενες

παρανοήσεις, κατέληγαν, μέσω της συν-ρύθμισης και της κοινωνικά επιμερισμένης μάθησης, σε σωστά αποτελέσματα.

Τα φύλλα εργασίας ήταν συμπληρωμένα από κάθε μαθητή μετά το μάθημα, όπως σε γενικές γραμμές και το ομαδικό φύλλο.

Ο διαγνωστικός έλεγχος γνώσεων, έδειξε αρκετά εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών και στις δύο ομάδες και ότι οι ομάδες ήταν αρχικά γνωστικά ισοδύναμες, ενώ ο τελικός έλεγχος γνώσεων, έδειξε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας απάντησαν στις περισσότερες ερωτήσεις πιο σωστά και κυρίως πιο επιστημονικά τεκμηριωμένα από την ομάδα ελέγχου.

1.3 Οργάνωση της Διπλωματικής Εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, είναι εισαγωγικό. Αναφέρεται στα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία επελέγη η εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου μάθησης ως θέμα προς έρευνα και στη σημασία της έρευνας. Στη συνέχεια παρουσιάζει συνοπτικά την έρευνα και τα αποτελέσματά της, καθώς και την οργάνωση της διπλωματικής εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο, αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο από το οποίο άντλησε πληροφορίες και ιδέες η έρευνα. Παρουσιάζεται η διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η διερευνητική μάθηση γενικά, ενώ στη συνέχεια δίνεται έμφαση στη διερευνητική μάθηση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, αναλύοντας τις μορφές και τις φάσεις κάποιων από τους διερευνητικούς κύκλους που έχουν δημιουργηθεί. Ιδιαίτερα εξετάζεται η συνεργατική μάθηση, η αίσθηση ιδιοκτησίας της μάθησης από τους μαθητές και οι ρυθμίσεις που μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της συνεργασίας των μαθητών σε ομάδες. Τέλος, επισημαίνονται τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα που μπορεί να προκύψουν στις έννοιες που εξετάζει αυτή η έρευνα, δηλαδή στην έννοια της πίεσης, στην υδροστατική και στην ατμοσφαιρική πίεση, καθώς και οι γνωστικές δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουν οι μαθητές, σε αυτά τα θέματα.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι η ταυτότητα της έρευνας. Παρουσιάζεται η επισκόπηση της βιβλιογραφίας όσον αφορά πρακτικές, εφαρμογές και αποτελέσματα διεθνών ερευνών σε σχέση με τη διερευνητική μάθηση και τη διερευνητική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, προκύπτουν θέματα τα οποία χρίζουν περαιτέρω μελέτης και οδηγούν στη συγκεκριμενοποίηση των στόχων της έρευνας, μέσα από τους οποίους προκύπτουν τα ερευνητικά ερωτήματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται τα χαρακτηριστικά της έρευνας, δηλαδή το πλαίσιο, το δείγμα και το είδος της έρευνας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πηγές των ερευνητικών δεδομένων, με συνοπτική περιγραφή και αναφορά στους στόχους τους.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιγράφει την εκπαιδευτική παρέμβαση, ως προς το σχεδιασμό της, το σχεδιασμό του διερευνητικού κύκλου που εφαρμόστηκε στα μαθήματα και το σχεδιασμό των μαθημάτων με συνοπτική περιγραφή, της κάθε φάσης.

Στο έκτο κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας. Παρουσιάζονται στιγμιότυπα της αλληλεπίδρασης των μαθητών μέσα στις ομάδες για κάθε φάση του διερευνητικού κύκλου και δίνονται συνοπτικά τα ευρήματα κάθε φάσης. Στη συνέχεια αναλύεται η αποτίμηση της μεθόδου από τους μαθητές, καθώς και ο διαγνωστικός και τελικός έλεγχος γνώσεων και προβάλλονται τα ευρήματά τους.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στα καταληκτικά συμπεράσματα της έρευνας, απαντώντας στα ερευνητικά της ερωτήματα. Ακολουθεί σύντομη συζήτηση με αναστοχαστική διάθεση, προτάσεις για την εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης στα σχολεία, ενώ επισημαίνονται οι περιορισμοί της έρευνας και δίνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Τέλος στα παραρτήματα, θα μπορούσε κάποιος να δει τα φύλλα εργασίας που χρησιμοποιήθηκαν στα οκτώ μαθήματα της παρέμβασης, το φύλλο που συμπλήρωσαν οι μαθητές στην αποτίμηση που έκαναν για τη μέθοδο που δοκίμασαν και η διαγνωστική/τελική δοκιμασία στην οποία εξετάστηκαν γνωστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Από τον Συμπεριφορισμό στον Εποικοδομισμό

Ο άνθρωπος, από τη στιγμή της γέννησής του, έχει την έμφυτη περιέργεια να γνωρίσει και να καταλάβει τον κόσμο που τον περιβάλλει (NRC, 2000, p.5), στοιχείο που αποτελεί το θεμέλιο των Φυσικών Επιστημών.

Το σχολείο φαίνεται να καταπιέζει αυτή την ορμή του παιδικού ενθουσιασμού, με το ενδιαφέρον των νέων για τις Φυσικές Επιστήμες να μειώνεται, κυρίως στο επίπεδο του Γυμνασίου (Bolstad & Hipkins, 2009 · Osborne, Simon & Collins, 2003). Οι ρίζες αυτού του γεγονότος, μπορούν να αναζητηθούν και στον τρόπο με τον οποίο διδάσκονται οι Φυσικές Επιστήμες (European Commission, 2007, p.8).

Η διδακτική των Φυσικών επιστημών, δεν θα μπορούσε, παρά να ακολουθεί τη ροή των θεωριών μάθησης, μέσα στο χρόνο. Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η πρόκληση της παροχής μαζικής εκπαίδευσης, οδήγησε στον Συμπεριφορισμό, ως την πρώτη ιστορικά επιστημονική θεωρία μάθησης.

Οι Συμπεριφοριστές υποστήριζαν ότι ο κόσμος είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, με σαφή αιτιοκρατική δομή, το οποίο υπάρχει αντικειμενικά, ανεξάρτητα από τις δυνατότητες αντίληψης και τους τρόπους κατανόησης του ανθρώπου (Watson, 1913). Το έργο του Ivan Pavlov σχετικά με τη φυσιολογία του πεπτικού συστήματος, προκάλεσε το συμπεριφοριστικό κίνημα, υποστηρίζοντας ότι οι επιδράσεις και τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος επιδρούν στην ανθρώπινη συμπεριφορά και οι αντίστοιχες ανταποκρίσεις στα ερεθίσματα αυτά θεωρούνται ενδείξεις της μάθησης που είναι η αντίδραση (Windholz, 1990).

Τα αποτελέσματα της διδασκαλίας είναι άμεσα και τα λάθη επισημαίνονται και διορθώνονται από τον εκπαιδευτικό. Οι συνδέσεις ενισχύονται μέσω επαναλήψεων και άμεσης ανατροφοδότησης. Η διδακτική, στον Συμπεριφορισμό εστιάζει περισσότερο στη διδασκαλία, δηλαδή στις ενέργειες και λιγότερο στη μάθηση δηλαδή στη διαδικασία τροποποίησης σκέψης και πράξης (Schunk, 2012, p.114).

Ο Eduard Thorndike υποστήριξε, στο μοντέλο της συντελεστικής υποκατάστασης, ότι η μάθηση δεν λαμβάνεται ως σύνδεση ανάμεσα σε ένα ερέθισμα και την αντίδραση που προκαλεί αλλά εξηγείται με βάση τη συνέπεια που έπεται της συμπεριφοράς (Catania, 1999). Η μάθηση γίνεται σταδιακά, χρησιμοποιώντας την εμπειρία από προηγούμενες δοκιμές, ως πορεία δοκιμής και πλάνης (trial and error). Η αξιολόγηση πρέπει να είναι κατάλληλη και επαρκής (Thorndike, 1948), ενώ η χρήση αμοιβών και ποινών (θετικές και

αρνητικές ενισχύσεις) είναι σημαντικές παράμετροι για την τροποποίηση της συμπεριφοράς.

Η έννοια της ενίσχυσης που προτάθηκε αρχικά από τον Thorndike, αναπτύχθηκε στη συνέχεια από τον Burrhus Skinner. Το βασικό ερέθισμα, το οποίο ενισχύει τη μάθηση, δε δημιουργείται εκ του μηδενός, υποστήριξε ο Skinner (1974) στην ενεργό συντελεστική μάθηση, αλλά ακολουθεί τη συγκεκριμένη επιθυμητή αντίδραση.

Ο Συμπεριφορισμός κυριάρχησε στο μεγαλύτερο μέρος του εικοστού αιώνα σε όλα τα εκπαιδευτικά συστήματα των προηγμένων χωρών. Τυπικά, περιγράφεται ως μια άκαμπτη διαδικαστική προσέγγιση, που στοχεύει στη χρήση σταθερών ερεθισμάτων και ενισχύσεων, για την προώθηση ενός σταθερού κόσμου αντικειμενικής γνώσης, μετρούμενου κυρίως από την άποψη της παρατηρήσιμης συμπεριφοράς (Hassad, 2011).

Συνέβαλε ωστόσο στην οργάνωση της διδασκαλίας, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχονται οι πληροφορίες σταδιακά και ιεραρχικά δομημένες. Επηρέασε τη διδακτική πράξη με τη διαμόρφωση αρχών για τον προσδιορισμό και τη διατύπωση των παιδαγωγικών και διδακτικών στόχων, οι οποίοι πρέπει να είναι πολύ συγκεκριμένοι και σαφείς. Στη θεωρία αυτή, στηρίχθηκε και η προγραμματισμένη με υπολογιστή διδασκαλία (Schunk, 2012, p.110).

Οι αρχές και οι συναφείς παιδαγωγικές που προκύπτουν από τον Συμπεριφορισμό, υπογραμμίζουν το ρόλο του εκπαιδευτικού στο σχεδιασμό και τον έλεγχο του μαθησιακού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τον Stewart (2012) η διδακτική στον Συμπεριφορισμό περιλαμβάνει:

- τη χρήση της πρακτικής και της επανάληψης για την ενίσχυση των δεξιοτήτων και της μνήμης
- την έμφαση στις συστηματικές συνήθειες και τις οργανωμένες δραστηριότητες
- η έμφαση δίνεται στον εκπαιδευτικό που καθορίζει τη δομή, το περιεχόμενο και την παράδοση μαθησιακών δραστηριοτήτων
- την εστίαση σε σαφείς και αξιολογήσιμους μαθησιακούς στόχους και αποτελέσματα
- τη χρήση σχεδίων μαθήματος που διευκολύνουν βήμα προς βήμα την επίτευξη ολοένα και πιο πολύπλοκων ικανοτήτων και δεξιοτήτων
- έμφαση στην άμεση ανατροφοδότηση ώστε να κατευθυνθεί η συμπεριφορά των μαθητών προς τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα
- χρήση κινήτρων, ανταμοιβών, κυρώσεων και στρατηγικών πειθαρχίας
- εξατομικευμένα προγράμματα που επιτρέπουν στους μαθητές να εργάζονται με το δικό τους ρυθμό.

Καθώς οι ανάγκες της κοινωνίας άλλαξαν με το χρόνο, ο Συμπεριφορισμός μετατοπίστηκε σε πιο μετριοπαθείς απόψεις, με ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τις εσωτερικές

λειτουργίες της νόησης όπως, η κατανόηση, η συλλογιστική και τα φαινόμενα σκέψης που είναι υψίστης σημασίας για την εκπαίδευση (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Οι Γνωστικές Θεωρίες υπογραμμίζουν ότι η γνώση είναι σημαντική και βοηθά τους μαθητές να οργανώνουν και να συνδέουν νέες πληροφορίες, με τις υπάρχουσες γνώσεις στη μνήμη. Η διδασκαλία πρέπει να βασίζεται στις υπάρχουσες διανοητικές δομές του μαθητή ή στα νοητικά σχήματα, ώστε να είναι αποτελεσματική και η έμφαση δίνεται στην προώθηση της ψυχικής επεξεργασίας (Ertmer & Newby, 1993).

Η Κοινωνικογνωστική θεωρία του Albert Bandura βρίσκεται ανάμεσα στα μηχανιστικά πρότυπα μάθησης του συμπεριφορισμού και τα γνωστικά πρότυπα μάθησης των γνωστικών θεωριών (Schunk, 2012, p.118). Υποστηρίζει ότι η συμπεριφορά γίνεται αντικείμενο μάθησης μέσω της μίμησης των προτύπων και ότι οι άνθρωποι συμπεριφέρονται με τρόπο που θα τους αποφέρει κοινωνική ανταμοιβή. Είναι σε θέση να ρυθμίζουν το επίπεδο της φυσιολογικής τους ενεργοποίησης μέσα από την πίστη τους στην αυτο-αποτελεσματικότητά τους, την πεποίθηση δηλαδή που έχουν για την ικανότητά τους να αντιμετωπίζουν συγκεκριμένες καταστάσεις (Bandura, 1977).

Σε αντίθεση με τον Συμπεριφορισμό, για τον οποίο οι εσωτερικές διεργασίες με τις οποίες οικοδομείται η γνώση είναι ένα μαύρο κουτί, ο Γνωστικισμός, όπως και ο Κλασικός Εποικοδομισμός, εστιάζουν στην εσωτερική δομή και λειτουργία του γνωστικού συστήματος και μελετούν τον τρόπο με τον οποίο δομούνται και αναπαριστάνονται οι γνώσεις στην ανθρώπινη μνήμη (Ertmer & Newby, 1993). Η μαθησιακή διαδικασία συνίσταται στην προϋπάρχουσα γνώση, στη διαθέσιμη πληροφορία και στη δόμηση νέων αναπαραστάσεων που αναπτύσσονται από την επεξεργασία της πληροφορίας αυτής. Η μάθηση των παιδιών γίνεται μέσω νοητικών σχημάτων. Νέα σχήματα δημιουργούνται μέσω της επίδρασης των παλαιών σχημάτων και του περιβάλλοντος.

Ο Γνωστικός Εποικοδομισμός του Jean Piaget, θεωρεί ότι η ανάπτυξη προηγείται της γνώσης. Αυτό που εξετάζει ο Piaget είναι η κατασκευή μεγάλων δομών σκέψης, όπως η κατασκευή κινούμενων και άψυχων γύρω από το κριτήριο της κίνησης, ή την κατασκευή των αριθμών (Papert, 1988). Έθεσε τις βάσεις για την Ανακαλυπτική μάθηση η οποία στηρίζεται στην πρωτοβουλία και τη δημιουργικότητα του μαθητή. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να βοηθήσει τον μαθητή στην ανάπτυξή του προσφέροντάς του το κατάλληλο για την ηλικία του εκπαιδευτικό περιβάλλον. Οι προϋπάρχουσες γνώσεις είναι σημαντικές γιατί πάνω τους οικοδομούνται οι νέες γνώσεις, καθώς ο μαθητής προσαρμόζεται (adaptation) μέσω της αφομοίωσης (assimilation) και της συμμόρφωσης (accommodation) (Schunk, 2012, p.236 · Renner & Marek, 1990).

Η διδακτική που προκύπτει από τις γνωστικές θεωρίες περιλαμβάνει (Stewart, 2012):

- την έμφαση όχι μόνο στη νέα γνώση, αλλά και στην αφομοίωση της προηγούμενης στην οποία βασίζεται η νέα γνώση
- δραστηριότητες που εμποδίζουν τη γνωστική φόρτωση, με τη δημιουργία χρόνου για σημειώσεις ή συζήτηση και με το σπάσιμο σε εύκολα διαχειρίσιμα κομμάτια

- την ενεργοποίηση της προηγούμενης μάθησης μέσω της χρήσης περιλήψεων, ανάγνωσης ή ερωτήσεων
- στρατηγικές όπως η συζήτηση, η δημιουργία σημειώσεων και οι ερωτήσεις, οι οποίες συνδέουν τις νέες πληροφορίες με τις υπάρχουσες πληροφορίες, προκειμένου να βοηθήσουν την αφομοίωση, την κωδικοποίηση και την απομνημόνευση
- τη χρήση ποικιλίας και μικτών μέσων στη διδασκαλία που να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές προτιμήσεις
- την παρουσίαση των εννοιών με διάφορους τρόπους, για παράδειγμα στα συστατικά μέρη και ολιστικά, για την αντιμετώπιση διαφορετικών γνωστικών μορφών
- την «αποτύπωση» της σκέψης, για παράδειγμα μέσω της χρήσης λίστας, εννοιολογικών χαρτών ή διαγραμμάτων ροής για τη διερεύνηση σχέσεων μεταξύ των εννοιών
- τη χρήση αναλογιών ή μεταφορών που βοηθούν στην ενσωμάτωση του νοήματος και την αφομοίωση της νέας γνώσης
- τη χρήση της καινοτομίας, της έκπληξης και της συναισθηματικής δέσμευσης που κρατούν την προσοχή του νου και βοηθούν στην απομνημόνευση

Σύμφωνα με τον Piaget, η γνωστική ανάπτυξη εξαρτάται από τέσσερις παράγοντες: τη βιολογική ωρίμανση, την εμπειρία με το φυσικό περιβάλλον, την εμπειρία με το κοινωνικό περιβάλλον και την εξισορρόπηση. Η εξισορρόπηση, αναφέρεται σε μια βιολογική κίνηση για να παράγει μια βέλτιστη κατάσταση ισορροπίας (ή προσαρμογής), μεταξύ γνωστικών δομών και περιβάλλοντος (Duncan, 1995). Η κοινωνική αλληλεπίδραση, σύμφωνα με τον Piaget, είναι επικουρική στην ατομική γνωστική κατάκτηση του ατόμου, καθώς το άτομο εναρμονίζεται με τις καταστάσεις που επικρατούν στο περιβάλλον του.

Αντίθετα, στον Κοινωνικό Εποικοδομισμό πρωταρχικό ρόλο στη μάθηση παίζει το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον. Ο Κοινωνικός Εποικοδομισμός του Lev Vygotsky, θεωρεί ότι η μάθηση προηγείται και προωθεί την ανάπτυξη. Η ανάπτυξη του ατόμου σε γνωστικό επίπεδο επιτυγχάνεται μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και ως εκ τούτου η γλώσσα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο (Bruner, 1997).

Καθώς μια δεξιότητα ή έννοια αφομοιώνεται, αυτό που μπορεί ο μαθητής να το κάνει σήμερα μόνο με βοήθεια (Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης), θα μετατοπιστεί στο επίπεδο της ανεξάρτητης απόδοσής του και θα μπορεί στη συνέχεια να το κάνει μόνος του (Gillen, 2000). Έτσι, η καθημερινή γνώση μετατοπίζεται στην επιστημονική γνώση. Η υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό είναι χρήσιμη, μόνο αν κινείται στη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης του μαθητή, δηλαδή σε μία εν δυνάμει λανθάνουσα κατάσταση εξέλιξης.

Ο Jerome Bruner, ακολουθώντας την θεωρία του Piaget, θεώρησε ότι η γνώση του ατόμου γύρω από το αντικείμενο που εξετάζεται είναι καθοριστική για τη μάθηση. Αντί όμως να συνδέσει τις αλλαγές στην ανάπτυξη με τις γνωστικές δομές, όπως έκανε ο Piaget, ο Bruner

υποστήριξε, ότι τα παιδιά μπορούν να διδαχθούν όλα τα θέματα ανεξαρτήτως αναπτυξιακού σταδίου, με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται η κατάλληλη κάθε φορά γλώσσα (Schunk, 2012, p.280).

Ο Bruner εισήγαγε την Ανακαλυπτική μέθοδο, υποστηρίζοντας ότι ο μαθητής κατακτά αποτελεσματικά τη γνώση, όταν στηρίζεται στις δικές του δυνάμεις προσπαθώντας να ερευνήσει τις σχέσεις τα χαρακτηριστικά και τις αρχές ενός θέματος που εξετάζει, αρκεί να του παρέχονται οι κατάλληλες υποστηρικτικές δομές. Η γνώση είναι μια πολύπλοκη και δυναμική κατάσταση, στην οποία οι μαθητές χρειάζεται να συνδυάσουν πληροφορίες και να αναπτύξουν στρατηγικές αντιμετώπισης σύνθετων προβλημάτων (Wood, Bruner & Ross, 1976).

Σύμφωνα με τον Bruner (1961), η ενεργός συμμετοχή του μαθητή, μέσα σε ένα επικοινωνιακό περιβάλλον μάθησης, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα:

- την αύξηση της πνευματικής ισχύος του, ώστε να καταστούν οι επίκτητες πληροφορίες εύληπτες και άμεσα χρηστικές,
- το έναυσμα των μαθησιακών δραστηριοτήτων από την άποψη της εγγενούς ανταμοιβής που είναι η ίδια η ανακάλυψη,
- την εκμάθηση των ευρηματικών στοιχείων της ανακάλυψης μέσω ανάλυσης και σύνθεσης και
- την ευκολότερη πρόσβαση του υλικού στη μνήμη καθώς ο μαθητής μπορεί να ανατρέχει στις διαδικασίες απόκτησης της γνώσης.

Με την Ανακαλυπτική μέθοδο, ενεργοποιείται η αναλυτική και διαισθητική σκέψη των μαθητών και γενικά των ανώτερων διεργασιών που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων. Οι γνώσεις δεν είναι απλές αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου, αλλά αλληλοσυσχετίζονται, οργανωμένες σε μια δομή, αποτελούν ένα νοητικό πρότυπο, χάρη στο οποίο μπορούμε να προβλέπουμε και να κάνουμε υποθέσεις (Duit, 1996). Ο μαθητής, παράγει μάθηση, οργανώνοντας και μετασχηματίζοντας τις πληροφορίες, ενώ το λάθος αξιοποιείται παιδαγωγικά.

Η διδακτική μέσα στον Επικοινωνιασμό υπογραμμίζει την ενεργό μάθηση που επικεντρώνεται στους μαθητές, με τον ρόλο του εκπαιδευτικού ως παράγοντα διευκόλυνσης και περιλαμβάνει (Stewart, 2012):

- έμφαση στους μαθητές που δραστηριοποιούνται στην κατασκευή της κατανόησης τους για τη γνώση
- εστίαση στην ανακάλυψη, την εξερεύνηση, τον πειραματισμό, τη δημιουργία και την εξέταση υποθέσεων
- εργασίες project, ανακαλυπτική μάθηση, μάθηση βασισμένη σε προβλήματα και διερευνητική μάθηση
- συνειδητοποίηση της μαθησιακής διαδικασίας μέσω της χρήσης αναστοχαστικών μαθησιακών δραστηριοτήτων, αυτοαξιολόγησης και αποτίμησης

- τον ρόλο του εκπαιδευτικού ως οδηγού, που παρέχει υποστηρικτικές δομές στη μάθηση εξασφαλίζοντας ότι ο μαθητής έχει τις απαραίτητες γνώσεις, δεξιότητες και υποστήριξη ώστε να διαπραγματευτεί ένα νέο κομμάτι μάθησης και προωθεί την σκέψη του μαθητή μέσω αμφισβήτηση ή μοντελοποίησης.

Οι θεωρίες μάθησης διακρίνονται σε δύο ομάδες, σ' αυτές που αντιμετωπίζουν τη μάθηση ως «μεταφορά απόκτησης» και σ' εκείνες που τη βλέπουν ως «μεταφορά συμμετοχής» (Sfard, 1998). Οι διαφορετικές θεωρίες φέρνουν διαφορετικές πτυχές της μάθησης και της σκέψης στο προσκήνιο.

Μάθηση, σύμφωνα με τον Kolb (1984), είναι η διαδικασία δημιουργίας της γνώσης μέσω του μετασχηματισμού της εμπειρίας. Η μάθηση περιλαμβάνει την απόκτηση αφηρημένων εννοιών που μπορούν να εφαρμοστούν με ευελιξία σε μια σειρά από καταστάσεις. Στη θεωρία του Kolb, η ώθηση για την ανάπτυξη νέων εννοιών παρέχεται από νέες εμπειρίες.

Η βασική διαφορά, στις θεωρίες μάθησης που προαναφέρθηκαν, είναι ότι στον Συμπεριφορισμό η μάθηση διαχέεται από την κορυφή προς τη βάση (top-down), σε μία διδασκαλία με κέντρο τον εκπαιδευτικό (Hassad, 2011). Αντίθετα, ο Εποικοδομισμός επικεντρώνεται στην κατασκευή της γνώσης από τον μαθητή και ο εκπαιδευτικός διευκολύνει την διαδικασία. Η μάθηση δημιουργείται από τη βάση προς την κορυφή (bottom-up), σε μία διαδικασία όπου οι μαθητές μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν και όχι πώς να αποστηθίζουν πληροφορίες, άσχετες προς τις ανάγκες τους και με βραχυπρόθεσμα οφέλη.

Μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στην επιστημονική εκπαίδευση τα τελευταία πενήντα χρόνια, ήταν η στροφή, από το να στοχεύουμε σε μαθητές που θα γίνουν "μελλοντικοί επιστήμονες", στην αντίληψη ότι η επιστήμη είναι σημαντική για όλους τους μαθητές και ότι αυτή η γνώση είναι απαραίτητη για να γίνουν εγγράμματα μέλη της κοινωνίας (Songer & Kali, 2014).

Οι Φυσικές επιστήμες, σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ, δεν είναι απλά ένα σύνολο γνώσεων που αντανακλά την τρέχουσα κατανόηση του κόσμου. Είναι επίσης, ένα σύνολο πρακτικών, που χρησιμοποιούνται για την καθιέρωση, επέκταση και βελτίωση της γνώσης (NRC, 2012, p.26).

Αντίστοιχα, για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η επιστήμη, με την ευρύτερη έννοια, αναφέρεται σε οποιοδήποτε σύστημα γνώσης που προσπαθεί να διαμορφώσει την αντικειμενική πραγματικότητα. Σε μια πιο περιορισμένη έννοια, η επιστήμη αναφέρεται σε ένα σύστημα απόκτησης γνώσεων βασισμένο στην επιστημονική μέθοδο, καθώς και στο οργανωμένο σώμα γνώσης που αποκτήθηκε μέσω αυτής της έρευνας (European Commission, 2007, p.6).

Ο επιστήμονας, βιώνει μία αναζήτηση και αυτή η αναζήτηση έχει δύο φάσεις (Renner & Marek, 1990). Η πρώτη φάση αφορά τη συλλογή δεδομένων σχετικά με το υπό εξέταση φαινόμενο, την πραγματική αλληλεπίδραση με τον φυσικό κόσμο. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει αναζήτηση μεταξύ των δεδομένων που συγκεντρώνονται για να

δημιουργήσουν σχέσεις. Προκειμένου οι μαθητές να γίνουν επιστημονικά εγγράμματοι, πρέπει να βιώσουν και τις δύο φάσεις της επιστήμης.

Το ζητούμενο είναι, να βρεθούν οι διδακτικές προσεγγίσεις που θα προάγουν την εμπλοκή και την δέσμευση των μαθητών στην αναζήτηση της γνώσης. Αυτές οι διδακτικές προσεγγίσεις πρέπει να είναι αντίστοιχες των δυνατοτήτων και των ενδιαφερόντων των μαθητών, στην δική τους εποχή.

2.2 Διερευνητική Μάθηση

Η διερευνητική μάθηση έχει τις ρίζες της στη φιλοσοφία του Εποικοδομισμού και στο έργο του John Dewey, ο οποίος διαδραμάτισε εξέχοντα ρόλο στην εκπαιδευτική μεταρρύθμιση κατά το πρώτο μισό του εικοστού αιώνα (Lazonder & Harmsen, 2016 · Rudolph, 2005).

Η γνώση έλεγε ο Dewey (1899 p.23) δεν είναι πια άκαμπτη, αλλά έχει ρευστοποιηθεί και κινείται δυναμικά σε όλα τα ρεύματα της κοινωνίας. Η εκπαίδευση, μέσα σε αυτές τις συνθήκες, πρέπει να αλλάζει, μετατοπίζοντας το κέντρο βάρους της από την παθητική ακρόαση, στην ενεργό συμμετοχή (Dewey, 1899 p.35). Το παιδί δεν έχει πολύ ένστικτο για αφηρημένη έρευνα. Το ένστικτο της έρευνας φαίνεται να εξελίσσεται από το συνδυασμό της εποικοδομητικής παρόρμησης με την συνομιλία (Dewey, 1899 p.43).

Ο Dewey (1910a, p.60) πίστευε, ότι αντί να δίνεται έμφαση στην απομνημόνευση πληροφοριών, οι μαθητές θα έπρεπε να διδάσκονται, πώς να σκέφτονται και να ενεργούν επιστημονικά. Η επιστήμη, έλεγε, έχει διδαχθεί πάρα πολύ σαν συσσώρευση έτοιμου υλικού με το οποίο οι μαθητές πρέπει να εξοικειωθούν, όχι όμως αρκετά ως μέθοδος σκέψης (Dewey, 1910a, pp. 122, 124). Η ενεργός συμμετοχή στη δημιουργία της γνώσης είναι το υψηλότερο προνόμιο του ανθρώπου και η μόνη εγγύηση της ελευθερίας του (Dewey 1910b). Όταν τα σχολεία μας, κατέληγε στην ίδια εργασία ο Dewey, γίνουν πραγματικά εργαστήρια παραγωγής γνώσης και όχι μύλοι εξοπλισμένοι με χόανες πληροφοριών, δεν θα υπάρχει πλέον η ανάγκη να συζητείται η θέση της επιστήμης στην εκπαίδευση.

Ο Εποικοδομισμός δεν είναι μέθοδος μάθησης. Είναι η φιλοσοφία που δίνει το πλαίσιο μέσα στο οποίο συμβαίνει η μάθηση. Η διερευνητική μάθηση, δημιουργήθηκε μέσα σε αυτό το πλαίσιο και υιοθετήθηκε σε μεγάλη κλίμακα στην εκπαιδευτική πρακτική κατά τη διάρκεια του κινήματος της μάθησης μέσω ανακάλυψης, στη δεκαετία του 1960. Η Ανακαλυπτική μέθοδος του Bruner, της έδωσε την ώθηση με την οποία κινείται μέχρι σήμερα.

Το εσωτερικό περιβάλλον του ανθρώπου, σύμφωνα με τον Bruner, είναι δομημένο με βάση τις αλληλεπιδράσεις με το εξωτερικό του περιβάλλον. Το εξωτερικό περιβάλλον παίζει μεγάλο ρόλο στην διαμόρφωση του εσωτερικού κόσμου αλλά και ο εσωτερικός κόσμος παίζει ρόλο στην αντίληψη για το εξωτερικό περιβάλλον (Clabaugh, 2010). Η σωστή υποστήριξη από τους εκπαιδευτικούς, ξεκινά δειλάζοντας τους μαθητές να ασχοληθούν με δράσεις, που παράγουν αναγνωρίσιμες από αυτούς λύσεις (Wood, Bruner, & Ross, 1976).

Η διερευνητική μέθοδος μάθησης, αρχικά υιοθετήθηκε ως ένας γόνιμος τρόπος για να μάθουν οι μαθητές το περιεχόμενο των θετικών επιστημών, αλλά το σημαντικό έργο των μελετητών, όπως οι Kuhn και Klahr, ανανέωσαν σταδιακά την έμφαση, στην καλλιέργεια των δεξιοτήτων της επιστημονικής διαδικασίας (Lazonder & Harmsen, 2016).

Η διερεύνηση, ως πρακτική μάθησης, είναι πολύ ευέλικτη, γιατί και η πρωτογενής έρευνα δεν μπορεί να ακολουθεί πάντα το ίδιο μονοπάτι. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται σύγχυση σχετικά με τον ορισμό και τη μεθοδολογία της. Η λέξη «έρευνα» μπορεί να χρησιμοποιείται, για να περιγράψει τη διερεύνηση των μαθητών πάνω σε ένα ανοιχτό θέμα, μπορεί να αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες ανακαλύπτουν τη φύση, ή μπορεί να αναφέρεται σε ένα πείραμα όπου οι μαθητές εκτελούν απλά τις οδηγίες του πειράματος για να επιβεβαιώσουν κάτι που ήδη ξέρουν.

Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι διχογνωμίες και οι αντιφάσεις που παρατηρούνται στη βιβλιογραφία, ερευνών πάνω στη διερευνητική μέθοδο μάθησης, οφείλονται σε σύγχυση που προκύπτει από την πολυπλοκότητα της έννοιας (Cairns & Areepattamannil, 2017 · Levy et al., 2013 · Martin-Hansen, 2002 · Minner, Levy & Century, 2010).

Σύμφωνα με τον Anderson (2002), η διερευνητική μάθηση καθορίζεται διαφορετικά από διάφορους ερευνητές ή ο ερευνητής, μπορεί να επιλέξει να χρησιμοποιήσει έναν διαφορετικό όρο για μια προσέγγιση, την οποία άλλοι, προφανώς θα αποκαλούσαν διερεύνηση. Αρκετοί ερευνητές, καταφεύγουν στον ορισμό που δόθηκε το 1996 στα Εθνικά Πρότυπα Εκπαίδευσης των Επιστημών (National Science Education Standards-NSES) από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council-NRC) των ΗΠΑ, ο οποίος φαίνεται να δίνει ισότιμα έμφαση, στη διεξαγωγή και στα γνωστικά αποτελέσματα της έρευνας:

Η διερεύνηση, είναι μια πολύπλευρη δραστηριότητα που εμπλέκει την παρατήρηση, τη δημιουργία ερωτήσεων, την εξέταση των πληροφοριών, από βιβλία και άλλες πηγές, ώστε να δεις τι είναι ήδη γνωστό, τον σχεδιασμό έρευνας, εξετάζοντας αυτό που είναι ήδη γνωστό υπό το φως των πειραματικών στοιχείων, τη χρήση κατάλληλων εργαλείων για τη συλλογή, την ανάλυση και την ερμηνεία των δεδομένων, την πρόταση απαντήσεων, εξηγήσεων και προβλέψεων και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων. Η διερεύνηση απαιτεί τον προσδιορισμό των παραδοχών, τη χρήση κριτικής και λογικής σκέψης, και την εξέταση εναλλακτικών εξηγήσεων. Οι μαθητές συμμετέχουν σε επιλεγμένες πτυχές έρευνας, μαθαίνοντας τον επιστημονικό τρόπο γνώσης του φυσικού κόσμου, αλλά θα πρέπει επίσης να αναπτύξουν την ικανότητα διεξαγωγής πλήρων ερευνών (NRC, 1996, σελ. 23).

Στο ίδιο έγγραφο αναφέρεται ότι, οι μαθητές, σε όλα τα επίπεδα και σε κάθε τομέα της επιστήμης, θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν επιστημονικές έρευνες και να αναπτύσσουν την ικανότητα να σκέπτονται και να ενεργούν με τρόπους που σχετίζονται με την έρευνα, συμπεριλαμβανομένων ερωτήσεων, σχεδιασμού και διενέργειας ερευνών, χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία και τεχνικές για τη συλλογή δεδομένων, θεωρώντας κριτικά και λογικά τις σχέσεις μεταξύ αποδεικτικών στοιχείων και

εξηγήσεων, κατασκευάζοντας και αναλύοντας εναλλακτικές εξηγήσεις και επικοινωνώντας επιστημονικά τα επιχειρήματά τους (NRC 1996, p. 105).

Οι Levy et al. (2010), περιγράφουν τη Διερευνητική Μάθηση, ως ένα σύμπλεγμα προσεγγίσεων μάθησης και διδασκαλίας, που εστιάζουν σε μεγάλο βαθμό στους μαθητές, στις οποίες η έρευνα των μαθητών οδηγεί την μαθησιακή εμπειρία. Οι μαθητές διεξάγουν έρευνες μικρής ή μεγάλης κλίμακας, που τους δίνουν τη δυνατότητα να ασχολούνται ενεργά με επιστημονικά ή διεπιστημονικά ερωτήματα και προβλήματα. Η μάθηση πραγματώνεται, μέσω μιας αναδυόμενης διαδικασίας εξερεύνησης και ανακάλυψης. Οι μαθητές, καθοδηγούμενοι από τους ειδικούς του αντικείμενου και τους ειδικούς της μάθησης, χρησιμοποιούν τις επιστημονικές και ερευνητικές πρακτικές των επιστημών, για να προχωρήσουν αυτόνομα, στη δημιουργία και στη διανομή γνώσεων.

Τα χαρακτηριστικά της διερευνητικής μάθησης (Levy et al., 2010), είναι οι μαθητές:

- Συχνά συνεργαζόμενοι, να μαθαίνουν μέσω μιας διερεύνησης, χρησιμοποιώντας ψηφιακές πληροφορίες και τεχνολογίες όπου κρίνεται αναγκαίο
- Να εφαρμόζουν αρχές και πρακτικές ακαδημαϊκής ή επαγγελματικής έρευνας
- Να ασχολούνται με ερωτήσεις και προβλήματα που συχνά είναι ανοιχτά
- Να εξερευνούν μια βάση δεδομένων ενεργά, κριτικά και δημιουργικά
- Να συμμετέχουν στην οικοδόμηση νέου νοήματος και γνώσης
- Να αναπτύσσουν γνώσεις και δεξιότητες στις διαδικασίες των μεθόδων έρευνας και σε άλλους τομείς, συμπεριλαμβανομένου του πληροφοριακού γραμματισμού, του αναστοχασμού και της ομαδικής εργασίας
- Να αποκτήσουν την ευκαιρία να μοιραστούν τα αποτελέσματά τους και τις έρευνές τους μεταξύ τους, καθώς και να τις επικοινωνήσουν σε ευρύτερο κοινό.

Οι Alfieri et al. (2011), εκτιμούν ότι η μάθηση της ανακάλυψης συμβαίνει κάθε φορά που ο εκπαιδευόμενος δεν έχει την πληροφορία-στόχο ή την εννοιολογική κατανόηση και πρέπει να τις βρει ανεξάρτητα και μόνο με τα παρεχόμενα υλικά. Μέσα στις μεθόδους μάθησης της ανακάλυψης, υπάρχει η ευκαιρία να παρέχονται στους εκπαιδευόμενους εντατική ή, αντιθέτως, ελάχιστη καθοδήγηση και οι δύο τύποι μπορούν να λάβουν πολλές μορφές (π.χ. εγχειρίδια, προσομοιώσεις, ανατροφοδότηση, παραδείγματα προβλημάτων).

Η ανακάλυψη μέσω διερεύνησης, είναι μια μορφή επίλυσης προβλημάτων. Δεν είναι απλά, αφήνουμε τους μαθητές να κάνουν αυτό που θέλουν, επισημαίνει ο Schunk (2012, p. 266). Αν και η διερεύνηση είναι μία έμμεσα καθοδηγούμενη διδακτική προσέγγιση, περιλαμβάνει κατεύθυνση. Οι εκπαιδευτικοί οργανώνουν δραστηριότητες στις οποίες οι μαθητές αναζητούν, εκτελούν και ερευνούν.

Η καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό και το ποσοστό υποστήριξης των μαθητών στη διαδικασία, διαφοροποιούν τη διερευνητική μέθοδο μάθησης σε μορφές έρευνας.

Σύμφωνα με τους Banchi & Bell (2008), υπάρχουν τέσσερις μορφές έρευνας που μπορούν να εφαρμοστούν στη μάθηση, ανάλογα με το επίπεδο αυτενέργειας των μαθητών:

- Στο χαμηλότερο επίπεδο αυτενέργειας των μαθητών, τη Διερεύνηση Επιβεβαίωσης (confirmation inquiry), οι μαθητές λαμβάνουν έτοιμη την ερώτηση και τη διαδικασία (μέθοδο), και τα αποτελέσματα είναι γνωστά εκ των προτέρων. Η διερεύνηση επιβεβαίωσης είναι χρήσιμη όταν ο στόχος ενός εκπαιδευτικού είναι να ενισχύσει την κατανόηση μιας ιδέας που οι μαθητές έχουν ήδη γνωρίσει, να παρουσιάσει στους μαθητές τα βήματα διεξαγωγής ερευνών, ή να αποκτήσουν οι μαθητές μια συγκεκριμένη ικανότητα αναζήτησης, όπως η συλλογή και η καταγραφή δεδομένων.
- Στη Δομημένη Διερεύνηση (structured inquiry), το θέμα και η διαδικασία εξακολουθούν να παρέχονται από τον εκπαιδευτικό, ωστόσο, οι μαθητές καλούνται να δώσουν τις δικές τους εξηγήσεις, που υποστηρίζονται από τα στοιχεία που έχουν συλλέξει. Η δομημένη διερεύνηση είναι χρήσιμη όταν ο εκπαιδευτικός θέλει οι μαθητές του να μάθουν συγκεκριμένα διαδοχικά βήματα έρευνας και να μπορούν να καταλήξουν σε συμπεράσματα εκτιμώντας τα δεδομένα που συλλέγουν.
- Στην Καθοδηγούμενη Διερεύνηση (guided inquiry), ο εκπαιδευτικός παρέχει στους μαθητές μόνο ένα γενικό ερευνητικό ερώτημα και οι μαθητές σχεδιάζουν τη διαδικασία (μέθοδο) για να εξετάσουν την ερώτησή τους, καταλήγοντας σε συμπεράσματα και δίνοντας εξηγήσεις. Αυτό το είδος διερεύνησης παρέχει στους μαθητές την ευκαιρία, να δοκιμάσουν διάφορες στρατηγικές προσέγγισης και ερμηνείες, πάνω στο αντικείμενο που μελετούν. Οι μαθητές είναι ενεργοί σε κάθε στάδιο και λαμβάνουν καθοδήγηση, σχετικά με το κατά πόσο τα ερευνητικά τους σχέδια έχουν νόημα.
- Στην Ανοιχτή Διερεύνηση (open inquiry), οι μαθητές έχουν τις πιο αυθεντικές ευκαιρίες να ενεργούν σαν επιστήμονες, να δημιουργούν ερωτήματα σχετικά με τα ενδιαφέροντά τους, να σχεδιάζουν και να διεξάγουν έρευνες και να γνωστοποιούν τα αποτελέσματά τους. Αυτό η μορφή διερεύνησης απαιτεί την πιο επιστημονική συλλογιστική και έχει τις μεγαλύτερες εννοιολογικές απαιτήσεις από τους μαθητές. Είναι σκόπιμο να ζητείται από τους μαθητές να εμπλακούν σε ανοιχτή διερεύνηση, μόνο όταν έχουν κατακτήσει τις ικανότητες σχεδιασμού μιας έρευνας, καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων, καθώς και την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα στοιχεία που έχουν συλλέξει.

Όσο αυξάνεται ο βαθμός αυτενέργειας του μαθητή, μειώνεται ο διδακτικός ρόλος του εκπαιδευτικού και αυξάνεται ο συμμετοχικός του ρόλος. Σύμφωνα με τους Bell, Smetana, & Binns (2005), η κλίμακα διερεύνησης πρέπει να θεωρηθεί ως συνεχής, όπου, ιδανικά, οι μαθητές πρέπει να προχωρήσουν σταδιακά από χαμηλότερες σε υψηλότερες μορφές. Παρόλο που ο στόχος είναι να βοηθηθούν οι μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες και τις γνώσεις για να διεξαγάγουν ανοιχτές έρευνες, δεν μπορεί να αναμένεται να ξεκινήσουν

από εκεί. Οι μαθητές χρειάζονται πρακτική διεξαγωγής έρευνας, δημιουργώντας όλο και πιο ανοιχτά και πολύπλοκα επίπεδα.

Η διερεύνηση είναι μια ενδυναμωτική προσέγγιση με οφέλη τόσο για τη μάθηση του υπό μελέτη θέματος όσο και για ένα ευρύ φάσμα σημαντικών διανοητικών χαρακτηριστικών υψηλού επιπέδου. Η επιτυχία της μάθησης πηγάζει από τη σκόπιμη δέσμευση με τις ερωτήσεις και τις δραστηριότητες διερεύνησης, σε ένα προκλητικό και υποστηρικτικό μαθησιακό περιβάλλον (Levy et al., 2013).

2.3 Η Διερευνητική Μάθηση στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

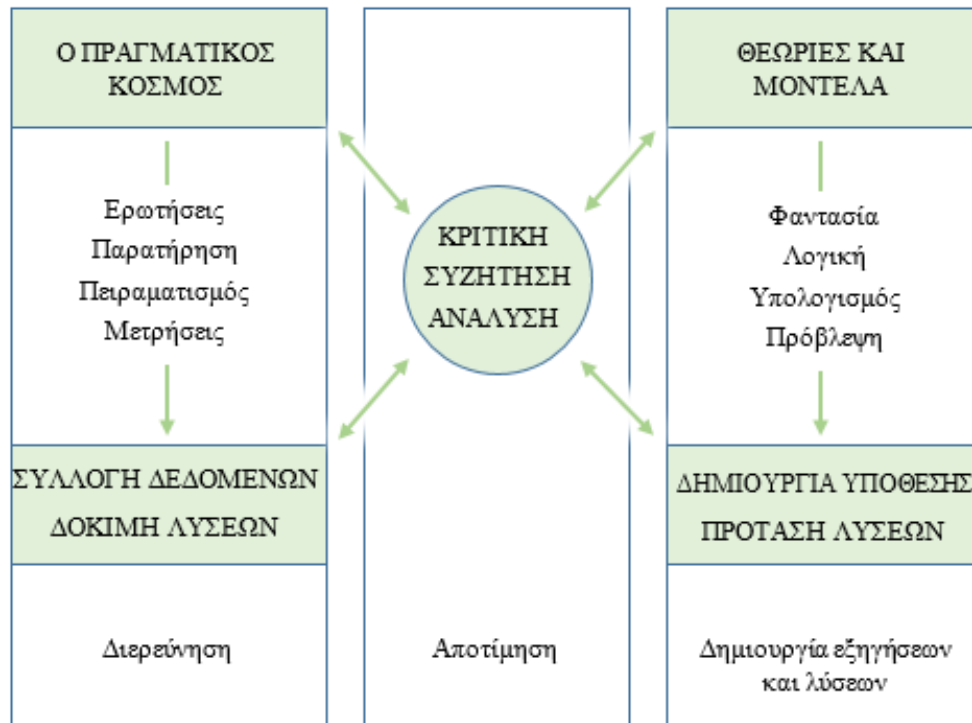
Τη διερευνητική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες η Ευρωπαϊκή Επιτροπή την ορίζει ως, την εκ προθέσεως διαδικασία της διάγνωσης των προβλημάτων, της κριτικής των πειραμάτων και της διάκρισης των εναλλακτικών λύσεων, του σχεδιασμού των ερευνών, των ερευνητικών εικασιών, της αναζήτησης πληροφοριών, της κατασκευής μοντέλων, της συζήτησης με τους συνομηλίκους και της διαμόρφωσης συνεκτικών επιχειρημάτων (European Commission, 2007, p.10).

Η φύση της επιστήμης (nature of science) είναι ένας σημαντικός στόχος στη μελέτη της επιστήμης, για περισσότερα από 100 χρόνια. Ο Abd-El Khalick (2013), υποστηρίζει ότι έχει διττό ρόλο στην εκπαίδευση. Η διδασκαλία για (about) τη φύση της επιστήμης, στοχεύει να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν επιστημολογικές αντιλήψεις, σχετικά με τη δημιουργία και την επικύρωση της επιστημονικής γνώσης. Η διδασκαλία με (with) τη φύση της επιστήμης, δημιουργεί ισχυρά περιβάλλοντα μάθησης, που προσεγγίζουν την αυθεντική επιστημονική πρακτική και την εφαρμογή αποτελεσματικών παιδαγωγικών προσεγγίσεων που μοιράζονται πολλά χαρακτηριστικά των καλύτερων πρακτικών διδασκαλίας της επιστήμης.

Σύμφωνα με τα Πρότυπα των Επιστημών της Επόμενης Γενιάς (NGSS, 2013), υπάρχουν οκτώ αρχές κατανόησης της φύσης της επιστήμης, που οι μαθητές πρέπει να μάθουν:

1. Οι επιστημονικές έρευνες χρησιμοποιούν ποικίλες μεθόδους
2. Η επιστημονική γνώση βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία
3. Οι επιστημονικές γνώσεις είναι ανοικτές σε αναθεώρηση υπό το πρίσμα νέων στοιχείων
4. Τα επιστημονικά μοντέλα, οι νόμοι, οι μηχανισμοί και οι θεωρίες εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα
5. Η επιστήμη είναι ένας τρόπος γνώσης
6. Η επιστημονική γνώση προϋποθέτει μία τάξη και μία συνέπεια στα φυσικά συστήματα
7. Η επιστήμη είναι ένας ανθρώπινος μόχθος
8. Η επιστήμη ασχολείται με ερωτήματα σχετικά με τον φυσικό και τον υλικό κόσμο.

Ο τρόπος με τον οποίο, συνήθως, οι επιστήμονες προσεγγίζουν τη γνώση, μπορεί να αποτυπωθεί, σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2012), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1., ως εργασία που γίνεται σε τρεις σφαίρες δραστηριοτήτων.



Σχήμα 2.1. Οι τρεις σφαίρες δραστηριότητας για επιστήμονες και μηχανικούς. (Προσαρμογή από NRC, 2012, p.45)

Στην πρώτη σφαίρα, η κυρίαρχη δραστηριότητα είναι η διερεύνηση και η εμπειρική έρευνα. Σε αυτό το πεδίο δραστηριότητας, οι επιστήμονες καθορίζουν τι πρέπει να μετρηθεί, παρατηρούν φαινόμενα, σχεδιάζουν πειράματα, παρατηρούν και συλλέγουν δεδομένα.

Στη δεύτερη σφαίρα, η ουσία της εργασίας είναι η κατασκευή επεξηγήσεων ή σχεδίων με τη χρήση συλλογισμών, δημιουργικής σκέψης και μοντέλων. Οι κυριότερες δραστηριότητες στο πεδίο αυτό, είναι η επιχειρηματολογία και η κριτική, οι οποίες συχνά οδηγούν σε περαιτέρω πειράματα και παρατηρήσεις ή σε αλλαγές στα προτεινόμενα μοντέλα, επεξηγήσεις ή σχέδια.

Στην τρίτη σφαίρα, οι ιδέες, όπως η προσαρμογή των σχεδίων και οι εξηγήσεις των αποδείξεων, αναλύονται, συζητούνται και αξιολογούνται. Οι επιστήμονες αντλούν από τις καθιερωμένες θεωρίες και τα μοντέλα και προτείνουν επεκτάσεις στη θεωρία ή δημιουργούν νέα μοντέλα. Συχνά, αναπτύσσουν ένα μοντέλο ή υπόθεση που οδηγεί σε νέες ερωτήσεις για διερεύνηση ή εναλλακτικές εξηγήσεις που πρέπει να εξεταστούν.

Και στις τρεις σφαίρες δραστηριοτήτων, οι επιστήμονες και οι μηχανικοί προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τα καλύτερα διαθέσιμα εργαλεία για να στηρίξουν το έργο, το οποίο στη σύγχρονη εποχή σημαίνει ότι η σύγχρονη υπολογιστική τεχνολογία είναι αναπόσπαστο μέρος σχεδόν όλων των πτυχών της δουλειάς τους.

Μέσω της διερευνητικής μάθησης, οι μαθητές από παθητικοί δέκτες γίνονται ενεργοί δημιουργοί της γνώσης, υιοθετώντας μία θετική εικόνα για την επιστήμη, και πίστη και εμπιστοσύνη στον εαυτό τους ότι μπορούν «να κάνουν» επιστήμη, αποκτώντας μία πρώιμη επιστημονική ταυτότητα (Kim, 2018). Όταν οι μαθητές αναπτύσσουν την επιστημονική τους ταυτότητα γεμάτη με τις ιδιότητες του θαυμαστού, της έρευνας και της επίλυσης προβλημάτων (NRC, 2012, p.286) και όχι ως βαρετό, θεωρητικό ή εργαστηριακό έργο που κυριαρχείται από απρόσιτες ιδιοφυίες, είναι λιγότερο πιθανό να τοποθετηθούν ως παθητικοί θεατές στις τάξεις των θετικών επιστημών.

Οι Φυσικές επιστήμες, είναι το κατεξοχήν αντικείμενο, όπου η διερεύνηση, ως μέθοδος, μπορεί να αναδείξει όλη της την δυναμική και την αποτελεσματικότητα. Η συμμετοχή στην έρευνα μπορεί να προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να επιτύχουν τρεις αλληλένδετους μαθησιακούς στόχους: την ανάπτυξη των γενικών ικανοτήτων διερεύνησης, την απόκτηση συγκεκριμένων δεξιοτήτων έρευνας και την κατανόηση των εννοιών και των αρχών της επιστήμης (NRC, 1996).

Η μάθηση της επιστήμης μέσω διερεύνησης, είναι κάτι που κάνουν οι μαθητές, όχι κάτι που γίνεται γι' αυτούς. Οι μαθητές πρέπει να εισάγονται στην επιστήμη με τρόπους που βρίσκονται μέσα στις αναπτυξιακές τους δυνατότητες. Σύμφωνα με τα Πρότυπα των ΗΠΑ (NRC, 2000, p.18), σε ότι αφορά στο περιεχόμενο των επιστημών, ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων διερεύνησης, όλοι οι μαθητές θα πρέπει να αποκτήσουν:

- τις ικανότητες που απαιτούνται για την πραγματοποίηση επιστημονικών ερευνών
- κατανόηση για την επιστημονική έρευνα.

Στο επίπεδο του Γυμνασίου, οι ικανότητες διερεύνησης (NRC, 2000, p.19) επικεντρώνονται, στο να είναι σε θέση οι μαθητές:

- να διακρίνουν και να κάνουν τις κατάλληλες ερωτήσεις που να μπορούν να απαντηθούν μέσα από μια επιστημονική έρευνα
- να σχεδιάζουν και να διεξαγάγουν μια επιστημονική έρευνα
- να χρησιμοποιούν κατάλληλα εργαλεία, τεχνολογίες και τεχνικές για να συγκεντρώνουν, να αναλύουν και να περιγράφουν δεδομένα
- να αναπτύσσουν κατάλληλα μοντέλα για να περιγράφουν τα δεδομένα τους και να εξετάζουν τις περεταίρω προβλέψεις των μοντέλων τους
- να σκέφτονται κριτικά και λογικά ώστε να συσχετίζουν τις αποδείξεις με τις ερμηνείες
- να αναγνωρίζουν, να αναλύουν και να εξετάζουν τις εξηγήσεις που δίνονται από άλλους

- να επικοινωνούν και να εξηγούν την έρευνά τους
- να χρησιμοποιούν τα μαθηματικά σε όλα τα στάδια της έρευνας.

Ταυτόχρονα, όσον αφορά στην επιστημονική έρευνα (NRC, 2000, p.20), οι μαθητές πρέπει να αναπτύξουν κάποια θεμελιώδη κατανόηση, σχετικά με το ότι:

- διαφορετικά είδη ερωτήσεων απαιτούν διαφορετικά είδη επιστημονικών ερευνών
- οι τρέχουσες επιστημονικές γνώσεις οδηγούν τις επιστημονικές έρευνες
- τα μαθηματικά είναι σημαντικά σε όλες τις πτυχές της επιστημονικής έρευνας
- η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τη συλλογή δεδομένων ενισχύει την ακρίβεια και επιτρέπει στους επιστήμονες να αναλύουν και να ποσοτικοποιούν τα αποτελέσματα των ερευνών τους
- οι επιστημονικές εξηγήσεις, δίνουν έμφαση στα στοιχεία, έχουν λογικά, συνεπή επιχειρήματα και χρησιμοποιούν επιστημονικές αρχές, μοντέλα και θεωρίες
- η επιστήμη προχωράει μέσα από τον έγκυρο σκεπτικισμό
- οι επιστημονικές έρευνες, οδηγούν μερικές φορές σε νέες ιδέες και φαινόμενα για μελέτη, δημιουργούν νέες μεθόδους ή διαδικασίες για έρευνα ή αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες για τη βελτίωση της συλλογής δεδομένων.

Αντίστοιχα, το Ευρωπαϊκό έργο ESTABLISH ανέδειξε εννέα πτυχές ή στοιχεία διερεύνησης (έργο ESTABLISH, 2011, p.5):

1. Διάγνωση προβλημάτων
2. Αποτίμηση των πειραμάτων
3. Αναγνώριση εναλλακτικών λύσεων
4. Σχεδιασμός ερευνών
5. Διατύπωση υποθέσεων
6. Αναζήτηση πληροφοριών
7. Κατασκευή μοντέλων
8. Επιστημονικές συζητήσεις με συμμαθητές
9. Δημιουργία συνεκτικών επιχειρημάτων

Αυτές οι πτυχές, μπορούν να θεωρηθούν ως ικανότητες έρευνας και χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για τον ορισμό της διερευνητικής μάθησης στο Ευρωπαϊκό έργο ASSIST- ME (Bernholt et al., 2013) το οποίο τις εμπλούτισε με: τη δημιουργία ερωτημάτων, τη διερεύνηση των υποθέσεων, τη συλλογή και την ερμηνεία δεδομένων και την αξιολόγηση και επικοινωνία των αποτελεσμάτων.

Η εκπαίδευση των επιστημών με βάση την έρευνα (Inquiry Based Science Education), είναι η Επαγωγική προσέγγιση στη μάθηση, που δημιουργείται από τη βάση προς την

κορυφή (European Commission, 2007, p.10), δίνοντας στους μαθητές περισσότερο χρόνο για σκέψη, χώρο για παρατήρηση, ενδιαφέρον για πειραματισμό και κυρίως, το κίνητρο για να δημιουργήσουν τη δική τους γνώση.

Το κίνητρο, διαφοροποιείται από το ενδιαφέρον σύμφωνα με τους O'Keefe & Linnenbrink-Garcia (2014). Το ενδιαφέρον, αναφέρεται στην προτίμηση και την τάση για εμπλοκή σε συγκεκριμένες δραστηριότητες και είναι συνυφασμένο με το περιεχόμενο. Το κίνητρο, από την άλλη πλευρά, είναι μια ευρύτερη διαδικασία που αναφέρεται στην επιθυμία να επιτευχθεί ένα ιδιαίτερο αποτέλεσμα σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, η οποία περιλαμβάνει το έναυσμα και τη διατήρηση μιας συγκεκριμένης συμπεριφοράς, που σχετίζεται με το στόχο.

Στις Φυσικές επιστήμες, το ενδιαφέρον μπορεί να προκληθεί μέσω των πειραμάτων και των δραστηριοτήτων, το κίνητρο όμως, είναι η προσωπική αξία που δίνουν οι μαθητές στα προβλήματα, που θέτουν οι ίδιοι, μέσα στην ερευνητική διαδικασία.

Σημαντικά για τον μαθητή, είναι τα ερωτήματα που θέτει ο ίδιος. Το πρόβλημα, έλεγε ο Dewey (1910a, p.12), καθορίζει το τέλος της σκέψης και το τέλος, ελέγχει τη διαδικασία της σκέψης. Οι στόχοι που θέτει ο κάθε εκπαιδευτικός, αν δεν γίνουν στόχοι του ίδιου του μαθητή, είναι καταδικασμένοι.

Στην διερευνητική μάθηση, ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει πολύ καλή γνώση, όχι μόνο του αντικειμένου του, αλλά και της διερευνητικής μεθοδολογίας για να καταφέρνει να επιβλέπει και να ανατροφοδοτεί μια παραγωγική διερευνητική διδασκαλία. Πρέπει να βοηθά τον μαθητή στο να αναρωτηθεί την κατάλληλη ερώτηση που θα τον οδηγήσει συνειρμικά στην λύση (Kim, 2018).

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καταλυτικός στην διαδικασία της διερευνητικής μάθησης και πολύ διαφορετικός από την άμεση διδασκαλία. Ο Anderson (2002), συγκρίνοντας τον παραδοσιακό με τον νέο προσανατολισμό στη μάθηση, επισημαίνει τη μετατόπιση του κέντρου βάρους της διαδικασίας της μάθησης από τους εκπαιδευτικούς προς τους μαθητές. Σε όλα τα στάδια της έρευνας, οι εκπαιδευτικοί οριοθετούν, προκαλούν και ενθαρρύνουν το μαθητή να αναπτύξει τις ικανότητές του και να εμπλουτίσει την κατανόησή του στην επιστήμη. Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές, ώστε να κατανοήσουν τους σκοπούς της μάθησής τους και να διαμορφώσουν στρατηγικές αυτό-αξιολόγησης.

Η μάθηση που βασίζεται στη διερεύνηση, απαιτεί σύνθετες αξιολογήσεις επιδόσεων, τόσο για τον προσδιορισμό της ικανότητας σχεδιασμού και εκτέλεσης των δραστηριοτήτων όσο και για την ορθή αξιολόγηση της γνωστικής επάρκειας. Η αξιολόγηση των καλών επιδόσεων επεκτείνεται σε πνευματικές, πρακτικές και κοινωνικές προκλήσεις, οξύνοντας τις ικανότητες σκέψης και σχεδιασμού των μαθητών, επιτρέποντας ταυτόχρονα στις δυνατότητες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών να χρησιμεύσουν ως εφελτήριο για την ανάπτυξη ικανοτήτων.

Μέσα από τις δραστηριότητες, οι μαθητές όχι μόνο αποδεικνύουν τις τελικές ικανότητές τους, αλλά και οι ίδιες οι δραστηριότητες, απαιτούν τη χρήση κρίσιμων δεξιοτήτων που συμπεριλαμβάνουν, τον σχεδιασμό, τον καθορισμό προτεραιοτήτων, την οργάνωση

ατομικών και ομαδικών προσπαθειών, την αυτοπειθαρχία, την αποτελεσματική επικοινωνία και την κατανόηση ιδεών, αρκετά καλά, ώστε να μπορούν να απαντήσουν στις ερωτήσεις των άλλων.

Σύμφωνα με τις Barron & Darling-Hammond (2008), τα συστήματα αξιολόγησης που υποστηρίζουν συνεργατικές και διερευνητικές προσεγγίσεις στη μάθηση μοιράζονται τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Αξιολογήσεις απόδοσης, που επιτρέπουν στους μαθητές να μάθουν και να εφαρμόσουν τις επιθυμητές έννοιες και δεξιότητες με αυθεντικό και επιστημονικό τρόπο.
- Εργαλεία αξιολόγησης, όπως κατευθυντήριες οδηγίες και φόρμες, που καθορίζουν το τι συνιστά καλή εργασία και αποτελεσματική συνεργασία.
- Διαμορφωτική αξιολόγηση για την ανατροφοδότηση των μαθητών και τη μορφοποίηση των αποφάσεών τους.

Στην διερευνητική μάθηση, η αξιολόγηση γίνεται μέρος της διαδικασίας και όχι μόνο τελικό παραδοτέο (NRC, 2015). Οι εκπαιδευτικοί, πρέπει να ενσωματώσουν στις οδηγίες τους τις εργασίες επίδοσης, τις ανοικτές ερωτήσεις, τα γραπτά ερωτήματα, τον επιστημονικό λόγο και άλλες εκπαιδευτικές στρατηγικές αξιολόγησης. Αυτές οι δραστηριότητες θα πρέπει να ενσωματωθούν σε συνεχιζόμενες εργασίες στην τάξη και να χρησιμοποιηθούν για να αποκτηθούν πληροφορίες σχετικά με τη μάθηση των μαθητών στην επιστήμη, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν ανατροφοδότηση.

2.4 Μορφές και Φάσεις της Διερευνητικής Μάθησης

Η διερευνητική μέθοδος μάθησης φιλοδοξεί να προσελκύσει τους μαθητές σε μια αυθεντική, επιστημονική, διαδικασία ανακάλυψης. Η κατανόηση της διερευνητικής διαδικασίας είναι η καρδιά της επιστημονικής στάσης επισημαίνει ο Dewey (1916). Αυτό που επιθυμεί ο μαθητής είναι, ξεκινώντας από το απλό αταξινόμητο υλικό της εμπειρίας, να αποκτήσει την κυριαρχία των απόψεων, των ιδεών και των μεθόδων που το μετασχηματίζουν σε επιστημονικό και ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να επηρεάσει τον μαθητή, ώστε να μετατρέψει τις ακατέργαστες εμπειρίες του σε μια πιο επιστημονική μορφή και να μεταφράσει τη στεγνή επιστήμη που διαβάζει και ακούει, πίσω στους όρους της καθημερινής ζωής του (Dewey, 1916).

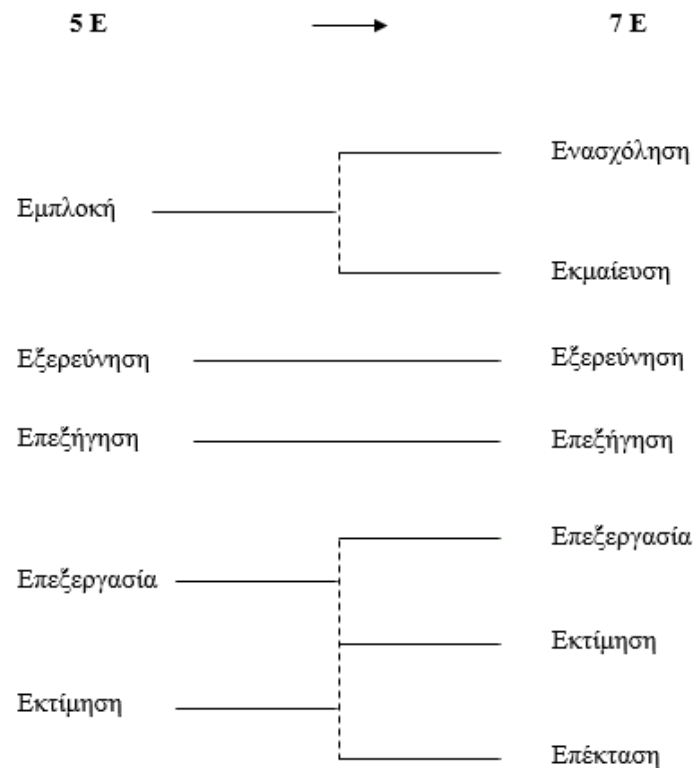
Η διαδικασία αυτή δεν είναι εύκολη ούτε για τους μαθητές, ούτε για τους εκπαιδευτικούς (Williams & Otrrel-Cass, 2017). Από παιδαγωγική άποψη, η περίπλοκη επιστημονική διαδικασία χωρίζεται σε μικρότερες, λογικά συνδεδεμένες μονάδες που καθοδηγούν τους μαθητές και συγκεντρώνουν την προσοχή τους στα σημαντικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής σκέψης. Αυτές οι μεμονωμένες μονάδες, ονομάζονται φάσεις της διερεύνησης και το σύνολο των συνδέσεών τους αποτελεί έναν κύκλο έρευνας (Pedaste et al., 2015).

Η βιβλιογραφία της εκπαίδευσης, περιγράφει διάφορες φάσεις έρευνας και κύκλους έρευνας. Το κυκλικό μοντέλο μάθησης 5E, δημιουργήθηκε κατά τη δεκαετία του 1980, δημοσιεύθηκε από τον Bybee το 1997 για το Πρόγραμμα Σπουδών της Βιολογίας και απαριθμεί τις εξής πέντε φάσεις έρευνας (Bybee et al., 2006):

- Εμπλοκή (Engagement), όπου αναδεικνύονται οι προηγούμενες γνώσεις των μαθητών και τους βοηθά να εμπλακούν σε μια νέα έννοια, οργανώνοντας τη σκέψη τους προς τα μαθησιακά αποτελέσματα των νέων δραστηριοτήτων
- Εξερεύνηση (Exploration), κατά την οποία οι εμπειρίες από την εξερεύνηση παρέχουν στους μαθητές μια κοινή βάση δραστηριοτήτων, μέσα στην οποία εντοπίζονται οι τρέχουσες έννοιες και διευκολύνεται η εννοιολογική αλλαγή πιθανών εναλλακτικών νοητικών σχημάτων. Οι μαθητές στη φάση αυτή δημιουργούν ερωτήματα, σχεδιάζουν και διεξάγουν μία προκαταρκτική έρευνα
- Επεξήγηση (Explanation), η οποία εστιάζει την προσοχή των μαθητών σε μια συγκεκριμένη πτυχή της εμπειρίας εμπλοκής και εξερεύνησης τους και παρέχει ευκαιρίες για να επιδείξουν την εννοιολογική τους κατανόηση, τις δεξιότητες επεξεργασίας ή τις συμπεριφορές τους. Αυτή η φάση παρέχει επίσης ευκαιρίες για τους εκπαιδευτικούς να εισαγάγουν άμεσα μια έννοια, διαδικασία ή δεξιότητα, καθοδηγώντας τους μαθητές προς μια βαθύτερη κατανόηση
- Επεξεργασία (Elaboration), όπου οι εκπαιδευτικοί προκαλούν και διευρύνουν την εννοιολογική κατανόηση και τις δεξιότητες των μαθητών. Μέσα από νέες εμπειρίες, οι μαθητές αναπτύσσουν βαθύτερη και ευρύτερη κατανόηση, αποκτούν περισσότερες πληροφορίες και επαρκείς δεξιότητες. Οι μαθητές εφαρμόζουν την κατανόηση της έννοιας, διεξάγοντας πρόσθετες δραστηριότητες
- Εκτίμηση (Evaluation), κατά την οποία οι μαθητές ενθαρρύνονται να αξιολογήσουν την κατανόηση και τις ικανότητές τους και παρέχονται ευκαιρίες στους εκπαιδευτικούς να αξιολογήσουν την πρόοδο των σπουδαστών προς την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων.

Μία επέκταση του μοντέλου αυτού, έγινε το 2003 από τον Eisenkraft (2003), με χωρισμό της φάσης της Εμπλοκής σε δύο συνιστώσες, της Εκμαίευσης (Elicit) και της Ενασχόλησης (Engage), ενώ χωρίζει τα δύο στάδια της Επεξεργασίας και της Εκτίμησης σε τρία συστατικά στοιχεία, την Επεξεργασία, την Εκτίμηση και την Επέκταση, δημιουργώντας το μοντέλο 7E. Η μετάβαση από το μοντέλο 5E στο μοντέλο 7E δίνεται στο Σχήμα 2.2.

Το Μοντέλο των 7E υπογραμμίζει την σημασία της αποκάλυψης της προϋπάρχουσας γνώσης, που οι μαθητές κατέχουν και την εποικοδόμηση πάνω σε προϋπάρχουσες έννοιες ή την επέκτασή τους. Η φάση της Επέκτασης επιτρέπει στους σπουδαστές να εφαρμόσουν τη γνώση τους σε νέα πλαίσια που μπορούν να παραγάγουν νέες ερωτήσεις και νέες έρευνες και με αυτόν τον τρόπο να γίνει η μεταφορά της μάθησης.



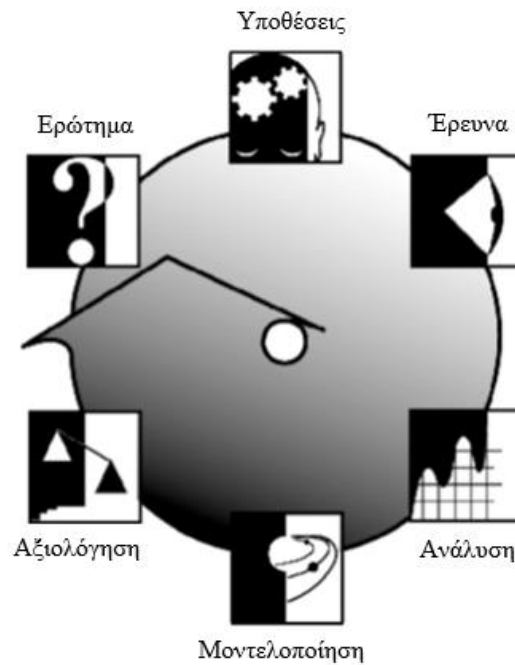
Σχήμα 2.2 Φάσεις των Κύκλων Διερεύνησης 5E και 7E.
(Προσαρμογή από Eisenkraft, 2003, p57)

Ένας άλλος διερευνητικός κύκλος έξι φάσεων, των White, Shimoda και Frederiksen (1999), ξεκινά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3, με τη φάση της διατύπωσης μιας ερευνητικής ερώτησης. Στη συνέχεια, οι μαθητές παράγουν προβλέψεις και καταλήγουν σε εναλλακτικές, ανταγωνιστικές υποθέσεις σχετικές με την ερώτησή τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές σχεδιάζουν και διεξάγουν πειραματικές έρευνες στις οποίες προσπαθούν να προσδιορίσουν ποιες από τις υποθέσεις τους, αν υπάρχουν, είναι ακριβείς.

Αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τις έρευνες τους, αναλύουν τα δεδομένα τους για να δουν αν υπάρχουν μοτίβα. Στη συνέχεια προσπαθούν να συνοψίσουν και να εξηγήσουν τα συμπεράσματά τους, διαμορφώνοντας ένα νόμο ή ένα αιτιώδες μοντέλο που να χαρακτηρίζει τα συμπεράσματά τους, σε μορφή που είναι επεκτάσιμη σε άλλες καταστάσεις.

Αφού οι μαθητές έχουν αναπτύξει τους νόμους και τα αιτιώδη μοντέλα τους, τότε προσπαθούν να τα εφαρμόσουν σε διαφορετικές καταστάσεις, πραγματικού κόσμου, προκειμένου να ερευνήσουν τη χρησιμότητα και τους περιορισμούς τους. Εξετάζουν επίσης τα όρια των ερευνών τους.

Ο καθορισμός των περιορισμών των εννοιολογικών μοντέλων και των ερευνών τους, θέτει νέα ερευνητικά ερωτήματα και οι μαθητές ξεκινούν ξανά τον Κύκλο Διερεύνησης.

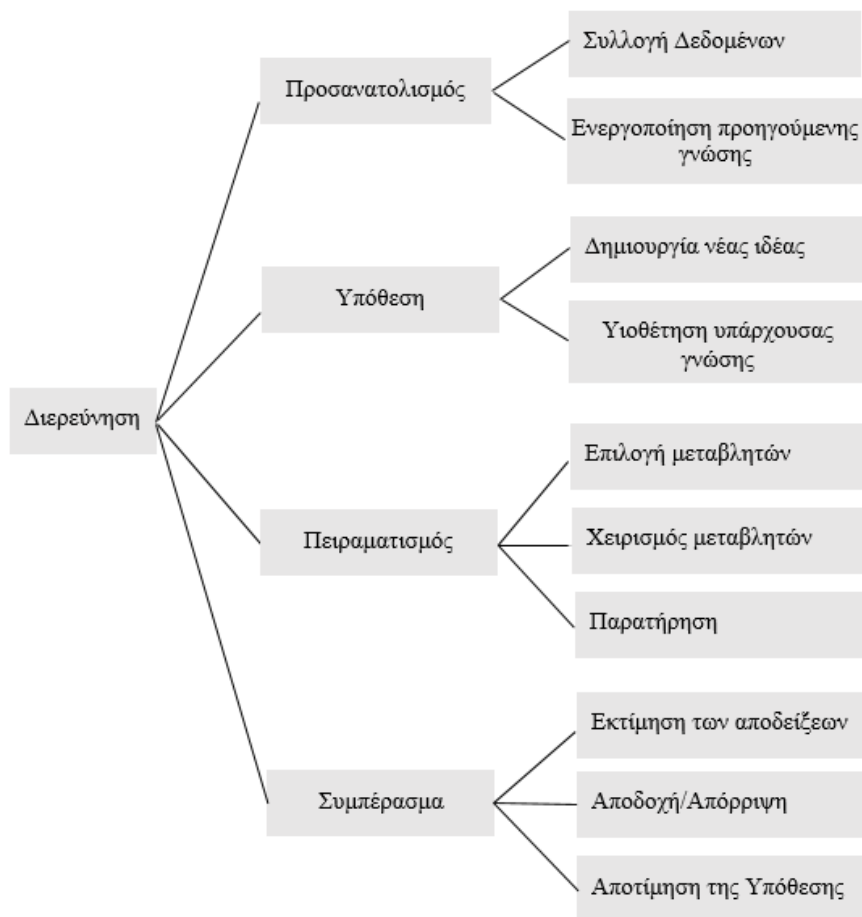


**Σχήμα 2.3 Φάσεις του Διερευνητικού Κύκλου των White, Shimoda και Frederiksen.
(Προσαρμογή από White, Shimoda & Frederiksen, 1999)**

Ο διερευνητικός κύκλος του de Jong (2006, pp.108-109), διακρίνει τις ακόλουθες φάσεις έρευνας, που τις ονομάζει διαδικασίες:

- Προσανατολισμός (Orientation), στον οποίο ο εκπαιδευόμενος κάνει μια ευρεία ανάλυση του τομέα ενδιαφέροντος
- Δημιουργία Υπόθεσης (Hypothesis Generation), στην οποία συγκεκριμένες δηλώσεις για τον τομέα που εξετάζεται, επιλέγονται προς εξέταση
- Πειραματισμός (Experimentation), με τρεις υποφάσεις, τον σχεδιασμό πειραμάτων, τη δημιουργία προβλέψεων και την ερμηνεία των δεδομένων, όπου διερευνάται η εγκυρότητα αυτής της υπόθεσης ή του μοντέλου
- Εξαγωγή Συμπεράσματος (Drawing a Conclusion), όπου συνάγεται ένα συμπέρασμα σχετικά με την εγκυρότητα της υπόθεσης ή δημιουργούνται νέες ιδέες
- Δημιουργία Αποτίμησης (Making an Evaluation), όπου γίνεται αναστοχασμός της μαθησιακής διαδικασίας και εκτιμώνται οι γνώσεις του τομέα που αποκτήθηκαν.

Οι van Joolingen και Zacharia, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.4, τροποποίησαν αυτό τον κύκλο, αποσυνθέτοντας τις διαδικασίες διερεύνησης του de Jong και δημιουργώντας τέσσερις φάσεις και δέκα υποφάσεις.

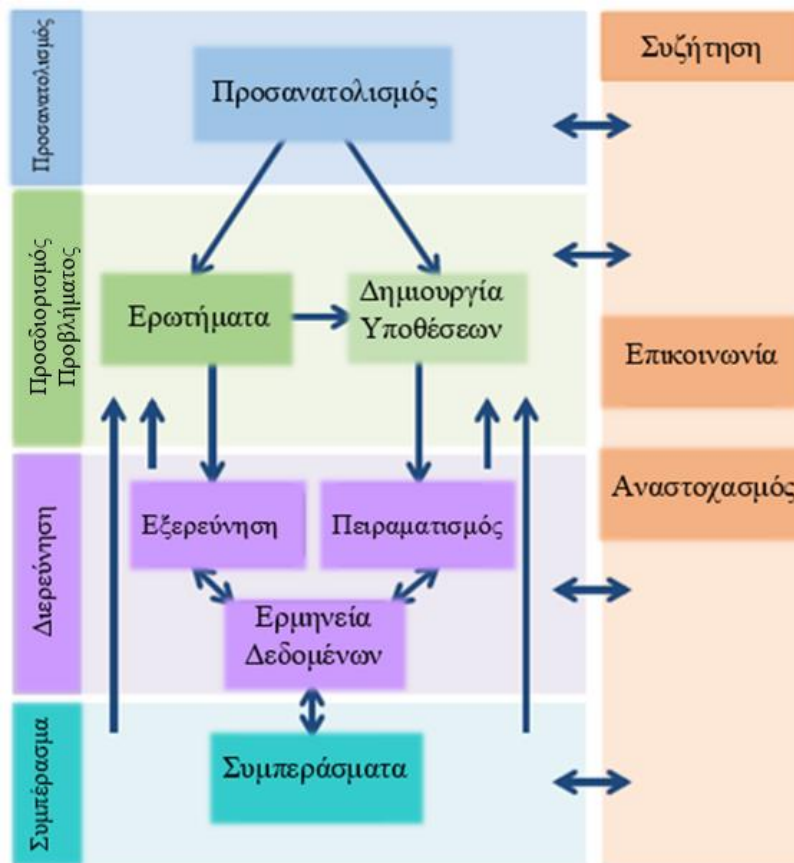


Σχήμα 2.4 Φάσεις και Υποφάσεις του Διερευνητικού Κύκλου των van Joolingen & Zacharia. (Προσαρμογή από van Joolingen & Zacharia, 2009, p.23)

Οι van Joolingen & Zacharia (2009) επισημαίνουν, ότι αν και οι διαδικασίες παρουσιάζονται με μια συγκεκριμένη και περισσότερο ή λιγότερο λογική ακολουθία, οι μαθητές αλλά και οι εκπαιδευτικοί, διεξάγουν αυτές τις διαδικασίες με διαφορετικές και ποικίλους συνδυασμούς εντολές και διαφορετική σειρά. Για παράδειγμα, ο μαθητής μπορεί να εκτελέσει πρώτα ένα πείραμα, για να πάρει μια ιδέα για το τι είναι οι κύριες έννοιες και σχέσεις στον τομέα που εξετάζει και στη συνέχεια να προχωρήσει με τη διαδικασία δημιουργίας προσανατολισμού ή υποθέσεων. Επίσης σημειώνουν ότι η παρουσίαση της αποσύνθεσης της διερεύνησης, ως ιεραρχίας και όχι ως κύκλου, δίνει έμφαση στον μη γραμμικό της χαρακτήρα.

Ενώ υπάρχουν πολλά μοντέλα εκπαιδευτικής έρευνας, μια περιεκτική επισκόπηση της βιβλιογραφίας των Pedaste et al. (2015), επεσήμανε ότι αν και η ορολογία που χρησιμοποιείται από διάφορους ερευνητές ποικίλλει, οι φάσεις έρευνας που περιγράφονται

δείχνουν πολύ αλληλεπικαλυπτόμενοι εννοιολογικά. Μέσω αυτής της επισκόπησης, προτάθηκε το νέο πλαίσιο διερευνητικής μάθησης, που φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Πλαίσιο και Διερευνητικός Κύκλος των Pedaste et al. (2015)
(Προσαρμογή από Pedaste et al., 2015, p.56)

Το πλαίσιο αυτό, είναι αντιπροσωπευτικό της έρευνας στην πράξη. Ακολουθώντας τα βέλη, μπορούν να δημιουργηθούν διάφοροι κύκλοι διερεύνησης που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της διερεύνησης. Για παράδειγμα, η φάση των συμπερασμάτων, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία καινούριων υποθέσεων ή καινούριων ερωτημάτων.

Στο πλαίσιο ξεχωρίζουν πέντε βασικές φάσεις έρευνας, ενώ κάποιες από αυτές απαρτίζονται από υποφάσεις:

- **Προσανατολισμός (Orientation)**, στον οποίο τονώνεται η περιέργεια των μαθητών για ένα θέμα και προκαλείται μια μαθησιακή πρόκληση μέσω της δήλωσης ενός προβλήματος
- **Προσδιορισμός Προβλήματος (Conceptualization)**, που αποτελείται από τις υποφάσεις της δημιουργίας Ερωτημάτων έρευνας (Questioning) με βάση το

δηλωμένο πρόβλημα και της Δημιουργίας Υποθέσεων (Hypothesis Generation) σχετικά με αυτό

- **Έρευνα (Investigation)**, που αποτελείται από τις υποφάσεις της Εξερεύνησης (Exploration) όπου παράγονται με συστηματικό και προγραμματισμένο τρόπο δεδομένα με βάση μια ερευνητική ερώτηση, του Πειραματισμού (Experimentation), που είναι η διαδικασία σχεδιασμού και διεξαγωγής ενός πειράματος για την εξέταση μιας υπόθεσης και της Ερμηνείας Δεδομένων (Data Interpretation) κατά την οποία νοηματοδοτούνται τα συλλεχθέντα δεδομένα και δημιουργείται η νέα γνώση
- **Συμπέρασμα (Conclusion)**, που είναι η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων από τα δεδομένα, συγκρίνοντας τα εξαγόμενα που προέκυψαν από τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων του πειράματος, με τις υποθέσεις ή τα ερευνητικά ερωτήματα
- **Συζήτηση (Discussion)**, που αποτελείται από τις υποφάσεις της Επικοινωνίας (Communication), κατά την οποία παρουσιάζονται τα πορίσματα κάποιας προηγούμενης φάσης ή ολόκληρου του κύκλου έρευνας, στους συμμαθητές και στον εκπαιδευτικό, παίρνοντας ανατροφοδότηση και του Αναστοχασμού (Reflection), που είναι η εσωτερική διαδικασία, περιγραφής, κριτικής, αξιολόγησης και συζήτησης ολόκληρου του κύκλου της έρευνας ή μιας συγκεκριμένης φάσης.

Σύμφωνα με τους Pedaste et al. (2015), η φάση της Συζήτησης (η οποία περιλαμβάνει την Επικοινωνία και τον Αναστοχασμό), είναι δυναμικά παρούσα σε κάθε σημείο της διερευνητικής μάθησης και συνδέεται με όλες τις άλλες φάσεις, διότι μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, εξετάζοντας και επανεξετάζοντας την κατάσταση (συζήτηση κατά τη διάρκεια της δράσης).

Οι van Uum et al (2016), βασίζόμενοι στο πλαίσιο των Pedaste et al. (2015), πρότειναν έναν κύκλο επτά φάσεων τον οποίο εφάρμοσαν στην Ανοιχτή Διερεύνηση μαθητών του Δημοτικού. Ο κύκλος τους αποτελείται από τις εξής φάσεις:

- **Εισαγωγή (Introduction)**, όπου οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα ή ένα φαινόμενο που συνδέεται με μια αυθεντική ερευνητική πρακτική ώστε να διεγερθεί η περιέργειά τους
- **Εξερεύνηση (Exploration)**, που έχει ως στόχο τη σύνδεση του υπό εξέταση φαινομένου με τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών και τη διατύπωση ερωτήσεων που οδηγούν σε περαιτέρω διερεύνηση
- **Σχεδιασμό της Διερεύνησης (Designing the Investigation)**, που εστιάζει στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, στη σύνταξη ενός ερευνητικού σχεδίου και στην κατασκευή ή συλλογή οργάνων μέτρησης

- **Διεξαγωγή της Έρευνας (Conducting the Investigation)**, όπου στόχος είναι η συλλογή δεδομένων από την έρευνα με ακριβείς μετρήσεις και σημειώσεις με δομημένο τρόπο
- **Συμπέρασμα (Conclusion)**, που στοχεύει στο να συνδέσουν οι μαθητές τα δεδομένα από την έρευνα με το ερευνητικό τους ερώτημα και να διακρίνουν τα αποτελέσματα της έρευνας από τις δικές τους απόψεις
- **Παρουσίαση/Επικοινωνία (Presentation/Communication)**, όπου οι μαθητές παρουσιάζουν την έρευνα και τα ευρήματά τους σε άλλους και συζητούν τις απόψεις τους
- **Εμβάθυνση/Διεύρυνση (Deepening/Broadening)**, που είναι η τελική φάση της έρευνας, με στόχο να προβληματιστούν οι μαθητές σχετικά με τη διαδικασία έρευνας και να εμβαθύνουν ή να διευρύνουν την κατανόηση του θέματος στο οποίο εργάστηκαν. Αυτό μπορεί να γίνει με ομαδική συζήτηση, η οποία ιδανικά οδηγεί σε νέα ερωτήματα, ανοίγοντας καινούριο κύκλο έρευνας.

Το πλαίσιο αυτό, δίνει περισσότερη βαρύτητα στη σύνδεση της καινούριας με την προηγούμενη γνώση και προσθέτει τη φάση της Εμβάθυνσης, η οποία στοχεύει στην εφαρμογή της αποκτηθείσας γνώσης ή εμπειρίας σε καινούριες καταστάσεις και στην ανάδειξη νέων πιθανών ερωτημάτων.

2.5 Συνεργατική Μάθηση

Η τάξη των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών, μπορεί να είναι μοναχικό μέρος για αρκετούς μαθητές (Hilts, Part & Bernacki, 2018). Η φύση αυτών των μαθημάτων είναι τέτοια, ώστε αρκετοί μαθητές αποκτούν την πεποίθηση ότι δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν, με αποτέλεσμα την περιθωριοποίηση και τον φόβο απέναντι στις επιστήμες καθώς και αδυναμία στην έκφραση άποψης. Οι άνθρωποι ωστόσο, έχουν εξελιχθεί ως κοινωνικά όντα.

Η νόηση, δεν είναι μια ατομική, αυτόνομη διαδικασία, αλλά ένα οργανικό κομμάτι του κοινωνικού, ιστορικού και πολιτισμικού πλαισίου μέσα στο οποίο διαδραματίζεται (Bruner, 1997). Οι άνθρωποι δε ζουν τη ζωή τους αυτόνομα. Πολλά από τα αποτελέσματα που επιδιώκουν, είναι εφικτά μόνο, μέσω αλληλεξαρτώμενων προσπαθειών (Bandura, 2006). Ως εκ τούτου, πρέπει να συνεργαστούν, για να εξασφαλίσουν αυτό που δεν μπορούν να επιτύχουν μόνοι τους.

Τα σχολεία είναι κοινότητες μάθησης. Μια κοινότητα, είναι ένας περιορισμένος αριθμός ανθρώπων, που μοιράζονται κοινούς στόχους και μια κοινή κουλτούρα (Johnson & Johnson, 2002). Για να υπάρξει και να διατηρηθεί μια μαθησιακή κοινότητα, τα μέλη πρέπει να μοιράζονται κοινούς στόχους και αξίες, με στόχο την αύξηση της ποιότητας της μάθησης και της ζωής μέσα στην κοινότητα.

Σε μια κοινότητα όπου διδάσκονται ανταγωνιστικές και ατομικιστικές αξίες, οι άνθρωποι δε θα έχουν την αρετή του πολίτη. Η κοινότητα δε μπορεί να διατηρηθεί εκτός αν τα μέλη

εκτιμούν τους άλλους και την κοινότητα ως σύνολο, καθώς και τους ίδιους (Johnson & Johnson, 2002). Η συνεργατική μάθηση δίνει στους μαθητές, την ευκαιρία να ενισχύσουν τις δυνατότητές τους, μέσω αλληλεπίδρασης.

Ο Cohen (1994), όρισε την συνεργατική μάθηση, ως τη διαδικασία όπου οι μαθητές εργάζονται μαζί, σε μια ομάδα αρκετά μικρή, ώστε όλοι να μπορούν να συμμετάσχουν σε μια συλλογική εργασία που τους έχει ανατεθεί. Επιπλέον, οι μαθητές εκτελούν το έργο τους, χωρίς την άμεση και απόλυτη εποπτεία του εκπαιδευτικού. Η μελέτη της συνεργατικής μάθησης δεν πρέπει, υπογραμμίζει ο Cohen, να συγχέεται με τις μικρές ομάδες που οι εκπαιδευτικοί συχνά συνθέτουν περιστασιακά για τους σκοπούς μιας έντονης, άμεσης διδασκαλίας.

Ο ορισμός αυτός έχει ευρύ χαρακτήρα (Cohen, 1994), καθώς περιλαμβάνει, τη συνεργατική-συλλογική μάθηση (collaborative learning), τη συνεργατική-συνεταιριστική μάθηση (cooperative learning) και την εργασία σε ομάδες (team work).

Σύμφωνα με τον Panitz (1996), η βασική προϋπόθεση της συνεργατικής-συλλογικής μάθησης (collaborative learning), βασίζεται στην οικοδόμηση συναίνεσης, μέσω της συνεργασίας των μελών της ομάδας, όπου οι μαθητές συνεργάζονται για να διερευνήσουν μια σημαντική ερώτηση ή να δημιουργήσουν ένα σημαντικό έργο. Οι μαθητές πραγματοποιούν ατομική πρόοδο σε συνεργασία με άλλους. Η συνεργατική-συνεταιριστική μάθηση (cooperative learning) ορίζεται από μια σειρά διαδικασιών που βοηθούν τους μαθητές να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, προκειμένου να επιτύχουν ένα συγκεκριμένο στόχο ή να αναπτύξουν ένα τελικό προϊόν. Οι μαθητές είναι ατομικά υπεύθυνοι για το έργο τους και αξιολογείται επίσης το έργο της ομάδας στο σύνολό της.

Οι Johnson & Johnson (1994), διαχωρίζουν την εργασία σε ομάδες (team work), από τη συνεργατική, λέγοντας ότι μία ομάδα μαθητών, που κάθεται στο ίδιο τραπέζι κάνοντας ο κάθε ένας τη δική του δουλειά, αλλά είναι ελεύθεροι να μιλούν μεταξύ τους καθώς δουλεύουν, δεν είναι συνεργατική ομάδα, καθώς δεν υπάρχει καμία θετική αλληλεξάρτηση. Η μάθηση είναι συνεργατική, όταν υπάρχει ένας αποδεκτός κοινός στόχος στον οποίο η ομάδα ανταμείβεται για τις προσπάθειές της.

Εάν μια ομάδα πρέπει να κάνει μια αναφορά, αλλά μόνο ένας μαθητής κάνει όλη τη δουλειά και οι άλλοι απλά συμφωνούν μαζί του, δεν είναι μια συνεργατική ομάδα. Η συνεργατική ομάδα έχει μια αίσθηση ατομικής λογοδοσίας, που σημαίνει ότι όλοι οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν το υλικό ή να αποδώσουν καλά, για να είναι επιτυχής ολόκληρη η ομάδα (Johnson & Johnson, 1994). Η διάρθρωση και η διαχείριση της ομάδας είναι ευθύνη του εκπαιδευτικού.

Τις απόψεις των εκπαιδευτικών, σχετικά με την συνεργατική μάθηση, μελέτησε η Κουτσελίνη (Koutselini, 2009), αντλώντας από τα αποτελέσματα μιας έρευνας δράσης, από την επιμόρφωση ενενήντα τεσσάρων καθηγητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στην Κύπρο. Ο στόχος της έρευνας δράσης ήταν διπλός, αφενός για να αποκαλύψει τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών όσον αφορά τη συνεργατική μάθηση και αφετέρου για να τους βοηθήσει, μέσω της εφαρμογής της συνεργατικής μάθησης, να κατασκευάσουν τα χαρακτηριστικά που τη διαφοροποιούν από την παραδοσιακή ομαδική εργασία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν, ότι οι εκπαιδευτικοί είχαν αρνητικές στάσεις απέναντι στη συνεργατική μάθηση, επειδή δεν ήξεραν πώς να εξασφαλίσουν τη συνεργασία, τη συνοχή και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της ομάδας και γιατί είχαν παρανοήσεις σχετικά με την συνεργατική μάθηση, ενώ οι στάσεις τους άλλαξαν σταδιακά, κατά τη διάρκεια της έρευνας δράσης.

Στην έρευνα αυτή (Koutselini, 2009), αναφέρεται μία συγκεκριμένη περίπτωση εκπαιδευτικού, που διαφωνούσε, πριν την επιμόρφωση, με τη συνεργατική μάθηση, υποστηρίζοντας ότι στην πράξη, οι μαθητές περιμένουν να περάσει απλά η ώρα, οι δυνατοί μαθητές κάνουν όλη τη δουλειά και δεν υπάρχει κανείς τρόπος να πεισθούν οι υπόλοιποι να συμμετάσχουν. Την περισσότερη ώρα, οι μαθητές στις ομάδες μιλάνε για άλλα μαθήματα ή για κοινωνικά συμβάντα. Η ερευνήτρια επισημαίνει ότι αυτή είναι η πιο συχνή και σοβαρή παρανόηση σχετικά με την συνεργατική μάθηση, η ταύτισή της δηλαδή με την απλή εργασία σε ομάδες.

Τα πλεονεκτήματα, που μπορούν θεωρητικά να αποκτηθούν από τη συνεργατική μάθηση, μπορούν να αποκτηθούν στην πραγματικότητα, μόνο κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις (Cohen, 1994).

Σύμφωνα με τους Johnson & Johnson (1994), υπάρχουν πέντε προϋποθέσεις, για να είναι επιτυχής η συνεργατική μάθηση:

1. Σαφής θετική αλληλεξάρτηση ανάμεσα στα μέλη της ομάδας.
2. Σημαντική, πρόσωπο με πρόσωπο, αλληλεπίδραση που προωθεί τις διαδικασίες συνεργασίας.
3. Σαφής ατομική υπευθυνότητα και προσωπική ευθύνη, για την επίτευξη των στόχων της ομάδας.
4. Συχνή χρήση των κατάλληλων δεξιοτήτων στις ομαδικές και διαπροσωπικές σχέσεις.
5. Συχνή και τακτική ομαδική επεξεργασία της τρέχουσας λειτουργίας, ώστε να βελτιωθεί η μελλοντική αποτελεσματικότητα της ομάδας.

Οι Kirschner et al. (2018), προτείνουν εννέα αρχές για τη μείωση του γνωστικού φορτίου και την επιτυχή συνεργατική μάθηση. Σύμφωνα με αυτές, η αποτελεσματική συνεργασία συμβαίνει, όταν μια εργασία είναι αρκετά σύνθετη ώστε να δικαιολογεί τον επιπλέον χρόνο και την προσπάθεια, όταν υπάρχει επαρκής καθοδήγηση, όταν οι μαθητές έχουν εμπειρία στο αντικείμενο που μελετούν, όταν έχουν αναπτύξει δεξιότητες συνεργασίας και έχουν σαφείς ρόλους στις μικρές τους ομάδες, με τις οποίες έχουν ξαναδουλέψει και τέλος όταν η ομάδα είναι γνωστικά ομοιογενής.

Όσο πιο ετερογενής είναι η κατανομή της γνώσης μεταξύ των μελών της ομάδας που εργάζονται σε μια μαθησιακή εργασία, τόσο υψηλότερο είναι το εξωτερικό φορτίο που προκαλείται, υποστηρίζουν οι Kirschner et al. (2018).

Αντίθετα, οι Zhang et al. (2016), ερευνώντας την επίδραση της συνεργατικής μάθησης, με ετερογενείς και ομοιογενείς ομάδες στη μάθηση πολύπλοκων εργασιών στον

Προγραμματισμό, υποστηρίζουν ότι για τους μαθητές με χαμηλότερα επίπεδα προηγούμενης γνώσης, η ετερογενής συνεργατική ομάδα ήταν πιο αποτελεσματική από την αντίστοιχη ομοιογενή, ενώ δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών για πιο προχωρημένους μαθητές.

Σε παρόμοια συμπεράσματα, ως προς τη σύνθεση των ομάδων, καταλήγουν οι Retnowati, Ayres & Sweller (2018), εξετάζοντας την αποτελεσματικότητα της συνεργατικής μάθησης σε πενήντα οκτώ μαθητές Γυμνασίου της Ινδονησίας. Οι μαθητές που είχαν κενά στις γνώσεις τους, ωφελήθηκαν από τις ετερογενείς γνωστικά ομάδες. Αντίθετα, όταν τα μέλη της ομάδας δεν είχαν κενά γνώσης, η συνεργατική μάθηση ήταν περιττή και ως εκ τούτου, κατώτερη από την ατομική μάθηση.

Η έρευνα των Fung & Lui (2016), σε δύο σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Χονγκ Κονγκ, καταδεικνύει την πρόοδο της μάθησης μέσω ομαδικής εργασίας και αναλύει το διευκολυντικό ρόλο των εκπαιδευτικών στις συνεργατικές συζητήσεις. Εκατόν πενήντα δύο σπουδαστές της Δευτέρας Γυμνασίου χωρίστηκαν σε τρεις παιδαγωγικές ομάδες, που ονομάστηκαν «διδασκαλία ολόκληρης τάξης», «αυτο-κατευθυνόμενη ομαδική δουλειά» και «ομάδες που υποστηρίζονταν από τους εκπαιδευτικούς» και μελέτησαν θέματα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές που είχαν τα καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα, ήταν εκείνοι που συμμετείχαν σε ομάδες. Επίσης, η συνεργατική μάθηση ήταν πιο αποτελεσματική, όταν οι εκπαιδευτικοί υποστήριζαν τις ομάδες, κατά τη διάρκεια της από κοινού κατασκευής της εννοιολογικής γνώσης.

Την άποψη των μαθητών κατέγραψε ο Taylor (2011), ζητώντας από τους φοιτητές του να αναφέρουν δέκα λόγους για τους οποίους αντιπαθούν τις εργασίες σε μικρές ομάδες. Κάποιοι από αυτούς, ήταν ότι η συνεργατική μάθηση ρίχνει το βάρος της εργασίας στους φοιτητές αντί για τον καθηγητή, ότι η εργασία είναι πάνω στο ίδιο υλικό που δεν κατάλαβαν διαβάζοντας και ότι δεν μπορούν να κοιμηθούν κατά τη διάρκεια μιας άσκησης σε μικρές ομάδες. Σύμφωνα με τον Taylor (2011), ακριβώς για αυτούς τους λόγους, χρησιμοποιεί την συνεργατική μάθηση.

Άλλες απαντήσεις αφορούσαν στην άνιση συμμετοχή στις ομάδες και την αντιπάθεια σε κάποια μέλη της ομάδας. Για τις εσωστρεφείς και τις κυρίαρχες προσωπικότητες, αναφέρει ο Taylor (2011), είναι δύσκολο να ανοιχτούν ή να αφήσουν ένα μέρος της κυριαρχίας τους, συνεπώς, μπορεί να ωφεληθούν από τη συνεργασία σε ανομοιογενείς ομάδες. Αλλωστε όταν θα αποφοιτήσουν, θα αναγκαστούν να συνεργαστούν με διάφορους ανθρώπους.

Τέλος, αρκετές απαντήσεις αφορούσαν στον χρόνο που απαιτείται και την κάλυψη της ύλης, καθώς και στη σύγχυση και το γνωστικό μπέρδεμα στις ομάδες. Καθώς η γνώση κατασκευάζεται, δε μεταφέρεται, απαντά ο Taylor (2011), η μάθηση είναι όπως κάθε οικοδομικό έργο, μια ακατάστατη διαδικασία που απαιτεί χρόνο και εργασία. Η γνώση είναι άπειρη και δεν καλύπτεται, ούτε με διαλέξεις. Συνεπώς, αυτό που πρέπει οι μαθητές να μάθουν στην πραγματικότητα, είναι το πώς να μαθαίνουν μόνοι τους.

2.6 Ιδιοκτησία της Μάθησης και Ρυθμιζόμενη Μάθηση

Όταν οι μαθητές συνεργαζόμενοι, δημιουργούν μία γνώση που έχει νόημα για αυτούς, αποκτούν ένα αίσθημα ιδιοκτησίας απέναντι στη μάθησή τους. Η ιδιοκτησία, σύμφωνα από τις O'Neill & Barton (2005), είναι μία πολύπλοκη και πολύπλευρη διαδικασία, που περιγράφει τις σχέσεις που αναπτύσσουν οι μαθητές, μεταξύ τους ως μαθητευόμενοι, με την επιστήμη ως το αντικείμενο στο οποίο φιλοδοξούν να συμμετάσχουν και με το πλαίσιο, μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα αυτή η συμμετοχή.

Η ιδιοκτησία της μάθησης από τις ομάδες, αναφέρεται στις δράσεις επιλογής των ομάδων και τον έλεγχο της διαχείρισης, δηλαδή το πώς καθορίζεται, εκτελείται και τελικά παρουσιάζεται η εργασία. Οι Enghag & Niedderer (2008), δημιούργησαν ένα πλαίσιο, μέσα από το οποίο πηγάζει η ιδιοκτησία της μάθησης από τις ομάδες, η οποία οδηγεί σε πιο ουσιαστική μάθηση και υψηλότερο κίνητρο συμμετοχής.

Αρχικά, αναφέρουν οι Enghag & Niedderer (2008), είναι πολύ σημαντικό για το αίσθημα ιδιοκτησίας, η ομάδα να δημιουργήσει τη δική της ιδέα ή ερώτηση, επιλέγοντας μία εργασία, μέσα στην περιοχή του υπό μελέτη θέματος.

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, η ομάδα αναλαμβάνει δράσεις επιλογής και ελέγχου, που αντιστοιχούν στη σχεδίαση της εργασίας, στη διαχείριση του θέματος και στις αποφάσεις για τις δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν, ώστε να φτάσουν στα αποτελέσματα που αναζητούν, μέσα από ομαδικές συζητήσεις.

Στο τέλος, η ομάδα παρουσιάζει τα ευρήματά της, παίρνοντας αποφάσεις σχετικά με τη διατύπωση ή την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, επιλέγοντας το πώς και το τι θα παρουσιάσει γραπτά ή προφορικά ως αποτέλεσμα.

Το αίσθημα ιδιοκτησίας της μάθησης από τους μαθητές εξαρτάται από το ενδιαφέρον τους για το θέμα και είναι κρίσιμο για το μάθημα, καθώς δημιουργεί κίνητρα για μάθηση και πυροδοτεί έντονες συζητήσεις μέσα στην ομάδα.

Η αποτελεσματική συνεργασία, συνεπάγεται σημαντική σύγκρουση μεταξύ των μελών της ομάδας (Johnson & Johnson, 2002). Αν δεν αντιμετωπιστούν εποικοδομητικά οι συγκρούσεις, οι συνεργατικές προσπάθειες θα αποτύχουν. Οι μαθητές πρέπει να εκπαιδεύονται, ώστε να συμμετέχουν σε διανοητικές συγκρούσεις (ακαδημαϊκές αντιπαραθέσεις) και να επιλύουν εποικοδομητικά τις διαφορές τους.

Οι συνεργατικές προσπάθειες και η εποικοδομητική επίλυση των συγκρούσεων, διδάσκουν τις αξίες των πολιτών, που είναι απαραίτητες για την οικοδόμηση και τη διατήρηση μιας μαθησιακής κοινότητας, ενώ οι ανταγωνιστικές και ατομικιστικές προσπάθειες διδάσκουν σιωπηρά, αξίες που αντιτίθενται σε μια υγιή κοινότητα (Johnson & Johnson, 2002).

Οι αποτελεσματικές ομάδες, συνεργαζόμενες, ξεπερνούν τα ατομικά όρια σκέψης, αναπτύσσοντας συλλογικές μορφές σκέψης και πράξης, τις οποίες οικειοποιούνται τα μέλη, εκφράζοντάς τες ως ατομικά επιτεύγματα. Η συλλογική νόηση, είναι πάντοτε μεγαλύτερη, από το συνολικό άθροισμα της νόησης των μεμονωμένων ατόμων,

υποστήριζε ο Vygotsky (Liu & Matthews, 2005). Η αλληλεπίδραση των μελών της ομάδας, μέσω επιχειρηματολογίας και δημιουργία κοινής κατανόησης, μπορεί να κατευθύνει την ανάπτυξη του κάθε μέλους, μέσω μάθησης από ομότιμους.

Επιχειρηματολογία είναι η προβολή των λόγων, όπου οι ισχυρισμοί δικαιολογούνται από τη σύνδεσή τους με τα δεδομένα στα οποία βασίζονται (Osborne, Erduran & Simon, 2004) και στοχεύει στην ορθολογική επίλυση των ερωτήσεων, των θεμάτων και των διαφορών, δηλαδή ασχολείται την κανονιστική αξιολόγηση ή το επιστημονικό σθένος, των υποψήφιων λόγων για πίστη, κρίση και δράση (Siegel, 1995).

Οι McNeill & Pimentel (2010), ορίζουν την επιχειρηματολογία, τόσο ως προς το ατομικό ή δομικό νόημά της, όσο και ως προς την κοινωνική ή διαλογική της έννοια. Η ατομική ή δομική πτυχή, αναφέρεται στο επιχείρημα ως δικαιολόγηση των ισχυρισμών της γνώσης μέσω της χρήσης αποδεικτικών στοιχείων και συλλογιστικής. Ένα μόνο άτομο, μπορεί να κατασκευάσει ένα επιστημονικό επιχείρημα, καθώς ζυγίζει τα στοιχεία και θεωρεί, ότι οι σχετικές επιστημονικές θεωρίες αποτελούν συμπέρασμα για ένα πρόβλημα.

Η κοινωνική ή διαλογική της έννοια, σύμφωνα με τους McNeill & Pimentel (2010), αναφέρεται στην επιχειρηματολογία ως πειθώ ή στις αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν μεταξύ των ατόμων όταν προσπαθούν να πείσουν ένα ακροατήριο σχετικά με την εγκυρότητα των ισχυρισμών τους. Επιπλέον, οι αντιρρήσεις είναι μια πολύπλοκη και σημαντική πτυχή της επιχειρηματολογίας, γιατί απαιτούν την εξέταση πολλαπλών διαφορετικών θεωρήσεων (Osborne, Erduran & Simon, 2004).

Η επιχειρηματολογία ανάμεσα στους μαθητές μιας ομάδας, είναι σημαντική, καθώς οι μαθητές κατανοούν τα δεδομένα για την κατασκευή αξιώσεων, αλλά πρέπει επίσης να είναι σε θέση να εξετάζουν εναλλακτικούς ισχυρισμούς στο πλαίσιο διαλογικών αλληλεπιδράσεων. Μέσα από την διαλογική διάσταση της επιχειρηματολογίας, οι μαθητές μπορούν να ανακαλύψουν τη γνώση μαθαίνοντας από ομότιμους, δηλαδή από τα άλλα μέλη της ομάδας.

Η μάθηση από ομότιμους ορίζεται από τον Topping (2005), ως η απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων, μέσω της ενεργού βοήθειας και της υποστήριξης μεταξύ των ισότιμων μελών της ομάδας. Μια βασική πρόκληση, όταν επιδιώκεται η μάθηση από ομότιμους, είναι ότι οι συμμαθητές δεν είναι εμπειρογνώμονες, σε αντίθεση με τους εκπαιδευτικούς, πράγμα που σημαίνει ότι η ακρίβεια των ανατροφοδοτήσεων από ομότιμους μπορεί να ποικίλει σημαντικά.

Τα σχόλια από τους συνομηλίκους, μπορεί να είναι εν μέρει σωστά, πλήρως λανθασμένα ή παραπλανητικά. Παράλληλα, δεδομένου ότι ένας συνομήλικος δε θεωρείται συνήθως ως «αρχή γνώσης», οι μαθητές μπορεί να είναι απρόθυμοι να δεχτούν κρίση ή συμβουλές από κάποιον ομότιμο (Gielen et al, 2010).

Για τη βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο, τελικά, η μάθηση από ομότιμους επιτυγχάνει τα θετικά αποτελέσματά της, ο Topping (2005) προτείνει ένα μοντέλο οργάνωσης και εφαρμογής της, το οποίο περιγράφεται συνοπτικά στη συνέχεια.

Γνωστικά, η μάθηση από ομότιμους εμπερικλείει συγκρούσεις και πρόκληση. Αρχικά, χρειάζεται επαρκής χρόνος, ώστε όσοι βοηθούν και όσοι δέχονται βοήθεια, να επεξεργαστούν τους στόχους και τα σχέδιά τους και να δεχθούν υποστήριξη και ανατροφοδότηση από κάποιον πιο ικανό στη διαχείριση των δραστηριοτήτων ώστε να βρίσκονται μέσα στη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης.

Ο βοηθός επιδιώκει να διαχειριστεί και να διαμορφώσει τις απαιτήσεις επεξεργασίας πληροφοριών, διορθώνει και διαχειρίζεται τις παρερμηνείες και τα λάθη. Εδώ βρίσκεται ένα μεγάλο μέρος της γνωστικής άσκησης και του οφέλους για τον βοηθό.

Η μάθηση από ομότιμους δημιουργεί μεγάλες απαιτήσεις στις δεξιότητες επικοινωνίας όλης της ομάδας, αναπτύσσοντας έτσι τις δεξιότητες αυτές. Ένας συμμετέχων δε θα μπορούσε ποτέ να έχει καταλάβει σε βάθος μια ιδέα, μέχρι που να χρειαστεί να το εξηγήσει σε κάποιον άλλο, ενσωματώνοντας και κωδικοποιώντας τη σκέψη, στη γλώσσα.

Η συναισθηματική συνιστώσα της μάθησης από ομότιμους μπορεί επίσης να αποδειχθεί πολύ ισχυρή. Μια σχέση εμπιστοσύνης με έναν ομότιμο, ο οποίος δεν κατέχει καμία θέση εξουσίας, μπορεί να διευκολύνει την αποκάλυψη της άγνοιας και της παρερμηνείας, επιτρέποντας την επακόλουθη διάγνωση και διόρθωση. Ο βοηθός και αυτός που δέχεται τη βοήθεια, σιωπηρά ή ρητά, ανατροφοδοτούνται ο ένας από τον άλλο. Η πορεία της διαδικασίας μπορεί να μην οδηγήσει στην απόλυτη αλήθεια, αποτελεί όμως τη βάση για περαιτέρω πρόοδο.

Καθώς αναπτύσσεται η μαθησιακή σχέση, τα μέλη της ομάδας πρέπει να συνειδητοποιήσουν τι συμβαίνει στην αλληλεπίδραση της μάθησης και στη ρύθμιση της ομάδας, ώστε να είναι περισσότερο σε θέση να παρακολουθούν και να ρυθμίζουν την αποτελεσματικότητα των δικών τους στρατηγικών μάθησης, σε διαφορετικά πλαίσια.

Τέλος, αυτή η εξέλιξη σε μια πλήρως συνειδητή, ρητή και στρατηγική μεταγνώση, όχι μόνο προωθεί την αποτελεσματικότερη μάθηση, αλλά ενισχύει την εμπιστοσύνη και την αυτοπεποίθηση των ατόμων καθώς νιώθουν ότι μπορεί να επιτύχουν ακόμη περισσότερα και ότι η επιτυχία τους είναι το αποτέλεσμα των δικών τους προσπαθειών.

Σύμφωνα με τις Miller & Hadwin (2015), η ρυθμιζόμενη μάθηση είναι σκόπιμη και στοχευμένη καθώς οι μαθητές θέτουν στόχους για τη μάθησή τους και δεσμεύονται σε αυτούς. Ταυτόχρονα είναι μεταγνωστική, καθώς οι μαθητές παρακολουθούν την πορεία της μάθησης και ελέγχουν αν επιτυγχάνεται ο επιθυμητός στόχος, και ελεγκτική με την έννοια της παρακολούθησης και του ελέγχου της σκέψης (γνώσης), των ενεργειών (συμπεριφορών) και των πεποιθήσεων (κίνητρο και συναίσθημα) για την επίτευξη ενός στόχου.

Η ρυθμιζόμενη μάθηση, έχει τρεις συνιστώσες οι οποίες είναι αλληλένδετες.

Η πρώτη είναι η αυτορρυθμιζόμενη μάθηση (self-regulated learning). Σύμφωνα με τον Zimmerman (1986), οι μαθητές μπορούν να χαρακτηρισθούν ως αυτορρυθμιζόμενοι, όταν είναι μεταγνωστικοί, δηλαδή μπορούν να πάρουν αποφάσεις που ρυθμίζουν την επιλογή και τη χρήση διαφόρων μορφών γνώσης, έχουν εσωτερικά κίνητρα και είναι ενεργοί συμμετέχοντες στη δική τους μαθησιακή διαδικασία. Η αυτο-αποτελεσματικότητα,

δηλαδή η αντίληψη που έχει κάποιος σχετικά με τις δυνατότητές του στην οργάνωση και εφαρμογή των ενεργειών που απαιτούνται για την επίτευξη καθορισμένης απόδοσης δεξιοτήτων, είναι ένας σημαντικός παράγοντας αυτορρύθμισης (Bandura, 1978).

Ο Zimmerman (1989), παραθέτει δεκατέσσερις στρατηγικές αυτορρυθμιζόμενης μάθησης. Κάποιες από τις πιο σημαντικές, είναι η αυτοαξιολόγηση, όπου ο μαθητής αξιολογεί την πρόοδο ή την ποιότητα της εργασίας του, η οργάνωση και ο πιθανός μετασχηματισμός των δεδομένων ώστε να γίνουν αντιληπτά, ο καθορισμός στόχων και ο προγραμματισμός, η ατομική προσπάθεια εξασφάλισης περαιτέρω πληροφοριών, η διατήρηση αρχείων και η αναζήτηση κοινωνικής βοήθειας από ομότιμους ή τον εκπαιδευτικό.

Η τελευταία αυτή στρατηγική, οδηγεί στη δεύτερη συνιστώσα, τη συν-ρυθμιζόμενη μάθηση (co-regulated learning), η οποία ορίζεται από τις Hadwin & Oshige (2011), ως μια μεταβατική διαδικασία στην απόκτηση της αυτορρυθμιζόμενης μάθησης ενός εκπαιδευόμενου, στο πλαίσιο της οποίας, οι εκπαιδευόμενοι και άλλοι μοιράζονται ένα κοινό επίπεδο επίλυσης προβλημάτων και η αυτορρύθμιση γίνεται σταδιακά από τον κάθε εκπαιδευόμενο μέσω αλληλεπιδράσεων. Συνήθως, η συσχέτιση περιλαμβάνει έναν μαθητή και έναν άλλο, πιο ικανό, όπως έναν πιο προηγμένο ομότιμο ή τον εκπαιδευτή, που μοιράζονται τη ρύθμιση της μάθησης για την επίτευξη ενός συλλογικού έργου (Miller & Hadwin, 2015).

Η συν-ρυθμιζόμενη μάθηση καταγράφει τη δυναμική της αναδυόμενης αλληλεπίδρασης, μέσω της οποίας ένα άτομο, έρχεται να μεσολαβήσει και να εσωτερικεύσει τις κοινωνικές και πολιτιστικές επιρροές (McCaslin, 2009). Στο επίπεδο της συν-ρύθμισης από ομότιμους, οι ομότιμοι σε μια ομάδα παίρνουν διαφορετικούς γνωστικούς και μεταγνωστικούς ρόλους που συνδέονται με την αυτορρυθμιζόμενη μάθηση για ένα έργο (Hadwin & Oshige, 2011), δηλαδή ρυθμίζουν τις διαδικασίες της ομάδας ώστε να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Η τρίτη συνιστώσα της ρυθμιζόμενης μάθησης είναι η κοινωνικά επιμερισμένη ρύθμιση (socially shared regulation), η οποία σύμφωνα με τις Hadwin & Oshige (2011), αναφέρεται στις διαδικασίες με τις οποίες πολλοί άλλοι ρυθμίζουν τη συλλογική τους δραστηριότητα, ώστε να επιτύχουν κοινούς στόχους. Οι στόχοι και τα πρότυπα συνδημιουργούνται και το επιθυμητό προϊόν είναι η κοινωνικά αποδεκτή γνώση.

Η κοινωνική ρύθμιση της μάθησης σε μία ομάδα προκύπτει, όταν τα μέλη της ομάδας συνεργάζονται για να συμπληρώσουν και να διαπραγματευτούν κοινές αντιλήψεις και στόχους για το έργο, διαπραγματεύονται αμοιβαία τους όρους του κοινού στόχου τους και κάθε μέλος της ομάδας προσαρμόζει τους δικούς του στόχους έτσι ώστε να μπορεί πραγματικά να συμμετάσχει σε έναν κοινό στόχο που δεν έρχεται σε αντίθεση με τις προσωπικές του προτιμήσεις (Malmberg, Järvelä & Järvenoja, 2017).

Η κοινωνικά επιμερισμένη ρύθμιση, αναδύεται παράλληλα με την αυτορρύθμιση και τη συν-ρύθμιση και οι τρεις αυτές μορφές ρύθμισης λειτουργούν από κοινού, ως βάση για μια επιτυχημένη συνεργασία (Miller & Hadwin, 2015), η οποία προάγει όχι μόνο τη μάθηση, αλλά και τις κοινωνικές δεξιότητες των μαθητών και τη στάση τους απέναντι στο σχολείο.

2.7 Εναλλακτικά Ερμηνευτικά Σχήματα και Γνωστικές Δυσκολίες στην Πίεση

Η Φυσική προσπαθεί να ερμηνεύσει τα φυσικά φαινόμενα. Τα παιδιά ωστόσο, διαμορφώνουν από πολύ μικρή ηλικία νοητικά σχήματα για τον κόσμο με τον οποίο αλληλεπιδρούν (Bransford, Brown, & Cocking, 2000, p.84) για να ερμηνεύσουν φαινόμενα που βιώνουν στην καθημερινότητά τους. Αναπτύσσουν έτσι, την κατανόησή τους σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα πολύ πριν από την επίσημη διδασκαλία (Hammer, 1996). Οι ιδέες που αναπτύσσονται από μαθητές και διαφέρουν από την επιστημονική εξήγηση, είναι γνωστές ως εναλλακτικές απόψεις ή παρανοήσεις.

Οι ιδέες όμως 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. Είναι πραγματικά δημιουργικές προσπάθειες να εξηγήσουν τις δικές τους εμπειρίες (Watts 1983).

Από την άλλη, ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές παρατηρούν και καταλήγουν σε συμπεράσματα, επηρεάζεται από τα διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα που έχουν δημιουργήσει, λόγω της προσωπική τους αντίληψης, των κοινωνικών τους αλληλεπιδράσεων και της γλώσσας (Driver, Guesne, & Tiberghien 1985).

Η γλώσσα των Φυσικών Επιστημών, έχει το δικό της «αλφάβητο», καθώς χρησιμοποιεί συγκεκριμένα σύμβολα και τις δικές της «προτάσεις», που απορρέουν από μαθηματικές σχέσεις, δημιουργώντας τύπους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, την ενίσχυση των δυσκολιών που συναντούν οι μαθητές στην μάθηση αυτών των επιστημών, συγκριτικά με τα υπόλοιπα μαθήματα.

Παράλληλα, τα φαινόμενα που οι μαθητές καλούνται να ερμηνεύσουν, μπορεί να μην είναι αντιληπτά από τις αισθήσεις τους, όπως τα θέματα που αφορούν στο μικρόκοσμο, ή ακόμη και αν τα έχουν δει στην καθημερινότητά τους, να μην τα έχουν παρατηρήσει. Ένας τρόπος για να δημιουργήσουν οι μαθητές πιο συγκεκριμένες εικόνες σχετικά με τις Φυσικές έννοιες, είναι η οπτικοποίηση των φαινομένων μέσω προσομοιώσεων. Η χρήση προσομοιώσεων στη διδασκαλία της Φυσικής, συνδράμει στην τροποποίηση των εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων που έχουν δημιουργήσει οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα (Jimoyiannis & Komis, 2001).

Η φύση αυτού που τα παιδιά θεωρούν ως εξήγηση, διαφέρει πολλές φορές από την επιστημονική άποψη. Μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, ώστε να μην αλλάζουν με τη διδασκαλία (Halim, Yong & Meegah, 2014). Έτσι, παρόλο που μερικά παιδιά μπορούν να εφαρμόσουν τις επιστημονικές ιδέες σε προβλήματα των εξετάσεων, αποτυγχάνουν να τις εφαρμόσουν εκτός του σχολείου για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα.

Η εργασία αυτή, διαπραγματεύεται την έννοια της πίεσης στα στερεά και στα ρευστά, δηλαδή τον ορισμό της πίεσης, την υδροστατική και την ατμοσφαιρική πίεση.

Η πίεση δεν εμφανίζεται μόνο στη Φυσική, αλλά και σε άλλους επιστημονικούς τομείς, όπως στη Χημεία, ως μία από τις παραμέτρους στο ρυθμό μεταβολής των αντιδράσεων

και στη Βιολογία ή στην Ιατρική που περιλαμβάνουν την πίεση του αίματος (Leong, Perera & Shahrill, 2015).

Η έννοια της πίεσης, παρότι είναι ένα θέμα με πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα, αναφέρεται σε ένα ελάχιστο επίπεδο στα περισσότερα σχολικά προγράμματα σπουδών (Basca & Grotzer 2001), ενώ λίγες μελέτες διεθνώς έχουν επικεντρωθεί στο περιεχόμενο και τη δομή των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την πίεση (Kariotoglou & Psillos, 1993).

Σύμφωνα με τους Basca & Grotzer (2001), οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στα θέματα της πίεσης, συνοψίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Οι μαθητές χρησιμοποιούν μόνο τις προφανείς μεταβλητές αντί να εξετάζουν τις μη εμφανείς μεταβλητές όταν ερμηνεύουν τα αίτια ενός φαινομένου που σχετίζεται με την πίεση.
2. Οι μαθητές σκέφτονται γραμμικά και όχι συστηματικά όταν σκέφτονται την πίεση.
3. Οι μαθητές συχνά σκέφτονται την πίεση ως κατευθυντική ποσότητα, πιέζοντας προς τα κάτω τα πράγματα.
4. Οι μαθητές συχνά χρησιμοποιούν τους όρους πίεση και δύναμη αδιάκριτα.

Για τους περισσότερους μαθητές, οι έννοιες της δύναμης και της πίεσης, είναι ταυτόσημες. Αυτό μπορεί να οφείλεται και στις κοινώς χρησιμοποιούμενες εκφράσεις στα εγχειρίδια, όπως «ασκούν πίεση» και «έχουν πίεση», υποδηλώνουν διαφορετικές σημασίες για την πίεση (Kariotoglou & Psillos, 1993).

Στο βιβλίο του εκπαιδευτικού της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κα, 2000), αναφέρεται ότι σχετικά με την πίεση, οι μαθητές:

- Συγχέουν την πίεση με τη δύναμη. Ενώ οι περισσότεροι θεωρούν ότι η πίεση αυξάνεται με το βάθος, δεν θεωρούν ότι η δύναμη που προκαλείται από την πίεση έχει το ίδιο μέτρο προς όλες τις κατευθύνσεις (μέσα στο νερό ή στον αέρα). Αντίθετα πιστεύουν ότι μεγαλύτερη δύναμη ασκείται προς τα κάτω.
- Συνδέουν την πίεση με την ποσότητα του υγρού. Θεωρούν ότι σε ίδιο βάθος, η πίεση είναι μεγαλύτερη στη θάλασσα από ότι σε μια πισίνα με θαλασσινό νερό.
- Δεν αντιλαμβάνονται την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- Δεν συνδέουν την πίεση με τη βαρύτητα. Θεωρούν ότι η βαρύτητα δεν έχει σχέση με την πίεση.
- Δεν διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της ατμοσφαιρικής πίεσης και της πίεσης που έχει ένα αέριο μέσα σε κλειστό δοχείο.
- Πολλές φορές συγχέουν την ατμοσφαιρική πίεση με τον άνεμο θεωρώντας ότι η πίεση ασκείται στην κατεύθυνση του ανέμου.
- Θεωρούν ότι στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν υπάρχει άνωση.

Σύμφωνα με την έρευνα των Καριώτογλου & Ψύλλου (Kariotoglou & Psillos, 1993), σε δέκα μαθητές της Β΄ Γυμνασίου, εντοπίστηκαν αρκετά εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα που αφορούσαν στην υδροστατική πίεση. Κάποια από αυτά είναι ότι η υδροστατική πίεση έχει κατεύθυνση δηλαδή είναι διανυσματικό μέγεθος, η πυκνότητα είναι μεταβλητή χωρίς να αλλάζει το υλικό, εξαρτάται από την ποσότητα των υγρών και το σχήμα του δοχείου, ότι αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα των υγρών και ότι οφείλεται στην ποσότητα του υγρού που είναι ακριβώς από πάνω του.

Το τελευταίο αυτό ερμηνευτικό σχήμα, μπορεί να οφείλεται σε παρερμηνεία της θεωρίας, καθώς σε πολλά βιβλία η υδροστατική πίεση βρίσκεται από το βάρος ενός νοερού κυλίνδρου πάνω από μία επιφάνεια. Αυτό από τους μαθητές μεταφράζεται ως έλλειψη πίεσης στις άλλες πλευρές ενός σώματος που είναι βυθισμένο σε υγρό, εκτός από την επάνω πλευρά.

Το ίδιο εναλλακτικό ερμηνευτικό σχήμα εντοπίστηκε στην έρευνα των Loverude, Heron, & Kautz (2010), σε όλους σχεδόν τους φοιτητές, από έρευνα αρκετών χρόνων. Δύο άλλα θέματα που εντόπισε αυτή την έρευνα, είναι ότι οι φοιτητές εξισώνουν την πίεση με πυκνότητα, ειδικά όταν πρόκειται για διαφορετικά υγρά στο ίδιο δοχείο που ισορροπούν, με αποτέλεσμα να απαντούν ότι στο ίδιο ύψος, θα έχουν διαφορετικές πιέσεις και ότι ένα υγρό σε στενό σωλήνα θα έχει μεγαλύτερη πίεση γιατί περιορίζεται.

Τις ιδέες, ογδόντα τεσσάρων μαθητών δώδεκα έως δεκαέξι ετών, σχετικά με την πίεση στα ρευστά, ερεύνησαν οι Glough & Driver (1985). Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, όσων αφορά στην υδροστατική πίεση, τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα που εντοπίστηκαν, ήταν ότι η υδροστατική πίεση μειώνεται σε σχέση με το βάθος γιατί μετρούσαν το βάθος από το κάτω μέρος του δοχείου προς τα πάνω και ότι έχει κατεύθυνση.

Σε μεγαλύτερες ηλικίες σύμφωνα με την έρευνα του Besson (2004), που μελέτησε τις ιδέες μαθητών Λυκείου, πρωτοετών φοιτητών και εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών, συνεχίζει να υπάρχει σύγχυση σε θέματα που αφορούν στην πίεση στα ρευστά. Η ταύτιση της υδροστατικής πίεσης με το βάρος του υγρού, που οδηγεί στην ιδέα της διαφορετικής πίεσης σε διαφορετικές ποσότητες υγρών και η μεγαλύτερη πίεση σε στενό δοχείο λόγω περιορισμού, είναι τα σημαντικότερα. Οι κανόνες και οι μαθηματικοί τύποι δεν φαίνεται να βοηθούν στην ερμηνεία των φαινομένων, σύμφωνα με αυτή την έρευνα, μερικές φορές μάλιστα δρουν επιβαρυντικά, καθώς χρησιμοποιούνται άκριτα.

Αντίστοιχα, για την ατμοσφαιρική πίεση, ο Besson (2004) επισημαίνει ότι πολλές φορές δεν συνυπολογίστηκε στη συνολική πίεση του υγρού σε ανοιχτό δοχείο, ενώ θεωρήθηκε ότι μέσα σε ένα δωμάτιο υπάρχει μεγαλύτερη ατμοσφαιρική πίεση γιατί είναι περιορισμένος ο αέρας.

Αυτό που παρατηρήθηκε σε όλες τις εργασίες που μελετήθηκαν σε αυτή την εργασία για την ατμοσφαιρική πίεση, είναι ότι η ίδια η ύπαρξη της αμφισβητείται από τους μαθητές. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο ότι δεν την αντιλαμβάνονται με τις αισθήσεις τους, ενώ αντίθετα στα στερεά και στα υγρά, η ύπαρξη της πίεσης είναι πιο προφανής.

Η έρευνα των Akbaş & Gençtürk (2011) ανέδειξε τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα, ενενήντα μαθητών της τρίτης Γυμνασίου, σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση. Σύμφωνα με αυτή την έρευνα, σε σχέση με την ύπαρξη της πίεσης, οι μαθητές πίστευαν ότι τα αέρια στην ατμόσφαιρα μπορούν να σχηματίσουν πίεση μόνο αν καταστείλουν τη βαρύτητα και ότι τα αέρια στην ατμόσφαιρα μπορούν να ασκήσουν πίεση μόνο εάν τους εφαρμοστεί μια δύναμη. Σε σχέση με τις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης, πίστευαν ότι η πίεση είναι ένας παράγοντας που δημιουργεί συνθήκες θερμοκρασίας, ότι η βροχή επηρεάζει τις αλλαγές ημερήσιας πίεσης και ότι η πίεση αυξάνεται όταν αυξάνεται το υψόμετρο.

Τέλος, παρατήρησαν σύγχυση στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της υψηλής και χαμηλής πίεσης σε σχέση με τη θερμοκρασία, ότι η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται επειδή ο αέρας αυξάνεται σε περιοχές υψηλής πίεσης και ότι η πίεση αυξάνεται ραγδαία, όπου ο καιρός γίνεται πιο συννεφιασμένος.

Οι Leong, Perera & Shahrill (2015), μελετώντας την ικανότητα ανάγνωσης του μανομέτρου έντεκα μαθητών της ίδιας τάξης, παρατήρησαν δύο βασικά εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα. Ότι η ατμοσφαιρική πίεση δεν υπάρχει και ότι το υψηλό επίπεδο υγρού της μιας στήλης του μανομέτρου, οφείλεται στην υψηλή πίεση που ενεργεί σε αυτή την πλευρά, ενώ στην άλλη στήλη είναι πιο χαμηλή γιατί ασκείται μικρότερη πίεση. Η ερμηνεία που δόθηκε από τους ερευνητές για την ύπαρξη της πρώτης ιδέας ήταν, ότι οι επιδράσεις της πίεσης του αέρα συχνά δεν είναι προφανείς και ανιχνεύσιμες ενώ για τη δεύτερη περίπτωση, ότι είναι δύσκολο να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο αέρας και η πίεση του αερίου μπορεί να αλλάξουν τα επίπεδα των υγρών.

Η έρευνα της Séré (1982) σε είκοσι τέσσερις μαθητές της έκτης Δημοτικού, έδειξε ότι τα περισσότερα παιδιά αναγνωρίζουν τον αέρα μόνο όταν είναι σε κίνηση και οι περισσότεροι αναγνωρίζουν ότι ο αέρας ωθεί και ασκεί δύναμη, αλλά μόνο όταν θερμαίνεται ή κατά τη διάρκεια της κίνησης, προς την κατεύθυνση αυτής της κίνησης. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι αυτή η ερμηνεία είναι αποτέλεσμα της καθημερινής εμπειρίας όπως το φύσημα του ανέμου. Η κατανόηση που σχηματίζεται μόνο από την εμπειρία του ανέμου καθιστά δύσκολη την κατανόηση της πίεσης του αέρα σε πειράματα με μείωση της πίεσης σε κλειστό δοχείο. Τα παιδιά σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποίησαν τη λέξη "δύναμη αναρρόφησης" ή "δυνάμεις έλξης" για να ερμηνεύσουν το πείραμα. Είχαν δυσκολία να φανταστούν την ατμοσφαιρική πίεση χωρίς κίνηση, έτσι ώστε να αποδίδουν την κατάσταση της ισορροπίας στην απουσία συνολικής δύναμης.

Επόμενη έρευνα της Séré (1986), σε μαθητές της Α΄ Γυμνασίου, αναφέρει ότι τα παιδιά πιστεύουν ότι μπορούν να παράγουν αέρα χτυπώντας τον, ότι είναι απαραίτητο να κρατηθεί ανοιχτό το μπουκάλι σε ένα ρεύμα αέρα για να το γεμίσει με αέρα και δεν πιστεύουν ότι μπορούν να μεταφέρουν αέρα από το ένα μέρος στο άλλο. Οι μαθητές αναφέρονται στο γεγονός ότι ο θερμός αέρας ανεβαίνει, αλλά ποτέ δεν αναφέρονται στο ότι ο κρύος αέρας κατεβαίνει, ενώ πολλά παιδιά πιστεύουν ότι ο αέρας αλλάζει μορφή όταν θερμαίνεται δηλαδή ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας, ο αέρας γίνεται «αέριο».

Η έρευνα των Bulunuz, Jarrett, & Bulunuz (2009), αφορούσε σε εκατόν έξι μαθητές δημόσιων σχολείων και εξήντα μαθητές ιδιωτικών σχολείων, ηλικίας δέκα έως δεκατριών

ετών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, τα θέματα στα οποία απάντησαν σωστά πάνω από τους μισούς μαθητές, αφορούσαν γενικές γνώσεις σχετικά με τον αέρα, όπως μια σύγκριση της σύνθεσης του εκπνεόμενου και εισπνεόμενου αέρα, η διόγκωση του αέρα όταν θερμαίνεται, οι επιδράσεις της αλλαγής της πίεσης του αέρα ανάλογα με το υψόμετρο και η απουσία αέρα στη Σελήνη. Τα θέματα στα οποία απάντησαν σωστά λιγότεροι από τους μισούς μαθητές, συμπεριλάμβαναν ότι η πίεση του αέρα είναι η ίδια παντού σε ένα δωμάτιο, την ύπαρξη ατμοσφαιρικής πίεσης στο διάστημα, τις επιπτώσεις του μερικού κενού και την αρχή του Bernoulli. Τέλος, πολλοί μαθητές είχαν δημιουργήσει το εναλλακτικό ερμηνευτικό σχήμα της άσκησης δύναμης στο υγρό όταν ρουφάς για να ερμηνεύσουν το ότι ανεβαίνει το υγρό στο καλαμάκι, χωρίς την επέμβαση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Η έρευνα των Καμπουράκη & Τσαπαρλή (2007), σε τετρακόσιους περίπου μαθητές της Α΄ και Β΄ Γυμνασίου και της Α΄ Λυκείου κατέληξε ότι πολύ μεγάλα ποσοστά μαθητών στην πρώτη βαθμίδα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, έχουν δυσκολία να κατανοήσουν την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης και να την εφαρμόσουν για να απαντήσουν σε φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Αδυνατούν να συσχετίσουν την αλληλεπίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης, με την πίεση που ασκεί ο αέρας που περιέχεται σε κλειστές επιφάνειες, καθώς και με τον τρόπο που η ατμοσφαιρική πίεση δρα σε ένα σώμα που βρίσκεται μέσα στον αέρα.

Συνοψίζοντας, τα συνήθη εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών, όσων αφορά στην ατμόσφαιρα και στην ατμοσφαιρική πίεση ήταν πολλά και ποικίλα. Τα πιο βασικά είναι:

1. δεν υπάρχει πίεση από τον αέρα
2. στο καλαμάκι ασκεί δύναμη στο υγρό όταν ρουφάς και έτσι ανεβαίνει το υγρό
3. ατμοσφαιρική πίεση υπάρχει μόνο όταν ο αέρας κινείται, δηλαδή όταν φυσάει
4. ο αέρας δεν ασκεί δυνάμεις στα σώματα που είναι μέσα του, εκτός αν φυσάει
5. η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται με το υψόμετρο
6. η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίδια, μέσα σε ένα κλειστό μπουκάλι και έξω
7. η πίεση του αέρα μέσα σε ένα κλειστό δοχείο είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική
8. τα αέρια της ατμόσφαιρας μπορούν να δημιουργήσουν πίεση μόνο αν νικήσουν τη βαρύτητα
9. τα αέρια στην ατμόσφαιρα μπορούν να δημιουργήσουν πίεση μόνο εάν τους ασκηθεί μια δύναμη

Αυτές οι εξηγήσεις των μαθητών, υποστηρίζονται στενά από την καθημερινή χρήση της γλώσσας και της εμπειρίας, συνεπώς θα μπορούσε να θεωρηθεί χρήσιμη η ανάπτυξη μιας εναλλακτικής οπτικής, αντί της δήλωσης της σωστής επιστημονικής σκέψης από τον εκπαιδευτικό.

Η μάθηση ενισχύεται όταν οι εκπαιδευτικοί δίνουν προσοχή στις γνώσεις και τις πεποιθήσεις που φέρνουν οι εκπαιδευόμενοι σε μια μαθησιακή εργασία, χρησιμοποιούν αυτή τη γνώση ως σημείο εκκίνησης για νέα διδασκαλία και παρακολουθούν τις μεταβαλλόμενες αντιλήψεις των μαθητών ως οδηγίες (NRC, 2000, p.11).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Στα πλαίσια αυτής της επισκόπησης, μελετήθηκαν πρακτικές, εφαρμογές και αποτελέσματα της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης, μέσα από μια πληθώρα εργασιών, που αναφέρονται στην μάθηση με βάση την διερεύνηση (Inquiry Based Learning) και κυρίως στην εκπαίδευση των επιστημών με βάση την διερεύνηση (Inquiry Based Science Education).

Η βιβλιογραφία, φαίνεται να συμφωνεί στα οφέλη της διερευνητικής μεθόδου, ως προς το ότι αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών (Azevedo 2018 · Wang et al., 2015), μέσα από εμπλοκή τους σε αυθεντική (Saunders-Stewart et al., 2015 · Widowati et al., 2017), σχετική με τα ενδιαφέροντά τους μελέτη (Buchanan et al., 2016).

Η διερευνητική μάθηση, αντιμετωπίζει τους μαθητές ως ενεργούς στοχαστές, που αναπτύσσουν τη δική τους κατανόηση, δρώντας σαν επιστήμονες, μέσω αυτοελεγχόμενων ερευνών (Abd-El-Khalick et al., 2004) και μέσω αλληλεπιδράσεων με τα φαινόμενα, το περιβάλλον και την κοινωνία της τάξης (Pizzolato et al., 2014). Η μάθηση προκύπτει έτσι, ως απόρροια του εποικοδομητικού περιβάλλοντος, μέσω αλληλεπίδρασης της κατεκτημένης γνώσης με τη παρούσα, η οποία οδηγεί στη μελλοντική.

Οι σχεδιαστές και οι εκπαιδευτικοί που εφαρμόζουν την ερευνητική μέθοδο στην τάξη, μοιράζονται την κοινή πεποίθηση, ότι οι μαθητές θα πρέπει να έχουν κάποια επιλογή, χρόνο και μέτρο αυτονομίας (Ameyaw-Baah et al., 2018), ώστε να υποστηρίξουν μια βαθύτερη και πιο ουσιαστική μάθηση, που οδηγεί σε δεξιότητες και γνώσεις, κρίσιμες για τον σύγχρονο μαθητή και τον παγκόσμιο πολίτη (Buchanan et al., 2016).

Οι μαθητές είναι οι ενεργοί δημιουργοί της γνώσης, που έχει νόημα γι' αυτούς, καθώς οι ίδιοι αποτελούν την πηγή της πληροφορίας, με τις ερωτήσεις, τις πρακτικές και τα συμπεράσματά τους (NRC, 2007, pp.78-80). Ο εκπαιδευτικός, βοηθά τον μαθητή να αναρωτηθεί την κατάλληλη ερώτηση, που θα τον οδηγήσει συνειρμικά στην λύση (Kim, 2018).

Μέσα στην διαδικασία της διερεύνησης, οι μαθητές αξιολογούν την πρόοδό τους, τόσο ως προς το εάν έχουν διατυπώσει αιτιώδεις ισχυρισμούς, όσο και ως προς το εάν έχουν ή όχι, αποδεικτικά στοιχεία που να υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς τους. Έτσι, οδηγούνται στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης (Lederman, Lederman & Antink, 2013), συμπεριλαμβανομένης τόσο της φύσης της επιστημονικής γνώσης όσο και των μεθόδων για την πραγματοποίησή της (Sandoval & Reiser, 2004).

Η ίδια η παρέμβαση δημιουργεί εσωτερικά κίνητρα εμπλοκής (Caswell & LaBrie, 2017), προσφέροντας πιο δελεαστικές ευκαιρίες (Barron & Darling-Hammond, 2008 · Silk, Schunn & Cary, 2009) μάθησης, που οδηγούν στη θετική στάση (Aksela & Bostrom, 2012 · Bruder & Prescott, 2013 · Gibson & Chase, 2002) των μαθητών απέναντι στις επιστήμες.

Αυξάνει την ικανότητα των παιδιών να συνεργάζονται (Bilgin, 2009 · Hilts, Part & Bernacki, 2018), να διεξάγουν συνολικά μια επιστημονική διερεύνηση και να χρησιμοποιούν συγκεκριμένες δεξιότητες στην διερεύνηση (Cuevas et al., 2005 · Καμπάντας, 2017), ενώ ταυτόχρονα βοηθά τους εκπαιδευτικούς στην επαγγελματική τους ανάπτυξη (Osborne & Dillon, 2008) και την αυτοπεποίθησή τους στη διεξαγωγή διερεύνησης (Voet & De Wever, 2018 Wang et al., 2015).

Οι μαθητές, συχνά δημιουργούν στερεότυπα για τους επιστήμονες και πεποιθήσεις για την επιστήμη, ως κάτι βαρετό, δύσκολο, μπερδεμένο, γεμάτο τύπους που δεν έχουν κανένα νόημα και δεν τους αφορούν, γιατί δεν τους λύνουν κανένα πρόβλημα που να τους ενδιαφέρει (Archer et al., 2010 · Osborne et al., 2003). Αυτό τους οδηγεί στον φόβο, που έχει σαν αποτέλεσμα τον θυμό και την απαξίωση, ή στην μοιρολατρική παραίτηση.

Η διερεύνηση, ως μέθοδος και ως σύνολο εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων, είναι εξαιρετικά συμβατή με την μάθηση των θετικών επιστημών (Deters, 2005 · Στασινάκης, 2015) και μπορεί να αλλάξει κάποιες από αυτές τις πεποιθήσεις. Ένα θεαματικό πείραμα, στις φυσικές επιστήμες, μπορεί να προκαλέσει το παροδικό ενδιαφέρον (situational interest) σε όλους τους μαθητές μιας τάξης, ακόμη και σε εκείνους που δεν ενδιαφέρονται πραγματικά για τις επιστήμες αυτές (Palmer, 2009).

Η τριακονταετής ανασκόπηση των ερευνών, από τον Hofstein (2004), για τα εργαστήρια Χημείας σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του Ισραήλ, έδειξε ότι οι καλά σχεδιασμένες εργαστηριακές δραστηριότητες διερευνητικού τύπου, μπορούν να παρέχουν ευκαιρίες μάθησης, που βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν υψηλού επιπέδου γνώσεις και δεξιότητες. Οι εργαστηριακές ασκήσεις προσφέρουν στους μαθητές τη δυνατότητα να βιώσουν τις φυσικές επιστήμες, αλλά και να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βάθος κάποιες βασικές έννοιες, διαφοροποιώντας ταυτόχρονα το μαθησιακό περιβάλλον της τάξης έτσι ώστε να ενισχυθούν τα κίνητρα των μαθητών, ως προς το ενδιαφέρον και τη θετική στάση τους απέναντι στις φυσικές επιστήμες. Καταλήγοντας, η έρευνα επισημαίνει ότι τα εργαστήρια, παρέχουν επίσης σημαντικές ευκαιρίες για να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν να ερευνούν (π.χ. να υποβάλλουν ερωτήσεις), να κατασκευάζουν επιστημονικούς ισχυρισμούς και να δικαιολογούν αυτούς τους ισχυρισμούς, υποστηρίζοντάς τους μέσα στην τάξη.

Οι Zachos et al. (2000), εξετάζοντας την επιτυχία στην οικοδόμηση και δοκιμή εννοιών της Φυσικής σε 32 μαθητές από διαφορετικά σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης της Νέας Υόρκης, παρατήρησε ότι διενεργώντας πραγματικά πειράματα, οι μαθητές διεξήγαγαν σχολικές επιστημονικές έρευνες που τους οδήγησαν στην αναλογική λογική ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη, αυξάνοντας ταυτόχρονα την επιθυμία τους για την αναζήτηση των βαθύτερων αρχών που διέπουν ένα αποτέλεσμα. Παρατηρώντας το συλλογισμό των μαθητών, μέσω βιντεοσκοπήσεων των μαθημάτων και συνεντεύξεων, οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι οι μαθητές «ανακάλυψαν» την έννοια της πυκνότητας στη Φυσική, απλά επειδή τους ήταν αναγκαία για να επιτύχουν στις δοκιμασίες. Η Δομημένη Διερεύνηση, καταλήγουν, είναι μια επιτυχημένη μέθοδος διαχείρισης των

δραστηριοτήτων, στην οποία οι μαθητές αποκτούν γνώσεις μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με τον φυσικό κόσμο.

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν, οι Βαϊνάς, Βλάσση & Καραλιώτα (2007) στην έρευνά τους, ως προς την αποτελεσματικότητα της Καθοδηγούμενης Διερεύνησης στη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης Χημείας της Α' Λυκείου. Η πραγματοποίηση των αντιδράσεων έγινε με επιτυχία από τους μαθητές και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος είναι αποτελεσματική, αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους ενεργοποιεί, οδηγώντας τους στην αναλυτική σκέψη και τη γόνιμη επιχειρηματολογία.

Εκτός από τα πραγματικά εργαστήρια, πολλές εργασίες καταλήγουν στο ότι η τεχνολογία μπορεί να συνδράμει σημαντικά στη διερευνητική μάθηση (de Jong et al. 2014 · Lehtinen, et al., 2016 · Zacharia et al., 2015), υποστηρίζοντας και καθοδηγώντας τους μαθητές (Darrah, et al., 2014 · Moore, et al., 2013) του εικοστού πρώτου αιώνα.

Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγει και η έρευνα της Νιφόρα (2015), δείχνοντας ότι οι μαθητές του Δημοτικού που διδάχτηκαν μέσω της βασισμένης στις ΤΠΕ (Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας) διερευνητικής μάθησης, οικοδόμησαν καλύτερα τις έννοιες και τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού, δίνοντας πιο ολοκληρωμένες, ακριβείς και πλήρεις απαντήσεις όσων αφορά στον ορισμό των εννοιών.

Το ότι οι μαθητές γεννήθηκαν στην ψηφιακή εποχή, δεν σημαίνει αυτόματα, ότι γνωρίζουν πώς να επωφεληθούν από αυτή, επισημαίνουν οι Kirschner & de Bruyckere (2017). Η εκπαίδευση του εικοστού πρώτου αιώνα όχι μόνο επιτρέπει, αλλά στην πραγματικότητα απαιτεί, την ενσωμάτωση των τεχνολογιών, που να ενσωματώνονται όμως μέσα σε ένα κατάλληλο παιδαγωγικό πλαίσιο.

Μία μεγάλη συλλογή διαδραστικών προσομοιώσεων με εικονικά πειράματα, που έχει δημιουργηθεί από το Πανεπιστήμιο του Κολοράντο (PhET), έχει χρησιμοποιηθεί και ερευνηθεί ως προς, την αποτελεσματικότητά της στην παραγωγή εννοιολογικών μοντέλων (Finkelstein, et al., 2005), την εμπλοκή των μαθητών (Wieman, 2010) και την κατανόηση των εννοιών (Perkins, et al., 2006). Η προσομοίωση φυσικών φαινομένων μέσα από εικονικά πειράματα, μπορεί να υποστηρίξει τους μαθητές, στη δημιουργία υποθέσεων, στην άμεση δοκιμή, στη διαισθητική κατανόηση και στην ενσωμάτωση της γνώσης (Reid et al., 2003), ενώ μέσω των ακριβών μετρήσεων, οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν σε αναλογικές σχέσεις μεταξύ των μεγεθών (Yuliati et al., 2018).

Ταυτόχρονα, η χρήση προσομοιώσεων στη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής, βοηθά τους μαθητές να ξεπεράσουν τους γνωστικούς περιορισμούς τους, βελτιώνοντας σημαντικά την απόδοσή τους και συνδράμοντας αποφασιστικά στην αναδόμηση των εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων που έχουν δημιουργήσει για τα φυσικά φαινόμενα (Jimoyiannis & Komis, 2001).

Τα εργαστήρια, αποτελούν αναμφίβολα αναπόσπαστο κομμάτι της προσέγγισης της γνώσης στις Φυσικές επιστήμες. Ωστόσο, τα πειράματα μόνο, εικονικά ή πραγματικά, δεν μπορούν να εγγηθούν την εννοιολογική κατανόηση, υποστηρίζουν οι Renken & Nunez

(2013), που εξέτασαν την επίδραση εικονικών και πραγματικών πειραμάτων Φυσικής σε 147 μαθητές Γυμνασίου των ΗΠΑ. Χρειάζεται πολύ καλός προγραμματισμός και καθοδήγηση, στην στρατηγική του πειραματισμού και στον έλεγχο των μεταβλητών.

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η έρευνα των Schwichow et al. (2016), σε 161 μαθητές Γυμνασίου στη Γερμανία, συγκρίνοντας τα γνωστικά αποτελέσματα της πρακτικής εργασίας (hands on) με την μη πρακτική (paper-and-pencil) στη Φυσική. Οι μαθητές, έμαθαν τις συγκεκριμένες διαδικαστικές γνώσεις, αλλά δεν απέκτησαν μια βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών ή του εννοιολογικού περιεχομένου, ως συνάρτηση του τύπου εκπαίδευσης.

Οι Buck, Bretz & Towns (2008), εξετάζοντας και κατηγοριοποιώντας 22 εργαστηριακά εγχειρίδια και 386 πειράματα, στις ΗΠΑ, κατέληξαν ότι αρκετά από αυτά ήταν πειράματα επιβεβαίωσης, ενώ τα περισσότερα ακολουθούσαν τη Δομημένη Διερεύνηση. Τα παραδοσιακά εργαστήρια, επισημαίνουν, δεν μπορούν να μετατραπούν σε διερευνητική δραστηριότητα, με απλή αφαίρεση των οδηγιών για την ολοκλήρωση της δραστηριότητας. Από την έρευνα αυτή διαπιστώθηκε, ότι παρόλο που πολλά δημοσιευμένα εγχειρίδια εργαστηρίων προσπαθούν να ακολουθήσουν την πρόοδο της επιστήμης, εισάγοντας καινούριες έννοιες, διαφορετικά εργαλεία και νέες τεχνικές, αυτά δεν συνοδεύονται από αντίστοιχη μετατόπιση της παιδαγωγικής στην οποία θα μπορούσε να ενσωματωθεί η διερεύνηση.

Όταν οι Mustafa & Trudel (2013), σε μια αντίστοιχη με τους Renken & Nunez (2013) έρευνα στον Καναδά, χρησιμοποίησαν την Καθοδηγούμενη Διερεύνηση με το μοντέλο 5E σε 54 μαθητές Λυκείου, βρήκαν σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών, ανεξάρτητα από το είδος του γνωστικού εργαλείου που χρησιμοποίησαν, πραγματικό ή εικονικό πείραμα. Συγκεκριμένα, τα ευρήματα έδειξαν ότι, παρότι οι μαθητές στην ομάδα του εικονικού πειράματος βελτίωσαν τις δεξιότητες διερεύνησης λίγο περισσότερο, από ότι αυτοί του πραγματικού εργαστηρίου και οι δύο αυτές στρατηγικές ήταν αποτελεσματικές για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών στη Φυσική.

Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Καθοδηγούμενη Διερεύνηση, ως μεθοδολογία, οδηγεί σε θετικά αποτελέσματα και όχι τόσο τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή της.

Οι Ameyaw-Baah et al. (2018), που χρησιμοποίησαν την Καθοδηγούμενη Διερεύνηση, σε ένα τμήμα Γυμνασίου στην Γκάνα, και το συνέκριναν με μία ομάδα ελέγχου που ακολούθησε την παραδοσιακή διδασκαλία, καταλήγουν σε αυτό ακριβώς το συμπέρασμα. Τα τμήματα είχαν τον ίδιο εκπαιδευτικό και διδάχθηκαν ταυτόχρονα τις ίδιες έννοιες της Βιολογίας. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, στο οποίο εφαρμόστηκε η Καθοδηγούμενη Διερεύνηση, μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους σε δραστηριότητες, αύξησαν τις ικανότητές τους στη λογική και την επίλυση προβλημάτων, σκεπτόμενοι κριτικά, επαληθεύοντας και εμβαθύνοντας σε έννοιες της Βιολογίας, ενώ ταυτόχρονα είχαν και καλύτερα ακαδημαϊκά αποτελέσματα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου που ακολουθούσε την παραδοσιακή διδασκαλία μέσω βιβλίου.

Οι Cobern et al. (2010), στην έρευνά τους, σε ένα ειδικό θερινό πρόγραμμα, συνέκριναν, την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής διδασκαλίας, με τη χρήση του μοντέλου 5E και της άμεσης διδασκαλίας, με τη χρήση δραστηριοτήτων επιβεβαίωσης, σε δεκατριήχρονους μαθητές των ΗΠΑ, πάνω σε έννοιες της Φυσικής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, ο χρόνος που επενδύθηκε στην διερευνητική προσέγγιση, ήταν ελαφρά μεγαλύτερος, αλλά όχι σημαντικά διαφορετικός, από εκείνον της άμεσης διδασκαλίας και οι διαφορές στην κατανόηση των εννοιών δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Η εργασία τους, εξέτασε μόνο την απόκτηση γνώσεων και δεν μπορούσε να απαντήσει σε άλλα ερωτήματα, που αφορούσαν στην ύπαρξη γενικότερου οφέλους για τους μαθητές από την εμπλοκή τους στις ερευνητικές διεργασίες σκέψης και πράξης.

Αυτές οι διεργασίες, εξετάστηκαν από τους Songer, Kelcey & Gotwals (2009), που δοκίμασαν μια διερευνητική προσέγγιση με θέμα την Βιοποικιλότητα, σε 35 δημόσια Δημοτικά σχολεία του Detroit, ως προς την παρουσία πολύπλοκων συλλογισμών όπως, η γνώση, η χρήση και η ερμηνεία των επιστημονικών εξηγήσεων και η κατάλληλη αξιολόγηση και εφαρμογή αποδεικτικών στοιχείων και επιχειρημάτων και τα σύγκριναν με σχολεία που ακολουθούσαν τη διδασκαλία μέσω βιβλίου για τον ίδιο χρόνο. Η έρευνά τους έδειξε, ότι ενώ οι μαθητές της διερευνητικής παρέμβασης απέδωσαν λίγο καλύτερα σε τυποποιημένες δοκιμασίες από τους μαθητές του ελέγχου, εντούτοις είχαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με τους μαθητές της παραδοσιακής διδασκαλίας, σε σύνθετους συλλογισμούς πολύπλοκης σκέψης και σε εξηγήσεις που βασίζονται στα αποδεικτικά στοιχεία.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές έρευνες που συγκρίνουν τη Διερευνητική Μάθηση με το παραδοσιακό μάθημα που στηρίζεται στο βιβλίο, με τα αποτελέσματα να είναι γενικά υπέρ της Καθοδηγούμενης Διερευνητικής Μεθόδου (Schroeder et al., 2007), αλλά λιγότερες έρευνες που συγκρίνουν τα είδη της Διερευνητικής Μάθησης μεταξύ τους.

Οι Sularso, Sunarno & Sarwanto (2017), εξέτασαν τις επιδράσεις της Καθοδηγούμενης (guided inquiry) και της Ανοιχτής Διερεύνησης (free modified inquiry), στην κατανόηση της έννοιας της υδροστατικής πίεσης, που είναι ένα από τα θέματα που ερευνά αυτή η εργασία. Χρησιμοποιώντας τυχαίο δείγμα μαθητών, από ένα σχολείο της Ινδονησίας, χώρισαν 67 μαθητές σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα προσέγγισε την έννοια με καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό και η άλλη χωρίς βοήθεια. Με βάση τα αποτελέσματα μιας γραπτής δοκιμασίας 23 θεμάτων στο τέλος των παρεμβάσεων, βρέθηκε ότι οι ομάδες είχαν διαφορές, με την ομάδα της καθοδηγούμενης διερεύνησης να υπερτερεί στην κατανόηση της έννοιας. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κατά την εφαρμογή της διερεύνησης, ως μεθόδου μάθησης, απαιτείται καλή προετοιμασία υλικών, υποδομών, κατεύθυνσης και καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό, ώστε να μπορέσουν οι μαθητές να αναλύσουν σε βάθος έννοιες της Φυσικής.

Οι Bunterm et al. (2014), συνέκριναν την εφαρμογή της Δομημένης Διερεύνησης (structured inquiry) με την Καθοδηγούμενη Διερεύνηση (guided inquiry) σε τρία σχολεία, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, της Ταϊλάνδης. Η έρευνα έγινε σε έξι τμήματα, δύο από κάθε σχολείο, με σύγκριση των δύο προσεγγίσεων ως προς, τη γνώση του επιστημονικού

περιεχομένου, των δεξιοτήτων της επιστημονικής διαδικασίας και των επιστημονικών προσεγγίσεων, που μετρήθηκαν πριν και μετά τις παρεμβάσεις.

Στην μελέτη αυτή, οι δύο εκπαιδευτικές παρεμβάσεις ακολούθησαν τον ίδιο ερευνητικό κύκλο 5Ε, αλλά διέφεραν στις τρεις πρώτες φάσεις του, καθώς στη δομημένη διερεύνηση οι εκπαιδευτικοί επενέβαιναν περισσότερο στη διαδικασία. Αντίθετα, στην καθοδηγούμενη διερεύνηση, στη φάση της Ενεργοποίησης, οι εκπαιδευτικοί ενθάρρυναν τους μαθητές να δημιουργήσουν τα δικά τους ερωτήματα, στη φάση της Εξερεύνησης ωθούσαν τους μαθητές να σχεδιάσουν οι ίδιοι το πείραμα, δίνοντάς τους μόνο ένα γενικό προβληματισμό και στη φάση της Επεξήγησης δε βοήθησαν τους μαθητές στην δημιουργία της παρουσίασης των αποτελεσμάτων τους, ενώ στη δομημένη διερεύνηση τους προσφέρονταν πληροφορίες μέσω του βιβλίου.

Και οι δύο μέθοδοι έδειξαν θετικά αποτελέσματα, η ανάλυση όμως έδειξε ότι, οι μαθητές της Καθοδηγούμενης Διερεύνησης παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση, τόσο στις γνώσεις του επιστημονικού περιεχομένου, όσο και στις δεξιότητες της επιστημονικής διαδικασίας. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι, επειδή οι μαθητές στην Καθοδηγούμενη διερεύνηση έπρεπε να βρουν τις δικές τους ερωτήσεις, διαδικασίες σχεδιασμού και ανάλυσης του πειράματός τους, αναγκάστηκαν να ασχοληθούν πιο βαθιά με το θέμα και αυτό τους επέτρεψε να αποδώσουν καλύτερα, τόσο στην εξέταση της γνώσης του περιεχομένου, όσο και στην αξιολόγηση δεξιοτήτων.

Η βιβλιογραφική έρευνα των Saunders-Stewart, Gyles & Shore (2012) παραθέτει 23 οφέλη της διερευνητικής μάθησης, από θεωρητικές και εμπειρικές πηγές. Ένα από τα σημαντικότερα, είναι το αίσθημα ιδιοκτησίας που έχουν οι μαθητές, ως προς το μάθημα και κατοχής, αυτού που μαθαίνουν.

Το αίσθημα αυτό μπορεί να προκύψει μέσα στην ομάδα μέσω του ελέγχου της διαχείρισης, της εκτέλεσης και της παρουσίασης των δραστηριοτήτων ή σαν ατομική ιδιοκτησία της μάθησης από έναν μαθητή, μέσα από μια ιδέα του, που προέρχεται από δικές του εμπειρίες, ή μια ερώτηση, που οδηγεί σε νέες ιδέες (Enghag & Niedderer, 2008). Η κατοχή από τους μαθητές, αυτού που μαθαίνουν, διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο εμπλέκονται στο μαθησιακό περιβάλλον (O'Neill, 2010).

Παρότι οι εκπαιδευτικοί συμφωνούν, στο ότι η Διερευνητική Μάθηση προσφέρει ποικίλα οφέλη στους μαθητές, αντιμετωπίζουν εμπόδια και διλήμματα στην υιοθέτησή της μέσα στην τάξη. Κάποια από αυτά τα εμπόδια, είναι διαχρονικά.

Στην αρχή του προηγούμενου αιώνα, ο Armstrong (1903), παρατηρώντας ότι, στην εποχή του, οι μαθητές εξαρτώνταν απόλυτα από τους δασκάλους τους και από τα βιβλία (p. 15), καλούσε τους εκπαιδευτικούς να ακολουθήσουν την «Ευρετική» μέθοδο (p. 236), με αυθεντικά προβλήματα (p. 166), έχοντας το ρόλο του «επιστάτη» στην πειραματική εργασία των μαθητών, ώστε αυτοί να αναπτύξουν συνήθειες ανεξαρτησίας, παρατήρησης και σκέψης, φαντασίας και ακρίβειας (p. 185), αντί να έχουν το ρόλο του εκπαιδευτή παπαγάλων (p. 198). Αν ο εκπαιδευτικός δεν έχει λάβει παιδαγωγική κατάρτιση, ακολουθεί, φυσικά, το παράδειγμα που πήρε από τους δασκάλους του, διδάσκοντας σε επαγγελματικές γραμμές, σαν οι μαθητές του να πρόκειται να γίνουν όλοι χημικοί ή

φυσικοί, χωρίς να αναγνωρίζει ότι η εκπαίδευση και η επαγγελματική κατάρτιση είναι δύο πολύ διαφορετικά πράγματα (p. 18). Οι εντυπωμένες συνήθειες, με τις οποίες, οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί έχουν μυηθεί στη γνώση και οι πεποιθήσεις τους για τη διδασκαλία, δεν απομακρύνονται εύκολα. Είναι δύσκολο για αυτούς να εφαρμόζουν μεθόδους, που ποτέ δεν έχουν εκπαιδευτεί για να κατανοήσουν (p. 240). Οι πραγματικοί δάσκαλοι θα προκύψουν, σημειώνει ο Armstrong (1903) στον πρόλογό του, μόνο όταν η εκπαίδευση που τους δίνεται είναι τέτοια, ώστε να αναπτύσσει τη σκέψη και κάποια κατανόηση της τέχνης της πειραματικής διερεύνησης.

Γυρνώντας στο παρόν, οι Voet & De Wever (in press), εξετάζοντας το πώς οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών, τους επηρεάζουν στην υιοθέτηση της διερευνητικής μάθησης στο μάθημα της Ιστορίας, κατέληξαν ότι μόνο μια μειοψηφία εκπαιδευτικών φαίνεται να είναι διατεθειμένη να οργανώσει εκτεταμένες διερευνητικές δραστηριότητες με επίκεντρο τον μαθητή. Στην εκτεταμένη αυτή έρευνα, 536 εκπαιδευτικών από 219 σχολεία του Βελγίου, τρεις παράγοντες φάνηκε να διαδραματίζουν βασικό ρόλο, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων των εκπαιδευτικών. Η αξία που αποδίδουν στην ιστορική συλλογιστική και την διερεύνηση, η εμπιστοσύνη που έχουν στον εαυτό τους για τη διοργάνωση διερευνητικών δραστηριοτήτων και το περιβάλλον της τάξης που μπορεί να σταθεί εμπόδιο στις δραστηριότητες αυτές.

Η έρευνα δράσης των Long & Bae (2018), που παρακολούθησε την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου στην τάξη, δύο εκπαιδευτικών στην Σιγκαπούρη, που δίδασκαν για πρώτη φορά, κατέληξε σε τρεις βασικές παραμέτρους που επηρέασαν την πρακτική της διερεύνησης. Τις απαιτήσεις της αξιολόγησης των μαθητών, την έλλειψη πόρων για εμπειρίες μάθησης εκτός σχολείου και την έλλειψη χρόνου για το σχεδιασμό και τη διδασκαλία των μαθημάτων.

Η βιβλιογραφική έρευνα των Dobber et al. (2017), μέσα από αναζήτηση 186 εμπειρικών μελετών που διερευνούσαν τις στρατηγικές των εκπαιδευτικών στην διερευνητική μάθηση και τα αποτελέσματά τους, αποκάλυψαν ποικίλες στρατηγικές διδασκαλίας, διαφορετικές σε σχέση με την κατεύθυνση (καθοδηγούμενη από τους εκπαιδευτικούς, κατευθυνόμενη από τους μαθητές και μεικτή) και διαφορετικές ως προς τις προοπτικές ρύθμισης (μεταγνωστική, εννοιολογική και κοινωνική ρύθμιση). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σημαντικές στρατηγικές των εκπαιδευτικών στον τομέα της μεταγνωστικής ρύθμισης ήταν, η εστίαση στις δεξιότητες σκέψης, η ανάπτυξη κουλτούρας διερεύνησης, η υποστήριξη της επιστημονικής συζήτησης και η προώθηση της φύσης της επιστήμης. Στον τομέα της εννοιολογικής ρύθμισης, σημαντική ήταν η παροχή πληροφοριών σχετικά με το θέμα της διερεύνησης και η εστίαση στην εννοιολογική κατανόηση. Τέλος, στον τομέα της κοινωνικής ρύθμισης, σημαντική ήταν, η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ υψηλών και χαμηλών επιδόσεων, η οργάνωση της μάθησης των μαθητών σε ομάδες και η εστίαση στις διαδικασίες συνεργασίας.

Οι εκπαιδευτικοί, μπορεί να βρουν την παροχή υποστήριξης για διερευνητικές δραστηριότητες των μαθητών, δύσκολη για διάφορους λόγους υποστηρίζει ο Anderson (2002). Απαιτείται από τον εκπαιδευτικό ένα εκλεπτυσμένο φάσμα γνώσεων σχετικά με

το περιεχόμενο της επιστήμης που συνδυάζεται ταυτόχρονα με προηγμένες παιδαγωγικές γνώσεις. Πολλές φορές έχουν προηγούμενες ρυθμίσεις, όπως τη χρήση σχολικών βιβλίων που είναι συνταγογραφικά, πεποιθήσεις που απέκτησαν ως μαθητές ή πρέπει να παρακολουθήσουν μορφές αξιολόγησης που ενδέχεται να υπαγορεύουν κάλυψη προκαθορισμένων περιοχών περιεχομένου. Οι γονείς δεν υποστηρίζουν πάντοτε, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να βιώσουν έλλειψη πόρων, ώστε τελικά να αισθάνονται πιο ασφαλείς, όπως και οι μαθητές τους, εστιάζοντας την προσοχή τους σε εγχειρίδια και απαιτήσεις αξιολόγησης.

Πρόσφατα, η Silm et al. (2017), ερεύνησαν σεμινάρια επιμόρφωσης 497 εκπαιδευτικών από 10 χώρες, ως προς την επίδρασή τους. Η έρευνά τους έδειξε, ότι ακόμη και μετά από σχετική εκπαίδευση στη Διερευνητική Μέθοδο, οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να αλλάξουν τις πεποιθήσεις τους για τη διδασκαλία, κυρίως λόγω συστημικών περιορισμών, όπως το φορτωμένο Πρόγραμμα Σπουδών που δεν αφήνει χρόνο για διερεύνηση, οι απαιτητικές εξετάσεις και ο μεγάλος αριθμός των μαθητών στα τμήματα.

Σε ανάλογες δυσκολίες, καταλήγει και η έρευνα του Τζιμογιάννη (Jimoyiannis, 2010) που μελετά το σχεδιασμό και την εφαρμογή, ενός ολοκληρωμένου πλαισίου που καθορίστηκε από το μοντέλο TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) και την αυθεντική προσέγγιση στη μάθηση, με στόχο την προετοιμασία των εκπαιδευτικών, για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Μεταξύ άλλων, η έρευνα ανέδειξε ως βασικότερες δυσκολίες των εκπαιδευτικών στην ενσωμάτωση των τεχνολογιών στην τάξη, την αναγκαιότητα κάλυψης της ύλης του Προγράμματος Σπουδών, τους περιορισμούς στις διδακτικές πρακτικές από τα σχολικά εγχειρίδια, την αναγκαιότητα προετοιμασίας των μαθητών για τις εξετάσεις, την έλλειψη χρόνου για την προετοιμασία κατάλληλων μαθησιακών δραστηριοτήτων και διδακτικών σεναρίων, το σχολικό περιβάλλον και την εγγενή σχολική αντίσταση στις αλλαγές.

Ωστόσο και οι δύο αυτές έρευνες, καταλήγουν σε θετικά αποτελέσματα σε ότι αφορά στην επίδραση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις απόψεις τους και στη στάση τους απέναντι στην διερευνητική μάθηση, στην πρώτη περίπτωση και την ενσωμάτωση της τεχνολογίας και την αυθεντική μάθηση, στη δεύτερη.

Η θετική επίδραση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στην υιοθέτηση της διερευνητικής μεθόδου μάθησης, όπως και τα οφέλη που αναφέρθηκαν στην αρχή αυτής της επισκόπησης, είναι τα κύρια σημεία σύγκλισης των ερευνητών της εκπαίδευσης. Τα σημεία στα οποία αρχίζουν να αποκλίνουν, είναι στο βαθμό ελευθερίας των μαθητών, που καθορίζει το ποσοστό υποστήριξης από τον εκπαιδευτικό, οδηγώντας σε διαφορετικά είδη διερευνητικής μάθησης (Banchi & Bell, 2008) και στα γνωστικά αποτελέσματα του περιεχομένου των μαθημάτων.

Στις Θετικές επιστήμες, ένα από τα σημαντικότερα γνωστικά αποτελέσματα, είναι η ικανότητα διαχείρισης των μεταβλητών. Οι Stender et al. (2018), επανεξετάζοντας την έρευνα του Schwichow et al. (2016), μέτρησαν τις επιστημονικές γνώσεις, τις ικανότητες επιστημονικής σκέψης (κατανόησης και εφαρμογής ελέγχου μεταβλητών) και τις γνωστικές δεξιότητες (αναλογική λογική και ικανότητα ερμηνείας). Κατέληξαν ότι, οι

γνωστικές δεξιότητες δεν επαρκούν. Οι μαθητές απαιτούν ειδικές δεξιότητες επιστημονικής συλλογιστικής για να μάθουν το περιεχόμενο της επιστήμης από δραστηριότητες διερεύνησης.

Η έρευνα των Lee et al. (2010), επισημαίνει ότι η ερευνητική προσέγγιση της μάθησης, σε σχέση με την παραδοσιακή που στηρίζεται στο βιβλίο, έχει γενικά μέτρια επίδραση στη μάθηση, όταν μετριέται με συμβατικές δοκιμασίες. Οι επιτυχείς μελέτες, χρειάζονται αξιολογήσεις που ευθυγραμμίζονται με τις οδηγίες και δίνουν μια ολιστική εκτίμηση των επιτευγμάτων των μαθητών. Η εκτεταμένη αυτή έρευνα, με 27 εκπαιδευτικούς σε 3 Γυμνάσια και 7 Λύκεια, που άλλαξαν τη άμεση διδασκαλία τους από τον πρώτο χρόνο, σε ερευνητική τον επόμενο χρόνο, έδειξε ότι τα καλά σχεδιασμένα διερευνητικά μαθήματα, ειδικά όταν υποστηρίζονται από την τεχνολογία, μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση των σύνθετων θεμάτων της επιστήμης και είναι πιο αποτελεσματικά από την τυπική διδασκαλία.

Η μελέτη αυτή, απεικονίζει επίσης την πολυπλοκότητα της επιτυχημένης διερευνητικής διδασκαλίας, καθώς εντόπισε ότι όλες οι διερευνητικές παρεμβάσεις δεν ήταν εξίσου επιτυχείς. Υπήρχε μια αλληλεπίδραση, μεταξύ του πλαισίου στο οποίο πραγματοποιήθηκαν τα μαθήματα (δηλαδή της εμπειρίας των μαθητών, της εμπειρίας των εκπαιδευτικών και των χαρακτηριστικών του σχολείου) και της διερευνητικής παρέμβασης. Περαιτέρω ανάλυση αποκάλυψε, ότι η αλληλεπίδραση αυτή δεν σχετιζόταν με το δείκτη της εμπειρίας των σπουδαστών, αλλά σχετιζόταν με τον δείκτη της εμπειρίας των εκπαιδευτικών.

Προκειμένου να δοθεί μια εικόνα του τρόπου διεξαγωγής της διερεύνησης στις τάξεις, οι Asay & Orgill (2010), έρευνσαν τα άρθρα που δημοσιεύθηκαν στο «The Science Teacher», από το 1998 έως το 2007 και τα ανέλυσαν ως προς την παρουσία των χαρακτηριστικών της διερεύνησης, όπως αυτά προσδιορίζονται από τα πρότυπα των ΗΠΑ National Research Council - NRC 2000. Σύμφωνα με τις ερευνήτριες, ελάχιστα από τα άρθρα που αναλύθηκαν αφορούσαν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά της διερεύνησης, ενώ υπήρχαν πολλά παραδείγματα μερικής διερεύνησης. Οι εκπαιδευτικοί, έδιναν πολύ μεγαλύτερη έμφαση στη συγκέντρωση και την ανάλυση των στοιχείων της διερεύνησης, υποβαθμίζοντας την δημιουργία ερευνητικών ερωτημάτων, την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, την σύνδεση με τη θεωρία και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων, ενώ οι περισσότερες δραστηριότητες βρέθηκαν να είναι καθοδηγούμενες από τους εκπαιδευτικούς και όχι από τους μαθητές. Οι ερευνήτριες καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι οι εκπαιδευτικοί βλέπουν τη διερεύνηση περισσότερο σαν μια διαδικασία, παρά σαν ένα όχημα για την εκμάθηση του περιεχομένου της επιστήμης.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Kang, Orgill & Crippen (2008), ερευνώντας τις απόψεις 45 εκπαιδευτικών στις ΗΠΑ, μέσω σεναρίων που έγραψαν, περιγράφοντας το ιδανικό για αυτούς, μάθημα διερεύνησης. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί, χρησιμοποίησαν μόνο τρία, από τα πέντε βασικά χαρακτηριστικά διερεύνησης που περιγράφονται στο NRC 2000, όταν εξέφρασαν τις ιδέες τους για τη διερεύνηση στην τάξη. Τα χαρακτηριστικά της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων και η επικοινωνία των

αποτελεσμάτων, σπάνια αναφέρθηκαν. Η Kang και οι συνεργάτες της, καταλήγουν στο ότι τα στοιχεία που λείπουν, υποδεικνύουν ένα χάσμα μεταξύ των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με την διερεύνηση και τα ιδανικά του μεταρρυθμιστικού κινήματος.

Ο Mayer (2004) σε μια επισκόπηση της έρευνας σχετικά, με την μέθοδο επίλυσης προβλημάτων που κορυφώνονται τη δεκαετία του 1960, την ανακάλυψη στρατηγικών διατήρησης που κορυφώθηκαν στη δεκαετία του 1970 και την ανακάλυψη στρατηγικών προγραμματισμού που κορυφώθηκαν στη δεκαετία του 1980, καταλήγει ότι σε κάθε περίπτωση, η άμεσα καθοδηγούμενη διερεύνηση ήταν πιο αποτελεσματική από την καθαρή (pure) διερεύνηση, στο να βοηθήσει τους μαθητές, να μάθουν και να μεταφέρουν τη γνώση σε καινούριες καταστάσεις. Η εξίσωση της εποικοδομητικής προσέγγισης με την πρακτική (hands-on) δραστηριότητα, αναφέρει χαρακτηριστικά ο Mayer, είναι ένας τύπος για εκπαιδευτική καταστροφή. Σύμφωνα με τον Εποικοδομισμό, εξηγεί, η ουσιαστική μάθηση συμβαίνει όταν ο μαθητής προσπαθεί να κατανοήσει το υλικό που παρουσιάζεται, επιλέγοντας σχετικές εισερχόμενες πληροφορίες, οργανώνοντάς το σε μια συνεκτική δομή και ενσωματώνοντάς το με άλλες οργανωμένες γνώσεις. Συνεπώς, οι μέθοδοι που ενθαρρύνουν αυτές τις διαδικασίες, όπως η καθοδηγούμενη διερεύνηση, θα είναι πιο επιτυχείς στην προώθηση της ουσιαστικής μάθησης, από τις μεθόδους διδασκαλίας που δεν το κάνουν.

Αντίθετα, οι Pizzolato et al. (2014) υποστηρίζουν την Ανοιχτή Διερεύνηση. Εξετάζουν την επίδραση ενός απαιτητικού ερευνητικού έργου, σε 30 φοιτητές στην Ιταλία, για την εφαρμογή των εννοιών φυσικής σε πραγματικές καταστάσεις. Το υπό μελέτη αντικείμενο, είχε παρουσιαστεί στους φοιτητές μέσω διαλέξεων, στα προηγούμενα παραδοσιακά μαθήματά τους. Η έρευνα έδειξε ότι, οι φοιτητές απέκτησαν σημαντικά οφέλη από τις εμπειρίες ανοιχτής διερεύνησης, όσον αφορά την ενίσχυση των πρακτικών και συλλογιστικών τους ικανοτήτων, εφαρμόζοντας καταλλήλως τις μαθησιακές έννοιες για να αντιμετωπίσουν και να λύσουν πραγματικές καταστάσεις προβλημάτων.

Η καθόλου ή ελάχιστα καθοδηγούμενη διδασκαλία, είναι λιγότερο αποδοτική και λιγότερο αποτελεσματική, από τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που δίνουν μεγάλη έμφαση στην άμεση καθοδήγηση της μαθησιακής διαδικασίας, υποστηρίζουν από την άλλη οι Kirschner, Sweller, & Clark (2006), καθώς αγνοεί, τόσο τις δομές που συνθέτουν την ανθρώπινη νοητική αρχιτεκτονική όσο και στοιχεία από εμπειρικές μελέτες που το αποδεικνύουν. Οι εκπαιδευτικοί στην ελεύθερη διερεύνηση παραμένουν στο παρασκήνιο, υποστηρίζουν, ενώ οι μαθητές συμμετέχουν σε αυτο-καθοδηγούμενες, πρακτικές δραστηριότητες αμφίβολης αξίας. Το πλεονέκτημα της καθοδήγησης αρχίζει να υποχωρεί, μόνο όταν οι μαθητές έχουν επαρκώς υψηλές προγενέστερες γνώσεις για να παρέχουν "εσωτερική" καθοδήγηση.

Οι Klahr & Nigam (2004), συγκρίνοντας την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής μάθησης σε σχέση με την άμεση διδασκαλία, σε μεσαίες τάξεις του Δημοτικού, καταλήγουν ότι, όχι μόνο πολλά περισσότερα παιδιά έμαθαν από την άμεση διδασκαλία παρά από την διερευνητική μάθηση, αλλά και ότι όταν τους ζητήθηκε να κάνουν ευρύτερες

και πλουσιότερες επιστημονικές κρίσεις, τα παιδιά που έμαθαν για τον ερευνητικό σχεδιασμό με την άμεση διδασκαλία, είχαν παρόμοια αποτελέσματα με τα παιδιά που έκαναν τον σχεδιασμό μόνο τους. Οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές, ακουμπούσαν στα δύο άκρα. Στη διερευνητική μέθοδο δινόταν μόνο το πρόβλημα από τους δασκάλους και καμία επιπλέον βοήθεια ή παρέμβαση, ενώ στην άμεση διδασκαλία, οι στόχοι, τα υλικά, τα παραδείγματα, οι εξηγήσεις και ο ρυθμός της διδασκαλίας, ελέγχονταν από τους δασκάλους.

Οι δάσκαλοι του Δημοτικού σχολείου αντιμετωπίζουν συχνά δυσκολίες όσον αφορά τον καθορισμό της καθοδήγησης που πρέπει να παρέχεται στους μαθητές τους. Οι υποστηρικτικές δομές (scaffolds), είναι πολύ σημαντικές και μπορούν να βοηθήσουν αποτελεσματικά την Ανοιχτή Διερεύνηση σε μαθητές Δημοτικού, υποστηρίζουν οι van Uum, Verhoeff & Peeters (2017). Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, που παρακολούθησε την εφαρμογή του παιδαγωγικού μοντέλου που είχαν περιγράψει οι ίδιοι (2016), σε τέσσερις δασκάλες έκτης Δημοτικού από τρία σχολεία, δείχνουν ότι μετά την εισαγωγή των σκληρών υποστηρικτικών δομών (hard scaffolds) και των μαλακών υποστηρικτικών δομών (soft scaffolds) από τη δασκάλα, οι μαθητές ήταν ικανοί και πρόθυμοι να τις εφαρμόσουν στις έρευνες τους. Ο συνδυασμός σκληρών υποστηρικτικών δομών, δηλαδή υποστήριξης που μπορεί να προβλεφθεί και να σχεδιαστεί εκ των προτέρων, με πρόσθετες μαλακές υποστηρικτικές δομές, δηλαδή υποστήριξη που παρέχεται από τη δασκάλα συνεχώς βάσει των απαντήσεων των μαθητών, προήγαγε την επιστημονική κατανόηση των μαθητών και συνέβαλε στην κοινή καθοδήγηση της διαδικασίας διερεύνησης από τις δασκάλες και τους μαθητές τους.

Στη Διερευνητική μάθηση, ειδικά όταν υποστηρίζεται από τις ΤΠΕ, οι εκπαιδευτικοί αρχικά διστάζουν να αφήσουν ένα μέρος του ελέγχου που νιώθουν ότι έχουν πάνω στους μαθητές και οι μαθητές αισθάνονταν ανασφαλείς, υιοθετώντας κάποια ευθύνη για τη δική τους μάθηση, υποστηρίζουν οι Williams & Otrell-Cass (2017), ερευνώντας 6 εκπαιδευτικούς των Φυσικών επιστημών και τους δεκατριάχρονους μαθητές τους σε τρία σχολεία της Νέας Ζηλανδίας. Με την πάροδο όμως του χρόνου, αναπτύσσεται μια αίσθηση εμπιστοσύνης και ευκολίας και έτσι, η ισορροπία «ελέγχου της μάθησης» μετατοπίζεται από αυτό που παραδοσιακά ήταν αποδεκτό, αλλά όχι χωρίς τροποποιήσεις και επιφυλάξεις. Δεν υπάρχει σαφής δρόμος που πρέπει να ακολουθηθεί για τη μετάβαση προς την διερεύνηση που υποστηρίζεται από τις ΤΠΕ στα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καταλήγουν. Η εμπειρία του εκπαιδευτικού, τα κεφάλαια της γνώσης που φέρνουν οι μαθητές στην τάξη, το επίπεδο τεχνολογικής διαθεσιμότητας στο σχολείο και η ικανότητα των μαθητών είναι όλες οι μεταβλητές που καθορίζουν τη φύση της εμπειρίας.

Οι Saunders-Stewart, Gyles, Shore & Bracewell (2015), βασιζόμενοι στα 23 πιθανά αποτελέσματα της έρευνας των Saunders-Stewart, Gyles, & Shore (2012), ερεύνησαν ποια οφέλη της διερευνητικής μάθησης αναφέρουν ότι βίωσαν οι Καναδοί μαθητές, ηλικιών από 14 έως 18 ετών, 6 εκπαιδευτικών και τα συνέκριναν με τη μορφή διερεύνησης. Κατέληξαν ότι το επίπεδο της διερεύνησης, σχετίζεται σημαντικά με τα αναφερόμενα από τους μαθητές, αποτελέσματα. Οι ομάδες που ακολούθησαν το μεγαλύτερο επίπεδο διερεύνησης, απάντησαν ότι είχαν καλύτερα αποτελέσματα ως προς τη γνώση του

περιεχομένου και τις δεξιότητες της διαδικασίας μάθησης, περισσότερα κίνητρα, ευχαρίστηση και δημιουργικότητα, περισσότερη αυτονομία και αίσθημα ευθύνης. Αντίθετα, οι μαθητές που ακολούθησαν τη λιγότερο διερευνητική προσέγγιση, έδωσαν μεγαλύτερη βαρύτητα στην απομνημόνευση των πληροφοριών. Διαφορετική φιλοσοφία παρατηρήθηκε και στους εκπαιδευτικούς, ανάλογα με το επίπεδο διερεύνησης. Οι εκπαιδευτικοί που έκαναν παραδοσιακό μάθημα, περιέγραψαν τους ρόλους τους στην τάξη ως «υπεύθυνοι για τη διδασκαλία του υλικού που απαιτείται» και «είμαι εδώ για να τους διδάξω το μάθημα», ενώ οι εκπαιδευτικοί των πιο διερευνητικών ομάδων, θεώρησαν ότι είχαν το ρόλο του οδηγού και διευκολυντή στην πορεία της μάθησης.

Παρότι, η έρευνα των Cairns & Areepattamannil (2017), που χρησιμοποίησαν τα δεδομένα PISA (Programme for International Student Assessment) 2006, από 54 χώρες, εντόπισε μια σημαντική σχέση μεταξύ της διερευνητικής μάθησης και της θετικής στάσης των μαθητών προς την επιστήμη, αποκάλυψε ταυτόχρονα, ότι σχετίζεται αρνητικά με την επιστημονική παιδεία των μαθητών.

Τα ίδια δεδομένα, όταν αναλύθηκαν από τους Kang & Keinonen (2018), έδειξαν ότι η χρήση θεμάτων σχετικών με τα ενδιαφέροντα των μαθητών, επηρέασε θετικά το ενδιαφέρον και τα επιτεύγματά τους στις Φυσικές Επιστήμες. Η ανάλυση αυτή έδειξε επίσης ότι η Καθοδηγούμενη Διερεύνηση ήταν ένας ισχυρός θετικός προγνωστικός παράγοντας για την επίτευξη των γνώσεων των μαθητών και η επίδρασή της ήταν επίσης θετικά συνδεδεμένη με το ενδιαφέρον των μαθητών. Από την άλλη πλευρά, η Ανοιχτή Διερεύνηση ήταν ισχυρός αρνητικός προγνωστικός παράγοντας για την επίτευξη των μαθητών.

Αντίστοιχα και για το ίδιο δείγμα, αλλά συγκεκριμένα για τον Καναδά και την Αυστραλία, η δευτερογενής ανάλυση των Woods-McConney, Bruner & Ross (2014), υποστηρίζει ότι η μάθηση που βασίζεται στην διερεύνηση, στο σχολείο, δεν αντανακλά σε διαφορετικά γνωσιακά αποτελέσματα των μαθητών. Η ανάλυση αυτή, αφού επισημαίνει ότι βασικά χαρακτηριστικά της διερευνητικής μάθησης απουσιάζουν από την πρακτική των σχολείων, καταλήγει, ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν θετικά στα γνωστικά αποτελέσματα των μαθητών, είναι η κοινωνικοοικονομική κατάσταση των μαθητών και η ενασχόλησή τους εκτός σχολείου με τις επιστήμες.

Αντίθετα, η μετα-ανάλυση των Furtak et al. (2012), 36 ερευνών, των ετών 1996 – 2006, δείχνει ότι η διερεύνηση που καθοδηγείται από τους εκπαιδευτικούς είναι πιο αποτελεσματική στην υποστήριξη της μάθησης και από την ανοιχτή διερεύνηση και από τα παραδοσιακά μαθήματα. Σύμφωνα με τη Furtak και τους συνεργάτες της, ορισμένες διαφορές απόψεων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας που βασίζεται στην διερεύνηση, προέρχονται από την ανεπαρκή προσοχή στην λειτουργικότητα της διδασκαλίας που βασίζεται στην διερεύνηση και των συστατικών της στοιχείων. Αυτό έχει οδηγήσει σε συγκάλυψη σημαντικών διαφορών στην αποτελεσματικότητα των επιμέρους στοιχείων της διδασκαλίας που βασίζεται στην διερεύνηση.

Αυτά τα ευρήματα, φαίνονται συνεπή, ως προς την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής μεθόδου μάθησης, με αυτά που αναφέρθηκαν από την έρευνα σύνθεσης των ετών 1984 –

2002, των Minner, Levy & Century (2010), η οποία κατέληγε ότι στις 138 εργασίες που εξετάστηκαν, υπήρξε μια σαφής θετική τάση που ευνοούσε τις εκπαιδευτικές διερευνητικές πρακτικές και την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα δεδομένα. Αν και το συμπέρασμα αυτό δεν ήταν καθολικό, οι στρατηγικές διδασκαλίας, που ενέπλεκαν ενεργά τους μαθητές στη διαδικασία μάθησης μέσω επιστημονικών ερευνών, ήταν πιο πιθανό να αυξήσουν την εννοιολογική κατανόηση από ότι οι στρατηγικές που βασίζονταν σε πιο παθητικές τεχνικές.

Η πρόσφατη μετα-ανάλυση, των Lazonder & Harmsen (2016), συνθέτει τα αποτελέσματα 72 εμπειρικών μελετών, για τη σύγκριση της αποτελεσματικότητας των διαφορετικών τύπων καθοδήγησης για διαφορετικές ηλικίες μαθητών. Σύμφωνα με τα ευρήματά τους, η Καθοδηγούμενη Διερεύνηση οδήγησε τους μαθητές σε μια πιο ικανή χρήση των δεξιοτήτων διερεύνησης από ότι η μη καθοδηγούμενη, καθώς και μεγαλύτερη επιτυχία στις δημιουργίες τους. Η διακύμανση της συνολικής επίδρασης της καθοδήγησης, θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιθανές διαφορικές επιδράσεις λόγω της ηλικίας των μαθητών. Η λιγότερη καθοδήγηση φάνηκε να είναι πιο αποδοτική για τους εφήβους, ενώ οι υποστηρικτικές δομές ήταν πιο αποδοτικές για τα παιδιά, αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Ο τύπος της καθοδήγησης δεν φάνηκε να έχει επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα, καθώς όλοι οι τύποι καθοδήγησης, ήταν εξίσου αποτελεσματικοί στην προώθηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, ανεξαρτήτως ηλικίας.

Η σχέση ωστόσο, της εφαρμογής της διερεύνησης στη μάθηση και των επιτευγμάτων των μαθητών, φαίνεται να μην είναι γραμμική, υποστηρίζουν οι Caro, Lenkeit & Kyriakides (2016), αναλύοντας τα αποτελέσματα του PISA 2012, ως προς τις επιδράσεις, των εκπαιδευτικών στρατηγικών, στις επιδόσεις των μαθητών και την επίδραση του κοινωνικοοικονομικού πλαισίου. Η σχέση μεταξύ στρατηγικών γνωστικής ενεργοποίησης και επίτευξης στα Μαθηματικά, βρέθηκε να ακολουθεί ένα ανεστραμμένο σχήμα U αντί για γραμμική αύξηση. Οι μαθηματικές επιδόσεις τείνουν να βελτιώνονται για υψηλότερα επίπεδα γνωστικής ενεργοποίησης αλλά με μειωμένο ρυθμό, ή ακόμη και με αρνητικές συσχετίσεις, για πολύ υψηλές συχνότητες δραστηριοτήτων γνωστικής ενεργοποίησης. Με άλλα λόγια, για τους μαθητές που αναφέρουν τη συχνότερη χρήση των διερευνητικών δραστηριοτήτων, ο αρχικά θετικός συνδυασμός αυτής της στρατηγικής, σταματά ή ακόμη και συνδέεται αρνητικά με την απόδοση για πολύ μεγάλη συχνότητα.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και η έρευνα των Teig, Scherer & Nilsen (2018), αναλύοντας τα αποτελέσματα του TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) 2015 της Νορβηγίας, για τις Φυσικές επιστήμες. Η έρευνα της Teig και των συνεργατών της έδειξε ότι, η διερευνητική μάθηση συσχετίστηκε θετικά με την επίτευξη των διερευνητικών στόχων, αλλά η υψηλή συχνότητα των δραστηριοτήτων διερεύνησης, σχετίζεται αρνητικά με την επίτευξη. Επιπλέον, διαπίστωσαν ότι η κοινωνικοοικονομική κατάσταση των φοιτητών δεν επηρέασε τη δύναμη της σχέσης μεταξύ έρευνας και επίτευξης. Στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της έρευνας, επισημαίνεται ότι, η υπερβολική έμφαση στις δραστηριότητες διερεύνησης, μπορεί να μειώσει το χρόνο που αφιερώνεται σε άλλες απαραίτητες πρακτικές διδασκαλίας και μάθησης.

Αυτά τα ευρήματα, αμφισβητούν την υπόθεση της γραμμικότητας στη σχέση διερεύνησης και επιτευγμάτων των μαθητών και συμβάλλουν στην εξήγηση αρκετών συγκρουόμενων στοιχείων σε προηγούμενες έρευνες, καθώς και στην προώθηση της αποτελεσματικότητας της διερευνητικής διδασκαλίας, χωρίς να αποκλείονται άλλες μέθοδοι και πρακτικές μάθησης. Αυτό υποστηρίζεται και από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission, 2007, p.3), σημειώνοντας ότι επαγωγικές διερευνητικές προσεγγίσεις (inductive) και οι παραδοσιακές απαγωγικές προσεγγίσεις (deductive), δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες και θα πρέπει να συνδυαστούν σε οποιαδήποτε τάξη των Φυσικών Επιστημών, ώστε να φιλοξενήσουν διαφορετικές νοοτροπίες και προτιμήσεις ηλικιακών ομάδων και προσωπικοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1 Στόχοι της Έρευνας

Η ανομοιογένεια μέσα σε μία τάξη, είναι τόση, όσα είναι τα επαγγέλματα που υπάρχουν, μαζί με όσα πρόκειται να δημιουργηθούν στο μέλλον. Είναι αυτονόητο ότι δεν ενδιαφέρονται όλοι οι μαθητές για τις Φυσικές επιστήμες. Αυτό όμως, δεν συνεπάγεται ότι δεν χρειάζονται τον τρόπο σκέψης, που τους προσφέρει η τριβή με αυτές τις επιστήμες. Είναι σημαντικό, να σχεδιαστούν μαθήματα τα οποία προσελκύουν το ενδιαφέρον και την ενεργοποίηση των μαθητών.

Η «διερεύνηση ως μέσο» (inquiry as means), δηλαδή η διερεύνηση ως εκπαιδευτική προσέγγιση που στοχεύει να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν κατανόηση του περιεχομένου της επιστήμης και η «διερεύνηση ως σκοπός» (inquiry as ends), δηλαδή το να μάθουν οι μαθητές να διεξάγουν διερεύνηση στο πλαίσιο του περιεχομένου της επιστήμης και να αναπτύσσουν επιστημολογικές αντιλήψεις σχετικά με τη φύση της επιστήμης και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Abd-El-Khalick et al., 2004), αποτελούν σημαντικά εφόδια που δεν περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο μάθημα, αλλά ακολουθούν τους μαθητές στη ζωή τους.

Η αλλαγή της φιλοσοφίας του μαθήματος, για να φτάσει στους μαθητές, πρέπει να φιλτραριστεί πρώτα από τους εκπαιδευτικούς. Όπως η επιστημονική γνώση των Πανεπιστημίων, αναπλαισιώνεται στη σχολική της εκδοχή, έτσι και η έρευνα των Ιδρυμάτων και των Πανεπιστημίων πρέπει να αναπλαισιωθεί κατάλληλα, ώστε να γίνει Διερευνητική Μάθηση.

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας αναδεικνύει ποικίλα οφέλη της Διερευνητικής Μάθησης για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Αυτά όμως είναι εν δυνάμει οφέλη. Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή της μεθόδου, είναι καθοριστικά για το αποτέλεσμα. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι επιφυλακτικοί, όταν χαρακτηρίζουν το μάθημα διερευνητικό και προσεκτικοί στην εφαρμογή του.

Η πρόκληση της διερεύνησης, πρέπει να βρίσκεται μέσα στη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης (Gillen, 2000). Αν ο μαθητής γνωρίζει το υπό διερεύνηση θέμα, τότε απλά δεν θα ενδιαφερθεί. Αν έχει βασικές ελλείψεις ώστε να το προσεγγίσει, τα αποτελέσματα της διερεύνησης δεν μπορεί να είναι θετικά. Η τομή αυτών, είναι το ζητούμενο του σχεδιασμού.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να σχεδιαστούν και να εξεταστούν στην πράξη, μαθήματα της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου, σύμφωνα με την Καθοδηγούμενη Διερεύνηση. Η ύλη στην οποία αναφέρονταν τα μαθήματα, δεν ήταν επιλεγμένη, αλλά ακολούθησε τυχαία, τη ροή των μαθημάτων. Επίσης, καμία ειδική ρύθμιση δεν έγινε στις διδακτικές

ώρες και τα διερευνητικά μαθήματα έπρεπε να ολοκληρωθούν σε μία διδακτική ώρα το κάθε ένα, σύμφωνα με τη ροή του έως τότε ωρολογίου προγράμματος.

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν δηλαδή, να ερευνηθεί αν η διερευνητική μάθηση, ως μέσο και ως σκοπός, είναι μία μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί στο επίπεδο της Β΄ Γυμνασίου και να ενσωματωθεί στη φυσιολογική ροή του Προγράμματος Σπουδών και όχι να εφαρμοστεί σαν κάτι πρόσθετο ή ειδικό.

Σε δεύτερο επίπεδο, στόχος ήταν να αναδειχθούν πιθανά οφέλη που προκύπτουν στην πειραματική ομάδα από τη διερευνητική μάθηση ως προς τη διεξαγωγή της διερεύνησης και να συγκριθούν τα γνωστικά τους αποτελέσματα με την ομάδα ελέγχου.

Τέλος, η έρευνα στόχευε στο να αναδειχθούν οι απόψεις των μαθητών για την διερευνητική μάθηση όπως τη βίωσαν, οι δυσκολίες και οι εκτιμήσεις τους για κάθε φάση της διερεύνησης.

4.2 Ερευνητικά Ερωτήματα

Στις έρευνες που παρουσιάστηκαν στη Βιβλιογραφία, δεν είναι πάντα σαφής ο ερευνητικός κύκλος και οι φάσεις που ακολουθεί, γεγονός το οποίο μπορεί να συνδράμει στην ομίχλη που σκεπάζει τις διερευνητικές πρακτικές (Lazonder & Harmsen, 2016), που καθορίζουν τα αποτελέσματα των ερευνών.

Ταυτόχρονα, υπάρχουν έρευνες που υποστηρίζουν ότι συνήθως χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς συγκεκριμένες φάσεις της διερευνητικής μάθησης, ενώ οι υπόλοιπες ή είναι απύσες, ή υποβαθμίζονται (Asay & Orgill, 2010 · Kang, Orgill & Crippen, 2008).

Σε αυτή την εργασία επιχειρήθηκε να σχεδιαστούν μαθήματα, με δραστηριότητες που ξεκάθαρα αντιστοιχούσαν σε κάθε φάση του διερευνητικού κύκλου, ώστε να γίνουν εμφανείς οι δυσκολίες και τα αποτελέσματα της κάθε φάσης.

Στην Βιβλιογραφία υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις, όσων αφορά την απόκτηση γνώσης του περιεχομένου των μαθημάτων (Klahr & Nigam, 2004 · Stender et al., 2018 - Pizzolato et al., 2014 · van Uum, Verhoeff & Peeters, 2017) και όσων αφορά το σε ποια ηλικία είναι οι μαθητές αρκετά ώριμοι ώστε να διαχειριστούν τη μάθησή τους (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Επίσης, ενώ υπάρχουν αρκετές έρευνες που ζητάνε από τους μαθητές να καταγράψουν τις διερευνητικές εμπειρίες που βίωσαν στα μαθήματά τους (Caro, Lenkeit & Kyriakides, 2016 · Saunders-Stewart et al., 2015), δεν υπάρχουν αντίστοιχα αρκετές έρευνες για τις απόψεις των μαθητών ως προς τις φάσεις της διερεύνησης και ως προς τα οφέλη που θεωρούν ότι αποκόμισαν.

Τα ερευνητικά ερωτήματα, στα οποία επιχείρησε να απαντήσει αυτή η έρευνα, συνοψίζονται στα εξής:

1. Σε ποιο βαθμό, οι μαθητές, σε ομάδες, μπορούν να συμμετέχουν ενεργά σε δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης σχετικά με την έννοια της πίεσης, την

- υδροστατική και την ατμοσφαιρική πίεση; Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν και ποιες πρακτικές ρύθμισης υιοθετούν;
2. Ποιες είναι οι απόψεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για την διερευνητική μέθοδο που ακολούθησαν; Πώς αποτιμούν τις φάσεις της μεθόδου και ποιες δυσκολίες αντιμετώπισαν σε κάθε φάση;
 3. Ποια είναι τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν στην συγκεκριμένη παρέμβαση διερευνητικής μάθησης; Υπάρχουν μαθησιακές διαφορές μεταξύ των μαθητών της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου;

4.3 Πλαίσιο της Έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη στο Γυμνάσιο Βραχατίου, του νομού Κορινθίας, κατά το σχολικό έτος 2017 – 2018. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, το Γυμνάσιο αριθμούσε εκατόν σαράντα δύο μαθητές, χωρισμένους σε έξι τμήματα, δύο ανά τάξη.

Ως προς την υλικοτεχνική υποδομή, υπήρχαν τέσσερις διαδραστικοί πίνακες, δύο σε αντίστοιχα τμήματα και από ένας στα εργαστήρια πληροφορικής και φυσικών επιστημών, οι οποίοι χρησιμοποιούνταν για την προβολή βίντεο.

Επίσης υπήρχε ασύρματο και ενσύρματο internet και δύο laptop τα οποία συνόδευαν τους διαδραστικούς πίνακες των τάξεων. Για την έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν πέντε laptop, εκ των οποίων τα δύο ήταν του σχολείου και τα τρία της εκπαιδευτικού.

Στην έρευνα συμμετείχαν τα δύο τμήματα της Β΄ Γυμνασίου, το ένα τμήμα στο οποίο εφαρμόστηκε η Διερευνητική Μάθηση, που στο εξής θα αναφέρεται ως «πειραματική ομάδα» και το άλλο στο οποίο εφαρμόστηκε η Παραδοσιακή Διδασκαλία, που θα αναφέρεται ως «ομάδα ελέγχου».

Η έρευνα έγινε στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου και ακολούθησε τη ροή των μαθημάτων του 4ου κεφαλαίου «Πίεση», όπως αυτή είχε καθοριστεί από το τρέχων Πρόγραμμα Σπουδών 2017 – 2018.

Το κεφάλαιο της πίεσης έπεται του κεφαλαίου της δύναμης, ενώ οι έννοιες του εμβαδού, της πυκνότητας και της επιτάχυνσης της βαρύτητας, είχαν μελετηθεί στην Α΄ Γυμνασίου.

Το μάθημα της Φυσικής στη Β΄ Γυμνασίου, κατά τη διάρκεια της έρευνας, γινόταν σε δύο διδακτικές ώρες την εβδομάδα, οι οποίες διαρκούν σαράντα πέντε λεπτά, κάθε Δευτέρα, τη δεύτερη σχολική ώρα, και κάθε Πέμπτη την έκτη σχολική ώρα. Η εκπαιδευτικός που διεξήγαγε την έρευνα και είναι η συγγραφέας αυτής της εργασίας, διδάσκει το μάθημα της Φυσικής σε όλα τα τμήματα του σχολείου και σχεδίασε τα μαθήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.

Ο συνολικός χρόνος συλλογής των δεδομένων της έρευνας πραγματοποιήθηκε από το Φεβρουάριο, έως το Μάρτιο του 2018. Στον χρόνο αυτό συνυπολογίζονται:

- τα μαθήματα, οκτώ διδακτικών ωρών

- μία διδακτική ώρα, στην πειραματική ομάδα, για γνωριμία με τη φιλοσοφία της διερευνητικής μάθησης
- μία διδακτική ώρα στο μάθημα της Πληροφορικής για απόδοση κωδικών και γνωριμία με την Ασύγχρονη Συζήτηση
- δύο διδακτικές ώρες, στα δύο τμήματα, για γραπτό έλεγχο των αρχικών εκτιμήσεων και των τελικών απόψεων των μαθητών
- μία διδακτική ώρα, στην οποία οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, αποτίμησαν γραπτά την Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης

4.4 Το Δείγμα της Έρευνας

Το πρώτο τμήμα της Β΄ Γυμνασίου, το οποίο επιλέχθηκε ως πειραματική ομάδα, αριθμούσε 25 μαθητές, ενώ το δεύτερο τμήμα που λειτούργησε ως ομάδα ελέγχου, αριθμούσε 24 μαθητές. Η επιλογή της πειραματικής ομάδας έγινε ουσιαστικά τυχαία, λόγω του πλήθους των μαθητών (25) και των διαθέσιμων laptop (5).

Τα τμήματα, όπως φαίνεται και από την ανάλυση του αρχικού ελέγχου γνώσεων στο επόμενο κεφάλαιο, ήταν περίπου ισοδύναμα. Ένας μαθητής της πειραματικής ομάδας, είχε διαγνωστεί με δυσλεξία.

Κανένας μαθητής δεν γνώριζε την ύπαρξη της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης. Η πρακτική, στην οποία είχαν συνηθίσει, ήταν η διδασκαλία με παράδοση του μαθήματος που ακολουθείται από εξέταση της παραδοτέας ύλης και η προβολή επιλεγμένων βίντεο μέσω του διαδραστικού πίνακα.

Η προηγούμενη εμπειρία των μαθητών, σε ότι αφορά στο μάθημα της Φυσικής, σταματούσε στη διεξαγωγή πειραμάτων, με απόλυτη καθοδήγηση, προς επιβεβαίωση γνωστών τύπων και στην επίδειξη εικονικών πειραμάτων από την εκπαιδευτικό.

4.5 Σχεδιασμός της Έρευνας

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, διεξήχθη μία ποιοτική έρευνα και συγκεκριμένα μία μελέτη περίπτωσης.

Μια μελέτη περίπτωσης, σύμφωνα με τους Cohen, Manion & Morrison (2007, p.253), είναι μια συγκεκριμένη περίπτωση που συχνά σχεδιάζεται για να επεξηγήσει μια γενικότερη αρχή, είναι ουσιαστικά, η «μελέτη μιας υπόθεσης σε δράση».

Αναφέρεται σε ένα οριοθετημένο σύστημα, για παράδειγμα ένα παιδί, μιας ομάδα, μια τάξη, ένα σχολείο ή μια κοινότητα, παρέχοντας ένα μοναδικό παράδειγμα πραγματικών ανθρώπων σε πραγματικές καταστάσεις, επιτρέποντας στους αναγνώστες να κατανοούν τις ιδέες με μεγαλύτερη σαφήνεια.

Η συγκεκριμένη έρευνα πληρούσε τα χαρακτηριστικά της μελέτης περίπτωσης, όπως αυτά προσδιορίζονται από τους Cohen, Manion & Morrison (2007, p.254) καθώς έγινε μέσα σε ένα περιορισμένο πλαίσιο:

- ήταν χρονικά περιορισμένη
- ορίστηκε από τα χαρακτηριστικά της ομάδας
- ορίστηκε από συγκεκριμένες λειτουργίες
- είχε μικρό αριθμό συμμετεχόντων

Η έρευνα επιχείρησε να απεικονίσει το «πώς είναι» να βρίσκεσαι σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, πλησιάζοντας την πραγματικότητα μέσω της περιγραφής των εμπειριών των συμμετεχόντων, των σκέψεων και των συναισθημάτων τους για μια κατάσταση.

Για τις ανάγκες της έρευνας, οι μαθητές των δύο τάξεων της Β΄ Γυμνασίου χωρίστηκαν, με το ένα τμήμα να αντιστοιχεί στην πειραματική ομάδα, και το άλλο τμήμα να αντιστοιχεί στην ομάδα ελέγχου.

Η διαφοροποίηση των δύο ομάδων ήταν στις μεθόδους μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν. Η πειραματική ομάδα, ακολούθησε την διερευνητική εκπαιδευτική παρέμβαση με δραστηριότητες που έκαναν οι ίδιοι οι μαθητές σύμφωνα με τον διερευνητικό κύκλο και η ομάδα ελέγχου ακολούθησε την πιο παραδοσιακή διδασκαλία που στηριζόταν στο βιβλίο και πειράματα επίδειξης.

Η πειραματική ομάδα παρακολούθηθηκε ως προς την εκπλήρωση των διερευνητικών στόχων, ενώ η ομάδα ελέγχου χρησιμοποιήθηκε για τη γνωστική σύγκριση των ομάδων.

4.6 Πηγές Ερευνητικών Δεδομένων – Εργαλεία

Τα ερευνητικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα συλλέχθηκαν από πέντε διαφορετικές πηγές.

α) Τα ατομικά φύλλα εργασίας που παραδίδονταν στο τέλος κάθε μαθήματος και τα ομαδικά φύλλα εργασίας που παραδίδονταν πριν το κάθε επόμενο μάθημα,

β) τη βιντεοσκόπηση των μαθημάτων,

γ) τις απόψεις των μαθητών στη φάση της Εμβάθυνσης που καταγράφηκαν στο Moodle,

δ) την αποτίμηση που έκαναν οι μαθητές στο τέλος των μαθημάτων συνολικά για τη μέθοδο και

ε) το διαγνωστικό και τελικό έλεγχο γνώσεων.

Στη συνέχεια δίνεται μια συνοπτική περιγραφή των πηγών συλλογής των ερευνητικών δεδομένων.

4.6.1 Φύλλα εργασίας

Για κάθε μάθημα της πειραματικής ομάδας, είχε σχεδιαστεί από ένα φύλλο εργασίας, που δινόταν σε κάθε μαθητή, το οποίο έδινε την κατευθυντήριο γραμμή και την απαραίτητη υποστηρικτική δομή του μαθήματος και το οποίο έπρεπε κάθε μαθητής να παραδώσει στο τέλος του μαθήματος.

Επίσης σε κάθε ομάδα δινόταν από ένα ομαδικό φύλλο σε κάθε μάθημα ώστε να καταγράφονται οι τελικές απόψεις της ομάδας τις οποίες συμπλήρωνε ο μαθητής που αποφάσιζε κάθε φορά η ομάδα ότι θα έχει το ρόλο αρχηγού. Αυτός ο μαθητής έπαιρνε το φύλλο εργασίας μαζί του για να καταγράψει τις απαντήσεις στην φάση της Εμβάθυνσης που γινόταν στην Ασύγχρονη Συζήτηση. Το φύλλο αυτό έπρεπε να παραδοθεί πριν από κάθε καινούριο μάθημα.

Τα φύλλα ήταν δομημένα με τις έξι φάσεις της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης και είχαν σχεδιαστεί έτσι ώστε, να έχουν αρκετό χώρο για να γράφουν οι μαθητές τις σκέψεις, τις υποθέσεις και τις απόψεις τους, να έχουν αρκετές εικόνες που αιχμαλωτίζουν την προσοχή των μαθητών, αλλά πολύ λίγες οδηγίες και παντελή έλλειψη θεωρίας.

Το ζητούμενο ήταν, τη θεωρία να την φτιάξουν οι μαθητές μόνοι τους, μέσα στις ομάδες τους, στηριζόμενοι στα συμπεράσματα από τα πειράματα που σχεδίαζαν και εκτελούσαν. Ο βαθμός δυσκολίας επιχειρήθηκε να είναι τέτοιος ώστε να μην είναι απλοϊκά, τόσο όσο να αδιαφορήσουν οι μαθητές, αλλά να μην είναι και υπερβολικά δύσκολα, ώστε να απογοητεύονται και να παραιτούνται. Η κατάλληλη δόση δυσκολίας, αποτέλεσε τη μεγάλη πρόκληση στον σχεδιασμό των φύλλων εργασίας.

Τα ατομικά φύλλα εργασίας ελέγχθηκαν ως προς το ποσοστό ολοκλήρωσης, ανιχνεύθηκαν οι αρχικές ιδέες των μαθητών, προσδιορίστηκαν τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα και οι ανακατασκευές των απόψεών τους.

Επίσης έγινε σύγκριση των ατομικών φύλλων της ίδιας ομάδας, ώστε να φανεί, αν οι μαθητές κατέγραφαν προσωπικές απόψεις ή έπρεπε να καταλήγουν πρώτα σε συμφωνία με τους συμμαθητές τους στην ομάδα για να γράφουν την ίδια άποψη.

Τέλος, έγινε σύγκριση των φύλλων εργασίας στην πορεία των μαθημάτων, ως προς την επιστημονική σκέψη και γραφή.

Τα ομαδικά φύλλα εργασίας, δίνονται στα Παραρτήματα I, II και III στο τέλος της εργασίας και ήταν ίδια με τα ομαδικά, χωρίς τη φάση της Εμβάθυνσης.

4.6.2 Βιντεοσκόπηση

Η κάθε ομάδα είχε ένα laptop, το οποίο κατέγραφε ήχο και εικόνα. Η μέθοδος αυτή, της καταγραφής της κάθε ομάδας χωριστά σε video, αποδείχθηκε πολύ επιτυχής στη συλλογή δεδομένων, καθώς έδινε όλες τις λεπτομέρειες της αλληλεπίδρασης των μαθητών. Κατεγράφησαν σαράντα video συνολικά, τα οποία αντιστοιχούσαν σε είκοσι επτά περίπου ώρες.

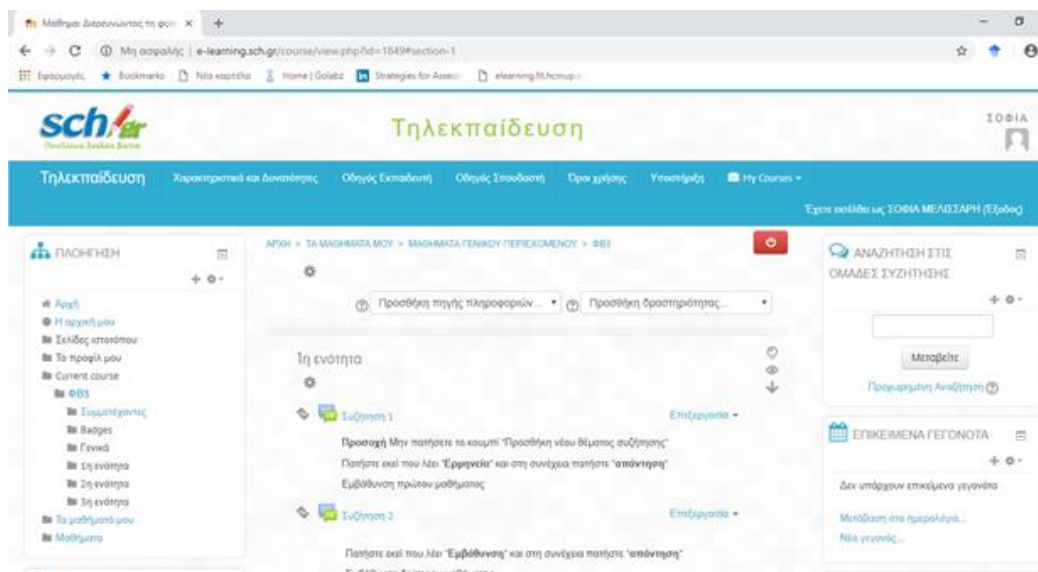
Έγινε απομαγνητοσκοπήση των video, και στη συνέχεια ανάλυση ως προς τη συνεργασία μέσα στην ομάδα, την πορεία της ερευνητικής διαδικασίας, τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, την κοινωνική αλληλεπίδραση, την παρέμβαση της εκπαιδευτικού, την κατανομή του χρόνου και την επίτευξη ή μη καταληκτικών συμπερασμάτων.

Στην αρχή, η διαδικασία της προετοιμασίας των laptop ήταν δύσκολη και χρονοβόρα για την εκπαιδευτικό, από το τρίτο μάθημα όμως και μετά, οι μαθητές τα προετοιμάζαν μόνοι τους στο διάλειμμα, με δική τους πρωτοβουλία. Επίσης στην αρχή κάποιοι μαθητές ένοιωθαν άβολα με την μαγνητοσκοπήση, αλλά πολύ γρήγορα, το θεώρησαν σαν ένα στοιχείο του μαθήματος και δεν του έδιναν σημασία. Ωστόσο, θα ήταν καλύτερα, η εικόνα της κάμερας να είναι ελαχιστοποιημένη, ώστε να μην τους αποσπάται η προσοχή.

Τα video αποτέλεσαν τη σημαντικότερη πηγή δεδομένων, καθώς παρείχαν μια ολοκληρωμένη εικόνα της διαδικασίας, των ιδεών των μαθητών και της αλληλεπίδρασής τους. Σε πολλές περιπτώσεις, ειδικά στα αρχικά μαθήματα, στα φύλλα εργασίας τα λάθη ήταν διορθωμένα, συνεπώς τα video έδιναν μια πολύ πιο σαφή εικόνα για την πορεία της μάθησης.

4.6.3 Ασύγχρονη Συζήτηση

Μέσω της πλατφόρμας Moodle, που προσφέρεται από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο και βρίσκεται στη διεύθυνση <http://e-learning.sch.gr>, δημιουργήθηκε από την εκπαιδευτικό ένα ηλεκτρονικό μάθημα που ονομάστηκε «Διερευνώντας τη φύση». Οι συζητήσεις που δημιουργήθηκαν ήταν οκτώ, όσες και τα μαθήματα και δημιουργήθηκαν με τη δραστηριότητα «Προσθήκη Συζήτησης» του Moodle, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1 Δημιουργία της Ασύγχρονης Συζήτησης στην πλατφόρμα Moodle

Οι μαθητές χωρίστηκαν στις ίδιες πέντε ομάδες που είχαν ήδη δημιουργηθεί στο σχολείο. Η ομαδοποίηση έγινε αξιοποιώντας τη δυνατότητα της ηλεκτρονικής πλατφόρμας δημιουργίας ομάδων από τους εγγεγραμμένους χρήστες του μαθήματος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2, ο κάθε μαθητής μπορούσε να συνομιλήσει μόνο με τους συμμαθητές του από την ομάδα.

Συζήτηση 3

Πατήστε εκεί που λέει 'Εμβάθυνση' και στη συνέχεια πατήστε 'απάντηση'

Εμβάθυνση τρίτου μαθήματος

Εξχωριστές ομάδες

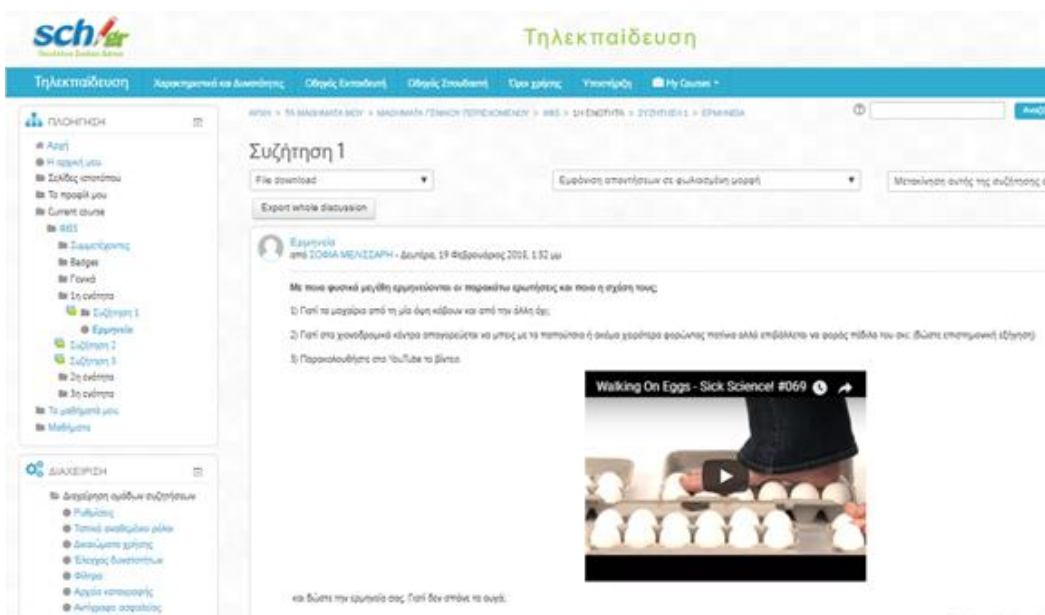
Προσθήκη νέου θέματος συζήτησης

Συζήτηση	Ξεκίνησε από	Ομάδα Απαντήσεων	Τελος
Εμβάθυνση	ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ	3 4	Γεώργιος-Παναγιώτης Τρι, 13 Μάρ 2
Εμβάθυνση	ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ	5 9	Ιωάν Τρι, 13 Μάρ 2
Εμβάθυνση	ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ	1 5	Σωκράτης Δευ, 12 Μάρ 2
Εμβάθυνση	ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ	4 9	ΣΟΦΙΑ Ι Πεμ, 8 Μάρ 2
Εμβάθυνση	ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ	2 2	ΣΟΦΙΑ Ι Τρι, 6 Μάρ 20

Σχήμα 4.2 Στιγμιότυπο των πέντε ομάδων στην τρίτη ασύγχρονη συζήτηση

Η εγγραφή των μαθητών στο ηλεκτρονικό μάθημα έγινε αποκλειστικά μέσω της χρήσης των κωδικών που απεστάλησαν σε κάθε μαθητή από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο. Επιπρόσθετα, η εγγραφή ήταν εφικτή μόνο με τη χρήση ειδικού ηλεκτρονικού κλειδιού. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίστηκε αφενός μεν, η ταυτοποίηση του κάθε μαθητή στο ηλεκτρονικό μάθημα, αφετέρου δε, ο αποκλεισμός είτε ανωνύμων χρηστών ή άλλων εξουσιοδοτημένων χρηστών του Πανελληνίου Σχολικού Δικτύου.

Μέσω της ηλεκτρονικής συζήτησης οι ομάδες μπορούσαν, μετά το μάθημα στο σχολείο, να διασαφηνίσουν, μέσω και της παρέμβασης της εκπαιδευτικού, τα συμπεράσματα του μαθήματος. Επίσης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3 μπορούσαν να απαντήσουν στα θέματα που είχαν αναρτηθεί για τη φάση της Εμβάθυνσης, ώστε να τα καταγράψει ο μαθητής που είχε το ομαδικό φύλλο εργασίας ως απαντήσεις της ομάδας.



Σχήμα 4.3 Στιγμιότυπο από τις ερωτήσεις της πρώτης ασύγχρονης συζήτησης στην Εμβάθυνση

Τέλος, μέσω της ηλεκτρονικής αυτής πλατφόρμας δόθηκε η δυνατότητα στους μαθητές που έλλειπαν από το μάθημα στο σχολείο, να λάβουν συνημμένα το φύλλο εργασίας του μαθήματος και να συζητήσουν τις απορίες τους με την εκπαιδευτικό.

4.6.4 Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές

Στο τέλος όλης της διαδικασίας ζητήθηκε από κάθε μαθητή να συμπληρώσει μία φόρμα αποτίμησης, της Διερευνητικής Μεθόδου όπως τη βίωσε. Η φόρμα που συμπλήρωσαν βρίσκεται στο Παράρτημα V στο τέλος της εργασίας.

Στην φόρμα αυτή οι μαθητές καλούνταν να:

- περιγράφουν, συνοπτικά, τη Μέθοδο που ακολούθησαν
- κατατάζουν τις φάσεις της σε συνάρτηση του βαθμού δυσκολίας, δικαιολογώντας την πρώτη τους επιλογή
- κατατάζουν τις φάσεις ως προς το ποια τους άρεσε περισσότερο, δικαιολογώντας την πρώτη τους επιλογή
- επιλέξουν ανάμεσα σε εικοσιέξι προτάσεις, τις κρίσεις που ήθελαν να εκφράσουν και να συμπληρώσουν αν ήθελαν κάποια δική τους κρίση

- γράψουν την άποψή τους για τη δυνατότητα που τους δόθηκε να συνομιλούν ασύγχρονα ηλεκτρονικά

Στόχος αυτής της γραπτής αποτίμησης της μεθόδου από τους μαθητές ήταν, να φανεί η Διερευνητική Μέθοδος Μάθησης μέσα από το πρίσμα των ίδιων των μαθητών που την εφάρμοσαν.

Περιγράφοντας την μέθοδο, οι μαθητές τη διαφοροποίησαν από τις μεθόδους που είχαν ακολουθήσει στη μάθησή τους έως τότε και επεσήμαναν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της όπως τα αντιλαμβάνονταν οι ίδιοι.

Η κατάταξη των έξι φάσεων της μεθόδου ως προς το βαθμό δυσκολίας, είχε ως στόχο την ανίχνευση κάποιας φάσης που για τους μαθητές ήταν εξαιρετικά δύσκολη τόσο ώστε να παραιτούνται. Μέσω της δικαιολόγησης της πρώτης επιλογής τους, μπόρεσαν να ανιχνευθούν οι απόψεις τους, ουσιαστικά, για κάθε φάση.

Η κατάταξη ως προς το ποια φάση τους άρεσε περισσότερο, είχε σκοπό αφενός μεν να αναδειχθεί το ποια από τις φάσεις κέντρισε περισσότερο το ενδιαφέρον τους, αφετέρου δε να ανιχνευθεί αν κάποια φάση δεν τους άρεσε, ή θεωρούσαν ότι δεν τους εξυπηρετούσε.

Οι εικοσιέξι προτάσεις που τους δόθηκαν προς επιλογή, θεωρήθηκε ότι κάλυπταν κάθε πτυχή, καθώς είχαν θετικές αλλά και αρνητικές κρίσεις για τη μέθοδο. Επιπρόσθετα, δινόταν στους μαθητές η δυνατότητα να συμπληρώσουν κάποια δική τους κρίση, που δεν είχε προβλεφθεί.

Τέλος, ειδικά για την έκτη φάση, την Εμβάθυνση, που γινόταν μέσω Ασύγχρονης Συζήτησης, ζητήθηκε από τους μαθητές να γράψουν την άποψή τους για τη δυνατότητα που τους δόθηκε να συνομιλούν ασύγχρονα.

Οι απόψεις των μαθητών για τη μέθοδο που ακολούθησαν, ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρουσα και πολύτιμη για την έρευνα, γιατί αντανάκλασε τους ιδιαίτερους χρωματισμούς που είχε για τον κάθε μαθητή.

4.6.5 Διαγνωστικός/Τελικός Έλεγχος Γνώσεων

Στην αρχή και στο τέλος των μαθημάτων δόθηκε και στα δύο τμήματα, την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, μία ίδια δοκιμασία δεκαπέντε ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής, πέντε για κάθε ενότητα, με δικαιολόγηση.

Οι δοκιμασίες αυτές βαθμολογήθηκαν με τον ίδιο τρόπο, μία μονάδα για κάθε σωστή επιλογή, δύο μονάδες για κάθε σωστή αλλά μη επιστημονική (βιωματική ή λογική) εξήγηση και τρεις μονάδες για κάθε ολοκληρωμένη επιστημονικά εξήγηση.

Ο αρχικός έλεγχος στόχευε στην ανάδειξη πιθανών εσφαλμένων εντυπώσεων των μαθητών για τα υπό μελέτη θέματα και ικανότητας διατύπωσης επιστημονικών εξηγήσεων. Έγινε σύγκριση του μέσου όρου των απαντήσεων, για κάθε ερώτηση, ανάμεσα στα δύο τμήματα, ώστε να φανεί το σημείο εκκίνησης και το αν η πειραματική ομάδα και

η ομάδα ελέγχου ήταν γνωστικά ισοδύναμες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του αρχικού ελέγχου φαίνονται στο Γράφημα 6.1.

Στο τέλος των μαθημάτων δόθηκαν στους μαθητές οι ίδιες ερωτήσεις ώστε να φανεί η γνωστική τους πρόοδος, η αλλαγή στις απόψεις τους και την διατύπωση, καθώς και οι πιθανές αστοχίες των μαθημάτων. Στη συνέχεια έγινε σύγκριση του μέσου όρου των απαντήσεων, για κάθε ερώτηση, ώστε να φανεί αν είχαν επιτευχθεί τα επιθυμητά γνωστικά αποτελέσματα και αν υπήρχε διαφοροποίηση μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης του τελικού ελέγχου φαίνονται στο Γράφημα 6.2.

Ο έλεγχος των γνώσεων μέσω γραπτής δοκιμασίας, αν και παραπέμπει σε πιο παραδοσιακές μεθόδους, χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, ως κομμάτι της αξιολόγησης, για τη σύγκριση των βαθμολογιών των δύο τμημάτων. Η αξιολόγηση, στην διερευνητική μάθηση, δεν βασίζεται αποκλειστικά στον τυπικό έλεγχο γνώσεων, γιατί δεν στοχεύει μόνο εκεί. Ένας από τους στόχους της όμως, είναι και η απόκτηση γνώσεων πάνω σε κάποιο συγκεκριμένο θέμα και αυτό εξετάστηκε μέσω της γραπτής δοκιμασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

5.1 Σχεδιασμός της Εκπαιδευτικής Παρέμβασης

Για τις ανάγκες της έρευνας, σχεδιάστηκε ένα εισαγωγικό μάθημα, μίας διδακτικής ώρας, για τη γνωριμία των μαθητών της πειραματικής ομάδας με τη φιλοσοφία της διερευνητικής μεθόδου μάθησης, όπου οι μαθητές ενημερώθηκαν για την αλλαγή του μαθήματος, με μετατόπιση του κέντρου βάρους της παραγωγής γνώσης, από τον εκπαιδευτικό και το βιβλίο, στους μαθητές και τη διαφορετική αξιολόγηση που αυτή συνεπάγεται.

Επίσης, για μία διδακτική ώρα, στο μάθημα της Πληροφορικής, δόθηκαν στους μαθητές οι κωδικοί από το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο. Επιπρόσθετα, συμμετείχαν σε μία ηλεκτρονική συζήτηση, πάνω σε ένα γνωστό τους θέμα Φυσικής, ώστε να εξασκηθούν στη χρήση της Ασύγχρονης Συζήτησης του Moodle του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου με την οποία θα επικοινωνούσαν εκτός σχολείου, ώστε να ολοκληρώσουν την φάση της Εμβάθυνσης.

Πριν τα μαθήματα και στο τέλος τους, δόθηκε στους μαθητές και των δύο τμημάτων ένα test πολλαπλής επιλογής, δεκαπέντε ερωτήσεων, με δικαιολόγηση. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες των πέντε ατόμων και υπήρξε ειδική μέριμνα από την εκπαιδευτικό ώστε, οι ομάδες να είναι ετερογενείς ως προς το φύλλο και τις επιδόσεις.

Σε κάθε ομάδα δόθηκε ένα laptop, ώστε να καταγράφεται σε video η όλη πορεία του μαθήματος, ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και ασύρματη σύνδεση στο internet, ώστε να μπορούν να ψάχνουν πληροφορίες και να εκτελούν εικονικά πειράματα όπου χρειαζόταν.

Στην Ασύγχρονη Συζήτηση, οι μαθητές χωρίστηκαν στις ίδιες ομάδες, όπως στο σχολείο ενώ μπορούσαν να επικοινωνήσουν μόνο μεταξύ τους, στην ίδια ομάδα και όχι σε επίπεδο τμήματος.

Για τις ανάγκες της έρευνας, έγινε επίσης ο σχεδιασμός οκτώ συνολικά μαθημάτων για την πειραματική ομάδα

- τρία μαθήματα για την εισαγωγή στην πίεση
- τρία για την υδροστατική πίεση
- δύο για την ατμοσφαιρική πίεση

Το κάθε μάθημα ακολουθούσε τις φάσεις της Διερευνητικής Μεθόδου οι οποίες έπρεπε να ολοκληρώνονται σε μία διδακτική ώρα, εκτός από την τελευταία φάση που ήταν η «Εμβάθυνση» και γινόταν εκτός σχολείου, μέσω της Ασύγχρονης Συζήτησης. Ο σχεδιασμός της εκπαιδευτικής παρέμβασης φαίνεται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1

Σχεδιασμός της εκπαιδευτικής παρέμβασης για την πειραματική ομάδα

	Χρόνος	Μαθήματα - Στόχοι	Μέθοδος	Υλικά – εργαλεία
Εισαγωγή στη Διερευνητική Μέθοδο	1 διδ. ώρα	Διευκρίνιση των προκλήσεων και των τρόπων αξιολόγησης της Διερευνητικής Μεθόδου	Συζήτηση	Παρουσίαση ppt
Γνωριμία με την Ασύγχρονη Συζήτηση	1 διδ. ώρα	Απόδοση κωδικών Γνωριμία με το Moodle	Μάθημα στο εργαστήριο Πληροφορικής	Δημιουργία μιας συζήτησης για εξάσκηση πάνω σε γνωστό θέμα Φυσικής
	1 διδ. ώρα	Αρχικός έλεγχος γνώσεων		
Ενότητα 1 Πίεση στα στερεά	3 διδ. ώρες	Η έννοια της πίεσης Η σχέση της με την δύναμη και την επιφάνεια	Πειράματα Δραστηριότητες Εφαρμογή	Τρία φύλλα εργασίας Υλικά για τα πειράματα
Ενότητα 2 Υδροστατική Πίεση	3 διδ. ώρες	Πού οφείλεται η υδροστατική πίεση Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται και σχέσεις	Αναζήτηση στο internet Πείραμα Εικονικά πειράματα	Τρία φύλλα εργασίας Υλικά για το πείραμα laptop - internet
Ενότητα 3 Ατμοσφαιρική Πίεση	2 διδ. ώρες	Πού οφείλεται η ατμοσφαιρική πίεση Προσδιορισμός της τιμής της	Πειράματα Αναζήτηση στο internet	Τρία φύλλα εργασίας Υλικά για τα πειράματα laptop - internet
	1 διδ. ώρα	Τελικός έλεγχος γνώσεων		
	1 διδ. ώρα	Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους μαθητές		

Για τα οκτώ μαθήματα είχαν σχεδιαστεί φύλλα εργασίας, στα οποία έπρεπε ο κάθε μαθητής να συμπληρώνει τις απόψεις του και να τα παραδίδει στο τέλος του μαθήματος. Ταυτόχρονα, σε κάθε ομάδα δινόταν ένα φύλλο εργασίας, στο οποίο ο εκάστοτε μαθητής που είχαν θέσει, οι ίδιοι οι μαθητές, αρχηγό της ομάδας, συμπλήρωνε τις τελικές απόψεις της ομάδας και τη φάση της Εμβάθυνσης εκτός σχολείου. Το ομαδικό φύλλο έπρεπε να παραδοθεί από την ομάδα πριν από κάθε επόμενο μάθημα.

Στην ομάδα ελέγχου, τα μαθήματα ακολούθησαν τη συνηθισμένη έως τότε πρακτική. Τα πειράματα και οι δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν, στις υπό μελέτη ενότητες, ήταν παρόμοια με της πειραματικής ομάδας, αλλά έγιναν από την καθηγήτρια με επίδειξη. Τα μαθήματα ακολούθησαν την πορεία του βιβλίου και τις αντίστοιχες προτεινόμενες ερωτήσεις – ασκήσεις.

Αντίθετα, η πειραματική ομάδα δεν είχε καμία επαφή με το βιβλίο, τους δόθηκε μάλιστα σαφής οδηγία να μην το χρησιμοποιήσουν καθόλου. Όπως φάνηκε από την πορεία των μαθημάτων, οι μαθητές, ακόμη και όσοι χαρακτηρίζονται ως άριστοι, ακολούθησαν τις οδηγίες της εκπαιδευτικού. Οι κηδεμόνες των μαθητών της πειραματικής ομάδας, ενημερώθηκαν εγγράφως για την έρευνα και την καταγραφή των video και συναίνεσαν με ιδιαίτερη προθυμία.

Στο τέλος των μαθημάτων, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας συμπλήρωσαν ένα φύλλο αποτίμησης της μεθόδου που ακολούθησαν.

5.2 Σχεδιασμός του Διερευνητικού Κύκλου των Μαθημάτων

Ο διερευνητικός κύκλος που χρησιμοποιήθηκε στην εκπαιδευτική παρέμβαση, συνδυάζει το μαθησιακό πλαίσιο των Pedaste et al. (2015), με τον διερευνητικό κύκλο των van Uum et al. (2016).

Ο συνδυασμός αυτός έγινε, για να ενσωματωθεί στο πλαίσιο η τελευταία φάση, η φάση της Εμβάθυνσης, η οποία έγινε εκτός σχολείου, με ασύγχρονη συζήτηση, λόγω περιορισμού του διδακτικού χρόνου. Η φάση αυτή θεωρήθηκε σημαντικό να ενσωματωθεί στη διαδικασία, καθώς πρόσφερε στους μαθητές την ευκαιρία να επεκτείνουν τις γνώσεις που αποκτούσαν στο σχολείο και να ασχοληθούν με θέματα της Φυσικής, χωρίς τη δέσμευση του χώρου και του χρόνου.

Ο διερευνητικός κύκλος που δημιουργήθηκε, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, αποτελείται από έξι φάσεις:

- Η φάση του Προσανατολισμού, είναι το έναυσμα της διαδικασίας και στοχεύει στην ενεργοποίηση της περιέργειας των μαθητών για ένα θέμα, τον προσανατολισμό της σκέψης τους στο θέμα ή την παρατήρηση ενός φαινομένου που θα αναδείξει το πρόβλημα
- Στη φάση της Αντίληψης του Προβλήματος, οι μαθητές σχηματοποιούν στο μυαλό τους το ερώτημα που θα τους απασχολήσει, αποδίδοντας Φυσικό νόημα στις

- παρατηρήσεις τους, εντοπίζοντας τα Φυσικά μεγέθη που εμπλέκονται και τις πιθανές σχέσεις τους, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες γνώσεις τους
- Η φάση της Διερεύνησης αποτελείται από τον σχεδιασμό πειραμάτων, την καταγραφή υποθέσεων και ερευνητικών ερωτημάτων, την εκτέλεση των πειραμάτων, την καταγραφή και την επεξεργασία των δεδομένων
 - Στη φάση του Συμπεράσματος, οι μαθητές καλούνται να δώσουν νόημα στα αποτελέσματα της έρευνάς τους και αντιστοιχίζοντάς τα με τις υποθέσεις τους, να καταλήξουν σε απαντήσεις ως προς τα ερευνητικά τους ερωτήματα
 - Στην φάση της Επικοινωνίας, οι μαθητές παρουσιάζουν στην τάξη τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, συγκρίνοντας τα δικά τους αποτελέσματα με των υπολοίπων και συζητώντας για τις διαδικασίες σκέψης και πράξης που τους οδήγησαν στα συμπεράσματά τους
 - Τέλος, η φάση της Εμβάθυνσης δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την καινούρια γνώση στην ερμηνεία καταστάσεων που βιώνουν στην καθημερινότητά τους και να επεκτείνουν τις ιδέες ή να προβληματιστούν δημιουργώντας καινούρια ερωτήματα πάνω στο θέμα που μελετούν.



Σχήμα 5.1 Ο Διερευνητικός Κύκλος που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα

Η Συζήτηση διατρέχει κάθε φάση του διερευνητικού κύκλου, καθώς οι μαθητές συζητούν τις ιδέες τους με τα μέλη της ομάδας τους και προτείνουν λύσεις στα προβλήματα που ανακύπτουν στις διάφορες φάσεις και δραστηριότητες.

Τέλος, ακόμη και στις τελικές φάσεις, οι μαθητές μπορούν να γυρίσουν αναστοχαστικά σε προηγούμενες φάσεις και να προτείνουν μια άλλη λύση, υπό το πρίσμα της νέας γνώσης που αποκτούν στη διάρκεια του κύκλου.

5.3 Σχεδιασμός των Μαθημάτων

Ο σχεδιασμός των μαθημάτων ήταν βασικό δομικό στοιχείο στην εφαρμογή της μεθόδου. Στην βιβλιογραφία της διερευνητικής μάθησης δεν κατέστη δυνατόν να βρεθούν μαθήματα, που να αφορούν στην πίεση και να είναι βασισμένα στη διερευνητική μέθοδο μάθησης, ώστε να χρησιμοποιηθούν για την έρευνα. Υπήρχαν αρκετά μαθήματα Φυσικής, στα οποία χρησιμοποιήθηκε η διερευνητική μέθοδος, αφορούσαν όμως στην κινηματική, στις δυνάμεις και στον ηλεκτρισμό. Τα μαθήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα δημιουργήθηκαν από την εκπαιδευτικό που τα εφάρμοσε στην τάξη και διεξήγαγε την έρευνα.

Ο σχεδιασμός των μαθημάτων έγινε έτσι ώστε να αντανakλούν τη φιλοσοφία της μεθόδου, που αφήνει στους μαθητές περιθώρια σκέψης, κρίσης και δημιουργίας. Στα φύλλα εργασίας, που ήταν η βασική υποστηρικτική δομή που δόθηκε στους μαθητές και παρουσιάζονται στα Παραρτήματα I, II και III, επιχειρήθηκε να βρεθεί η ισορροπία ανάμεσα στην έντονη ενεργοποίηση της σκέψης και στην δυνατότητα επίτευξης των στόχων της μεθόδου και των μαθημάτων. Τα πιθανά εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών, ελήφθησαν υπόψη στον σχεδιασμό των μαθημάτων και στον έλεγχο γνώσεων.

Δίπλα σε κάθε φάση της διερευνητικής μεθόδου που ήταν ξεκάθαρα ορισμένη στα φύλλα εργασίας, υπήρχε ενδεικτικός χρόνος ώστε οι μαθητές να έχουν μία αίσθηση του χρόνου που μπορούσαν να της αφιερώσουν ώστε να προλάβουν να ολοκληρώσουν το μάθημα.

Οι στόχοι της διερευνητικής μεθόδου που αποτέλεσαν τον σκελετό πάνω στον οποίο οικοδομήθηκαν τα μαθήματα, ήταν οι μαθητές να:

- αυξήσουν το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή τους στο μάθημα
- συνεργάζονται αρμονικά σε ομάδες, ώστε να επανεξετάζουν τα πιθανά εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα και να προάγουν τις γνώσεις τους
- παίρνουν πρωτοβουλίες και να νιώθουν δημιουργικοί
- συζητούν με σεβασμό την άποψη του άλλου
- αποκτήσουν διερευνητικές δεξιότητες, όπως είναι η δημιουργία υποθέσεων και ερευνητικών ερωτημάτων, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση πειραμάτων και η παραγωγή και αποτύπωση καταληκτικών συμπερασμάτων

- προσεγγίσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης στην αντιμετώπιση μιας κατάστασης που τους προβληματίζει
- γίνουν οι ίδιοι υπεύθυνοι για τη μάθησή τους, ως ενεργοί δημιουργοί της γνώσης
- αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα
- προσεγγίσουν τους στόχους των μαθημάτων, ευχάριστα

Οι επιμέρους στόχοι, καθώς και ο γενικότερος σκοπός των μαθημάτων, παρουσιάζονται ανά ενότητα, στη συνέχεια.

5.3.1 Πρώτη Ενότητα

Η πρώτη ενότητα ήταν αφιερωμένη στην έννοια της πίεσης στα στερεά. Πραγματοποιήθηκε σε τρεις διδακτικές ώρες εντός σχολείου και μέσω Ασύγχρονης Συζήτησης εκτός σχολείου.

Ο σκοπός αυτής της ενότητας ήταν να οδηγηθούν οι μαθητές στην ανάγκη εισαγωγής της έννοιας της πίεσης, μέσω της προσπάθειάς τους να περιγράψουν τα αποτελέσματά της. Εισάγοντας τον ορισμό της πίεσης, έλυναν το πρόβλημά τους, που ήταν η ερμηνεία του αποτελέσματος της πίεσης.

Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές θα ανακάλυπταν την ανάγκη εισαγωγής φυσικών μεγεθών στη Φυσική, ξεφεύγοντας από την ειδική γνώση της πίεσης και βλέποντας την γενική εικόνα των φυσικών μεγεθών και των μεταξύ τους σχέσεων. Στο τέλος της ενότητας έπρεπε να είναι σε θέση να απαντήσουν στα ερωτήματα «γιατί οι Φυσική ορίζει καινούρια φυσικά μεγέθη;» και «ποια είναι η λογική με την οποία δημιουργούνται αυτοί οι ορισμοί;» και να μπορούν να ανατρέξουν σε ορισμούς που έχουν μάθει στο παρελθόν, ώστε να τους αναστοχαστούν υπό το πρίσμα της νέας γνώσης.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.2, ο στόχος αυτός επιχειρήθηκε να επιτευχθεί σε τρεις φάσεις σε ισάριθμα μαθήματα. Το κάθε μάθημα ήταν δομημένο πάνω στις έξι φάσεις της διερευνητικής μεθόδου που παρουσιάστηκε προηγούμενα και είχε επιμέρους στόχους οι οποίοι στο τέλος του τρίτου μαθήματος συνέκλιναν στην επίτευξη του γενικότερου σκοπού που προαναφέρθηκε.

Πίνακας 5.2

Σχεδιασμός της πρώτης ενότητας των μαθημάτων

Θέμα	Χρό- νος	Μαθήματα- Στόχοι	Μέθοδος	Υλικά - Εργαλεία
Ενότητα 1 Πίεση στα στερεά	3 διδ. ώρες	1 ^ο μάθημα Η πίεση μειώνεται όταν αυξάνεται η επιφάνεια επαφής και αυξάνεται όταν μειώνεται η επιφάνεια επαφής	Προσανατολισμός με τον φακίρη που ξαπλώνει σε καρφιά. Δραστηριότητα με ένα βιβλίο οριζόντια και κάθετα στο κεφάλι Πείραμα με μπαλόνια και οδοντογλυφίδες	Φύλλο εργασίας 1.1
		2 ^ο μάθημα Η πίεση αυξάνεται όταν αυξάνεται η δύναμη και μειώνεται όταν μειώνεται η δύναμη	Προσανατολισμός με τον μικρό σκανταλιάρη. Δραστηριότητα με ένα βιβλίο και πολλά βιβλία οριζόντια στο κεφάλι Πείραμα με μπαλόνι, πλαστελίνη με πολλές οδοντογλυφίδες και βιβλία	Φύλλο εργασίας 1.2
		3 ^ο μάθημα Σύνθεση των δύο προηγούμενων μαθημάτων για την εξαγωγή του ορισμού της πίεσης	Προσανατολισμός με σύγκριση μέσω νοερού πειράματος. Εφαρμογή συνδυασμού των εξαρτήσεων της πίεσης από τη δύναμη και την επιφάνεια	Φύλλο εργασίας 1.3

Συγκεκριμένα, στο πρώτο μάθημα, στόχος ήταν η ποιοτική ανάδειξη της σχέσης της πίεσης με το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής.

Στη φάση του Προσανατολισμού, οι μαθητές έπρεπε να αναρωτηθούν γιατί δεν τρυπιέται ο φακίρης που ξαπλώνει πάνω σε πολλά καρφιά και μέσω της δεύτερης φάσης να Διατυπώσουν το Πρόβλημα, που ήταν η εξάρτηση της πίεσης από την επιφάνεια, βάζοντας στο κεφάλι τους ένα βιβλίο οριζόντια και κάθετα.

Στη συνέχεια, έπρεπε να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν ένα πείραμα, στη φάση της Διερεύνησης, με μπαλόνια και οδοντογλυφίδες, κρατώντας τη δύναμη σταθερή (το βάρος

του βιβλίου) και αλλάζοντας το εμβαδόν της επιφάνειας (πολλές ή μία οδοντογλυφίδα) ώστε να φτάσουν, στη φάση του Συμπεράσματος, στο ότι η πίεση ελαττώνεται με την αύξηση της επιφάνειας και αυξάνεται με την μείωση της επιφάνειας.

Στην φάση της Επικοινωνίας έπρεπε να ερμηνεύσουν το ερώτημα που είχε τεθεί στον Προσανατολισμό, μέσω της σχέσης πίεσης – επιφάνειας που βρήκαν στο συμπέρασμα του πειράματος.

Τέλος, στη φάση της Εμβάθυνσης καλούνταν να συζητήσουν και να βρουν ερμηνείες για ένα καθημερινό θέμα, όπως το γιατί κόβουν τα μαχαίρια από την ακονισμένη πλευρά τους, να δικαιολογήσουν το γιατί βοηθούν τα πέδιλα του σκι στο χιόνι και βλέποντας ένα video μιας κοπέλας που περπατάει πάνω σε αυγά, να εφαρμόσουν στη δικαιολόγησή τους την έννοια της πίεσης και τη σύνδεσή της με την επιφάνεια.

Στο δεύτερο μάθημα, στόχος ήταν η ανάδειξη της σχέσης της πίεσης με τη δύναμη, ποιοτικά. Η καθετότητα της πιεστικής δύναμης δεν συμπεριλαμβανόταν στο μάθημα, γιατί θεωρήθηκε απαγορευτικά δύσκολο το να φτάσουν οι μαθητές μόνοι τους σε τόση επιστημονική ακρίβεια και διότι δεν συνέδραμε στη σαφήνεια του συμπεράσματος.

Στη φάση του Προσανατολισμού, οι μαθητές έπρεπε να σκεφτούν ότι αυτό που πρόδωσε τον μικρό ήταν το ρηχό αποτύπωμα των παπουτσιών, λόγω του μικρού του βάρους και μέσω της δεύτερης φάσης, όπου τοποθετούσαν πολλά βιβλία πάνω στο κεφάλι τους, να Διατυπώσουν τον Προβληματισμό τους για την επίδραση της δύναμης στην πίεση.

Στη φάση της Διερεύνησης έπρεπε να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν ένα πείραμα με μπαλόνι, πολλές οδοντογλυφίδες και βιβλία, ώστε να καταλήξουν στη φάση του Συμπεράσματος, ότι η πίεση αυξάνεται, όταν αυξάνεται η δύναμη και μειώνεται όταν μειώνεται η δύναμη.

Στην Επικοινωνία έπρεπε να γυρίσουν στο αρχικό τους ερώτημα και να ερμηνεύσουν το ρηχό αποτύπωμα μέσω της μικρότερης πίεσης λόγω του μικρότερου βάρους του παιδιού. Επειδή σε όλες τις δραστηριότητες και τα πειράματα έως εδώ είχε χρησιμοποιηθεί μόνο το βάρος και όχι η γενική έννοια της δύναμης, τους ζητήθηκε να προβληματιστούν στο θέμα αυτό και να δώσουν ένα δικό τους παράδειγμα πίεσης στο οποίο να μην χρησιμοποιείται το βάρος.

Τέλος, στην φάση της Εμβάθυνσης, τους ζητήθηκε να συζητήσουν την εξάρτηση της πίεσης από τη δύναμη σε μία καθημερινή κατάσταση, όπως το γιατί οι βαριές σακούλες για ψώνια μας «κόβουν» τα χέρια, να φανταστούν πόσο βαθύ αποτύπωμα θα άφηναν τα παπούτσια τους σε μικρότερο βαρυτικό πεδίο όπως αυτό του Άρη και να εξηγήσουν γιατί σε αυτό το video έσπαγαν τα αυγά, όταν τα πάταγε ένας πιο βαρύν άνθρωπος.

Στο τρίτο και τελευταίο μάθημα αυτής της ενότητας, οι μαθητές έπρεπε να συνδυάσουν τα ευρήματά τους από τα δύο προηγούμενα μαθήματα, στην έννοια της πίεσης. Ο στόχος ήταν να αναγκαστούν να δημιουργήσουν ένα καινούριο φυσικό μέγεθος, την πίεση, συνδυάζοντας τα φυσικά μεγέθη της δύναμης και της επιφάνειας ώστε να μπορούν να ερμηνεύσουν τα αποτυπώματα και στη συνέχεια να γενικεύσουν, για την αναγκαιότητα των ορισμών φυσικών μεγεθών.

Στη φάση του Προσανατολισμού, μέσω μιας εικόνας με μία κυρία μεγάλου βάρους, μία μικρότερου βάρους και έναν ελέφαντα, έπρεπε να φανταστούν ποιος θα αφήνει πιο βαθύ αποτύπωμα στο χώμα.

Στη δεύτερη φάση, τη Διατύπωση του Προβλήματος, καλούνταν να προβληματιστούν και να εξηγήσουν, το αν μπορούν να ερμηνεύσουν το βάθος του αποτυπώματος μόνο με ένα φυσικό μέγεθος.

Στη φάση της Διερεύνησης, έπρεπε να δώσουν όνομα και σύμβολο, σε ένα φυσικό μέγεθος που να ερμηνεύει το βάθος του αποτυπώματος. Στη συνέχεια, να το συνδυάσουν με τα φυσικά μεγέθη που είχαν δει στα προηγούμενα μαθήματα, δημιουργώντας τον ορισμό του και μέσω αυτού να βρουν την μονάδα μέτρησής του.

Στη φάση του Συμπεράσματος, έπρεπε αφού χωριστούν σε υποομάδες, οπαδών του ελέφαντα και της γυναίκας, να εφαρμόσουν τον τύπο που έφτιαξαν στη Διερεύνηση ώστε να καταλήξουν ότι ο νικητής ήταν η γυναίκα, η οποία, λόγω του τακουριού της, ασκούσε εκατό φορές μεγαλύτερη πίεση στο χώμα από ότι ο ελέφαντας.

Η Επικοινωνία, απαντούσε μεν στο αρχικό ερώτημα, ως προς το ποιος θα κάνει το πιο βαθύ αποτύπωμα, συνυπολογίζοντας το βάρος και την επιφάνεια, αλλά στη συνέχεια επεκτεινόταν στο πιο θεμελιώδες ερώτημα, του γιατί οι Φυσικοί ορίζουν καινούριες έννοιες και δεν «βολεύονται» με κάποιο γνωστό τους φυσικό μέγεθος, για να καταλήξει σε σύνδεση της γνώσης αυτής με άλλες παρόμοιες περιπτώσεις που οι μαθητές είχαν ορίσει νέες έννοιες στο παρελθόν.

Τέλος, στην Εμβάθυνση, οι μαθητές μπορούσαν να συζητήσουν για πρακτικά θέματα, όπως το γιατί τα ελαστικά των φορτηγών έχουν φαρδιά πέλματα, να σκεφτούν γιατί οι καμήλες έχουν εξελιχθεί έτσι ώστε να έχουν φαρδιά πέλματα, αλλά και πιο θεωρητικά, προτείνοντας δύο τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε να μειωθεί η πίεση.

5.3.2 Δεύτερη Ενότητα

Η δεύτερη ενότητα αφορούσε στην υδροστατική πίεση και συγκεκριμένα στο πού οφείλεται η υδροστατική πίεση και από ποια φυσικά μεγέθη εξαρτάται.

Ο γενικός σκοπός των τριών μαθημάτων που την απαρτίζουν ήταν, μέσω της δημιουργίας του νόμου της υδροστατικής πίεσης, οι μαθητές να οδηγηθούν στη σκέψη ότι οι νόμοι της Φυσικής είναι απόρροια μετρήσεων που προκύπτουν από πειράματα.

Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3, στόχος του τέταρτου μαθήματος, ήταν οι μαθητές να αναγνωρίσουν ότι η πίεση στα υγρά οφείλεται στη βαρύτητα και να καταλήξουν στην ποιοτική εκτίμηση ότι εξαρτάται από το βάθος και συγκεκριμένα, ότι όταν αυξάνεται το βάθος, αυξάνεται και η υδροστατική πίεση.

Πίνακας 5.3

Σχεδιασμός της δεύτερης ενότητας των μαθημάτων

Θέμα	Χρό- νος	Μαθήματα- Στόχοι	Μέθοδος	Υλικά - Εργαλεία
Ενότητα 2 Υδροστα- τική Πίεση	3 διδ. ώρες	4 ^ο μάθημα Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα και εξαρτάται από το βάθος.	Προσανατολισμός με βιοματικό παράδειγμα. Αναζήτηση στο internet για τη συμπεριφορά του νερού στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό. Πείραμα με τρύπιο μπουκάλι νερού.	Φύλλο εργασίας 2.1
		5 ^ο μάθημα Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού και ανάλογη της επιτάχυνσης της βαρύτητας.	Δύο εικονικά πειράματα του phet «under pressure». Στο ένα ελέγχεται η εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα του υγρού και στο άλλο η εξάρτησή της από την επιτάχυνση της βαρύτητας.	Φύλλο εργασίας 2.2
		6 ^ο μάθημα Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου και την ποσότητα του νερού. Είναι ανάλογη του βάθους.	Προσανατολισμός με σύγκριση πισίνας και ωκεανού. Δύο εικονικά πειράματα για τον έλεγχο της εξάρτησης της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου ή την ποσότητα του υγρού, και τη σχέση της υδροστατικής πίεσης με το βάθος. Δημιουργία του νόμου της υδροστατικής πίεσης	Φύλλο εργασίας 2.3

Στη φάση του Προσανατολισμού έπρεπε, ανατρέχοντας στις εμπειρίες τους μέσω μιας εικόνας, να ερμηνεύσουν το ότι «βουλώνουν» τα αυτιά τους, με την αύξηση του βάθους στο οποίο βρίσκονται στη θάλασσα.

Στη φάση της Διατύπωσης του Προβλήματος τους ζητήθηκε να ερμηνεύσουν τη λέξη «υδροστατική» και να τη γενικεύσουν για κάθε υγρό, ώστε να ξεκαθαριστεί ότι θα τους προβληματίσουν θέματα που αφορούν στην πίεση, μέσα σε στατικό υγρό.

Η φάση της Διερεύνησης που ακολουθούσε απαρτιζόταν από μία δραστηριότητα και ένα πείραμα. Στην δραστηριότητα παρακολουθούσαν σε video έναν αστροναύτη στο Διεθνές Διαστημικό Σταθμό να παίζει με το νερό να αιωρείται γύρω τους λόγω συνθηκών έλλειψης βαρύτητας. Ο στόχος αυτής της δραστηριότητας ήταν, να συνδυαστεί η ύπαρξη βαρύτητας με την υδροστατική πίεση, ώστε οι μαθητές να συνάγουν ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.

Στο πείραμα έπρεπε να σχεδιάσουν αρχικά, τις τροχιές που περίμεναν ότι θα σχηματιστούν από το νερό, που θα πεταχτεί από τις τρύπες του μπουκαλιού που βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος.

Με το πείραμα, παρακολουθώντας την τροχιά του νερού σε ένα μπουκάλι με νερό στο οποίο είχαν ανοιχτεί δύο όμοιες τρύπες σε διαφορετικά βάθη, οι μαθητές μπορούσαν να συνδυάσουν την αύξηση του βάθους με την αύξηση του βεληνεκού του νερού και κατά λογική συνέπεια με την αύξηση της υδροστατικής πίεσης.

Αυτή τη λογική αλληλουχία μπορούσαν να την επισημοποιήσουν συνάγοντας, στη φάση του Συμπεράσματος, ότι η υδροστατική πίεση αυξάνεται με την αύξηση του βάθους και να διορθώσουν την πορεία του νερού που είχαν σχεδιάσει αν αποδεικνύονταν λανθασμένη.

Στη φάση της Επικοινωνίας έπρεπε να συζητήσουν, σε επίπεδο τάξης, για το πού οφείλεται η υδροστατική πίεση και για το αν εξαρτάται από το βάθος, ενώ στη φάση της Εμβάθυνσης μπορούσαν παρακολουθώντας κάποια video να συζητήσουν, ανά ομάδα, για την επίδραση του βάθους στην υδροστατική πίεση που δέχονται οι πνεύμονες κάποιου δύτη και να αναρωτηθούν για άλλους παράγοντες, εκτός του βάθους, που μπορεί να επιδρούν στην τιμή της υδροστατικής πίεσης, ώστε να προετοιμάσουν ερωτήματα που θα μπορούσαν να απαντηθούν στο επόμενο μάθημα, μέσω εικονικών πειραμάτων.

Στο πέμπτο μάθημα ο στόχος ήταν να ελέγξουν ποσοτικά την επίδραση της πυκνότητας και της επιτάχυνσης της βαρύτητας στην τιμή της υδροστατικής πίεσης, ώστε να καταλήξουν σε σχέσεις αναλογίας.

Ο στόχος της πρώτης φάσης ήταν, βλέποντας τις εικόνες του μελιού και του λαδιού οι μαθητές, να φανταστούν αν θα ήταν ίδια η πίεση που θα ένιωθαν αν βουτούσαν σε πισίνες με αυτά τα ρευστά και στη συνέχεια βλέποντας τις εικόνες του Δία και της Σελήνης, να φανταστούν αν θα ήταν διαφορετική η υδροστατική πίεση εκεί.

Στη συνέχεια έπρεπε να αντιστοιχήσουν τις εικόνες με φυσικά μεγέθη, ώστε να Διατυπώσουν το Πρόβλημα που ήταν η εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από αυτά τα

μεγέθη, δηλαδή την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας και να γράψουν τις υποθέσεις τους για τον τρόπο με τον οποίο εξαρτάται η υδροστατική πίεση από αυτά.

Στην τρίτη φάση, της Διερεύνησης, στόχος ήταν μέσω της σχεδίασης και της εκτέλεσης εικονικών πειραμάτων, της διαδραστικής προσομοίωσης «under pressure» του PhET Colorado, να μεταβάλλουν κατάλληλα τα μεγέθη ώστε να συμπληρώσουν έναν πίνακα τιμών της υδροστατικής πίεσης σε σχέση με την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Από τον πίνακα τιμών έπρεπε στη φάση των Συμπερασμάτων να παρατηρήσουν ότι κρατώντας το βάθος και την επιτάχυνση της βαρύτητας σταθερά, όσες φορές αυξανόταν πυκνότητα τόσες φορές αυξανόταν και η υδροστατική πίεση και ότι κρατώντας το βάθος και την πυκνότητα σταθερά, όσες φορές αυξανόταν η επιτάχυνση της βαρύτητας, τόσες φορές αυξανόταν και η υδροστατική πίεση.

Έχοντας αυτά τα ποσοτικά δεδομένα, στην Επικοινωνία οι μαθητές μπορούσαν να συνάγουν ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Στη φάση της Εμβάθυνσης, το ζητούμενο ήταν να χρησιμοποιήσουν τις σχέσεις που ανακάλυψαν σε ένα πρόβλημα όπου ταυτόχρονα άλλαζε η πυκνότητα και η επιτάχυνση της βαρύτητας και σε ένα πρόβλημα ισορροπίας υγρών διαφορετικής πυκνότητας.

Το έκτο και τελευταίο μάθημα της ενότητας, στόχευε στην επανεκτίμηση πιθανών εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού και την ποσοτική σχέση ανάμεσα στην υδροστατική πίεση και το βάθος του υγρού. Το μάθημα αυτό τελείωνε με την δημιουργία από τους μαθητές του νόμου της υδροστατικής πίεσης.

Ο Προσανατολισμός στόχευε στην ανάδειξη των ιδεών των μαθητών για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης, μέσω μιας νοεράς βουτιάς σε μια μικρή πισίνα και στον ωκεανό.

Στη συνέχεια έπρεπε να διατυπώσουν τον προβληματισμό τους τους για την εξάρτηση ή την μη εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το μέγεθος του δοχείου και για το βάθος.

Η φάση της Διερεύνησης είχε δύο στόχους, ο ένας ήταν να ελεγχθούν οι υποθέσεις που είχαν κάνει οι μαθητές για το αν εξαρτάται η υδροστατική πίεση από το σχήμα του δοχείου ή την ποσότητα του υγρού και ο άλλος να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν ένα εικονικό πείραμα στο «under pressure» του PhET, για τη σχέση της υδροστατικής πίεσης με το βάθος.

Αξιοποιώντας τις καταγραφές αυτών των δεδομένων, στη φάση των Συμπερασμάτων κατέληξαν ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου, αλλά είναι ανάλογη του βάθους.

Στη φάση της Επικοινωνίας, αξιοποιώντας τις σχέσεις που βρήκαν στα δύο τελευταία μαθήματα, κατέληξαν στη δημιουργία του νόμου της υδροστατικής πίεσης.

Τέλος, στη φάση της Εμβάθυνσης, οι μαθητές καλούνταν να συζητήσουν για την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από τους τρεις παράγοντες, την πυκνότητα, την επιτάχυνση της βαρύτητας και το βάθος και να εφαρμόσουν αυτές τις γνώσεις στη δημιουργία φραγμάτων.

5.3.3 Τρίτη Ενότητα

Η ατμοσφαιρική πίεση, που είναι το θέμα της τρίτης ενότητας, αντιμετωπίζεται διεθνώς ως ένα θέμα που προκαλεί αντίσταση στην προσέγγισή του από τους μαθητές. Στον Πίνακα 5.4 φαίνεται ο σχεδιασμός των μαθημάτων της τρίτης ενότητας.

Πίνακας 5.4

Σχεδιασμός της τρίτης ενότητας των μαθημάτων

Θέμα	Χρόνος	Μαθήματα-Στόχοι	Μέθοδος	Υλικά - Εργαλεία
Ενότητα 3 Ατμοσφαιρική Πίεση	2 διδ. ώρες	7 ^ο μάθημα Ο αέρας είναι ένα μείγμα μορίων που έχουν μάζα, συνεπώς έχει βάρος και ασκεί πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα και είναι μεγαλύτερη στο επίπεδο της θάλασσας.	Πείραμα με ένα κλειστό μπουκάλι με τρύπες. Πείραμα με ποτήρι αεροστεγώς (κατά το δυνατόν) κλεισμένο. Αναζήτηση στο internet για τα συστατικά της ατμόσφαιρας και το πού είναι πιο πυκνός ο αέρας.	Φύλλο εργασίας 3.1
		8 ^ο μάθημα Η ατμοσφαιρική πίεση είναι πολύ μεγάλη. Προσδιορισμός της τιμής της.	Πείραμα με ποτήρι γεμάτο νερό που δεν χύνεται όταν το γυρνάνε ανάποδα. Αντίστοιχο πείραμα με μπουκάλι. Αναζήτηση του πειράματος του Torricelli στο internet. Πείραμα με μπουκάλι γεμάτο νερό που αναποδογυρίζεται μέσα σε λεκάνη με νερό και δεν χύνεται.	Φύλλο εργασίας 3.2

Η δυσκολία αυτών των μαθημάτων βρίσκεται στη σύγκρουση της έννοιας της ατμοσφαιρικής πίεσης με την κοινή λογική των μαθητών, οι οποίοι βασιζόμενοι στις αισθήσεις τους και τα βιώματά τους, ώστε να ερμηνεύσουν τη φύση, καταλήγουν, πολλές φορές, στη δημιουργία εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων.

Κύριος λοιπόν σκοπός των δύο μαθημάτων που αφορούν στην ενότητα αυτή ήταν, η αποδοχή της έννοιας της ατμοσφαιρικής πίεσης και η εννοιολογική τους αλλαγή, όπου αυτή χρειαζόταν. Ο σκοπός αυτός προσεγγίστηκε, κυρίως, με εντυπωσιακά πειράματα.

Συγκεκριμένα, στόχος του έβδομου μαθήματος ήταν, οι μαθητές να οδηγηθούν μέσω λογικών συνειρμών στο ότι ο αέρας έχει βάρος, οπότε ασκεί ατμοσφαιρική πίεση και ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται με το ύψος.

Στην πρώτη φάση, του Προσανατολισμού, στόχος ήταν η έκπληξη και ο θαυμασμός των μαθητών, οι οποίοι κάνοντας ένα πείραμα, έβλεπαν ότι από ένα τρύπιο μπουκάλι μπορεί να μη χύνεται το νερό που έχει μέσα. Όταν έκλειναν το καπάκι του μπουκαλιού σταματούσε να τρέχει το νερό και όταν το άνοιγαν έτρεχε. Επίσης, δοκιμάζοντας να πιούν νερό από ένα καλά κλεισμένο (κατά το δυνατόν), με πλαστελίνη, γυάλινο μπουκάλι, αναγκαζόντουσαν να παραδεχθούν, ότι δεν μπορούσαν να πιούν.

Στη συνέχεια καλούνταν να Διατυπώσουν το Πρόβλημα, συγκρίνοντας το κλειστό τους τρύπιο μπουκάλι με το τρύπιο μπουκάλι που είχαν χρησιμοποιήσει στην υδροστατική πίεση και να συγκρίνουν το αποτέλεσμα του δεύτερου πειράματος του Προσανατολισμού, όπου δεν μπόρεσαν να πιούν νερό, με την εμπειρία τους από ένα ανοιχτό μπουκάλι.

Η τρίτη φάση, που είναι η Διερεύνηση, ξεκινά με την προφανή δήλωση, «τον αέρα δεν τον βλέπουμε και όταν δεν φυσάει ούτε τον νιώθουμε», ώστε οι μαθητές να νιώσουν ασφαλείς με τις εμπειρίες τους, στη συνέχεια όμως τους ζητείται να βρουν και να καταγράψουν από τη Βικιπαίδεια, τα τέσσερα βασικότερα συστατικά της ατμόσφαιρας και το αν είναι πιο πυκνός ο αέρας στο επίπεδο της θάλασσας ή στο βουνό. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται η συνειδητοποίηση από τους μαθητές ότι ο αέρας έχει κάποια συστατικά, από κάτι αποτελείται, απλά δεν είναι ορατά τα συστατικά του.

Στη συνέχεια καλούνται να σκεφτούν αν ο αέρας έχει βάρος, ακολουθώντας τον συνειρμό ότι αφού ο αέρας αποτελείται από κάποια συστατικά και τα συστατικά αυτά έχουν μάζα, θα έχει και βάρος, ώστε να καταλήξουν στο Συμπέρασμα ότι αφού ο αέρας έχει βάρος, θα ασκεί και πίεση σε όλα τα σώματα που βρίσκονται μέσα του.

Στην φάση της Επικοινωνίας, οι μαθητές πρέπει να ερμηνεύσουν τα πειράματα που έκαναν στη φάση του Προσανατολισμού, μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης και να δικαιολογήσουν το γιατί στο επίπεδο της θάλασσας η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη από ότι σε μεγαλύτερο υψόμετρο.

Στην τελευταία φάση, της Εμβάθυνσης, βρίσκοντας πληροφορίες για το πείραμα με τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου, στόχος είναι οι μαθητές να προσεγγίσουν την έννοια του κενού, να διακρίνουν την διαφορά πίεσης, μέσα και έξω από τα ημισφαίρια και να έχουν μια πρώτη εντύπωση για την μεγάλη τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στο όγδοο και τελευταίο μάθημα, στόχος είναι όχι μόνο να βρουν οι μαθητές την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης, αλλά και να συνειδητοποιήσουν το τι σημαίνει αυτή η τιμή. Οι μαθητές, μπορεί να δεχθούν άκριτα μία τιμή της τάξης των εκατό χιλιάδων Pascal, που είναι περίπου η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης, χωρίς στην ουσία να έχουν επίγνωση του μεγέθους.

Για να αποφευχθεί αυτό, η φάση του Προσανατολισμού, ξεκινά με το πολύ εντυπωσιακό πείραμα, του ποτηριού που είναι γεμάτο με νερό, καλύπτεται με ένα χαρτί και όταν αναποδογυρίζεται, δεν πέφτει το νερό.

Συνεχίζεται με το πιο εντυπωσιακό πείραμα, του μπουκαλιού που αναποδογυρίζεται χωρίς να πέφτει το νερό, ώστε να διατυπωθεί το Πρόβλημα ότι και με μεγάλο μπουκάλι πάλι δεν χύνεται το νερό γιατί κάτι το εμποδίζει και αυτό το κάτι, δεν μπορεί φυσικά να είναι ένα κομματάκι χαρτί, πρέπει συνεπώς, να είναι η ατμοσφαιρική πίεση.

Η φάση της Διερεύνησης είναι αφιερωμένη στην αναζήτηση στο διαδίκτυο του πειράματος του Torricelli, μέσω του οποίου βρέθηκε η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το πείραμα αυτό οι μαθητές το βλέπουν σε video αφού δεν μπορεί να γίνει στην τάξη, λόγω του υδραργύρου. Αυτό που μπορεί να γίνει από τους μαθητές είναι το αντίστοιχο πείραμα με νερό, στο οποίο οι μαθητές παρατηρούν ότι το νερό μένει στο μπουκάλι και δεν χύνεται στη λεκάνη.

Για να συνειδητοποιήσουν το πόσο μεγάλη είναι η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης, τους ζητείται να βρουν πόσο ψηλό έπρεπε να είναι το μπουκάλι με το νερό, ώστε χυθεί κάποιο νερό στη λεκάνη.

Στα Συμπεράσματα, έπρεπε να βρουν την τιμή της δύναμης που μας ασκείται αν η επιφάνεια του σώματός μας είναι ένα τετραγωνικό μέτρο, λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης και να την αντιστοιχήσουν σε κιλά, στη Γη. Στο τέλος καλούνταν να σκεφτούν γιατί δεν τη νιώθουμε την ατμοσφαιρική πίεση παρά μόνο αν ανεβοκατεβαίνουμε βουνά, μέσω του οποίου μπορούσαν να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι και μέσα μας έχουμε τόσο μεγάλη πίεση, οπότε αντιλαμβανόμαστε μόνο τις διακυμάνσεις της πίεσης και όχι την ίδια την πίεση.

Στην συνέχεια, έπρεπε να Επικοινωνήσουν τα συμπεράσματά τους για την ατμοσφαιρική πίεση και το πού είναι μεγαλύτερη και να εξηγήσουν γιατί ο Torricelli χρησιμοποίησε υδράργυρο στο πείραμά του. Επίσης, έπρεπε να σκεφτούν πώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους πάνω στην υδροστατική και στην ατμοσφαιρική πίεση, ώστε να σχεδιάσουν μια ποτίστρα για ζώα.

Τέλος, στη φάση της Εμβάθυνσης, ερμήνευαν τη λειτουργία της βεντούζας συνδυάζοντάς την με το πείραμα των ημισφαιρίων του Μαγδεμβούργου και συνδύαζαν τις γνώσεις τους από την υδροστατική και την ατμοσφαιρική πίεση ώστε να απαντήσουν ότι, δεν θα είχε σημασία το πόσο φαρδύ ήταν το μπουκάλι του δεύτερου πειράματος του Προσανατολισμού, πάλι δεν θα χυνόταν το νερό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

6.1 Συνοπτική Ανάλυση και Ευρήματα των Βίντεο και των Φύλλων Εργασίας ανά Φάση της Διερευνητικής Μάθησης

Οι είκοσι επτά περίπου ώρες της συνολικής βιντεοσκόπησης απομαγνητοσκοπήθηκαν, καταγράφηκαν και αναλύθηκαν ως προς:

- την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στις δραστηριότητες
- την επίτευξη των στόχων της κάθε διερευνητικής φάσης
- την επικοινωνία, τη συνοχή και την αλληλεπίδραση των μαθητών στις ομάδες
- την αναγκαιότητα πρόσθετων υποστηρικτικών δομών (scaffolding).

Κάποια χαρακτηριστικά στιγμιότυπα από την αλληλεπίδραση των μαθητών στις ομάδες και τον τρόπο με τον οποίο αποτυπώνουν τις σκέψεις τους στα φύλλα εργασίας, με σύντομο σχολιασμό, παρατίθενται στη συνέχεια.

6.1.1 Πρώτη φάση - Προσανατολισμός

Όλες οι ομάδες προσεγγίζουν τις φάσεις του Προσανατολισμού όλων των μαθημάτων, με ενδιαφέρον και κατά περίπτωση, με ενθουσιασμό. Στο δεύτερο μάθημα, που αφορούσε στη σχέση της πίεσης με τη δύναμη, όταν οι μαθητές της πρώτης ομάδας καταφέρνουν να ανακαλύψουν πώς κατάλαβε η μαμά τη σκανταλιά του μικρού από το βάθος του αποτυπώματος, αυτοθανμάζονται:

Στιγμιότυπο 1

M1 «Μήπως εδώ (δείχνει τη φωτογραφία) δεν είναι (το αποτύπωμα) τόσο βαθύ;»

M4 «Ξέρεις γιατί; Τα παπούτσια έχουν το ίδιο μέγεθος και δεν το πάταγε καλά»

M2 «Όχι, ακούστε...»

M1 «Ναι, δεν το πάταγε τόσο καλά όσο ο πατέρας και δεν άφηναν το ίδιο αποτύπωμα γιατί δεν ήταν τόσο βαθύ το αποτύπωμα, ενώ το αποτύπωμα του πατέρα...»

M3 «Ε ναι, θα ήταν βαθύ, θα βούλιαζε»

M1 «Ενώ του μικρού δεν βουλιάζει!»

M2 «Γιατί δεν ασκεί τόση δύναμη!»

M1 «Ναι, δεν έχει τόσο βάρος και δεν πιέζει τόσο την άμμο!»

Ο M2 δείχνει τον κρόταφό του.

M1 «Άμα έχεις μυαλό!...»

M3 «Ε! άμα έχεις μυαλό τώρα...»

M2 «Ελάτε Einstein... τι γράφουμε τώρα;»

Στα πρώτα μαθήματα παρατηρείται δυσκολία των μαθητών στην γραπτή αποτύπωση επιστημονικών προτάσεων. Σε αυτό το πείραμα για παράδειγμα, ενώ προφορικά, όπως φαίνεται στο προηγούμενο στιγμιότυπο, αναφέρουν τις έννοιες της πίεσης και της δύναμης, στα φύλλα εργασίας δεν αναφέρουν την πίεση, αλλά το βάθος και δύο από τους μαθητές, στην προσπάθειά τους να περιγράψουν την έννοια της πίεσης, χρησιμοποιούν την έκφραση «βάθος του βάρους». Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M1: «Επειδή τα πόδια του μικρού ήταν μικρά και είχε μικρότερη δύναμη η πατημασιά του δεν ήταν τόσο βαθιά όσο του πατέρα του. Άρα η μάνα από το βάθος του βάρους το κατάλαβε»

M2: «Η μητέρα του το καταλαβε ότι τα έφαγε διότι τα πόδια του ήταν πιο μικρα από του πατέρα του αρα ασκουσαν μικροτερη δυναμη στο εδαφος και τα αποτηποματα του δεν ήταν βαθια»

M3: «Επειδή τα πόδια του μικρού ήταν μικρά η πατημασιά του δεν ήταν τόσο βαθιά όσο του πατέρα του και η μάνα από το βάθος του βάρους το κατάλαβε»

M4: «Η μητέρα του τον κατάλαβε διότι τα πόδια του όσο μεγάλα όσο είναι του πατέρα του άρα ασκούσε μικρότερη δύναμη στο έδαφος άρα τα αποτυπώματά του δεν ήταν βαθιά»

M5: «Επιδι το αποτιπομα του παιδιού που άφισε στο παπούτσι είναι μικρο και όχι οσο του πατερα το αποτίπομα»

Το ομαδικό φύλλο, που το είχε αναλάβει η M3, αποτυπώνει κυρίως την δική της σκέψη:

«Επειδή τα πόδια του μικρού ήταν μικρά και δεν πατούσε καλά η πατημασιά του δεν ήταν τόσο βαθιά όσο του πατέρα του. Άρα η μάνα από το βάθος του βάρους το κατάλαβε»

Ο ενθουσιασμός τους μένει αναλλοίωτος έως και το τελευταίο μάθημα. Στο τελευταίο μάθημα, η ίδια ομάδα (δύο μαθητές από την ομάδα έλλειπαν), προσπαθεί να κάνει το πρώτο πείραμα του Προσανατολισμού, το οποίο απαιτεί γρήγορο χειρισμό και θεωρείται αρκετά δύσκολο στην εκτέλεση. Οι μαθητές έπρεπε να γυρίσουν ένα ποτήρι γεμάτο με νερό που το είχαν σκεπάσει με ένα κομμάτι χαρτί ανάποδα και να δουν ότι δεν θα χυθεί το νερό:

Στιγμιότυπο 2

M1 «Πάρτε τα φύλλα μακριά από τα νερά»

M5 «Λέει να βάλουμε ένα χαρτί από πάνω και να το γυρίσουμε»

M2 «Εντάξει το έβαλα αλλά πώς να το γυρίσω;»

M5 «(δείχνει με τα χέρια) Κράτα το χαρτί και γύρνα έτσι»

M1 «Πρέπει να το κάνεις γρήγορα μάλλον, για να μην χυθεί»

M2 «Να, το γύρισα! Δεν χύνεται»

M5 «Ναι, αλλά πρέπει να βγάλεις το χέρι από κάτω, έτσι το έχει εδώ (δείχνει το φύλλο εργασίας)»

M1 «Ωχ! Άντε βγάλτο!»

M2 «Ωωωω!!!»

M5 «Ναι!!!»

M1 «Το κάναμε με τη μία!»

M2 «Καλά... άμα το πούμε στους άλλους!... Ξέρετε γιατί;»

M1 «Γιατί το κρατάει η ατμοσφαιρική πίεση!»

M2 «Ναι! Γιατί η πίεση του νερού (η υδροστατική) δεν είναι αρκετή και δεν πέφτει»

Αυτό το στιγμιότυπο δείχνει ότι, κυρίως στα τελευταία μαθήματα, έχουν αρχίσει να αποκτούν ερευνητικό τρόπο σκέψης, καθώς αμέσως μετά τον ενθουσιασμό, ερχόταν αυτόματα η ανάγκη για ερμηνεία.

Το συγκεκριμένο πείραμα εκτός από εντυπωσιακό ήταν και μια ευκαιρία να αναθεωρήσουν την άποψή τους για το πόσο μεγάλη είναι η ατμοσφαιρική πίεση. Η πέμπτη ομάδα για παράδειγμα συμφώνησε ότι το χαρτί είναι αδύνατον να συγκρατήσει το νερό του ποτηριού και όταν κατάφεραν να κάνουν το πείραμα παραδέχθηκαν ενθουσιασμένοι τη λάθος αρχική εκτίμησή τους:

Στιγμιότυπο 3

M24 «Ούτε καν! Δεν μπορεί να το συγκρατήσει!»

M22 «Λίγο (νερό) ίσως... αλλά ολόκληρο ποτήρι;»

M23 «Ε... ναι!»

Είναι τόσο σίγουροι, που γράφουν όλοι στα φύλλα εργασίας, ακόμη και στο ομαδικό: «Όχι, δεν μπορεί»

Κάνουν το πείραμα στο πάτωμα οι M22 και M24, αλλά το γυρίζουν αργά και χύνεται.

M24 «Να... πέφτει»

M21 «Για να το έχει στη φωτογραφία, μήπως γίνεται... Αν το γυρίσεις απότομα;»

M22 «Μην το κρατάς (το χαρτί) τώρα!»

Όλοι μαζί «Ω!!! Το κρατάει (το νερό)!»

Ο M24 περνάει το ανάποδο ποτήρι με το νερό πάνω από το κεφάλι του M21 και γελάνε.

M21 «Φοβερό!»

M24 «Κυρία δεν πέφτει! Τα καταφέραμε! Είμαι pro! Φέρτε μου ένα χαρτί, θέλω να το ξανακάνω!»

M25 «Το είπα ότι θα γίνει;»

M23 «Ήτανε τέλειο!»

Επαναλαμβάνουν το πείραμα, σβήνουν τα φύλλα εργασίας και γράφουν:

«Και όμως μπορεί!»

Το προηγούμενο στιγμιότυπο εκτός από τον ενθουσιασμό των μαθητών, δείχνει και ότι η δέσμευσή τους με τις δραστηριότητες ήταν ισχυρή. Σε αυτό το πείραμα, παρότι οι πρώτες προσπάθειες των περισσότερων ομάδων ήταν αποτυχημένες γιατί γυρνούσαν το ποτήρι αργά, όταν είδαν από τις άλλες ομάδες ότι γινόταν, έσκιζαν και άλλα χαρτιά για να ξαναδοκιμάσουν.

Η εκπαιδευτικός φρόντιζε να μην επεμβαίνει στη φάση του Προσανατολισμού και να μην δίνει πρόσθετη υποστήριξη, γιατί η φάση αυτή αναδεικνυε τα εναλλακτικά νοητικά ή ερμηνευτικά σχήματα, τα οποία οι μαθητές θα μπορούσαν μόνοι τους να ανασκευάσουν κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων φάσεων.

Κυρίως στο τρίτο μάθημα, η λάθος εκτίμηση των περισσότερων ομάδων ότι η πίεση εξαρτάται μόνο από ένα φυσικό μέγεθος (Στιγμιότυπο 5), ήταν αναμενόμενη και εξυπνήτησε έναν βασικό στόχο του μαθήματος που ήταν η εξάρτηση ενός φυσικού μεγέθους από δύο άλλα μεγέθη και η συνειδητοποίηση της αναγκαιότητας εισαγωγής της έννοιας της πίεσης.

Εξίσου αναμενόμενη ήταν στο έκτο μάθημα η λάθος εκτίμηση των μαθητών ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου και τον όγκο του υγρού. Η πρώτη ομάδα για παράδειγμα, διόρθωσε μόνη της το εναλλακτικό ερμηνευτικό σχήμα που ακολουθεί, στη συνέχεια του μαθήματος, στη φάση της Διερεύνησης (Στιγμιότυπο 35), μέσω του εικονικού πειράματος:

Στιγμιότυπο 4

M5 «Βασικά, ... ο ωκεανός έχει αλατότητα...»

M3 «Ποιος; Περίμενε... (Διαβάζει) Εγώ πιστεύω ότι έχει σημασία το σχήμα, αν είναι πισίνα ή ωκεανός... δεν θα είναι το ίδιο»

M2 «Ε ναι, αφού η πισίνα είναι μικρή...»

M4 «Σωστά»

M1 «Καλά, γράφουμε ότι εξαρτάται και βλέπουμε... εδώ λέμε τι πιστεύουμε...»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν όλοι:

«Δεν θα νιώσω το ίδιο. Πιστεύω ότι εξαρτάται η υδροστατική πίεση ανάλογα με το σχήμα»

Στο τρίτο μάθημα η τρίτη και η δεύτερη ομάδα επίσης ξεκινούν από εναλλακτικό ερμηνευτικό σχήμα, για το ποιος θα ασκήσει τη μεγαλύτερη πίεση στο χώμα, καθώς λαμβάνουν υπόψιν μόνο την επίδραση της δύναμης στην πίεση και όχι της επιφάνειας. Η τρίτη ομάδα διορθώνει μόνη της το εναλλακτικό σχήμα στη φάση της Διερεύνησης (Στιγμιότυπο 31).

Η τρίτη ομάδα, εκτός των εναλλακτικών νοητικών σχημάτων, δυσκολεύεται και λόγω μη ενεργούς συμμετοχής κάποιων μαθητών αλλά και η δεύτερη ομάδα που έχει πολύ καλύτερη συνεργασία μένει αποκλειστικά στην επίδραση της δύναμης:

Στιγμιότυπο 5

M6 *«Λοιπόν παιδιά τι γράψατε; Εγώ λέω ότι θα βουλιάζει η τρία»*

M8 *«Κι' εγώ έτσι λέω... Αφού η τρία έχει πολύ βάρος»*

M6 *«Ναι, ζυγίζει τόνους!»*

M10 *«Εννοείται... είναι η πιο βαριά»*

M9 *«Ναι και ασκεί μεγαλύτερη πίεση στο χώμα»*

M6 *«Οπότε βουλιάζει περισσότερο. Εντάξει, το γράφουμε στο ομαδικό»*

M9 *«Γράφουμε ότι η κυρία που θα βούλιαζε περισσότερο είναι η τρία...»*

M6 *«Γιατί έχει μεγαλύτερο βάρος»*

M9 *«Αηλαδή ασκεί μεγαλύτερη δύναμη»*

M8 *«Και αυτή που θα βούλιαζε λιγότερο είναι η δύο»*

M7 *«Γιατί έχει το λιγότερο βάρος απ' τις τρεις»*

Στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφουν:

M6 *«Στο μαλακό χώμα πιστεύω ότι η κυρία που θα βούλιαζε περισσότερο θα ήταν η κυρία 3 διότι ζυγίζει τόνους!!! Ενώ η κυρία 2 ως πιο λεπτή θα βούλιαζε λιγότερο από όλες»*

M7 *«Στο μαλακό χώμα θα βουλιάζει η τρία γιατί ζυγίζει περισσότερο βάρος από τις άλλες εικόνες»*

M8 *«Στο ποιο μαλακό χώμα η εικόνα 3 θα βούλιαζε περισσότερο γιατί έχει ποιο πολύ βάρος και στο λιγότερο θα βούλιαζε η εικόνα 2»*

M9 *«Η κυρία που θα βούλιαζε περισσότερο είναι η 3 γιατί έχει το μεγαλύτερο βάρος και ασκεί περισσότερη πίεση στο χώμα. Η κυρία που θα βούλιαζε λιγότερο είναι η 2 γιατί έχει το λιγότερο βάρος και ασκεί λιγότερη πίεση στο χώμα.»*

M10 *«η 3 κυρία θα βουλιάζει γιατί είναι πιο βαριά και αυτή που δεν βουλιάζει είναι η 2»*

Στο ομαδικό φύλλο γράφουν:

«Η κυρία που θα βουλιαζε είναι η τρία γιατί έχει το μεγαλύτερο βάρος και ασκεί πιο πολύ δύναμη. Η κυρία που θα βουλιαζε λιγότερο είναι η δυο γιατί έχει λίγο βάρος»

Όπως φαίνεται στο προηγούμενο παράδειγμα οι απαντήσεις που δόθηκαν γραπτά από την δεύτερη ομάδα δεν ήταν όμοιες. Οι περισσότεροι μαθητές ωστόσο, δίσταζαν να γράψουν την προσωπική τους άποψη, πιθανότατα γιατί έχουν μάθει να φοβούνται το λάθος στα γραπτά τους, αντιμετωπίζοντάς τα σαν διαγωνίσματα, έτσι προτιμούσαν να μοιραστούν την ευθύνη με την ομάδα τους. Όπως φαίνεται στα στιγμιότυπα τέσσερα και έξι, ενώ οι μαθητές δεν είχαν πρόβλημα στο να εκφράσουν την άποψή τους λεκτικά, για να γράψουν την άποψή τους στο φύλλο εργασίας, έπρεπε πρώτα να καταλήγουν στην ίδια άποψη και με την ίδια διατύπωση ως ομάδα.

Κάποια εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα δεν ήταν σε θέματα της Φυσικής. Στο πρώτο μάθημα η πρώτη και η τρίτη ομάδα απάντησε λανθασμένα, γιατί κανείς από τους μαθητές των ομάδων δεν ήξερε τι είναι ο φακίρης. Το λάθος συνεχίστηκε μέχρι τη φάση της Επικοινωνίας, όπου με την βοήθεια των υπόλοιπων ομάδων (Στιγμιότυπο 50), αναθεώρησαν:

Στιγμιότυπο 6

M4 *«Εγώ λέω ότι θα κάτσει στο ένα (καρφί)».*

M2 *«Ναι, αλλά αφού τα πολλά καρφιά έχουν μεγάλη επιφάνεια, θα κάτσει καλύτερα»*

M3 *«Επιφάνεια... Δηλαδή αυτό που ακουμπάει;»*

M4 *«Ναι, στο ένα δεν μπορεί (να καθίσει)»*

M1 *«Ναι... Ωραία γράφουμε αυτό. Όλοι το ίδιο έτσι;»*

M3 *«Δηλαδή τι γράφουμε;»*

M1 *«Γράφουμε ... (ξανακοιτάει την ερώτηση) πραγματικός φακίρης είναι αυτός με τα 200 (καρφιά)».*

Όταν κάποιος από την ομάδα έχει διαφορετική άποψη, επιστρατεύουν τις γνώσεις, την λογική, ακόμη και τους γονείς τους για να τον πείσουν, όπως η τέταρτη ομάδα στο τέταρτο μάθημα όπου έπρεπε να εισαχθούν στην έννοια της υδροστατικής πίεσης μέσω μιας νοερής βουτιάς:

Στιγμιότυπο 7

M18 *«Η πίεση μας τραβάει πιο κάτω, δεν μας κάνει τα αυτιά...»*

M17 *«Αφού η πίεση είναι που όσο πιο βαθιά πηγαίνουμε βουλώνουν τα αυτιά (γυρίζει στους άλλους) Έτσι δεν είναι;»*

M19 *«Ναι...»*

M18 «Ναι, αλλά και όσο πιο ψηλά πηγαίνουμε βουλώνουν τα αυτιά! Και όταν πηγαίνουμε στα βουνά. Σίγουρα πίεση;»

M16 «Είναι στο βουνό, αλλά είναι άλλη και στη θάλασσα»

M18 «Και βουλώνουν τα αυτιά;»

M17 «Δεν το έχεις ακούσει που το λένε και οι γονείς μας; Μη βουτάς βαθιά γιατί θα βουλώσουν τα αυτιά σου;»

M18 «Μμμ... ναι, σωστά».

Η συνεργασία όλων των ομάδων ήταν πολύ καλή και η αλληλεπίδρασή τους μέσω συζήτησης εποικοδομητική. Τα δύο επόμενα στιγμιότυπα δείχνουν τις συνεργασίες της πρώτης και της τέταρτης ομάδας στο τρίτο μάθημα όπου ψάχνουν ανάμεσα στις τρεις εικόνες ποια θα βούλιαζε περισσότερο:

Στιγμιότυπο 8

M5 «Ε... νομίζω ο ελέφαντας η... τρία»

M3 «Μα δεν είναι κυρία!»

M1 «Μην κολλάς... δεν είναι εκεί το πρόβλημα...»

M4 «Η τρία; Όμως η τρία έχει μεγαλύτερη πατούσα, οπότε μεγάλη επιφάνεια»

M1 «Εγώ λέω η ένα. Ασκεί μεγαλύτερη πίεση»

M3 «Ναι, θα βούλιαζε η ένα γιατί η τρία δεν είναι κυρία και η δύο φαίνεται ότι έχει λιγότερα κιλά... και λιγότερο βάρος»

M1 «Περιμένετε να δούμε... Μήπως τελικά είναι η δύο;»

M3 «Γιατί να είναι η δύο;»

M5 «Γιατί μικρός άνθρωπος, μικρή επιφάνεια, μεγάλη πίεση που το σπρώχνει (το έδαφος) προς τα μέσα»

M2 «Στο φύλλο λέει απαντήστε λογικά. Λογικά ποια θα βουλιάζει; Η δύο που είναι η πιο λεπτή;»

M3 «Αν είναι η δύο... επειδή είναι η πιο ελαφριά βουλιάζει πιο πολύ;»

M1 «Όχι περίμενε... η δύο έχει μικρή μάζα, άρα θα έχει μικρότερο βάρος, οπότε η δύναμη που ασκείται στο έδαφος είναι πιο μικρή. Δεν μπορεί να είναι η δύο!»

M3 «Εγώ θα έλεγα η ένα»

M1 «Ναι, αφού ο ελέφαντας έχει μεγάλη πατούσα η ένα θα είναι γιατί είναι πιο βαριά από τη δύο»

M2 «Αφού έχει μικρή επιφάνεια και... μεγάλο βάρος! Αυτό να γράψουμε!»

M5 «ο.κ., η ένα»

Στην πρώτη ομάδα, όπως δείχνει το προηγούμενο στιγμιότυπο, παρατηρείται συμμετοχή όλων των μαθητών. Σε κάποιες ομάδες ωστόσο, συγκεκριμένα στην τρίτη και στην τέταρτη, η συμμετοχή περιορίζεται στα δύο με τρία από τα πέντε μέλη της ομάδας. Στο ίδιο μάθημα, η τέταρτη ομάδα για παράδειγμα, έχει αναπτύξει μία έντονη και εξαιρετικά αποδοτική επιχειρηματολογία, που εμπεριέχει ακόμη και νοερό πείραμα, αλλά δεν συμμετέχουν όλοι οι μαθητές εξίσου. Δύο μαθητές δεν συμμετέχουν τόσο ενεργά όσο οι υπόλοιποι, παρότι καλούνται από τους υπόλοιπους να πάρουν θέση:

Στιγμιότυπο 9

M16 «Εγώ νομίζω ότι θα βουλιάζει το ένα»

M17 «Γιατί;»

M16 «Γιατί το πόδι του ελέφαντα είναι πολύ μεγάλο, άρα δεν θα βουλιάζει τόσο...»

M18 «Ναι, αλλά είναι πολύ παχύς...»

M16 «Το πόδι του όμως είναι πλατύ»

M18 «Θα μου πεις δηλαδή ότι και η γυναίκα που είναι στη δύο θα βουλιάζει και αυτή επειδή έχει πιο μικρή πατούσα;»

M16 «Ε, ναι...μάλλον...»

M18 «Κοίτα, η δύο είναι απ' έξω, δεν μπορεί να είναι αυτή»

M17 «Το βάρος του ελέφαντα είναι πολύ μεγάλο! Όσο μεγάλη πατούσα και να έχει...»

M16 «Εγώ ξαναλέω ότι η πατούσα του έχει μεγάλη επιφάνεια, άρα η πίεση που ασκεί είναι μικρή!»

M3 «Μήπως θα βουλιάζουν το ίδιο;»

M17 «Όχι, η ένα και η δύο αποκλείεται... η δύο θα βουλιάζει λιγότερο γιατί έχει λιγότερο βάρος»

M16 «(γυρίζει στους υπόλοιπους) Εσείς τι λέτε;»

O M19 σηκώνει τους ώμους.

M20 «Ο ελέφαντας πάντως είναι βαρύς»

M17 «Κοίτα... Πάρε μια πέτρα μικρή και μια πέτρα μεγάλη και πέταξέ τες στο μαλακό χώμα. Ποια θα βουλιάζει περισσότερο;»

M16 «Ναι, αλλά η μικρή πέτρα θα είναι τόση ενώ η μεγάλη θα είναι τόση (δείχνει με τα χέρια τον όγκο). Οι πέτρες θα βουλιάζουν το ίδιο!»

M18 «Πάντως πρέπει να παίζει ρόλο το βάρος»

M16 «Θα βουλιάζει λοιπόν η κυρία ένα»

M17 «Γιατί έχει χοντρά πόδια;»

M16 «Επειδή και είναι υπέρβαρη και έχει μικρή επιφάνεια επαφής!»

M18 «Ο ελέφαντας δεν είναι υπέρβαρος;»

M16 «Ναι, αλλά έχει μεγάλη επιφάνεια επαφής!»

M17 «Ακούστε, ο ελέφαντας συνήθως πατάει σε μαλακό χώμα και δεν βουλιάζει»

M16 «Ακριβώς και κοιτάζτε τι λέει παρακάτω (στο φύλλο εργασίας), ποια φυσικά μεγέθη πρέπει να συνδυαστούν, οπότε δεν παίζει ρόλο μόνο το βάρος, γι' αυτό είναι η γυναίκα, γιατί έχει και μικρή επιφάνεια!»

M17 «Άρα η κυρία με το ένα!»

M18 «Ναι!»

M16 «Αυτό λέω τόση ώρα!»

M17 «Ωραία! (γέλια)»

M18 «Επιτέλους!»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M16 «Η κυρία με τον αριθμό 1 θα βούλιαζε περισσότερο καθώς έχει μεγάλη μάζα και μικρή επιφάνεια επαφής = ασκεί μεγάλη πίεση άρα θα βουλιάζει»

M17 «Θα βούλιαζε περισσότερο η γυναίκα με τον αριθμό 1 γιατί ισχύει το εξής: έχει μεγάλο βάρος και μικρή επιφάνεια και έτσι βουλιάζει»

M18 «Θα βούλιαζε περισσότερο η γυναίκα με τον αριθμό ένα γιατί έχει μεγάλη μάζα και μικρή επιφάνεια επαφής»

M19 «Θα βούλιαζε η γυναίκα με τον αριθμό ένα γιατί έχει μεγαλύτερη μάζα από τον αριθμό δύο και μικρή επιφάνεια άρα βουλιάζει»

M20 «Θα βουλιαζε περισσότερο η γυναίκα με τον αριθμό ένα γιατί έχει μεγάλη μάζα και μικρή επιφάνεια και πατάει περισσότερο»

Και στο ομαδικό φύλλο γράφουν:

«Η κυρία με τον αριθμό 1 θα βουλιάζει περισσότερο καθώς ισχύει το εξής: μεγάλη δύναμη, μικρή επιφάνεια = μεγάλη πίεση (άρα βουλιάζει)»

Παρόμοια και στην τρίτη ομάδα οι δύο μαθητές που δεν συμμετέχουν, καλούνται από τους υπόλοιπους να πούνε τη γνώμη τους. Στα δύο πρώτα μαθήματα δεν εκφράζουν άποψη παρά μόνο αν ερωτηθούν. Στο τρίτο μάθημα στη φάση της Διερεύνησης όπου η ομάδα δυσκολεύεται πολύ στη σύνδεση των φυσικών μεγεθών, γιατί έχει λάβει υπόψη της μόνο

τη δύναμη σαν παράγοντα επίδρασης στην πίεση και όχι την επιφάνεια, η ένταση κλιμακώνεται (Στιγμιότυπο 31). Στο τέταρτο μάθημα όπου έλλειπε ο M12, αναγκάστηκαν εκ των πραγμάτων να συμμετάσχουν περισσότερο:

Στιγμιότυπο 10

M15 «Ναι, βουλώνουν τα αυτιά άμα βουτάμε»

M13 «Μπαίνει νερό»

M11 «Όχι, λέει (στο φύλλο εργασίας) άμα πας πιο βαθιά βουλώνουν»

M14 «Γιατί είσαι βαθιά...»

M11 «Έχει πιο πολύ πίεση άμα είσαι βαθιά»

M13 «Ναι γιατί υπάρχει πιο πολύ νερό»

M11 «Να γράψουμε ότι αυξάνεται η πίεση βαθιά στη θάλασσα»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M11: «Λόγω του ότι υπάρχει μεγάλη πίεση κάτω στην θάλασσα και γενικότερα όσο πιο βαθιά πας τόσο μεγαλώνει η πίεση»

M13: «Αυξάνεται η πίεση αν πας πιο βαθιά στο νερό. Το νερό φταίει για την μεγάλη πίεση»

M14: «αφζανετε η πεισει απο το νερο»

M15: «εχει πιο πολη πιεση οσο πιο βαθια πας»

Από την καταγραφή των φύλλων εργασίας, φαίνεται ότι όπως και στην τέταρτη ομάδα, οι μαθητές της τρίτης ομάδας που δεν συμμετέχουν ενεργά, έχουν άποψη.

Στο πέμπτο μάθημα, όπου βλέπουν τις εικόνες με το μέλι, το λάδι, τον Δία και τη Σελήνη και πρέπει να τα συνδέσουν στην εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας, ο M12 της τρίτης ομάδας δυσκολεύεται και τους καλεί για βοήθεια:

Στιγμιότυπο 11

M12 «Άμα βουτήξουμε στο μέλι θα νιώθουμε την ίδια πίεση με το νερό;»

M14 «Καλό κι αυτό!»

M13 «Όχι, γιατί δεν θα πάμε τόσο βαθιά. Το μέλι είναι ... πυκνό»

M12 «Αφού λέει στο ίδιο βάθος»

M13 «Δεν ξέρω...»

M12 «(γυρνάει στους υπόλοιπους) Ρε παιδιά, πες τε και εσείς τη γνώμη σας... Τι πιστεύετε; Θα νιώθαμε το ίδιο;»

Οι M11 και M15 δεν του απαντούν και συζητάνε μεταξύ τους.

M12 *«Καλά, γράψτε εδώ ότι πιστεύετε και βλέπουμε μετά. Εγώ λέω ότι δεν θα ήταν το ίδιο»*

Η κοινωνική ρύθμιση σε αυτή την ομάδα ήταν δύσκολη και στο έκτο μάθημα αναγκάστηκε να επέμβει η εκπαιδευτικός, αλλάζοντάς τους θέσεις. Στα τρία τελευταία μαθήματα, ωστόσο, η ομάδα επικοινωνούσε περισσότερο και συνεργαζόταν ικανοποιητικά. Στο έβδομο μάθημα μάλιστα, στη φάση της Διερεύνησης λένε ότι είναι η καλύτερη ομάδα (Στιγμιότυπο 32).

Οι υπόλοιπες ομάδες βρίσκανε τρόπο ρυθμίζονται κοινωνικά και να συν-ρυθμίζονται. Η πρώτη ομάδα, στο έβδομο μάθημα έπρεπε να παρατηρήσει το πείραμα με το κλειστό τρύπιο μπουκάλι από το οποίο δεν χύνεται το νερό, ενώ όταν ανοίξει το καπάκι χύνεται. Ένας μαθητής που παίζει με το καπάκι, αντί να συνεργάζεται, σταματά λόγω των συμμαθητών του:

Στιγμιότυπο 12

M5 *«Α! Δεν παίρνει αέρα! Είναι κενό αέρος αυτό!»*

M4 *«Άμα φυσήξω μέσα τι θα γίνει;»*

Ο M1 ανοίγει και κλείνει το καπάκι.

M3 *«Ωχ! τι έγινε; M1 πώς το έκανες αυτό!»*

Ο M4 δεν το πιστεύει και ανοιγοκλείνει το καπάκι μόνος του.

M1 *«Αφού το λέει εδώ (δείχνει το φύλλο εργασίας) ανοίξτε και κλείστε το καπάκι...»*

M2 *«Όταν ανοίγει το καπάκι χύνεται το νερό»*

M3 *«Σαν ντους!»*

Ο M4 συνεχίζει να παίζει με το καπάκι.

M1 *«Εντάξει, τελειώσαμε το πείραμα, προχωράμε... μην αργήσουμε σαν την άλλη φορά»*

Ο M4 συνεχίζει και ο M2 παίρνει τη λεκάνη και την πάει στην έδρα.

M4 *«Εντάξει και τι γράφουμε;»*

M3 *«Ότι είδαμε... γράφουμε ότι όταν είναι κλειστό το καπάκι δεν βγαίνει νερό, ενώ όταν το ανοίξουμε βγαίνει»*

Ανάλογα περιστατικά έχουν γίνει από όλες τις ομάδες σε διάφορες φάσεις της Διερευνητικής και με ποικίλους τρόπους. Αυτό δείχνει ότι οι ομάδες ένιωθαν κάτοχοι της μεθόδου, τα προβλήματα των μαθημάτων γινόταν δικά τους και έπρεπε να τα λύσουν συλλογικά.

Η στάση των μαθητών απέναντι στο μάθημα της Φυσικής, φάνηκε να αλλάζει θετικά, από τα πρώτα κιόλας μαθήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της αλλαγής αυτής, ήταν η

ανάγκη ενός μαθητή να την εκφράσει στην εκπαιδευτικό. Στο δεύτερο μάθημα, όπου έπρεπε να συνδυάσουν το βάθος του αποτυπώματος που ήταν το αποτέλεσμα της πίεσης του παπουτσιού στην άμμο με τη δύναμη, ένας μαθητής της δεύτερης ομάδας, που αντιμετώπιζε δυσκολίες στη Φυσική, κατάλαβε τη σχέση και χαρούμενος την εξήγησε σε έναν άλλο μαθητή της ομάδας:

Στιγμιότυπο 13

M9 «Κάτσε, άμα πατήσει ο μικρός, το πόδι του είναι πιο μικρό αλλά το παπούτσι είναι μεγάλο... δεν πατάνε το ίδιο»

M6 «Θα αφήσει πιο λίγο αποτύπωμα. Έτσι τον κατάλαβε...»

M9 «Θα είναι πιο... λίγο (Κάνει κάθετη κίνηση με το χέρι) Α! Ναι! ...»

M7 «Εγώ δεν κατάλαβα»

M6 «Πώς τον κατάλαβε η μάνα; Ζυγίζει ο πατέρας όσο το παιδί;»

M7 «Όχι»

M6 «Ε, το αποτύπωμα που θα αφήσει θα είναι πιο ... (δείχνει με τα δύο δάχτυλα) λεπτό»

M7 «Α! Ναι!»

Ο M8 γυρίζει πίσω. «Πώς τον κατάλαβε ρε παιδιά;»

M7 «Κάτσε, θα του το πω εγώ! ... γιατί ο πατέρας ζυγίζει περισσότερο από το παιδί, έχει πιο πολύ βάρος και έκανε πιο πολύ αποτύπωμα»

Στο τέλος της φάσης αυτής, ο M7 έσπευσε να δηλώσει:

Στιγμιότυπο 14

M7 «Κυρία, θα σας πω την αλήθεια! Η Φυσική δεν μου άρεσε καθόλου παλιά»

Ε «Ναι;!...»

M7 «Τώρα όμως μου αρέσει πάρα πολύ!!! Ωραία μέθοδος!»

Ε «Χαίρομαι! Τι σου αρέσει δηλαδή περισσότερο;»

M7 «Που τα κάνουμε μόνοι μας και ... συζητάμε!»

Ε «Μπράβο!»

6.1.1.1 Ευρήματα από τη Φάση του Προσανατολισμού

Ο κύριος στόχος της φάσης του Προσανατολισμού, που ήταν η πρόκληση ενδιαφέροντος, το έναυσμα για την ενεργή ενασχόληση με το εκάστοτε θέμα, όπως φαίνεται και από τα στιγμιότυπα που προηγήθηκαν, επετεύχθη για όλες τις ομάδες. Η δέσμευση των ομάδων

με τις δραστηριότητες ήταν ισχυρή (Στιγμ. 3), ενώ η περιέργεια και ο ενθουσιασμός των περισσότερων μαθητών, από τα θέματα του Προσανατολισμού, διατηρήθηκε αναλλοίωτος μέχρι το τελευταίο μάθημα (Στιγμ. 2).

Η συμμετοχή των μαθητών ήταν καθολική, σε ότι αφορά στην συμπλήρωση των φύλλων εργασίας και η αλληλεπίδρασή τους εποικοδομητική. Οι περισσότερες ομάδες κατάφεραν να συν-ρυθμίζονται, μέσω της ανταλλαγής ιδεών ή της συνεργασίας στις δραστηριότητες (Στιγμ. 9) και να ρυθμίζονται κοινωνικά, κατακτώντας τους στόχους της ομάδας (Στιγμ. 12). Ωστόσο, υπήρξαν και μεμονωμένες περιπτώσεις μαθητών που παρουσίασαν δυσκολία στη συνύπαρξή τους μέσα στην ομάδα και στη συνεργασία τους, δυσχεραίνοντας την διαδικασία μάθησης όλης της ομάδας (Στιγμ. 11).

Οι μαθητές που δυσκολεύονταν περισσότερο στην κατανόηση των εννοιών στα παραδοσιακά μαθήματα, ήταν αυτοί που ενθουσιάστηκαν περισσότερο με την αλλαγή της μεθόδου μάθησης (Στιγμ. 14) και οι πιο πρόθυμοι να βοηθήσουν τους συμμαθητές τους (Στιγμ. 13).

Στα αρχικά μαθήματα, από τα φύλλα εργασίας, φάνηκε δυσκολία στην καταγραφή επιστημονικών προτάσεων (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 1), η οποία σταδιακά, όσο προχωρούσαν τα μαθήματα, έφθινε (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 9). Επίσης παρατηρήθηκε ότι ενώ οι μαθητές δεν είχαν πρόβλημα στο να εκφράσουν την άποψή τους λεκτικά, για να γράψουν την άποψή τους στο φύλλο εργασίας, έπρεπε πρώτα να καταλήγουν στην ίδια άποψη και με την ίδια διατύπωση ως ομάδα (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 4).

Τα ομαδικά φύλλα εργασίας αντανάκλουν την κοινωνικά ρυθμισμένη άποψη (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 9), χωρίς να είναι απαραίτητα σωστή (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 5), αλλά στα πρώτα κυρίως μαθήματα παρατηρήθηκε ο μαθητής που είχε αναλάβει το ομαδικό φύλλο, να καταγράφει την προσωπική του άποψη (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 1).

Στον Προσανατολισμό, συνήθως οι μαθητές έπρεπε να παρατηρήσουν ένα θέμα, ώστε να στη συνέχεια να αναγνωρίσουν το πρόβλημα και να δημιουργήσουν ερωτήματα. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, οι μαθητές φάνηκε να παρατηρούν πιο προσεκτικά και να σκέφτονται πιο κριτικά. Στα τελευταία μαθήματα, είχαν αρχίσει να αποκτούν ερευνητικό τρόπο σκέψης, με την έννοια της ανάγκη τους να ερμηνεύουν άμεσα ένα φαινόμενο που παρατηρούσαν (Στιγμ. 2), κάτι που δεν είχε παρατηρηθεί στα πρώτα μαθήματα (Στιγμ. 6).

Τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα που παρατηρήθηκαν, ειδικά στο τρίτο και το έκτο μάθημα όπου οι μαθητές έπρεπε να συνθέσουν τις τελικές έννοιες, ήταν αρκετά (Στιγμ. 4,5,6). Μέσω συν-ρύθμισης (Στιγμ. 7) και κοινωνικής ρύθμισης (Στιγμ. 8), πολλά από αυτά τα σχήματα άλλαξαν, ενώ υπήρξαν και περιπτώσεις, όπου οι ομάδες διόρθωσαν τις απαντήσεις τους μέσω των επόμενων φάσεων (Στιγμ. 5,6).

Στην φάση αυτή δεν δόθηκε πρόσθετη υποστήριξη από την εκπαιδευτικό, πέραν του φύλλου εργασίας, καθώς για να διορθωθεί μία λανθασμένη εκτίμηση των μαθητών, έπρεπε πρώτα να αναδειχθεί. Αρκετά από τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών

διορθώθηκαν ή από τους ίδιους, μέσα στις ομάδες, ή με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού στις επόμενες φάσεις.

6.1.2 Δεύτερη φάση – Διατύπωση του Προβλήματος

Οι περισσότερες ομάδες, από τα πρώτα μαθήματα, συνεργάστηκαν αρμονικά για να μπορέσουν να διαμορφώσουν και να διατυπώσουν το πρόβλημα, χωρίς αυτό από μόνο του να οδηγεί πάντα σε σωστά αποτελέσματα. Η συνεργασία τους ωστόσο ήταν αποδοτική, καθώς σαν ομάδα κατάφεραν να διασαφηνίσουν έννοιες οι οποίες σε ατομικό επίπεδο τους δυσκόλευαν, όπως με την έννοια της καθετότητας στο πρώτο μάθημα όπου όλες οι ομάδες χρειάστηκε να την διαπραγματευτούν.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, αποτελεί η πρώτη ομάδα, στο πρώτο μάθημα, η οποία διευκρινίζει την έννοια της καθετότητας, αλλά αντί να εντοπίσει την αλλαγή της πίεσης λόγω αλλαγής της επιφάνειας, λέει ότι θα αλλάξει το βάρος του βιβλίου και συνδέει την αλλαγή της επιφάνειας με την σταθερότητα του βιβλίου:

Στιγμιότυπο 15

M1 *«Παιδιά διαβάσατε το δεύτερο; (την Διατύπωση του προβλήματος) Τι εννοεί κάθετα;»*

M4 *«Έτσι μάλλον (βάζει το βιβλίο κάθετα στην επιφάνεια του κεφαλιού)»*

M3 *«Α, έτσι είναι; Εγώ νόμιζα ότι το βάζουμε έτσι (βάζει το βιβλίο οριζόντια στην επιφάνεια αλλάζοντάς του προσανατολισμό)»*

M4 *«Αυτό είναι οριζόντια»*

M2 *«Ναι, κάθετα είναι έτσι (δείχνει)»*

M1 *«Ναι, έτσι ... κάθετα στην επιφάνεια του κεφαλιού θα το βάλουμε τώρα (το βιβλίο)»*

M4 *«Κάτι με το βάρος είναι; Εγώ το ίδιο νιώθω...»*

M2 *«Όχι κοίτα έτσι (οριζόντια) έχει μεγαλύτερη επιφάνεια και έτσι (κάθετα) μικρότερη»*

M1 *«Ναι και έτσι κάθετα καλύτερα στο κεφάλι μας γιατί η επιφάνειά του είναι ...»*

M3 *«Ίδια με το κεφάλι μας, ενώ κάθετα είναι μικρότερη και πέφτει»*

M2 *«Ωραία αυτό να γράψουμε»*

Στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφουν:

M1 *«Βάζοντας το βιβλίο οριζόντια παρατηρούμε ότι στέκετε επειδή έχει περίπου ίδια επιφάνεια και σχήμα ενώ κάθετα έχει μικρότερη επιφάνεια και πίεση και έχει μεγαλύτερο βάρος και δεν είναι πλατύ όπως το κεφάλι μας»*

M2 «Βάζοντας το βιβλίο οριζόντια στο κεφάλι μας παρατηρούμε ότι στέκετε λόγω ότι έχει ίδια επιφάνεια με το κεφάλι μας, ενώ κάθετα δεν στέκετε επειδή έχει μικρότερη επιφάνεια και μεγαλύτερο βάρος»

M3 «Οριζόντια το βιβλίο θα σταθεροποιηθεί, γιατί έχει μεγάλη επιφάνεια που είναι σχεδόν ίση με το κεφάλι μας. Ενώ κάθετα δεν θα σταθεροποιηθεί και δεν έχει τόσο μεγάλη επιφάνεια όσο το κεφάλι μας και έχει περισσότερο βάρος»

M4 «Βάζοντας το βιβλίο οριζόντια στο κεφάλι μας βλέπουμε ότι στέκετε λόγω του ότι έχει ίδια επιφάνεια με το κεφάλι μας ενώ κάθετα έχει μικρότερη επιφάνεια άρα δεν στέκετε επειδή και μεγαλύτερο βάρος»

M5 «Βάζοντας το βιβλίο οριζόντια παρατηρούμε ότι το βιβλίο να στέκετε λόγω ότι έχει ίδια επιφάνεια με το κεφάλι μας ενώ κάθετα έχει μικρότερη επιφάνεια και μεγαλύτερο βάρος»

Στο ομαδικό φύλλο εργασίας γράφουν: «Βάζοντας το βιβλίο οριζόντια στο κεφάλι μας θα σταθεροποιηθεί, γιατί έχει μεγάλη επιφάνεια που είναι σχεδόν ίση με το κεφάλι μας. Ενώ κάθετα δεν θα σταθεροποιηθεί γιατί δεν έχει τόσο μεγάλη επιφάνεια όσο το κεφάλι μας και έχει περισσότερο βάρος»

Από το δεύτερο κιόλας μάθημα, όπου με ένα ανάλογο πείραμα, βάζοντας αυτή τη φορά ένα και πολλά βιβλία οριζόντια στο κεφάλι, πρέπει να συνδέσουν την αύξηση της πίεσης με την αύξηση της δύναμης, φαίνεται αλλαγή, καθώς εντοπίζουν τουλάχιστον τη δύναμη, ενώ ο M1 τη συνδέει και με την πίεση:

Στιγμιότυπο 16

M2 «Αυτό δεν το κάναμε την προηγούμενη φορά;»

M1 «Όχι, τώρα λέει μόνο οριζόντια και με τρία βιβλία»

M2 «Ωραία έλα να το κάνουμε γιατί οι άλλοι έχουν φτάσει εκεί (σκάνε τα μπαλόνια στην φάση της Διερεύνησης)»

M1 «Με ένα (βιβλίο) δεν νιώθω την πίεση γιατί δεν έχει βάρος, ενώ με τρία... κοίτα (βάζει τα τρία βιβλία στο κεφάλι του M2)

M2 «Ε... ναι, έχει μεγαλύτερο βάρος με τα τρία βιβλία»

M4 «Τι αλλάζει;»

M1 «Αλλάζει η δύναμη... γι' αυτό...»

Στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφουν:

M1 «Στο 1 (βιβλίο) μικρότερη πίεση ενώ στα 3 θα είναι μεγαλύτερη η πίεση»

M2 «Με το 1 νιώθω μικρότερη δύναμη στο κεφάλι μου ενώ με τα 3 όμως ασκίτε μεγαλύτερη δύναμη»

M3 «Με το ένα βιβλίο ασκείται λιγότερη δύναμη ενώ με τα τρία μεγαλύτερη»

M4 «Με το ένα βιβλίο ασκείται λιγότερη δύναμη στο κεφάλι μου ενώ με τα τρία μεγαλύτερη δύναμη»

M5 «Νιοθω ένα ελαφρύ βάρος στο ένα ενώ στα 2 με 3 νιοθω ότι το βάρος έχει αυξηθεί»

Στο ομαδικό φύλλο δίνουν πιο ολοκληρωμένη απάντηση: «Με το ένα βιβλίο ασκείται λιγότερη δύναμη και νιώθουμε λιγότερη πίεση ενώ με τα τρία μεγαλύτερη»

Στο έβδομο μάθημα, όπου έπρεπε να προβληματιστούν στο γιατί όταν ένα τρύπιο μπουκάλι με νερό είναι κλειστό, το νερό δεν χύνεται, συνδυάζοντάς το με την έλλειψη του αέρα, ο τρόπος με τον οποίο η πρώτη ομάδα διαχειρίζεται και καταγράφει το πρόβλημα έχει αλλάξει ριζικά σε σχέση με τα δύο μαθήματα που προαναφέρθηκαν:

Στιγμιότυπο 17

M2 «Τώρα τι θέλει; Τι άλλαξε;»

M3 «Λέει σε σχέση με το πείραμα της υδροστατικής...»

M1 «Δεν καταλαβαίνω... Κυρία τι εννοεί, όταν έχει το καπάκι ή όταν δεν το έχει;»

E «Στο πείραμα της υδροστατικής ήταν κλειστό το καπάκι;»

M2 «Όχι, αλλά εκεί έτρεχε το νερό»

M3 «Τώρα όμως είναι κλειστό και δεν τρέχει!»

M4 «Γι' αυτό δεν τρέχει επειδή είναι κλειστό από πάνω»

M1 «Ναι, γι' αυτό! (δεν μπορούν να πιούν) Δεν συνεννοείται με τον αέρα...»

E «Δεν επικοινωνεί θέλεις να πεις...»

M1 «(γέλια) Ναι και έτσι δεν έχει αέρα μέσα!»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M1 «Στο τρύπιο μπουκάλι αυτού του πειράματος είχε καπάκι ενώ στο προηγούμενο πείραμα δεν είχε καπάκι. Η συνέπεια είναι ότι όταν το καπάκι είναι κλειστό δεν δέχεται αέρα και το νερό δεν χύνεται»

M2 «Άλλαξε το ότι έχει καπάκι με συνέπεια ότι δεν δέχεται αέρα και δεν χύνεται το νερό»

M3 «Άλλαξε ότι έχει καπάκι το μπουκάλι σε αυτό το πείραμα ενώ στο προηγούμενο δεν είχε και με το καπάκι το μπουκάλι δεν παίρνει αέρα και δεν επικοινωνεί»

M4 «Στο προηγούμενο πείραμα το μπουκάλι δεν είχε καπάκι ενώ σε αυτό το πείραμα είχε. Το μπουκάλι με το καπάκι δεν είχε αέρα και δεν χυνόταν το νερό»

M5 «Το μπουκαλι με το καπακι δεν εχει επικηνονια με τον ατμοσφερικό αερα»

Και στο ομαδικό φύλλο γράφουν: «Στο τρύπιο μπουκάλι αυτού του πειράματος το καπάκι είναι κλειστό αλλά στο προηγούμενο πείραμα το καπάκι ήταν ανοιχτό. Αυτό έχει συνέπεια

στο να μην περνάει αέρας στο μπουκάλι του σημερινού πειράματος και να μην επικοινωνεί με τον αέρα και να μην χύνεται το νερό»

Στα μαθήματα της υδροστατικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης ήταν εξαιρετικά σημαντική η φάση της Διατύπωσης του προβλήματος γιατί οι μαθητές έπρεπε μόνοι να οδηγηθούν στην ύπαρξη των δύο πιέσεων, η οποία δεν είναι τόσο προφανής όσο η πίεση στα στερεά. Η λέξη υδροστατική για παράδειγμα δεν ήταν καθόλου προφανής στην πέμπτη ομάδα στο τέταρτο μάθημα:

Στιγμιότυπο 18

M24 «Τι σημαίνει υδροστατική;»

M22 «Είναι από το ύδωρ που σημαίνει νερό»

M21 «Και στατική;»

M25 «Είναι από τη στάση;»

M24 «Όχι, είναι ξέρω εγώ ... αυτό που γίνεται συνέχεια...»

M22 «Είναι αυτό που υπάρχει συνέχεια στο νερό;»

M24 «Σημαίνει ότι υπάρχει συνέχεια μια σταθερή πίεση στο νερό»

M21 «Δεν είναι σταθερή η πίεση στο νερό... το είπαμε πριν (στον Προσανατολισμό)»

M24 «Ε, σωστά. Είναι ... σταθερό το νερό τότε...»

M22 «Στάσιμο εννοείς;»

M24 «Ναι! Είναι η πίεση στο στάσιμο νερό!»

Στο τρίτο μάθημα όπου πρέπει οι μαθητές να προβληματιστούν για την αλληλεπίδραση της δύναμης και της επιφάνειας στην ερμηνεία της πίεσης, η δεύτερη ομάδα που έχει επιλέξει τον ελέφαντα για πιο βαθύ αποτύπωμα στον Προσανατολισμό (Στιγμιότυπο 5), στη φάση αυτή απαντά ότι τα αποτυπώματα μπορούν να ερμηνευθούν μόνο με ένα φυσικό μέγεθος, το βάρος:

Στιγμιότυπο 19

M7 «Με το βάρος;»

M6 «Ε, τι λέμε τόση ώρα;»

M9 «Το βάρος γιατί όσο πιο μεγάλο είναι τόσο πιο βαθύ θα είναι το αποτύπωμα»

M6 «Ναι, αυξάνεται το βάρος, αυξάνεται και το αποτύπωμα»

M7 «Οπότε απαντάμε... μπορούμε μόνο με ένα»

M9 «Ναι»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M6 «Με το βάρος διότι όσο αυξάνεται το βάρος τόσο αυξάνεται και η πίεση»

M7 «Ναι μπορώ γιατί αυξάνεται η πίεση του βαρους αρα το αποτύπωμα θα φαινεται»

M8 «Με το βάρος γιατί όσο ποιο πολύ βάρος έχει τόσο ποιο βαθύ είναι το αποτύπωμα»

M9 «Με το βάρος γιατί όσο μεγαλύτερο είναι τόσο πιο βαθύ είναι το αποτύπωμα (δηλαδή ασκείται περισσότερη πίεση)»

M10 «με το βαρος γιατι οσο μεγαλυτερο ειναι τοσο πιο βαθυ ειναι το αποτιπομα»

Οι μαθητές της τρίτης ομάδας, στο ίδιο θέμα, καταλαβαίνουν από την ερώτηση ότι δεν θα είναι ένα το φυσικό μέγεθος, πάραυτα δεν σκέφτονται την επιφάνεια. Ο M12 ωστόσο αναφέρει για την δύναμη και την πίεση ότι έχουν σχέση αιτίου - αποτελέσματος:

Στιγμιότυπο 20

M12 «Με ποιο φυσικό μέγεθος θα ερμηνεύσουμε το βάθος. Το βάρος! Ε; Το βάρος»

M15 «(σηκώνει τους ώμους)»

M12 «Ρε παιδιά, πείτε και εσείς... Με το βάρος;»

M13 «Ναι το βάρος, γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος...»

M12 «Τόσο πιο βαθύ θα είναι το αποτύπωμα»

M11 «Και η πίεση; Λέει μπορείτε με ένα; Δεν θα είναι μόνο το βάρος...»

M12 «Ναι, αλλά το βάρος φταίει για την πίεση»

M13 «Να γράψουμε με δύο... το βάρος και την πίεση»

Στα ατομικά φύλλα γράφουν όλοι: «Το βάρος και η πίεση. Το βάρος ασκεί πίεση στο χόμα και βουλιάζουμε».

Χωρίς την παρέμβαση της εκπαιδευτικού, σε κάθε μάθημα το ομαδικό φύλλο το αναλάμβανε διαφορετικό μέλος της ομάδας, το οποίο χριζόταν αυτομάτως «αρχηγός». Στο τρίτο μάθημα, για την πέμπτη ομάδα ήταν η σειρά ενός μαθητή με δυσλεξία να γίνει «αρχηγός». Μέσα από την ομαδική δουλειά, δόθηκε η ευκαιρία στους μαθητές να εκδηλώσουν συναισθήματα αποδοχής και συμπάθειας. Ο διάλογος που έγινε μεταξύ της ομάδας σε αυτή τη φάση, δείχνει τον σεβασμό κάποιων μαθητών στη διαφορετικότητα και αξίζει να σημειωθεί:

Στιγμιότυπο 21

M23 «Παιδιά εγώ κάνω μία ώρα να γράψω...»

M24 «Δεν πειράζει, ούτε εγώ γράφω γρήγορα»

M23 «Χάνουμε πολύ ώρα...»

M25 «Δεν πειράζει...»

M21 «Έχουμε ώρα... έχουμε άλλα τρία λεπτά γι' αυτό (για την Διατύπωση του Προβλήματος)»

M22 «Ναι, μη βιάζεσαι... Προλαβαίνουμε... Το «ο» εδώ είναι με ωμέγα...»

M24 «Σιγά! Θα καταλάβει η κυρία... δεν πειράζει, συνέχισε»

Στο θέμα αυτό, η πέμπτη ομάδα παρότι έχει επιλέξει σωστά στον Προσανατολισμό και στο ομαδικό φύλλο έχει γράψει «Πιστευω πως είναι η προτι που θα βουλιαζι γιατι εχει μεγαλο βαρος και μικρι επιφανια. Με αποτελεσμα να ασκιτε παραπανο πιεσι», δυσκολεύεται πολύ στη συγκεκριμενοποίηση των υπό μελέτη φυσικών μεγεθών και δεν δίνει ξεκάθαρη απάντηση κυρίως γιατί δεν έχει ξεκαθαρίσει τι είναι φυσικό μέγεθος:

Στιγμιότυπο 22

M23 «Μπορούμε;»

M24 «Με ένα φυσικό μέγεθος;... Υπάρχουν πολλά...»

M22 «Το βάθος... είναι η επιφάνεια και το...»

M24 «Είναι η μάζα. Ένα φυσικό μέγεθος. Η μάζα είναι ανάλογη με το βάρος. Άλλο φυσικό μέγεθος. Η επιφάνεια. Δεν είναι φυσικό μέγεθος, αλλά θα μπορούσε...»

M21 «Γράφουμε ότι δεν μπορούμε με ένα;»

M24 «Ναι, θα γράψουμε ότι είναι πολλά... η μάζα, το βάρος»

Στο φύλλο εργασίας γράφουν: «Δεν ερμινεβετε μονο με ενα φυσικο μεγαθος γιατι το αποτιπομα διμουργιτε λογο περιστοτερον φυσικον μεγαθον οπος η μαζα και το βαρος»

Σε αυτό το παράδειγμα, παρατηρούμε ότι η πέμπτη ομάδα δεν συνεργάστηκε ουσιαστικά, αλλά επικράτησε η άποψη του ενός, χωρίς σημαντικά επιχειρήματα και το εναλλακτικό νοητικό σχήμα διορθώθηκε τελικά στη φάση της Διερεύνησης, στο στιγμιότυπο 34.

Αντίθετα, στην τέταρτη ομάδα, παρότι δύο από τους μαθητές επικοινωνούν δύσκολα με την ομάδα, οι υπόλοιποι έχουν τις πιο ουσιαστικές και παραγωγικές συζητήσεις. Στο έκτο μάθημα για παράδειγμα, ακούγονται διαφορετικές απόψεις για το αν εξαρτάται η υδροστατική πίεση από το δοχείο και την ποσότητα του υγρού, αλλά σαν ομάδα καταλήγουν σε κοινό συμπέρασμα:

Στιγμιότυπο 23

M16 «Εγώ νομίζω ότι δεν εξαρτάται από το δοχείο... ούτε από το πόσο νερό έχει μέσα»

M18 «Αν όμως είσαι στην θάλασσα επιπλέεις, ενώ στην πισίνα...»

M17 «Επιπλέεις γιατί είναι αλμυρό νερό»

M16 «Ναι, αλλά λέει πιο πάνω (δείχνει στο φύλλο εργασίας) ότι η πισίνα έχει θαλασσινό νερό, οπότε δεν εξαρτάται από αυτό»

M18 «Τότε θα είναι το ίδιο»

M17 «Ναι, αλλά αν έχει πολύ νερό;»

M18 «Δεν έχει σημασία»

M16 «Ναι, είναι σαν αυτό που είπαμε παραπάνω (στον Προσανατολισμό). Δεν έχει σημασία αν είναι πισίνα ή ωκεανός, αν είσαι στο ίδιο βάθος! Α, τώρα ρωτάει για το βάθος...»

M18 «Πού... περίμενε να το διαβάσω...»

M16 «(γυρνάει στους M19 και M20) Εσείς τι λέτε; Πόση θα γίνει η υδροστατική;»

M20 «Τι εννοεί πόση;»

M18 «Θα διπλασιαστεί;»

M17 «Αν διπλασιαστεί το βάθος, θα γίνει διπλάσια»

M16 «Κι' εγώ έτσι πιστεύω. Να γράψουμε ότι είναι ανάλογα;»

M17 «Όχι, δεν λέει τι σχέση έχουν, λέει τι θα γίνει...»

M16 «Ωραία, να γράψουμε τότε μόνο ότι θα διπλασιαστεί»

M18 «Σωστά... Το γράφουμε»

Γράφουν στο φύλλο εργασίας: «Όχι, δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου και το ποσό του υγρού αλλά από το βάθος. Αν διπλασιαστεί το βάθος τότε θα διπλασιαστεί και η υδροστατική πίεση που ασκείται».

6.1.2.1 Ευρήματα από τη Φάση της Διατύπωσης του Προβλήματος

Η φάση της Διατύπωσης του Προβλήματος ήταν πολύ σημαντική, για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος ήταν ότι οι μαθητές οριοθετούσαν το πρόβλημα με το οποίο έπρεπε να δουλέψουν στη συνέχεια. Ο δεύτερος και ίσως πιο σημαντικός, ήταν ότι επειδή διατύπωναν οι ίδιοι οι μαθητές το πρόβλημα, ένιωθαν ότι ήταν δικό τους, ήταν κάτι που τους απασχολούσε και έπρεπε βρουν τη λύση οι ίδιοι, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός γενικού αισθήματος ιδιοκτησίας της μάθησης από τους μαθητές.

Στη συγκεκριμένη φάση, για πρώτη φορά, σε όλα τα σχολικά τους χρόνια, οι μαθητές έπρεπε να διαμορφώσουν οι ίδιοι το πρόβλημα, να εντοπίσουν τα φυσικά μεγέθη που θα μελετήσουν και να εστιάσουν στις σχέσεις τους. Όπως ήταν λοιπόν φυσικό, αρχικά όλες οι ομάδες δυσκολεύτηκαν στη φάση της Διατύπωσης του Προβλήματος (φύλλα εργασίας του Στιγμ. 15), κάτι που αλλάζει ριζικά στα τελευταία μαθήματα, ειδικά στο ομαδικό

φύλλο εργασίας, όπου καταγράφεται η τελική άποψη όλης της ομάδας (φύλλα εργασίας του Στιγμ. 17).

Ο τρόπος με τον οποίο αντιλαμβάνονταν το πρόβλημα οι μαθητές έχει τη μεγαλύτερη διακύμανση στην πορεία των μαθημάτων, από όλες τις φάσεις της διερευνητικής μάθησης. Στα πρώτα μαθήματα οι σκέψεις τους ήταν πιο αόριστες και δεν εστίαζαν στον πυρήνα του προβλήματος (Στιγμ. 15). Πολύ γρήγορα ωστόσο, μπήκαν στο πνεύμα της αναζήτησης του προβλήματος, αντιστοιχίζοντας ένα φυσικό φαινόμενο που παρατηρούσαν, σε φυσικά μεγέθη (Στιγμ. 16), ενώ η ανάγκη για ερμηνεία των φαινομένων προέκυπτε, στα τελευταία μαθήματα, άμεσα και φυσικά (Στιγμ. 17).

Οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές δεν είναι πάντα αναμενόμενες από τους εκπαιδευτικούς, ώστε να έχει προβλεφθεί κάποια ειδική υποστηρικτική δομή. Είναι σημαντικό ότι οι μαθητές, μέσω επιχειρηματολογίας, που οδηγεί στην κοινωνικά επιμερισμένη μάθηση, καταφέρνουν να λύσουν σε επίπεδο ομάδας μόνοι τους αυτά τα προβλήματα (Στιγμ. 18).

Εξίσου σημαντικές, αν όχι σημαντικότερες, είναι οι εκδηλώσεις αποδοχής και σεβασμού απέναντι σε κάποιους μαθητές με ιδιαίτερες δυσκολίες (Στιγμ. 21), που δείχνει την σπουδαιότητα της ομαδικής δουλειάς, όχι μόνο γνωστικά (Στιγμ. 23), αλλά και κοινωνικά.

Σε αυτή τη φάση, όπως και στην προηγούμενη, δεν δόθηκε πρόσθετη υποστήριξη από την εκπαιδευτικό, εκτός από σπάνιες περιπτώσεις στις οποίες έπρεπε να δοθούν διευκρινήσεις (Στιγμ. 17), γιατί τα όποια εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα στη Διατύπωση του Προβλήματος (Στιγμ. 19, 20, 22), θα είχαν αντίκτυπο στη συνέχεια και θα μπορούσαν να εντοπιστούν από τους μαθητές στη φάση της Διερεύνησης, με αποτέλεσμα κάποιες ομάδες να καταφέρουν να τα διορθώσουν μόνες τους.

6.1.3 Τρίτη φάση - Διερεύνηση

Στη φάση αυτή υπήρχαν οι περισσότερες, αναμενόμενες και μη, δυσκολίες με αποτέλεσμα να χρειαστούν οι μαθητές περισσότερη υποστήριξη από όλες τις άλλες φάσεις. Στο πρώτο μάθημα για παράδειγμα, η μη χρησιμοποίηση του βιβλίου, που τους δινόταν στα υλικά του πειράματος, ως σταθερής δύναμης που ασκείται στα μπαλόνια στα δύο πειράματα, ήταν αναμενόμενη και χρησιμοποιήθηκε στο μάθημα για να αναδείξει την αναγκαιότητα σταθερότητας των άλλων παραγόντων στην εξέταση δύο μεταβλητών.

Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε το πρώτο πείραμα, όπου έπρεπε να καταλάβουν ότι με μία μικρή δύναμη (το βάρος ενός βιβλίου) το μπαλόνι θα έσκαγε στην πλαστελίνη με τη μία οδοντογλυφίδα, χωρίς να χρησιμοποιήσει το βιβλίο ως σταθερό βάρος για τα δύο πειράματα. Η εκπαιδευτικός επενέβη, με υποστηρικτικές ερωτήσεις και επιβεβαίωση της απόκτησης γνώσης:

Στιγμιότυπο 24

Ε «(σκάνε το μπαλόνι) Παιδιά πόση δύναμη ασκήσατε;»

M4 «Εεε... λίγη»

Ε «Ναι, αλλά αυτό το λίγο δεν μετριέται. Για σκεφτείτε, πώς μπορείτε να κάνετε τα πειράματα ώστε να ξέρετε πόση δύναμη ασκήσατε; Κοιτάζτε τα υλικά του πειράματος. Τι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε; (Φεύγει)»

M3 «Τα υλικά; Έχουμε και το βιβλίο... Ένα βιβλίο θέλει από πάνω;»

M4 «Ναι, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το βιβλίο, αλλά γιατί;»

M2 «Α! Τώρα κατάλαβα! Θα χρησιμοποιήσουμε το βάρος του βιβλίου ... για να είναι ίδιο (δείχνει με το χέρι προς τα κάτω υπονοώντας το βάρος)... εντάξει».

M3 «Άρα στο δεύτερο πείραμα θα βάλουμε πάνω από το μπαλόνι το βιβλίο. Αν σκάσει καλώς, αν δεν σκάσει καλύτερα!»

M4 «Το βιβλίο να το αφήσουμε από πάνω;»

M1 «Μμμ... ναι, αλλά πάλι θα σκάσει»

Εκτελούν το δεύτερο πείραμα, με τις πολλές οδοντογλυφίδες, χρησιμοποιώντας σωστά το βάρος του βιβλίου. Βλέπουν ότι δεν σκάει αλλά επειδή στη μία οδοντογλυφίδα είχε σκάσει, περιμένουν ότι θα έπρεπε να σκάσει και με τις πολλές οδοντογλυφίδες.

M1 «(Παίρνει το βιβλίο) M2 κράτα το μπαλόνι. Δεν το έκανες σωστά. Πρέπει να το αφήσουμε τελείως πάνω στο μπαλόνι να ισορροπήσει».

Το αφήνουν και βλέπουν ότι πάλι δεν έσκασε.

M2 «Ορίστε! Πάλι δεν έσκασε!»

M1 «Εντάξει, δεν έσκασε με το βιβλίο, τώρα ας κάνουμε το ίδιο με τη μία οδοντογλυφίδα... Κοιτάζτε δεν σκάει με το βιβλίο... (το αφήνει) Ωχ! έσκασε!» (γέλια)

Η εκπαιδευτικός που παρατηρεί από απόσταση επεμβαίνει για να τονίσει ότι στην έρευνα, όταν ελέγχει τη σχέση δύο φυσικών μεγεθών, πρέπει να κρατά τους υπόλοιπους παράγοντες σταθερούς:

Ε «Παιδιά το βρήκατε τώρα; Καταλάβατε γιατί βάλατε το βιβλίο και δεν το κάνατε με το χέρι;»

M1 «Ναι, για να ξέρουμε πόση δύναμη του ασκούμε!»

M4 «Όσο... του βιβλίου»

Ε «Σωστά, γιατί διαφορετικά δεν μπορούμε να ελέγξουμε τη δύναμη, στο λίγο μετά τι θα πεις, το ίδιο λίγο; (γέλια) Πρέπει να είναι κάτι που να μπορεί να μετρηθεί και να είναι σίγουρα το ίδιο για τα πειράματα, έτσι;»

M2 «Ναι! Με το βιβλίο, ξέρουμε ότι θα είναι ίδια (η δύναμη στα δύο πειράματα)»

Ε «Δεν αλλάζει λοιπόν η δύναμη... Κάτι άλλο αλλάζει... Μπράβο παιδιά!»

Όπως φαίνεται και στο προηγούμενο στιγμιότυπο, οι μαθητές της πρώτης ομάδας έσπευσαν να εκτελέσουν το πείραμα χωρίς να περάσουν από τα στάδια των υποθέσεων και του σχεδιασμού του πειράματος. Το Στιγμιότυπο 37, δείχνει ότι οι μαθητές συζήτησαν πριν το πείραμα, αλλά δεν συμπλήρωσαν το φύλλο εργασίας. Αυτό έγινε σε όλες τις ομάδες και ήταν λογικό, καθώς οι μαθητές ενθουσιάζονται όταν κάνουν πείραμα, δεν έχουν συνηθίσει όμως να σκέφτονται. Ήταν η πρώτη φορά που έπρεπε να σχεδιάσουν μόνοι τους ένα πείραμα και να δημιουργήσουν ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, δηλαδή να ακολουθήσουν τον ερευνητικό τρόπο σκέψης.

Η τέταρτη ομάδα, δυσκολεύεται να διατυπώσει υποθέσεις και να δημιουργήσει ερευνητικά ερωτήματα παρότι έχει κάνει ήδη τα πειράματα και μετά από αρκετή ώρα, στο πρώτο μάθημα αποφασίζει να απευθυνθεί στην εκπαιδευτικό:

Στιγμιότυπο 25

M17 «Εδώ λέει να γράψουμε υποθέσεις»

M18 «Δηλαδή τι θα γινόταν;»

M16 «Τι θα γινόταν ή τι συμπεράναμε; Μπερδεύτηκα τώρα...»

M17 «Όχι, κοίτα (στο φύλλο εργασίας) τα συμπεράσματα είναι εδώ... Θα γράψουμε...»

M16 «Ότι πιθανολογούσαμε ότι θα σκάσει εδώ (στη μία οδοντογλυφίδα)»

M17 «Ναι, γιατί κοίτα αν βάλεις το χέρι σου εδώ (βάζει το δάχτυλό της στις πολλές οδοντογλυφίδες) δεν είναι το ίδιο»

M16 «Είναι μυτερή η επιφάνεια στη μία, ενώ οι πολλές δεν είναι το ίδιο»

M18 «(δοκιμάζει με το χέρι τις οδοντογλυφίδες) Εδώ είναι πολλές μαζεμένες, γι' αυτό»

M17 «Εμείς πιθανολογούσαμε όμως ότι θα σκάσει εδώ που είναι πολλές»

M16 «Όχι εγώ έλεγα στη μία... (γυρνάει στους M19 και M20) Εσείς;»

M19 «... Σε αυτή (δείχνει τη μία)»

M20 «Κι εγώ...»

M16 «Καλά αυτή είναι προσωπική άποψη. Στο ομαδικό τι θα γράψουμε; Να ρωτήσουμε; Κυρία οι υποθέσεις είναι πριν το πείραμα;»

E «Ναι, είναι ο λόγος για τον οποίο κάνατε το πείραμα. Υποθέτατε ότι κάτι εξαρτάται από κάτι άλλο και θέλατε να το ελέγξετε»

M16 «Ναι, σωστά το είχαμε σκεφτεί. Και ... ερευνητικό ερώτημα τι θα είναι;»

E «Τι θέλατε να ελέγξετε;»

M17 «Αν θα σκάσει το μπαλόني»

Ε «Σκεφτείτε το. Σε μία περίπτωση; (φεύγει)»

M16 «Παιδιά, αυτό πρέπει να το γράψουμε σαν ερώτηση. Ξέρω εγώ, αν βάλουμε το μπαλόνι πάνω στις πολλές θα σκάσει;»

M18 «Ναι... και αν το βάλλουμε στη μία...»

Στην καταγραφή των υποθέσεων στα φύλλα εργασίας γράφουν:

M16 «Πίστευα ότι το μπαλόνι θα σκάσει στη μία οδοντογλυφίδα καθώς όταν του ασκούσαμε δύναμη με το βιβλίο λόγω του ότι η μία οδοντογλυφίδα είναι πιο μητερή από τις πολλές θα έσκαγε. Αφού κάναμε το πείραμα επιβεβαιώθηκε η θεωρία μας»

M17 «Πιστεύω ότι το μπαλόνι θα σκάσει στην πλαστελίνη με τις πολλές οδοντογλυφίδες γιατί θα ασκήσουν περισσότερη πίεση επειδή είναι πολλές»

M18 «Αυτό που πίστευα ότι θα γίνει με το μπαλόνι είναι ότι θα έσκαγε στη μία. Τελικά έσκασε στη μία επειδή με τη μία μόνο οδοντογλυφίδα το μπαλόνι μπαίνει μέσα από ένα μόνο σημείο»

M19 «Το μπαλόνι στις πολλές οδοντογλυφίδες θα απλώσει το βάρος του»

M20 «Πιστεύω πως το μπαλόνι θα σκάσει με την μια οδοντογλυφίδα γιατί είναι μυτερή η επιφάνεια ενώ με τις πολλές δεν θα έσκαγε γιατί δεν έχει καποια μυτερη επιφάνεια»

Και στο ομαδικό φύλλο που το έχει αναλάβει η M17, γράφουν: «Αρχικά πιστεύαμε πως το μπαλόνι θα σκάσει στις πολλές οδοντογλυφίδες λόγω των αριθμών (των οδοντογλυφίδων) αλλά τελικά έσκασε στη μια οδοντογλυφίδα λόγω μικρής επιφάνειας»

Αντίστοιχα για το ερευνητικό ερώτημα γράφουν: «Ερευνητικό ερώτημα: Σε ποια από τις δύο περιπτώσεις (εννοούν τα δύο πειράματα) το μπαλόνι θα έσκαγε; Το φυσικό μέγεθος που θα παραμείνει σταθερό είναι η δύναμη που ασκείται από το βιβλίο. Αυτό το διασφαλίζω καθώς χρησιμοποιώ και στις δύο περιπτώσεις το ίδιο βιβλίο»

Σε συνδυασμό με την καταγραφή στα φύλλα εργασίας του στιγμιότυπου 9, παρατηρούμε ότι οι μαθητές που δεν συνεργάζονται ισοδύναμα με τους υπόλοιπους στην τέταρτη ομάδα, απαντούν σωστά και έχουν ιδέες.

Παρόμοια κινήθηκαν όλες οι ομάδες στο πρώτο μάθημα, πρώτα έκαναν το πείραμα και μετά έψαχναν τα ερευνητικά ερωτήματα και τις υποθέσεις. Έτσι, στην καταγραφή τους στα φύλλα εργασίας, οι υποθέσεις έμοιαζαν με συμπεράσματα. Η πρώτη ομάδα για παράδειγμα, ενώ κατά τη διάρκεια του πειράματος, όπως φάνηκε και στο στιγμιότυπο 24, άλλαξε δύο φορές αυτό που περίμενε να συμβεί, στις υποθέσεις γράφει:

«Αν βάλουμε το μπαλόνι στις πολλές οδοντογλυφίδες δεν θα σκάσει. Αν όμως το βάλουμε στη μία οδοντογλυφίδα θα σκάσει»

Στο ερευνητικό τους ερώτημα γράφουν αντίστοιχα για την ερμηνεία του πειράματος και όχι για τον σχεδιασμό του:

«Η δύναμη που ασκεί το βιβλίο στα μπαλόνια είναι σταθερή. Γιατί το μπαλόνι σκάει στη μία οδοντογλυφίδα και όχι στις πολλές;»

Η μόνη ομάδα που στις υποθέσεις γράφει ότι περίμενε διαφορετική έκβαση στο πείραμα ήταν η δεύτερη, στην οποία έλλειπε η Μ9. Οι υπόλοιποι μαθητές γράφουν:

M6 *«Στην αρχή νόμιζα ότι το μπαλόνι θα σκάσει στις πολλές οδοντογλυφίδες αλλά και με την ίδια δύναμη το μπαλόνι έσκασε στη μία!»*

M7 *«Στην αρχή ημουν σιγουρος οτι στην πλαστελινη με τις πολλες οσοντογλιφιδες θα σκασει αλλα τελικα δεν εσκασε ενω στην πλαστελινη με την μια εσκασε με την πρωτη και βαλαμε την ιδια δυναμη»*

M8 *«Νομίζαμε ότι το μπαλόνι θα έσκαγε στις πολλές οδοντογλυφίδες αλλά έσκασε με την μία οδοντογλυφίδα»*

M10 *«Στην αρχή νομίζαμε οτι το μπαλόνι θα εσκαγε στις πολλές οδοντογλιφιδες αλλά και με την ίδια δυναμη το μπαλόνι έσκασε στη μια οδοντογλιφίδα»*

Στην πορεία των μαθημάτων, οι μαθητές ξεκίνησαν να σκέφτονται συνειδητά την ερευνητική μέθοδο και προς το τέλος των μαθημάτων, τους είχε γίνει βίωμα. Η πρώτη ομάδα που προαναφέρθηκε, από το δεύτερο μάθημα είναι πιο προσεκτική. Σε συνέχεια του πρώτου μαθήματος, τώρα έπρεπε να ασκήσουν μεγαλύτερη δύναμη στο μπαλόνι για να αυξηθεί η πίεση και να σκάσει. Ο Μ4 παίρνει το μπαλόνι αλλά οι υπόλοιποι τον σταματούν:

Στιγμιότυπο 26

M3 *«Μην το σκάσεις ακόμα!»*

M1 *«Να διαβάσουμε πρώτα. Τι υλικά έχει;»*

M2 *«Έχει μία μόνο πλαστελίνη και βιβλία. Ρωτάει πώς μπορούμε να το σκάσουμε...»*

M5 *«Είναι αυτή (η πλαστελίνη) με τις πολλές οδοντογλυφίδες. Πώς θα σκάσει (το μπαλόνι);»*

M1 *«Να βάζουμε τα βιβλία πάνω του (στο μπαλόνι) μέχρι να σκάσει»*

M2 *«Άμα βάλουμε πολλά, τι θα κάνει, θα σκάσει»*

Ενώ λοιπόν η ομάδα συγκρατείται, ώστε να σκεφτεί και να συζητήσει τι θα κάνει στο πείραμα, πάλι το εκτελούν χωρίς να έχουν συμπληρώσει τον πίνακα δεδομένων στη «Σχεδίαση και Εκτέλεση του πειράματος». Όταν τελειώνει το πείραμα σκέφτονται πώς να το καταγράψουν.

Από το τέταρτο μάθημα, η αλληλουχία των βημάτων είναι πλέον προφανής και η σκέψη τους έρχεται αυτόματα. Η δεύτερη ομάδα για παράδειγμα, η οποία γενικά βιαζόταν να κάνει τα πειράματα όπως και η πρώτη και η πέμπτη, στο πείραμα της υδροστατικής πίεσης με το τρύπιο μπουκάλι, είχε την εξής χαρακτηριστική συζήτηση:

Στιγμιότυπο 27

M10 «Το μπουκάλι έχει τρύπες;»

M6 «Ναι δεν βλέπεις τις πινέζες;»

M9 «Δεν κάνουμε το πείραμα τώρα, λέμε τι υποθέτουμε. Αν βγάλουμε τις πινέζες πώς λέτε ότι θα πάει το νερό;»

M8 «Πώς θα πάει; Θα πεταχτεί προς τα έξω...»

M9 «Ναι, αλλά πώς; Σε ευθεία; Θα κάνει καμπύλη (δείχνει με το χέρι)...»

M7 «Φέρε να γράψω το ομαδικό»

M9 «Τώρα ασχολούμαστε με το πείραμα, άστο το ομαδικό για το σπίτι. Το πείραμα δεν μπορούμε να το αφήσουμε!»

M7 «Ε, άντε να το κάνουμε... δεν προλαβαίνουμε...»

M6 «Δεν γίνεται να το κάνουμε αν δεν συνεννοηθούμε τι κοιτάμε να βρούμε! Λοιπόν πώς θα πάει το νερό; Θα βγει και από τις δύο το ίδιο...»

M9 «Εγώ λέω πως από τη Β θα βγει πιο πολύ γιατί είναι πιο κάτω και πατιέται πιο πολύ»

M6 «Σωστό! Η βαρύτητα... Κάτω έχει πιο πολύ νερό από πάνω, θα πεταχτεί πιο δυνατά»

M7 «Δεν θα πάει έτσι; (δείχνει με το χέρι την καμπύλη)»

M9 «Ναι, αλλά από τη Β που είναι πιο βαθιά, θα πάει πιο μακριά!»

M6 «Οπότε ρωτάμε αν θα πάει από την πιο βαθιά τρύπα πιο μακριά...»

M9 «Ναι! Ρωτάμε δηλαδή αν θα έχει μεγαλύτερη υδροστατική πίεση η πιο βαθιά!»

M6 «Ωραία, τα γράφουμε. Πρέπει και να ζωγραφίσουμε πώς θα πάει»

Στις Υποθέσεις γράφουν στα φύλλα εργασίας:

M6 «Θα βγει το νερό και μάλιστα πιο πολύ στην τρύπα Β γιατί η πίεση είναι πιο μεγάλη σε αυτήν»

M7 «περιμενω οτι το νερο θα πεσει και απο τις δυο τρυπες από τη Β πιο πολυ»

M8 «Όταν βγάλω τις πινέζες περιμενω ότι στην κάτω πινέζα το νερο θα βγένει με μεγαλύτερη πίεση γιατί έχει μεγαλύτερο βάρος»

M9 «Το νερό από την τρύπα Β θα φεύγει προς τα έξω με περισσότερη πίεση διότι είναι μεγαλύτερο το βάθος. Το νερό από την τρύπα Α θα φεύγει προς τα έξω με μικρότερη πίεση διότι είναι μικρότερο βάθος»

M10 «οτι η Α τρυπα παει πιο κοντα στο μπουκαλι ενο η Β τρυπα παει πιο μακρια γιατι εχει μεγαλυτερη πιεση»

Στο ερευνητικό ερώτημα γράφουν:

M6 «Πρόκειται για την πίεση και το βάθος. Επίσης η βαρύτητα παίζει μεγάλο ρόλο γι' αυτό περιμένω μεγαλύτερη πίεση στην πιο βαθιά τρύπα»

M7 «πεφτει πιο πολυ νερο απο την δευτερη τρυπα γιατι ειναι πιο κατω; Αυτο εγινε και στην πρωτη ασκηση (στον Προσανατολισμό) με την πισινα και την θαλασα»

M8 «Για την πίεση και το βάθος. Θέλαμε να δούμε ποια πινέζα θα βγάξει πιο πολύ νερό»

M9 «Πρόκειται για την υδροστατική πίεση και το βάθος. Σε ποια από τις 2 τρύπες το νερό θα φύγει με μεγαλύτερη πίεση;»

M10 «για την πιεση και το βαθος σε ποια απο τις 2 τρυπες το νερο θα φυγει πιο μακρια»

Σε αυτό το πείραμα αρκετοί μαθητές σε όλες τις ομάδες είχαν την εντύπωση ότι το νερό θα πεταχτεί από τις τρύπες με την ίδια πίεση, αλλά μέσω αλληλεπίδρασης της ομάδας άλλαξαν άποψη, όπως φαίνεται και από το προηγούμενο στιγμιότυπο. Μόνο η τέταρτη ομάδα πλειοψηφεί στην υπόθεση ότι το νερό θα πεταχτεί από τις τρύπες με τον ίδιο τρόπο και ανακαλούν όταν εκτελούν το πείραμα:

Στιγμιότυπο 28

M18 «Όλο το νερό θα βγει από τις δύο τρύπες. Δεν θα βγει από πάνω...»

M16 «E;;;!»

M18 «Άμα βγάλουμε τις πινέζες, σιγά – σιγά θα βγαίνει όλο από τις τρύπες»

M17 «Ακούστε λίγο... πώς θα βγει υποθέτουμε... θα βγει έτσι (δείχνει ευθεία)»

M18 «Όχι, αν το ζουλήξουμε θα βγει έτσι. Αν το αφήσουμε θα πάει πιο σιγά... έτσι (δείχνει δύο καμπύλες που καταλήγουν στο ίδιο σημείο) και θα πάει προς τα κάτω»

M17 «Σωστά. Θα πάει προς τα κάτω και θα πέσει στο ίδιο σημείο και από τις δύο τρύπες»

M16 «Ναι... Θα βγει με την ίδια πίεση γιατί έχει υδροστατική πίεση που το σπρώχνει προς τα έξω»

M19 «Και από την κάτω τρύπα στο ίδιο (σημείο) θα πάει;»

M16 «Ναι, γιατί και στις δύο τρύπες έχει υδροστατική πίεση»

M17 και M18 «Ναι»

M16 «Ωραία και το ερευνητικό ερώτημα... Θα πεταχτεί το νερό το ίδιο από τις δύο τρύπες; E;»

M17 «Σωστά. Λοιπόν τα γράφουμε και βγάζουμε τις πινέζες...»

Στην Υπόθεση γράφουν: «Πιστεύω πως και από τις δύο τρύπες θα πέσει εξίσου το ίδιο νερό»

Και στο Ερευνητικό Ερώτημα: «*Ερευνητικό ερώτημα = θα πεταχτεί το νερό και από τις δύο τρύπες το ίδιο;*»

Ο Μ19 εκτελεί το πείραμα και παρατηρούν τις τροχιές του νερού.

Μ16 «*Α! Κοιτάζτε η κάτω πάει μέχρι εδώ (δείχνει πιο μακριά)*»

Μ19 «*Ναι, δεν είναι το ίδιο!*»

Μ18 «*Από την κάτω πάει πιο μακριά από ότι η πάνω τελικά*»

Η εκπαιδευτικός που περιμένει τη γνωστική σύγκρουση επεμβαίνει.

Ε «*Είδατε παιδιά; Έτσι πετάγεται το νερό*»

Μ17 «*Ναι... εμείς περιμέναμε να πέσει στο ίδιο (σημείο)*»

Ε «*Για σκεφτείτε τώρα, σε τι διαφέρουν οι δύο τρύπες και δεν πάει το ίδιο;*»

Μ18 «*Η μία είναι πιο κάτω από την άλλη*»

Ε «*Σωστό αυτό, αλλά το πιο κάτω πώς θα το πεις σε φυσικό μέγεθος;*»

Μ16 «*Είναι το βάθος! Είναι πιο βαθιά!*»

Μ18 «*Ναι! Από την πιο βαθιά θα πάει πιο μακριά...*»

Ε «*Πριν, είχατε ένα δίκιο και στις δύο τρύπες έχει υδροστατική πίεση...*»

Μ16 «*Αλλά η υδροστατική πίεση αυξάνεται με το βάθος!*»

Ε «*Μπράβο το βρήκατε!*»

Όπως φάνηκε από αυτό το στιγμιότυπο, η επέμβαση της εκπαιδευτικού σε κρίσιμες στιγμές είναι σημαντική σε αυτή τη φάση της διερεύνησης, χωρίς να χρειάζεται ωστόσο να είναι και εκτενής. Επίσης σημαντικές είναι οι διευκρινιστικές ερωτήσεις οι οποίες πιστοποιούν την απόκτηση της γνώσης. Στα τελευταία μαθήματα οι μαθητές όλων των ομάδων ζητάνε πιο εύκολα τη βοήθεια της εκπαιδευτικού, γεγονός που δείχνει ότι η σχέση εκπαιδευτικού - μαθητών έχει αρχίσει να μετατοπίζεται από τη σχέση εξεταστή – εξεταζόμενου στη σχέση αναζητητή γνώσης - βοηθού.

Στο τρίτο πείραμα του τελευταίου μαθήματος, πρέπει να εξισώσουν την υδροστατική με την ατμοσφαιρική πίεση για να βρουν πόσο ψηλό θα έπρεπε να είναι ένα μπουκάλι με νερό, ώστε αν το αναποδογυρίσουμε σε μία λεκάνη να χυθεί το νερό στη λεκάνη. Στην εξίσωση, η δεύτερη ομάδα έχει γράψει σωστά από αλγεβρικής άποψης (χωρίς μονάδες μέτρησης) το νόμο της υδροστατικής, αλλά δεν ξέρουν με τι να τον εξισώσουν και έχουν βρεθεί, με δύο αγνώστους, σε αδιέξοδο:

Στιγμιότυπο 29

Μ9 «*Κυρία! Έχουμε κολλήσει στην τρία*»

Ε «Πού; Πόση είπαμε πριν ότι είναι η ατμοσφαιρική;»

Μ6 «Α! Αυτή έπρεπε να βάλουμε;»

Μ9 «Εντάξει τώρα, εδώ είχαμε κολλήσει»

Ε «Ωραία, αλλά καταλάβετε γιατί είναι ίση (η υδροστατική πίεση) με την ατμοσφαιρική;»

Μ6 «Για να... πέσει το νερό»

Μ9 «Ναι, γιατί άμα είναι ίσες θα πέσει το νερό! Αλλιώς θα είναι σαν το πείραμα που κάναμε με τη λεκάνη»

Ε «Μπράβο!»

Ένα θέμα της διερεύνησης που δυσκόλεψε πολύ όλες τις ομάδες, ήταν το πώς έπρεπε να μεταβάλλουν τις τιμές ώστε να δουν τη σχέση ανάμεσα σε δύο φυσικά μεγέθη. Παρότι οι μαθητές είχαν, με ρητή καθοδήγηση, μεταβάλλει μεταβλητές σε πειράματα στο παρελθόν και είχαν αναπαράγει σχέσεις, όταν αφέθηκαν μόνοι για να σκεφτούν το πώς θα μεταβάλλουν τις τιμές, φάνηκε ότι στην ουσία δεν γνώριζαν ούτε τι είναι τα ανάλογα ποσά και πώς μπορείς να ανακαλύψεις αν δύο ποσά είναι ανάλογα μεταξύ τους.

Έτσι, στο πέμπτο και στο έκτο μάθημα, εκτός της δυσκολίας εκτέλεσης των εικονικών πειραμάτων, που αποτελεί από μόνη της πρόκληση, οι μαθητές είχαν να αντιμετωπίσουν και τα γνωστικά ελλείματα στις σχέσεις των μεγεθών που αναδείχθηκαν μέσω της Διερευνητικής Μεθόδου.

Στο πέμπτο μάθημα για παράδειγμα, όπου οι μαθητές έπρεπε να ανακαλύψουν ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας και της επιτάχυνσης της βαρύτητας, η πέμπτη ομάδα καταφέρνει να εκτελέσει επιτυχώς το εικονικό πείραμα κυρίως γιατί χρησιμοποιούν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους ως προς τις μονάδες μέτρησης, αλλά δυσκολεύεται στις τιμές των μεγεθών:

Στιγμιότυπο 30

Μ22 «Κοίτα από εδώ βάζει νερό... και έτσι βγαίνει...»

Μ21 «Ναι, αλλά δεν είναι μαύρο από πάνω, εδώ είναι μαύρο (στο φύλλο εργασίας)»

Μ24 «Κάτσε να διαβάσουμε τι λέει... λέει ξεφορτωθείτε την ατμόσφαιρα... πώς;»

Μ21 «Να εδώ πατάμε off»

Μ24 «Εντάξει, μαύρισε. Τώρα ... τι θα αλλάζουμε; Τι είναι αυτά τα κουμπάκια;»

Μ22 «Κούνησέ τα να δούμε τι κάνουν... τι είναι density;»

Μ24 «Τι είναι; Τι γράφει εδώ; κιλογκράμ ανά κυβικό μέτρο... Α! Ξέρετε τι είναι; Η πυκνότητα δεν είναι αυτό;»

- M22 «Ναι! Και το κάτω λέει μέτρο ανά σέκοντ στο τετράγωνο. Ταχύτητα;»
- M21 «Όχι, είναι gravity, το λέει...»
- M24 «Επιτάχυνση της βαρύτητας! Τα βρήκαμε!... Είναι αυτά που γράψαμε και πάνω (στη Διατύπωση του Προβλήματος). Τώρα;»
- M22 «Να τα μεταβάλλουμε... Κούνησέ τα να αλλάζουν»
- M25 «Α! Κοιτάζτε αλλάζει χρώμα (το υγρό)»
- M24 «Ναι, αφού του αλλάζουμε την πυκνότητα... λογικό... Και τι καταλάβαμε;»
- M21 «Τίποτα... εδώ έχει και ένα στρογγυλό (το πιεσόμετρο) που λέει pressure... πίεση...»
- M24 «Ναι! Κοίτα πόσο αλλάζει (η πίεση) όταν το ανεβάζω! Ωραία ας το γράψουμε τώρα...»
- M22 «Γράφουμε στο πρώτο πείραμα ... κρατάμε σταθερό... τι κρατάμε;»
- M24 «Ότι είναι γεμάτη η πισίνα και αλλάζουμε την πυκνότητα»
- M22 «Και στον πίνακα κάτω τι τιμή βάζουμε;»
- M24 «Βάλτε water, θα το πάμε από εδώ που λέει water στο honey που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Βλέπετε που μεγαλώνει η πίεση; Οπότε είναι ανάλογα...»
- M22 «Στο δεύτερο πείραμα τι θα κάνουμε;»
- M24 «Στο δεύτερο θα γράψουμε γεμάτη πισίνα, μέλι ... Όχι, βλακεία κάνουμε εδώ... στο δεύτερο θα κρατήσουμε σταθερή την πυκνότητα το water...»
- M23 «Και τι να αλλάζουμε;»
- M24 «Να βγάλουμε νερό; Όχι να αλλάζουμε το κάτω, το g ... θα πάμε σε άλλο πλανήτη»
- M22 «Να το βάλουμε στη Γη, στο δέκα και μετά στο Δία;»
- M24 «Δεν ξέρω... Μπλόκαρα τώρα... Ας κάνουμε πρώτα το πρώτο και βλέπουμε...»

Στον σχεδιασμό του πρώτου πειράματος γράφουν: «γεμάτη πισίνα πυκνότητα water και γεμάτη μέλι»

και στον πίνακα συμπληρώνουν:

Κρατάω σταθερά	Μεταβάλλω		Αποτέλεσμα υδροστατικής πίεσης	
	από την τιμή	στην τιμή	από	έγινε
στο 1 ^ο πείραμα	1000 kg/m ³	1400 kg/m ³	9,968 kPa	13,975 kPa
στο 2 ^ο πείραμα				

Η εκπαιδευτικός παρεμβαίνει πριν προχωρήσουν στο δεύτερο πείραμα.

E «Παιδιά τι κάνει η υδροστατική πίεση όταν αυξάνεται η πυκνότητα;»

M24 «Αυξάνεται. Είναι ανάλογα!»

E «Γιατί;... πόσο αυξάνεται;»

M22 «Από 9,968 γίνεται 14,154»

E «Δηλαδή πόσες φορές ανέβηκε;»

M22 «Πόσες φορές;»

E «Ανάλογα δεν είναι τα ποσά που όσες φορές αυξάνεται το ένα αυξάνεται και το άλλο; Εσείς το πήγατε από το χίλια στο χίλια τετρακόσια. Δηλαδή πόσες φορές;»

M22 «Εεε...»

E «Πόσο κάνει 1400 διά 1000;»

M24 «...1,4. Μία κόμμα τέσσερις φορές»

E «Ωραία, αν κάνετε και την πίεση τόσο θα βγει. Είναι όμως εύκολο να το δείτε έτσι; Μήπως αν το πολλαπλασιάζατε με κάτι άλλο θα ήταν πιο εύκολο να το δείτε;»

M24 «Ναι ... θα μπορούσαμε να το διπλασιάσουμε ...»

E «Καταλαβαίνετε; Δεν είναι λάθος αυτό που κάνατε, σωστά λέτε ότι είναι ανάλογα ποσά, αλλά δεν είναι ανάλογα μόνο και μόνο επειδή αυξάνεται, πρέπει να αυξάνεται τόσες φορές όσες και το άλλο. Αυτό δεν μπορείτε να το καταλάβετε εύκολα αν πολλαπλασιάσετε με το 1,4 ενώ με το 2 φαίνεται πιο εύκολα. Για δοκιμάστε... (φεύγει)»

M24 «Εντάξει καταλάβετε; Θα το πάμε από το 1000 στο 2000 (την πυκνότητα) για να δούμε τι θα κάνει το άλλο (η υδροστατική πίεση)»

M22 «Ωχ δεν έχει 2000, θα το βάλουμε στη μικρότερη για να το διπλασιάσουμε»

Τελικά μετά από διάφορες δοκιμές συμπληρώνουν στον πίνακα, αλλά χωρίς να στρογγυλοποιήσουν όπως έλεγε στο φύλλο εργασίας:

Κρατάω σταθερά	Μεταβάλλω		Αποτέλεσμα υδροστατικής πίεσης	
	από την τιμή	στην τιμή	από	έγινε
στο 1 ^ο πείραμα g, βάθος	700 kg/m ³	1400 kg/m ³	6,978 kPa	13,975 kPa
στο 2 ^ο πείραμα βάθος, ρ	4 m/s ²	8 m/s ²	4,069 kPa	8,134 kPa

Ο αυξημένος βαθμός δυσκολίας αυτών των μαθημάτων, όπως και του τρίτου μαθήματος, πυροδότησε εντάσεις σε κάποιες ομάδες όπου ήταν ήδη τεταμένο το κλίμα λόγω μη ενεργής συμμετοχής κάποιων μαθητών. Η τρίτη ομάδα για παράδειγμα, στο τρίτο μάθημα, δυσκολεύεται στον συνδυασμό της δύναμης με την επιφάνεια για την ερμηνεία της πίεσης αφού στον Προσανατολισμό έχουν επιλέξει βασιζόμενοι μόνο στην επίδραση της δύναμης. Ο Μ12 προσπαθεί να μοιραστεί με την ομάδα τον προβληματισμό του για την απάντηση που έδωσαν στη Διατύπωση του Προβλήματος (Στιγμιότυπο 20), ενώ εκτός της Μ13 οι υπόλοιποι μιλάνε μεταξύ τους:

Στιγμιότυπο 31

Μ12 «Λέει ποια φυσικά μεγέθη πρέπει να συνδυαστούν. Το βάρος εννοεί;»

Μ13 «Ε, ναι, αυτό δεν γράψαμε από πάνω;»

Μ12 «Πρέπει να είναι λάθος γιατί εδώ λέει από τα δύο προηγούμενα μαθήματα. Δεν κάναμε μόνο για το βάρος... είναι και η επιφάνεια. Ε;»

Μ13 «Η πίεση είναι και το βάρος, γιατί όσο περισσότερο βάρος έχεις τόσο περισσότερο πατάς»

Μ12 «Εσείς τι λέτε; Δεν είναι η επιφάνεια;»

Οι Μ11 και Μ15 δεν απαντούν, αλλά συζητούν μεταξύ τους.

Μ13 «Εντάξει, ας γράψουμε και την επιφάνεια»

Μ12 «Παιδιά εγώ νομίζω ότι και στο δύο (στη Διατύπωση του Προβλήματος) πρέπει να το γράψουμε. Είναι και η επιφάνεια... Γιατί τώρα λέει πώς να συνδυαστούν...»

Μ13 «Το βάρος ασκεί πίεση στην επιφάνεια... Ε; Είναι φυσικό μέγεθος η επιφάνεια;»

Μ12 «Είναι... Δεν είναι; Αφού τη μετράμε... (γυρνάει στους υπόλοιπους που μιλάνε μεταξύ τους) Παιδιά σκεφτείτε και εσείς λίγο αυτό... Η πίεση σε σχέση με το βάρος και την επιφάνεια»

Μ13 «Πρέπει να γράψουμε τύπο...»

Μ12 «Παιδιά να σας ρωτήσω κάτι; Πώς γίνεται να συνεργαζόμαστε ενώ κάθεστε εδώ και χαχανίζετε; Τι θα κάνουμε δηλαδή; Εγώ και η Μ13 μόνο;»

Μ11 «Τι να κάνουμε δηλαδή;»

Μ12 «Πείτε και εσείς κάτι...»

Μ11 «Πώς δεν λέμε... Και όλα αυτά που γράψαμε;»

Μ12 «Βγάλτε κάποιο συμπέρασμα για αυτό (δείχνει στο φύλλο εργασίας). Τι έχετε να πείτε;»

Μ11 «Τόση ώρα δεν λέμε;»

M12 «Πρέπει να τα συζητάμε όλοι όμως. Να συνεργαστούμε! Λοιπόν εσείς καταλάβετε τι σχέσεις έχουν αυτά (τα φυσικά μεγέθη) μεταξύ τους;»

M11 «Είναι ανάλογα»

M12 «Ναι, η πίεση και το βάρος... μεγάλο βάρος μεγάλη πίεση... όμως η επιφάνεια;»

M15 «Η επιφάνεια...»

M12 «Η επιφάνεια...δεν είναι το ίδιο...»

Η εκπαιδευτικός επεμβαίνει ώστε να εκτονωθεί η ένταση στην ομάδα, τουλάχιστον γνωστικά.

E «Παιδιά τα βρήκατε τώρα τα φυσικά μεγέθη. Αν έπρεπε να είναι η πίεση ίση με ένα κλάσμα, πώς θα τα βάζατε;»

M12 «Το βάρος αριθμητή...»

E «Γιατί;»

M13 «Γιατί όταν μεγαλώνει, μεγαλώνει και η πίεση!»

E «Ενώ η επιφάνεια;»

M11 «Όσο πιο μεγάλη είναι τόσο μικρότερη είναι η πίεση»

E «Άρα; Πού περιμένεις να είναι;»

M12 «Θα είναι παρονομαστής!»

E «Μπράβο!»

Αντίθετα, στο έκτο μάθημα όπου η εκπαιδευτικός αλλάζει τις θέσεις των μαθητών της τρίτης ομάδας, η δυναμική της ομάδας αλλάζει δραστικά (Στιγμιότυπο 48), με τον M11 να συνεργάζεται αποτελεσματικά αλλά και τον M15 να συμμετέχει με αποτέλεσμα η ομάδα να καταλήγει στο έβδομο μάθημα στη διαπίστωση ότι είναι η καλύτερη ομάδα:

Στιγμιότυπο 32

M11 «Έλα να μπούμε στο internet»

M12 «Γιατί;»

M13 «Να βρούμε την ατμόσφαιρα»

M15 «Λοιπόν κάποιος να διαβάξει, θα διαβάξεις εσύ, να γράφουμε εμείς και να βγάλουμε μετά ένα σωστό»

M12 «Ναι» ...

M13 «Ο αέρας έχει βάρος!»

M12 «Έχουν τα συστατικά του μάζα...»

M15 «Τι λες; Έχει μάζα ο αέρας;!»

M11 «Έχει, αφού έχουν τα συστατικά του...»

M15 «Μπορεί να έχει, αλλά να μην τα βλέπουμε...»

M12 «Ξέρεις γιατί έχει βάρος; Γιατί άμα πάρουμε ένα μπουκάλι και του βγάλουμε τον αέρα και το ζυγίσουμε και μετά του βάλουμε αέρα μέσα θα είναι πιο βαρύ»

M13 «Αφού έχει μάζα, θα έχει και βάρος. Όπως εμείς! Έχουμε μάζα, οπότε έχουμε και βάρος»

M15 «Ξέρεις τι; Τελικά ο αέρας έχει βάρος, γιατί τα σύννεφα πώς τα κρατάει; Αν δεν είχε βάρος θα έφευγαν προς τα πάνω!»

M12 «Σωστά! Οπότε ασκεί και δύναμη και πίεση. Να τώρα ... τον υπολογιστή, του ασκεί πίεση. Οπότε γράφουμε ότι ο αέρας έχει βάρος!... Καλά ε; Σήμερα είμαστε η καλύτερη ομάδα!»

M15 «Πετάμε!... Σαν τον αέρα!» (γέλια)

Όταν τα μαθήματα έχουν το στοιχείο του εντυπωσιασμού, οι μαθητές συμμετέχουν περισσότερο και οδηγούνται πιο γρήγορα σε συμπέρασμα. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στο τέταρτο μάθημα όπου παρακολούθησαν σκηνές από τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας για να συνδυάσουν την υδροστατική πίεση με την βαρύτητα. Η δεύτερη ομάδα, πριν το πείραμα του Στιγμιότυπου 27, παρακολουθεί κυριολεκτικά, με το στόμα ανοιχτό:

Στιγμιότυπο 33

M22 «Τι είναι αυτό;»

M21 «Διαστημικός Σταθμός;!»

M24 «Δεν υπάρχει βαρύτητα παιδιά!»

M25 «Φοβερό!!! Τι κάνει το άτομο!»

M23 «Κοίτα! Το βάζει στο πρόσωπό του και δεν πέφτει!»

M22 «Τέλειο; Νερό είναι αυτό ή κάτι...»

M24 «Νερό κανονικό είναι! Λοιπόν αν δεν υπάρχει βαρύτητα, δεν υπάρχει και πίεση νομίζω...»

M25 «Και πώς πίνουν αυτοί (οι αστροναύτες) νερό;»

M24 «Ρουφώντας»

M21 «Ναι, γιατί δεν θα στέκετε (το νερό) σε ποτήρι, θα βγαίνει»

M22 «Σωστά!»

M24 «Οπότε αν δεν υπάρχει βαρύτητα δεν υπάρχει και υδροστατική πίεση. Αυτό να γράψουμε...»

M21 «Ναι, γιατί το νερό θα πέταγε! Ενώ στη Γη έχει βαρύτητα!»

Η φάση της Διερεύνησης είναι πολύ σημαντική για την προσαρμογή των εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων των μαθητών.

Στο τρίτο μάθημα για παράδειγμα, όπως φάνηκε στο στιγμιότυπο 22, η πέμπτη ομάδα έχει μία σύγχυση ως προς τα φυσικά μεγέθη που χρειάζονται για να περιγράψουν την πίεση. Στην Διερεύνηση, με τη βοήθεια και της εκπαιδευτικού, αυτή η σύγχυση επισημαίνεται και διορθώνεται:

Στιγμιότυπο 34

M22 «Ωραία, στα φυσικά μεγέθη που λέει εδώ θα βάλουμε το βάρος...»

M24 «Τη μάζα και το βάρος! Είπαμε ότι είναι περισσότερα (τα φυσικά μεγέθη)»

E «Τη μάζα ή το βάρος; Τι είπαμε στο προηγούμενο μάθημα; (Στιγμιότυπο 41)»

M24 «E... το βάρος;...»

E «Ποιο φυσικό μέγεθος πιέζει; Η μάζα ή το βάρος;»

M22 «Το βάρος»

E «Ωραία, όπως είδατε λοιπόν στο προηγούμενο μάθημα, έχουμε το βάρος, ένα φυσικό μέγεθος. Τι άλλο είδατε στα μαθήματα ότι επηρεάζει την πίεση;»

M22 «Την επιφάνεια»

M24 «Ναι, αλλά η επιφάνεια δεν είναι φυσικό μέγεθος»

E «Γιατί;! Δεν μετριέται; Δεν λέμε ένα τετραγωνικό μέτρο, δύο... (δείχνει την επιφάνεια του πάγκου)»

M24 «Α! Ναι! Αφού μετριέται είναι φυσικό μέγεθος!»

M22 «Εγώ στο είχα πει ότι είναι και η επιφάνεια! Οπότε έχουμε δύο φυσικά μεγέθη που επηρεάζουν την πίεση. Το βάρος και την επιφάνεια. Τα γράφουμε»

Στο ίδιο μάθημα, η δεύτερη ομάδα που όπως έχει φανεί στο στιγμιότυπο 5 του Προσανατολισμού και 19 της Διατύπωσης του Προβλήματος, είχε το ίδιο σχεδόν εναλλακτικό νοητικό σχήμα, ότι δηλαδή μόνο με το βάρος μπορεί να ερμηνεύσει την πίεση, τη διορθώνει, χωρίς να χρειαστεί την επέμβαση της εκπαιδευτικού, καθώς μία μαθήτρια εντοπίζει και εξηγεί το λάθος, μέσω ενός νοερού πειράματος:

Στιγμιότυπο 35

M9 «Παιδιά, εγώ το άλλαξα εδώ... Εσείς τι γράψατε;»

M7 «Ότι... με το βάρος...»

M6 «Ναι, το ερμηνεύουμε με το βάρος, ότι είχαμε πει...»

M9 «Εγώ πιστεύω ότι ήταν λάθος αυτό που είχαμε πει»

M6 «Γιατί; Αν αυξηθεί το βάρος δεν θα αυξηθεί και η πίεση;»

M9 «Ναι, αλλά δεν είναι μόνο αυτό, είναι και η επιφάνεια! Εγώ έγραψα ότι πρέπει η επιφάνεια να είναι μικρή και το βάρος μεγάλο»

M6 «Το πόσο μαλακή είναι η επιφάνεια;»

M9 «Όχι και οι τρεις είναι στο μαλακό χώμα, εγώ λέω όσο πιο μικρή»

M7 «Τι εννοείς όσο πιο μικρή... επιφάνεια;»

M9 «Να κοίτα αν πάρεις ολόκληρο αυτό (δείχνει το έδρανο) και το βάλεις πάνω στην άμμο, θα κάνει πολύ μικρό αποτύπωμα. Ενώ αν πάρεις κάτι λεπτό, σαν το σιλό και το βάλεις στην άμμο θα κάνει πιο βαθύ αποτύπωμα!»

M10 «Ναι, αλλά αν το βάλεις έτσι (δείχνει το έδρανο κάθετα) θα βουλιάξει»

M9 «Σωστά! Αυτό λέω... αν το βάλεις οριζόντια δεν βουλιάζει όμως, γιατί έχει μεγάλη επιφάνεια»

M6 «Ναι, δίκιο έχεις... όσο πιο μικρή είναι η επιφάνεια τόσο πιο εύκολα βουλιάξεις, το είχαμε δει και στο μάθημα (εννοεί το πρώτο)»

M9 «Οπότε και σε αυτές (δείχνει τον Προσανατολισμό), η πρώτη κυρία θα βουλιάξει τελικά, όχι ο ελέφαντας! Γιατί ξέρεις πόσο λεπτό είναι το τακούνι; Βλέπεις εδώ; (δείχνει την Εφαρμογή στα Συμπεράσματα)»

M6 «Οπότε τα διορθώνουμε! Η κυρία με το ένα είναι τελικά, έτσι;»

Αντίστοιχα, στο έκτο μάθημα, με την βοήθεια του εικονικού πειράματος, η πρώτη ομάδα διορθώνει το εναλλακτικό ερμηνευτικό της σχήμα από τη φάση του Προσανατολισμού (Στιγμιότυπο 4), ότι δηλαδή το δοχείο και ο όγκος του υγρού παίζει κάποιο ρόλο στην υδροστατική πίεση:

Στιγμιότυπο 36

M2 «Εντάξει την βρήκαμε (την προσομοίωση)»

M3 «Κοίτα είναι διαφορετικά τα δοχεία»

M1 «Τώρα να δούμε την πίεση. Ρίξε μέσα το πιεσόμετρο»

M2 «Πρέπει να έχουν διαφορετικό νερό (τα δοχεία)»

M1 «Βγάλε λίγο»

M2 «Δεν γίνεται! Βγαίνει και από τα δύο (δοχεία)»

M3 «Και πώς θα το κάνουμε; Κυρία! Δεν μπορούμε να αλλάξουμε το νερό εδώ»

E «Ναι παιδιά, έτσι είναι αυτή η προσομοίωση. Αυτά τα δοχεία είναι συγκοινωνούντα, δηλαδή επικοινωνεί το νερό εδώ (δείχνει στην προσομοίωση). Έχουν όμως το ίδιο σχήμα; Ψάξτε λίγο τις πιέσεις να δείτε τι κάνουν» (φεύγει)

M2 «Τις πιέσεις; Να πάρω και άλλο πιεσόμετρο;»

M1 «Ναι, κοίτα (δείχνει το φύλλο εργασίας) έχει κι άλλο»

Βάζουν δύο πιεσόμετρα αλλά σε διαφορετικό βάθος το κάθε ένα. Η εκπαιδευτικός επεμβαίνει.

E «Παιδιά σε διαφορετικό βάθος θα τα βάλετε; Τι είδαμε στο προηγούμενο μάθημα;»

M1 «Η πίεση μεγαλώνει με το βάθος»

E «Εσείς αυτό θέλετε να ελέγξετε τώρα;»

M3 «Όχι, το σχήμα (κοιτάει το φύλλο εργασίας) και την ποσότητα του υγρού»

M1 «Θα τα βάλουμε (τα πιεσόμετρα) στην ίδια ευθεία»

M2 «Είναι ίδιες!»

E «Οπότε παίζει ρόλο το δοχείο;»

M3 «Όχι!»

M1 και M2 «Α!!! Αυτό ήταν;»

M1 «Άρα γράφουμε ότι το σχήμα δεν παίζει κανένα ρόλο!»

M3 «Ναι και να αλλάξουμε δοχεία, θα είναι το ίδιο στο ίδιο βάθος!»

Στο φύλλο εργασίας γράφουν:

«Στο πείραμα βλέπουμε ότι το δοχείο ή η ποσότητα δεν έχουν σχέση με την υδροστατική πίεση»

Η Διερευνητική Μάθηση δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να σκεφτούν και να δημιουργήσουν. Όπως έχει καταγραφεί στο στιγμιότυπο 25 για την τέταρτη ομάδα, έτσι και όταν προσπαθούσε να σκεφτεί η πρώτη ομάδα τι θα γίνει στο πείραμα του πρώτου μαθήματος, ο M1 σκέφτηκε να δοκιμάσει με το χέρι του την πίεση από τις οδοντογλυφίδες, το επικοινωνήσε ωραία στην υπόλοιπη ομάδα και το επανέλαβαν άλλοι δύο:

Στιγμιότυπο 37

M3 «Τι θα κάνουμε με τα μπαλόνια;»

M1 «Είναι σαν το πρώτο (στον Προσανατολισμό) με τα καρφιά, έτσι και με τις οδοντογλυφίδες (βάζει το δάχτυλό του πάνω στις οδοντογλυφίδες). Να κοίτα, εδώ πονάει (στη μία οδοντογλυφίδα) ενώ όταν είναι πολλές δεν πονάει»

M3 «(το δοκιμάζει) *Ναι, όντως!*»

M2 «*Για να δω. (το δοκιμάζει) Δηλαδή εδώ με τη μία θα σκάσει το μπαλόνι;*»

M1 «*Μάλλον... ας το κάνουμε*»

6.1.3.1 Ευρήματα από τη Φάση της Διερεύνησης

Η φάση της Διερεύνησης αποτελεί την κορύφωση της διερευνητικής διαδικασίας. Έχει αρκετές δυσκολίες, γιατί ξεπερνά και παρακάμπτει την μίμηση στην απόκτηση γνώσης, εισάγοντας τους μαθητές στη φιλοσοφία της αναζήτησης μέσω αυθεντικών διαδρομών.

Στη διερευνητική μέθοδο όμως, οι μαθητές προσπαθώντας να διερευνήσουν ένα πρόβλημα, έχουν τον χρόνο και την ευκαιρία, να σκεφτούν ερμηνείες όχι μόνο για τις δραστηριότητες που τους δίνονται, αλλά να δημιουργήσουν και δικές τους (Στιγμ. 25, 37), ενώ για να επικοινωνήσουν στην ομάδα κάποια ερμηνεία τους, μπορούν να δημιουργήσουν και νοερά πειράματα (Στιγμ. 35).

Η μύηση στην ερευνητική μεθοδολογία ωστόσο, δεν γίνεται αυτόματα. Αρχικά, η φάση της Διερεύνησης, για τους μαθητές, ήταν συνώνυμη με την εκτέλεση πειραμάτων (Στιγμ. 24). Οι μαθητές ενθουσιάζονται όταν κάνουν πείραμα, δεν έχουν συνηθίσει όμως να σκέφτονται. Οι υποφάσεις των υποθέσεων, της δημιουργίας ερευνητικών ερωτημάτων και του σχεδιασμού του πειράματος, ήταν αρχικά ξένα στις συνήθειες τους και η έρευνα έδειξε ότι τους δυσκόλεψαν (Στιγμ. 25, 30), ιδιαίτερα στην καταγραφή τους στα φύλλα εργασίας (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 25).

Παρά τη δυσκολία αυτή, πολύ γρήγορα, από το δεύτερο μάθημα, φάνηκε ότι ήταν πιο προσεκτικοί και σκέφτονταν συνειδητά την ερευνητική μέθοδο (Στιγμ. 26). Όσο προχωρούσαν τα μαθήματα, η αλληλουχία των ερευνητικών βημάτων τους ήταν πλέον προφανής και οι μαθητές ενσωμάτωσαν την έρευνα, σαν δική τους πρακτική σκέψης, κάποιες φορές συν-ρυθμιζόμενοι (Στιγμ. 27). Αυτό φαινόταν και στα φύλλα εργασίας, όπου καταγράφουν με μεγαλύτερη άνεση και ακρίβεια τις υποθέσεις και τα ερευνητικά τους ερωτήματα (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 27).

Άλλα σημεία στα οποία φάνηκε να δυσκολεύονται οι μαθητές, ήταν πρώτον στην έννοια των φυσικών μεγεθών (Στιγμ. 34), δεύτερον στη διατήρηση σταθερών παραγόντων, κατά τον έλεγχο της σχέσης δύο φυσικών μεγεθών (Στιγμ. 24) και τρίτον στο πώς μπορεί να ελεγχθεί η αναλογία ανάμεσα σε δύο φυσικά μεγέθη (Στιγμ. 30). Η επέμβαση της εκπαιδευτικού, φάνηκε να είναι απαραίτητη στη φάση αυτή, είτε για να υποστηρίξει τη σκέψη των μαθητών (Στιγμ. 28), είτε γιατί κάποια μαθήματα είχαν μεγάλη δυσκολία.

Το να δημιουργήσουν οι ίδιοι οι μαθητές έναν ορισμό ή έναν νόμο είναι εξαιρετικά σημαντική διαδικασία, γιατί μέσα από αυτή, οι μαθητές αντιλαμβάνονται συνολικά το γιατί δημιουργήθηκαν οι ορισμοί, καθώς και το σε τι χρησιμεύουν και το πώς δημιουργούνται οι νόμοι μέσω πειραμάτων, αλλά σε κάποια σημεία, ειδικά στις πρώτες τους απόπειρες, η δυσκολία τους υπερέβαινε και η μάθηση έβγαινε εκτός της Ζώνης

Επικείμενης Ανάπτυξης (Στιγμ. 29, 30, 31, 34, 36). Σε αυτά ακριβώς τα σημεία, όταν οι μαθητές έχουν βρεθεί σε διανοητικό αδιέξοδο, η βοήθεια είναι απαραίτητη και τους μένει εντυπωμένη, γιατί τους λύνει ένα πρόβλημα που θεωρούν ότι είναι δικό τους.

Η φάση της Διερεύνησης είναι καθοριστική για τη μεταβολή των εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων των μαθητών, μέσω συν-ρύθμισης από ομότιμους (Στιγμ. 35) ή από την εκπαιδευτικό (Στιγμ. 31, 34, 36). Στη φάση αυτή αναδεικνύονται επίσης τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στις δύο προηγούμενες φάσεις (Στιγμ. 31, 35). Όσα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα δημιουργούνται σε αυτή τη φάση, λύνονται άμεσα μέσω των πειραμάτων ή της επιχειρηματολογίας από τους ίδιους τους μαθητές (Στιγμ 32).

Όπως φαίνεται από τα στιγμιότυπα που προηγήθηκαν, οι μαθητές που δεν συμμετείχαν ενεργά στη δημιουργία της γνώσης, ήταν λίγοι, συγκεκριμένα ήταν τέσσερις. Οι δύο από αυτούς, είχαν ιδέες και άποψη, αλλά πιθανώς από το φόβο του λάθους, δεν την μοιράζονταν με την ομάδα (φύλλα εργασίας από Στιγμ.25). Η έρευνα ωστόσο έδειξε ότι σε μία άλλη ομάδα, δύο μαθητές εκτός ότι δεν συμμετείχαν γνωστικά, δεν επικοινωνούσαν συνειδητά με τα μέλη της υπόλοιπης ομάδας. Το κόστος για την ομάδα αυτή ήταν εκτός από συναισθηματικό - κοινωνικό και γνωστικό, καθώς οι υπόλοιποι δυσκολεύονταν στην δημιουργία ιδεών και στην καταγραφή των φύλλων εργασίας (Στιγμ. 31).

Ήταν η μόνη ομάδα στην οποία τα φύλλα εργασίας, σε κάποια μαθήματα, ήταν ελλιπή. Η αυτορρύθμιση, η συν-ρύθμιση και η κοινωνικά επιμερισμένη ρύθμιση των ομάδων συνάδουν με το πνεύμα της διερευνητικής μάθησης και πρέπει να δίνεται στους μαθητές ο χρόνος για να τις επιτύχουν. Είναι πολύ σημαντικό εκτός από τις ακαδημαϊκές τους αντιπαραθέσεις, να συζητούν ήρεμα και με επιχειρήματα, τις κοινωνικές και συνεργατικές σχέσεις τους στις ομάδες (Στιγμ. 31).

Όταν ωστόσο τα μαθήματα περνούν και δεν βελτιώνονται οι σχέσεις της ομάδας, ούτε υπάρχουν δείγματα αυτορρύθμισης κάποιων μαθητών, η συν-ρύθμιση από την εκπαιδευτικό είναι αναγκαία (Στιγμ. 32, σε αντιπαράθεση με Στιγμ. 11) και έχει αναπάντεχα, θετικά αποτελέσματα (Στιγμ. 32).

6.1.4 Τέταρτη φάση – Συμπεράσματα

Στην φάση αυτή συγκεκριμενοποιούνται τα αποτελέσματα της έρευνας και πιστοποιείται η απόκτηση της γνώσης, σε κάθε μάθημα.

Στα αρχικά μαθήματα της φάσης των Συμπερασμάτων, οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες στο να φτάσουν από το συγκεκριμένο, που ήταν τα πειράματα, στο γενικό και αφηρημένο που ήταν οι σχέσεις των μεγεθών. Οι περισσότερες ομάδες συνδύαζαν άμεσα το συμπέρασμα με το πείραμα.

Στο πρώτο μάθημα, όπου μέσω του πειράματος με τα μπαλόνια και τις οδοντογλυφίδες οι μαθητές έπρεπε να συνδυάσουν την πίεση με την επιφάνεια επαφής παρατηρήθηκαν, όπως

ήταν λογικό, οι περισσότερες αστοχίες. Η πέμπτη ομάδα συνδύασε την αλλαγή της επιφάνειας με το σκάσιμο του μπαλονιού και όχι με την πίεση:

Στιγμιότυπο 38

M22 «*Τώρα λέει Συμπεράσματα*»

M23 «*Τι καταλάβαμε από το πείραμα;*»

M21 «*Ναι, τότε σκάει το μπαλόνι*»

M24 «*Στη μία (οδοντογλυφίδα) που είχε μυτερή επιφάνεια έσκασε ενώ όταν ήταν στις πολλές ήταν μεγάλη η επιφάνεια και δεν έσκαγε*»

M22 «*Σωστά, στη μία οδοντογλυφίδα έσκασε*»

Στα φύλλα εργασίας δεν αναφέρουν την πίεση:

M21 «*Όταν η επιφάνεια είναι μεγάλη τότε δεν σκάει το μπαλόνι, ενώ όταν η επιφάνεια είναι μικρή σκάει πιο εύκολα*»

M22 «*Όταν είναι μεγάλη η επιφάνεια υπάρχει μεγαλύτερη δυσκολία να σκάσει ενώ όταν είναι ένα είναι πιο μυτερό*»

M23 «*Όταν είναι μεγάλα επιφάνεια δεν γίνεται εύκολα να σκάσει ενώ στο δεύτερο είναι μόνο μια επιφάνεια και είναι εύκολο να σκάσει*»

M24 «*Μεγάλη επιφάνεια δύσκολο να σκάσει. Μικρή σκάει γιατί είναι πιο μυτερή*»

M25 «*Όταν είναι μεγάλη η επιφάνεια το μπαλόνι δεν μπορεί να σκάσει εύκολα ενώ όταν η επιφάνεια είναι μικρή το μπαλόνι σκάει πιο εύκολα*»

Παρόμοια κινήθηκαν η τρίτη και η τέταρτη ομάδα, οι οποίες στο φύλλο εργασίας γράφουν:

τρίτη ομάδα: «*Με τη μία οδοντογλυφίδα θα σκάσει το μπαλόνι γιατί η μία οδοντογλυφίδα είναι μυτερή, ενώ με τις πολλές δεν σκάει*»

τέταρτη ομάδα «*Το μπαλόνι θα σκάσει στην μια οδοντογλυφίδα λόγω της μυτερής επιφάνειας, ενώ στις πολλές δεν θα σκάσει*»

Η πρώτη ομάδα, επικεντρώνεται στο πείραμα αλλά συζητάει και τη σχέση:

Στιγμιότυπο 39

M5 «*Εντάξει, τώρα στα Συμπεράσματα γράφουμε για το πείραμα;*»

M2 «*Τι έγινε με τα μπαλόνια;*»

M3 «*Πότε σκάει (το μπαλόνι) και τότε δεν σκάει*»

M1 «*Και γιατί... τι παρατηρούμε... αν το βάλουμε (το μπαλόνι) στη μία (οδοντογλυφίδα) που είχε μικρότερη επιφάνεια και στις πολλές*»

M2 «Στη μικρότερη (επιφάνεια) έσκασε, έτσι;»

M1 «Ναι, στη μία οδοντογλυφίδα»

Στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφουν:

M1 «Παρατηρούμε ότι αν βάλουμε το μπαλόνι στη μία οδοντογλυφίδα θα σκάσει γιατί η 1 οδοντογλυφίδα έχει μικρότερη επιφάνεια και έχει μεγαλύτερη πίεση στο μπαλόνι ενώ με τις πολλές δεν σκάει γιατί έχει μεγαλύτερη επιφάνεια και ασκεί μικρότερη πίεση στο μπαλόνι»

M2 «Παρατηρούμε ότι αν βάλουμε το μπαλόνι στη μία οδοντογλυφίδα το μπαλόνι θα σκάσει γιατί η μία οδοντογλυφίδα έχει μικρότερη επιφάνεια ενώ στις πολλές δεν σκάει γιατί δεν έχει τόση πίεση»

M3 «Παρατηρούμε ότι αν βάλουμε το μπαλόνι πάνω στη μία οδοντογλυφίδα, θα σκάσει, γιατί η μία οδοντογλυφίδα έχει μικρότερη επιφάνεια»

M4 «Παρατηρούμε ότι αν βάλουμε το μπαλόνι πάνω στη μία οδοντογλυφίδα το μπαλόνι θα σκάσει γιατί έχει μικρότερη επιφάνεια, ενώ στις πιο πολλές έχει μεγαλύτερη επιφάνεια και δεν θα σκάσει»

M5 «Παρατηρούμε ότι εάν βάλουμε το μπαλόνι πάνω σε μια οδοντογλυφίδα το μπαλόνι θα σκάσει επειδή έχει μικρότερη επιφάνεια και δεν είναι πλατι όπος το κεφαλι μας»

Το ομαδικό τους φύλλο έχει δύο γραφικούς χαρακτήρες. Το είχε αναλάβει η M3, αλλά έχει ολοκληρωθεί από τον M1. Η M3 γράφει «Παρατηρούμε ότι αν βάλουμε το μπαλόνι πάνω στη μία οδοντογλυφίδα θα σκάσει» και ο M1 συμπληρώνει «ενώ άμα βάλουμε το μπαλόνι με την ίδια δύναμη στις πολλές οδοντογλυφίδες δεν σκάει»

Οι μαθητές υποθέτουν ότι στα Συμπεράσματα πρέπει να γράψουν με επιστημονικούς όρους, αλλά δεν ξέρουν πώς να το κάνουν. Η δεύτερη ομάδα για παράδειγμα, στην οποία έλλειπε η M9, γράφει ότι η δύναμη ήταν σταθερή και άλλαξαν την επιφάνεια αλλά δεν γράφει για την πίεση στα φύλλα εργασίας:

M6 «Ότι αν και βάλουμε την ίδια δύναμη και στις δύο επιφάνειες το μπαλόνι έσκασε στην μία οδοντογλυφίδα»

M7 «Ενώ βάλουμε ίδια δύναμη στις δύο επιφάνειες το μπαλόνι έσκασε στην πλαστελίνη με τη μία οδοντογλυφίδα»

M8 «Ότι βάλουμε την ίδια δύναμη και στις δύο επιφάνειες το μπαλόνι έσκασε στην μία οδοντογλυφίδα»

M10 «Ότι και αν βάλουμε την ίδια δύναμη και στις επιφάνειες το μπαλόνι έσκασε στην ίδια οδοντογλυφίδα»

ενώ στο ομαδικό φύλλο εργασίας που το θεωρούσαν πιο επίσημο γράφουν:

«Ότι το μπαλόني στις πολλές οδοντογλυφίδες δεν παθαίνει τίποτα επειδή μοιράζεται η μάζα του μπαλονιού. Ενώ σκάει στην μία επειδή πιέζεται όλη του η μάζα. Αυτό το πείραμα συνεπάγεται με την περίπτωση του φακίρη»

Στο δεύτερο μάθημα, όπου έπρεπε να συζητήσουν την σχέση της πίεσης με τη δύναμη, οι ομάδες συνέχισαν να περιγράφουν τα αποτελέσματα του πειράματος. Η πρώτη ομάδα για παράδειγμα γράφει στο φύλλο εργασίας:

«Ότι το μπαλόني σκάει όταν βάλω περισσότερα βιβλία, ενώ όταν βάλω ένα βιβλίο δεν σκάει»

Στην δεύτερη και την τρίτη ομάδα μιλάνε για την πίεση αλλά όχι για την δύναμη:

δεύτερη ομάδα: *«Ότι όταν το πιέζουμε με λίγο πίεση το μπαλόني δεν παθαίνει τίποτα αλλά όταν ασκούμε πιο πολύ πίεση το μπαλόني σκάει»*

αλλά στην τρίτη ομάδα επισημαίνουν ότι η επιφάνεια είναι σταθερή: *«Όσο πιο πολύ πίεση ασκείται στο μπαλόني θα σκάσει αν η επιφάνεια είναι σταθερή».*

Η σύγκυση ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη φαίνεται από τη συνομιλία της τέταρτης ομάδας:

Στιγμιότυπο 40

M18 *«Το συμπέρασμα από το πείραμα με το μπαλόني. Το πότε σκάει;»*

M17 *«Ότι πιστεύαμε ότι με δύο – τρία βιβλία θα σκάσει; Επειδή έχει πιο πίεση (δείχνει με τα χέρια)»*

M16 *«Ναι... συνέχισε καλά το πας... Εσείς πίσω (αναφέρεται στους M19 και M20) τι λέτε;»*

M20 *«Έσκασε το μπαλόني...»*

M17 *«Αρχικά βάλουμε τρία βιβλία πάνω στο μπαλόني και δεν έσκασε... Μετά βάλουμε άλλο ένα...»*

M18 *«Και έγιναν τέσσερα (γέλια)»*

M16 *«(γελώντας) Όχι, όσο περισσότερη πίεση θα ασκηθεί στο μπαλόني, αυτό θα σκάσει»*

M17 *«Μικρή επιφάνεια μεγάλη πίεση άρα σκάει»*

M16 *«Ναι, καλό αυτό... αλλά κάτσε... μένει σταθερή η επιφάνεια, το γράψαμε από πάνω στον πίνακα (στην Σχεδίαση του πειράματος)»*

M17 *«Άλλο σταθερή, άλλο μικρή... Εδώ είναι μικρή και σκάει»*

M16 *«Όχι παιδιά δεν το διατυπώνουμε καλά... Όσο μεγαλώνει η πίεση πρέπει να πούμε...»*

Ένα χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι, ότι ενώ στις προηγούμενες φάσεις οι μαθητές μπορεί να έγραφαν διαφορετικές απόψεις στα φύλλα εργασίας, στα Συμπεράσματα φρόντιζαν να γράφουν όμοια.

Έτσι, η τέταρτη ομάδα σε όλα τα φύλλα εργασίας γράφει:

«Όσο έχουμε μικρή επιφάνεια μεγαλώνουμε την πίεση που ασκούμε στο μπαλόνι και αυτό σκάει»

Η μόνη ομάδα που ξεφεύγει κάπως από το συγκεκριμένο και επικεντρώνεται στις σχέσεις των φυσικών μεγεθών, είναι η πέμπτη:

Στιγμιότυπο 41

M21 *«Όταν βάζουμε περισσότερα βιβλία αλλάζει η πίεση;»*

M24 *«Η μάζα αλλάζει, δεν αλλάζει το βάρος»*

E *«Αλλάζει η μάζα και δεν αλλάζει το βάρος;»*

M24 *«Ναι, αλλάζει η μάζα γιατί βάζουμε περισσότερα βιβλία»*

E *«Η μάζα είναι άσχετη από το βάρος;»*

M24 *«Όχι, σωστά... είναι ανάλογα, αφού αλλάζει η μάζα θα αλλάξει και το βάρος»*

M22 *«Όταν μεγαλώνει λοιπόν το βάρος σκάει το μπαλόνι...»*

M21 *«Και η επιφάνεια;»*

M24 *«Η επιφάνεια σπάντα δεν αλλάζει, είναι σταθερή είπαμε»*

M22 *«Ναι, γιατί έχουμε τις ίδιες οδοντογλυφίδες!»*

M24 *«Ωραία, τότε γράφουμε ότι είναι σταθερή η επιφάνεια και μεγαλώνει το βάρος και σκάει το μπαλόνι»*

Στα φύλλα εργασίας γράφουν: *«Όταν βάλουμε περισσότερο βάρος στην ίδια επιφάνεια το μπαλόνι σκάει»*

Στο τρίτο μάθημα, όπου πρέπει να συνδυαστεί η δύναμη με την επιφάνεια για να εξαχθεί η έννοια της πίεσης, όλες οι ομάδες αρχίζουν να σκέφτονται περισσότερο τα φυσικά μεγέθη και να εμβαθύνουν στις σχέσεις τους.

Η πέμπτη ομάδα έχει την πιο χαρακτηριστική συνομιλία:

Στιγμιότυπο 42

M25 *«Στα συμπεράσματα διαβάσατε;»*

M22 *«Όχι, περίμενε... λέει να χωριστούμε σε ομάδες...»*

M24 *«Ναι, εμείς τα αγόρια που είμαστε όμορφοι και Newton, θα υποστηρίξουμε τον ελέφαντα και εσείς που είσατε κορίτσια να υποστηρίξετε τη γυναίκα. M23 θέλεις να είσαι συντονιστής ή εγώ;»*

M23 *«Θα γίνω εγώ... τι πρέπει να κάνω δηλαδή;»*

M24 «Θα συντονίζεις εμάς και θα βγάλεις την τελική απόφαση»

M22 «Εμείς θα βγάλουμε την πίεση της γυναίκας...»

M24 «Εντάξει, τον τύπο που φτιάξαμε πριν θα χρησιμοποιήσουμε όλοι... η πίεση είναι φι (δύναμη) προς άλφα (επιφάνεια)»

M22 «Για δύναμη θα βάλουμε το βάρος της γυναίκας;»

M24 «Ναι κι εμείς του ελέφαντα. Πόσο σας βγαίνει η διαίρεση;»

M22 «Κάτσε, είναι και τα πόδια»

M25 «Εμείς έχουμε δύο πόδια... Κυρία, πόσα Newton θα βάλουμε στον τύπο;»

E «Εγώ έχω βάρος κάποια Newton. Τώρα που στέκομαι στα δύο πόδια πόσα αντιστοιχούν στο κάθε πόδι;»

M22 «Τα μισά»

M24 «Ναι! Εσείς διαιρείται με το δύο το βάρος. Εμείς με το τέσσερα...Γρήγορα... αργούμε...»

M21 «Και μετά το διαιρούμε με την επιφάνεια;»

M22 «Ναι... το βρήκαμε, είναι τρία εκατομμύρια Newton!»

M24 «Δεν είναι Newton, πίεση είναι... Κι' εμείς το βρήκαμε! Λοιπόν το δικό μας είναι τριάντα χιλιάδες Newton προς τετραγωνικό μέτρο»

M23 «Δηλαδή... νικάει η γυναίκα... Πόσες φορές μεγαλύτερο...δηλαδή;»

M24 «Άμα τα διαιρέσεις θα βγει... εκατό φορές μεγαλύτερο (η πίεση) της γυναίκας! Γράψε στο ομαδικό»

Από το στιγμιότυπο αυτό φαίνεται ότι όσο δυσκολεύουν τα μαθήματα, οι μαθητές αρχίζουν να επικεντρώνονται στα φυσικά μεγέθη και ότι αφού αναλύσουν το ειδικό και συνάγουν τις σχέσεις, μπορούν να κάνουν και το αντίστροφο, να πηγαίνουν δηλαδή από το γενικό στο ειδικό για να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο. Αυτή η διαδικασία υπερβαίνει τις δυνατότητες κάποιων μαθητών, ειδικά αυτών που δυσκολεύονται στις πράξεις. Επειδή οι ομάδες ήταν ανομοιογενείς, σχεδόν όλες, εκτός της τρίτης, κατάφεραν να εφαρμόσουν τη σχέση και να καταλήξουν σε αποτέλεσμα.

Οι μαθητές που δεν μπορούσαν να κάνουν τις διαιρέσεις απάντησαν περιγραφικά, όπως έκανε και η τρίτη ομάδα, η οποία είχε και προβλήματα συνεργασίας (Στιγμιότυπο 31):

Στιγμιότυπο 43

M12 «(γυρνάει στον M11) Διάβασες τι λέει στα Συμπεράσματα;»

M11 «Όχι»

M12 «Να σας πω εγώ που τα διάβασα; Λέει να χωριστούμε και να βρούμε την πίεση της γυναίκας και του ελέφαντα. Εσείς τι λέτε; Ποιος θα έχει μεγαλύτερη πίεση... η γυναίκα;»

M17 «Όχι, γιατί είδες πόσο ζυγίζει ο ελέφαντας;»

M11 «Ο ελέφαντας θα κάνει πιο πολύ (αποτύπωμα)...»

M15 «Ναι, με τακούνια όμως; Στην άμμο!;»

M12 «Η γυναίκα δεν θα είναι; Καλά κάντε εσείς τον ελέφαντα να κάνουμε εμείς τη γυναίκα»

Στα φύλλα εργασίας φαίνεται η δυσκολία στους ποσοτικούς υπολογισμούς:

M11 «Υποστηρίζω τον ελέφαντα γιατί έχει $60000N$ και πατούσα $0,5m^2$ και θα κάνει μεγάλο αποτύπωμα. $60000 : 0,5 = 30000$

Νικητής είναι η γυναίκα γιατί έχει μόνο $600N$ αλλά φοράει τακούνια που έχουν μικρή επιφάνεια $0,0001 m^2$ »

M12 «Υποστηρίζω τη γυναίκα γιατί με τη μικρότερη επιφάνεια δεν μοιράζεται το βάρος λόγω τακουνιών. $600 : 2 = 150$, $150 : 0,0001 =$ »

M13 «Υποστηρίζω τη γυναίκα γιατί το βάρος δεν μοιράζεται σε όλη την πατούσα λόγω τακουνιού»

M14 «Υποστηρίζω τον ελεφαντα γιατι ειναι βαρις»

M15 «Υποστηρίζω τη γυναικα γιατι εχει μικρο τακουνι»

Από το τέταρτο μάθημα, όπου έπρεπε να καταλήξουν σε μια ποιοτική σχέση για το βάθος και την υδροστατική πίεση, φαίνεται ότι έχουν αρχίσει να αντιστοιχίζουν άμεσα την παρατήρησή τους σε φυσικά μεγέθη. Στην πρώτη ομάδα για παράδειγμα αυτό επισημαίνεται:

Στιγμιότυπο 44

M1 «Στα Συμπεράσματα γράφουμε για το μπουκάλι»

M2 «Από ποια τρύπα βγαίνει πιο πολύ; (το νερό)»

M3 «Ότι βγαίνει από την κάτω;»

M1 «Κάτσε, θέλουμε φυσικά μεγέθη ... πρόκειται για την υδροστατική πίεση»

M2 «Ναι. Και το βάθος»

M3 «Σωστά, οπότε γράφουμε για την υδροστατική πίεση σε σχέση με το βάθος, γράψτε το γρήγορα γιατί έχουμε και το άλλο (την Επικοινωνία)»

Συγκρίνοντας τα φύλλα εργασίας με τα αντίστοιχα του Στιγμιότυπου 39, παρατηρούμε ότι γράφουν πιο απλά, στοχεύοντας στις σχέσεις των φυσικών μεγεθών:

«Συμπεραίνουμε ότι το νερό της τρύπας Β θα πάει πιο μακριά γιατί είναι πιο βαθιά και πιο βαθιά έχει μεγαλύτερη υδροστατική πίεση»

Η φάση των Συμπερασμάτων επικυρώνει την μεταβολή προηγούμενων εναλλακτικών ιδεών. Η τέταρτη ομάδα, όπως φαίνεται στο Στιγμιότυπο 28, στο τέταρτο μάθημα υπέθεσε ότι το νερό θα πεταχτεί από τις δύο τρύπες με τον ίδιο τρόπο και θα φτάσει στο ίδιο σημείο. Τα Συμπεράσματα όμως στα οποία κατέληξαν, δείχνουν ότι διόρθωσαν την αρχική εντύπωσή τους:

Στιγμιότυπο 45

M16 *«Εντάξει, τα καταφέραμε πάλι! Το βρήκαμε!»*

M17 *«Ναι, αλλά τώρα πρέπει να τα διορθώσουμε όλα... αφού είχαμε υποθέσει λάθος...»*

M16 *«Όχι γιατί το έχει παρακάτω... Εδώ λέει αν ήταν σωστή. Εδώ (στα Συμπεράσματα) θα γράψουμε το σωστό και τα άλλα θα τα αφήσουμε έτσι!»*

M18 *«Ναι... Θα γράψουμε ότι δεν ήταν σωστή (η πορεία του νερού) γιατί είναι πιο βαθιά...»*

M17 *«Από την πιο βαθιά τρύπα θα πάει πιο μακριά (το νερό)»*

M16 *«Γιατί έχει μεγαλύτερη υδροστατική πίεση!»*

Στα φύλλα εργασίας διορθώνουν την πορεία του νερού στο σχέδιο και γράφουν:

«Όχι, δεν ήταν σωστή. Το νερό από την κάτω τρύπα θα πεταχτεί πιο μακριά γιατί είναι πιο βαθιά και έχει μεγαλύτερη υδροστατική πίεση»

Εκτός από την αντιστοίχιση των φαινομένων σε φυσικά μεγέθη, εξίσου σημαντικές είναι οι σχέσεις των φυσικών μεγεθών μεταξύ τους. Στο πέμπτο μάθημα που οι μαθητές έπρεπε να συνάγουν, ποσοτικά μέσω των εικονικών πειραμάτων, ότι η πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας και της επιτάχυνσης της βαρύτητας, όπως φάνηκε και από τη φάση της Διερεύνησης της πέμπτης ομάδας (Στιγμιότυπο 30), δυσκολεύτηκαν γιατί πίστευαν ότι η απλή ταυτόχρονη αύξηση ή μείωση δύο μεγεθών σημαίνει κατ' ανάγκη ότι είναι ανάλογα. Από τις συζητήσεις και τα φύλλα εργασίας, φαίνεται ότι οι ομάδες αρχίζουν να αποσαφηνίζουν την έννοια των ανάλογων ποσών στη φάση των Συμπερασμάτων, αλλά δεν τους είναι ξεκάθαρη η έννοια. Από τη δεύτερη ομάδα για παράδειγμα, μόνο μία μαθήτρια φαίνεται να έχει ξεκαθαρίσει τι είναι ανάλογα ποσά:

Στιγμιότυπο 46

M6 *«Λοιπόν να γράψουμε τώρα πού καταλήξαμε»*

M7 *«Για την πυκνότητα και το g;»*

M8 *«Δηλαδή; Από τον πίνακα;»*

M6 *«Θα γράψουμε ότι όταν αυξάνεται η πυκνότητα αυξάνεται και η πίεση»*

M9 «Ναι, αλλά εμείς τελικά τα διπλασιάσαμε...»

M6 «Θα πούμε ότι όταν αυξήσαμε το ένα, αυξήθηκε και το άλλο...»

M7 «Το ίδιο δεν είναι;»

M9 «Καλύτερα ότι τα διπλασιάσαμε... για να πούμε μετά ότι είναι ανάλογα! Δεν είπαμε (στη Διερεύνηση) ότι καλύτερα είναι να διπλασιάσουμε τις τιμές για να δούμε τι κάνει η πίεση;»

M6 «Εντάξει, οπότε γράφουμε ότι είναι ανάλογα όλα...»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

«Η πυκνότητα και η υδροστατική πίεση είναι ανάλογα. Η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) με την υδροστατική πίεση είναι ανάλογα.»

Στην ίδια λογική, η πρώτη ομάδα γράφει:

«Άρα παρατηρώ ότι η πυκνότητα και η υδροστατική πίεση είναι ανάλογα. Όσο μεγαλώνει η πυκνότητα τόσο μεγαλώνει και η υδροστατική πίεση. Το ίδιο συμβαίνει με την βαρύτητα (g) ενός πλανήτη.»

Η τρίτη ομάδα που συνεχίζει να έχει πρόβλημα συνεργασίας γράφει μόνο για την αλλαγή, χωρίς να αναφέρει το είδος της αλλαγής:

«Παρατηρούμε ότι άμα αλλάζει η πυκνότητα αλλάζει η υδροστατική πίεση. Επίσης άμα αλλάζει η επιτάχυνση της βαρύτητας, αλλάζει η πίεση»

Η τέταρτη και η πέμπτη ομάδα αντίθετα, φαίνεται να έχουν πιο ξεκάθαρη άποψη γράφοντας αντίστοιχα:

«Όταν διπλασιάζεται η πυκνότητα ή η βαρύτητα διπλασιάζεται και η υδροστατική πίεση»

«Αν διπλασιάσουμε οποιαδήποτε τιμή από την πυκνότητα και τη βαρύτητα διπλασιάζετε και η υδροστατική πίεση»

Στο έκτο μάθημα όπου στον Προσανατολισμό η πρώτη ομάδα είχε την εντύπωση ότι το σχήμα του δοχείου παίζει ρόλο στην υδροστατική πίεση, οπότε η υδροστατική πίεση θα ήταν διαφορετική στην πισίνα και τον ωκεανό, παρότι στη φάση της Διερεύνησης ανακάλυψε ότι οι πιέσεις στα διαφορετικά δοχεία στο ίδιο βάθος ήταν ίδια (Στιγμιότυπο 36), δεν το συνέδεσε με την πισίνα και τον ωκεανό, κάτι που έκανε όμως στα Συμπεράσματα:

Στιγμιότυπο 47

M3 «Ποιο εννοεί πρώτο πείραμα;»

M1 «Αυτό που γράφει ένα... από πάνω... με το σχήμα»

M5 «Δηλαδή γράφουμε ότι βρήκαμε εκεί; (στη Διερεύνηση)»

M1 «Ναι, δεν έχει ρόλο το σχήμα, αν είναι μεγάλο ή μικρό, έχει την ίδια πίεση... στο ίδιο βάθος»

M2 «Ωχ! Είναι σαν το πρώτο! (στην φάση του Προσανατολισμού)»

M3 «Ναι! Με την πισίνα που είναι μικρή και τον ωκεανό»

M1 «Ναι, τελικά δεν έχει σημασία αν είναι πισίνα ή ωκεανός, λάθος το είχαμε γράψει»

Η ομάδα αυτή φαίνεται ότι στην πορεία των μαθημάτων απέκτησε ανοχή στο λάθος και δεν έσπευσε να το αλλάξει όπως έκανε στο πρώτο μάθημα με τον φακίρη. Απλά γράψανε το σωστό στα Συμπεράσματα:

«Καταλάβαμε ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από την ποσότητα ή από το σχήμα του δοχείου»

Για το δεύτερο πείραμα, όπου αναζητούσαν την ποσοτική σχέση της υδροστατικής πίεσης με το βάθος, γράφουν ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη του βάθους, αλλά συνεχίζουν με μία επιστημονικά λανθασμένη εξήγηση:

«Καταλήξαμε ότι το βάθος είναι ανάλογο με την υδροστατική πίεση. Όσο μεγαλώνει το βάθος τόσο μεγαλώνει η υδροστατική πίεση, όσο μικραίνει το βάθος τόσο μικραίνει η υδροστατική πίεση»

Αυτό το λάθος το διορθώνουν στο ομαδικό φύλλο εργασίας, καθώς επισημάνθηκε, από όλες τις ομάδες, στην φάση της Επικοινωνίας (Στιγμιότυπο 63):

«Καταλήξαμε ότι το βάθος είναι ανάλογο με την υδροστατική πίεση. Όσες φορές μεγαλώνει το βάθος τόσες φορές μεγαλώνει η υδροστατική πίεση, όσες φορές μικραίνει το βάθος τόσες φορές μικραίνει η υδροστατική πίεση. Το ίδιο γίνεται και με την πυκνότητα άρα και η πυκνότητα είναι ανάλογη με την υδροστατική πίεση»

Οι υπόλοιπες ομάδες φαίνεται να έχουν καταλάβει πώς να μεταβάλλουν την τιμή του βάθους και πώς αναγνωρίζουμε τα ανάλογα ποσά.

Η δεύτερη ομάδα γράφει:

«Δεν έχει νόημα το σχήμα ενός δοχείου στην υδροστατική πίεση αλλά το βάθος. Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με το βάθος γιατί όταν διπλασιάζουμε το βάθος διπλασιάζεται και αυτή»

Η τέταρτη ομάδα γράφει:

«Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή την ποσότητα του υγρού αλλά από το βάθος. Όταν διπλασιάζεται το βάθος τότε διπλασιάζεται και η υδροστατική πίεση (ποσά ανάλογα)»

Η πέμπτη ομάδα γράφει:

«Το σχήμα με την υδροστατική πίεση δεν έχουν καμία σχέση. Το βάθος με την υδροστατική πίεση είναι ανάλογα ποσά γιατί όταν διπλασιάζεται το ένα διπλασιάζεται και το άλλο»

Ακόμη και η τρίτη ομάδα που στα προηγούμενα μαθήματα είχε ποικίλα προβλήματα, σε αυτό το μάθημα συνεργάζεται και αποδίδει:

Στιγμιότυπο 48

M11 *«Εδώ (δείχνει στο φύλλο εργασίας) γράφουμε από το πρώτο πείραμα, έτσι;»*

M12 *«Ναι, ότι δεν εξαρτάται, αυτό που βρήκαμε...»*

M11 *«Από το σχήμα του δοχείου και την ποσότητα του υγρού»*

M13 *«Σωστά»*

M15 *«Από κάτω γράφουμε για το βάθος αυτό που κάναμε;»*

M12 *«Περίμενε... ναι αυτό...»*

M11 *«Ότι διπλασιάσαμε το βάθος και διπλασιάστηκε και αυτό...»*

M12 *«Η πίεση»*

M13 *«Γράφουμε ότι είναι ανάλογα;»*

M12 *«Ε ναι, αφού διπλασιάστηκε»*

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

«Η υδροστατική πίεση αλλάζει μόνο από το βάθος, όχι από το σχήμα ούτε από την ποσότητα του υγρού. Διπλασιάζεται το βάθος και διπλασιάζεται και η υδροστατική πίεση. Είναι ανάλογα.»

Τα δύο τελευταία μαθήματα που αφορούσαν στην ατμοσφαιρική πίεση, είχαν τα πιο εντυπωσιακά πειράματα, αλλά και τα πιο δύσκολα συμπεράσματα, καταρχήν γιατί τον αέρα δεν τον βλέπουμε και κατά δεύτερον γιατί έχουμε γεννηθεί μέσα στην ατμοσφαιρική πίεση με αποτέλεσμα να μην τη νιώθουμε.

Ωστόσο, όλες οι ομάδες κατάφεραν να φτάσουν σε σωστά συμπεράσματα με την ελάχιστη καθοδήγηση. Η τέταρτη ομάδα για παράδειγμα στο έβδομο μάθημα κάνει την εξής ενθουσιώδη συζήτηση:

Στιγμιότυπο 49

M16 *«Εδώ γράφουμε το συμπέρασμα για το αν ο αέρας έχει βάρος»*

M18 *«Έχει! Έτσι δεν είπαμε;»*

M19 *«Θα το δικαιολογήσουμε;»*

M16 *«Ναι, να πούμε ότι εφόσον τα συστατικά του που βρήκαμε έχουν μάζα, έχει και βάρος... αφού είναι στη Γη»*

M18 «Ναι, να γράψουμε γιατί έχει μάζα. Τι ασκεί λοιπόν ο αέρας σε όλα τα σώματα;»

M16 «Πίεση!»

M18 «Σωστό! Γιατί αφού έχει βάρος πιέζει...!»

M16 «Παιδιά είναι ατμοσφαιρική πίεση! Κάπου το έχω διαβάσει αυτό... Στο internet το είδα! Έχω ενθουσιαστεί τώρα! ... Ατμοσφαιρική πίεση!»

M19 «Οπότε τι γράφουμε εδώ; Ο αέρας ασκεί πίεση;»

M16 «Ναι, ατμοσφαιρική όμως. Ατμοσφαιρική πίεση ασκεί!»

Στα φύλλα εργασίας γράφουν:

«Ο αέρας έχει βάρος καθώς αποτελείται από συστατικά που έχουν μάζα. Ο αέρας ασκεί πίεση σε όλα τα υλικά με τα οποία βρίσκεται σε επαφή και λέγεται ατμοσφαιρική πίεση»

Με παρόμοια λογική, οι υπόλοιπες ομάδες καταλήγουν σε ανάλογα συμπεράσματα για την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στο όγδοο και τελευταίο μάθημα, όπου έπρεπε εκτός από την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης, να συμπεράνουν τις δυνάμεις που μας ασκούνται εξαιτίας της και να σκεφτούν γιατί, αφού έχει τόσο μεγάλη τιμή, δεν τη νιώθουμε, η πέμπτη ομάδα δυσκολεύεται να πιστέψει τα ίδια της τα αποτελέσματα:

Στιγμιότυπο 50

M21 «Να γράψουμε αυτό που είχαμε βρει... 100000N/m^2 »

M22 «Όχι, αυτό είναι η πίεση. Εδώ λέει η δύναμη πόσο είναι...»

M25 «Πρέπει να βρούμε τη δύναμη τώρα;»

M24 «Καθήστε, η δύναμη... λέει για ένα τετραγωνικό μέτρο... η ίδια θα είναι... 100000N »

M22 «Σωστά... αν είναι ένα»

M24 «Ναι αλλά τώρα λέει σε κιλά... Κυρία! Εδώ πώς θα βρούμε τα κιλά;»

E «Για σκέψου... σε ποιον πλανήτη βρίσκεσαι;»

M24 «Α! θα διαιρέσουμε... με το g »

M22 «Με το δέκα;»

M24 «Δηλαδή 10000 κιλά;!»

M21 «E... ναι, βγάζεις ένα μηδενικό...»

M24 «Είναι σωστό; 10000 κιλά μας ασκούνται από τον αέρα;!»

M22 «E; ... Μάλλον...»

M24 «Πολύ δεν είναι;»

M22 «Γι' αυτό λέει γιατί δεν τον νιώθουμε... αν δεν ανεβοκατεβαίνουμε βουνά. Είναι πολύ αλλά δεν το νιώθουμε»

M24 «Αυτό το είπαμε! Γιατί αλλάζει η πίεση αν πάμε στο βουνό»

M22 «Οπότε να γράψουμε ότι καταλαβαίνουμε την αλλαγή;»

M24 «Ναι! Θα γράψουμε ότι αν είναι ίδια δεν την καταλαβαίνουμε, αλλά νιώθουμε τη διαφορά»

Στο φύλλο εργασίας γράφουν:

«100000N / 10000:10 = 10000kg. Γιατί νιώθουμε μόνο τη διαφορά στην πίεση.»

Παρόμοια σκέφτηκαν και οι υπόλοιπες ομάδες, και γράφουν:

Η πρώτη ομάδα:

«Αν η επιφάνεια είναι 1m² θα μας ασκείται 100000N. Στη γη αυτή η δύναμη αντιστοιχεί σε 10000kg. Νιώθουμε όταν ανεβοκατεβαίνουμε βουνά γιατί διαφέρει λίγο η ατμόσφαιρα.»

Η δεύτερη ομάδα:

«100000:10 = 10000kg. Τη νιώθουμε γιατί όταν ανεβαίνουμε σε βουνό τα στρώματα ατμόσφαιρας πιέζουν λιγότερο και έτσι η πίεση είναι μικρότερη.»

Η τρίτη ομάδα:

«10000kg. Δεν τη νιώθουμε αν δεν αλλάζει»

Και η τέταρτη ομάδα:

«Η πίεση που μας ασκείται από τον αέρα είναι 100000N/m², δηλαδή 10000kg. Τη νιώθουμε όταν ανεβαίνουμε στα βουνά γιατί η πίεση της ατμόσφαιρας μειώνεται(μεταβάλλεται)»

6.1.4.1 Ευρήματα από τη Φάση των Συμπερασμάτων

Στην φάση αυτή συγκεκριμενοποιούνται τα αποτελέσματα της έρευνας και πιστοποιείται η απόκτηση της γνώσης. Η δυσκολία αυτής της φάσης, συνολικά, ήταν στο να απομακρύνουν οι μαθητές τις ιδιαιτερότητες των πειράματα και των δραστηριοτήτων ώστε να εστιάσουν στην ουσία, στο καταληκτικό ουσιαστικό συμπέρασμα όλων όσων συζήτησαν.

Έπρεπε να αναλύσουν όλα όσα έκαναν και να τα συνθέσουν σε ένα απλό συμπέρασμα. Η απλοϊκότητα αυτή, πιστοποιούσε ότι οι μαθητές κατάφεραν να μπουν στην ουσία του θέματος και να εξάγουν μία κατανοητή επιστημονική πρόταση.

Όπως φάνηκε από την έρευνα, στα αρχικά μαθήματα, οι μαθητές έμεναν στο συγκεκριμένο, δηλαδή στο αποτέλεσμα του πειράματος και όχι στις σχέσεις των φυσικών

μεγεθών που αναδεικνυε το πείραμα (Στιγμ. 38, 39). Στην πορεία των μαθημάτων όμως, φαίνεται ότι οι μαθητές κατάφεραν να αντιστοιχίζουν την παρατήρησή τους σε φυσικά μεγέθη (Στιγμ. 44) και να επικεντρώνονται στις σχέσεις τους (Στιγμ. 46).

Επίσης όσο προχωρούσαν τα μαθήματα, φάνηκε ότι η έννοια των φυσικών μεγεθών που στην αρχή τους δημιουργούσε πρόβλημα (Στιγμ. 40, 41), εξομαλύνθηκε στην πορεία (Στιγμ. 44). Η επιπλέον δυσκολία που παρατηρήθηκε στο τρίτο μάθημα, όπου χρειάζονταν και τον μαθηματικό γραμματισμό, επειδή οι ομάδες ήταν ετερογενείς γνωστικά, συν-ρυθμίστηκε από ομότιμους (Στιγμ. 42), ή απαντώντας περιγραφικά, στην περίπτωση της ομάδας που είχε δυστοκία στην κοινωνική ρύθμιση (Στιγμ. 43). Ταυτόχρονα, η ανοχή των μαθητών στο λάθος φάνηκε να αλλάζει, καθώς οι ομάδες δεν έσπευδαν να αλλάξουν ότι είχαν γράψει προηγουμένως, απλά γράφανε το σωστό στα Συμπεράσματα (Στιγμ. 47), δικαιολογώντας μάλιστα το γιατί δεν το άλλαζαν (Στιγμ. 45).

Ένα χαρακτηριστικό της φάσης αυτής είναι, ότι ενώ στις προηγούμενες φάσεις οι μαθητές μπορεί να έγραφαν διαφορετικές απόψεις στα φύλλα εργασίας, στα Συμπεράσματα φρόντιζαν να γράφουν όμοια (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 40). Τα φύλλα εργασίας έδειξαν ότι αρχικά τα συμπεράσματα αφορούσαν αποκλειστικά τα αποτελέσματα του πειράματος (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 39) ενώ στη συνέχεια, παρότι ο βαθμός δυσκολίας αυξανόταν, η ικανότητα των μαθητών στην εστίαση της ουσίας του προβλήματος οδηγούσε στο να είναι η γραπτή αποτύπωση πιο λιτή και στοχευμένη (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 44, 46).

Επίσης από τα φύλλα εργασίας φάνηκε ότι οι μαθητές ενστικτωδώς καταλάβαιναν ότι έπρεπε να γράψουν με επιστημονικούς όρους, αλλά δεν γνώριζαν το πώς (Στιγμ. 40), κάτι που άρχισαν να αντιλαμβάνονται στη συνέχεια και να το εφαρμόζουν (Στιγμ. 48) ειδικά στα ομαδικά φύλλα εργασίας (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 47, 50), όπου γενικά οι μαθητές ήταν πιο προσεκτικοί (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 39), γιατί το θεωρούσαν επίσημο έγγραφο των επιτευγμάτων της ομάδας.

Η φάση των Συμπερασμάτων δημιουργεί την ευκαιρία μεταβολής προηγούμενων εναλλακτικών ερμηνευτικών σχημάτων (Στιγμ. 47) ή επικυρώνει την μεταβολή αυτή (Στιγμ. 45). Η Εκπαιδευτικός σε αυτή τη φάση επενέβαινε, κατά περίπτωση, κυρίως με ερωτήσεις, ώστε να αποσαφηνιστούν οι έννοιες (Στιγμ. 41, 42). Στα τελευταία μαθήματα, παρότι η ατμοσφαιρική πίεση ήταν δύσκολο θέμα, όλες οι ομάδες κατάφεραν να φτάσουν σε σωστά συμπεράσματα με την ελάχιστη καθοδήγηση. Αυτό πιθανόν να οφειλόταν, στο ότι τα πειράματα έγιναν από τους ίδιους τους μαθητές και στο ότι ένιωσαν την ίδια τη λογική τους να τους ωθεί σε συμπεράσματα και όχι το βιβλίο ή ο εκπαιδευτικός (Στιγμ. 49, 50).

Η συν-ρύθμιση και η κοινωνική ρύθμιση των ομάδων, όπως φαίνεται από όλα τα παραπάνω στιγμιότυπα και τα φύλλα εργασίας, σε αυτή ειδικά τη φάση θεωρήθηκαν ιδιαίτερα σημαντικές και τις επεδίωξαν όλες οι ομάδες, ακόμη και η ομάδα με την μικρότερη συνοχή (Στιγμ. 43, 48). Όλοι οι μαθητές ήθελαν τα συμπεράσματά τους να είναι επιστημονικά ορθά.

6.1.5 Πέμπτη φάση - Επικοινωνία

Στην φάση αυτή οι ομάδες έπρεπε αφού συγκέντρωναν τα βασικά σημεία της έρευνάς τους, να παρουσιάσουν τα ευρήματά τους και να τα συζητήσουν σε επίπεδο τάξης. Για οικονομία χρόνου, τη συζήτηση στην τάξη τη διηύθυνε η εκπαιδευτικός.

Στο πρώτο μάθημα, η πρώτη και η τρίτη ομάδα, με τη βοήθεια των υπόλοιπων ομάδων, ανασκευάζουν το αρχικό εναλλακτικό τους σχήμα για τον φακίρη και όλες οι ομάδες καταλήγουν στο ζητούμενο, ότι δηλαδή όταν αυξάνεται η επιφάνεια μειώνεται η πίεση και αντίστροφα:

Στιγμιότυπο 51

Ε «*Η ομάδα 1 μπορεί τώρα να απαντήσει τώρα στο αρχικό ερώτημα; Ποιος πιστεύετε ότι είναι ο πραγματικός φακίρης;*»

Ομάδα 1 «*Ο πραγματικός φακίρης είναι αυτός που θα ξαπλώσει στα 200 καρφιά γιατί είναι μεγαλύτερη η επιφάνεια και έτσι μπορεί να ξαπλώσει*»

Ε «*Μάλιστα, δηλαδή ο φακίρης, αυτός που κάνει κάτι απίθανο, ποιος είναι;*»

Ομάδα 1 «*Αυτός με τα 200*»

Ε «*Για να δούμε... πάμε στην ομάδα 2. Εσείς τι πιστεύετε;*»

Ομάδα 2 «*Εμείς λέμε ότι ο πραγματικός φακίρης είναι αυτός που θα ξαπλώσει στο ένα. Γιατί αυτό είναι πολύ δύσκολο*»

Ε «*Και η ομάδα 3 τι λέει;*»

Ομάδα 3 «*Κι εμείς πιστεύουμε ότι είναι αυτός με τα 200 γιατί μοιράζεται το βάρος*»

Ε «*Παιδιά, για να συνεννοούμαστε, φακίρης είναι αυτός που κάνει κάτι που, υπό φυσιολογικές συνθήκες, δεν γίνεται. Τι δεν γίνεται ομάδα 4;*»

Ομάδα 4 «*Φακίρης είναι αυτός που ξαπλώνει σε ένα και δεν τρυπιέται, γιατί αυτό δεν γίνεται!*»

Ε «*Η ομάδα 5 τι πιστεύει;*»

Ομάδα 5 «*Πραγματικός φακίρης είναι ο πρώτος, αυτός που ξαπλώνει στο ένα καρφί γιατί είναι μικρή η επιφάνεια και κανονικά θα τρυπηθεί*»

Ε «*Ωραία, παιδιά, η ομάδα 1. Τώρα τι πιστεύετε;*»

Ομάδα 1 «*Εμείς γράψαμε αυτό που είναι αλήθεια, αντί για αυτό που δεν γίνεται*»

Ε «*Μπράβο, το καταλάβατε! Αυτός δηλαδή που κάνει κάτι που φυσιολογικά δεν γίνεται ποιος είναι, ομάδα 3;*»

Ομάδα 3 «*Αυτός με το ένα καρφί*»

Ε «Γιατί; Τι είναι μικρό όταν ζαπλώνει στο ένα καρφί, ομάδα 1;»

Ομάδα 1 «Η επιφάνεια»

Ε «Η επιφάνεια είναι πολύ μικρή. Τι πίεση έχεις λοιπόν όταν έχεις μικρή επιφάνεια;»

Ομάδα 4 «Μεγάλη»

Ε «Μπράβο! Μικρή επιφάνεια, μεγάλη πίεση! Σε ένα (καρφί) λοιπόν έχεις πολύ μικρή επιφάνεια οπότε έχεις πολύ μεγάλη πίεση και τρυπιέσαι! Το ίδιο πράγμα είχε γίνει και στο βιβλίο, ομάδα 3; Οριζόντια, που ήταν πιο μεγάλη η επιφάνεια, τι νιώθατε; Μεγαλύτερη ή μικρότερη πίεση;»

Ομάδα 3 «Μικρότερη! Στην μεγαλύτερη επιφάνεια είναι μικρότερη η πίεση»

Ε «Ωραία».

Από τα φύλλα εργασίας φαίνεται ότι, αν και με κάπως μακάβριο τρόπο, η πρώτη ομάδα έχει ξεκαθαρίσει τις έννοιες ενώ κατάλαβε και τι είναι ο φακίρης:

«Ο φακίρης που ζάπλωσε σε ένα καρφί έκανε κάτι απίθανο γιατί, όπως είδαμε και στο πείραμα με το μπαλόνι, δεν γίνεται να ζαπλώσει σε μια τόσο μικρή επιφάνεια χωρίς να σκοτωθεί ενώ ο άλλος με τα 200 καρφιά καταφέρνει να ζαπλώσει πάνω στα καρφιά γιατί έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια που ακουμπάει το σώμα του άρα η πίεση είναι μικρή ενώ στο ένα καρφί επειδή η επιφάνεια είναι μικρή η πίεση είναι μεγάλη».

Παρόμοιες είναι οι απαντήσεις και των υπόλοιπων ομάδων, εκτός της τρίτης, που έχει καταλάβει τι είναι ο φακίρης, αλλά δεν γράφει συγκεκριμένα για την πίεση:

«Ο φακίρης που κάνει κάτι απίθανο είναι αυτός που ζαπλώνει στο ένα καρφί γιατί αυτό δεν γίνεται γιατί είναι μικρή η επιφάνεια και θα τρυπηθεί».

Στο δεύτερο μάθημα η Επικοινωνία, εκτός της σχέσης ανάμεσα στη δύναμη και την πίεση, στόχευε και στη δημιουργία από τους μαθητές ενός δικού τους πειράματος το οποίο να ξεφεύγει από την έννοια του βάρους και να γενικεύει τη σχέση για κάθε δύναμη.

Οι περισσότερες ομάδες περιέγραψαν ένα ανάλογο πείραμα με αυτό που έκαναν στη φάση της Διερεύνησης, εκτός από την δεύτερη και την πέμπτη ομάδα οι οποίες σκέφτηκαν κάτι δικό τους. Η δεύτερη ομάδα αρχικά σκέφτηκε να κάνει το πείραμα με τα μπαλόνια οριζόντια όπως οι περισσότερες ομάδες, αλλά μετά μέσω συζήτησης κατέληξε σε άλλο:

Στιγμιότυπο 52

M6 «Άλλο πείραμα; Λέει οριζόντια...»

M7 «Ε, ναι, να κάνουμε το πείραμα οριζόντια»

M10 «Πάω να φέρω μπαλόνι» ...

M8 «Βάλτο στον τοίχο και σκάστο με την οδοντογλυφίδα» ...

M9 «Παιδιά αυτό είναι σαν αυτό που κάναμε...»

M6 «Ναι... να σκεφτούμε κάτι ... οριζόντια...»

M9 «Το βρήκα! Να πούμε για τον πίνακα ανακοινώσεων!»

M6 «Ναι! Καλό! Αυτό να γράψουμε!»

M7 «Γιατί πίνακα ανακοινώσεων;»

M6 «Γιατί εκεί δεν χρησιμοποιούμε πινέζες για να κρεμάσουμε...;»

M9 «Κοίτα στον πίνακα ανακοινώσεων ασκούμε δύναμη για να βάλουμε την πινέζα και είναι οριζόντια»

M7 «Σωστά, εντάξει, το γράφουμε;»

Στο φύλλο εργασίας, στο πρώτο θέμα γράφουν:

«Τα παπούτσια του πατέρα είναι μεγαλύτερης επιφάνειας. Έτσι η πίεση που ασκούν στην άμμο δεν είναι μεγάλη και τα αποτυπώματα δεν είναι βαθιά. Η μητέρα υποψιάστηκε τον μικρό γιατί ζυγίζει λιγότερο από τα άλλα μέλη της οικογένειας και έχει μικρότερο βάρος»

και στο πείραμα: «Το πείραμα αυτό θα μπορούσε να γίνει και οριζόντια και κατακόρυφα. Για παράδειγμα αν είχαμε ένα πίνακα ανακοινώσεων και μια πινέζα είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια αν ασκούσαμε δύναμη στην πινέζα αυτή θα καρφονόταν. Αυτό συμβαίνει γιατί η πινέζα έχει μικρή επιφάνεια και ασκεί μεγάλη πίεση στον πίνακα».

Στη συζήτηση της πέμπτης ομάδας φαίνεται πόσο πολύτιμο είναι κάτι που έχουν δημιουργήσει οι ίδιοι, ακόμη και αν είναι σχετικά απλό:

Στιγμιότυπο 53

M22 «Να βάλουμε την πλαστελίνη στον τοίχο και να πιέσουμε το μπαλόνι έτσι (οριζόντια)»

M24 «Όχι κάτσε... Αυτό θέλει πολύ σκέψη... Να βρούμε κάτι άλλο...»

M21 «Θέλει κάτι που να το κάνουμε οριζόντια πάντως...»

M24 «Παιδιά! Ας πούμε ότι έχουμε αυτό (δείχνει την πλαστελίνη με τις οδοντογλυφίδες)»

M22 «Όχι! Θέλει κάτι διαφορετικό!»

M24 «Διαφορετικό είναι! Άκου! Αν πάρουμε αυτό (την πλαστελίνη) και το κάνουμε έτσι (καρφώνει οριζόντια την οδοντογλυφίδα) με ένα καρφί, βλέπουμε ότι μπαίνει μέσα πολύ λίγο, ενώ αν το κάνουμε με μεγαλύτερη δύναμη, μπορεί να βγει και από την άλλη πλευρά»

M22 «Ναι!!! κόλα το!»

M23 «Βρήκαμε!!!»

M25 «Τι σκέφτηκε το άτομο!»

M21 «Ωραίο!»

M24 «Εμένα μου αρέσει να σκέφτομαι τέτοια...»

Στο φύλλο εργασίας για το πρώτο θέμα απαντούν:

«Όπως είδαμε και με τα μπαλόνια λιγότερο βάρος δεν σκάει. Έτσι γίνεται και με το παιδί. Έχει λιγότερο βάρος από τον πατέρα του και το βαθούλωμα στην άμμο είναι λιγότερο»

και για το πείραμα:

«Δεν ισχύει μόνο για το βάρος. Αν πάρουμε 1 οδοντογλυφίδα και την καρφώσουμε με λίγη δύναμη πάνω σε μία πλαστελίνη θα μπει πολύ λίγο ενώ αν βάλουμε περισσότερη δύναμη υπάρχει περίπτωση να βγει απέναντι»

Στην συζήτηση στην τάξη, η δεύτερη και η πέμπτη ομάδα μοιράζονται τα πειράματά τους με τις υπόλοιπες ομάδες:

Στιγμιότυπο 54

Ε «Πού καταλήξαμε λοιπόν σε αυτό το μάθημα παιδιά; Η δεύτερη ομάδα»

Ομάδα 2 «Πως όσο μεγαλύτερη δύναμη ασκώ, μεγαλώνει και η πίεση»

Ε «Ωραία, η ένα ομάδα τι λέει;»

Ομάδα 1 «Ότι πρέπει να είναι όμως η επιφάνεια να είναι σταθερή για να μεγαλώσω τη δύναμη»

Ε «Εσείς λέτε λοιπόν ότι η επιφάνεια πρέπει να είναι σταθερή για να δούμε τι κάνει η πίεση με τη δύναμη. Πολύ σημαντικό αυτό! Η ομάδα τρία;»

Ομάδα 3 «Ότι το μπαλόνι σκάει αν βάλουμε περισσότερη δύναμη»

Ε «Συμφωνείτε λοιπόν. Η ομάδα τέσσερα;»

Ομάδα 4 «Κι εμείς λέμε ότι αν η επιφάνεια είναι ίδια και αυξηθεί το βάρος, αυξάνεται και η πίεση»

Ε «Πολύ ωραία. Συμφωνεί η ομάδα πέντε;»

Ομάδα 5 «Ναι»

Ε «Αυτό όμως ισχύει μόνο για το βάρος ή γενικά για τις δυνάμεις; Ποιος θα μας πει ένα πείραμα που να μην έχει βάρος, αλλά γενικά μια δύναμη;... Ομάδα πέντε;»

Ομάδα 5 «Εμείς σκεφτήκαμε ότι αν έχεις μια πλαστελίνη και ασκήσεις δύναμη σε ένα καρφί για παράδειγμα, αν είναι μικρή η δύναμη θα μπει λίγο, ενώ αν είναι μεγάλη θα μπει όλο το καρφί»

Ε «Πολύ ωραίο! Δεν χρειάζεται λοιπόν η δύναμη να είναι το βάρος για να ισχύει αυτό που βρήκατε... Άλλη ομάδα;»

Ομάδα 2 «Εμείς σκεφτήκαμε τον πίνακα ανακοινώσεων, που ασκούμε οριζόντια δύναμη με την πινέζα. Η πινέζα μπαίνει γιατί έχει πολύ μικρή επιφάνεια και ασκεί μεγάλη πίεση στον πίνακα, έτσι καρφώνεται»

Ε «Λέτε λοιπόν κι εσείς ότι γενικά όταν αυξάνεται η δύναμη θα αυξηθεί και η πίεση. Μπράβο παιδιά!»

Στο τρίτο μάθημα οι μαθητές έπρεπε στο πρώτο μέρος να απαντήσουν στην αρχική ερώτηση του Προσανατολισμού για το ποια κυρία βουλιάζει περισσότερο και να δικαιολογήσουν την πίεση μέσω αλληλεπίδρασης της δύναμης με την επιφάνεια. Στο δεύτερο μέρος έπρεπε να συζητήσουν για την αναγκαιότητα εισαγωγής καινούριων φυσικών μεγεθών για την ερμηνεία κάποιων φαινομένων και να θυμηθούν άλλες περιπτώσεις που ορίσανε καινούριες έννοιες.

Στο πρώτο μέρος η τέταρτη ομάδα επικυρώνει την υπόθεση που έκανε στον Προσανατολισμό:

Στιγμιότυπο 55

M17 «Ποια βουλιάζει περισσότερο; Η ένα δεν ήταν;»

M16 «Ναι, αλλά τώρα λέει σε ποια καταλήξαμε τελικά και από το πάνω (από την Εφαρμογή στα Συμπεράσματα)»

M18 «Πάλι η κυρία δεν είναι;»

M16 «Ε, ναι... γιατί ο ελέφαντας βγαίνει με μικρότερη πίεση (από την Εφαρμογή)»

M18 «Η ένα (κυρία) έτσι;»

M16 «Ναι, γιατί η άλλη (η δύο) έχει λογικά μικρότερο βάρος οπότε ασκεί μικρότερη δύναμη στο χώμα»

Και στο φύλλο εργασίας γράφουν:

«Άρα η κυρία με τον αριθμό 1 θα βούλιαζε περισσότερο διότι παρότι έχει μικρή σχετικά με τον ελέφαντα δύναμη (βάρος) ασκεί μεγάλη πίεση λόγω της μικρής επιφάνειας»

Στο δεύτερο μέρος χρειάζονται διευκρίνιση:

Στιγμιότυπο 56

M16 «Κυρία τι εννοεί γιατί οι Φυσικοί δεν βολεύονται με τα γνωστά τους φυσικά μεγέθη και πρέπει να ορίζουν καινούριες έννοιες;»

Ε «Για να ερμηνεύσετε το αποτύπωμα, σας έφτανε να ξέρετε μόνο τη δύναμη ή μόνο την επιφάνεια;»

M18 «Όχι...»

M17 «Έπρεπε να τα ζέρουμε και τα δύο»

M16 «Ναι! Γιατί μπορείς να πούμε να ήταν μεγάλη η δύναμη αλλά και πολύ μεγάλη η επιφάνεια. Οπότε δεν μπορούμε με ένα μόνο»

M17 «Γιατί το ένα (φυσικό μέγεθος) βοηθάει το άλλο»

M16 «Όχι βοηθάει... αλληλεπιδρά με το άλλο να γράψουμε»

M17 «Η εξαρτάται από το άλλο;»

M16 «Το ένα αλληλεπιδρά με το άλλο και η πίεση εξαρτάται και από τα δύο!»

M18 «Μπράβο! Αυτό να γράψουμε! Και στην άλλη παρόμοια περίπτωση τι να γράψουμε;»

M16 «Τι εννοεί; Άλλους ορισμούς;»

M17 «Ναι... τι άλλο παρόμοιο έχουμε δει;»

M16 «Την ταχύτητα! Έτσι δεν είχαμε πει και στην ταχύτητα;»

M18 «Στην ταχύτητα ήταν άλλα...»

M16 «Ναι, αλλά και εκεί έπρεπε να συνδυάσουμε την μετατόπιση με το χρόνο για να πούμε για την ταχύτητα!»

M17 «Σωστά! Ο τύπος ήταν μετατόπιση προς χρόνο»

M16 «Ίσον με ταχύτητα. Αυτό είναι!»

Στο φύλλο εργασίας γράφουν:

«Καθώς το ένα φυσικό μέγεθος αλληλεπιδρά με το άλλο οπότε πρέπει να φτιαχτούν καινούριες έννοιες και με τα δύο για να τα καταλαβαίνουμε μόνο με μία έννοια. Άλλη παρόμοια περίπτωση είναι με την ταχύτητα. Παρότι ο ορισμός της ταχύτητας είναι $\Delta x/\Delta t$ οι Φυσικοί την συμβολίζουν με v »

Στη συζήτηση της τάξης, εκτός από την Επικοινωνία, αναφέρεται και ο ορισμός της πίεσης:

Στιγμιότυπο 57

Ε «Λοιπόν παιδιά τι βρήκατε; Ποιος κάνει μεγαλύτερο αποτύπωμα τελικά; Ο ελέφαντας με την πατούσα του ή η γυναίκα με το τακούνι της, ομάδα ένα;»

Ομάδα 1 «Η γυναίκα με το τακούνι της. Γιατί έχει μικρότερη επιφάνεια και μεγαλύτερη πίεση»

Ε «Ωραία, εσείς λέτε δηλαδή ότι πιο βαθύ αποτύπωμα, δηλαδή πιο μεγάλη πίεση θα ασκήσει η γυναίκα. Γιατί γίνεται αυτό ομάδα δύο; Η γυναίκα δεν έχει μικρότερο βάρος;»

Ομάδα 2 «Έχει μικρότερο βάρος αλλά έχει πολύ μικρή επιφάνεια. Διαιρείται με κάτι πολύ μικρό»

Ε «Δηλαδή αν θέλω να περιγράψω την πίεση με ένα κλάσμα πώς θα είναι αυτό, ομάδα τρία;... Τι θα έχει αριθμητή και τι παρονομαστή;»

Ομάδα 3 «Θα έχει αριθμητή την δύναμη και παρονομαστή την επιφάνεια»

Ε «Γιατί, τι είδαμε για τη δύναμη και την επιφάνεια σε σχέση με την πίεση, ομάδα τέσσερα; Πότε αυξάνεται η πίεση και πότε μειώνεται;»

Ομάδα 4 «Είδαμε ότι αυξάνεται όταν αυξήσουμε την δύναμη και μειώνεται όταν αυξήσουμε την επιφάνεια»

Ε «Μπράβο παιδιά... και αφού φτιάξατε τον ορισμό θα μας πει τώρα η ομάδα πέντε την μονάδα μέτρησης;»

Ομάδα 5 «Είναι N/m^2 »

Ε «Γιατί;»

Ομάδα 5 «Γιατί η δύναμη είναι σε Newton και η επιφάνεια σε τετραγωνικά μέτρα»

Ε «Πολύ ωραία. Να σας πω εδώ, ότι αυτή τη μονάδα τη λέμε Pascal. Το όνομά της είναι έτσι, για να τιμήσουμε τον Pascal ονομάσαμε το N/m^2 Pascal. Τελικά καταλάβατε γιατί φτιάχνουμε καινούριες έννοιες στη φυσική;»

Ομάδα 1 «Ναι! Γιατί δεν μπορούμε να απαντήσουμε σίγουρα μόνο με ένα φυσικό μέγεθος. Εδώ (στην πίεση) παίζει ρόλο και η δύναμη και η επιφάνεια»

Ε «Σωστά! Η πίεση λοιπόν ορίζεται σαν δύναμη προς επιφάνεια. Έχουμε δει άλλες περιπτώσεις σαν την πίεση;»

Ομάδα 4 «Ναι! Έτσι ήταν και η ταχύτητα που είναι μετατόπιση προς χρόνο»

Ομάδα 2 «Είχαμε δει και την πυκνότητα που ήταν μάζα δια όγκο!»

Ε «Μπράβο! Γιατί η πίεση όπως και η ταχύτητα και η πυκνότητα εξαρτώνται από δύο φυσικά μεγέθη το καθένα, όχι από ένα. Ωραία!»

Στο τέταρτο μάθημα υπήρξε μία μικρή σύγχυση ανάμεσα στο πού οφείλεται η υδροστατική πίεση που ήταν από τη βαρύτητα και από τι εξαρτάται που ήταν το βάθος. Η σύγχυση εδώ ήταν λογικό να υπάρχει, καθώς οι διαφορές στις έννοιες είναι πολύ μικρές, τόσο ώστε σε αυτές τις ηλικίες να γίνονται ανεπαίσθητες.

Η πρώτη ομάδα είναι το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα γιατί, ενώ στην δραστηριότητα της Διερεύνησης σχετικά με τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό είχε γράψει «Η υδροστατική πίεση λογικά οφείλεται στο βάρος....», στην Επικοινωνία ήταν περισσότερο επηρεασμένη από το πείραμα με το τρύπιο μπουκάλι:

Στιγμιότυπο 58

M2 «Εδώ, στο πού οφείλεται... λέμε για το βάθος»

M1 «Ναι, όσο πιο βαθιά τόσο μεγαλύτερη (η υδροστατική πίεση)»

M3 «Και στο άλλο γράφουμε ότι όσο πας βαθιά βουλώνουν τα αυτιά»

M5 «Πώς θα το γράψουμε; (κοιτάει το φύλλο του M2)»

Στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφουν όλοι:

«Άρα η υδροστατική πίεση σχετίζεται με το βάθος. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται κάποιος τόσο πιο μεγάλη είναι η υδροστατική πίεση. Τα αυτιά μας βουλώνουν όταν είμαστε πιο βαθιά γιατί υπάρχει μεγαλύτερη υδροστατική πίεση».

Στην Επικοινωνία όλης της τάξης, όταν τους ζητείται να απαντήσουν πού οφείλεται η υδροστατική πίεση, απαντούν αναλόγως:

Στιγμιότυπο 59

Ε «Λοιπόν, μπορούμε τώρα να απαντήσουμε στο αρχικό ερώτημα; Πού οφείλεται η υδροστατική πίεση ομάδα ένα;»

Ομάδα 1 «Εμείς πιστεύουμε με το βάθος. Όσο πιο βαθιά βρίσκεται κάποιος τόσο πιο μεγάλη είναι η πίεση»

Ε «Θέλετε να πείτε ότι εξαρτάται από το βάθος. Το πού οφείλεται είναι το γιατί υπάρχει. Για να δούμε, η ομάδα δύο τι πιστεύει;»

Ομάδα 2 «Εμείς λέμε ότι οφείλεται από το βάθος»

Ε «Κι εσείς λοιπόν λέτε ότι οφείλεται στο βάθος. Η ομάδα τρία;»

Ομάδα 3 «Οφείλεται στη δύναμη που μας έλκει η Γη»

Ε «Στη δύναμη που μας έλκει η Γη λέει! Δηλαδή ομάδα 4 στην ποια;»

Ομάδα 4 «Στην βαρύτητα»

Ε «Στην βαρύτητα! Ωραία! Γιατί τι γίνεται όταν δεν υπάρχει βαρύτητα ομάδα 5;»

Ομάδα 5 «Όταν δεν υπάρχει βαρύτητα, όπως είδαμε στο video δεν υπάρχει υδροστατική πίεση»

Ε «Μπράβο! Στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό που δεν υπάρχει βαρύτητα τι είδατε ότι γίνεται ομάδα ένα;»

Ομάδα 1 «Δεν υπάρχει υδροστατική πίεση»

Ε «Γιατί να υπάρχει; Αφού δεν το έλκει κανείς... Η ομάδα δύο τι λέει;»

Ομάδα 2 «Εκεί το νερό αιωρείται! Γι' αυτό δεν υπάρχει πίεση»

Ε «Ωραία και τώρα γιατί βουλώνουν τα αυτιά μας ομάδα ένα;»

Ομάδα 1 «Γιατί όσο πιο βαθιά πάμε τόσο μεγαλώνει η υδροστατική πίεση»

Ε «Εξαρτάται λοιπόν η υδροστατική πίεση από το βάθος;»

Ομάδα 3 «Ναι!»

Ε «Και τι σχέση έχουν;»

Ομάδα 4 «Όταν πας πιο βαθιά μεγαλώνει...»

Ομάδα 2 «Ναι, όσο πιο βαθιά πας τόσο μεγαλώνει... είναι ανάλογα»

Ε «Παιδιά δεν μπορούμε να μιλήσουμε ακόμη για την ακριβή σχέση γιατί δεν έχουμε συγκεκριμένες τιμές.... Τι μπορούμε να πούμε όμως σίγουρα, ομάδα πέντε;»

Ομάδα 5 «Ότι η υδροστατική πίεση μεγαλώνει με το βάθος»

Ε «Και πώς το είδαμε αυτό ομάδα τέσσερα;»

Ομάδα 4 «Από το μπουκάλι με το νερό»

Ε «Ναι! Γιατί από την πιο βαθιά τρύπα...»

Ομάδα 4 «...έτρεχε πιο μακριά το νερό!»

Ε «Μπράβο... συμφωνείτε λοιπόν όλοι ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το βάθος και σε μεγαλύτερο βάθος θα είναι μεγαλύτερη;»

Όλοι «Ναι!»

Ε «Ωραία! Την επόμενη φορά θα δούμε ακριβώς με ποιον τρόπο ακριβώς εξαρτάται, γιατί θα κάνουμε μετρήσεις!»

Από το ομαδικό φύλλο εργασίας φαίνεται ότι η πρώτη ομάδα έχει ξεκαθαρίσει το πού οφείλεται η βαρύτητα και μάλιστα προχωρήσανε στην επιτάχυνση της βαρύτητας γιατί γράφουν το σύμβολό της:

«Η υδροστατική πίεση οφείλεται στην βαρύτητα (g) του πλανήτη στον οποίο βρίσκεται το υγρό. Τα αυτιά μας βουλώνουν όταν πάμε (βουτάμε) πιο βαθιά, γιατί πιο βαθιά υπάρχει αρκετά πιο μεγάλη η υδροστατική πίεση. Έτσι, η μεγάλη υδροστατική πίεση βουλώνει τα αυτιά μας»

Στο πέμπτο μάθημα όπου έπρεπε να συζητήσουν την σχέση αναλογίας της πίεσης με την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας που βρήκαν από τα εικονικά πειράματα, όλες οι ομάδες κάνουν το λάθος να θεωρούν ότι η ταυτόχρονη αύξηση στις τιμές σημαίνει αναλογία. Η δεύτερη ομάδα όπως φαίνεται και από το στιγμιότυπο 46 έχει καταλήξει ήδη στα Συμπεράσματα ότι πρόκειται για ανάλογα ποσά διπλασιάζοντας, αλλά όταν το συζητά στην Επικοινωνία λέει για απλή αύξηση:

Στιγμιότυπο 60

M7 «Στο πέντε λέει αν η πυκνότητα και η επιτάχυνση της βαρύτητας επηρεάζουν την υδροστατική πίεση. Την επηρεάζουν λέμε, έτσι;»

M6 «Ε, φυσικά την επηρεάζουν, τι γράφουμε τόση ώρα;»

M9 «Ναι, γιατί είδαμε ότι όταν αυξάναμε την πυκνότητα αυξανόταν και η πίεση. Το ίδιο και στο g... Άρα, στο με ποιον τρόπο, λέμε ότι είναι ανάλογα»

M8 «Ωραία αυτό γράφουμε;»

M6 «Ναι»

Στην Επικοινωνία της τάξης δεν φάνηκε αυτή η σύγχυση στην έννοια των ανάλογων ποσών:

Στιγμιότυπο 61

E «Η ομάδα ένα τι βρήκε; Εξαρτάται η υδροστατική πίεση από την πυκνότητα;»

Ομάδα 1 «Ναι, Εξαρτάται»

E «Πώς καταλάβατε ότι εξαρτάται;»

Ομάδα 1 «Γιατί αλλάζει. Αν αλλάζει η πυκνότητα αλλάζει και η υδροστατική πίεση»

E «Πώς αλλάζει ομάδα δύο;»

Ομάδα 2 «Είδαμε ότι αυξάνεται αν αυξηθεί η πυκνότητα»

E «Και τι καταλάβατε ομάδα τέσσερα για την πυκνότητα, τι σχέση έχει με την υδροστατική πίεση;»

Ομάδα 4 «Είναι ανάλογα ποσά»

E «Είναι ανάλογα ποσά, γιατί πώς άλλαξαν;»

Ομάδα 4 «Όταν διπλασιάσαμε το ένα, διπλασιάστηκε και το άλλο»

E «Ωραία! Ομάδα τρία, για την επιτάχυνση της βαρύτητας τι καταλάβατε;»

Ομάδα 3 «Εξαρτάται η υδροστατική πίεση από τη βαρύτητα γιατί αν αλλάξει, αλλάζει και η πίεση»

E «Ομάδα πέντε, πώς το αλλάξατε και τι βρήκατε;»

Ομάδα 5 «Διπλασιάσαμε τη βαρύτητα και είδαμε ότι διπλασιάστηκε και η πίεση»

E «Που σημαίνει τι μεγέθη είναι μεταξύ τους;»

Ομάδα 5 «Είναι ανάλογα»

Ενώ όμως στη συζήτηση της τάξης αναφέρθηκε κατ' επανάληψη ότι αν πολλαπλασιάσουμε το ένα μέγεθος με έναν αριθμό πολλαπλασιάζεται και το άλλο με τον ίδιο αριθμό, στα φύλλα εργασίας αναφέρεται σαν απλή αλλαγή ή αύξηση, που σημαίνει ότι η έννοια της αναλογίας είναι γνωστή αλλά όχι ξεκάθαρη σε μαθητές τέτοιων ηλικιών:

Η ομάδα 1 γράφει:

«Ναι, επηρεάζουν. Όσο μεγάλη είναι η πυκνότητα τόσο μεγάλη είναι και η υδροστατική πίεση. Άρα αυτά τα ποσά είναι ανάλογα (η πυκνότητα με την υδροστατική πίεση). Το ίδιο συμβαίνει και για την επιτάχυνση της βαρύτητας»

Ομάδα 2:

«Η πυκνότητα και η επιτάχυνση της βαρύτητας επηρεάζουν την υδροστατική πίεση. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα τόσο μεγαλύτερη είναι και η υδροστατική πίεση. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας τόσο μεγαλύτερη είναι και η υδροστατική πίεση. Άρα τα ποσά είναι ανάλογα»

Ομάδα 3:

«Την επηρεάζουν γιατί αν αλλάξει η πυκνότητα αλλάζει και η υδροστατική πίεση. Άμα αλλάξει η επιτάχυνση της βαρύτητας αλλάζει και η υδροστατική πίεση»

Ομάδα 4:

«Η υδροστατική πίεση επηρεάζεται από την πυκνότητα και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Όσο αυξάνεται το ένα (επιτάχυνση της βαρύτητας ή πυκνότητα) τόσο αυξάνεται και η υδροστατική πίεση = ποσά ανάλογα»

Ομάδα 5:

«Ναι την επηρεάζει. Όσο αυξάνεται το ένα αυξάνεται και το άλλο. Ανάλογα ποσά»

Τις σχέσεις αναλογίας διαπραγματεύεται και η Επικοινωνία στο έκτο μάθημα, στο οποίο οι μαθητές έπρεπε να φτιάξουν τον νόμο της υδροστατικής πίεσης μέσα από τις σχέσεις που είχαν ανακαλύψει στο πέμπτο μάθημα και τη σχέση του βάθους που ερεύνησαν μέσω του εικονικού πειράματος του έκτου μαθήματος.

Η τρίτη ομάδα που σε όλα τα προηγούμενα μαθήματα δυσκολευόταν ιδιαίτερα και λόγω ελλιπούς συνεργασίας, σε αυτό το μάθημα καταφέρνει να καταλήξει σε συμπεράσματα (Στιγμιότυπο 48) και να φτιάξει το νόμο:

Στιγμιότυπο 62

M12 *«Από ποια φυσικά μεγέθη εξαρτάται... Από το βάθος; E; Με αυτό είναι ανάλογη...»*

M13 *«Από τι άλλο; Λέει από ποια...»*

M11 *«Εννοεί και από το προηγούμενο (μάθημα), με την πυκνότητα και...»*

M13 *«Και από την βαρύτητα δεν εξαρτάται;»*

M11 «Αυτά είναι τρία... Κυρία, μπορεί τα μεγέθη να είναι τρία;»

E «Βέβαια και τρία μπορεί να είναι και τέσσερα...»

M13 «Δεν είχαμε ζαναδεί τρία μεγέθη!»

E «Ναι, ως τώρα είχαμε δει ένα μέγεθος να εξαρτάται από άλλα δύο. Τώρα βλέπουμε ότι η πίεση εξαρτάται από τρία. Ποια;»

M11 «Το βάθος, την πυκνότητα και τη βαρύτητα»

E «Μπράβο! Δείτε τώρα με ποιον τρόπο εξαρτάται η πίεση από αυτά τα μεγέθη και φτιάξτε τον τύπο σας (φεύγει)»

M12 «Πρέπει να το δικαιολογήσουμε όμως. Να πούμε ότι όταν διπλασιάζεται κάποιο από αυτά τα μεγέθη διπλασιάζεται και η πίεση»

M11 «Ναι, οπότε είναι ανάλογα... θα είναι όλα επί;»

M12 «Ναι! Γράφουμε πίεση ίσον βάθος επί πυκνότητα επί βαρύτητα! Αυτό λέτε να είναι;»

M13 «Δεν πρέπει να είναι με σύμβολα;»

M12 «Σωστά... Λοιπόν πίεση με p , πυκνότητα με ρ και g την βαρύτητα... το βάθος; Να το βάλουμε βήτα; Κυρία! Το βάθος πώς να το συμβολίσουμε;»

E «Όπως σας αρέσει, αλλά για να μην μπερδευτείτε καλύτερα με h που το έχει και στο βιβλίο»

M12 «Το βρήκαμε! Είναι έτοιμος ο τύπος μας!!!»

Ταυτόχρονα σχεδόν, ακούγεται η πέμπτη ομάδα να τραγουδάει «we are the champions» και ιαχές επιτυχίας από τις υπόλοιπες ομάδες. Στο τέλος αυτού του μαθήματος οι μαθητές χειροκρότησαν τους εαυτούς τους γιατί κατάφεραν να κάνουν κάτι πολύ δύσκολο. Η επικοινωνία στην τάξη απέπνεε ενθουσιασμό:

Στιγμιότυπο 63

E «Λοιπόν συγκεντρωτικά. Από ποια φυσικά μεγέθη εξαρτάται η υδροστατική πίεση; Ομάδα ένα πες ένα από αυτά»

Ομάδα 1 «Με το βάθος...»

E «Με το βάθος, ωραία. Και τι σχέση έχει το βάθος με την υδροστατική πίεση;»

Ομάδα 1 «Είναι ανάλογα!»

E «Γιατί;»

Ομάδα 1 «Γιατί όσες φορές μεγαλώνει το βάθος τόσες φορές μεγαλώνει και η υδροστατική πίεση»

Ε «Πολύ ωραία! Ομάδα δύο, άλλο φυσικό μέγεθος;»

Ομάδα 2 «Η επιτάχυνση της βαρύτητας. Είναι ανάλογα»

Ε «Γιατί είναι ανάλογα;»

Ομάδα 2 «Γιατί όσο αυξάνεται η βαρύτητα αυξάνεται και η πίεση»

Ε «Όχι όσο! Όσες φορές! Όταν λες όσο, μπορεί να σημαίνει και πρόσθεση. Ανάλογα είναι δύο ποσά όταν με ότι πολλαπλασιάσεις το ένα, πολλαπλασιάζεται και το άλλο! Οπότε πώς θα το λέγατε;»

Ομάδα 2 «Όσες φορές αυξάνεται η βαρύτητα τόσες φορές αυξάνεται και η πίεση»

Ε «Μπράβο! Ομάδα τρία;»

Ομάδα 3 «Είναι και η πυκνότητα. Είναι και αυτή ανάλογη, γιατί αν τη διπλασιάσουμε, διπλασιάζεται και η πίεση»

Ε «Πολύ ωραία! Η πίεση λοιπόν είναι ανάλογη με τρία άλλα μεγέθη. Πώς θα γράφαμε λοιπόν το νόμο της υδροστατικής πίεσης, ομάδα τέσσερα;»

Ομάδα 4 « $p = g \cdot h \cdot \rho$ »

Ομάδα 5 «Έχει σημασία η σειρά; Εμείς τα γράψαμε αλλιώς...»

Ε «Καμία σημασία δεν έχει... είναι πολλαπλασιασμός! Τελικά έχει σημασία το σχήμα του δοχείου ή το πόσο νερό έχει μέσα;»

Ομάδα 5 «Όχι, καμία σχέση»

Ε «Και πώς το καταλάβατε;»

Ομάδα 5 «Από το πείραμα»

Ε «Σωστά, θα μπορούσατε να το σκεφτείτε και λογικά... Αν είχε σημασία το δοχείο, τότε θα βουτούσαμε στον Ειρηνικό που είναι τεράστιος και θα γινόμασταν πλακέ... Έτσι; Τώρα όμως που ξέρετε από τι εξαρτάται η υδροστατική πώς αλλιώς θα μπορούσατε να το σκεφτείτε;»

Ομάδα 5 «Α, ναι! ... Αφού δεν αλλάζει τίποτα από τα τρία δεν θα αλλάζει και η πίεση!»

Ε «Μπράβο παιδιά! Αν δεν αλλάζει ούτε η πυκνότητα ούτε η βαρύτητα ούτε το βάθος, δεν αλλάζει με τίποτα η υδροστατική πίεση. Μπράβο σε όλες τις ομάδες, φτιάξατε νόμο μόνοι σας!»

(χειροκροτούν)

Η δεύτερη ομάδα στα ατομικά φύλλα εργασίας γράφει:

«Εξαρτάται από το βάθος καθώς όσο πιο βαθιά πάμε τόσο πιο μεγάλη είναι η πίεση. Και από το g γιατί αν αυξηθεί αυξάνεται και η πίεση και από την πυκνότητα το ίδιο»

Ενώ από το ομαδικό τους φύλλο, φαίνεται ότι έχουν καταλάβει τα ανάλογα ποσά:

«Εξαρτάται από το βάθος, το g και την πυκνότητα. Είναι ανάλογα γιατί όσες φορές αυξάνεται ένα από αυτά, τόσες φορές αυξάνεται και η υδροστατική πίεση. $p = h \cdot g \cdot \rho$ »

Στη Διερευνητική μάθηση, η γνώση μπορεί να προκύψει από ποικίλες πηγές. Μία από αυτές είναι και οι γνώσεις των συμμαθητών, που καταλήγει σε μάθηση από ομότιμους. Στο έβδομο μάθημα η πέμπτη ομάδα έχει μία ανάλογη χαρακτηριστική συζήτηση:

Στιγμιότυπο 64

M22 *«Γιατί δεν χύνεται το νερό όταν έχει καπάκι; Γιατί δεν έχει μέσα αέρα...ε;»*

M24 *«Όχι... και να είχε αέρα μέσα... είχε λίγο...»*

M21 *«Άμα είναι λίγος δεν χύνεται»*

M24 *«Ναι... Δεν υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση γιατί είναι κλειστό το καπάκι!»*

M22 *«Δεν επικοινωνεί με τον υπόλοιπο αέρα λοιπόν...»*

M24 *«Εντάξει, αλλά καλύτερα να γράψουμε για την πίεση»*

M22 *«Ωραία. Γιατί είναι πιο πυκνός στο επίπεδο της θάλασσας;»*

M24 *«Στη θάλασσα είναι σίγουρα»*

M22 *«Ναι, αλλά γιατί ρωτάει»*

M24 *«Κάτσε... Πού οφείλεται η ατμοσφαιρική πίεση;... Στη βαρύτητα της γης! Γι' αυτό σε λίγο υψόμετρο είναι πιο πυκνός... Καταλάβατε;».*

Όλοι μαζί *«Όχι!»*

Ο M24 ζωγραφίζει τη γη, τον αέρα και ένα βουνό. *«Η γη έλκει τον αέρα και έχει βάρος. Πιο πάνω (στο βουνό) θα είναι λιγότερος ο αέρας, οπότε θα είναι και λιγότερο το βάρος! Βλέπετε; Αυτό (το στρώμα αέρα) πιέζει αυτό και όλα μαζί το κάτω. Κάτσε να το δείξω και στην κάμερα»*



Εικόνα 6.1: Στιγμιότυπο μαθητή που δείχνει στην κάμερα το ερμηνευτικό του σχέδιο

M22 *«Άρα οφείλεται στο βάρος του αέρα που πιέζει τα κάτω στρώματα!»*

M24 «Ναι! Και έτσι έχει μεγαλύτερη πυκνότητα ο αέρας κάτω στη θάλασσα»

M23 «Α! Γι' αυτό οι ορειβάτες έχουν μάσκες! Δεν έχει αρκετό αέρα!»

M25 «Ναι! Ισχύει!»

Στη συζήτηση στην τάξη η πέμπτη ομάδα μοιράζεται την ιδέα της με όλες τις ομάδες:

Στιγμιότυπο 65

Ε «Αυτό που παρατηρήσαμε με το μπουκάλι ήταν ότι όταν ήταν κλειστό το καπάκι τι έκανε;»

Ομάδα 2 «Δεν χυνόταν το νερό»

Ε «Τώρα το ερώτημα είναι γιατί... γιατί δεν χυνόταν το νερό;»

Ομάδα 1 «Γιατί όταν ήταν κλειστό το καπάκι δεν επικοινωνούσε με την ατμόσφαιρα και δεν χυνόταν»

Ε «Ναι! Και τι έγινε που δεν επικοινωνούσε με την ατμόσφαιρα; Τι πειράζει;»

Ομάδα 1 «Δεν είχε ατμοσφαιρική πίεση μέσα»

Ε «Ενώ οι τρύπες απ' έξω;»

Ομάδα 2 «Είχαν ατμοσφαιρική πίεση και το κράταγαν. Ενώ όταν ήταν ανοιχτό, είχε ατμοσφαιρική πίεση και μέσα και χυνόταν»

Ε «Πολύ ωραία! Ποιος φταίει που υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση ομάδα τρία;»

Ομάδα 3 «Ο αέρας»

Ε «Ο αέρας προφανώς! Αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα, δεν θα υπήρχε και πίεση. Τι φταίει όμως που υπάρχει ατμόσφαιρα;»

Ομάδα 3 «Φταίει η βαρύτητα... που την τραβάει»

Ε «Σωστά! Για να σκεφτούμε... Αν εγώ με ένα μαγικό τρόπο, έπαιρνα την ατμόσφαιρα από τη Γη και την πήγαινα στη Σελήνη, τι πιστεύετε ότι θα γινόταν, ομάδα τέσσερα;»

Ομάδα 4 «Δεν θα καθόταν... Θα έφευγε στο διάστημα!»

Ε «Τζάμπα κόπο θα έκανα ε; Η ατμόσφαιρα θα έφευγε! Και με ποιο τρόπο δημιουργεί πίεση η βαρύτητα, ομάδα πέντε; Πού είναι πιο μεγάλη η πίεση, στη θάλασσα ή στο βουνό;»

Ομάδα 5 «Αφού ο αέρας έχει βάρος, το κάθε στρώμα της ατμόσφαιρας πιέζει το κάτω και όλα μαζί μας πιέζουν στο επίπεδο της θάλασσας»

Ε «Ωραία, μπορείς να μας το ζωγραφίσεις στον πίνακα;»

Ο Μ24 ζωγραφίζει στον πίνακα το σχέδιο της Εικόνας 1 και εξηγεί.

Ε «Μπράβο! Ενώ αν είμασταν στο βουνό;»

M24 «Στο βουνό δεν έχει πολλά στρώματα αέρα οπότε δεν έχει το ίδιο βάρος και δεν μας πιέζει το ίδιο!»

Ε «Μπράβο! Καταλάβαμε λοιπόν, ότι το βάρος του αέρα είναι αυτό που δημιουργεί την ατμοσφαιρική πίεση! Στο επόμενο μάθημα, θα δούμε πόση είναι αυτή η πίεση»

Στο όγδοο μάθημα έπρεπε οι μαθητές μέσω του πειράματος του Torricelli να βρουν την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το πείραμα αυτό δεν είναι εύκολο να το καταλάβουν μαθητές αυτής της ηλικίας, γιατί εμπερικλείει την ισορροπία ανάμεσα στην υδροστατική και την ατμοσφαιρική πίεση. Η χρήση υδράργυρου δε, το καθιστά ακόμα πιο δύσκολο. Στην Επικοινωνία λοιπόν επιχειρήθηκε μία πιο βαθιά κατανόηση και ερμηνεία του πειράματος. Επίσης ζητήθηκε από τους μαθητές να σκεφτούν μια πιθανή χρήση των γνώσεων που απέκτησαν, σε μία εφαρμογή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην κατασκευή ποτίστρας ζώων.

Η δεύτερη ομάδα σκέφτηκε πώς να φτιάξει την ποτίστρα και το μοιράστηκε με την τάξη:

Στιγμιότυπο 66

Ε «Λοιπόν παιδιά ο Torricelli ποια πίεση χρησιμοποίησε για να βρει την ατμοσφαιρική;»

Ομάδα 3 «Την υδροστατική»

Ε «του ποιανού όμως;»

Ομάδα 5 «Του υδραργύρου»

Ε «Του υδραργύρου, μπράβο. Γιατί δεν χρησιμοποίησε του νερού που το είχε και μπόλικο και δεν είναι και τοξικό σαν τον υδράργυρο;»

Ομάδα 5 «Γιατί δεν το ήξερε...»

Ομάδα 3 «Γιατί έχει μεγαλύτερη πίεση»

Ε «Γιατί έχει μεγαλύτερη πίεση;»

Ομάδα 3 «Γιατί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα ο υδράργυρος»

Ε «Σωστά! Γιατί πόσα μέτρα σωλήνα θα χρειαζόταν αν ήταν νερό; Πόσα βγάλατε στη Διερεύνηση;»

Ομάδα 4 «10 μέτρα βγάλαμε εμείς»

Ε «Σωστά. Φαντάζεστε σωλήνα που να φτάνει στον τρίτο όροφο; Ο Torricelli λοιπόν είχε την ευφυή ιδέα να χρησιμοποίησει υδράργυρο αντί για νερό γιατί η ατμοσφαιρική πίεση είναι πολύ μεγάλη και χρειαζόταν αντίστοιχα μεγάλη υδροστατική. Πόση τη βρήκε την ατμοσφαιρική πίεση, ομάδα ένα;»

Ομάδα 1 «100000N/m²»

Ε «Είναι πολύ μεγάλη δηλαδή έτσι; Αν έχουμε επιφάνεια ένα τετραγωνικό μέτρο, είναι σαν να μας πατάνε πόσα κιλά, ομάδα δύο;»

Ομάδα 2 «Είναι σαν 10000 κιλά»

Ε «Και γιατί δεν τη νιώθουμε τότε, ομάδα τέσσερα;»

Ομάδα 4 «Γιατί είναι ίδια, δεν μεταβάλλεται, ενώ αν πάμε σε βουνό, μεταβάλλεται»

Ε «Εμείς στη Γη, είμαστε φτιαγμένοι να ζούμε με αυτή την πίεση. Την ίδια πίεση έχουμε και μέσα μας. Αν ανεβούμε όμως σε βουνό, που η πίεση είναι μικρότερη, βουλώνουν τα αυτιά μας ε; Μπορούμε τώρα χρησιμοποιώντας την ατμοσφαιρική πίεση να φτιάξουμε μία ποτίστρα για ζώα;»

Ομάδα 2 «Μ6 – Εγώ έχω σκεφτεί έναν τρόπο. Να κάνουμε σαν το πείραμα του μπουκαλιού (στη φάση της Διερεύνησης). Να βάλουμε νερό σε ένα μπουκάλι και να το αναποδογυρίσουμε σε ένα μπολ με νερό. Αυτό δεν θα χυθεί, αλλά όπως θα πίνουνε τα ζώα νερό θα πέφτει κι' άλλο από το μπουκάλι»

Ε «Μπράβο! Όπως πίνουνε δηλαδή τα ζώα, θα κατεβαίνει η στάθμη του νερού στο μπολ και θα πέφτει και άλλο νερό από το μπουκάλι. Ωραία!»

Στο τέλος του μαθήματος αρκετοί μαθητές πήγαν στον Μ6 για να τον ρωτήσουν για την ποτίστρα και στα φύλλα εργασίας τους η γενική ιδέα είναι σωστή.

Η πρώτη ομάδα γράφει:

«Την υδροστατική πίεση του υδραργύρου. Γιατί ο υδράργυρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. 100000N/m^2 . Θα έβαζα ένα μπουκάλι γεμάτο νερό να ακουμπάει (να έχει επαφή) με το νερό της ποτίστρας. Έτσι, όταν το νερό από την ποτίστρα μειώνεται τότε το νερό του μπουκαλιού δεν θα έχει επαφή με το νερό της ποτίστρας και έτσι θα χύνεται»

Δεύτερη ομάδα:

«Του υδραργύρου γιατί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. 100000N/m^2 . Όπως και στο πείραμα που κάναμε. Θα τοποθετούσα το μπουκάλι σε νερό ανάποδα και δεν θα χύνεται. Μετά όταν τελείωνε το νερό θα ανανεωνόταν από το μπουκάλι»

Τρίτη ομάδα:

«Την υδροστατική. 100000N/m^2 . Θα έβαζα ανάποδα ένα μπουκάλι με νερό σε ένα μπολ. Μόλις ένα ζώο πίνει νερό θα πέφτει το νερό από το μπουκάλι»

Τέταρτη ομάδα:

«Την υδροστατική πίεση του υδραργύρου, γιατί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. 100000N/m^2 . Ναι μπορούμε. Θα τοποθετήσουμε νερό σε ένα μπολ και θα τοποθετήσουμε το μπουκάλι λίγο πιο πάνω από τον πυθμένα. Έτσι όταν το ζώακι θα πίνει νερό αυτό θα μειώνεται από το μπουκάλι και θα ανανεώνεται»

Τέλος, η πέμπτη ομάδα γράφει:

«Την υδροστατική. Τον υδράργυρο γιατί η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη. 100000N/m². Θα βάλω ένα μπουκάλι με νερό μέσα σε μια γεμάτη λεκάνη. Όταν το ζώακι πίνει η ποσότητα του νερού θα αυξάνεται από το μπουκάλι»

Αρχικά, στη φάση της Επικοινωνίας οι μαθητές αγχώθηκαν για την έκθεσή τους στην τάξη, κυρίως γιατί πίστευαν ότι έπρεπε να «σηκωθούν στον πίνακα». Χαρακτηριστική είναι η συζήτηση της τέταρτης ομάδας στο πρώτο μάθημα:

Στιγμιότυπο 67

M17 *«Τώρα λέει να παρουσιάσει ένας αντιπρόσωπος τα αποτελέσματά μας! Ποιος θα πάει; Εσύ θα πας»*

M16 *«Εσύ θα πας... Καλά, θα πάω εγώ τώρα αλλά μην το δέσετε σχοινί κορδόνι... την άλλη φορά θα πας εσύ...»*

M19 *«Εγώ δεν πάω...»*

M18 *«Όλοι θα πάμε!»*

M16 *«Αυτό μεταβάλλεται. Θα πάμε με τη σειρά, όπως ένας θα παίρνει το ομαδικό (φύλλο εργασίας), έτσι και κάποιος θα λέει τα αποτελέσματα στην τάξη»*

M20 *«Γιατί;»*

M17 *«Ε! Όλοι θα πάμε!»*

M16 *«Γιατί όλοι θα συμμετέχουμε στην ομάδα, οπότε και σε αυτό όλοι θα πάμε!»*

M19 *«Εντάξει, αυτή τη φορά όμως θα πας εσύ...»*

M16 *«Εντάξει!»*

Στο τέλος του μαθήματος, όταν καταλαβαίνουν ότι δεν χρειάζεται να σηκωθούν και δεν είναι εξέταση αλλά συζήτηση, η M17 με ανακούφιση λέει *«Εντάξει... λοιπόν την άλλη φορά μιλάω εγώ, έτσι;»*. Στα τελευταία μαθήματα η αντιπροσώπευση της ομάδας δεν ήταν καν θέμα συζήτησης και μιλούσαν οι περισσότεροι.

6.1.5.1 Ευρήματα από τη Φάση της Επικοινωνίας

Η φάση της Επικοινωνίας, ήταν η κατακλείδα του μαθήματος στην τάξη. Την παρακολουθούσαν όλοι οι μαθητές, με μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί επικύρωνε (Στιγμ. 55, 57) ή διόρθωνε τα ευρήματά τους (Στιγμ. 58, 59).

Για οικονομία χρόνου, αλλά και για επισημοποίηση των σωστών αποτελεσμάτων, τη φάση αυτή την διεύθυνε η εκπαιδευτικός. Το κύριο μέλημα ήταν, τα συμπεράσματα του κάθε μαθήματος, που επικοινωνούσαν οι ομάδες τελικά στην τάξη, να είναι απλά και ευκρινή. Η επέμβαση της εκπαιδευτικού, πέραν του συντονιστικού της ρόλου, ήταν μικρή και μόνο

για να διευκρινίσει τις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας (Στιγμ. 56, 62), γιατί σε αυτή τη φάση μπορούσε να υπάρξει κοινωνικά επιμερισμένη ρύθμιση, σε επίπεδο όλης της τάξης (Στιγμ. 65, 66) και όχι μόνο ομάδας (Στιγμ. 64), από τους ίδιους τους μαθητές.

Τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών, που κατάφερναν να περάσουν από όλες τις προηγούμενες φάσεις, ήταν κυρίως σε θέματα άσχετα με το μάθημα, όπως στη λέξη φακίρης. Ακόμη και αυτά, επισημαίνονταν από την εκπαιδευτικό και δινόταν η ευκαιρία στις άλλες ομάδες να τα αποσαφηνίσουν, ελέγχοντας στη συνέχεια την κατανόηση από τις ομάδες που δεν τα γνώριζαν (Στιγμ. 51, 59). Ο έλεγχος των φύλλων εργασίας, έδειξε ότι όλες οι ομάδες είχαν ξεκάθαρη άποψη στην φάση της Επικοινωνίας, εκτός από την ομάδα που δεν είχε κοινωνική συνοχή στα πρώτα μαθήματα (φύλλο εργασίας της τρίτης ομάδας, από Στιγμ. 51), κάτι όμως που φάνηκε να αλλάζει στην πορεία (Στιγμ. 62).

Στη φάση της Επικοινωνίας, εκτός από την παρουσίαση των συμπερασμάτων στην τάξη, δινόταν στους μαθητές η ευκαιρία να επεκτείνουν τις γνώσεις που αποκτούσαν, περιγράφοντας δικά τους αντίστοιχα πειράματα. Αυτό ήταν αρκετά δύσκολο για πολλούς μαθητές, αλλά μέσω συν-ρύθμισης ήταν εφικτό (Στιγμ. 52) και τους δημιουργούσε ενθουσιασμό, ακόμη και αν ήταν κάτι απλό (Στιγμ. 53), γιατί μπορούν να επικοινωνήσουν στην τάξη μία δικιά τους ιδέα (Στιγμ. 54).

Ταυτόχρονα, οι μαθητές με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη Φυσική, ενθουσιάζονταν όταν ανακαλύπταν κάτι που είχαν δει εκτός σχολείου και τώρα μπορούσαν να το ερμηνεύσουν (Στιγμ. 49). Το μάθημα στο οποίο όλοι οι μαθητές ενθουσιάστηκαν περισσότερο, ήταν ένα από τα πιο δύσκολα, το έκτο, στο οποίο έπρεπε να συνθέσουν το νόμο της υδροστατικής πίεσης, σύμφωνα με όσα είχαν καταλάβει από τα προηγούμενα μαθήματα (Στιγμ. 62). Συνειδητοποιώντας στη φάση της Επικοινωνίας ότι μπόρεσαν να τα καταφέρουν, χειροκρότησαν όλοι οι μαθητές τους εαυτούς τους (Στιγμ. 63).

Επίσης, πολύ σημαντική στη φάση της Επικοινωνίας, ήταν η σύνδεση της καινούριας γνώσης που οι μαθητές απέκτησαν για ένα συγκεκριμένο ορισμό ή νόμο, να συνδεθεί με τις προηγούμενες γνώσεις τους για άλλους ορισμούς ή νόμους. Στη φάση αυτή, κόμη και όταν τους φαινότουσαν απίθανα τα αποτελέσματά τους, μέσω επιχειρηματολογίας και συν-ρύθμισης, κατέληγαν κοινωνικά σε σωστά αποτελέσματα (Στιγμ. 50).

Στη φάση αυτή, όπως και στις δύο προηγούμενες, κάποιοι μαθητές δυσκολεύτηκαν στην έννοια της αναλογίας ανάμεσα σε φυσικά μεγέθη (Στιγμ. 60), το οποίο δεν φάνηκε στην επικοινωνία της τάξης (Στιγμ. 61), φάνηκε όμως από τα φύλλα εργασίας (φύλλα εργασίας του Στιγμ. 61) και επανεξετάστηκε σε επόμενο μάθημα (Στιγμ. 63).

Χαρακτηριστικό της αλλαγής στη φιλοσοφία των διερευνητικών μαθημάτων, σε σχέση με τα παραδοσιακά μαθήματα στα οποία ήταν συνηθισμένοι οι μαθητές, ήταν ότι τη φάση της Επικοινωνίας, στο πρώτο μάθημα οι μαθητές την αντιμετώπισαν με φόβο και καχυποψία (Στιγμ. 67), πιθανότατα γιατί νόμιζαν ότι θα σηκωθούν στον πίνακα να πουν το μάθημα, για να καταλήξουν στα τελευταία μαθήματα να τον περιμένουν με ενθουσιασμό (Στιγμ. 63). Στα τελευταία μαθήματα, η αντιπροσώπευση της ομάδας δεν ήταν καν θέμα

διαπραγμάτευσης, συνήθως απαντούσε όποιος από την ομάδα είχε αναλάβει το ομαδικό φύλλο εργασίας και τον είχαν χρήσει αρχηγό του εκάστοτε μαθήματος.

6.1.6 Έκτη φάση - Εμβάθυνση

Η φάση αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω Ασύγχρονης Συζήτησης. Γενικά, παρατηρήθηκε να μπαίνουν οι μαθητές στην πλατφόρμα, δηλαδή να κάνουν προβολές της εκάστοτε συζήτησης, χωρίς όμως να κάνουν αναρτήσεις, να γράφουν δηλαδή τις απόψεις τους.

Από την πρώτη ομάδα, η μεγαλύτερη συμμετοχή παρατηρήθηκε μετά το πρώτο μάθημα όπου έγιναν δεκαέξι προβολές της συζήτησης και συμμετείχαν οι τέσσερις από τους πέντε μαθητές της ομάδας. Ο χρόνος παραμονής τους στην πλατφόρμα ήταν μεγάλος, ειδικά την ημέρα που έγραφαν την απάντησή τους.

Η συζήτηση του πρώτου μαθήματος, που ξεκινούσε στις 26/2 και έληγε στις 28/2 αφορούσε στην εφαρμογή της σχέσης πίεσης - επιφάνειας σε θέματα καθημερινού ενδιαφέροντος, όπως το γιατί το μαχαίρι κόβει από την ακονισμένη του πλευρά, την επιστημονική εξήγηση της χρήσης χιονοπέδινων στα χιονοδρομικά κέντρα και ένα ενδιαφέρον video μιας κοπέλας που περπατάει πάνω σε αυγά χωρίς να σπάνε. Ο M2 έκανε ανάρτηση στη συζήτηση πριν γίνει το μάθημα και ο M1 μετά την λήξη του:

Στιγμιότυπο 68

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M2 - Πέμπτη, 22 Φεβρουάριος 2018, 4:24 μμ

Κατα την γνώμη μου αυτο που τα κανει να μην σπανε ειναι το καμπυλοτο τους σχημα.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Παρασκευή, 23 Φεβρουάριος 2018, 7:43 μμ

M2 εν μέρει έχεις δίκιο, αυτός είναι και ο λόγος που η φύση στην εξελικτική της πορεία τους έδωσε αυτό το σχήμα. Προσπάθησε όμως να σκεφτείς και άλλον έναν λόγο (σχετικό και με τις υπόλοιπες ερωτήσεις) μετά το μάθημα της Δευτέρας (26/2), γιατί στο μάθημα της Πέμπτης (1/3), θα δεις ότι μόνο το καμπυλωτό σχήμα δεν σε σώζει πάντα...

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M3 - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 5:53 μμ

1. Τα μαχαίρια απο την μια οψη κοβουν,γιατι η επιφανια της μιας πλευρας δεν ειναι λεια,αλλα υπαρχουν σε αυτη κατι σαν δοντακια που εξεχουν.Απο την αλλη πλευρα που δεν μπορει να κοψει το μαχαίρι η επιφανια ειναι λεια.Για αυτο απο την μια οψη κοβουν τα μαχαίρια και απο την αλλη οχι.

2. Στα χιονοδρομικα κεντρα απογορευεται να μπεις με τα παπουτσια ή με τα πατινια,γιατι εχουν μεγαλη επιφανια και στον παγο ειναι δυσκολο να μετακινηθεις ή να σταθεις χωρις να γλυστρισεις.Ενω με τα πεδιλα του σκι που εχουν μια ιδικη λεπιδα,η επιφανια ειναι πιο μικρη με αποτελεσμα η λεπιδα να καρφωναται στον παγο και μπορουμε να σταθουμε και να μετακινουμαστε χωρις να πευτουμε.

3. Αν ειχαμε ενα αυγο και παταγαμε πανω του,θα εσπαγε.Αυτο θα γινοταν επειδη θα ειχε μικρη επιφανια και επειδη ειναι ενα και οχι πολλα για να μοιραστουν το βαρος.Ενω εδω,που εχουμε

πολλα αυγα μαζι η επιφανια του καθε αυγου ειναι σαν να ενωνεται με την αλλη και να δημιουργει μια μεγαλυτερη,με αποτελεσμα να μοιραζονται το βαρος και να μην σπανε!

M3 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 6:38 μμ

M3 προσπάθησε να βρεις κάτι κοινό και στα τρία ερωτήματα σε ότι αφορά τη σχέση πίεσης - επιφάνειας. Η ερμηνεία σου στα αυγά είναι πολύ ωραία. Στα μαχαίρια σκέψου αν κόβουν από την ακονισμένη πλευρά (με τη μικρότερη επιφάνεια) και στο χιόνι σκέψου σε ποια περίπτωση βουλιάξεις. Με τη μεγάλη επιφάνεια (τα σκι) θα βουλιάξεις ή αν φοράς παπούτσια και ακόμα χειρότερα παπούτσια του πατινάζ; Αν δεν θυμάσαι πώς είναι τα παπούτσια του σκι και του πατινάζ, Google it... Καλή συνέχεια!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M5 - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 7:06 μμ

1) Το μαχαίρι κόβει από τη μια πλευρά διότι το εμβαδον είναι μικρό. Επομένως η πίεση είναι μεγάλη και μπορώ να κόψω με μικρή δύναμη.

2) Στα χιονοδρομικά δεν μπορούμε να περπατήσουμε με τα παπούτσια μας γιατί είναι μικρή η επιφάνεια τους. Η πίεση είναι μεγάλη και βουλιάζουμε.

3)Επειδή ολό μαζί τα αυγά έχουν μεγάλη επιφάνεια η πίεση που ασκεί το βάρος μας είναι μικρή και τα αυγά δεν σπανε.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 7:13 μμ

Μπράβο M5!!! Τελικά τι σχέση φαίνεται να έχουν η πίεση και η επιφάνεια ;

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M5 - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 7:20 μμ

Είναι αντίστροφος ανάλογα.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 8:15 μμ

👍 Παρότι δεν το είδαμε ποσοτικά, έχεις δίκιο! Για να πεις με σιγουριά αν είναι αντιστρόφως ανάλογα χρειάζεσαι ακριβείς μετρήσεις.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M1 - Τετάρτη, 7 Μάρτιος 2018, 9:57 μμ

Τα μαχαίρια κοβουν απο την μια πλευρα γιατι σε αυτην την πλευρα υπαρχουν κατι προεξοχες (λεπιδες) οι οποιες ειναι μυτερες αρα οταν κοβω αυτες οι προεξοχες τεμαχιζουν την τροφη.

Τα αυγα δεν σπανε γιατι η δυναμη του ποδιου μας μοιράζεται σε ολο το αυγο και οταν η δυναμη μοιραζεται σε ολο το αυγο τοτε οση δυναμη και να βαλω το αυγο δεν θα σπασει

Οι απαντήσεις που δώσανε στο ομαδικό φύλλο εργασίας, όπου έπρεπε να συμπληρωθεί η Εμβάθυνση, δεν ήταν πλήρως εστιασμένες στο θέμα ενδιαφέροντος, που ήταν η σχέση της πίεσης με την επιφάνεια επαφής:

- 1) Γιατί τα μαχαίρια από τη μία όψη κόβουν και από την άλλη όχι;

Τα μαχαίρια κόβουν από την μία όψη γιατί αυτή η μια όψη έχει δοντάκια του μαχαιριού (μυτερές προεξοχές) οι οποίες τεμαχίζουν την τροφή. Επίσης, το εμβαδόν στην μία όψη είναι μικρό άρα η πίεση είναι μεγάλη.

- 2) Γιατί στα χιονοδρομικά κέντρα απαγορεύεται να μπει με τα παπούτσια ή ακόμα χειρότερα φορώντας πατίνια, αλλά επιβάλλεται να φοράς πέδιλα του σκι; (δώστε επιστημονική εξήγηση)

Στα χιονοδρομικά κέντρα δεν μπορούμε να περπατήσουμε με τα παπούτσια γιατί είναι μικρή η επιφάνεια τους. Έτσι η πίεση είναι μεγάλη και βουλιάζουμε.

- 3) Παρακολουθήστε στο YouTube το βίντεο Walking On Eggs - Sick Science! #069 και δώστε την ερμηνεία σας. Γιατί δεν σπάνε τα αυγά;

Τα αυγά δεν σπάνε γιατί το βάρος είναι μοιρασμένο σε όλο το αυγό γι' αυτό το αυγό είναι ισχυρό και δεν σπάει.

Από τις υπόλοιπες ομάδες υπήρχε μικρή συμμετοχή, με δύο μαθητές μόνο να συμμετέχουν ανά ομάδα, εκτός της πέμπτης ομάδας. Είναι ενδιαφέρον, ότι στη δεύτερη ομάδα απάντησε μόνο μία μαθήτρια, η οποία έλλειπε στο μάθημα, αλλά μέσω της πλατφόρμας και της αλληλεπίδρασης με την εκπαιδευτικό, μπόρεσε να ξεκαθαρίσει κάπως τις έννοιες.

Στην πέμπτη ομάδα συμμετείχαν οι τέσσερις από τους πέντε μαθητές με δεκαεπτά προβολές και οκτώ αναρτήσεις από τους μαθητές και έξι από την εκπαιδευτικό. Ο πρώτος μαθητής έκανε την σωστή παρατήρηση ότι δεν φαινόταν το video, που είχε αναρτηθεί από την καθηγήτρια, σε αυτή την ομάδα. Σε αυτό το μάθημα, η πέμπτη ομάδα προσέγγισε την ιδέα της συνεργασίας στην Ασύγχρονη Συζήτηση περισσότερο από όλες:

Στιγμιότυπο 69

Απάντηση: Ερμηνεία

από M21 - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 7:12 μμ

Τα μαχαίρια έχουν φτιαχτεί για να κόβουν μόνο απο την μία όψη αλλιώς θα είχαμε κοπεί, στα χιονοδρομικά κέντρα συνήθως έχει μόνο χιόνι οπότε δεν μπορείς να μπεις φορώντας πατίνια ή παπούτσια αλλιώς θα πέσεις κάτω, το βίντεο πού είναι?

Απάντηση: Ερμηνεία

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 9:31 μμ

M21 τώρα πρέπει να είναι εντάξει το video. Προσπάθησε να συνδυάσεις την πίεση που ασκείται σε μία επιφάνεια με το πόσο μεγάλη ή μικρή είναι η επιφάνεια. Καλή συνέχεια !!!

Απάντηση: Ερμηνεία

από M24 - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 8:25 μμ

Θελω να συμπληρωσω οτι πιστευω οτι τα αυγα δεν σπανε γιατι τα γυρναι αναποδα δηλαδη απο την πλευρα που ειναι πιο πλατια 🇧🇪 🇩🇪

Απάντηση: Ερμηνεία

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 10:05 μμ

Θα δεις αύριο... 😊

Απάντηση: Ερμηνεία

από [M23](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 7:13 μμ

1 το μεχερι κοβι μονο απο τιν μια πλευρα γιατι ετσι το αχουν φτιαξι

2 στο χιονοδρομικο κεντρο δεν αφινουν μετα παπουτσια ουτε με πατινια γιατι το τχουν φτιαξι μονο για πεδιλα του σκι

Απάντηση: Ερμηνεία

από [M23](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 7:15 μμ

!!!!!!!!!!!! το βιντεο

Απάντηση: Ερμηνεία

από [ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 9:34 μμ

M23 τώρα είναι εντάξει, πρέπει να φαίνεται. Προσπάθησε να συνδυάσεις την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια (την επιφάνεια των αυγών) με το πόσο μεγάλη ή μικρή είναι η επιφάνεια. Καλή συνέχεια!!!

Απάντηση: Ερμηνεία

από [M24](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 9:04 μμ

Τα μαχαιρια κοβουν μονο απο την μια πλευρα γιατι εχουν ακονιστει με αποτελεσμα να ειναι μικρη η επιφανεια κοπης και να ασκητε πειριστοτερη πιεση το ηδαμε και με τα μπαλονια.

Στα χιονοδρομικα κεντρα απαγορευεται να μπουμαι με παπουτσια η πατινια γιατι ειναι μικρη επιφανεια και επειδη υπαρχει μονο χιονι θα βουλιαζαμαι και μπορη να σπαγαμε και κανα ποδι ομως τα πεδιλα του σκι ειναι μεγαλιτερη επιφανια και ασκιτε λιγοτερη πιεση με αποτελεσμα να μην βουλιαζεις και να αποφευγονται τα ατυχηματα

Πιστευω οτι μπορουν και περπατανε στα αυγα γιατι πρωτον βρισκονται στης αυγοθικες και δεν ακουμπανε σε σκληρη επιφανεια. Δευτερον τα αυγα ειναι πολλα και οπος ηδαμε και στα μπαλονια οσο μεγαλιτερη επιφανεια τοσο πιο δυσκολο να σκασουν ετσι και γινετε και με τα αυγα

Απάντηση: Ερμηνεία

από [ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 9:21 μμ

Είδες ότι μπορείς να γράψεις επιστημονικά; Όλα γίνονται με εξάσκηση... Αν δεν προσπαθούσες να γράψεις επιστημονικά, πώς θα μάθαινες; Καλή συνέχεια !!!

Απάντηση: Ερμηνεία

από [ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ](#) - Τρίτη, 27 Φεβρουάριος 2018, 9:39 μμ

Παιδιά για σκεφτείτε. Αν ήταν ένα αυγό αντί για πολλά δεν θα έσπαγε;

Γιατί πονάει περισσότερο το βιβλίο στο κεφάλι αν είναι κάθετο από όταν είναι οριζόντιο στο κεφάλι;

Τι σχέση έχει τελικά η πίεση που δέχεται μία επιφάνεια με το πόσο μεγάλη είναι η επιφάνεια;

Απάντηση: Ερμηνεία

από [M23](#) - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 5:00 μμ

οπος ιδαμε το πιραμα με το μπαλονι στο εργαστιριο ετσι ειναι και τα αυγα ειναι πολα κεδεν σπανε διοτι εχουν πολι επιφανια ηη μαλον δινι λιγοτερι πιεσι ο ανθρωπος.

Απάντηση: Ερμηνεία

από [ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ](#) - Τετάρτη, 28 Φεβρουάριος 2018, 6:49 μμ

Δηλαδή η πίεση και η επιφάνεια πάνε ανάποδα. Όταν είναι **μεγάλη η επιφάνεια**, έχω **μικρή πίεση**. Μπράβο M23!!!

Απάντηση: Ερμηνεία

από M22 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 2:13 μμ

τα μαχαιρια κοβουν μονο απο την μια πλευρα γιατι οσο μικροτερη ειναι η επιφανεια τοσο μεγαλυτερη η πιεση που δεχεται αυτο που κοβουμε 😊

Απάντηση: Ερμηνεία

από M22 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 2:16 μμ

πιστευω οτι τα αυγα δεν σπανε γιατι οσο πιο μεγαλη η επιφανεια τοσο πιο μικρη η πιεση

Απάντηση: Ερμηνεία

από M22 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 3:00 μμ

απαγορευεται να μπεις με τα παπουτσια και επιβαλεται να μπαινεις με τα χιονοπεδιλα γιατι εχουν μεγαλη επιφανεια ετσι ωστε η πιεση που δεχεται το χιονι να ειναι μικρη και να μην βουλιαζουμε 😊

Απάντηση: Ερμηνεία

από M22 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 3:06 μμ

και να συμπληρωσω στο πειραμα με τα αυγα οτι αφου ειναι μεγαλη η επιφανεια η πιεση θα ειναι μικρη γιαυτο και δεν σπανε τα αυγα γιατι δεν δεχονται μεγαλη πιεση

Απάντηση: Ερμηνεία

από M22 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 3:34 μμ

Το βιβλίο ποναει περισσοτερο οταν το εχουμε καθετα γιατι οταν ειναι μικρη η επιφανεια [του βιβλιου] η πιεση που νιωθουμε ειναι μεγαλυτερη γιαυτο και ποναμε 😊

και για τη πιεση οταν κατι εχει μεγαλη επιφανεια ασκει μικροτερη πιεση και το αντιστροφο 😊

Απάντηση: Ερμηνεία

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Σάββατο, 3 Μάρτιος 2018, 5:02 μμ

Μπράβο M22!!! Μπήκες αργά αλλά δυναμικά!!! Προσπάθησε από τα άλλα μαθήματα να συμμετέχεις από την αρχή της συζήτησης για να υπάρχει καλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ σας. Καλή συνέχεια!!!

Στη δεύτερη συζήτηση, που ξεκινούσε στις 1/3 και έληγε στις 4/3 και αφορούσε στη σχέση της πίεσης με τη δύναμη, ένας από τους μαθητές της δεύτερης ομάδας ζήτησε βοήθεια για να μπει στο internet του σχολείου γιατί δεν είχε υπολογιστή στο σπίτι. Τελικά, με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού, μπήκε στη Συζήτηση από το κινητό του τηλέφωνο, στο σχολείο μετά τη λήξη των μαθημάτων, αλλά στην πορεία των μαθημάτων ασχολήθηκε ελάχιστα. Από τη δεύτερη ομάδα έγιναν επτά προβολές, από δύο μαθητές που έγραψαν από μία απάντηση:

Στιγμιότυπο 70

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M9 - Κυριακή, 4 Μάρτιος 2018, 9:58 πμ

1)Σε αυτό το βίντεο ένας άνδρας με μεγάλο βάρος προσπαθεί να περπατήσει πάνω στα αβγά. Άρα η δύναμη που ασκεί ο άνδρας είναι μεγάλη. Έτσι η πίεση που ασκείται στα αβγά είναι

μεγαλύτερη σε σχέση με την πίεση της γυναίκας στο προηγούμενο βίντεο. Λόγω της μεγάλης πίεσης σπάνε τα αβγά.

2)Στον Άρη $g=4 \text{ m/s}^2$ ενώ στην Γη $g=10 \text{ m/s}^2$. Άρα το βάρος μου θα είναι μικρότερο στον Άρη λόγω της μικρότερης επιτάχυνσης της βαρύτητας. Λόγω του μικρότερου βάρους θα ασκώ μικρότερη πίεση στον Άρη. Έτσι το αποτύπωμα μου θα είναι λιγότερο βαθύ.

3)Οι βαριές σακούλες έχουν χερούλια με μικρή επιφάνεια. Λόγω του μεγάλου βάρους και της μικρής επιφάνειας ασκείται μεγάλη πίεση στα χέρια μας και <<κόβονται>>. Αν τα χερούλια είχαν μεγάλη επιφάνεια δεν θα ασκούσαν τόση πίεση στα χέρια μας και αυτά δεν θα <<κόβονταν>>.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 4 Μάρτιος 2018, 6:20 μμ

Μπράβο Μ9!!! Στο μάθημα που έλλειπες, είδαμε ότι το μπαλόνι έσκαγε, δηλαδή δεχόταν μεγαλύτερη πίεση, όταν η επιφάνεια ήταν μικρή, δηλαδή με τη μία οδοντογλυφίδα και όχι με τις πολλές. Στο μάθημα της Πέμπτης, όπως πολύ καλά κατάλαβες, είδαμε ότι το μπαλόνι έσκαγε, δηλαδή δεχόταν μεγαλύτερη πίεση, με τη μεγαλύτερη δύναμη, δηλαδή με τα πολλά βιβλία. Το πρόβλημα ήταν στην εκτέλεση του πειράματος ότι πρώτα έγινε το πείραμα και μετά αρχίσατε να το σκέφτεστε, για αυτό όπως είδα στο video, είχες ανησυχία για το αν θα το γράψετε σωστά. Όπως σου είπε και ο Μ10, σε αυτή τη μέθοδο γράφεις την άποψή σου, χωρίς να είναι αναγκαστικά σωστή. Το σημαντικό είναι να έχεις ξεκάθαρη και σωστή άποψη στο τέλος. Λυπάμαι μόνο που σε έχουν αφήσει μόνη σου, θα περίμενα μεγαλύτερη συμμετοχή στην πλατφόρμα... 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ10 - Δευτέρα, 5 Μάρτιος 2018, 1:48 μμ

ο ανδρας που παταει τα αυγα ασκη μαγαλη δυναμη και ετσι τα αυγα δεν αντεξουν. και οτι είναι μεγάλη η πίεση

Στο ομαδικό φύλλο εργασίας, οι απαντήσεις δόθηκαν από την Μ9.

Οι υπόλοιπες ομάδες συνέχισαν να έχουν μικρή συμμετοχή, με τις προβολές να είναι πολύ περισσότερες από τις αναρτήσεις. Στην τρίτη ομάδα, για παράδειγμα, έγιναν εννέα προβολές, από δύο μαθητές με δύο μόνο απαντήσεις. Ο ένας από τους μαθητές απάντησε με μία εβδομάδα καθυστέρηση, παρότι είχε κάνει προβολή στη συζήτηση μία ημέρα πριν από τη μαθήτριά που απάντησε εμπρόθεσμα.

Η μεγαλύτερη συμμετοχή ήταν από την πέμπτη ομάδα όπου έκαναν αναρτήσεις τρεις μαθητές, εκ των οποίων η μία απάντησε με δύο ημέρες καθυστέρηση. Ένας από τους μαθητές που έκαναν αναρτήσεις σχολίασε την απουσία των υπολοίπων:

Στιγμιότυπο 71

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ23 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 7:40 μμ

- 1 πιστευο προς μαλον τα αυγα εσπασαν γειατι εχει ποιο πολι βαρος ηρηη δινι μεγαλιτερι πιεσι
- 2 το αποτιπομα μου θα αλαξι στον αρι επιδι εχει μεγαλιτερο μαγνιτικο πεδιο
- 3 πιστεβο προς σιμετεχι το ποσο βαρος εχει μεσα στιν σακουλα 😊😊😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 4 Μάρτιος 2018, 6:55 μμ

Μπράβο M23, τη γενική ιδέα την έχεις καταλάβει. Μόνο που το πεδίο είναι βαρυτικό, όχι μαγνητικό.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M23 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 7:47 μμ

ΑΑΑΑ γειατι δεν μπενουν και η αλι εκτος απο τον M24 εεεεε !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M24 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 7:47 μμ

- Πιστευω οτι τα αυγα δεν σπανε γιατι δεν τα εχει βαλει αναποδα για να δημιουργισουν μεγαλει επιφαναια επισης οπος ηδαμε και στο σημερινο πιραμα με το μπαλονι εσκασε οταν βαλαμε μεγαλο βαρος πανω ετσι οταν τα παιδια και η γονεις ανεβαινουν ο πιο ελαφρης ως τον πιο βαρυ τα αυγα σταδιακα σπαγανε.Μου εκανε εντιποση οταν τα σφιγανε στην παλαμη τους και τα αυγα δεν εσπαγαν.
- Το αποτιπομα μου στον Αρη θα ειναι λιγοτερο βαθη γιατι στο πιραμα ηδαμε οτι οσο μεγαλη και να ειναι η επιφαναια αν ασκηθη μεγαλη δυναμη στο μπαλονει σκαει.Ετσι στον Αρη εχει μικροτερο βαθος γιατι ο Αρης εχει μικροτερο βαριτικο πεδιο και μας ελκει με λιγοτερη δυναμη και αφινουμε λιγοτερο βαθυ αποτιπομα απο την Γη.
- Πιστευω οτι η σακουλα με τα ψωνια μας κοβει στο χερι γιατι ειναι πολυ λεπτο το χερουλι και οπος ηδαμε στο πρωτο πιραμα με το μπαλονι οταν η επιφαναια ειναι μικρη ακσητε μεγαλητερη πιεσι ακομα οπος ηδαμε στο σημερινο πιραμα οσο πιο βαρυ κατι ακομι περισσοτερη πιεση ακσητε.Πιστευω οτι αν το χερουλι ηταν πιο φαρδυ θα ακσητε λιγοτερη πιεσι και θα μας κοβει λιγοτερο το ηδαμε στο πρωτο πιραμα που καναμε.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 4 Μάρτιος 2018, 7:50 μμ

Σωστά. Όσο για το μπέρδεμα της μάζας, που είδα στο video, πρόσεξε. Η μάζα είναι ανάλογη του βάρους, το οποίο βάρος, είναι δύναμη! Στα αυγά λοιπόν φταίει η δύναμη (το βάρος) που ασκείται από τον μπαμπά για τη μεγάλη πίεση και το ότι σπάνε. Άντε μην τα πάρω και τα πάω στη Σελήνη... Παρεμπιπτόντως, μου άρεσε που συνδύασες το σπάσιμο της καρέκλας στην τάξη με την πίεση! Επιστημονική σκέψη...

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M23 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 7:51 μμ

γεια φυλεεεε!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M24 - Πέμπτη, 1 Μάρτιος 2018, 7:55 μμ



Απάντηση: Εμβάθυνση

από M22 - Τρίτη, 6 Μάρτιος 2018, 8:45 μμ

Το αποτύπωμα θα ειναι λιγοτερο βαθυ στον Αρη γιατι ειναι μικρότερο το βαρυτικο πεδιο που εχει οποτε μας ελκει λιγότερο

Και τα χερούλια στις τσάντες μας κοβουν γιατι ειναι μικρη η επιφαναια απο τα χερουλια οταν η τσαντα βαρενει οπότε ασκει περισσοτερη πίεση στο χερι μας και ποναμε ενω οταν ειναι μεγαλη η επιφάνεια η πίεση που δέχεται το χέρι μας ειναι μικρότερη και ποναμε λιγότερο

Στην τρίτη συζήτηση, που ξεκινούσε στις 5/3 και έληγε στις 7/3 και αφορούσε στη σχέση της πίεσης με τη δύναμη και την επιφάνεια, δηλαδή τη δημιουργία του ορισμού της πίεσης, η Επικοινωνία αφορούσε στην εφαρμογή του ορισμού σε πραγματικές καταστάσεις. Σε αυτή τη συζήτηση, έγινε ηλεκτρονική παρέμβαση από την εκπαιδευτικό, διαφορετική σε κάθε ομάδα, ανάλογα με τις αστοχίες και τις δυσκολίες που εντόπισε μετά το μάθημα στην τάξη, από τα video και τα φύλλα εργασίας.

Η τρίτη ομάδα δυσκολεύτηκε περισσότερο, όπως φαίνεται και από το Στιγμιότυπο 31. Από αυτή την ομάδα έγιναν εννέα προβολές από δύο μαθητές. Η μία μαθήτρια απάντησε την ίδια ημέρα του μαθήματος και στη συνέχεια έκανε προβολή της συζήτησης για να δει αν απάντησε κάποιος άλλος από την ομάδα. Ο άλλος μαθητής, ενώ έκανε μία προβολή της συζήτησης εμπρόθεσμα, έγραψε με τέσσερις ημέρες καθυστέρηση απευθυνόμενος στην εκπαιδευτικό και όχι στην ομάδα:

Στιγμιότυπο 72

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M13 - Δευτέρα, 5 Μάρτιος 2018, 6:39 μμ

- 1) Τα ελαστικά των φορτηγών είναι φαρδιά γιατί το βάρος των φορτηγών είναι πολύ μεγάλο και πρέπει να μοιράζεται. Αν ήταν στενά θα είχαν σκάσει. Στο ποδήλατο τα ελαστικά είναι στενά γιατί έχει σχετικά μικρή μάζα και δεν χρειάζεται να είναι φαρδιά.
- 2) Οι καμήλες ζουν συνήθως στην έρημο. Στην έρημο υπάρχει άμμος και για να μην βουλιάζει στην άμμο έχει πλατιές πατούσες.
- 3) Ο ένας τρόπος να μειώσουμε την πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι να ασκήσουμε σε αυτή όσο το δυνατόν μικρότερη δύναμη. Ο δεύτερος τρόπος είναι να αυξήσουμε την επιφάνεια πάνω στην οποία ασκείται αυτή η δύναμη.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 7 Μάρτιος 2018, 4:03 μμ

M13 οι σκέψεις σου είναι πολύ ωραίες. Στα φορτηγά, εγώ εννοούσα την πίεση που δέχεται το έδαφος (δεν θέλουμε να μας χαλάνε την άσφαλο), αλλά και η δική σου ιδέα πολύ σωστή είναι!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 7 Μάρτιος 2018, 4:16 μμ

Παιδιά, από ότι είδα στο video χρειάζεστε λίγη βοήθεια. Οι σκέψεις όσων μιλάνε είναι πολύ ωραίες, αλλά καλό θα ήταν να συνεργάζεστε όλοι, άσχετα αν οι ιδέες σας είναι σωστές. Αυτός είναι και ο σκοπός, μέσα από τη συνεργασία να καταλήγετε σε κάποιο συμπέρασμα, το οποίο στην πορεία μπορεί να αλλάξετε αν βρείτε ότι ήταν λάθος.

Στο δια ταύτα, για να συνοψίσουμε,

η πίεση είναι ίση με τη δύναμη (το βάρος που λέγατε) προς την επιφάνεια και με σύμβολα $p = F/A$ συνεπώς, η μονάδα μέτρησης είναι N/m^2

γιατί, όπως είδαμε στο πρώτο μάθημα, η **πίεση μειώνεται αν αυξηθεί η επιφάνεια** και **αυξάνεται αν αυξηθεί η δύναμη**, όπως είδαμε στο δεύτερο μάθημα.

Μόνο με τη δύναμη ή μόνο με την επιφάνεια δεν μπορώ να ερμηνεύσω το σκάσιμο των μπαλονιών ή το αποτύπωμα, γιατί η πίεση είναι αποτέλεσμα και των δύο. Και της δύναμης και της επιφάνειας.

Αυτό που δεν παρατηρήσατε στην εικόνα είναι ότι οι γυναίκες φοράνε λεπτά τακούνια, δηλαδή έχουν πολύ μικρή επιφάνεια επαφής!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M12 - Τρίτη, 13 Μάρτιος 2018, 9:36 μμ

Κυρία σχετικά με τις ερωτήσεις συμφωνώ με την M13.

Οι υπόλοιπες ομάδες είχαν μικρή συμμετοχή, εκτός από την πέμπτη στην οποία συμμετείχαν τέσσερις μαθητές αλλά οι δύο εκπρόθεσμα.

Στην τέταρτη συζήτηση, που ξεκινούσε στις 8/3 και έληγε στις 11/3, οι μαθητές έπρεπε παρακολουθώντας τρία σχετικά video, να σχολιάσουν την επίδραση του βάθους στην υδροστατική πίεση. Σε αυτή τη συζήτηση ένας μαθητής της τέταρτης ομάδας, ο οποίος γενικά συμμετείχε στην Ασύγχρονη Συζήτηση, αν και είχε τρεις εμπρόθεσμες προβολές, δεν έκανε ανάρτηση, ίσως γιατί έδωσε τις απαντήσεις στο ομαδικό φύλλο. Απάντησαν δύο μαθητές από την ομάδα και η εκπαιδευτικός που σχολίασε θετικά την αποδοχή και διόρθωση της λάθος εκτίμησης που φαίνεται στο Στιγμιότυπο 28:

Στιγμιότυπο 73

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Σάββατο, 10 Μάρτιος 2018, 9:18 πμ

Μπράβο παιδιά!!! Όπως είδα στο video, αρχίζετε να σκέφτεστε επιστημονικά και διερευνητικά.

Πρώτα κάνετε τις υποθέσεις σας, δημιουργήσατε το ερευνητικό ερώτημα, μετά κάνετε το πείραμα έχοντας στο μυαλό σας τι ψάχνετε και στα συμπεράσματα αναθεωρήσατε την αρχική εκτίμησή σας. Έτσι λειτουργεί και ένας επιστήμονας!

Καλή συνέχεια!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M20 - Κυριακή, 11 Μάρτιος 2018, 12:10 πμ

Το μπουκάλι στα 10 μετρά βάθος πιέζεται γιατί όσο βαθύτερα πηγαίνει το μπουκάλι, τόσο θα πιέζεται το "σώμα" του. Επίσης το ίδιο γίνεται και με τα πνευμόνια μας γιατί όσο βαθύτερα πηγαίνουμε τόσο τα bar θα αυξάνονται η πίεση δηλαδή.(10m~2 bar)-(20m~3 bar)... και πάει λέγοντας...

Οι αστροναύτες βάζουν νερό στα μαλλιά τους με ζεστό νερό και βάζουν σαμπουάν...μετά από το πολύ τρίψιμο, φτιάχνουν τα μαλλιά τους με μια σατσάρα, και στο τέλος τα σκουπίζουν με μια πετσέτα.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 11 Μάρτιος 2018, 7:54 μμ

M20, σωστά παρατήρησες ότι η πίεση αυξάνεται με το βάθος. Έτσι όπως τα έγγραφες φαίνεται και με ποιο τρόπο, δηλαδή ποια είναι η σχέση τους.

Αυτό θα το δούμε στο μάθημα της Πέμπτης.

Επειδή αναρωτιόσουν, 1 bar = 100000 Pa (δηλαδή 100000 N/m²)

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M16 - Κυριακή, 11 Μάρτιος 2018, 5:19 μμ

Ερώτημα 1): Όταν το μπουκάλι φτάσει στα 10m βάθος τότε αυτό θα έχει συμπιεστεί. Αυτό θα συμβεί στο μπουκάλι για τον εξής λόγο: Όταν το μπουκάλι φτάσει σε αυτό το βάθος (βαίβεια έχουμε ήδη παρατηρήσει ότι το μπουκάλι έχει αρχίσει να συμπιέζεται και από ποιο μικρό βάθος) τότε του ασκείτε μεγάλη πίεση μέσα στο νερό (υδροστατική πίεση). Έτσι εξετίας τις μεγάλης πίεσης που θα του ασκωθεί από το νερο, η οποία είναι διπλάσια από από αυτή την οποία του ασκεί ο αέρας, αυτό θα αρχίζει να συμπιέζεται. Από την άλλη όταν το μπουκάλι βγει στην επιφάνεια τότε θα επανέρθει στην αρχική του κατασταση καθώς δεν θα του ασκείτε πλέον μεγάλη (πίεση) (Βαίβεια αυτή η πίεση στην επιφάνεια θα είναι: α) όχι ανύπαρκή αλλά ποιο μικρή. Και β) θα του ακειθεί απο τον αέρα και όχι από το νερό)

Ερώτημα 2): Ναι κάτι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει στο μπουκάλι στο παραπάνω ερώτημα θα συμβεί και με τους πνευμονές μας σε μεγάλο βάθος. Όσο περισσότερο βαθιά κολυμπήσουμε τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η υδροστατική πίεση η οποία θα μας ασκείτε. Έτσι σε ένα μεγάλο βάθος η πνευμονές μας θα συμπιεστούν τόσο πολλη που θα μπορούν να δεχτούν μόνο ένα (σε ποσοστό μικρό) λίτρο αέρα. Απο την άλλη όταν αυτή η πίεση που μας ασκεί το νερό (η υδροστατική πίεση) μιοθεί οι πνευμονές μας θα επανέρθουν στην αρχική τους κατάσταση! Αυτό θα συμβεί πάλει για τους δύο λόγους που έχω αναφέρει παραπάνω!

Ερώτημα 3)Οι αστροναύτες στο Διεθνή Διαστημικό σταθμό λούζοντε με τον εξής τρόπο: πρώτα τοποθετον στα μαλλιά τους λίγο νερό ώστε να τα βρέξουν. Έπειτα τοποθετον στα μαλλιά τους, με τον ίδιο τρόπο που το ποθέτισαν νερό, μια ιδική λοσιόν για να λουστούν. Στην συνέχεια στρίβουν τα μαλλιά τους με σκοπό να μεταφέρουν την λοσιόν σε όλα τους τα μαλλιά. Έπειτα κτενίζοντε και μετά βάζουν λίγο νερό για να "πάρει την λοσιόν". Τέλος σκουπίζοντε τα μαλλιά τους με μία πετσέτα και ξαναχτενίζοντε (Σαν συμπέρασμα θα ήθελα να πώ πως οι αστροναύτες είναι αναγκασμένοι να πλένουντε με αυτόν τον τρόπο καθώς στον Διεθνή Διαστημικό σταθμό δεν υπάρχει βαρύτητα οπότε το νερό βρίσκετε στον αέρα καθώς δεν υπάρχει τίποτα για να το έλκει. Άρα με την έλιψη της βαρύτητας είναι όντως αρκετά δύσκολο να κάνεις μπάνιο.)

Τέλος άλλοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάτε η υδροστατική πίεση είναι οι εξής: α) η βαρύτητα. Αφού είδαμε ότι αν δεν υπάρχει βαρύτητα δεν μπορεί να υπάρξη και υδροστατική πίεση. β) το πόσο πυκνό είναι το υγρό. Όταν η πυκνότητα του υγρού είναι μεγάλη τότε όταν πάμε όλο και ποιο βαθιά θα είναι και η πίεση σχετικά μεγάλη.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 11 Μάρτιος 2018, 7:58 μμ

M16, πράγματι δύσκολη η ζωή σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας...

Τους παράγοντες που σκέφτηκες, θα τους δείτε αύριο με ακριβείς μετρήσεις. Οπότε είστε ένα βήμα μπροστά!!!

Ο μαθητής που δεν απάντησε στην πλατφόρμα, συμπλήρωσε το ομαδικό φύλλο εργασίας γράφοντας:

- 1) Το μπουκάλι που βυθίζεται στα 10m παραμορφώνεται χάνοντας τον όγκο του εξαιτίας της υδροστατικής πίεσης που ασκείται στον αέρα που περιέχεται σ' αυτό, γιατί γνωρίζουμε ότι όσο αυξάνεται το βάθος αυξάνεται και η πίεση. Στη συνέχεια ανεβαίνοντας στην επιφάνεια της θάλασσας το μπουκάλι παίρνει την αρχική του μορφή, αφού δεν ασκείται πλέον σ' αυτό υδροστατική πίεση.
- 2) Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στους πνεύμονές μας όταν βρεθούμε σε μεγάλο βάθος. Ο αέρας στους πνεύμονές μας πιέζεται όλο και περισσότερο, ανάλογα με την αύξηση του βάθους.
- 3) Στο διάστημα υπάρχει έλλειψη βαρύτητας αλλά και λίγο πόσιμο νερό. Οι αστροναύτες για να λουστούν χρησιμοποιούν μια σακούλα με ζεστό νερό, ένα ειδικό σαμπουάν και μια χτένα. Βάζουν νερό στη ρίζα των μαλλιών τους και μεταφέρουν με τη χτένα το

νερό ως τις άκρες. Στη συνέχεια χτενίζουν τα μαλλιά τους. Τέλος για να στεγνώσουν τα μαλλιά τους αντί για πιστολάκι χρησιμοποιούν μια πετσέτα.

- 4) Η υδροστατική πίεση εκτός από το βάθος μπορεί να εξαρτάται και από το υγρό και από την βαρύτητα.

Από τις υπόλοιπες ομάδες υπήρχε μικρή συμμετοχή, εκτός της δεύτερης ομάδας όπου για πρώτη φορά συμμετείχε ένας μαθητής, πιθανόν γιατί είχε αναλάβει το ομαδικό φύλλο εργασίας και έπρεπε να το συμπληρώσει:

Στιγμιότυπο 74

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M9 - Πέμπτη, 8 Μάρτιος 2018, 10:25 μμ

1) Αυτό συμβαίνει λόγω της υδροστατικής πίεσης, δηλαδή της πίεσης που δέχεται το μπουκάλι από το νερό. Το βάθος των 10 cm είναι μεγάλο, έτσι λόγω της πίεσης τα τοιχώματα του μπουκαλιού μπαίνουν προς τα μέσα. Άρα όσο πιο βαθιά πηγαίνουμε στην θάλασσα τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση.

2) Το ίδιο συμβαίνει στους πνεύμονές μας και φαίνεται από την διαφανή σακούλα. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος στο οποίο βρισκόμαστε τόσο περισσότερο υγρό βρίσκεται μέσα στην σακούλα. Άρα ασκείται μεγαλύτερη πίεση στα πνευμόνια μας από το νερό. Όταν ο άνθρωπος ανεβαίνει προς τα επάνω η υδροστατική πίεση είναι μικρότερη λόγω του μικρότερου βάθους. Έτσι η σακούλα στην επιφάνεια της θάλασσας δεν έχει καθόλου νερό.

3) Αρχικά τοποθετούν ζεστό νερό στα μαλλιά τους το οποίο βρίσκεται σε μια μικρή σακούλα. Πολλές φορές το νερό, λόγω της έλλειψης βαρύτητας, μπορεί να απομακρυνθεί. Έτσι προσπαθούν να πιάσουν όσο περισσότερο μπορούν και να το φέρουν κοντά τους. Έπειτα, τοποθετούν το σαμπουάν με τον ίδιο τρόπο και χρησιμοποιούν πάλι νερό ώστε να απομακρυνθεί το σαμπουάν. Τέλος χτενίζονται.

4) Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το βάθος καθώς όσο μεγαλύτερο είναι τόσο μεγαλύτερη είναι και η υδροστατική πίεση. Επίσης εξαρτάται από την βαρύτητα διότι στον διαστημικό σταθμό όπου δεν υπάρχει βαρύτητα δεν υπάρχει και υδροστατική πίεση. Τέλος ίσως να εξαρτάται και από την πυκνότητα γιατί όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η υδροστατική πίεση.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Παρασκευή, 9 Μάρτιος 2018, 9:19 μμ

M9 πολύ ωραίες οι σκέψεις σου!!!

Παιδιά, τελικά δεν σχεδιάσατε όλοι την πορεία του νερού. Σχεδιάστε την τουλάχιστον στο ομαδικό.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M6 - Κυριακή, 11 Μάρτιος 2018, 11:47 μμ

1) 😊 Αυτό συμβαίνει λόγω της υδροστατικής πίεσης Στο μεγάλο βάθος των 10 m το μπουκάλι πιέζεται και δέχεται πίεση στο νερό έτσι όσο βαθιά πηγαίνει τόσο πιο πολύ μαζεύεται...

2) η πλαστική σακούλα παρομοιάζεται με τους πνεύμονες μας Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συμπεραίνουμε ότι το ίδιο γίνεται και στα πνευμόνια μας

Όσο πιο βαθιά πηγαίνει ο freediver τόσο πιο πολύ νερό μαζεύετε στους πνεύμονες μας

Αυτό γίνεται από την υδροστατική πίεση δηλαδή την πίεση του νερού

3) η κυρία αυτή τοποθετεί ζεστό νερό στα μαλλιά της και στην συνέχεια τα τρίβει με σαμπουάν τέλος τα χτενίζει.

4) η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την δύναμη ή αλλιώς την πίεση που μας ασκεί ένα υγρό και από την βαρύτητα γιατί στον διαστημικό σταθμό δεν υπάρχει βαρύτητα αλλά ούτε υδροστατική πίεση

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 6 Μάιος 2018, 12:40 μμ

Μπράβο Μ6! Πρέπει μόνο να ξεκαθαρίσεις την πίεση με τη δύναμη. Δεν είναι το ίδιο. Όταν ένα σώμα βρίσκεται μέσα σε υγρό, πιέζεται από το υγρό σε όλη την επιφάνειά του, γιατί του ασκούνται δυνάμεις.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ7 - Κυριακή, 6 Μάιος 2018, 12:46 μμ

Εγώ Συμφωνώ

Ότι στην πρώτη όσο πιο βαθιά πας η υδροστατική πίεση μεγαλώνει

Και στην τέταρτη το ίδιο συμβαίνει όσο πιο βαθιά πας τόσο πιο μεγάλη γίνεται η υδροστατική πίεση αλλά αλλάζει και το βάρος και η πίεση

Η απάντηση που έδωσαν τελικά στο ομαδικό φύλλο εργασίας ήταν:

Είναι το βάθος και η υδροστατική πίεση μεγαλώνει. Είναι και το βάρος και πιέζεται πάρα πολύ.

Στην πέμπτη συζήτηση, που έγινε από 12/3 έως 14/3, είχαν δοθεί δύο δύσκολες ασκήσεις συνδυασμού πυκνότητας και επιτάχυνσης της βαρύτητας στην υδροστατική πίεση και χρειάστηκε επέμβαση από την εκπαιδευτικό για διευκρινήσεις. Επίσης, όπως και στην τρίτη συζήτηση, έγινε παρέμβαση από την εκπαιδευτικό, διαφορετική σε κάθε ομάδα, κυρίως για διευκρίνιση των ανάλογων μεγεθών. Η τέταρτη ομάδα, σε αυτό το μάθημα δείχνει να έχει προσεγγίσει τον επιστημονικό τρόπο σκέψης:

Στιγμιότυπο 75

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 14 Μάρτιος 2018, 4:05 μμ

Παιδιά, λίγες διευκρινήσεις.

Στο πρώτο πείραμα κρατήσατε σταθερά το βάθος (εσείς γράψατε την ποσότητα του υγρού αλλά το ίδιο είναι ουσιαστικά) και την επιτάχυνση της βαρύτητας. Αλλάξατε την πυκνότητα για να δείτε αν θα αλλάξει η υδροστατική πίεση.

Σας είπα να διπλασιάσετε τις τιμές για να φαίνεται πιο εύκολα. Γενικά ο διπλασιασμός δεν είναι απαραίτητος. Θα μπορούσατε να πολλαπλασιάσετε το ένα μέγεθος ως πούμε επί 1,5 και θα έβγαине ότι και το άλλο πολλαπλασιάστηκε με το 1,5. Επειδή είναι πιο δύσκολο να φανεί στο μάτι σας ότι πολλαπλασιάζετε με το 1,5 γι' αυτό σας είπα να διπλασιάσετε που φαίνεται εύκολα (η πυκνότητα σε νούμερα, από 700 σε 1400 τότε και η υδροστατική από 7 έγινε 14 δηλαδή είναι ανάλογα).

Απλή αύξηση, δεν σημαίνει αναγκαστικά, ότι δύο ποσά είναι ανάλογα, πρέπει με ότι πολλαπλασιάζεις το ένα να πολλαπλασιάζεται και το άλλο. Τότε είναι ανάλογα.

Έτσι καταλαβαίνουμε ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας.

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται και το δεύτερο πείραμα, μόνο που τώρα κρατάμε σταθερά το βάθος και την πυκνότητα και διπλασιάζουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας. Έτσι καταλαβαίνουμε ότι η **υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της επιτάχυνσης της βαρύτητας**.

Αν το καταλάβατε αυτό, το μάθημα είναι επιτυχές. Κάτι παρόμοιο θα κάνετε και αύριο με το βάθος. Προσέξτε το αν εξαρτάται η υδροστατική πίεση από την ποσότητα του υγρού ...γιατί πολύ ποσότητα γράφατε. Αύριο θα ελέγξουμε αν εξαρτάται.

Καλή συνέχεια!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M18 - Τετάρτη, 14 Μάρτιος 2018, 5:52 μμ

1) Το β γιατί η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού οπότε όταν η πυκνότητα ενός υγρού είναι η μισή από την πυκνότητα ενός άλλου υγρού, ακόμα και αν το βάθος είναι το ίδιο, τότε και η υδροστατική του πίεση θα είναι η μισή.

2) Όλα τα σημεία έχουν την ίδια πίεση αφού το υγρό ισορροπεί. Αν σε κάποιο σημείο η πίεση ήταν διαφορετική τότε η επιπλέον δύναμη που θα ασκούσαν θα προκαλούσε την κίνηση του υγρού.



Απάντηση: Εμβάθυνση

από M18 - Τετάρτη, 14 Μάρτιος 2018, 6:05 μμ

Συγγνώμη, στο ερώτημα δύο δεν είναι όλα τα σημεία αλλά τα σημεία Α και Β γιατί σε αυτά ισορροπεί το υγρό.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 14 Μάρτιος 2018, 8:05 μμ

M18, σωστά λες ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα, αλλά είναι ανάλογη και με το βαρυτικό πεδίο. Αν τα βάλεις και τα δύο μαζί τι βγαίνει;

Στο δεύτερο ερώτημα, πράγματι τα υγρά πρέπει να ισορροπούν. Σε όλους τους σωλήνες υποτίθεται ότι ισορροπούν. Το θέμα είναι μπορούν να ισορροπούν στον 1 και στον 2 αφού η πυκνότητα του λαδιού είναι μικρότερη από του νερού; 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M16 - Τετάρτη, 14 Μάρτιος 2018, 8:40 μμ

Ερώτημα 1): Η υδροστατική πίεση στο δεύτερο δοχείο θα είναι (γ) ίδια με αυτή του πρώτου δοχείου για τον εξής λόγο: Συμφωνά με την εκφώνηση το δεύτερο δοχείο έχει την μισή πυκνότητα από αυτή την οποία έχει το πρώτο (Αρα άμα υποθέσουμε ότι το πρώτο δοχείο έχει πυκνότητα 1400kg/m^3 τότε το δεύτερο δοχείο έχει πυκνότητα 700kg/m^3) και το δεύτερο δοχείο είναι σε πλανήτη με διπλάσια βαρύτητα από το πρώτο (Αρα άμα υποθέσουμε ότι το πρώτο δοχείο βρίσκεται σε πλανήτη με βαρύτητα 10m/s^2 τότε το δεύτερο βρίσκεται σε πλανήτη με βαρύτητα 20m/s^2). Εμείς τώρα αποδύσαμε στο μάθημα ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την πυκνότητα του υγρού και από το βαρυτικό πεδίο που το έλκει (βαρύτητα). Επομένως θεωρώ ότι αφού το ένα εξαρτάται από το άλλο τότε ο τύπος της υδροστατικής πίεσης (παρακαλώ συνχωρέστε με και διορθώστε με άμα κάνω λάθος) είναι $\text{πυκνότητα} \cdot (\text{επί}) \cdot \text{βαρύτητα}$. Έτσι άμα εξετάσουμε τις τιμές που έβαλα ως παράδειγμα ($1400\text{kg/m}^3 \cdot 10\text{m/s}^2 = 14000$ πίεση (Pa) άμα θυμάμαι καλά) ($700\text{kg/m}^3 \cdot 20\text{m/s}^2 = 14000$ πίεση (Pa)) τότε διαπιστώνουμε ότι η πίεση είναι η ίδια

Ερώτημα 2): Για να έχουν τα υγρά την ίδια υδροστατική πίεση σε ένα σημείο τότε η τρίτες στο σωλήνα πρέπει να βρήσκοντε όπως στο σωλήνα 3 (τα σημεία Ε και Ζ) για τον εξής λόγο: Όπως είδα γνωρίζουμε τα υγρά έχουν διαφορετική πυκνότητα. Στο συγκεκριμένο πείραμα έχουμε λάδι και νερό. Το λάδι έχει διαφορετική πυκνότητα από ότι το νερό, για να ύμαστε ακριβής μικρότερη και συγκεκριμένα το λάδι έχει πυκνότητα 950kg/m^3 . Οπότε για να ασκηθεί ίδια υδροστατική πίεση

σε ίδιο πλανήτη ανάμεσα σε αυτά τα υγρά τότε το λάδι πρέπει, σε όγκο - ποσότητα, να είναι περισσότερο από ότι το νερό ώστε να ασκεί την ίδια υδροστατική πίεση με αυτή του νερού στο ίδιο σημείο.

Αυτά παιδιά από εμένα.

Συμφωνήτε με όσα γράφω; (και σε περίπτωση που είναι λάθος ο τύπος της υδροστατικής πίεσης συγγνώμη για άλλη μια φορά αλλά στο κάτω κάτω όπως κάθε επιστήμονας - μικρός εξερευνητής 😊 κάνει μια υπόθεση έτσι και εγώ διατύπωσα την δική μου 😊.)

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Σάββατο, 17 Μάρτιος 2018, 8:19 μμ

M16, πράγματι η σκέψη σου είναι επιστημονική!!! Με τα δεδομένα που είχες σε αυτό το μάθημα, έτσι ακριβώς θα ήταν. Τη Δευτέρα θα δείτε ποσοτικά αν η υδροστατική είναι και ανάλογη του βάθους, οπότε θα φτιάξετε τον ολοκληρωμένο νόμο της υδροστατικής πίεσης.

Στο δοχείο με το λάδι, τώρα θα έχεις καταλάβει ότι δεν μιλάμε για τον όγκο του λαδιού, αλλά για το βάθος. Επειδή έχει μικρότερη πυκνότητα, χρειάζεται να είναι σε μεγαλύτερο βάθος για να έχει την ίδια πίεση με το άλλο που έχει νερό.

Η Διερευνητική Μάθηση σου ταιριάζει γάντι... 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M16 - Σάββατο, 17 Μάρτιος 2018, 10:44 μμ

Σας ευχαριστώ πολύ!

Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο ομαδικό φύλλο εργασίας ήταν:

- 1) Παρότι το δεύτερο δοχείο έχει υγρό μισής πυκνότητας από το πρώτο, βρίσκετε σε πλανήτη με διπλάσιο g . Άρα αφού το ένα αναπληρώνει το άλλο (μισή πυκνότητα αλλά διπλάσιο g) θα έχει στο ίδιο βάθος την ίδια πίεση.
- 2) Το E με το Z καθώς το λάδι είναι περισσότερο. Το λάδι έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό άρα χρειάζεται μεγαλύτερο βάθος (κρατάω σταθερό το g εδώ).

Από τις υπόλοιπες ομάδες, σε αυτή τη συζήτηση συμμετείχαν ένας με δύο το πολύ μαθητές από κάθε ομάδα, πιθανόν και λόγω της αυξημένης δυσκολίας.

Στην έκτη συζήτηση, που έγινε από $15/3$ έως $18/3$, μέσω της κατασκευής φραγμάτων, ζητήθηκε από τους μαθητές να συνδυάσουν και τους τρεις παράγοντες που επηρεάζουν την υδροστατική πίεση. Από την τρίτη ομάδα, οι δύο μαθητές που συμμετείχαν συνέχισαν να μην επικοινωνούν μεταξύ τους, αλλά μόνο με την εκπαιδευτικό. Ακόμα και αυτή η αλληλεπίδραση όμως ήταν ευεργετική, γιατί καταφέρνουν να ξεκαθαρίσουν τις έννοιες:

Στιγμιότυπο 76

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M13 - Παρασκευή, 16 Μάρτιος 2018, 5:31 μμ

1) Χτίζονται παχύτερα στο βάθος από ότι στην κορυφή γιατί στο βάθος βρίσκεται νερό και πρέπει να είναι παχύ για να εμποδίζει το νερό να φύγει. (Κορφή εννοώ να έχει λίγο κενό από το νερό)

Όχι δεν έχει καθόλου σημασία αν το φράγμα είναι σε λίμνη ή σε θάλασσα.

Μάλλον όχι σχετικά πάντα με αυτό που έχω καταλάβει από την ερώτηση. Έχω καταλάβει ότι γιατί είναι παχύτερα τα φράγματα στο βάθος. Και οι άλλες δύο στηρίζονται στην πρώτη. (έχω καταλάβει σωστά 😊?)

2) Σύμφωνα με αυτό που εννοώ κορφή όχι δεν θα μπορούσε να είναι λεπτότερο.

Το Α,Β,Γ,Δ έχουν το ίδιο βάθος μεταξύ τους. Το Ε,ΣΤ έχουν και αυτά το ίδιο βάθος μεταξύ τους, όχι με τα υπόλοιπα

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Σάββατο, 17 Μάρτιος 2018, 8:53 μμ

1) Μ13 σκέψου την πίεση που ασκεί το νερό στο φράγμα. Πού θα είναι μεγαλύτερη; Βαθιά ή επάνω;

2) Πολύ σωστά παρατηρήσεις ότι τα σημεία Α, Β, Γ και Δ είναι στο ίδιο βάθος, συνεπώς αφού έχουν και την ίδια πυκνότητα και την ίδια επιτάχυνση της βαρύτητας, θα έχουν και την ίδια υδροστατική πίεση! Το ίδιο ισχύει και για τα Ε και ΣΤ. Το ότι έχει λοιπόν λιγότερο όγκο νερού η λίμνη στο δεύτερο φράγμα σημαίνει ότι θα πρέπει να έχει και λεπτότερα τοιχώματα;

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ12 - Κυριακή, 18 Μάρτιος 2018, 1:19 μμ

1. Τα φράγματα χτίζονται με παχύτερα τοιχώματα στο βάθος από ότι στην κορυφή τους γιατί όσο αυξάνεται το βάθος τόσο αυξάνεται η υδροστατική πίεση και έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος το φράγμα να σπάσει.

Το φράγμα δεν έχει σημασία άμα βρίσκεται σε λίμνη ή θάλασσα γιατί όπως είδαμε στο προηγούμενο μάθημα ότι η υδροστατική πίεση δεν αλλάζει ανάλογα με την ποσότητα του νερού.

Το φράγμα έχει σημασία άμα βρίσκεται στους πόλους ή στον ισημερινό γιατί η βαρύτητα σε αυτά τα σημεία είναι διαφορετική επομένως αλλάζει και η υδροστατική πίεση διότι είναι ανάλογη με την βαρύτητα όπως διαπιστώσαμε στα προηγούμενα μαθήματα.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 18 Μάρτιος 2018, 8:38 μμ

Μ12 σωστά απάντησες ως προς το πόσο νερό έχουν μέσα. Εγώ όμως για τη θάλασσα και τη λίμνη εννοούσα την πυκνότητα που στο θαλασσινό νερό είναι λίγο μεγαλύτερη.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ12 - Κυριακή, 18 Μάρτιος 2018, 1:31 μμ

1. Το δεύτερο φράγμα χρειάζεται να είναι τόσο παχύ όσο το πρώτο γιατί παρότι βλέπουμε ότι το δεύτερο φράγμα έχει λιγότερο νερό από ότι το πρώτο είδαμε στο προηγούμενο μάθημα ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από την ποσότητα του νερού αλλά από την πυκνότητα του υγρού, από το βάθος και από την βαρύτητα.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από Μ12 - Κυριακή, 18 Μάρτιος 2018, 1:38 μμ

Στα σημεία Α,Β,Γ,Δ η πίεση είναι ίδια γιατί βρίσκονται στο ίδιο βάθος, έχουν την ίδια πυκνότητα και βρίσκονται στον ίδιο πλανήτη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα σημεία Ε,ΣΤ.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 18 Μάρτιος 2018, 8:39 μμ

Μπράβο!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M13 - Τρίτη, 20 Μάρτιος 2018, 6:02 μμ

Για την 1 άσκηση την ερώτηση 1 έχω μια δεύτερη γνώμη. Μπορεί να είναι τα τοιχώματα πιο βαθιά στο κάτω μέρος γιατί όσο πιο βαθιά πάμε στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του. Άρα αν ήταν πιο λεπτό θα έσπαγε.

Και όχι αν έχει μικρότερο όγκο τα τοιχώματα πρέπει να είναι το ίδιο γιατί είναι το ίδιο βαθιά

Από τις άλλες ομάδες, όπως και σε αυτή, η συμμετοχή συνέχισε να είναι μικρή.

Στην έβδομη συζήτηση, από 19/3 έως 21/3, οι μαθητές έπρεπε να βρουν πληροφορίες για το πείραμα με τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου και να το ερμηνεύσουν μέσω της μεγάλης τιμής της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στιγμιότυπο 77

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M16 - Τετάρτη, 21 Μάρτιος 2018, 4:01 μμ

Κατά την γνώμη μου, και σύμφωνα με όσα μπόρε να ανακαλήψω, το πήραμα του Μαγδεμβούργου έγινε με τον εξής τρόπο: Αρχικά τοποθέτισε δύο κοιλα ημισφαίρια από χαλκό μαζί, με τέλειο τρόπο ώστε να σχηματίζεται μία σφαίρα διαμέτρου 0,5m. Ανάμεσα στα δύο ημισφαίρια τοποθέτισε ένα δακτύλιο από δέρμα το οποίο ήταν ποτηρημένο με λάδι και κερί ώστε να ενώσει αεροστεγός το δύο ημισφαίρια. Στην συνέχεια με μία αντλία κενού (όπου αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε ότι την αντλία κενού την έχει ο ίδιος ανακαλήψει) θέλεισε να αφερέσει τον αέρα οπου υπήρχε μέσα στην σφαίρα. Έτσι είχε ως αποτέλεσμα να αφερέσει σχεδόν όλο τον αέρα από το εσωτερικό της σφαίρας. Ακολούθος όρισε δύο οκτάδες αλόγων (την μία οκτάδα να κοιτάει προς μία κατεύθυνση και την άλλη να κοιτάει προς την αντίθετη). Σε αυτές τις ομάδες από άλογα (με μία κατασκευή με σκοινιά και αλησήδες) έδεσε την σφαίρα που είχε δημιουργήσει και ανάγκασε τα άλογα να την τραβήξουν με όλη τους την δύναμη. Αυτό που παρατήρησε ήταν πως όταν αφερέσει τον αέρα από το εσωτερικό της σφαίρας τα άλογα δεν μπορούσας να διαχωρίσουν τα δύο ημισφαίρια, ενώ γνώριζε πως άμα δεν είχε αφερέσει τον αέρα τότε τα άλογα θα μπορούσαν να διαχωρίσουν τα ημισφαίρια (ο Μαγδεμβούργος έκανε το πήρα με άλογα και όχι με ανθρώπους καθώς τα άλογα έχουν πολύ μεγάλη δύναμη σε σχέση με τον άνθρωπο)

Αυτό τελικά το οποίο μπόρεσε να αποδείξει με αυτό το πήραμα ήταν το εξής: Το γεγονός, ότι δηλαδή τα ημισφαίρια δεν μπορούσαν να διαχωρίσου, οφείλονταν στην τεράστια πίεση την οποία ασκούσε η ατμόσφαιρα στο εξωτερικό της σφαίρας καθώς στο εσωτερικό της σφαίρας η πίεση ήταν πολύ μικρή καθώς ο αέρας είχε αφαιρεθεί. Έτσι λοιπόν ήθελε να κάνει μία επείδηξη των δυνάμεων την οποία η πίεση του αέρα μπορεί να ασκήσει. Με αυτόν τον τρόπο απέδειξε ότι οι ουσίες δεν τραβιούνται από το κενό, αλλά αντίθετα σπρώχνονται από την ατμοσφαιρική πίεση.

Συμπερασματικά τα δύο ημισφαίρια δεν μπορούσαν να αφαιριθούν καθώς όταν η πίεση στο εσωτερικό τους είναι πολύ μικρή, υπερισχύει η ατμοσφαιρική πίεση, και απετήτε (σχεδόν) τεράστια δύναμη για να αφερεθούν

Αυτά από εμένα,

τι λέτε παιδιά; Συμφωνήτε με όσα γράφω;

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 21 Μάρτιος 2018, 8:21 μμ

Ωραία το ανέπτυξες M16! Το πόσο μεγάλη είναι η ατμοσφαιρική πίεση και τι δυνάμεις ασκεί, θα το διερευνήσετε αύριο... 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M18 - Τετάρτη, 21 Μάρτιος 2018, 7:21 μμ

Ο διάσημος φυσικός Όττο φον Γκέρικε, δήμαρχος του Μαγδεμβούργου, διεξήγαγε το πείραμα αυτό το 1657, επιδεικνύοντας με θεαματικό τρόπο τη δύναμη της ατμοσφαιρικής πίεσης. Στο πείραμα αυτό, χρησιμοποίησε δύο ημισφαίρια χαλκού με διάμετρο 40 περίπου εκατοστών, ένα από τα ημισφαίρια είχε μια βαλβίδα, η οποία είχε σκοπό να επιτρέπει στον αέρα να αντλείται μέσα από τη σφαίρα ενώ ταυτόχρονα να τον εμποδίζει να εισρεύσει μέσα σ' αυτή. Τα ημισφαίρια ήταν ενωμένα με ένα δακτύλιο ώστε να σχηματίζουν μια σφαίρα. Στη συνέχεια αντλήθηκε ο αέρας από μέσα τους. Λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης τα ημισφαίρια κόλλησαν με τέτοια δύναμη ώστε δεν μπορούσαν να διαχωρισθούν ούτε όταν τα τράβηξαν 16 άλογα. Όταν τελικά μετά από πολλές προσπάθειες διαχωρίστηκαν, παράχθηκε ένας φοβερός κρότος παρόμοιος με κανονιά. Όταν ανοίχτηκε η βαλβίδα και ο αέρας εισέρευσε στη σφαίρα, τα ημισφαίρια διαχωρίζονταν με τη δύναμη των ανθρώπινων χεριών.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Τετάρτη, 21 Μάρτιος 2018, 8:17 μμ

Ωραία το περιέγραψες M18! Δεν είναι να παίζεις και πολύ με την ατμοσφαιρική πίεση... 😊

Στην όγδοη και τελευταία συζήτηση, από 22/3 έως 25/3, έπρεπε να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους για την ατμοσφαιρική πίεση στην λειτουργία της βεντούζας και να επισημάνουν ότι δεν παίζει ρόλο το αν θα είναι φαρδύ ή στενό ένα μπουκάλι στο αν η ατμοσφαιρική πίεση θα συγκρατήσει το νερό που έχει μέσα.

Στη συζήτηση αυτή αναφέρονται οι ομάδες που αναφέρθηκαν και στην πρώτη συζήτηση για να υπάρξει σύγκριση. Στην πρώτη ομάδα, ανάρτηση έγινε από δύο μαθητές. Από αυτούς, ο μαθητής που απάντησε πιο νωρίς είχε κάνει άλλες τρεις προβολές, μία πριν την απάντηση και δύο μετά. Ο άλλος μαθητής, ενώ είχε μία προβολή αρκετά νωρίς, απάντησε τελευταία στιγμή, την τελευταία ημέρα της προθεσμίας στις 10:52μ.μ.:

Στιγμιότυπο 78

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M5 - Κυριακή, 25 Μάρτιος 2018, 1:40 μμ

1) Η βεντούζα κολλάει στον τοίχο γιατί το εσωτερικό της βεντούζας δεν έχει αέρα αλλά εξωτερικά υπάρχει αέρας. Επομένως η εξωτερική πίεση είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική και η βεντούζα μένει κολλημένη στον τοίχο

2) Η υδροστατική πίεση θα είναι ίδια και για τα δυο μπουκάλια. Γιατί έχουν το ίδιο υγρό στο ίδιο ύψος Άρα δεν αλλάζει κάτι.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 25 Μάρτιος 2018, 9:58 μμ

Μπράβο M5!!!

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M1 - Τετάρτη, 28 Μάρτιος 2018, 10:52 μμ

1) Στη βεντούζα γίνεται το ίδιο πράγμα με τα ημισφαίρια του μαγδεβουργου. Η βεντούζα όταν κολλάει δεν έχει αέρα μέσα της ενώ έξω έχει ατμοσφαιρική πίεση γι αυτό δεν ξεκολλάει.

2) Πιστεύω ότι δεν θα άλλαζε κάτι γιατί η υδροστατική πίεση δεν έχει καμία σχέση με το δοχείο. Δεν θα χυθεί το νερό σε κανένα από τα 2.

Στα τελευταία μαθήματα οι απαντήσεις που έδινε η πρώτη ομάδα, όπως και οι υπόλοιπες ομάδες, στο ομαδικό φύλλο εργασίας ήταν πολύ πιο εστιασμένες στη φυσική ερμηνεία από ότι στα αρχικά μαθήματα, όπως φαίνεται από τη σύγκριση του πρώτου με το όγδοο μάθημα:

- 1) Μπορείτε να συνδυάσετε τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου με τη λειτουργία της βεντούζας; Δώστε την ερμηνεία σας.

Στην βεντούζα γίνεται περίπου το ίδιο πράγμα με τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου. Όταν η βεντούζα είναι στον τοίχο τότε δεν υπάρχει ατμοσφαιρική πίεση (αέρας) μέσα σε αυτή, ενώ υπάρχει απ' έξω γι' αυτό δεν ξεκολλάει.

- 2) Θυμηθείτε την υδροστατική πίεση και την ατμοσφαιρική πίεση. Αν αντί για το στενό μπουκάλι, χρησιμοποιούσαμε ένα ίδιου ύψους και με το ίδιο στόμιο αλλά πιο φαρδύ θα άλλαζε κάτι; Δώστε την ερμηνεία σας.

Δεν θα άλλαζε κάτι γιατί η υδροστατική πίεση δεν έχει σχέση με το δοχείο. Αφού είναι το ίδιο ύψος αν δεν περνάει αέρας μέσα τότε δεν θα χυθεί το νερό και στα δύο.

Στην τελευταία συζήτηση, από την πέμπτη ομάδα, συμμετείχαν τρεις μαθητές:

Στιγμιότυπο 79

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M23 - Πέμπτη, 22 Μάρτιος 2018, 8:22 μμ

1 Η βεντουζα μπορι και αντεχι διοτι δεν πρευτι γειτι δεν μπενι αερας ενο αν μπι θα παισι οπως όταν στο χιμιο ναναποδοχιρισαμε το μπουκαλι με το χαρτι.

2 Δεν θα χιθι το νερο επιδι δεν μπενι αερας.

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Πέμπτη, 22 Μάρτιος 2018, 11:22 μμ

Μπράβο M23!!! Όταν δεν μπαίνει αέρας, η ατμοσφαιρική πίεση είναι πιο μικρή μέσα από ότι έξω και έτσι κρατάει τη βεντούζα. Αν έμπαινε αέρας θα είχε την ίδια πίεση μέσα και έξω, οπότε λόγω της βαρύτητας, θα έπεφτε. 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M23 - Τρίτη, 27 Μάρτιος 2018, 6:43 μμ

οκ

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M22 - Σάββατο, 24 Μάρτιος 2018, 2:41 μμ

Εγώ πιστευω οτι και στο μπουκαλι και στην βεντουζα κολλαει γιατι δεν υπαρχει αερας οπως το πειραμα που καναμε στο σχολειο

Και απαντησα και στο προηγουμενο ΣΥΓΓΝΩΜΗ που αρχεισα να μπω 😊

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 25 Μάρτιος 2018, 10:11 μμ

Μπράβο M22! Στη βεντούζα το σημαντικό είναι ότι έχει μικρότερη πίεση από μέσα (βγάζουμε αέρα όταν την πιέζουμε στο πλακάκι) από ότι έξω και για αυτό "κολλάει" στο πλακάκι. Στον τοίχο δεν θα μπορούσαμε να την "κολλήσουμε" γιατί δεν είναι λείος και θα έμπαινε μέσα αέρας.

Στην δεύτερη εικόνα, έχει σημασία το πόσο νερό έχει μέσα;

Θα σου απαντήσω και στο προηγούμενο, γιατί μου άρεσε η φατσούλα...

Απάντηση: Εμβάθυνση

από M24 - Κυριακή, 25 Μάρτιος 2018, 10:31 μμ

Η βεντουζα κολαει στον τοιχο γιατι οταν την πιεζουμε ο αερας απο μεσα φευγει και δημιουργητε κενο αερος ετσι η εξωτερικη πιεση ειναι μεγαλητερη απο την εσωτερικη

Πιστευω οτι δεν θα αλλαζε κατι γιατι στην υδροστατικη πιεση ειδαμε οτι δεν εχει σχεση η ποσοτητα η το σχημα ετσι δεν θα αλλαζε κατι και θα ειχαμε το ειδιο αποτελεσμα.

Η ΠΡΩΤΗ ΦΟΡΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΓΡΑΦΩ ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΤΕΥΑΤΟ 😊: -)

Απάντηση: Εμβάθυνση

από ΣΟΦΙΑ ΜΕΛΙΣΣΑΡΗ - Κυριακή, 25 Μάρτιος 2018, 10:43 μμ

Δεν χρειαζόταν, απάντησες εστιασμένα. Έχεις πολύ μεγάλη βελτίωση από την πρώτη φορά. Μπράβο!!!

Παιδιά... νομίζω ότι έχω εθιστεί... Πώς θα μιλάμε τώρα που τελείωσε η Διερευνητική;;; 😊

6.1.6.1 Ευρήματα από τη Φάση της Εμβάθυνσης

Στόχος της φάσης αυτής ήταν να παρατηρήσουν οι μαθητές τη φύση, με μια πιο ώριμη και αναστοχαστική ματιά, απόρροια των μαθημάτων, εφαρμόζοντας και επεκτείνοντας τις γνώσεις που αποκτήθηκαν στο μάθημα, μέσα στην τάξη, σε άλλες καταστάσεις που δεν είχαν αναφερθεί. Επίσης μέσω αυτής της φάσης, οι μαθητές έπρεπε συζητώντας, να συνεννοούνται για την καταγραφή των ερωτήσεων, που υπήρχαν στο ομαδικό φύλλο εργασίας. Η φάση ήταν παρακολουθούμενη από την εκπαιδευτικό, αλλά μη ελεγχόμενη στη συμμετοχή, γιατί δεν έγινε στο σχολείο, έγινε διαδικτυακά μέσω Ασύγχρονης Συζήτησης.

Η συμμετοχή των μαθητών δεν ήταν καθολική, συμμετείχαν ενεργά περίπου οι μισοί μαθητές και παρατηρήθηκε ότι, ενώ αρκετοί μαθητές έμπαιναν στην πλατφόρμα, δηλαδή έκαναν προβολές της εκάστοτε συζήτησης, δεν έκαναν αναρτήσεις, δηλαδή δεν έγραφαν τις απόψεις τους.

Η μεγαλύτερη συμμετοχή για την πρώτη ομάδα έγινε στο πρώτο μάθημα, που αφορούσε στην σχέση πίεσης – επιφάνειας, με δεκαέξι προβολές και τέσσερις από τους πέντε μαθητές της ομάδας. Οι μαθητές δεν επικοινωνούσαν ουσιαστικά μεταξύ τους, αλλά απαντούσαν στις ερωτήσεις, σαν να απαντούν στην εκπαιδευτικό (Στιγμ. 68).

Οι απαντήσεις που έγραψαν στο ομαδικό φύλλο εργασίας ήταν ανάλογες με τις απαντήσεις που έδιναν και μέσα στην τάξη στο πρώτο μάθημα, δηλαδή συγκεχυμένες (φύλλο εργασίας από Στιγμ. 68), παρότι σε αυτή τη φάση ανέφεραν τα φυσικά μεγέθη, κάτι που δεν έκαναν στο σχολείο (φύλλα εργασίας από Στιγμ. 15). Αντίθετα, στο τελευταίο μάθημα, ο τρόπος σκέψης και γραφής τους, έχει αλλάξει ριζικά, ως προς τα φυσικά μεγέθη και την φυσική ερμηνεία (φύλλο εργασίας από Στιγμ. 78). Παρόμοια βελτίωση, παρατηρήθηκε σε όλους τους μαθητές που συμμετείχαν σε αυτή τη φάση.

Η ομάδα με τις περισσότερες συμμετοχές και αυτή που ήταν περισσότερο στο πνεύμα της Εμβάθυνσης ήταν η πέμπτη, η οποία χρησιμοποιούσε και τα περισσότερα emoticons (Στιγμ. 69). Ένας μαθητής από αυτή την ομάδα, που είχε διαγνωστεί με δυσλεξία, ήταν ο πιο ένθερμος υποστηρικτής της φάσης της Εμβάθυνσης, παρακινώντας τους συμμαθητές του σε συμμετοχή (Στιγμ. 71).

Στον αντίποδα, από την τρίτη ομάδα, που είχε προβλήματα συνοχής και συνεργασίας στην τάξη, συμμετείχε κυρίως μία μαθήτρια και λιγότερο, ένας μαθητής (Στιγμ. 72), ενώ ουσιαστικά και οι δύο αλληλεπιδρούσαν μόνο με την εκπαιδευτικό. Ακόμα και αυτή η αλληλεπίδραση όμως ήταν ευεργετική, γιατί οι μαθητές που συμμετείχαν, κατάφεραν να ξεκαθαρίζουν τις έννοιες (Στιγμ. 76).

Από την τέταρτη ομάδα, οι δύο μαθητές που δεν έλεγαν την άποψή τους στο σχολείο, δεν συμμετείχαν και στην Ασύγχρονη Συζήτηση. Οι υπόλοιποι μαθητές απαντούσαν αλλά δεν φαινόταν να συνεργάζονται, απλά ο κάθε ένας έγραφε τις απαντήσεις του (Στιγμ. 73). Όσο προχωρούσαν τα μαθήματα ωστόσο, αυξανόταν και η ικανότητά τους για επιστημονική σκέψη (Στιγμ. 75, 77) και γραφή (φύλλο εργασίας από Στιγμ. 75).

Τέλος, από την δεύτερη ομάδα, συμμετείχε μόνο μία μαθήτρια σε όλες τις συζητήσεις και ένας μαθητής σε αρκετές. Ένας άλλος μαθητής της ομάδας, ζήτησε βοήθεια για να μπει στο internet του σχολείου, γιατί δεν είχε υπολογιστή στο σπίτι. Τελικά, με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού, μπήκε στη Συζήτηση από το κινητό του τηλέφωνο, στο σχολείο μετά τη λήξη των μαθημάτων (Στιγμ. 70), αλλά στην πορεία των μαθημάτων ασχολήθηκε ελάχιστα. Ένας μαθητής αυτής της ομάδας συμμετείχε μόνο σε μία συζήτηση, πιθανόν γιατί είχε αναλάβει το ομαδικό φύλλο εργασίας και έπρεπε να το συμπληρώσει (Στιγμ. 74).

Όπως φαίνεται από όλα τα στιγμιότυπα αυτής της φάσης, η εκπαιδευτικός απαντούσε σε κάθε εμπρόθεσμη ανάρτηση, υποστηρικτικά και επιβραβεύοντας τις συμμετοχές. Ταυτόχρονα της δόθηκε η δυνατότητα να αποσαφηνίζει σημεία των μαθημάτων στα οποία οι μαθητές συναντούσαν δυσκολίες (Στιγμ. 71, 72, 75) ή σε μαθητές που απουσίαζαν (Στιγμ. 70).

Σε μία συνολική εκτίμηση, οι μαθητές που συμμετείχαν, ήταν αυτοί που τους ενδιέφερε η Φυσική και όσοι επιζητούσαν την ηλεκτρονική κοινωνική συναναστροφή. Η ηλεκτρονική δυνατότητα επικοινωνίας που τους δόθηκε, πάντως, όπως φαίνεται στην αποτίμηση της μεθόδου από τους μαθητές που ακολουθεί, εκτιμήθηκε θετικά από όλους τους μαθητές.

6.2 Ανάλυση της Αποτίμησης της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές

Στο τέλος όλης της διαδικασίας ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν μία φόρμα αποτίμησης. Αρχικά τους ζητήθηκε να περιγράψουν τη Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης.

Οι περιγραφές τους ήταν ποικίλες, με κοινούς άξονες το ότι ήταν κάτι καινούριο, ότι δούλευαν σε ομάδες με συνεργασία, ότι χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία και ότι το μάθημα ήταν ευχάριστο.

Ενδεικτικά, ο M1 της πρώτης ομάδας εστιάζει στη συνεργασία:

«Η Διερευνητική Μέθοδος Μάθησης είναι μια μέθοδος μάθησης στην οποία οι μαθητές μπορούσαν με τη βοήθεια ενός φυλλαδίου με ασκήσεις να καταλάβουν πολλά πράγματα τα οποία δεν τα ήξεραν. Επίσης, τα παιδιά είναι χωρισμένα σε ομάδες και έτσι συνεργάζονται για να καταλάβουν»

ενώ ο M6 της δεύτερης ομάδας είναι πιο εντυπωσιασμένος:

«Η Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης είναι σαν μια μέθοδο μάθησης από το μέλλον. Χωριστήκαμε σε ομάδες και μέσω κάποιων φύλλων εργασίας όπου γράφουμε την αποψη μας για το θέμα της φυσικής καταλήγουμε σε μια τελική άποψη. Μετά επικοινωνούμε για να δει και η κυρία την γνώμη μας και να μας διορθώσει. Τέλος πηγαίνουμε σε ένα σαϊτ όπου απαντάμε σε κάποιες ερωτήσεις εμβάθυνσης και ο “αρχηγός” της ομάδας γράφει την αποψη μας»

Η M13 της τρίτης ομάδας γράφει ότι οι μαθητές μαθαίνουν μόνοι τους:

«Στο φίλο θα έλεγα ότι δεν έχει καμία σχέση με το μάθημα που ήξερες. Μας έχει χωρίσει η κυρία σε ομάδες και με τη βοήθεια των υπολογιστών μας μοιράζει φυλλάδια και σε αυτά αφού επικοινωνήσουμε γράφουμε την τελική απάντηση σε ένα φυλλάδιο. “Μαθαίνουμε” μόνοι μας»

Η M17 από την τέταρτη ομάδα εστιάζει στην απόκτηση γνώσης γράφοντας:

«Αυτή η μέθοδος ήταν πολύ αλλιώτικη από το κανονικό καθημερινό μάθημα. Χωριζόμασταν σε ομάδες και μας δινόταν μία κόλλα χαρτί όπου έπρεπε να καταγράψουμε συμπεράσματα και μας δινόταν και κάποια πειράματα τα οποία εκτελούσαμε εκείνη τη στιγμή, καταλαβαίναμε πολλά και καταφέραμε να βρούμε από τι επηρεάζεται κάποιο φυσικό μέγεθος ακόμη και τον τύπο του»

ενώ η M22 της πέμπτης ομάδας σχολιάζει το ποιος δημιουργεί τη γνώση:

«Αυτό που θα του έλεγα ήταν ότι ξεφύγαμε από το παραδοσιακό και το κάναμε πιο εντυπωσιακό και ενδιαφέρον. Αυτό που κάναμε είναι να βρίσκουμε εμείς μόνοι μας “τις λύσεις” και να συζητάμε όλοι μαζί και λέγαμε την αποψη μας και με την βοήθεια της καθηγήτριας βρίσκαμε το σωστό».

Το «κάναμε... μόνοι μας» δείχνει οικειοποίηση της μεθόδου από τους μαθητές, οι οποίοι ένιωθαν κάτοχοι της «υψηλής κυριότητας» του μαθήματος, σε αντιδιαστολή με τα προηγούμενα, παραδοσιακά μαθήματα, τα οποία ο M23 της πέμπτης ομάδας περιγράφει γλαφυρά:

«Είναι ένας τρόπος μόνο σου και με την ομάδα σου να κάνεις πειράματα και να ερευνήσεις με την ομάδα σου και όχι μια καρτέλα να καθέσει και να ακούς την κίρια να μιλάει και να μην καταλαβεις τίποτα»

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να κατατάξουν τις φάσεις της Διερευνητικής Μεθόδου Διδασκαλίας σε σχέση με το ποια φάση τους δυσκόλεψε και ποια τους άρεσε περισσότερο, δικαιολογώντας την πρώτη τους επιλογή.

Βαθμολογούσαν την κάθε φάση δίνοντας από ένα έως έξι βαθμούς με το έξι να αντιστοιχεί στη φάση που τους άρεσε περισσότερο ή τους δυσκόλεψε περισσότερο. Ως προς τον βαθμό δυσκολίας, η Διατύπωση του προβλήματος όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.2.1 υπερτερεί της φάσης των Συμπερασμάτων. Οι οκτώ μαθητές που την επέλεξαν ως την πιο δύσκολη φάση, εστίασαν στη δυσκολία αναγνώρισης του προβλήματος και την ανάγκη εντατικής σκέψης. Χαρακτηριστικά η M22 της πέμπτης ομάδας γράφει:

«Διάλεξα αυτό γιατί ήταν πιο δύσκολο να αναγνωρίσουμε τι είναι αυτό που έχουμε για να το λύσουμε»

και η M17 της τέταρτης ομάδας γράφει πιο αναλυτικά:

«Με δυσκόλεψε περισσότερο η αντίληψη του προβλήματος διότι μέχρι να αντιληφθώ τι εννοούσε και να το φανταστώ στο μυαλό μου αυτό που μας δινόταν και να εκφράσω τη γνώμη μου έπαιρνε αρκετή ώρα»

Οι έξι μαθητές που επέλεξαν τη φάση των Συμπερασμάτων ως την πιο δύσκολη, δικαιολόγησαν την επιλογή τους μέσω της δυσκολίας αποτύπωσης των αποτελεσμάτων στη γλώσσα της Φυσικής, όπως γράφει η M9 της δεύτερης ομάδας:

«Κατά τη γνώμη μου το πιο δύσκολο μέρος ήταν τα συμπεράσματα, γιατί έπρεπε να εξηγήσουμε με ορισμούς τι συναίβενε, πράγμα που είναι αρκετά δύσκολο»

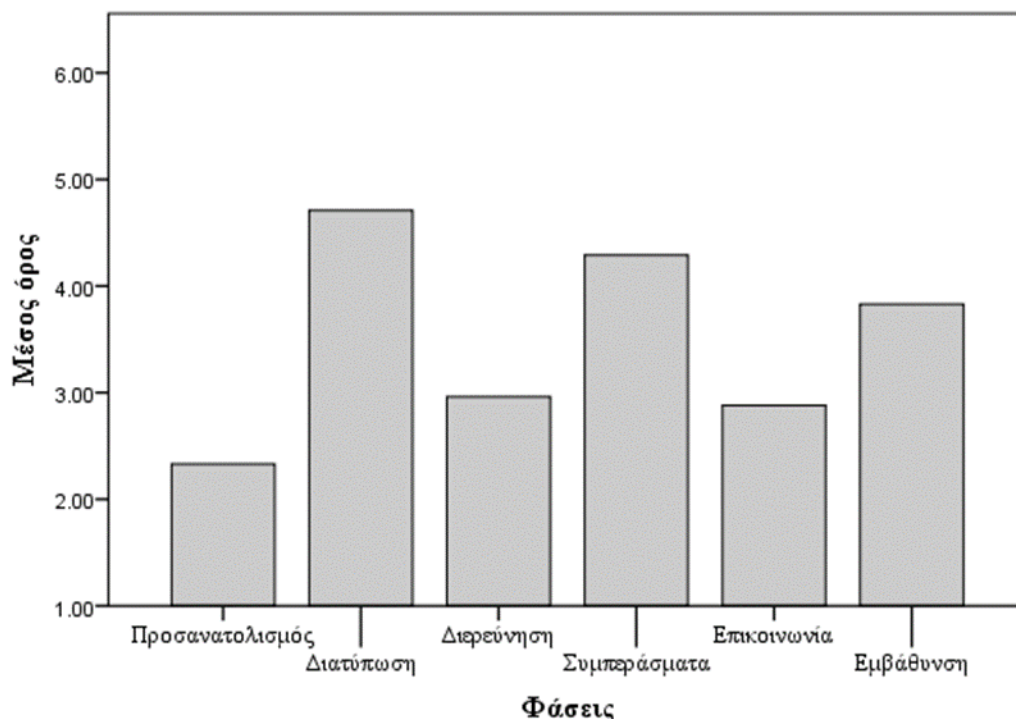
και το ίδιο υπονοεί ο M2 της πρώτης ομάδας γράφοντας:

«Γιατί ενώ μπορούσα να το εξηγήσω προφορικά, δεν μπορούσα να το αποτυπώσω στο φύλλο εργασίας»

Οι τέσσερις μαθητές επέλεξαν την Εμβάθυνση ως την πιο δύσκολη, επισημαίνουν την μη συμμετοχή όλων των μελών της ομάδας και τη δυσκολία των ερωτήσεων.

Οι απαντήσεις των μαθητών καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων SPSS (Superior Performance Software System) η οποία έδωσε το Διάγραμμα 6.1.

Οι φάσεις της Διερευνητικής ως προς τον βαθμό δυσκολίας



**Διάγραμμα 6.1 Η κατάταξη των φάσεων ως προς το βαθμό δυσκολίας
1 η πιο εύκολη – 6 η πιο δύσκολη**

Στην κατάταξη των φάσεων ως προς το ποια φάση τους άρεσε περισσότερο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.2, η Διερεύνηση – Πείραμα ξεχωρίζει, καθώς ήταν η πρώτη επιλογή δώδεκα μαθητών και δεύτερη επιλογή πέντε μαθητών. Στην δικαιολόγηση αναφερόταν η μαγεία της Φυσικής, όπως χαρακτηριστικά γράφει ο Μ6 της δεύτερης ομάδας:

«Διότι ήταν σαν να έβλεπα μαγεία!!! Είχα μείνει έκπληκτος με πάρα πολλά πειράματα και μου κέντρισαν το ενδιαφέρον!!!»

και η Μ13 της τρίτης ομάδας:

«Τα πειράματα ήταν τέλεια. Ένιωθα λες και έκανα μαγικά»

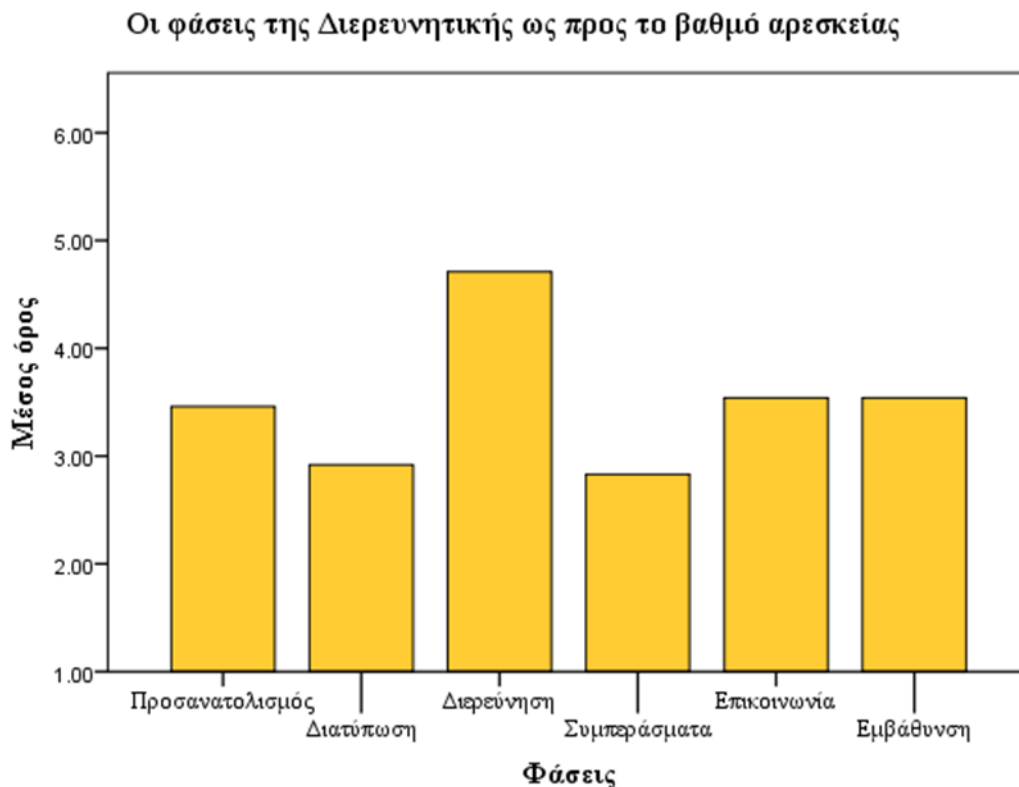
Επίσης αρκετοί θεώρησαν τα πειράματα έναν ευχάριστο τρόπο προσέγγισης του μαθήματος, όπως για παράδειγμα γράφει ο Μ1 της πρώτης ομάδας:

«Μου άρεσε γιατί με το πείραμα καταλαβαίνω με ευχάριστο τρόπο πολλά πράγματα για τα μεγέθη της Φυσικής»,

αλλά σημαντικό θεωρούν και το ότι ήταν οι ίδιοι δημιουργοί των πειραμάτων, όπως γράφει η Μ17 της τέταρτης ομάδας:

«Πιο πολύ μου άρεσε η “διερεύνηση-πείραμα” επειδή σ’ αυτό το μάθημα είχα τη δυνατότητα να κάνω μόνη μου και με την ομάδα μου εγώ το πείραμα ώστε να το διασκεδάσω και να καταλάβω ότι μου ζητούσε το φυλλάδιο»

Όσοι μαθητές επέλεξαν τη φάση του Προσανατολισμού, το δικαιολόγησαν ως πιο εύκολο ή ως το πιο ενδιαφέρον γιατί αποτελούσε πρόκληση για τη σκέψη τους, όσοι επέλεξαν τη φάση της Επικοινωνίας ανέφεραν ότι έτσι μπορούσαν να μοιραστούν τα αποτελέσματα και τις σκέψεις τους με τους συμμαθητές τους, επιβεβαιώνοντας ταυτόχρονα ότι τα αποτελέσματά τους ήταν σωστά, ενώ όσοι μαθητές επέλεξαν την Εμβάθυνση, στάθηκαν στην δυνατότητα επικοινωνίας με τους συμμαθητές και με την εκπαιδευτικό εκτός σχολείου και στη χρήση της τεχνολογίας στη μάθηση. Οι απαντήσεις καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα SPSS από το οποίο προέκυψε το διάγραμμα 6.2.



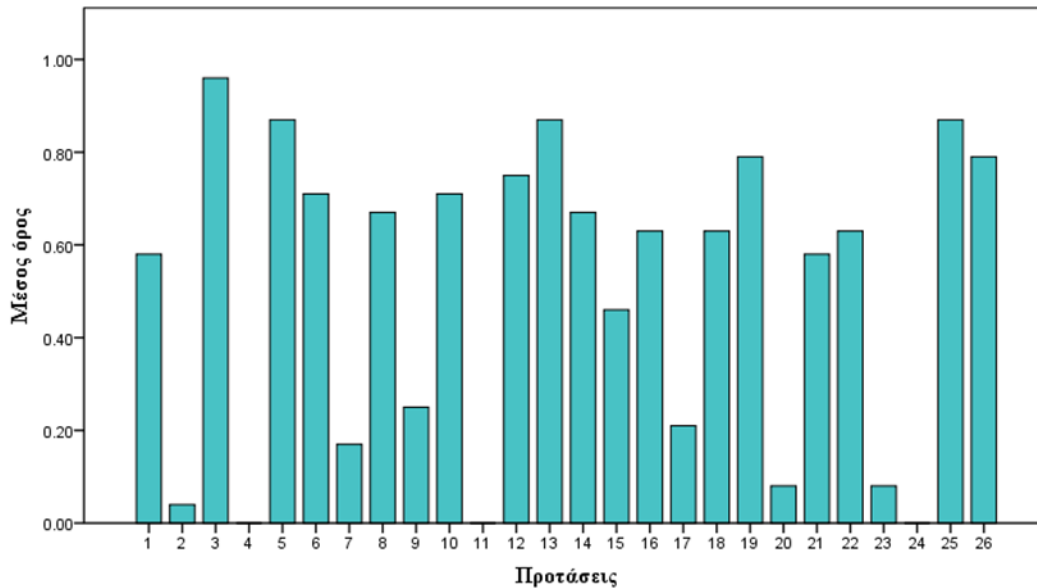
**Διάγραμμα 6.2 Η κατάταξη των φάσεων ως προς το βαθμό αρεσκείας
1 άρεσε λιγότερο – 6 άρεσε περισσότερο**

Με εξαίρεση τη φάση της Διερεύνησης που ξεκάθαρα άρεσε στους περισσότερους μαθητές, στις επιλογές τους παρατηρείται γενικά μεγάλη διασπορά, είτε πρόκειται για τις φάσεις που τους δυσκόλεψαν, είτε για τις φάσεις που τους άρεσαν.

Ενδιαφέρον είναι επίσης ότι υπήρξαν έξι περιπτώσεις μαθητών, στις οποίες η φάση που τους άρεσε περισσότερο, ήταν πολύ ψηλά στον βαθμό δυσκολίας που της έδιναν.

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να τσεκάρουν ανάμεσα σε εικοσιέξι προτάσεις, που αφορούσαν στη Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης, αυτές με τις οποίες συμφωνούσαν.

Οι απαντήσεις τους καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα SPSS, με μηδέν για τις προτάσεις στις οποίες διαφωνούσαν και με ένα για τις προτάσεις με τις οποίες συμφωνούσαν. Έγινε επεξεργασία των δεδομένων, η οποία έδωσε το Διάγραμμα 6.3 που ακολουθεί. Οι προτάσεις βρίσκονται στο φύλλο αποτίμησης από τους μαθητές στο Παράρτημα V αλλά, δίνονται και κάτω από το διάγραμμα.



**Διάγραμμα 6.3 Εκτιμήσεις των μαθητών πάνω σε είκοσι έξι προτάσεις που αφορούν στη διερευνητική μέθοδο μάθησης
1 συμφωνώ – 0 δεν συμφωνώ**

Οι προτάσεις ήταν οι εξής:

- 1 Η μέθοδος αυτή με βοήθησε να γίνω πιο υπεύθυνος/η
- 2 Με έκανε να νιώσω αμηχανία και φόβο
- 3 Αύξησε τη συμμετοχή μου στο μάθημα
- 4 Μου δημιούργησε πρόβλημα γιατί γινόταν φασαρία
- 5 Με βοήθησε να μαθαίνω ευχάριστα
- 6 Με βοήθησε να καταλάβω πώς σκέφτεται και πώς γράφει ένας επιστήμονας
- 7 Η διαδικασία ήταν πολύ απαιτητική και δύσκολη
- 8 Με βοήθησε να καταλάβω τα φυσικά μεγέθη και τις σχέσεις τους
- 9 Με έκανε να νιώσω άβολα όταν δεν ήξερα τη σωστή απάντηση
- 10 Με βοήθησε να αναπτύξω καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές μου
- 11 Ένοιωσα αποκλεισμό από την ομάδα
- 12 Με βοήθησε να αναπτύξω την κριτική μου ικανότητα και να εκφράζω με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή μου

- 13 Με βοήθησε να αντιλαμβάνομαι καλύτερα ένα πρόβλημα
- 14 Με βοήθησε να παίρνω πρωτοβουλίες και να νιώθω πιο δημιουργικός/η
- 15 Μου δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο
- 16 Με έκανε να νιώσω μεγαλύτερη σιγουριά για τις γνώσεις και τις ικανότητές μου
- 17 Μου δημιούργησε άγχος ως προς τη συμμετοχή μου στη διαδικασία
- 18 Με βοήθησε να καταλάβω γιατί δημιουργούνται οι ορισμοί και πώς δημιουργούνται οι νόμοι της Φυσικής
- 19 Τα φύλλα εργασίας με βοήθησαν, ήταν εύχρηστα και κατανοητά
- 20 Τα φύλλα εργασίας ήταν δυσνόητα και έπρεπε να γράψω πολλά
- 21 Με βοήθησε να δεχτώ το λάθος σαν κάτι το αποδεκτό που θα προσπαθήσω να αλλάξω
- 22 Οι ιδέες των συμμαθητών μου στην ομάδα με βοήθησαν στη μάθηση
- 23 Οι συμμαθητές μου στην ομάδα με καθυστερούσαν και με δυσκόλεψαν στη μάθηση
- 24 Ήταν βαρετή
- 25 Αύξησε το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική
- 26 Θα ήθελα να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος και σε άλλα μαθήματα

Σχεδόν όλοι οι μαθητές συμφώνησαν με την πρόταση ότι η Διερευνητική Μέθοδος Μάθησης «Αύξησε τη συμμετοχή μου στο μάθημα», με μέσο όρο 0,96 και μόνο δύο μαθητές να μην την έχουν τσεκάρει. Από αυτούς, ο ένας μαθητής από την τρίτη ομάδα, πράγματι δεν είχε συμμετοχή ούτε με αυτή τη μέθοδο, ο άλλος μαθητής, από την ίδια ομάδα, ίσως δεν κατάλαβε την πρόταση, καθώς ήταν ένας από τους δύο μαθητές που στήριζαν τη διαδικασία στην ομάδα.

Παρόμοια αποδοχή με μέσο όρο 0,88 είχαν οι προτάσεις «Με βοήθησε να μαθαίνω ευχάριστα», «Με βοήθησε να αντιλαμβάνομαι καλύτερα ένα πρόβλημα» και η «Αύξησε το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική» με μέσο όρο 0,84. Ακολουθούν οι προτάσεις «Με βοήθησε να αναπτύξω την κριτική μου ικανότητα και να εκφράζω με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή μου», «Με βοήθησε να αναπτύξω καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές μου» και «Τα φύλλα εργασίας με βοήθησαν, ήταν εύχρηστα και κατανοητά», με μέσο όρο 0,76.

Σχετικά καλή αποδοχή είχαν οι προτάσεις «Με βοήθησε να καταλάβω πώς σκέφτεται και πώς γράφει ένας επιστήμονας» και «Θα ήθελα να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος και σε άλλα μαθήματα» με μέσο όρο 0,68 καθώς και οι «Με βοήθησε να καταλάβω τα φυσικά μεγέθη και τις σχέσεις τους», «Με βοήθησε να παίρνω πρωτοβουλίες και να νιώθω πιο δημιουργικός/η» και «Οι ιδέες των συμμαθητών μου στην ομάδα με βοήθησαν στη μάθηση» με μέσο όρο 0,64, ενώ πολύ κοντά βρίσκονται οι προτάσεις «Η μέθοδος αυτή με βοήθησε να γίνω πιο υπεύθυνος/η», «Με έκανε να νιώσω μεγαλύτερη σιγουριά για τις γνώσεις και τις ικανότητές μου» και «Με βοήθησε να καταλάβω γιατί δημιουργούνται οι ορισμοί και πώς δημιουργούνται οι νόμοι της Φυσικής» με μέσο όρο 0,60.

Η αποδοχή του λάθους, δηλαδή η πρόταση «Με βοήθησε να δεχτώ το λάθος σαν κάτι το αποδεκτό που θα προσπαθήσω να αλλάξω», φαίνεται να συναντά αντίσταση καθώς έχει μέσο όρο 0,52 που σημαίνει ότι οι μισοί περίπου μαθητές την επέλεξαν.

Παρά το γεγονός ότι αντικειμενικά γινόταν μεγαλύτερη φασαρία στην τάξη, ούτε ένας μαθητής δεν επέλεξε την πρόταση «Μου δημιούργησε πρόβλημα γιατί γινόταν φασαρία». Επίσης κανένας μαθητής δεν επέλεξε την πρόταση «Ήταν βαρετή» και την πρόταση «Ένοιωσα αποκλεισμό από την ομάδα».

Μόνο μία μαθήτρια της πέμπτης ομάδας επέλεξε την πρόταση «Με έκανε να νιώσω αμηχανία και φόβο» η οποία επέλεξε και το ότι η διαδικασία ήταν απαιτητική, ότι ένιωθε αμηχανία όταν δεν ήξερε τη σωστή απάντηση και ότι της δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο και τη διαδικασία, αλλά ταυτοχρόνως επέλεξε και ότι θα ήθελε να εφαρμόζεται σε άλλα μαθήματα.

Δύο από τους μαθητές επέλεξαν την πρόταση «Οι συμμαθητές μου στην ομάδα με καθυστερούσαν και με δυσκόλεψαν στη μάθηση», ένας μαθητής της δεύτερης ομάδας και μια μαθήτρια της τρίτης ομάδας, η οποία συμπλήρωσε ότι:

«Πιστεύω ότι κάποια άτομα από την ομάδα δεν είχαν δικές τους γνώμες με αποτέλεσμα μόνο τα τρία άτομα απ' τα 5 να δουλεύουν και έτσι καθυστερούσαμε».

Όσον αφορά στο άγχος, η πρόταση «Μου δημιούργησε άγχος ως προς τη συμμετοχή μου στη διαδικασία» είχε μικρότερο μέσο όρο, 0,2, συμβαδίζοντας με την πρόταση «Με έκανε να νιώσω άβολα όταν δεν ήξερα τη σωστή απάντηση», ενώ περισσότεροι μαθητές επέλεξαν το «Η διαδικασία ήταν πολύ απαιτητική και δύσκολη» με 0,37.

Η πρόταση «Μου δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο» με μέσο όρο 0,44 είχε ειδικές επισημάνσεις από δύο μαθήτριες, μία μαθήτρια από την τρίτη ομάδα που συμπλήρωσε:

«Ο χρόνος ήταν λίγος»

και μία μαθήτρια της δεύτερης ομάδας που συμπλήρωσε:

«Πιστεύω πως η μέθοδος αυτή θα ήταν καλύτερη αν είχαμε λίγο περισσότερο χρόνο στη διάθεσή μας».

Υπήρχαν άλλες τρεις επισημάνσεις, μία από έναν μαθητή της τέταρτης ομάδας που συμπλήρωσε:

«Με έκανε να κατανοήσω (όταν η άποψή μου ήταν λανθασμένη) γιατί ήταν λάθος»,

μία από έναν μαθητή της δεύτερης ομάδας που έγραψε:

«Με βοήθησε να πιστεύω στον εαυτό μου»

και μία από έναν μαθητή της πέμπτης ομάδας που έγραψε:

«Με βοήθησε να δίζω ότι μπορώ να διηκώ μια ομάδα».

Άλλη μία ενδιαφέρουσα συμπλήρωση ήταν:

«Εγώ πιστεύω αυτή η μέθοδος με βοήθησε στον βαθμό μου στο τετραμήνο».

Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές η άποψή τους για τη δυνατότητα που τους δόθηκε να συνομιλούν ασύγχρονα ηλεκτρονικά. Εξαιρετικά ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι οι ελάχιστες αρνητικές κρίσεις που δόθηκαν ήταν από αυτούς που πράγματι συμμετείχαν, όπως μία μαθήτρια της τρίτης ομάδας που γράφει:

«Συγνώμη αλλά δεν υπήρχε νόημα. Η ομάδα ήταν νεκρή τουλάχιστον στη δική μου ομάδα και από ότι έχω ακούσει από άλλα παιδιά οι μισοί δεν έμπαιναν. Τότε για ποιο λόγο να φορτώνεται ο ένας το βάρος και να αγχώνεται και οι άλλοι από τότε που μας δώσατε τους κωδικούς ούτε που μπήκαν. Οπότε αν αυτά τα κάνανε στο σχολείο θα ήταν καλύτερα. Έστω και κάτι λίγο θα έλεγαν»

και ένας μαθητής της ίδιας ομάδας που έγραψε:

«Μου άρεσε αλλά θα προτιμούσα να κανονίζουμε έστω μία φορά την εβδομάδα να μπαίνουμε και να συζητάμε για τα θέματα της εμβάθυνσης».

Κάποιοι μαθητές που δεν είχαν καμία συμμετοχή, το θεώρησαν ωστόσο πολύ καλή ιδέα, όπως γράφει ο δεύτερος μαθητής του τμήματος, που πίστεψε ότι βελτίωσε το βαθμό του:

«Πολυ καλη εμπειρια για πρωτο μαθημα με υπολογιστες ηταν καλη ιδεα γιατι πιστευο αυξησε τον βαθμο μου»,

ενώ κάποιοι μαθητές έγραψαν ότι δεν είχαν χρόνο ή internet στο σπίτι, παρότι τους είχε δοθεί η δυνατότητα να γράφουν από το σχολείο με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού.

Από όσους μαθητές συμμετείχαν στην Ασύγχρονη Συζήτηση υπήρχαν αρκετές θετικές κρίσεις και κάποιες πιο ενθουσιώδεις. Οι περισσότεροι ανά ομάδα μαθητές που έγραψαν θετικά, ήταν από την πέμπτη ομάδα. Από αυτή την ομάδα ένας μαθητής έγραψε:

«Η δυνατότητα που μας δόθηκε να συνομιλούμε ηλεκτρονικά απ' το διαδύκτιο ήταν εξαιρετική και με έκανε να έχω ένα μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την φυσική. Επίσης μου άρεσε που χρησιμοποιούσαμε κάτι τόσο οικείο για την φυσική»,

μία μαθήτρια έγραψε:

«Ήταν πολύ ωραίο γιατί με βοήθησε να συζητάω με άνεση την άποψη μου με τους συμμαθητές μου»,

ένας μαθητής έγραψε:

«Ειταν παρα πολι καλο μπορουσα να πο τιν αποψη μου να ακουσο τα λαθι μου και τα καλα μου και να ακουο τις αποψις τον αλον»

και ένας άλλος μαθητής έγραψε:

«Η ηλεκτρονική συζίτηση μου άρεσε πάρα πολύ καθώς συζιτούσαμε όλα τα θέματα που μας απασχολούσαν ακόμα και στο σπίτι μας. του βάζω 10/10. Επίσεις μου άρεσε που πληκτρολογούσα σχεδόν κάθε μέρα. Και μου άρεσε που βάζαμε και φατσούλες»

Η μαθήτρια της ομάδας που δεν συμμετείχε, δείχνει παραίτηση, γράφοντας:

«Πιστεύω πως ήταν μια καλή ιδέα γιατί αυτό μας βοηθούσε πολύ στην μέθοδο που κάναμε. Εγώ δεν συμμετείχα όμως διότι δεν έχω ίντερνετ στο σπίτι μου και επίσης δεν νομίζω πως εμένα θα με βοηθούσε και πολύ!»

Υπήρχαν και αρκετοί μαθητές που έγραψαν για την θετική αλληλεπίδραση με τους συμμαθητές αλλά και με την εκπαιδευτικό, όπως ένας μαθητής της τέταρτης ομάδας που έγραψε:

«Αυτή η δυνατότητα που μας δόθηκε δηλαδή να συνομιλώ ασύγχρονα ηλεκτρονικά με βοήθησε πάρα πάρα πολύ γιατί με βοήθησε να καταλάβω τα λάθη, αυτά που δεν ήξερα πολύ, αλλά και να ευχαριστιέμαι όταν κάνω κάτι σωστό και να μου το λέει η κυρία»,

ένας άλλος μαθητής της ίδιας ομάδας που έγραψε:

«Μου δόθηκαν πολλές δυνατότητες. Μπόρεσα να διαβάσω όσο ήθελα και να ανακαλύψω ακόμα περισσότερα τα οποία τα συζητούσα με τους συμμαθητές μου. Μπορούσα να διαβάζω συνεχώς και να ψάχνω στο internet. Επιπλέον όταν οι συμμαθητές μου δεν μπορούσαν να μπουν την ίδια ώρα με εμένα δεν πείραζε γιατί ήταν ασύγχρονο»

και ένας μαθητής της πρώτης ομάδας που έγραψε:

«Πιστεύω ότι αυτή η δυνατότητα ήταν πολύ καλή γιατί μέσω της ηλεκτρονικής ασύγχρονης συζήτησης ο μαθητής μπορούσε να εκφράσει την άποψη του σε ένα θέμα. Επίσης, ο μαθητής μπορούσε να μάθει πολλά πράγματα από τους συμμαθητές του αλλά και από τις διορθώσεις της κυρίας»

Τέλος, μία μαθήτρια της δεύτερης ομάδας που πολλές φορές ήταν η μόνη που συμμετείχε, αξιολόγησε ωστόσο θετικά τη δυνατότητα, γράφοντας:

«Ήταν ένα από τα καλύτερα μέρη της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης γιατί είχαμε την δυνατότητα να επικοινωνήσουμε με τους συμμαθητές μας, να ανταλλάζουμε απόψεις και να αποκτήσουμε γνώση ευχάριστα»

6.2.1 Ευρήματα από την Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές

Συγκεντρωτικά, το πιο σημαντικό εύρημα είναι ότι οι μαθητές υιοθέτησαν την μέθοδο ως δικό τους δημιούργημα και ένιωθαν όχι μόνο κάτοχοι, αλλά και δημιουργοί της γνώσης. Όπως φαίνεται και στην τελευταία αξιολόγηση σε κάποια σημεία ωραιοποίησαν τις καταστάσεις, στην προσπάθειά τους να προστατεύσουν την μέθοδό τους. Η συνεργασία στις ομάδες επίσης, με ελάχιστες εξαιρέσεις, φάνηκε να λειτουργεί καταλυτικά στην ανάδειξη των ιδεών και της δημιουργικότητας των μαθητών.

Ως προς το βαθμό δυσκολίας, η διατύπωση του προβλήματος, που δεν τους είχε ζητηθεί ποτέ ξανά, όπως είχε φανεί και στην ανάλυση των video και των φύλλων εργασίας, αποτιμήθηκε και από τους μαθητές, ως η μεγαλύτερη πρόκληση. Αυτό που δεν

επισημάνθηκε από τους μαθητές, αν και φάνηκε στα video, ήταν η δυσκολία στη δημιουργία υποθέσεων και ερευνητικών ερωτημάτων, γεγονός που μπορεί να σημαίνει ότι στην πορεία των μαθημάτων η δυσκολία αυτή εξομαλύνθηκε. Η αποτύπωση των συμπερασμάτων στην επιστημονική γλώσσα, ήταν επίσης μία μεγάλη πρόκληση καθώς είναι δύσκολη ακόμη και για μαθητές πολύ μεγαλύτερων τάξεων. Τη Διερεύνηση και την Επικοινωνία δεν τις επέλεξε κανείς από τους μαθητές ως τις πιο δύσκολες, ενώ ο μικρότερος βαθμός δυσκολίας ήταν στον Προσανατολισμό, χωρίς ωστόσο να είναι μηδενικός.

Τα πειράματα στη φάση της Διερεύνησης, όπως ήταν αναμενόμενο, ήταν το σημείο που τους άρεσε περισσότερο, είτε γιατί ήταν εντυπωσιακά είτε γιατί τα σχεδίαζαν και τα εκτελούσαν μόνοι τους. Η φάση του Προσανατολισμού, φαίνεται να εκπλήρωσε τον στόχο της, που ήταν η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, αλλά και η φάση της Εμβάθυνσης αποτιμήθηκε θετικά ως δυνατότητα, ασχέτως αν η αλληλεπίδραση περιορίστηκε ουσιαστικά στις περισσότερες ομάδες στη σχέση μαθητή – εκπαιδευτικού και η φάση της Επικοινωνίας άρεσε στους μαθητές επειδή τους έδινε τη δυνατότητα να μοιραστούν τις σκέψεις τους με τους συμμαθητές τους.

Σύμφωνα με τις επιλογές τους στις προτάσεις αποτίμησης, σχεδόν όλοι οι μαθητές δήλωσαν ότι η διερευνητική μέθοδος αύξησε τη συμμετοχή τους στο μάθημα και το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική ενώ ταυτόχρονα τους βοήθησε να αντιλαμβάνονται καλύτερα ένα πρόβλημα. Περισσότερα από τα δύο τρίτα των μαθητών, δήλωσαν ότι τους βοήθησε να εκφράζουν με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή τους, να μαθαίνουν ευχάριστα, να αναπτύξουν καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές τους και να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα.

Τα δύο τρίτα περίπου των μαθητών δήλωσαν ότι τους βοήθησε να καταλάβουν πώς σκέφτεται και πώς γράφει ένας επιστήμονας και ότι θα ήθελαν να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος και σε άλλα μαθήματα, ότι τους βοήθησε να καταλάβουν τα φυσικά μεγέθη και τις σχέσεις τους, να παίρνουν πρωτοβουλίες και να νιώθουν πιο δημιουργικοί.

Από τις αρνητικές προτάσεις, η πρόταση στην οποία συμφώνησαν περισσότεροι από το ένα τρίτο των μαθητών, ήταν ότι τους δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο. Το ένα τρίτο περίπου των μαθητών δήλωσε ότι η διαδικασία ήταν πολύ απαιτητική και δύσκολη, ενώ λιγότεροι, ότι τους έκανε να νιώσουν άβολα όταν δεν ήξεραν τη σωστή απάντηση και ότι τους δημιούργησε άγχος ως προς τη συμμετοχή τους στη διαδικασία.

Κανείς μαθητής δεν πίστευε ότι γινόταν φασαρία στην τάξη, όπως και κανείς μαθητής δεν επέλεξε ότι η διερευνητική μέθοδος ήταν βαρετή, ή ότι ένοιωσε αποκλεισμό από την ομάδα.

Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές η άποψή τους για τη δυνατότητα που τους δόθηκε να συνομιλούν ασύγχρονα ηλεκτρονικά. Υπήρξαν δύο αρνητικές κρίσεις και δόθηκαν από αυτούς που πράγματι συμμετείχαν, οι οποίοι επεσήμαναν την μη συμμετοχή όλης της ομάδας. Από όσους δεν συμμετείχαν στη διαδικασία δεν υπήρξε καμία αρνητική κρίση.

Από τους υπόλοιπους μαθητές που συμμετείχαν στην Ασύγχρονη Συζήτηση, υπήρχαν αρκετές θετικές κρίσεις και κάποιες ενθουσιώδεις. Οι μαθητές εστίασαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική, στην δυνατότητα κοινωνικής ηλεκτρονικής αλληλεπίδρασης, την ανταλλαγή απόψεων και στην υποστήριξη που δέχθηκαν από την εκπαιδευτικό.

6.3 Ανάλυση του Διαγνωστικού και Τελικού Ελέγχου Γνώσεων για την Πειραματική Ομάδα και την Ομάδα Ελέγχου

Στην αρχή και στο τέλος των μαθημάτων οι μαθητές, της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου, απάντησαν σε 15 ερωτήσεις τριπλής επιλογής με δικαιολόγηση, οι οποίες δίνονται στο Παράρτημα IV. Οι ερωτήσεις βαθμολογήθηκαν με μία μονάδα για κάθε σωστή επιλογή, δύο μονάδες για βιωματική ή λογική δικαιολόγηση και τρεις μονάδες για κάθε ολοκληρωμένη και επιστημονικά τεκμηριωμένη απάντηση.

Οι βαθμολογίες καταχωρήθηκαν στο πρόγραμμα SPSS και έγινε επεξεργασία τους ως προς το μέσο όρο των ερωτήσεων καθώς και σύγκριση των τμημάτων πριν και μετά τα μαθήματα. Στη συνέχεια παρατίθεται σύντομη αναφορά στις ιδέες των μαθητών όπως αυτές προέκυψαν από τον αρχικό και τον τελικό έλεγχο γνώσεων για τα δύο τμήματα και τα γραφήματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των βαθμολογιών.

Οι πέντε πρώτες ερωτήσεις αφορούσαν στην έννοια της πίεσης.

Στην πρώτη ερώτηση, που εξέταζε τη σχέση δύναμης- πίεσης και τα δύο τμήματα ξεκίνησαν έχοντας σωστή άποψη, με τις απαντήσεις τους να βασίζονται στη λογική, εστιάζοντας στη διαφορά μάζας των κουτιών. Μετά τα μαθήματα, οι μαθητές ανέφεραν την επίδραση της δύναμης, που εδώ είναι το βάρος, στη διαφοροποίηση της πίεσης. Από την πειραματική ομάδα, πέντε μαθητές επεσήμαναν ότι η επιφάνεια μένει σταθερή, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου. Στην ομάδα ελέγχου αρκετοί μαθητές επέλεξαν την σωστή απάντηση, αλλά δεν τη δικαιολόγησαν.

Στην δεύτερη ερώτηση, που εξέταζε πάλι τη σχέση δύναμης- πίεσης αλλά με αλλαγή του βαρυτικού πεδίου, οι περισσότεροι αρχικά απαντούσαν ότι θα είναι ίδιο το αποτύπωμα γιατί έχουν το ίδιο έδαφος, ενώ μετά τα μαθήματα σχεδόν όλοι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας το συνέδεσαν με την αλλαγή του βάρους και κατά συνέπεια της πίεσης. Αντίθετα, οκτώ μαθητές της ομάδας ελέγχου επέμειναν τελικά στη λανθασμένη τους αρχική εντύπωση για το ίδιο έδαφος.

Στην τρίτη ερώτηση, που εξέταζε τη σχέση εμβαδού επιφάνειας - πίεσης αρχικά κάποιοι συνέδεσαν τα πέδιλα με την ταχύτητα, ενώ αρκετοί και στα δύο τμήματα απάντησαν ότι το επιπλέον βάρος από τα χιονοπέδιλα θα δημιουργήσει βαθύτερο αποτύπωμα. Επίσης βιωματικά το ένα τρίτο περίπου των μαθητών και των δύο τμημάτων απάντησε με το περπάτημα. Στο τέλος, όσοι απάντησαν σωστά, το δικαιολόγησαν μέσω της επιφάνειας επαφής ενώ όσοι απάντησαν λάθος δεν το δικαιολόγησαν.

Στην τέταρτη ερώτηση, που εξέταζε πάλι τη σχέση εμβαδού επιφάνειας – πίεσης, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών και των δύο τμημάτων είπε ότι θα είναι ίδιο το αποτύπωμα γιατί

έχουν την ίδια μάζα τα σώματα. Από όσους απάντησαν αρχικά σωστά, η δικαιολόγηση ήταν ότι το βάρος «μοιράζεται» στη μεγάλη επιφάνεια, δηλαδή χωρίς να χρησιμοποιήσουν την λέξη πίεση, δώσανε ουσιαστικά μόνοι τους τον ορισμό της. Οι πέντε μαθητές της πειραματικής ομάδας και οι τρεις της ομάδας ελέγχου που απάντησαν στο τέλος λάθος, επέμειναν στο ότι έχουν το ίδιο βάρος, οπότε θα κάνουν και το ίδιο αποτύπωμα.

Στην πέμπτη και πιο δύσκολη ερώτηση, που συνδύαζε την ταυτόχρονη μεταβολή δύναμης και επιφάνειας, ώστε να μην μεταβληθεί η πίεση, αρχικά οι περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας, δήλωσαν ότι απάντησαν στην τύχη. Στον τελικό έλεγχο μόνο επτά μαθητές δώσανε επιστημονικά τεκμηριωμένη απάντηση εκ των οποίων οι τέσσερις έλυσαν τον τύπο της πίεσης για να καταλήξουν στο αποτέλεσμα. Από όσους έδωσαν λανθασμένη δικαιολόγηση στο τέλος, οι τρεις αναφέρθηκαν αποκλειστικά στη δύναμη, ενώ οι δέκα θεώρησαν σημαντικότερη την επιφάνεια, ενώ δεν υπήρξε μαθητής που να απαντήσει σωστά χωρίς επαρκή δικαιολόγηση. Στην ομάδα ελέγχου, λιγότεροι μαθητές δήλωσαν ότι απάντησαν στην τύχη. Στον τελικό έλεγχο, μόνο έξι μαθητές έδωσαν επιστημονικά τεκμηριωμένη απάντηση εκ των οποίων οι τρεις έλυσαν τον τύπο της πίεσης για να καταλήξουν στο αποτέλεσμα. Από όσους έδωσαν λανθασμένη δικαιολόγηση στο τέλος, τρεις επέμειναν στη δύναμη και επτά επέμειναν στην επιφάνεια, ενώ πέντε μαθητές έδωσαν τη σωστή απάντηση χωρίς επαρκή δικαιολόγηση.

Οι επόμενες πέντε ερωτήσεις αφορούσαν στην υδροστατική πίεση.

Στην έκτη ερώτηση, που εξέταζε την μη εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το μέγεθος του δοχείου και την ποσότητα του υγρού, οι περισσότεροι μαθητές εκτίμησαν αρχικά ότι το περισσότερο νερό θα δημιουργεί μεγαλύτερη πίεση στο ίδιο βάθος. Μετά το μάθημα, τρεις μαθητές της πειραματικής ομάδας και πέντε μαθητές της ομάδας ελέγχου επέμειναν σε αυτή την άποψη, αρκετοί ανασκεύασαν την άποψή τους προς το ορθό, αλλά υπήρχαν από τρεις περιπτώσεις σε κάθε τμήμα που μετακινήθηκαν από το ένα άκρο στο άλλο, ότι δηλαδή θα έχει μικρότερη πίεση το δοχείο με το περισσότερο νερό. Στην πειραματική ομάδα υπήρχαν περιπτώσεις που για να δικαιολογήσουν την μεγαλύτερη πίεση είπαν ότι αλλάζει το βάθος ή η ατμόσφαιρα, γεγονός που δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου.

Στην έβδομη ερώτηση, που εξέταζε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα, από όσους αρχικά δικαιολόγησαν την απάντησή τους, στην πειραματική ομάδα, οι μισοί περίπου πίστευαν ότι η πυκνότητα του λαδιού είναι μεγαλύτερη από του νερού και οι άλλοι μισοί ότι για να ισορροπούν δύο διαφορετικά υγρά πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Στον τελικό έλεγχο, δεκατέσσερις μαθητές κατάφεραν να συνδυάσουν την μικρότερη πυκνότητα του λαδιού με την υδροστατική πίεση και την ισορροπία, εκ των οποίων οι ένδεκα συμμετείχαν στην Ασύγχρονη Συζήτηση, όπου είχε τεθεί παρόμοιο θέμα. Το ίδιο θέμα είχε συζητηθεί στην ομάδα ελέγχου, την ώρα του μαθήματος, καθώς οι μισοί μαθητές είχαν αρχικά κάνει σωστή επιλογή αλλά όσοι την είχαν δικαιολογήσει, γράψανε ότι το λάδι «κάθεται» πάνω από το νερό. Τελικά μόνο πέντε μαθητές δικαιολόγησαν επαρκώς την απάντησή τους ενώ οκτώ επέλεξαν σωστά χωρίς όμως επαρκή δικαιολόγηση.

Στην όγδοη ερώτηση, που εξέταζε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την επιτάχυνση της βαρύτητας, όπως και στη δεύτερη, αρχικά οι περισσότεροι μαθητές κατάλαβαν ότι κάτι θα αλλάξει λόγω του βαρυτικού πεδίου αλλά δεν μπόρεσαν να το

δικαιολογήσουν, και το ένα τρίτο των μαθητών απάντησε στην τύχη. Στον τελικό έλεγχο δύο μαθητές της πειραματικής ομάδας έδωσαν λανθασμένη απάντηση γράφοντας ότι θα πέσει στο ίδιο σημείο γιατί θεωρείται ότι οι δύο πλανήτες έχουν την ίδια ατμόσφαιρα, ενώ την ίδια απάντηση έδωσαν έξι μαθητές της ομάδας ελέγχου. Πέντε μαθητές της πειραματικής ομάδας και τρεις μαθητές της ομάδας ελέγχου έγραψαν ότι θα πέσει πιο μακριά γιατί έχει μεγαλύτερο βαρυτικό πεδίο ο Δίας, αλλά δεν το συνέδεσαν με την υδροστατική πίεση. Σημειώνεται εδώ ότι οι μαθητές δεν γνωρίζουν την έννοια της βολής και του βεληνεκούς τα οποία θα μπορούσαν να περιπλέξουν την απάντηση.

Στην ένατη ερώτηση, που εξέταζε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάθος, αρχικά από την πειραματική ομάδα, πολλοί απάντησαν στην τύχη, ενώ σε δύο από αυτούς που έκαναν σωστή επιλογή, η δικαιολόγηση ήταν βιωματική («έτσι είναι γιατί το έχω κάνει»). Στην μία από αυτές η δικαιολόγηση έγινε μέσω βαρυτικού πεδίου, με την εντύπωση ότι όσο πιο ψηλά είναι η τρύπα στο μπουκάλι, τόσο λιγότερο θα το έλκει η Γη και σε μία άλλη με κουτάκι μπύρας. Στο τέλος, τέσσερις από τους μαθητές, παρότι είχαν κάνει σε ομάδες στην τάξη ακριβώς το ίδιο πείραμα, επέμειναν στη λάθος απάντηση. Στην ομάδα ελέγχου είχε γίνει το ίδιο πείραμα με επίδειξη από την καθηγήτρια. Αρχικά λίγοι απάντησαν στην τύχη, ενώ οι μισοί επέλεξαν από την αρχή την σωστή απάντηση δικαιολογώντας την με το «όσο πιο ψηλά είναι η τρύπα τόσο πιο κάθετα θα πηγαίνει το νερό» ή «γιατί δεν είναι όλες οι τρύπες στο ίδιο σημείο». Στο τέλος μόνο ένας έδωσε εντελώς λάθος απάντηση και πέντε απάντησαν σωστά χωρίς δικαιολόγηση.

Στη δέκατη ερώτηση, που εξέταζε τη μη εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το σχήμα του δοχείου, αρχικά, από όσους δικαιολόγησαν την επιλογή τους την πειραματική ομάδα, όλοι είπαν ότι επειδή το δεύτερο δοχείο είναι πιο λεπτό από πάνω, θα έχει λιγότερο νερό και έτσι το νερό θα πέσει από την τρύπα πιο κοντά από ότι στο πιο φαρδύ. Τέσσερις από αυτούς επέμειναν και μετά το μάθημα στην ίδια λανθασμένη εντύπωση ενώ τρεις απάντησαν χωρίς δικαιολόγηση. Στην ομάδα ελέγχου αρχικά οι περισσότεροι έδωσαν την ίδια απάντηση με την πειραματική ομάδα, ενώ έξι από αυτούς επέμειναν στο τέλος.

Οι πέντε τελευταίες ερωτήσεις αφορούσαν στην ατμοσφαιρική πίεση.

Στην ενδέκατη ερώτηση, που εξέταζε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης ως την αιτία που δεν χύνεται το νερό από ένα τρύπιο κλειστό μπουκάλι, οι περισσότεροι μαθητές και από τα δύο τμήματα, απάντησαν αρχικά σαν να ήταν ανοιχτό το μπουκάλι, ότι δηλαδή θα χυθεί το νερό από το μπουκάλι μέχρι τις τρύπες. Μετά το μάθημα, απάντησαν σχεδόν όλοι, εκτός από δύο σε κάθε τμήμα που επέμειναν στη λάθος αντίληψή τους, σωστά, χρησιμοποιώντας την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης, ενώ πέντε από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας συμπλήρωσαν ότι αν ανοίξουμε το καπάκι θα χυθεί το νερό, όπως είχαν κάνει και στο πείραμα στο σχολείο. Αυτή η συμπλήρωση δεν υπήρχε στους μαθητές της ομάδας ελέγχου όπου το αντίστοιχο πείραμα είχε γίνει με επίδειξη από την εκπαιδευτικό.

Στη δωδέκατη ερώτηση, που εξέταζε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης ως την αιτία που δεν χύνεται το νερό από το αναποδογυρισμένο μπουκάλι στη λεκάνη, οι μισοί περίπου μαθητές και των δύο τμημάτων επέλεξαν από την αρχή τη σωστή απάντηση. Από αυτούς που δικαιολόγησαν την απάντησή τους στην πειραματική ομάδα έγραψαν ότι το νερό της λεκάνης εμποδίζει το νερό από το μπουκάλι να χυθεί, ενώ δύο από αυτούς επέμειναν στη λανθασμένη τους εντύπωση και στο τέλος. Πέντε μαθητές επέλεξαν στο τέλος τη σωστή

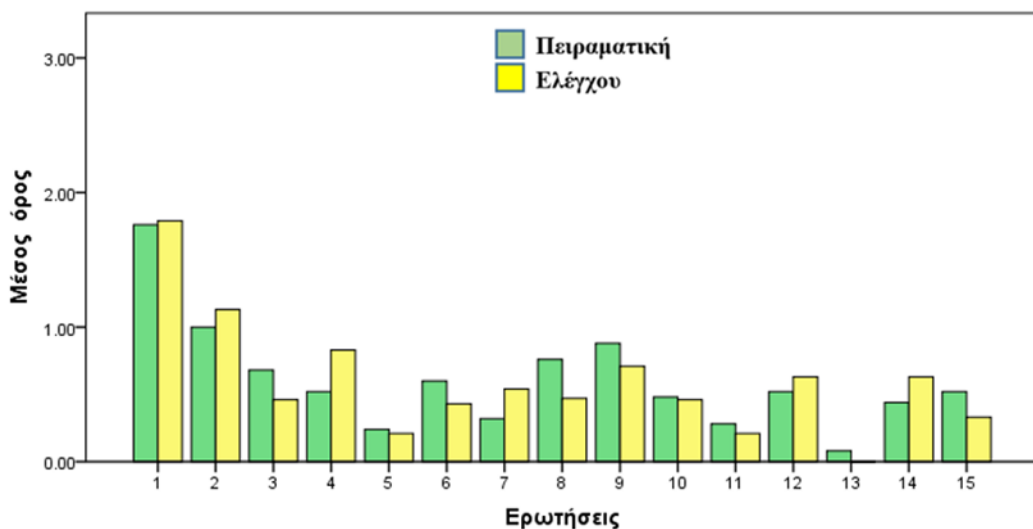
απάντηση, αλλά δεν μπόρεσαν να δώσουν ολοκληρωμένη δικαιολόγηση, ενώ ένας συμπλήρωσε ότι το μπουκάλι θα έπρεπε να είναι πάνω από δέκα μέτρα ψηλό για να χυθεί το νερό. Στην ομάδα ελέγχου, πολλοί από αυτούς που απάντησαν αρχικά σωστά έδωσαν βιωματική δικαιολόγηση. Στο τέλος τρεις μαθητές απάντησαν λάθος χωρίς να δώσουν εξήγηση και οκτώ απάντησαν σωστά αλλά χωρίς επιστημονικά τεκμηριωμένη δικαιολόγηση.

Στη δέκατη τρίτη ερώτηση, που ζητούσε την δύναμη που μας ασκείται εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης, οι μισοί μαθητές απάντησαν αρχικά ότι η δύναμη που δεχόμαστε από τον αέρα είναι μηδέν γιατί δεν φυσάει και οι υπόλοιποι απάντησαν στην τύχη αλλά με προτίμηση στην πιο μετριοπαθή τιμή. Μετά το μάθημα, επτά από τους μαθητές συνέχισαν να υποστηρίζουν την ίδια λανθασμένη εντύπωση, ενώ οι υπόλοιποι μετακινήθηκαν από τα μηδέν στα εκατό Newton. Μόλις επτά μαθητές έκαναν τελικά τη σωστή επιλογή με επαρκή δικαιολόγηση. Από την ομάδα ελέγχου αρχικά οι απαντήσεις ήταν μοιρασμένες ανάμεσα στα μηδέν που τρεις μαθητές τα δικαιολόγησαν με το δεν φυσάει και τα εκατό Newton ως πιο «λογική τιμή», ενώ κανείς δεν επέλεξε τη σωστή απάντηση. Στο τέλος, δεκατέσσερις μαθητές απάντησαν σωστά και με επιστημονικά ορθή δικαιολόγηση, ενώ μόνο ένας επέμεινε στο δεν φυσάει.

Στην δέκατη τέταρτη ερώτηση, που ζητούσε την ερμηνεία μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης στο γιατί δεν μπορούμε να πιούμε από ένα αεροστεγώς κλεισμένο ποτήρι, αρχικά οι μισοί περίπου μαθητές και από τα δύο τμήματα απάντησαν ότι θα πιείς την μισή πορτοκαλάδα μέχρι να τελειώσει ο αέρας που έχει μέσα, και αρκετοί ότι περνάει αέρας από το καλαμάκι και θα πιείς κανονικά. Σε κάποιες περιπτώσεις δικαιολόγησαν βιωματικά το ότι μπορούν να πιούν κανονικά την πορτοκαλάδα. Μετά το μάθημα, τέσσερις μαθητές από την πειραματική και δύο από την ομάδα ελέγχου, απάντησαν ότι θα πιείς κανονικά, αλλά χωρίς δικαιολόγηση και οι υπόλοιποι απάντησαν σωστά. Από όσους απάντησαν σωστά, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας έδωσαν τις περισσότερες επιστημονικά σωστές απαντήσεις.

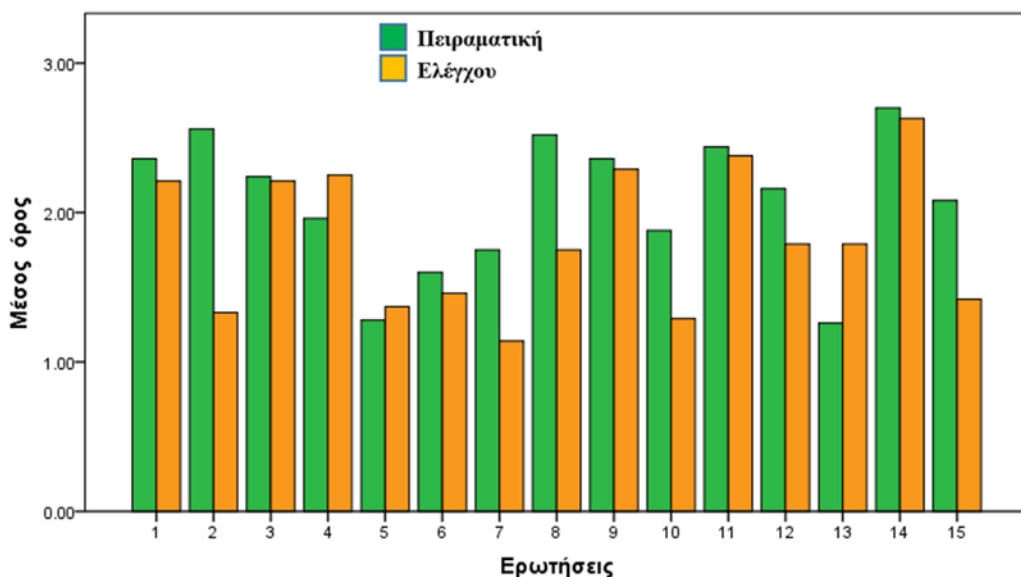
Στην δέκατη πέμπτη και τελευταία ερώτηση, που αφορούσε στην ερμηνεία της βεντούζας μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης, αρχικά, περισσότεροι από τους μισούς μαθητές και των δύο τμημάτων απάντησαν ότι η βεντούζα είναι από υλικό που κολλάει στο πλακάκι, ενώ υπήρξε και μία περίπτωση στην πειραματική ομάδα, εύρεσης της σωστής απάντησης δια της ατόπου απαγωγής. Στον τελικό έλεγχο, από την πειραματική ομάδα πέντε μαθητές συνέχισαν στην ίδια λανθασμένη εντύπωση, δύο επέλεξαν σωστά αλλά χωρίς δικαιολόγηση, ενώ οι υπόλοιποι δεκαοκτώ έδωσαν επιστημονικά τεκμηριωμένη απάντηση. Από την ομάδα ελέγχου λιγότεροι από τους μισούς απάντησαν σωστά και τεκμηριωμένα, έξι μαθητές επέμειναν στην αρχική λανθασμένη τους εντύπωση και έξι επέλεξαν σωστά αλλά χωρίς δικαιολόγηση.

Οι βαθμολογία της κάθε απάντησης καταχωρήθηκε στο πρόγραμμα SPSS και έγινε σύγκριση των δύο ομάδων πριν τα μαθήματα και μετά. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.4, στον διαγνωστικό έλεγχο της πειραματικής και της ομάδας ελέγχου, ανά ερώτηση, δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση ως προς τις γνώσεις για τις δύο ομάδες. Σε κάποιες ερωτήσεις είχαν επιλέξει τη σωστή απάντηση, αλλά η αιτιολόγηση ήταν κυρίως βιωματική, «το έχω δει» ή «το έχω κάνει».



Διάγραμμα 6.4 Σύγκριση της βαθμολογίας των δεκαπέντε ερωτήσεων της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου πριν τα μαθήματα
 1 για κάθε σωστή επιλογή
 2 για κάθε σωστή, αλλά βιωματική ή λογική εξήγηση
 3 μονάδες για κάθε επιστημονικά ολοκληρωμένη εξήγηση

Η σύγκριση των δύο τμημάτων, ανά ερώτηση, στον τελικό έλεγχο, μετά τα μαθήματα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.5, δείχνει να υπάρχει συγκεντρωτικά μία υπεροχή της πειραματικής ομάδας έναντι της ομάδας ελέγχου.



Διάγραμμα 6.5 Σύγκριση της βαθμολογίας των δεκαπέντε ερωτήσεων της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου μετά τα μαθήματα
 1 για κάθε σωστή επιλογή
 2 για κάθε σωστή αλλά βιωματική ή λογική εξήγηση
 3 μονάδες για κάθε επιστημονικά ολοκληρωμένη εξήγηση

Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.5, στις ερωτήσεις 2, 7, 8, 10, 12 και 15 η πειραματική ομάδα υπερτερεί σαφώς έναντι της ομάδας ελέγχου, με τη σημαντικότερη απόκλιση να παρατηρείται στη δεύτερη ερώτηση, όπου το πειραματικό τμήμα ανέβασε το μέσο όρο του από 1,00 σε 2,56 ενώ το τμήμα ελέγχου αντίστοιχα από 1,13 σε 1,33.

Επίσης καλύτερη απόδοση είχε η πειραματική ομάδα στην έβδομη ερώτηση, με μέσο όρο 1,75 έναντι του τμήματος ελέγχου με 1,14 στην όγδοη με 2,53 έναντι 1,75 και στην δέκατη πέμπτη ερώτηση με 2,08 έναντι 1,39 της ομάδας ελέγχου. Αντίστοιχα στη δέκατη ερώτηση ο μέσος όρος της πειραματικής ομάδας ήταν 1,91 έναντι 1,29 της ομάδας ελέγχου και στη δωδέκατη ερώτηση 2,16 έναντι 1,78 της ομάδας ελέγχου.

Στις ερωτήσεις 1, 3, 6, 9, 11 και 14 φαίνεται τα τμήματα να είναι ισοδύναμα, με ελαφρά καλύτερη την πειραματική ομάδα.

Στις ερωτήσεις 4 και 5 η ομάδα ελέγχου είναι ελαφρά καλύτερη, ενώ στην 13 υπερέχει σαφώς, ανεβάζοντας το μέσο όρο του από 0,00 σε 1,79 έναντι της πειραματικής ομάδας η οποία από 0,08 έφτασε μόλις στο 1,26 που ήταν και η χειρότερη επίδοσή της. Η ερώτηση αυτή αφορούσε στην τιμή της δύναμης που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης.

6.3.1 Ευρήματα από την Ανάλυση του Διαγνωστικού και Τελικού Ελέγχου Γνώσεων

Η πρώτη ερώτηση, στον διαγνωστικό έλεγχο, πριν δηλαδή τα μαθήματα, απαντήθηκε από τους περισσότερους μαθητές, λογικά, σε αντίθεση με την δέκατη τρίτη ερώτηση που δεν απαντήθηκε σωστά από κανένα μαθητή, πιθανότατα γιατί, τα 100000N φάνταζαν υπερβολικά μεγάλη τιμή για δύναμη. Ο διαγνωστικός έλεγχος έδειξε γενικά, ότι τα δύο τμήματα ήταν αρχικά ισοδύναμα.

Η σύγκριση της βαθμολογίας των δύο τμημάτων μετά τα μαθήματα, δείχνει να υπάρχει συγκεντρωτικά μία υπεροχή της πειραματικής ομάδας έναντι της ομάδας ελέγχου. Η πειραματική ομάδα, στην οποία εφαρμόστηκε η διερευνητική μέθοδος, έχει σαφή υπεροχή περίπου στις μισές ερωτήσεις, έναντι της ομάδας ελέγχου, η οποία ακολούθησε μια πιο παραδοσιακή διδασκαλία, με τα πειράματα να γίνονται από την εκπαιδευτικό.

Η σημαντικότερη απόκλιση στις βαθμολογίες, με το πειραματικό τμήμα να υπερτερεί, παρατηρείται στη δεύτερη ερώτηση, που αφορούσε στη διαφοροποίηση της πίεσης, λόγω αλλαγής του βαρυτικού πεδίου. Η απόκλιση αυτή φαίνεται και στην όγδοη ερώτηση που αφορούσε στη μεταβολή της υδροστατικής πίεσης λόγω του βαρυτικού πεδίου.

Η καλύτερη επίδοση της πειραματικής ομάδας είναι πιθανό να οφείλεται στην εκτενή συζήτηση περί βαρυτικού πεδίου που αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια παρακολούθησης του video από τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό στο τέταρτο μάθημα.

Στην έβδομη και στην δέκατη πέμπτη ερώτηση, η πειραματική ομάδα υπερτερεί πιθανόν λόγω της Εμβάθυνσης στην Ασύγχρονη Συζήτηση, ενώ στην ομάδα ελέγχου είχαν απλώς αναφερθεί μέσα στην τάξη από την εκπαιδευτικό.

Στην δέκατη ερώτηση, που ζητούσε την ερμηνεία μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης στο γιατί δεν μπορούμε να πιούμε από ένα αεροστεγώς κλεισμένο ποτήρι, υπάρχει υπεροχή του πειραματικού τμήματος, κυρίως λόγω των πιο ορθών ερμηνειών που έδωσε, ενώ παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα στην δωδέκατη, που εξέταζε την ύπαρξη της

ατμοσφαιρικής πίεσης ως την αιτία που δεν χύνεται το νερό από το αναποδογυρισμένο μπουκάλι στη λεκάνη.

Στις ερωτήσεις τέσσερα, που εξέταζε τη σχέση εμβαδού επιφάνειας – πίεσης και πέντε, που συνδύαζε την ταυτόχρονη μεταβολή δύναμης και επιφάνειας, ώστε να μην μεταβληθεί η πίεση, η ομάδα ελέγχου ήταν ελαφρά καλύτερη, ενώ στην δέκατη τρίτη ερώτηση υπερέχει σαφώς, έναντι της πειραματικής ομάδας, η οποία σε αυτή την ερώτηση είχε τη χειρότερη επίδοσή της.

Η ερώτηση αυτή αφορούσε στην τιμή της δύναμης που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η αστοχία, ίσως οφείλεται στην δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν το πείραμα του Torricelli, το οποίο είναι από τη φύση του δύσκολο καθώς εμπλέκει την ατμοσφαιρική με την υδροστατική πίεση και την ισορροπία.

Συγκεντρωτικά, η μεγάλη διαφορά δεν φάνηκε τόσο στο πλήθος των σωστών απαντήσεων, όσο στον τρόπο με τον οποίο γινόταν η δικαιολόγηση των απαντήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμμετοχή, Οφέλη και Δυσκολίες των Μαθητών στη Διερευνητική Διαδικασία

Τα αποτελέσματα της έρευνας, από την ανάλυση των video και των φύλλων εργασίας, δείχνουν ότι οι μαθητές ήταν σε θέση να ολοκληρώσουν όλες τις φάσεις του διερευνητικού κύκλου και να παραδώσουν συμπληρωμένα τα φύλλα εργασίας, σε κάθε μάθημα.

Σε συμφωνία με άλλες έρευνες, φάνηκε ότι η διερευνητική μάθηση αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών και τη συμμετοχή τους (Azevedo 2018 · Βαϊνάς, Βλάσση & Καραλιώτα, 2007 · Buchanan et al., 2016 · Kang & Keinonen, 2018 · Wang et al., 2015), καθώς ακόμα και οι αδύναμοι μαθητές εξέφραζαν τις απόψεις τους και συμμετείχαν στην εκπαιδευτική διαδικασία (Στασινάκης, 2015).

Οι μαθητές μέσω της άμεσης ενεργούς εμπλοκής τους (Saunders-Stewart et al., 2015) με τις δραστηριότητες και τα πειράματα, πραγματικά (Βαϊνάς, Βλάσση & Καραλιώτα, 2007 · Hofstein, 2004 · Zachos et al., 2000) ή εικονικά (Finkelstein, et al., 2005 · Perkins et al., 2006 · Wieman, 2010 · Yuliati et al., 2018), ανέπτυξαν τη δική τους κατανόηση για τα φαινόμενα που μελέτησαν (Abd-El-Khalick et al., 2004), αναδομώντας τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα που είχαν δημιουργήσει για τα φυσικά φαινόμενα (Jimoyiannis & Komis, 2001).

Η διερευνητική μέθοδος μάθησης οδήγησε στην ανάπτυξη ερευνητικών δεξιοτήτων, σκέψης και πράξης (Mustafa & Trudel, 2013 · Songer, Kelcey & Gotwals, 2009), οι οποίες με τη σειρά τους οδήγησαν σε μια πιο θετική στάση των μαθητών απέναντι στο μάθημα και τις Φυσικές Επιστήμες (Aksela & Bostrom, 2012 · Bruder & Prescott, 2013 · Gibson & Chase, 2002 · Widowati et al., 2017).

Ειδικότερα, όσον αφορά στις φάσεις της διερεύνησης, οι μαθητές ανέμεναν με ενδιαφέρον και προσέγγιζαν πολλές φορές με ενθουσιασμό, που διατηρήθηκε αναλλοίωτος στα οκτώ μαθήματα, τη φάση του Προσανατολισμού η οποία τους πρόσφερε προκλήσεις διανοητικές ή πρακτικές, που τους προσανατόλιζαν στο θέμα χωρίς να το αναφέρουν ρητά, ώστε οι μαθητές μόνοι τους να το οριοθετήσουν και να το διατυπώσουν.

Οι φάσεις του Προσανατολισμού και της Διατύπωσης του Προβλήματος, δυσκόλεψαν τις ομάδες, ως προς το ότι έπρεπε οι ίδιοι, να βρουν και να εστιάσουν στο πρόβλημα, κάτι που δεν είχαν ξανακάνει ποτέ. Αυτές οι δυσκολίες ελαχιστοποιήθηκαν πολύ γρήγορα, καθώς οι μαθητές κατάφεραν γρήγορα να αντιστοιχίζουν ένα φυσικό φαινόμενο που παρατηρούσαν σε φυσικά μεγέθη και η ανάγκη για ερμηνεία των φαινομένων προέκυπτε, κυρίως στα τελευταία μαθήματα, αβίαστα και φυσικά.

Στη φάση της Διερεύνησης, αντιμετωπίστηκαν οι περισσότερες δυσκολίες, γιατί αρχικά για τους μαθητές, η διερεύνηση ήταν συνώνυμη με την εκτέλεση πειραμάτων. Ωστόσο, μέσω των υποφάσεων της Υπόθεσης, του Ερευνητικού Ερωτήματος, του Σχεδιασμού και της Καταγραφής των αποτελεσμάτων, η φάση αυτή ξέφυγε από το κάνω απλά ένα

πείραμα και πήγαινε στο γιατί κάνω το πείραμα, πώς θα το κάνω, τι περιμένω να βρω και τι πραγματικά βρίσκω. Η μύηση στην ερευνητική μεθοδολογία, δεν έγινε αυτόματα, αλλά επετεύχθη σταδιακά.

Ταυτόχρονα, επειδή τα ερωτήματα που διερευνούσαν ήταν δικά τους, δημιουργήθηκε στους μαθητές μία αίσθηση ιδιοκτησίας των μαθημάτων (Enghag & Niedderer, 2008), με αποτέλεσμα την ενεργό και ενθουσιώδη συμμετοχή τους (O'Neill, 2010).

Επιμέρους δυσκολίες σε θέματα Φυσικής, ήταν κυρίως η αναγνώριση των φυσικών μεγεθών, η δημιουργία σχέσεων μεταξύ τους και η έννοια της αναλογίας.

Ειδικότερα, οι μαθητές αρχικά ταύτιζαν την έννοια της πίεσης με την έννοια της δύναμης (Αντωνίου et al., 2000 · Basca & Grotzer, 2001 · Kariotoglou & Psillos, 1993), αρκετοί μαθητές πίστευαν ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την ποσότητα των υγρών και το σχήμα του δοχείου (Besson, 2004 · Kariotoglou & Psillos, 1993) και ότι τα σώματα δέχονται υδροστατική πίεση μόνο από την επάνω πλευρά, λόγω του βάρους του υγρού που είναι ακριβώς από πάνω τους (Loverude, Heron, & Kautz, 2010).

Όσον αφορά στην ατμοσφαιρική πίεση, οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να δεχθούν την ύπαρξή της (Akbaş & Gençtürk, 2011 · Besson, 2004), ενώ οι περισσότεροι πίστευαν ότι υπάρχει πίεση μόνο όταν φυσάει, δηλαδή ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις (Séré, 1982) και ότι το υγρό ανεβαίνει στο καλαμάκι επειδή του ασκείται μόνο δύναμη αναρρόφησης (Bulunuz, Jarrett, & Bulunuz, 2009).

Οι δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές, δεν ήταν πάντα αναμενόμενες από την εκπαιδευτικό, ώστε να έχει προβλεφθεί κάποια ειδική υποστηρικτική δομή. Υπήρξαν αρκετές περιπτώσεις ειδικά στη φάση της Διερεύνησης, που όπως φάνηκε στα video, οι μαθητές ακροβατούσαν στην κόψη της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης. Ήταν λοιπόν πολύ σημαντικό το ότι οι μαθητές, μέσω επιχειρηματολογίας, κατάφεραν συν-ρυθμιζόμενοι, να λύσουν σε επίπεδο ομάδας, τα προβλήματα που δε θα μπορούσαν να λύσουν μόνοι τους (Ayres & Sweller, 2018 · Zhang et al., 2016).

Όπως φάνηκε από την έρευνα, στα αρχικά μαθήματα, οι μαθητές έμεναν στο συγκεκριμένο, δηλαδή στο αποτέλεσμα του πειράματος και όχι στις σχέσεις των φυσικών μεγεθών που αναδείκνυε το πείραμα. Στην πορεία των μαθημάτων όμως, οι μαθητές κατάφεραν να αντιστοιχίζουν την παρατήρησή τους σε φυσικά μεγέθη και να επικεντρώνονται στις σχέσεις τους (Zachos et al., 2000). Ταυτόχρονα, η ανοχή των μαθητών στο λάθος φάνηκε να αλλάζει καθώς, μετά τα πρώτα μαθήματα, οι ομάδες δεν έσπευδαν να αλλάξουν ότι είχαν γράψει προηγουμένως, απλά γράφανε την καταληκτική σκέψη τους στα Συμπεράσματα και δικαιολογούσαν γιατί ήταν λανθασμένη η αρχική τους εκτίμηση.

Τη φάση της Επικοινωνίας, που ήταν η κατακλείδα του μαθήματος στην τάξη, την παρακολουθούσαν όλοι οι μαθητές, με μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί επικύρωνε ή διόρθωνε τα ευρήματά τους. Σε αυτή τη φάση, οι μαθητές αρχικά ήταν επιφυλακτικοί και διστακτικοί γιατί πίστευαν ότι θα «σηκωθούν στον πίνακα», να «πουν το μάθημα», εκθέτοντας τον εαυτό τους στην κρίση των υπόλοιπων (Anderman & Sinatra, 2009). Στη φιλοσοφία της διερευνητικής μάθησης όμως, η φάση αυτή δίνει την ευκαιρία στις ομάδες να επικοινωνήσουν τα αποτελέσματά τους στην τάξη, τροποποιώντας τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα, που κατάφεραν να περάσουν από όλες τις προηγούμενες φάσεις.

Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να επεκτείνουν τις γνώσεις που αποκτούσαν, περιγράφοντας πειράματα που σκέφτονταν οι ίδιοι. Αυτό ήταν αρκετά δύσκολο για πολλούς μαθητές, αλλά μέσω συν-ρύθμισης ήταν εφικτό σε επίπεδο ομάδας και τους δημιουργούσε ενθουσιασμό, ακόμη και αν ήταν κάτι απλό, γιατί μπορούσαν να επικοινωνήσουν στην τάξη μία δικιά τους ιδέα. Η εκπαιδευτικός, είχε το ρόλο του συντονιστή, στη συζήτηση ανάμεσα στις ομάδες. Όταν οι μαθητές μπήκαν στο πνεύμα της διερευνητικής μάθησης (από το δεύτερο μάθημα), τη φάση αυτή την περίμεναν με ενδιαφέρον και ανυπομονησία, σαν επιστέγασμα της κοινωνικά ρυθμισμένης γνώσης τους.

Η τελευταία φάση του διερευνητικού κύκλου, ήταν η φάση της Εμβάθυνσης, η οποία έγινε διαδικτυακά μέσω ασύγχρονης συζήτησης. Η φάση αυτή καλούσε τους μαθητές να παρατηρήσουν θέματα της φύσης, με μια πιο ώριμη και αναστοχαστική ματιά, εφαρμόζοντας και επεκτείνοντας τις γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσα στην τάξη, σε άλλες καταστάσεις που δεν είχαν αναφερθεί. Ένα μέλος της κάθε ομάδας είχε το ομαδικό φύλλο εργασίας, στο οποίο έπρεπε να καταγραφούν οι σκέψεις των μαθητών για τα θέματα της Εμβάθυνσης.

Η κύρια δυσκολία αυτής τη φάσης ήταν ότι την ακολούθησαν οι μισοί περίπου μαθητές, με αποτέλεσμα περισσότερες από τις μισές ομάδες να υπολειτουργούν (Vonderwell, 2003). Η εκπαιδευτικός, παρατηρώντας τη δυσκολία των μαθητών που συμμετείχαν, απαντούσε σε κάθε ανάρτηση, ενθαρρύνοντας, υποστηρίζοντας και επιβραβεύοντας τις συμμετοχές (Ozkara & Cakir, 2018). Σε επίπεδο ομάδων, μόνο μία ομάδα ήταν στο πνεύμα της ηλεκτρονικής αλληλεπίδρασης, παρουσιάζοντας σημάδια κοινότητας διερεύνησης (Garrison, Anderson, & Archer, 2000).

Ένας μαθητής από αυτή την ομάδα, που είχε μαθησιακές δυσκολίες, ήταν ο πιο ένθερμος υποστηρικτής της φάσης της Εμβάθυνσης, παρακινώντας τους συμμαθητές του σε συμμετοχή, ενώ παρατηρήθηκε οι πιο εσωστρεφείς μαθητές να έχουν μεγαλύτερη συμμετοχή στις συζητήσεις (Vonderwell, 2003). Η ομάδα αυτή χρησιμοποιούσε και τα περισσότερα emoticons, συμπαρασύροντας και την εκπαιδευτικό να τα χρησιμοποιήσει. Ακόμη και αυτή η απλοϊκή αλληλεπίδραση, προκάλεσε τη μετατόπιση της σχέση μαθητών-εκπαιδευτικού, σε άλλο επίπεδο από την παραδοσιακή σχέση τους (Rodriguez, 2014), τηρουμένων βεβαίως των αναλογιών.

Οι μαθητές που συμμετείχαν πάντως στη φάση της Εμβάθυνσης, όπως φαίνεται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, ωφελήθηκαν πολλαπλά, τόσο γνωστικά, όσων αφορά στα θέματα που εξέταζε η Εμβάθυνση και στον τρόπο σκέψης και καταγραφής επιστημονικών προτάσεων (Vonderwell, Liang & Alderman, 2007), όσο και κοινωνικά, ιδιαίτερα στην συν-ρύθμιση της γνώσης από την εκπαιδευτικό (Vonderwell, 2003).

Συγκεντρωτικά, απαντώντας στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα, μπορεί κάποιος να συνάγει από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, ότι η διερευνητική μάθηση έχει πολλές δυσκολίες καθώς ο διερευνητικός κύκλος απέχει παρασάγγας από την ευκολία του βιβλίου, αλλά οι μαθητές προσαρμόζονται πολύ γρήγορα σε κάποια μέθοδο που τους ενδιαφέρει.

Οι ρυθμίσεις των μαθητών, ακολουθούσαν και αυτές έναν κύκλο, ξεκινώντας από την αρχική αυτορρύθμιση του κάθε μαθητή, δηλαδή τα εσωτερικά του κίνητρα που τον ωθούν στην ενεργό συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία, πηγαίνοντας στη διάχυση της γνώσης μέσω συν-ρύθμισης από ομότιμους ή την εκπαιδευτικό και την κοινωνικά επιμερισμένη

ρύθμιση που κατέληγε στην κοινά αποδεκτή γνώση, την οποία ενστερνίζονταν ο μαθητής, καταλήγοντας στην κοινωνικά μετασηματισμένη, μεταγνωστική, αυτορρυθμισή του.

Επιπρόσθετα, η διερευνητική μάθηση ανέδειξε τα γνωστικά ελλείματα και τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών, τα οποία καλούνταν να λύσουν μόνοι τους, επιχειρηματολογώντας, συναποφασίζοντας και συν-δημιουργώντας την κοινωνικά αποδεκτή γνώση. Αυτό που φάνηκε να προσφέρει η διερευνητική μάθηση κυρίως, ήταν ότι τους έδωσε τον χρόνο και την ευκαιρία να δημιουργήσουν και να παρουσιάσουν, την επιστημονική γνώση που είχε νόημα για αυτούς.

7.2 Απόψεις και Αντιλήψεις των Μαθητών σχετικά με τη Διερευνητική Μέθοδο

Σύμφωνα με την ανάλυση της αποτίμησης που έκαναν οι μαθητές για τη διερευνητική μάθηση, οι περισσότεροι δήλωσαν εντυπωσιασμένοι, εστιάζοντας στο ότι ήταν κάτι καινούριο, ότι δούλευαν συνεργαζόμενοι σε ομάδες, ότι τους άρεσε που χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία και ότι δημιουργώντας οι ίδιοι τη γνώση τους, το μάθημα ήταν ευχάριστο.

Αυτά τα αποτελέσματα φαίνονται συνεπή με άλλες έρευνες που δείχνουν αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών (Kang & Keinonen, 2018), δημιουργία εσωτερικού κινήτρου στην ενασχόλησή τους με τις δραστηριότητες και αύξηση της θετικής στάσης των μαθητών απέναντι στην μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Bayram et al., 2013).

Ως προς τη δυσκολία που αντιμετώπισαν στις φάσεις του διερευνητικού κύκλου, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.1, ξεχωρίζουν ως πιο δύσκολες τρεις φάσεις, αυτές της Διατύπωσης του Προβλήματος, των Συμπερασμάτων και της Εμβάθυνσης. Η Διατύπωση του Προβλήματος σύμφωνα με τους ίδιους τους μαθητές, ήταν η πιο δύσκολη φάση, λόγω του ότι έπρεπε να αναγνωρίσουν οι ίδιοι το πρόβλημα, κάτι που χρειαζόταν εντατική σκέψη και φαντασία. Ήταν άλλωστε, η πρώτη φορά που τους ζητήθηκε κάτι τέτοιο.

Επίσης, δήλωσαν ότι δυσκολεύτηκαν να καταγράψουν το πρόβλημα, δηλαδή να περάσουν από το φαινόμενο, στην καταγραφή φυσικών μεγεθών (Anderman & Sinatra, 2009).

Όπως φάνηκε και από τα video και τα φύλλα εργασίας, οι μαθητές πολύ πιο εύκολα συζητούσαν τις απόψεις τους, παρά τις κατέγραφαν. Η καταγραφή μιας επιστημονικής σκέψης χρειάζεται αφενός μεν δεξιότητες στις οποίες δεν έχουν εκπαιδευτεί αφετέρου δε μεταγνωστικά Μαθηματικά. Αυτό που μαθαίνουν στο σχολείο, είναι πολλές, ασύνδετες μεταξύ τους γνώσεις, οι οποίες είναι πρόσκαιρες και χάνονται, γιατί δεν έχουν αντίκρισμα σε κάτι που οι μαθητές εκτιμούν ως χρήσιμο για τη ζωή τους.

Όσοι επέλεξαν τα Συμπεράσματα ως την πιο δύσκολη φάση, το δικαιολόγησαν πάλι μέσω της δυσκολίας αποτύπωσης των αποτελεσμάτων στη γλώσσα της Φυσικής, δηλαδή στις σχέσεις των φυσικών μεγεθών (Wu & Hsieh, 2006), ενώ όσοι επέλεξαν την Εμβάθυνση ως την πιο δύσκολη φάση, επισήμαναν τη μη συμμετοχή όλων των μελών της ομάδας και τη δυσκολία κάποιων ερωτήσεων. Η μη συμμετοχή κατέστρεφε την ομαδικότητα και τη συν-ρύθμιση, η οποία όπως φαίνεται είναι καταλυτικός παράγοντας στη δημιουργία της γνώσης.

Τη Διερεύνηση και την Επικοινωνία δεν τις επέλεξε κανείς από τους μαθητές ως τις πιο δύσκολες, εκτιμώντας τες ως μέτριας δυσκολίας, αλλά ο μικρότερος βαθμός δυσκολίας ήταν στον Προσανατολισμό, χωρίς ωστόσο να είναι μηδενικός. Όπως φαίνεται, όλες οι φάσεις είχαν τις δυσκολίες τους, χωρίς όμως να ξεχωρίζει κάποια ως απαγορευτική.

Αυτό που είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον, γιατί αντιτίθεται στα αποτελέσματα του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, είναι ότι ενώ οι μαθητές στη φάση της Διερεύνησης είχαν τις περισσότερες δυσκολίες, κανείς δεν την επέλεξε ως την πιο δύσκολη. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε τρεις λόγους. Πρώτον στο ότι οι μαθητές, λειτουργώντας ομαδικά, κατάφεραν να δημιουργούν πιο εύκολα την κοινωνικά επιμερισμένη μάθηση, δεύτερον στο ότι οι δυσκολίες εξομαλύνθηκαν στην πορεία των μαθημάτων λόγω εμπειρίας και τρίτον στο ότι τα πειράματα, που συνήθως εμπερικλείει αυτή η φάση, τους ήταν τόσο ενδιαφέροντα, ώστε υπερκάλυπταν τις δυσκολίες.

Συνηγορώντας στην τρίτη εκδοχή, στις εκτιμήσεις των μαθητών ως προς το ποια φάση τους άρεσε περισσότερο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.2 η Διερεύνηση ξεχωρίζει, καθώς ήταν η πρώτη επιλογή των μισών μαθητών και δεύτερη επιλογή αρκετών. Στη δικαιολόγηση, πολλοί μαθητές αναφέρονται στην ανάδειξη της μαγείας της Φυσικής, αρκετοί θεωρούν τα πειράματα ως έναν ευχάριστο τρόπο προσέγγισης του μαθήματος αλλά όλοι θεωρούν πολύ σημαντικό, το ότι ήταν οι ίδιοι δημιουργοί των πειραμάτων τους.

Ο Προσανατολισμός, η Επικοινωνία και η Εμβάθυνση που ακολουθούν στις προτιμήσεις των μαθητών, ουσιαστικά ισοβαθούν. Όσοι επέλεξαν τη φάση του Προσανατολισμού το δικαιολόγησαν, ως εύκολο ή ως το πιο ενδιαφέρον γιατί αποτελούσε πρόκληση για τη σκέψη τους, ενώ όσοι μαθητές επέλεξαν την Επικοινωνία ανέφεραν ότι τους άρεσε επειδή μπορούσαν να μοιραστούν τα αποτελέσματα και τις σκέψεις τους με τους συμμαθητές τους, ενώ ταυτόχρονα επιβεβαίωναν ότι τα αποτελέσματά τους ήταν σωστά.

Όσοι επέλεξαν την Εμβάθυνση, στάθηκαν στη δυνατότητα επικοινωνίας με τους συμμαθητές και με την εκπαιδευτικό εκτός σχολείου και στη χρήση της τεχνολογίας στη μάθηση. Η Διατύπωση του Προβλήματος και τα Συμπεράσματα έχουν χαμηλότερη βαθμολογία προτίμησης, χωρίς όμως να είναι σημαντική η διαφορά τους από τις υπόλοιπες φάσεις.

Γενικά, στη δυσκολία αλλά κυρίως στις προτιμήσεις των μαθητών, παρατηρείται μεγάλη διασπορά. Αυτό μπορεί να οφείλεται εν μέρει στο διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο του κάθε μαθητή και στο πώς αντιλαμβάνεται τη δυσκολία. Το ότι υπήρξαν περιπτώσεις στις οποίες η φάση που τους άρεσε περισσότερο, ήταν πολύ ψηλά στον βαθμό δυσκολίας που της έδιναν, σημαίνει ότι κάποιοι μαθητές δεν αρέσκονται στις εύκολες λύσεις, αλλά προτιμούν καταστάσεις που προκαλούν τη σκέψη και τη στοχευμένη δράση τους.

Σε κάθε περίπτωση, από τα διαγράμματα αυτά είναι προφανές ότι, δεν υπήρξε κάποια φάση τόσο δύσκολη ώστε να γίνεται απαγορευτική και η κάθε φάση είχε τους οπαδούς της.

Δεν εντοπίστηκαν αρκετές έρευνες που να σχετίζονται με την αποτίμηση των μαθητών για κάθε φάση του διερευνητικού κύκλου. Μία σχετική έρευνα των Mäeots, Siiman, Kori & Pedaste (2016), σε σαράντα τρεις μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου από την Εσθονία, σε ένα θέμα Χημείας, αναφέρει ότι λίγοι μαθητές δικαιολόγησαν την αποτίμηση που έκαναν ηλεκτρονικά, σχετικά με το ποια φάση του διερευνητικού κύκλου τους δυσκόλεψε

περισσότερο. Αυτό δεν παρατηρήθηκε σε αυτή την έρευνα, καθώς όλοι οι μαθητές είχαν δικαιολογήσει την πρώτη επιλογή που έκαναν στο φύλλο αποτίμησης, κατατάσσοντας τις φάσεις ως προς το βαθμό δυσκολίας, ενώ υπήρχαν μαθητές που έκαναν συγκεκριμένες κρίσεις και πρότειναν διαφορετικές λύσεις.

Η φάση που δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές σύμφωνα με την έρευνα των Mäeots, Siiman, Kori & Pedaste (2016), ήταν η Διατύπωση του Προβλήματος, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Η δεύτερη φάση που αναφέρεται στην έρευνά τους είναι η Διερεύνηση, η οποία για τους πιθανούς λόγους που προαναφέρθηκαν, δεν παρατηρήθηκε σε αυτή την έρευνα.

Η ανάλυση της έρευνας των Mäeots, Siiman, Kori & Pedaste (2016), αποκάλυψε ότι οι μαθητές είχαν ως επί το πλείστον τρεις τύπους ζητημάτων που αφορούσαν στη δημιουργία υποθέσεων: α) ζητήματα διαμόρφωσης (β) προβλήματα χρόνου και (γ) δυσκολίες κατανόησης του θέματος. Τα προβλήματα αυτά επισημάνθηκαν από τους μαθητές και στην παρούσα έρευνα.

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να τσεκάρουν από εικοσιέξι προτάσεις που αναφέρονταν στη διερευνητική μάθηση, με ποιες συμφωνούν. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.3 σχεδόν όλοι οι μαθητές συμφώνησαν στο ότι η διερευνητική μέθοδος αύξησε τη συμμετοχή τους στο μάθημα, τους βοήθησε να μαθαίνουν ευχάριστα, να αντιλαμβάνονται καλύτερα ένα πρόβλημα και αύξησε το ενδιαφέρον τους για τη Φυσική.

Περισσότερα από τα δύο τρίτα των μαθητών, δήλωσαν ότι τους βοήθησε να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα, να εκφράζουν με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή τους, να αναπτύξουν καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές τους και ότι τα φύλλα εργασίας τους βοήθησαν, ήταν εύχρηστα και κατανοητά.

Τα δύο τρίτα περίπου των μαθητών δήλωσαν ότι τους βοήθησε να καταλάβουν πώς σκέφτεται και πώς γράφει ένας επιστήμονας και ότι θα ήθελαν να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος και σε άλλα μαθήματα. Επίσης, δήλωσαν ότι τους βοήθησε να καταλάβουν τα φυσικά μεγέθη και τις σχέσεις τους, να παίρνουν πρωτοβουλίες και να νιώθουν πιο δημιουργικοί.

Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές δήλωσαν ότι οι ιδέες των συμμαθητών τους στην ομάδα τους βοήθησαν στη μάθηση, ότι τους βοήθησε να γίνουν πιο υπεύθυνοι, να νιώθουν μεγαλύτερη σιγουριά για τις γνώσεις και τις ικανότητές τους και να καταλάβουν γιατί δημιουργούνται οι ορισμοί και πώς δημιουργούνται οι νόμοι της Φυσικής.

Το να αποδέχονται το λάθος ως κάτι που θα τους βοηθήσει, συνάντησε αντίσταση, αφού μόνο οι μισοί μαθητές το επέλεξαν, γεγονός που δείχνει ότι οκτώ διερευνητικές παρεμβάσεις δεν μπορούν να αλλάξουν τις πεποιθήσεις οκτώ χρόνων παραδοσιακής μάθησης, για τους μισούς, τουλάχιστον, μαθητές.

Από τις αρνητικές προτάσεις, η πρόταση στην οποία συμφώνησαν οι περισσότεροι μαθητές, περισσότεροι από το ένα τρίτο, ήταν ότι τους δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο. Αυτό είχε παρατηρηθεί και στα video, όπου αρκετές φορές οι μαθητές βιάζονταν να τελειώσουν μία φάση γιατί ο χρόνος τους πίεζε. Το ένα τρίτο περίπου των μαθητών δήλωσε ότι η διαδικασία ήταν πολύ απαιτητική και δύσκολη, ενώ λιγότεροι, ότι τους έκανε να νιώσουν άβολα όταν δεν ήξεραν τη σωστή απάντηση και ότι τους δημιούργησε άγχος ως προς τη συμμετοχή τους στη διαδικασία.

Δύο μόνο από τους μαθητές επέλεξαν ότι οι συμμαθητές τους στην ομάδα τους καθυστερούσαν και τους δυσκόλεψαν στη μάθηση και δύο μαθητές επέλεξαν ότι τα φύλλα εργασίας ήταν δυσνόητα και έπρεπε να γράψουν πολλά, ενώ μόνο μία μαθήτρια δήλωσε ότι η διαδικασία την έκανε να νιώσει αμηχανία και φόβο, δηλώνοντας ωστόσο ταυτόχρονα, ότι θα ήθελε να εφαρμόζεται η μέθοδος αυτή και σε άλλα μαθήματα.

Κανείς από τους μαθητές δεν επέλεξε το ότι ένοιωσε αποκλεισμό από την ομάδα, ότι ήταν βαρετή και ότι του δημιούργησε πρόβλημα γιατί γινόταν φασαρία. Το τελευταίο είναι πολύ ενδιαφέρον, γιατί αντικειμενικά, γινόταν φασαρία στην τάξη. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ή ότι ο ορισμός της φασαρίας ανάμεσα στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς είναι διαφορετικός, ή ότι ήταν πολύ απορροφημένοι στις εργασίες τους, ή ότι οι μαθητές νιώθουν ότι λειτουργούν καλά σε αυτή τη συνθήκη. Άλλωστε η φασαρία και η δημιουργική αλληλεπίδραση, δεν είναι σε καμία περίπτωση συνώνυμα, ενώ η μονότονη παράδοση του μαθήματος, είναι πιθανόν να θεωρείται από τους μαθητές, θόρυβος υποβάθρου στις σκέψεις τους.

Από τις κρίσεις που μπορούσαν μόνοι τους οι μαθητές να συμπληρώσουν, ξεχωρίζει το ότι θα ήθελαν να έχουν περισσότερο χρόνο στη διάθεσή τους, το ότι όταν έκαναν λάθος καταλάβαιναν γιατί είναι λάθος και η αυτοπεποίθηση που απέκτησαν.

Τέλος, λόγω της μικρής συμμετοχής στην Ασύγχρονη Συζήτηση, όπου μόνο οι μισοί περίπου μαθητές συμμετείχαν, τους ζητήθηκε η άποψή τους για τη δυνατότητα που τους δόθηκε να συνομιλούν ασύγχρονα ηλεκτρονικά. Εξαιρετικά ενδιαφέρον, είναι το γεγονός ότι οι ελάχιστες, δύο, αρνητικές κρίσεις που δόθηκαν, ήταν από αυτούς που πράγματι συμμετείχαν, γεγονός που δείχνει τη δυσκολία που τους προκάλεσε η μη συμμετοχή όλης της ομάδας τους. Από όσους δε συμμετείχαν στη διαδικασία δεν υπήρξε καμία αρνητική κρίση, γεγονός που σημαίνει ότι δεν ήταν συνειδητά αντίθετοι στην ασύγχρονη συζήτηση, απλά δεν τους ενδιέφερε.

Από τους υπόλοιπους μαθητές, αυτούς που συμμετείχαν στην Ασύγχρονη Συζήτηση, υπήρχαν αρκετές θετικές κρίσεις και κάποιες πιο ενθουσιώδεις. Οι μαθητές εστίασαν στην αύξηση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική, στη δυνατότητα κοινωνικής ηλεκτρονικής αλληλεπίδρασης, στην ανταλλαγή απόψεων και στην υποστήριξη από την εκπαιδευτικό (Vonderwell, 2003). Το τελευταίο οφείλεται στο ότι ελλείπει ομοτίμων, η εκπαιδευτικός συμμετείχε πολύ περισσότερο από ότι θα ήταν ίσως, επιβεβλημένο από τη διαδικασία.

Εν κατακλείδι, απαντώντας στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, η αποδοχή της διερευνητικής μεθόδου ήταν μεγάλη. Οι μαθητές ένιωσαν ότι δημιουργούσαν οι ίδιοι το μάθημα και ήταν κάτι που έπρεπε να προστατεύσουν. Η συνεργασία και η αλληλεπίδρασή τους στις ομάδες, φάνηκε πολύτιμη όχι μόνο κοινωνικά, αλλά και γνωστικά. Όταν ο μαθητής συμμετέχει ενεργά στη δημιουργία της γνώσης, μαθαίνοντας ευχάριστα (Wheatley, 2018), η γνώση αυτή έχει μεγάλες πιθανότητες να μείνει εγχαραγμένη στη σκέψη του.

Εκτός όμως από τις επιμέρους γνώσεις και την αύξηση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική, είναι σημαντικό ότι οι μαθητές συνειδητοποίησαν ότι η διερευνητική μέθοδος έχει και άλλα οφέλη, όπως ότι τους βοήθησε να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα (Ameyaw-Baah et al., 2018), να εκφράζουν με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή τους (Βαϊνάς, Βλάσση & Καραλιώτα, 2007), να αποκτήσουν διερευνητικές δεξιότητες (Cuevas et al., 2005) και

να αναπτύξουν καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές τους (Bilgin, 2009 · Hiltz, Part & Bernacki, 2018).

7.3 Γνωστικά Αποτελέσματα και Σύγκριση με την Ομάδα Ελέγχου

Ο διαγνωστικός έλεγχος, ο έλεγχος που έγινε δηλαδή πριν τα μαθήματα, στα θέματα της έννοιας της πίεσης, της υδροστατικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.4, έδειξε ότι τα δύο τμήματα ήταν γνωστικά ισοδύναμα. Στην πρώτη ερώτηση που αφορούσε στην εξάρτηση της πίεσης από το βάρος, αρκετοί μαθητές και από τα δύο τμήματα απάντησαν σωστά, αλλά η δικαιολόγηση που έδωσαν αναφερόταν στη μάζα και όχι στο βάρος, ή ήταν βιωματική.

Αντίθετα, στην δέκατη τρίτη ερώτηση, δεν απάντησε κανείς σωστά, προφανώς γιατί η τιμή της δύναμης λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης φάνταζε πολύ μεγάλη. Το ότι τα τμήματα ήταν γνωστικά ισοδύναμα, έδωσε μια κοινή βάση, για την περαιτέρω εκτίμηση της προόδου τους.

Απαντώντας στο τρίτο ερευνητικό ερώτημα, μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων, η σύγκριση των δύο τμημάτων, ανά ερώτηση, στον τελικό έλεγχο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6.5, δείχνει να υπάρχει συγκεντρωτικά μία υπεροχή της πειραματικής ομάδας έναντι της ομάδας ελέγχου.

Συγκεκριμένα, σε έξι ερωτήσεις υπερερούσε σαφώς η πειραματική ομάδα, ενώ σε δύο ερωτήσεις υπερερούσε η ομάδα ελέγχου. Οι δύο ομάδες ήταν περίπου ισοδύναμες, με ελαφρά καλύτερη την πειραματική ομάδα σε έξι ερωτήσεις και ελαφρά καλύτερη την ομάδα ελέγχου σε μία ερώτηση.

Η σημαντικότερη απόκλιση στις βαθμολογίες, με το πειραματικό τμήμα να υπερερεί, παρατηρήθηκε στη δεύτερη ερώτηση, που αφορούσε στη διαφοροποίηση της πίεσης, λόγω αλλαγής του βαρυτικού πεδίου. Η απόκλιση αυτή, αν και μικρότερη, φαίνεται και στην όγδοη ερώτηση που αφορούσε στη μεταβολή της υδροστατικής πίεσης λόγω του βαρυτικού πεδίου.

Οι σημαντικά καλύτερες επιδόσεις της πειραματικής ομάδας σε αυτές τις ερωτήσεις, είναι πιθανό να οφείλονται στην εκτενή συζήτηση περί βαρυτικού πεδίου που αναπτύχθηκε από τους μαθητές στις ομάδες, κατά τη διάρκεια παρακολούθησης του video από τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό στο τέταρτο μάθημα.

Στην έβδομη ερώτηση, που εξέταζε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την πυκνότητα και στη δέκατη πέμπτη ερώτηση, που αφορούσε στην ερμηνεία της βεντούζας μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης, η πειραματική ομάδα υπερερεί σαφώς, πιθανόν γιατί παραλλαγές αυτών των ερωτήσεων είχαν δοθεί στους μαθητές για τη φάση της Εμβάθυνσης στην Ασύγχρονη Συζήτηση, ενώ στην ομάδα ελέγχου είχαν απλώς αναφερθεί μέσα στην τάξη από την εκπαιδευτικό.

Στη δέκατη ερώτηση, που ζητούσε την ερμηνεία μέσω της ατμοσφαιρικής πίεσης στο γιατί δεν μπορούμε να πιούμε από ένα αεροστεγώς κλεισμένο ποτήρι, υπάρχει υπεροχή του πειραματικού τμήματος, όχι τόσο λόγω του πλήθους των ορθών απαντήσεων, όσο λόγω των επιστημονικά ορθών ερμηνειών που έδωσε, ενώ παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα

στη δωδέκατη, που εξέταζε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης ως την αιτία που δεν χύνεται το νερό από το αναποδογυρισμένο μπουκάλι στη λεκάνη.

Στις ερωτήσεις τέσσερα, που εξέταζε τη σχέση εμβαδού επιφάνειας – πίεσης και πέντε, που συνδύαζε την ταυτόχρονη μεταβολή δύναμης και επιφάνειας, ώστε να μη μεταβληθεί η πίεση, η ομάδα ελέγχου ήταν ελαφρά καλύτερη, ενώ στη δέκατη τρίτη ερώτηση υπερέχει σαφώς, έναντι της πειραματικής ομάδας, η οποία σε αυτή την ερώτηση είχε τη χειρότερη επίδοσή της. Η ερώτηση αυτή αφορούσε στην τιμή της δύναμης που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η αστοχία, ίσως οφείλεται στη δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν το πείραμα του Torricelli, το οποίο είναι από τη φύση του δύσκολο καθώς εμπλέκει την ατμοσφαιρική, με την υδροστατική πίεση και την ισορροπία. Άλλωστε, μερικές από τις ιδέες που χρησιμοποιούν τα παιδιά για το φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, ώστε να μην αλλάζουν με τη διδασκαλία (Halim, Yong & Meerah, 2014).

Συγκεντρωτικά, η μεγάλη διαφορά δε φάνηκε τόσο στο πλήθος των σωστών απαντήσεων, όσο στον τρόπο με τον οποίο γινόταν η δικαιολόγηση των απαντήσεων, ο οποίος έδειχνε τη δημιουργία μιας κουλτούρας επιστημονικής σκέψης στο πειραματικό τμήμα (Songer, Kelcey & Gotwals, 2009).

Επίσης, παρότι οι ερωτήσεις βαθμολογούνταν ισάξια, στην ουσία της μάθησης διέφεραν. Η απομνημόνευση της τιμής της ατμοσφαιρικής πίεσης για παράδειγμα, είναι σαφώς υποδεέστερης αξίας στην ουσία, έναντι της ερμηνείας λειτουργίας της βεντούζας, αν και βαθμολογικά είναι ισάξιες.

Η έρευνα έδειξε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν στη συγκεκριμένη παρέμβαση διερευνητικής μάθησης ήταν σε πολλές περιπτώσεις καλύτερα από αυτά της ομάδας ελέγχου, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από πολλές άλλες έρευνες (Ameyaw-Baah et al., 2018 · Cobern et al., 2010 · Minner, Levy & Century, 2010).

Η διερευνητική μάθηση ωστόσο, έχει να κάνει κυρίως, με τον τρόπο που αντιλαμβάνονται και σκέφτονται τον κόσμο οι μαθητές, με την ουσία και τους δομικούς λίθους της Φυσικής στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτής της εργασίας, με την κατανόηση των εννοιών και τη δημιουργία νόμων και όχι με την απομνημόνευση πληροφοριών (Songer, Kelcey & Gotwals, 2009).

Θα έπρεπε επίσης να επισημανθεί, ότι όσων αφορά στην πειραματική ομάδα, ήταν η πρώτη γνωριμία με την διερευνητική μάθηση τόσο για την εκπαιδευτικό, όσο και για τους μαθητές. Αντίθετα, η εκπαιδευτικός είχε δέκα χρόνια εμπειρίας στην πιο παραδοσιακή διδασκαλία. Η απειρία αυτή είναι πιθανόν να έπαιξε κάποιο ρόλο στην όλη διαδικασία και στα αποτελέσματα.

Παράλληλα, πρέπει να τονιστεί ότι τα μαθήματα στις δύο ομάδες γίνονταν ταυτόχρονα και τελείωσαν μαζί. Αυτό δείχνει ότι η διερευνητική μάθηση δεν χρειάζεται περισσότερο χρόνο από την παραδοσιακή διδασκαλία (Cobern et al., 2010), όταν είναι επιμελώς σχεδιασμένη και εφαρμόζεται προσεκτικά. Ο χρόνος θα ήταν καλό να είναι περισσότερος κατά τη διάρκεια του μαθήματος και όχι κατά το πλήθος των μαθημάτων.

Η αποδοχή που έδειξαν οι μαθητές στα συγκεκριμένα μαθήματα, με την υιοθέτηση της διερευνητικής μεθόδου ως δικό τους δημιούργημα, σε συνδυασμό με τα γνωστικά τους αποτελέσματα και τα ποικίλα μη γνωστικά αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν, οδηγούν

στην εκτίμηση ότι η διερευνητική μέθοδος, έναντι των πιο παραδοσιακών μεθόδων, είναι καλύτερο μονοπάτι μάθησης.

7.4 Συζήτηση - Αναστοχασμός

Σε μια τάξη βασισμένη στην έρευνα, οι μαθητές δεν περιμένουν από τον εκπαιδευτικό την απάντηση, αλλά αναζητούν ενεργά λύσεις, σχεδιάζουν έρευνες και θέτουν νέες ερωτήσεις. Οι μαθητές μαθαίνουν να σκέφτονται, να φαντάζονται, να παρατηρούν και να βρίσκουν λύσεις. Αυτές είναι ικανότητες που πρέπει προσφέρονται σε όλους τους μαθητές και όχι μόνο σε όσους θα επιλέξουν, για τις βασικές σπουδές τους, τις Φυσικές Επιστήμες.

Ακολουθώντας τη διερευνητική μέθοδο, η μάθηση των Φυσικών Επιστημών είναι κάτι που κάνουν οι μαθητές, όχι κάτι που γίνεται γι' αυτούς. Συμμετέχοντας ενεργά, μαθαίνοντας να κάνουν τη σωστή ερώτηση, να συλλέγουν και να αναλύουν πληροφορίες, να τις συνδυάζουν και να εξάγουν συμπεράσματα, αναπτύσσουν χρήσιμες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε μελλοντικές καταστάσεις, που οι μαθητές θα συναντήσουν στη ζωή τους.

Οι μαθητές συνειδητοποιούν έτσι, ότι δεν υπάρχει ένα μέρος ή μία πηγή για απαντήσεις, αλλά ότι πολλά εργαλεία είναι χρήσιμα για την εξερεύνηση των προβλημάτων και ότι το σημαντικότερο εργαλείο, είναι η ίδια τους η σκέψη. Η συνειδητοποίηση αυτή τους προσφέρει αυτοπεποίθηση και αυτοεκτίμηση.

Εκτός από την επιστημονική γνώση και τις δεξιότητες, η ανάπτυξη θετικών στάσεων απέναντι στις επιστήμες, είναι επίσης ένας σημαντικός εκπαιδευτικός στόχος. Οι μαθητές πρέπει να μάθουν να εκτιμούν την επιστήμη, να ενδιαφέρονται και να δημιουργούν θετικές απόψεις που σχετίζονται με την επιστήμη. Η επίτευξη αυτών των πολυδιάστατων στόχων, τους δίνει τη δυνατότητα, να συμμετέχουν σε μια κοινωνία που βασίζεται στην επιστημονική συλλογιστική και επηρεάζει τις επιλογές τους.

Η διερευνητική μάθηση, δε χρειάζεται εξωγενή κίνητρα, γιατί η ίδια αποτελεί ένα ισχυρό εσωτερικό κίνητρο που ενεργοποιεί τους μαθητές. Τα πειράματα, μπορεί να αποτιμώνται πολύ θετικά από τους μαθητές και να αυξάνουν το ενδιαφέρον τους, αλλά από μόνα τους, δεν αποτελούν κίνητρο. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, από το τρίτο μάθημα, άρχισαν να μπαίνουν νωρίτερα στην αίθουσα, ώστε να ετοιμάσουν τους υπολογιστές τους και έφευγαν τουλάχιστον έξι με επτά λεπτά αφού χτυπούσε το κουδούνι, χάνοντας το διάλειμά τους. Αυτό επαναλήφθηκε σε όλα τα μαθήματα, από όλες τις ομάδες.

Μετωπικά πειράματα, ωστόσο δεν ήταν η πρώτη φορά που έκαναν. Το κίνητρο λοιπόν, δεν μπορεί να ήταν μόνο τα πειράματα. Από την άλλη, τα μαθήματα της παρέμβασης αυτής δεν ήταν καθόλου εύκολα, ούτε ως προς το περιεχόμενο, ούτε ως προς τη διαδικασία. Υπήρξαν μαθήματα, από τα οποία οι μαθητές έβγαιναν κυριολεκτικά ασθμαίνοντας. Ούτε η ευκολία λοιπόν μπορεί να θεωρηθεί κίνητρο.

Ήταν τελικά η όλη διαδικασία, όλος ο διερευνητικός κύκλος και η συνεργασία τους που τους ενέπνευσε. Το έναυσμα για τη δημιουργία εσωτερικού κινήτρου, φάνηκε από την έρευνα ότι ήταν το αίσθημα ιδιοκτησίας της μάθησης από τις ομάδες, που πηγάζει από τις δράσεις επιλογής και τον έλεγχο της διαχείρισης από τις ομάδες, δηλαδή το πώς

καθορίζεται, εκτελείται και τελικά παρουσιάζεται η εργασία τους, οδηγεί σε πιο ουσιαστική μάθηση και υψηλότερο κίνητρο συμμετοχής.

Η διερευνητική μάθηση αντιμετωπίζει τους μαθητές ως ενεργούς στοχαστές, προσφέροντάς τους το χρόνο και τη δυνατότητα να αναπτύξουν τη δική τους κατανόηση και να δημιουργήσουν τη γνώση, που έχει νόημα γι' αυτούς, καθώς οι ίδιοι αποτελούν την πηγή της πληροφορίας, με τις ερωτήσεις, τις πρακτικές και τα συμπεράσματά τους.

Η εκπαιδευτικός, μέσα σε αυτή τη διαδικασία, είχε υποστηρικτικό ρόλο, βοηθώντας ουσιαστικά τους μαθητές, δηλαδή βοηθώντας τους να αναρωτηθούν την κατάλληλη ερώτηση, που θα τους οδηγήσει συνειρμικά στη λύση, τη στιγμή που το χρειάζονταν.

Η μάθηση πήγαζε μέσα από τις ομάδες. Οι μαθητές, μέσα από τη συνεργασία τους στις ομάδες ρυθμίζουν τη μάθησή τους. Για να ξεκινήσει βέβαια η όποια ρύθμιση, είναι απαραίτητο αν υπάρχει μια αρχική αυτορρύθμιση, ο μαθητής δηλαδή να είναι δεκτικός, να έχει κάποιο ίδιο ενδιαφέρον και μια υποτυπώδη κοινωνικότητα. Αν δεν υπάρχει η αρχική αυτορρύθμιση, τότε η συν-ρύθμιση και η κοινωνική ρύθμιση είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν.

Γνωστικά, η μάθηση από ομότιμους εμπερικλείει συγκρούσεις και πρόκληση. Εκτός από τις γνώσεις, οι μαθητές μέσω εποικοδομητικών συγκρούσεων και επιχειρηματολογίας, κατέληγαν στην κοινωνικά επιμερισμένη μάθηση, η οποία αντανάκλουσε στη δική τους αυτορρυθμιζόμενη μάθηση.

Η επιχειρηματολογία, είναι ιδιαίτερα σημαντική στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, αφού ένας στόχος της επιστημονικής έρευνας είναι η δημιουργία και η δικαιολόγηση των ισχυρισμών της γνώσης, των πεποιθήσεων και των ενεργειών που γίνονται για να κατανοήσουμε τη φύση. Οι συνεργατικές προσπάθειες και η εποικοδομητική επίλυση των συγκρούσεων, διδάσκουν την κοινωνική συνύπαρξη και το σεβασμό στις απόψεις των άλλων, που οδηγούν με τη σειρά τους τελικά στον αυτοσεβασμό.

Όταν ο μαθητής νιώθει ότι η μάθηση είναι δική του ευθύνη και το μάθημα του ανήκει, η προσοχή του είναι δεδομένη, η σκέψη του εστιασμένη και οι πράξεις του στοχευμένες. Όλα αυτά συνθέτουν την ιδανική συνθήκη της μάθησης, δημιουργώντας έναν κύκλο ευνοϊκών συνθηκών, που σε συνδυασμό με το διερευνητικό κύκλο, δημιουργούν την αλυσίδα της ουσιαστικής μάθησης.

7.5 Προτάσεις για την Εφαρμογή της Διερευνητικής Μάθησης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, αλλά και της βιβλιογραφικής επισκόπησης που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας, η διερευνητική μέθοδος μάθησης απεδείχθη επωφελής για τους μαθητές, σε τρία επίπεδα.

Σε ατομικό επίπεδο, οδηγώντας τους στην αυτορρύθμιση της μάθησής τους, δηλαδή στο να μπορούν να παίρνουν αποφάσεις που ρυθμίζουν την επιλογή και τη χρήση διαφόρων μορφών γνώσης, ώστε να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στη δική τους μαθησιακή διαδικασία. Οι αυτορρυθμιζόμενοι μαθητές έχουν θετική αντίληψη για τις δυνατότητές τους και είναι σε θέση να αυτοαξιολογούνται, ώστε διαρκώς να βελτιώνονται.

Σε κοινωνικό επίπεδο, μέσω της επιχειρηματολογίας που ανέπτυσαν στις ομάδες και της συν-ρύθμισης της μάθησής τους σε επίπεδο ομάδας, αλλά και στο ευρύτερο περιβάλλον της τάξης, κατάφεραν να αυτορυθμιστούν μέσω της κοινωνικά επιμερισμένης μάθησης.

Σε γνωστικό επίπεδο, όσοι μαθητές είχαν μια αρχική αυτορρύθμιση, όχι μόνο απαντούσαν σωστά στα θέματα που εξετάστηκαν, αλλά ήταν και σε θέση να ερμηνεύουν επιστημονικά τις απαντήσεις τους. Παράλληλα, βίωσαν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και πράξης, αποκομίζοντας πολλαπλά οφέλη.

Όλα αυτά, δε φάνηκε να συμβαίνουν στο παραδοσιακό μάθημα που γινόταν ταυτόχρονα. Αρκετοί μαθητές της ομάδας ελέγχου απάντησαν σωστά στις ερωτήσεις, αλλά στη δικαιολόγηση δεν εμβάθυναν στις έννοιες τόσο, όσο οι μαθητές της πειραματικής ομάδας.

Επίσης, στην πειραματική ομάδα τα εναλλακτικά ερμηνευτικά σχήματα των μαθητών αναδείχθηκαν σε μεγάλη έκταση μέσα από την αλληλεπίδραση των μαθητών στις ομάδες, ενώ στην ομάδα ελέγχου, έπρεπε οι ίδιοι οι μαθητές να τα επισημάνουν ή να προκύψουν μέσα από στοχευμένες ερωτήσεις της εκπαιδευτικού. Ταυτόχρονα, τα μη γνωστικά οφέλη της διερευνητικής μάθησης, εκ των πραγμάτων αποκλείονται στην πειραματική ομάδα.

Η εργασία αυτή συνεπώς καταλήγει, στο ότι η διερευνητική μάθηση μπορεί και πρέπει να εφαρμόζεται στα σχολεία μας. Οι μαθητές, όπως φάνηκε, δε χρειάζονται ιδιαίτερα κίνητρα για να ασχοληθούν ενεργά με τη μάθησή τους όταν τους δίνεται η δυνατότητα της διερεύνησης. Αυτοί που χρειάζονται κίνητρα, είναι οι εκπαιδευτικοί. Το βιβλίο και η άμεση διδασκαλία, είναι ασφαλή και σίγουρα καταφύγια όταν πρέπει να «βγει η ύλη» και να παραδοθεί βαθμολογία που να στηρίζεται σε «επίσημο διαγώνισμα τετραμήνου».

Η συγκεκριμένη έρευνα όμως έδειξε ότι μια προσεκτικά σχεδιασμένη και εφαρμοσμένη διερευνητική παρέμβαση είναι σε θέση να «βγάλει την ύλη» με πολλαπλάσια οφέλη για τους μαθητές. Από την άλλη, η καθοδηγούμενη διερευνητική μάθηση, κυρίως όταν είναι συνεργατική, έχει κάποιες προϋποθέσεις ώστε κατ' αρχήν να μπορεί να ονομαστεί καθοδηγούμενη διερεύνηση ή συνεργατική μάθηση και κατά δεύτερον να είναι επιτυχής.

Σαν ένα πρώτο βήμα λοιπόν, προς την υιοθέτηση διερευνητικών παρεμβάσεων, προτείνεται η εφαρμογή στην τάξη, διερευνητικών μαθημάτων που έχουν σχεδιαστεί από έμπειρους σχεδιαστές, ώστε οι εκπαιδευτικοί να βιώσουν τις δυσκολίες και τα οφέλη που περιγράφονται σε αυτή την εργασία και να κρίνουν τη βαρύτητά τους.

Επίσης, σύμφωνα με την αποτίμηση της διερευνητικής μεθόδου από τους ίδιους τους μαθητές, χρειάζεται να αφιερώσει κανείς περισσότερο χρόνο στα μαθήματα, ώστε να μην υπάρχει άγχος και βιασύνη, που κάνουν πιθανώς τη διαδικασία να φαντάζει πολύ απαιτητική και δύσκολη. Το να δοθεί ένα συνεχόμενο δίωρο στο ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου για τις Φυσικές Επιστήμες, δεν είναι απλό αλλά ούτε και ανέφικτο, συνεπώς θα πρέπει να επιδιώκεται.

7.6 Περιορισμοί της Έρευνας – Προτάσεις για Μελλοντικές Έρευνες

Η έρευνα ήταν ποιοτική και συγκεκριμένα, ήταν μελέτης περίπτωσης. Το μέγεθος του δείγματος, σαράντα εννέα μαθητές εκ των οποίων οι είκοσι πέντε απάρτιζαν την πειραματική ομάδα, αποτέλεσε έναν περιορισμό στην έρευνα και ως εκ τούτου, τα αποτελέσματά της δεν μπορεί να έχουν γενική ισχύ. Επίσης το δείγμα δεν ήταν τυχαίο, αλλά βολικό, γιατί ανήκε στο σχολείο στο οποίο υπηρετεί η ερευνήτρια.

Η ερευνήτρια ήταν και η σχεδιάστρια των διερευνητικών μαθημάτων και η εκπαιδευτικός που εφάρμοσε την παρέμβαση. Αυτό οδήγησε σε μια πιο σαφή και ολοκληρωμένη άποψη των πεπραγμένων, αλλά ταυτόχρονα αποτέλεσε περιορισμό, καθώς δε μπορούσε να ερευνηθεί έγκυρα και αξιόπιστα η θέση των εκπαιδευτικών στην εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης, ούτε το αν ο σχεδιασμός ήταν ο κατάλληλος.

Άλλος ένας περιορισμός ήταν στο πλήθος των μαθητών στις ομάδες, καθώς δεν επιλέχθηκε, αλλά καθορίστηκε από τον αριθμό των διαθέσιμων laptop, που ήταν πέντε, ενώ ο αριθμός αυτός καθόρισε και το τμήμα των είκοσι πέντε μαθητών. Θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει μία ανάλογη έρευνα με μικρότερο αριθμό μαθητών ανά ομάδα, ώστε να φανεί, αν υπάρχει, κάποια διαφοροποίηση στη συμμετοχή των λιγότερο ενεργών μαθητών.

Επίσης, η έρευνα έγινε σε ένα σχετικά μικρό τμήμα της ύλης της Φυσικής Β΄ Γυμνασίου και δε μπορούν να γενικευτούν τα αποτελέσματα για όλη την ύλη και τις υπόλοιπες τάξεις. Θα είχε ενδιαφέρον, μία ταυτόχρονη έρευνα σε όλες τις τάξεις του Γυμνασίου, με τον ίδιο εκπαιδευτικό, ώστε να φανεί, αν υπάρχει, η διαφοροποίηση της εφαρμογής και των αποτελεσμάτων, σε σχέση με την ανάπτυξη των μαθητών.

Επίσης θα ήταν χρήσιμο, να μελετηθεί η εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μάθησης σε άλλα μαθήματα του Προγράμματος Σπουδών, συναφή και μη προς τις Φυσικές Επιστήμες, γεγονός που θα δημιουργούσε μία κουλτούρα διερευνητικής μάθησης στο σχολείο, δίνοντας την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς για αλληλεπίδραση και συνεργασία.

Η εργασία αυτή περιγράφει τον πρώτο σχεδιασμό και μία πρώτη εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου μάθησης. Τα αποτελέσματα, θα μπορούσαν να αποκαλύψουν πρόσθετες διαστάσεις, αν η μέθοδος εφαρμοζόταν στους ίδιους μαθητές μέσα σε μία μακρόχρονη προοπτική.

Τέλος, κρίνεται σημαντικό να γίνουν πρόσθετες έρευνες σχετικά με τις επιμέρους φάσεις του διερευνητικού κύκλου, τα οφέλη, τις δυσκολίες και τις εκτιμήσεις των μαθητών για αυτές, ώστε να αναδειχθεί η αναγκαιότητά τους σε μία καθοδηγούμενη διερευνητική παρέμβαση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 22(9), 2087-2107. DOI: 10.1007/s11191-012-9520-2
- Abd-El-Khalick F., Boujaoude S., Duschl R., Ledermann N. G., Mamlok-Naaman R., Hofstein A., & Tuan, H. L. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 398-419.
- Akbaş, Y., & Gençtürk, E. (2011). The effect of conceptual change approach to eliminate 9th grade high school students' misconceptions about air pressure. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 11(4), 2207-2222.
- Aksela, M., & Boström, M. (2012). Supporting Students' Interest through Inquiry-Based Learning in the Context of Fuel Cells. *Mevlana International Journal of Education*, 2(3), 53-61.
- Ameyaw-Baah, K., Amoah, C., Annafo, Y., & Darkeh Assem, H. (2018). Investigating the Effect of Enquiry-Based Learning Approach in Science on Junior High School 2 Students in Paradise International School. *International Journal of Scientific Research and Management*, 6(7), 497-505. DOI: 10.18535/ijstrm/v6i7.el02
- Anderman, E., & Sinatra, G. (2009). The Challenges of Teaching and Learning about Science in the 21st Century: Exploring the Abilities and Constraints of Adolescent Learners. Paper commissioned by the *National Academy of Education*, Ανακτηθέν (20/12/2018) από: https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_072608.pdf
- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says About Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. DOI: 10.1023/A:1015171124982
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1–18. DOI: 10.1037/a0021017
- Archer, L., Dewitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). 'Doing' science versus 'being' a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617–639. DOI: 10.1002/sce.20399
- Armstrong H., E. (1903). *The Teaching of Scientific Method and other Papers on Education*. Macmillan, London. Ανακτηθέν (21/8/2018) από: <https://archive.org/details/sciencemethodtea00armsuoft/page/n7>
- Asay, L. & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry in articles published in The Science Teacher. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 57-79. DOI: 10.1007/s10972-009-9152-9
- Azevedo, F. S. (2018). An inquiry into the structure of situational interests. *Science Education*, 102(1), 108–127.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. The Learning Centre of the NSTA. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bandura, A. (1978). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 84, 191-215. DOI: 10.1037/0033-295X.84.2.191

- Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In F. Pajares & T. Urdan (Eds.), *Self-efficacy beliefs of adolescents*, (pp. 307-337). Greenwich, CT: Information Age.
- Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. Edutopia, Ανακτηθέν (20/7/2018) από: <http://www.edutopia.org/pdfs/edutopia-teaching-for-meaningful-learning.pdf>
- Basca, B. & Grotzer, T.A. (2001, April). Focusing on the nature of causality in a unit on pressure: How does it affect students understanding? Paper presented at the *Annual Meeting of the American Educational Research Association*, Seattle, WA, April 10-14.
- Bayram, Z., Oskay Ö., Erdem, E. Özgür, S., & Şen, Ş. (2013). Effect of Inquiry based Learning Method on Students' Motivation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 988-996. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.12.112
- Besson, U. (2004). Students' conceptions of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1683-1714. DOI: 10.1080/0950069042000243745
- Bell, R. L., Smetana, L. K., & Binns, I. C. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- Bernholt, S., Ronnebeck, S., Ropohl, M., Koller, O. and Parchmann, I. (2013). *ASSIST ME. Report on current state of the art in formative and summative assessment in IBE in STM*. ASSIST-ME Report Series Number 1-2.
- Bilgin, I. (2009). The effects of guided inquiry instruction incorporating a cooperative learning approach on university students' achievement of acid and bases concepts and attitude toward guided inquiry instruction. *Scientific Research and Essay*, 4 (10), 1038-1046.
- Bolstad, R., & Hipkins, R. (2008). *Seeing yourself in science: The importance of the middle school years*. Wellington, New Zealand: National Council for Educational Research.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R., Ed. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington: National Academy Press.
- Bruder, R., & Prescott, A. (2013). Research evidence on the benefits of IBL. *ZDM – Mathematics Education*, 45(6), 811–822. DOI: 10.1007/s11858-013-0542-2
- Bruner, J. (1997). Celebrating Divergence: Piaget and Vygotsky. *Human Development*; 40, 63-73. DOI: 10.1159/000278705
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32. Ανακτηθέν (21/9/2018) από: <https://digitalauthorshipuri.files.wordpress.com/2015/01/the-act-of-discovery-bruner1.pdf>
- Bruner, J. (1997). Celebrating Divergence: Piaget and Vygotsky. *Human Development*; 40, 63-73. DOI: 10.1159/000278705
- Buchanan, S., Harlan, M. A., Bruce, C., & Edwards, S. (2016). Inquiry based learning models, information literacy, and student engagement: A literature review. *School Libraries Worldwide*, 22, 23–39. DOI: 10.14265.22.2.03.

Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52–58.

Bulunuz, M., Jarrett, O., & Bulunuz, N. (2009). Middle school students' conceptions on physical properties of air. *Journal of Turkish Science Education*, 6(1), 37-49.

Bunterm, T., Lee, K., Ng, L. K. J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanaovongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959. DOI: 10.1080/09500693.2014.886347

Bybee, R., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.

Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2017). Exploring the Relations of Inquiry-Based teaching to Science Achievement and Dispositions in 54 Countries. *Research in Science Education*, 47, 1-23. DOI: 10.1007/s11165-017-9639-x

Caro, D. H., Lenkeit, J., & Kyriakides, L. (2016). Teaching strategies and differential effectiveness across learning contexts: Evidence from PISA 2012. *Studies In Educational Evaluation*, 49, 30–41.

Caswell, C. J., & LaBrie, D. J. (2017). Inquiry Based Learning from the Learner's Point of View: A Teacher Candidate's Success Story. *Journal of Humanistic Mathematics*, 7(2), 161-186. DOI: 10.5642/jhummath.201702.08

Catania, A. C. (1999). Thorndike's legacy: learning, selection and the law of effect. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 72(3), 425–428.

Clabaugh, G. K. (2010). The Educational Theory of Jerome Bruner: A Multidimensional Analysis. *New Foundations*. Ανακτήθέν (9/7/2018) από: <http://www.newfoundations.net/GALLERY/BrunerTheory.pdf>

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). New York, NY, US: Routledge/Taylor & Francis Group.

Cobern, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., Loving, C., & Gobert, J. D. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 81–96. DOI: 10.1080/02635140903513599

Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1–35. DOI: 10.3102/00346543064001001

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). New York, NY, US: Routledge/Taylor & Francis Group.

Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357. DOI: 10.1002/tea.20053

Darrah, M., Humbert, R., Finstein, J., Simon, M., & Hopkins, J. (2014). Are virtual labs as effective as hands-on labs for undergraduate physics? A comparative study at two major universities. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 803-814.

de Jong, T. (2006). Scaffolds for computer simulation based scientific discovery learning. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Dealing with complexity in learning environments* (pp. 107–128). London: Elsevier Science Publishers.

de Jong, T., Soteriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(3), 1-16. DOI: 10.1186/s40561-014-0003-6

Deters, K. M. (2005). Student Opinions Regarding Inquiry-Based Labs. *Journal of Chemical Education*, 82(8), 1178-1180.

Dewey, J. (1899). *The School and Society*. Chicago: The University of Chicago Press. Ανακτηθέν (9/7/2018) από: <https://archive.org/details/schoolsociety00dewerich/page/n23>

Dewey, J. (1910a). *How we think*. Boston: D.C. Heath and Co. Ανακτηθέν (28/7/2018) από: <https://archive.org/details/howwethink000838mbp/page/n19>

Dewey, J. (1910b). Science as Subject-Matter and as Method. *Science*, 31(787), 121-127. Ανακτηθέν (30/7/2018) από: <https://www.jstor.org/stable/1634781>

Dewey, J. (1916). Method in science teaching. *Science Education*, 1, 3-9. Ανακτηθέν (20/5/2018) από: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.3730010101>

Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M., & van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education. *Educational Research Review*, 22, 194 – 214. DOI: 10.1016/j.edurev.2017.09.002.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's Ideas and the learning of Science. In Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.), *Children's Ideas in Science* (pp. 1-9). Philadelphia: Open University Press.

Duit, R. (1996). The Constructivist View in Science Education. What it Has to Offer and What Should not be Expected From It. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 40-75. Ανακτηθέν (20/8/2018) από: http://www.pre.aegean.gr/lab-fe/downloads/articles/constructivist_view.pdf

Duncan, R. (1995). Piaget and Vygotsky revisited: dialogue or assimilation. *Developmental Review*, 15, 458–472. DOI: 10.1006/drev.1995.1019

Enghag, M. & Niedderer, H. (2008). Two Dimensions of Student Ownership of Learning During Small-Group Work in Physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 629-653. DOI: 10.1007/s10763-007-9075-x

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56 – 59.

Ertmer, P., & Newby, T. (1993). Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72. DOI: 10.1111/j.1937-8327.1993.tb00605.x.

ESTABLISH project. (2011). *Report on how IBSE is implemented and assessed in participating countries: Deliverable 2.1.*

European Commission. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., & Reid, S. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(1), 1-8. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.1.010103

Fung, D., & Lui, W. (2016). Individual to collaborative: guided group work and the role of teachers in junior secondary science classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(7), 1057-1076. DOI: 10.1080/09500693.2016.1177777

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. DOI: 10.3102/0034654312457206

Garrison, D.R., Anderson, T., & Archer, W. (2000). Critical inquiry in a text based environment: computer conferencing in higher education. *The Internet and Higher Education*, 2(2-3), 87-105.

Gibbs, R., & Poskitt, J. (2010). *Student engagement in the middle years of schooling (Years 7-10): A literature review*. Wellington: New Zealand Ministry of Education.

Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693-705. DOI: 10.1002/sce.10039

Gillen, J. (2000). Versions of Vygotsky. *British Journal of Educational Studies*, 48(2), 183-198, DOI: 10.1111/1467-8527.t01-1-00141

Gielen, S., Peeters, E., Dochy, F., Onghena, P. and Stuyven, K. (2010). Improving the effectiveness of peer feedback for learning. *Learning and instruction*, 20, 304-315.

Glough, E.E., & Driver, R. (1985). What do Children Understand about Pressure in Fluids?, *Research in Science & Technological Education*, 3(2), 133-144, DOI: 10.1080/0263514850030106a

Hadwin, A. & Oshige, M. (2011). Self-regulation, co-regulation, and socially shared regulation: exploring perspectives of social in self-regulated learning theory. *Teachers College Record*, 113(2), 240-264.

Halim, L., Yong, T. K., & Meerah, T. S. M. (2014). Overcoming Students' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Creative Education*, 5, 1032-1042. DOI: 10.4236/ce.2014.511117

Hassad, R.A. (2011). Constructivist and Behaviorist Approaches: Development and Initial Evaluation of a Teaching Practice Scale for Introductory Statistics at the College Level. *Numeracy*, 4(2), Article 7. DOI: 10.5038/1936-4660.4.2.7

Hilts, A., Part, R., & Bernacki, M. (2018). The roles of social influences on student competence, relatedness, achievement, and retention in STEM. *Science Education*, 102, 744-770. DOI: 10.1002/sce.21449

Hofstein, A. (2004). The Laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.

- Johnson, R.T. & Johnson, D.W. (1994). An overview of cooperative learning. In J. S. Thousand, R. A. Villa & A. I. Nevin (Eds), *Creativity and collaborative learning: a practical guide to empowering students and teachers* (pp. 31–44). Baltimore, MD: Brookes Press.
- Johnson D.W. & Johnson R.T. (2002). Learning Together and Alone: Overview and Meta-analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, 22(1), 95-105, DOI: 10.1080/0218879020220110
- Jimoyiannis A. (2010). Designing and implementing an integrated Technological Pedagogical Science Knowledge framework for science teacher’s professional development, *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.05.022
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in teaching and learning physics: a case study concerning students’ understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183–204.
- Kang, J. & Keinonen, T. (2018). The Effect of Student-Centered Approaches on Students’ Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. *Research in Science Education*, 48, 865–885. DOI: 10.1007/s11165-016-9590-2
- Kang, N. H., Orgill, M., & Crippen, K. J. (2008). Understanding teachers’ conceptions of classroom inquiry with a teaching scenario survey instrument. *Journal of Science Teacher Education*, 19(4), 337–354. DOI: 10.1007/s10972-008-9097-4
- Kariotoglou, P., & Psillos, D. (1993). Pupils' Pressure Models and their Implications for Instruction. *Research in Science & Technological Education*, 11(1), 95-108. DOI: 10.1080/0263514930110109
- Kim. M. (2018). Understanding children’s science identity through classroom interactions. *International Journal of Science Education*. 40(1), 24-45, DOI: 10.1080/09500693.2017.1395925
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86. DOI:10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P., & de Bruyckere, P. (2017). The myths of the digital native and the multitasker. *Teaching and Teacher Education*, 67, 135-142. DOI: 10.1016/j.tate.2017.06.001
- Kirschner, P., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano, R. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*, 13, 213–233. DOI: 10.1007/s11412-018-9277-y
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. Ανακτηθέν (19/11/2018) από: [file:///C:/Users/HP/Downloads/Experiential Learning Experience As The Source Of %20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Experiential Learning Experience As The Source Of %20(1).pdf)
- Koutselini, M. (2009). Teacher misconceptions and understanding of cooperative learning: An intervention study. *Journal of Classroom Interaction*, 43(2), 34-44.

Lazonder, A.W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. DOI: 10.3102/0034654315627366

Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.

Lee, H., Linn, M., Varma, K. & Liu, O. (2010). How do Technology-Enhanced Inquiry Science Units Impact Classroom Learning? *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 71- 90.

Lehtinen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2016). Preservice teachers' TPACK beliefs and attitudes toward simulations. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 16(2), 151-171.

Leong, S. S. M., Perera, J. S. H. Q., & Shahrill, M. (2015). Identifying the gaps in students' understanding of manometer reading. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4 S1), 27-34. DOI: 10.5901/mjss.2015.v6n4s1p27

Levy, P., Little, S, McKinney, P, Nibbs, A, Wood, J. (2010). *The Sheffield Companion to Inquiry-Based Learning*. Sheffield: Centre for inquiry-based Learning in the Arts and Social Sciences, The University of Sheffield.

Levy, B.L.M., Thomas, E.E., Drago, K., & Rex, L.A. (2013). Examining studies of inquiry-based Learning in three fields of education: Sparking generative conversation. *Journal of Teacher Education*, 64(5), 387-408. DOI: 10.1177/0022487113496430

Linn M.C. Davis E.A. & Bell P. (Eds.), (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Liu, H., & Matthews, R. (2005). Vygotsky's philosophy: Constructivism and its criticisms examined. *International Education Journal*, 6(3), 386-399. Ανακτηθέν (25-8-1018), από: <http://ehlt.flinders.edu.au/education/iej/articles/v6n3/liu/BEGIN.HTM>

Long, S.C.J., & Bae, Y. (2018). Action research: First-year primary school science teachers' conceptions on and enactment of science inquiry in Singapore. *Asia-Pacific Science Education*, 4(2), 1-20. DOI: 10.1186/s41029-017- 0017-9

Loverude, M. E., Heron, P. R. L., & Kautz, C. H. (2010). Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure. *American Journal of Physics*, 78, 75–85. DOI: 10.1119/1.3192767

Malmberg, J., Järvelä, S., & Järvenoja, H. (2017). Capturing temporal and sequential patterns of self-, co-, and socially shared regulation in the context of collaborative learning. *Contemporary Journal of Educational Psychology*, 49, 160–174. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2017.01.009

Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, (69)2, 34-37.

Mäeots, M., Siiman, L., Kori, K., Pedaste, M. (2016). Relation between students' reflection levels and their inquiry learning outcomes. *EDULEARN16 Proceedings: 8th International Conference on Education and New Learning Technologies*, 4th-6th July, Barcelona, Spain.

Mayer, R.E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59, 14–19.

McCASLIN, M. (2009). Co-Regulation of Student Motivation and Emergent Identity, *Educational Psychologist*, 44(2), 137-146. DOI: 10.1080/00461520902832384

McNeill, K. L. & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229. DOI 10.1002/sce.20364

Miller & Hadwin (2015). Scripting and awareness tools for regulating collaborative learning: Changing the landscape of support in CSCL. *Computers in Human Behavior*, 52, 573-588.

Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. DOI: 10.1002/tea.20347

Moore, E.B., Herzog, T. A & Perkins, K. K, (2013). Interactive Simulations As Implicit Support For Guided-Inquiry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 14, 257-268.

Mustafa, M., & Trudel, L. (2013). The Impact of Cognitive Tools on the Development of the Inquiry Skills of High School Students in Physics. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 4(9), 124-129.

National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.

National Research Council. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Committee on Science Learning, Kindergarten through Eighth Grade. R.A. Duschl, H.A. Schweingruber, and A.W. Shouse (Eds.). Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council (2015). *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

O'Keefe, P.A., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). The Role of Interest in Optimizing Performance and Self-Regulation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 53, 70–78. DOI: 10.1016/j.jesp.2014.02.00

O'Neill, T. (2010). Fostering Spaces of Student Ownership in Middle School Science. *Equity & Excellence in Education*, 43(1), 6-20. DOI: 10.1080/10665680903484909

- O'Neill, T. & Barton, A.C. (2005). Uncovering student ownership in science learning: the making of a student created mini-documentary. *School Science and Math Journal*, 105(6), 292-301. DOI: 10.1111/j.1949-8594.2005.tb18130.x
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049- 1079. DOI: 10.1080/0950069032000032199
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020.
- Ozkara, B.O., & Cakir, H. (2018). Participation in online courses from the students' perspective. *Interactive Learning Environments*, 26(7), 924-942, DOI: 10.1080/10494820.2017.1421562
- Palmer, D. H. (2009). Student interest generated during an inquiry skills lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 147–165.
- Panitz, T. (1996). Collaborative versus cooperative learning: A comparison of the two concepts which will help us understand the underlying nature of interactive learning. Ανακτηθέν (24/12/2018) από: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448443.pdf>
- Papert, S. (1988). The Conservation of Piaget: The Computer as Grist. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 3-14). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. Ανακτηθέν (21/9/2018) από: <http://dailypapert.com/wp-content/uploads/2015/11/Best-The-Conservation-of-Piaget.pdf>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003
- Perkins, K., Adam, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & Lemaster, R. (2006). Phet: interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44, 18-23.
- Pizzolato, N., Fazio, C., Mineo, R. M. S., & Dominique Persano Adorno, D. P. (2014). Open-inquiry driven overcoming of epistemological difficulties in engineering undergraduates: A case study in the context of thermal science. *Physics Review Special Topics - Physics Education Research*, 10, 1-25. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.10.010107
- Reid, D. J., Zhang, J., & Chen, Q. (2003). Supporting scientific discovery learning in a simulation environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(1), 9-20.
- Renken, M., & Nunez, N. (2013). Computer simulations and clear observations do not guarantee conceptual understanding. *Learning and Instruction*, 23, 10-23. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2012.08.006
- Renner, J. W. and Marek, E. A. (1990). An educational theory base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (3), 241–246. DOI: 10.1002/tea.3660270307
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2018). Collaborative learning effects when students have complete or incomplete knowledge. *Applied Cognitive Psychology*, 32, 681–692. DOI: 10.1002/acp.3444

- Rodriguez, M. A. (2014). Content Analysis as a Method to Assess Online Discussions for Learning. *SAGE Open*, 4(4), 1-13. DOI: 10.1177/2158244014559019
- Rudolph, J. L. (2005). Epistemology for the masses: The origins of the scientific method in American schools. *History of Education Quarterly*, 45, 341–376. DOI: 10.1111/j.1748-5959.2005.tb00039.x
- Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345 – 372.
- Saunders-Stewart, K. S., Gyles, P. D. T., & Shore, B. M. (2012). Student outcomes in inquiry instruction: A literature-derived inventory. *Journal of Advanced Academics*, 23, 5-31. DOI: 10.1177/1932202X11429860
- Saunders-Stewart, K. S., Gyles, P. D. T., Shore, B. M., & Bracewell, R. J. (2015). Student outcomes in inquiry: Students' perspectives. *Learning Environments Research*, 18, 289- 311. DOI: 10.1007/s10984-015-9185-2
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T.-Y., & Lee, Y.-H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 1436–1460. DOI:10.1002/tea.20212
- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories, an Educational Perspective* (6th ed.). Boston, MA: Pearson Education Inc.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111–139. DOI: 10.1007/s11165-005-3917-8
- Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S., & Härtig, H. (2016). What Students Learn From Hands-On Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 980-10002. DOI: 10.1002/tea.21320
- Séré, M. (1982). A study of some frameworks used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of air pressur. *European Journal of Science Education*, 4(3), 299-309. DOI: 10.1080/0140528820040309
- Séré, M. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8(4), 413-425. DOI: 10.1080/0140528860080408
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4–13. DOI: 10.2307/1176193
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17, 159–176.
- Silk, E. M., Schunn, C. D., & Cary, M. S. (2009). The Impact of an Engineering Design Curriculum on Science Reasoning in an Urban Setting. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 209–223.
- Silm, G., Tiitsaar, K., Pedaste, M., Zacharia, Z. C., Papaevripidou, M. (2017). Teachers' Readiness to Use Inquiry-based Learning: An Investigation of Teachers' Sense of Efficacy and Attitudes toward Inquiry-based Learning. *Science Education International*, 28(4), 315-325.
- Skinner, B. F. (1974). *About behaviorism*. New York: Knopf. Ανακτηθέν (1/9/2018) από: http://fitelson.org/prosem/skinner_2.pdf

Songer, N.B., Kelcey, B., & Gotwals, A. (2009). How and When Does Complex Reasoning Occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching* (46) 6, 610-631.

Songer, N. B., & Kali, Y. (2014). Science Education and the Learning Sciences as Coevolving Species. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd Edition). New York, NY: Cambridge University Press. DOI: 10.1017/CBO9781139519526.034

Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1812-1831, DOI: 10.1080/09500693.2018.1504346

Stewart, M. (2012). Understanding learning: theories and critique. In L. Hunt & D. Chalmers (Eds), *University teaching in focus: a learning-centred approach* (pp. 3–20). Melbourne: ACER Press.

Sularso, S., Sunarno, W., Sarwanto, S. (2017). Understanding students' concepts through guided inquiry learning and free modified inquiry on static fluid material. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 2(1), 363-367. DOI: 10.20961/ijscs.v2i1.16746

Taylor, A. (2011). Top 10 reasons students dislike working in small groups . . . and why I do it anyway. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 39(3), 219-220. DOI: 10.1002/bmb.20511

Teig, N., Scherer, R., & Nilsen, T. (2018). More isn't always better: The curvilinear relationship between inquiry-based teaching and student achievement in science. *Learning and Instruction*, 56, 20-29. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2018.02.006

Thorndike, E. L. (1948). The future of measurements of abilities. *British Journal of Educational Psychology*, 18, 21-25. DOI:10.1111/j.2044-8279.1948.tb01323.x

Topping, K. (2005). Trends in Peer Learning. *Educational Psychology*, 25(6), 631–645. DOI: 10.1080/01443410500345172

van Joolingen W.R., & Zacharia Z.C. (2009). Developments in Inquiry Learning. In: Balacheff N., Ludvigsen S., de Jong T., Lazonder A., Barnes S. (eds) *Technology-Enhanced Learning* (pp. 21-37). Springer, Dordrecht. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7_2

van Uum, M., Verhoeff, R. & Peeters, M. (2016). Inquiry based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*, 38(3), 450-469. DOI: 10.1080/09500693.2016.1147660

van Uum, M., Verhoeff, R., & Peeters, M. (2017). Inquiry based science education: scaffolding pupils' self-directed learning in open inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(18), 2461-2481, DOI: 10.1080/09500693.2017.1388940

Voet, M., & de Wever, B. (2018). Effects of immersion in inquiry-based learning on student teachers' educational beliefs. *Instructional Science*, 46(3), 383–403.

Voet, M., & de Wever, B. (in press). Teachers' adoption of inquiry-based learning activities: The importance of beliefs about education, the self, and the context. *Journal of Teacher Education*.

- Vonderwell, S. (2003). An examination of asynchronous communication experiences and perspectives of students in an online course: a case study. *Internet and Higher Education*, 6, 77 – 90. DOI:10.1016/S1096-7516(02)00164-1
- Vonderwell, S., Liang, X. & Alderman, K. (2007). Asynchronous Discussions and Assessment in Online Learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 309-328.
- Wang, P.H., Wu, P.L., Yu, K.W. & Lin, Y.X. (2015). Influence of Implementing Inquiry-based Instruction on Science Learning Motivation and Interest: A Perspective of Comparison. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174(12), 1292-1299. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.750
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20(2), 158-177. Ανακτηθέν (21/9/2018) από: Classics in the History of Psychology Green, C. D. <https://psychclassics.yorku.ca/Watson/views.htm>
- Watts, D. M. (1983). A study of alternative frameworks in school science. Unpublished PhD thesis, University of Surrey.
- Wheatley, K. (2018). Inquiry-Based Learning: Effects on Student Engagement. *Honors Projects*, 417, 1-26.
- White, B. Y., Shimoda, T. A., & Frederiksen, J. R. (1999). Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10(2), 151-182.
- Widowati, A., Nurohman, S., & Anjarsari, P. (2017). Developing Science Learning Material with Authentic Inquiry Learning Approach to Improve Problem Solving and Scientific Attitude. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1), 32-40. DOI: 10.15294/jpii.v6i1.4851
- Wieman, C.E., Adam, W. K., Loeblin, P & Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Sing Simulations Phet Simulations. *The Physics Teacher*, 8, 225-227.
- Williams, P. J. & Otrell-Cass, K. (2017). Teacher and student reflections on ICT-rich science inquiry, *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 88-107, DOI: 10.1080/02635143.2016.1248928
- Windholz, G. (1990). Pavlov and the Pavlovians in the laboratory. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 26, 64-74.
- Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89 – 100. DOI: 10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x
- Woods-McConney, A., Oliver, M.C. McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Science Engagement and Literacy: A retrospective analysis for students in Canada and Australia. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1588-1608. DOI: 10.1080/09500693.2013.871658
- Wu, H.K. & Hsieh, C.E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313.
- Yuliati, L., Riantoni, C., & Mufti, N. (2018). Problem Solving Skills on Direct Current Electricity through Inquiry-Based Learning with PhET Simulations. *International Journal of Instruction*, 11(4), 123-138. DOI: 10.12973/iji.2018.1149a

Zacharia, Z.C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S.A. Kamp, E., Mäeots, M., Siiman, L., & Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63(2), 257–302.

Zachos, P., Hick, T. L., Doane, W., & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.

Zhang, L., Kalyuga, S., Lee, C., & Lei, C. (2016). Effectiveness of collaborative learning of computer programming under different learning group formations according to students' prior knowledge: A cognitive load perspective. *Journal of Interactive Learning Research*, 27(2), 171–192.

Zimmerman, B. J. (1986). Development of self-regulated learning: Which are the key subprocesses? *Contemporary Educational Psychology*, 16, 301-313.

Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329–339.

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσιμπα, Λ. (2000). *Φυσική Β' Γυμνασίου, Βιβλίο του Καθηγητή*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Βαϊνάς Δ., Βλάσση Μ., Καραλιώτα Α. (2007). Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης Χημείας (αντιδράσεις απλής αντικατάστασης), *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 15-18 Μαρτίου 2007, 5(B), 716-724.

Καμπουράκης, Κ., & Τσαπαρλής Γ. (2007). Ιδέες των μαθητών (12-15 ετών) σε σχέση με θεμελιώδεις ιδιότητες της ατμοσφαιρικής πίεσης, *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 15-18 Μαρτίου 2007, 5(B), 499-508.

Καμπάντας, Σ. (2017). *Συνεργατική διερεύνηση μαθητών του Δημοτικού: Μία μελέτη με χρήση διαδικτυακών περιβαλλόντων και κινητών συσκευών*. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος.

Νιφόρα, Ν. (2015). *Διερευνητικές μαθησιακές δραστηριότητες βασισμένες σε ΤΠΕ: Μια διδακτική παρέμβαση για έννοιες του ηλεκτρισμού στο δημοτικό Σχολείο*. Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος.

Στασινάκης, Π. (2015). Το Διδακτικό Μοντέλο των 5Ε και η εφαρμογή του στη Βιολογία: φύλλα εργασίας στην καθημερινή διδακτική πρακτική για τα μαθήματα του Λυκείου, *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση»*, 13-15 Νοεμβρίου 2015, 93-97. Κατερίνη: Πανελλήνια Ένωση Βιοεπιστημόνων. ISBN: 978-618- 81159-1-0.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι Φύλλα εργασίας πρώτης ενότητας μαθημάτων

ΘΕΜΑ 1

Φύλλο εργασίας 1

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 3 λεπτά)

Δύο φακίρηδες κομπάζουν για τα κατορθώματά τους. Ο ένας λέει: «Μπορώ να ξαπλώσω πάνω σε ένα καρφί χωρίς να τρυπηθώ!».

Ο άλλος απαντάει: «Σιγά το κατορθώμα! Εγώ μπορώ να ξαπλώσω πάνω σε 200 καρφιά χωρίς να τρυπηθώ!!!».

Ποιος πιστεύετε ότι είναι ο πραγματικός φακίρης;

Γράψτε την εξήγησή σας:



2. Αντίληψη προβλήματος (~ 5 λεπτά)

Δραστηριότητα

Βάλτε ένα βιβλίο **οριζόντια** πάνω στο κεφάλι σας.

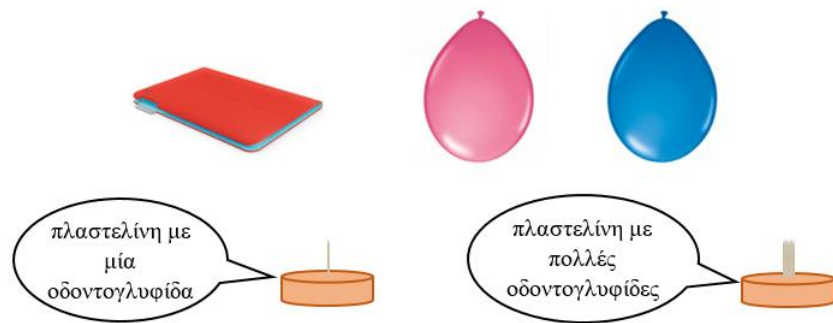
Βάλτε το ίδιο βιβλίο **κάθετα** πάνω στο κεφάλι σας. Τι νιώθετε; Τι άλλαξε και τι έμεινε σταθερό;

3. Διερεύνηση

3.1 Παρουσίαση υλικών και γενικού ερωτήματος από την καθηγήτρια (~ 2 λεπτά)

Τα υλικά που έχετε είναι ένα βιβλίο, δύο όμοια μπαλόνια (και το ίδιο φουσκωμένα) και δύο πλαστελίνες. Στη μία πλαστελίνη είναι στερεωμένη μία οδοντογλυφίδα και στην άλλη πολλές.

Το μπαλόνι θα σκάσει αν έρθει σε επαφή με τις οδοντογλυφίδες ασκώντας του κάποια δύναμη; Μπορεί και να μην σκάσει;



3.2 Δημιουργία Υποθέσεων και Ερευνητικών ερωτημάτων (~ 10 λεπτά)

Καταγράψτε τις υποθέσεις σας.

Συζητήστε στην ομάδα σας και δημιουργήστε **ερευνητικά ερωτήματα** που να αντιστοιχούν στις υποθέσεις.

Να αποφασίσετε τι θα ελέγξετε στο πείραμά σας και **ποιο φυσικό μέγεθος** θα παραμένει σταθερό.

Πώς μπορείτε να **διασφαλίσετε** ότι θα μείνει **σταθερό**;

Τα μπαλόνια που θα χρησιμοποιήσετε είναι όμοια.

3.3 Σχεδίαση και Εκτέλεση Πειράματος (~ 5 λεπτά)

Σχεδιάστε πειράματα που να απαντούν στα ερευνητικά σας ερωτήματα σχετικά με το πότε θα σκάσει το μπαλόνι.

Σημειώστε στον πίνακα **ποιο φυσικό μέγεθος θα μεταβάλλετε και τι θα πρέπει να μείνει σταθερό** για να μπορέσετε να συγκρίνετε. Στη συνέχεια εκτελέστε τα πειράματά σας.

	Αρχικά	Αποτέλεσμα	Τελικά	Αποτέλεσμα
Κρατάω σταθερό				
Μεταβάλλω				

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε από τα πειράματα με τα μπαλόνια.

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Μπορείτε τώρα να απαντήσετε στο αρχικό ερώτημα; Ποιος φακίρης κάνει πραγματικά κάτι απίθανο;

Πώς καταφέρνει ο άλλος να ξαπλώνει πάνω σε 200 καρφιά; Γράψτε την εξήγησή σας:

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις εξηγήσεις σας)

- 1) Γιατί τα μαχαίρια από τη μία όψη κόβουν και από την άλλη όχι;

- 2) Γιατί στα χιονοδρομικά κέντρα απαγορεύεται να μπει με τα παπούτσια ή ακόμα χειρότερα φορώντας πατίνια αλλά επιβάλλεται να φοράς πέδιλα του σκι; (δώστε επιστημονική εξήγηση)

- 3) Παρακολουθήστε στο YouTube το βίντεο Walking On Eggs - Sick Science! #069 και δώστε την ερμηνεία σας. Γιατί δεν σπάνε τα αυγά;

ΘΕΜΑ 1

Φύλλο εργασίας 2

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο ομαδικό φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)

Μία οικογένεια πήγε σε μια παραλία με άμμο. Η μαμά είχε κρύψει στην τσάντα της γλυκά για να τα φάνε μετά το μπάνιο. Ο μικρός της οικογένειας, αποφάσισε όσο οι άλλοι θα κάνανε μπάνιο, να φάει τα γλυκά μόνος του και να κάνει τον αθώο.

Σκέφτηκε ότι αν βάλει τα παπούτσια του πατέρα του, τα αποτυπώματα θα είναι πλατιά και όλοι θα νομίσουν ότι τα γλυκά τα έφαγε ο μπαμπάς.

Μόλις η μαμά βγήκε από τη θάλασσα και έψαξε για τα γλυκά, τον κατάλαβε αμέσως. Ο μικρός ήταν άτυχος, γιατί ήξερε λιγότερη Φυσική από τη μαμά του!



Καταγράψτε την υπόθεσή σας. **Πώς τον κατάλαβε τον μικρό η μαμά;**

2. Αντίληψη προβλήματος (~ 3 λεπτά)

Δραστηριότητα

Βάλτε **1** βιβλίο οριζόντια πάνω στο κεφάλι σας. Τι νιώθετε;

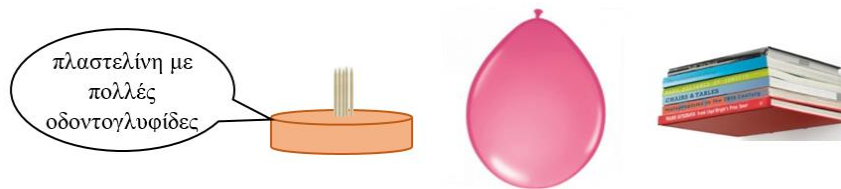
Βάλτε **2** ή **3** βιβλία οριζόντια πάνω στο κεφάλι σας. Τι νιώθετε; Τι άλλαξε και τι έμεινε σταθερό;

3. Διερεύνηση

3.1 Παρουσίαση υλικών και γενικού ερωτήματος από την καθηγήτρια (~ 2 λεπτά)

Τα υλικά που έχετε είναι βιβλία, ένα μπαλόνι και μία πλαστελίνη με πολλές οδοντογλυφίδες.

Το μπαλόνι στο προηγούμενο πείραμα δεν έσκασε όταν ήρθε σε επαφή με τις πολλές οδοντογλυφίδες ασκώντας του κάποια δύναμη. Μπορείτε να σκεφτείτε κάποιον τρόπο για να σκάσει;



3.2 Δημιουργία Υποθέσεων και Ερευνητικών ερωτημάτων (~ 10 λεπτά)

Καταγράψτε την υπόθεσή σας.

Δημιουργείστε **ερευνητικό ερώτημα** που να αντιστοιχεί στην υπόθεσή σας. Συζητήστε για το τι θα ελέγξετε σε σχέση με **ποιο φυσικό μέγεθος** και **ποιο φυσικό μέγεθος** θα μένει σταθερό.

3.3 Σχεδίαση και Εκτέλεση Πειράματος (~ 5 λεπτά)

Σχεδιάστε πείραμα που να απαντά στο ερευνητικό σας ερώτημα σχετικά με το πότε θα σκάσει το μπαλόνι. Καταγράψτε **ποιο φυσικό μέγεθος θα μεταβάλλετε και τι θα πρέπει να μείνει σταθερό** για να μπορέσετε να συγκρίνετε. Στη συνέχεια εκτελέστε το πείραμά σας.

	Αρχικά	Αποτέλεσμα	Τελικά	Αποτέλεσμα
Κρατάω σταθερό				
Μεταβάλλω				

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε.

5. Επικοινωνία - Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

- 1) Μπορείτε τώρα να απαντήσετε στο αρχικό ερώτημα; Πώς τον κατάλαβε τον μικρό η μαμά;
- 2) Η σχέση που βρήκατε ισχύει μόνο για το βάρος; Αν το πείραμα γινόταν οριζόντια και μπορούσες να ελέγξεις την δύναμη θα άλλαζε κάτι; Δώστε ένα δικό σας παράδειγμα.

6. Εμβάθυνση – Γενίκευση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις εξηγήσεις σας)

- 1) Παρακολουθήστε στο YouTube το βίντεο Walking On Eggs - J House Vlogs (10:10 – 10:30) και δώστε την ερμηνεία σας. Γιατί αυτή τη φορά σπάνε τα αυγά, ενώ στο προηγούμενο ανάλογο video δεν έσπαγαν;

- 2) Το αποτύπωμα από τα παπούτσια σας θα είναι περισσότερο ή λιγότερο βαθύ στον Άρη; Δώστε την ερμηνεία σας.

- 3) Γιατί οι βαριές σακούλες για ψώνια μας «κόβουν» τα χέρια; Θα γινόταν το ίδιο αν είχαν φαρδιά χερούλια;

Όνοματεπώνυμο:

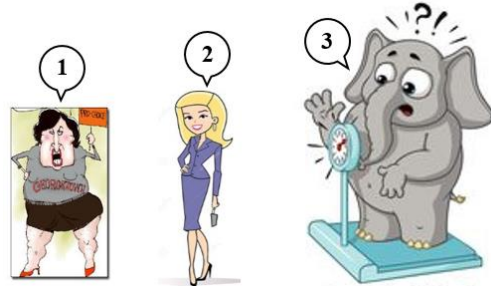
Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)

Από τις τρεις «κυρίες» που απεικονίζονται στην διπλανή εικόνα **ποια θα βούλιαζε περισσότερο** στο μαλακό χώμα και **ποια λιγότερο;**

Καταγράψτε την υπόθεσή σας αιτιολογώντας την.



2. Προβληματισμός (~ 5 λεπτά)

Μπορείτε να ερμηνεύσετε το βάθος του αποτυπώματος **μόνο με ένα φυσικό μέγεθος;** Εξηγήστε το γιατί.

3. Διερεύνηση – Σύνθεση (~ 10 λεπτά)

Ανακαλώντας τις γνώσεις σας από τα δύο προηγούμενα μαθήματα, σκεφτείτε **ποια φυσικά μεγέθη** πρέπει να συνδυαστούν για να απαντήσετε στο πότε βουλιάζει περισσότερο.

Με ποιο τρόπο πρέπει να συνδυαστούν τα φυσικά αυτά μεγέθη ώστε να ερμηνεύουν το βούλιαγμα;

Μπορείτε να **δημιουργήσετε ένα φυσικό μέγεθος** που να εμπερικλείει τις σχέσεις που περιγράψατε για τα άλλα φυσικά μεγέθη από τα οποία εξαρτάται; **Πώς θα το ονομάζατε** και ποια θα ήταν η **μονάδα μέτρησής** του;

Αν η κύρια γλώσσα σας ήταν τα Αγγλικά και αφού η πίεση στα Αγγλικά είναι pressure με ποιο γράμμα θα τη **συμβολίζατε**;

4. Συμπεράσματα – Εφαρμογή (~ 10 λεπτά)

1) Μία γυναίκα 60 κιλών ή ένας ελέφαντας 6000 κιλών θα αφήσει μεγαλύτερο αποτύπωμα στο έδαφος;

Η ομάδα χωρίζεται στα τρία. Δύο από την ομάδα θα είναι υποστηρικτές του ελέφαντα στην άσκηση μεγαλύτερης πίεσης. Οι **άλλοι δύο** από την ομάδα θα είναι υποστηρικτές του τακουνιού της γυναίκας στην άσκηση μεγαλύτερης πίεσης. Ο **πέμπτος** της ομάδας θα έχει το ρόλο συντονιστή και θα καταγράψει τα τελικά αποτελέσματα.

Οι υποστηρικτές του ελέφαντα θα βρουν την πίεση που θα ασκηθεί στο έδαφος από τον ελέφαντα, αν το βάρος του είναι 60000 N και το εμβαδόν της επιφάνειας της πατούσας του είναι $0,5 \text{ m}^2$.

Οι υποστηρικτές του τακουνιού της γυναίκας θα βρουν την πίεση που θα ασκηθεί στο έδαφος από το τακούνι, αν το βάρος της γυναίκας είναι 600 N και το εμβαδόν της επιφάνειας του τακουνιού είναι $0,0001 \text{ m}^2$.

(προσοχή: Ο ελέφαντας έχει 4 πόδια και η γυναίκα 2)

Υποστηρίζω γιατί

.....

.....

.....

Ποιος είναι ο νικητής και γιατί;

.....

Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η πίεση;

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός – Γενίκευση (~ 10 λεπτά)
Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

- 1) Τώρα, ποια από τις τρεις κυρίες της εικόνας πιστεύετε ότι θα **βούλιαζε περισσότερο** στο μαλακό χώμα και **ποια λιγότερο**; Δικαιολογήστε την απάντησή.

- 2) Γιατί πιστεύετε ότι οι Φυσικοί ορίζουν καινούριες έννοιες και δεν «βολεύονται» με κάποιο γνωστό τους φυσικό μέγεθος; Μπορείτε να θυμηθείτε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις που ορίσαμε καινούριες έννοιες;

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις εξηγήσεις σας)

- 1) Γιατί τα ελαστικά των **φορτηγών** είναι **φαρδιά**, ενώ των ποδηλάτων είναι στενά;

- 2) Οι καμήλες και τα άλογα έχουν περίπου το ίδιο βάρος. Γιατί οι **πατούσες** της καμήλας είναι πιο πλατιές;

- 3) Με ποιους **δύο τρόπους** θα μπορούσατε να **μειώσετε** την πίεση που δέχεται μία επιφάνεια;

Παράρτημα II Φύλλα εργασίας δεύτερης ενότητας μαθημάτων

ΘΕΜΑ 2

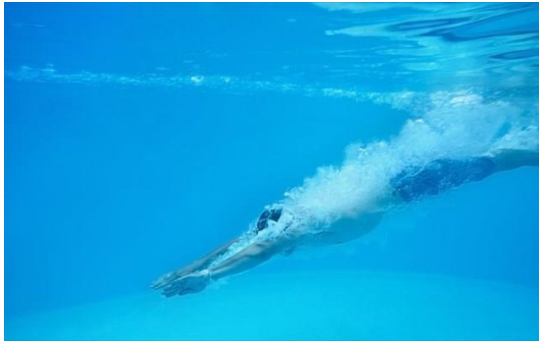
Φύλλο εργασίας 1

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)



Έχετε παρατηρήσει ότι πολλές φορές «βουλώνουν» τα αυτιά σας όταν βουτάτε πιο βαθιά στην πισίνα ή στη θάλασσα; Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;

2. Αντίληψη προβλήματος (~ 5 λεπτά)

Τι πιστεύετε ότι σημαίνει υδροστατική πίεση; Από ποια συνθετικά παράγεται η λέξη «υδροστατική» και τι σημαίνουν;

Η υδροστατική πίεση υπάρχει μόνο μέσα στο νερό; Αν βουτούσατε μέσα σε πορτοκαλάδα πιστεύετε ότι δεν θα νιώθατε πίεση;

3. Διερεύνηση

Δραστηριότητα (~ 8 λεπτά)

Συζητήστε ανά ομάδα για το **πού** πιστεύετε ότι **οφείλεται η υδροστατική πίεση**.

Βοήθεια: Τα υγρά έχουν βάρος; Πατήστε στο Google “ISS water” για να δείτε τι κάνει το νερό στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό.

Εκεί υπάρχει υδροστατική πίεση;

Καταγράψτε τις απόψεις σας:

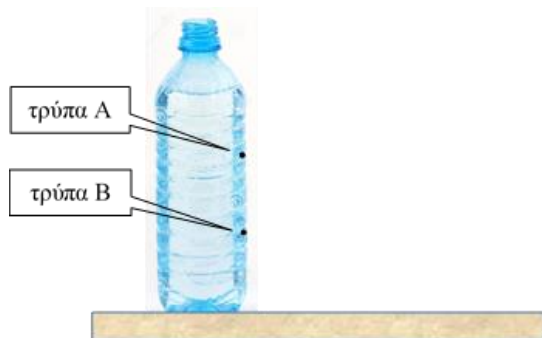


3.1 Παρουσίαση υλικών και γενικού ερωτήματος από την καθηγήτρια (~ 2 λεπτά)

Έχετε ένα μπουκάλι με νερό, στο οποίο έχουν ανοιχτεί δύο όμοιες τρύπες, σε διαφορετικό βάθος, βουλωμένες με πινέζες.

Αν βγάλετε τις πινέζες **πώς θα πεταχτεί** το νερό από τις τρύπες του μπουκαλιού;

3.2 Δημιουργία Υποθέσεων και ερευνητικών ερωτημάτων (~ 3 λεπτά)



Καταγράψτε την **υπόθεσή** σας και **σχεδιάστε** κατ' εκτίμηση την πορεία του νερού που περιμένετε.

Δημιουργείστε **ερευνητικό ερώτημα**, αντίστοιχο της υπόθεσής σας. Συζητήστε για **ποια φυσικά μεγέθη** πρόκειται.

3.3 Εκτέλεση Πειράματος (~ 4 λεπτά)

Εκτελέστε το πείραμα, προσέχοντας να είναι αρκετά ψηλά το μπουκάλι ώστε να φαίνεται το πώς βγαίνει το νερό από τις τρύπες και το πόσο μακριά πάει.

4. Συμπεράσματα (~ 3 λεπτά)

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε από το πείραμα. Η πορεία του νερού όπως τη σχεδιάσατε πριν ήταν σωστή; Αν όχι, διορθώστε την.

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Μπορείτε τώρα να απαντήσετε στα αρχικά ερωτήματα; **Πού οφείλεται** η υδροστατική πίεση; **Γιατί βουλώνουν** τα αυτιά μας όταν βουτάμε πιο βαθιά; Γράψτε τις εξηγήσεις σας:

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις εξηγήσεις σας)

Δείτε τι συμβαίνει σε ένα μπουκάλι με αέρα στα 10 m βάθος. Γιατί συμβαίνει αυτό;
<https://www.youtube.com/watch?v=ELltLFFK6yg>

Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στους πνεύμονές μας σε μεγάλο βάθος;
<https://www.youtube.com/watch?v=X7roaf8kckM>

Ενδιαφέρον: Πώς λούζονται οι αστροναύτες στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό;
<https://www.youtube.com/watch?v=uIjNfZbUYu8>



Μπορείτε να σκεφτείτε εκτός από το βάθος και **άλλους παράγοντες** από τους οποίους φαντάζεστε ότι μπορεί να **εξαρτάται** η υδροστατική πίεση και θα θέλατε να τους διερευνήσετε;
Καταγράψτε τους.

ΘΕΜΑ 2

Φύλλο εργασίας 2

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)

Αν μπορούσαμε να βουτήξουμε μέσα σε μια πισίνα από μέλι ή λάδι πιστεύετε ότι στο ίδιο βάθος θα νιώθαμε την ίδια πίεση με αυτή που νιώθουμε όταν βουτάμε σε νερό;



Αν πηγαίναμε την κλειστή πισίνα μας στον Δία ή τη Σελήνη πιστεύετε ότι στο ίδιο βάθος θα νιώθαμε την ίδια πίεση;

2. Αντίληψη προβλήματος – Υποθέσεις (~ 5 λεπτά)

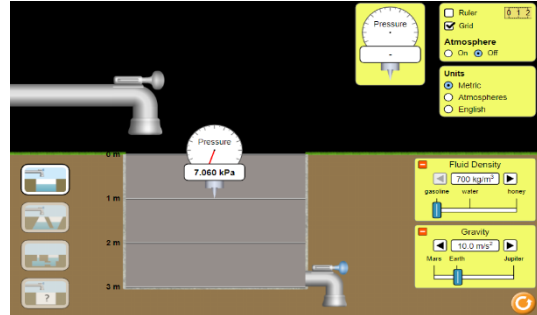
Μπορείτε να συνδέσετε τις πάνω εικόνες με **φυσικά μεγέθη** ώστε να βρείτε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από αυτά τα μεγέθη; Για ποια μεγέθη πιστεύετε ότι πρόκειται; Με ποιον **τρόπο** πιστεύετε ότι εξαρτάται η υδροστατική πίεση από αυτά τα μεγέθη; Καταγράψτε τις υποθέσεις σας.

3. Διερεύνηση (~ 15 λεπτά)

Μέσω του εικονικού πειράματος του **phet**, «**under pressure**», μπορείτε να ελέγξετε τις υποθέσεις σας.

Ξεφορτωθείτε την ατμόσφαιρα ώστε να επικεντρωθείτε στην υδροστατική πίεση. Συζητείστε για το **ποιο μέγεθος θα μεταβάλλετε**, με **ποιο τρόπο** και **ποια μεγέθη θα κρατάτε σταθερά** σε κάθε πείραμα ώστε να μπορείτε να συγκρίνετε.

Καταγράψτε τα σχέδιά σας.



Στο 1^ο πείραμα

Στο 2^ο πείραμα

Εκτελέστε τα πειράματα που έχετε σχεδιάσει και καταγράψτε τα δεδομένα στον πίνακα, στρογγυλοποιώντας τις τιμές.

	Μεταβάλλω		Αποτέλεσμα υδροστατικής πίεσης	
	από την τιμή	στην τιμή	από	έγινε
Κρατάω σταθερά				
στο 1 ^ο πείραμα				
στο 2 ^ο πείραμα				

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

Καταγράψτε τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξατε από τα πειράματα.

1° Πείραμα

2° Πείραμα

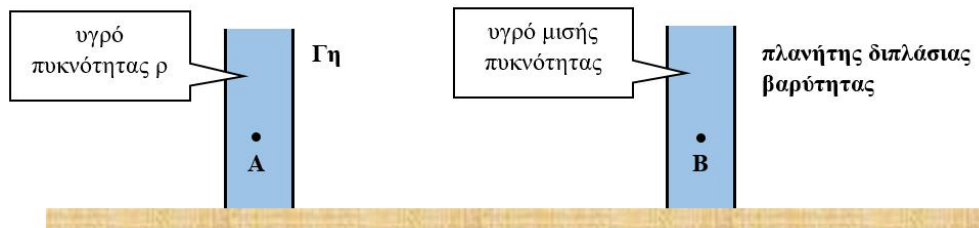
5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Μπορείτε τώρα να απαντήσετε στο αρχικό ερώτημα; Η πυκνότητα του υγρού και η επιτάχυνση της βαρύτητας **επηρεάζουν** την υδροστατική πίεση; Με **ποιον τρόπο**; Γράψτε την εξήγησή σας:

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε την εξήγησή σας)

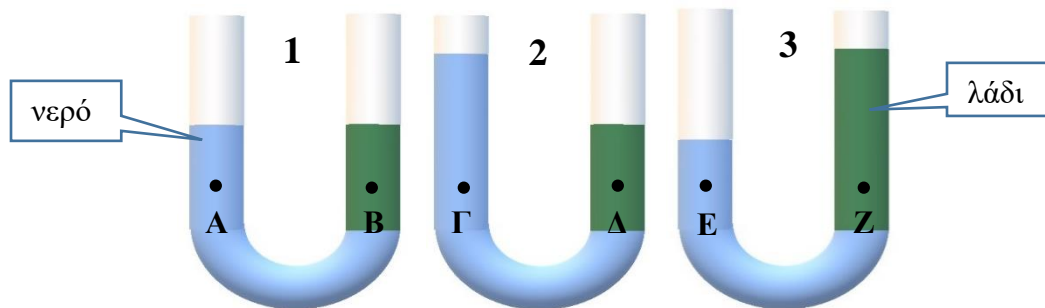
1)



Τα σημεία A και B βρίσκονται στο ίδιο βάθος στα δύο δοχεία, αλλά το δεύτερο δοχείο έχει υγρό μισής πυκνότητας και βρίσκεται σε πλανήτη διπλάσιας βαρύτητας από το πρώτο. Η υδροστατική πίεση στο σημείο B θα είναι:

- α) διπλάσια από την πίεση στο σημείο A
β) μισή από την πίεση στο σημείο A
γ) ίδια με την πίεση στο σημείο A
Δικαιολογήστε την απάντηση.

- 2) Για να ισορροπούν τα υγρά μέσα στους σωλήνες, πρέπει η πίεση σε ένα σημείο τους στο ίδιο βάθος να είναι ίδια. Ποια σημεία των επόμενων εικόνων είναι πιθανό να έχουν την ίδια πίεση; Το A με το B, το Γ με το Δ, το E με το Z ή έχουν όλα την ίδια πίεση;
Δικαιολογήστε την απάντηση.



ΘΕΜΑ 2

Φύλλο εργασίας 3

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)



Αν βουτήξουμε στο ίδιο βάθος σε μία πισίνα με θαλασσινό νερό ή στον ωκεανό θα νιώσουμε την ίδια πίεση ή επειδή ο ωκεανός είναι μεγαλύτερος θα ασκεί και μεγαλύτερη πίεση;



Είδαμε στο αρχικό μάθημα της υδροστατικής πίεσης ότι εξαρτάται από το βάθος. Με ποιον τρόπο άραγε;

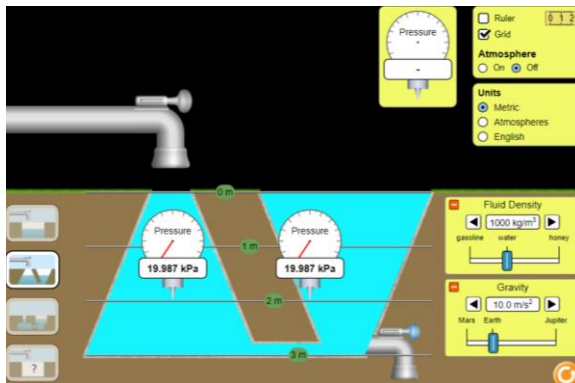
2. Αντίληψη προβλήματος – Υποθέσεις (~ 5 λεπτά)

Πιστεύετε ότι η υδροστατική πίεση εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου και το πόσο νερό έχει μέσα (πισίνα – ωκεανός) ;

Πόση πιστεύετε ότι θα γίνει η υδροστατική πίεση αν διπλασιαστεί το βάθος;

3. Διερεύνηση (~ 15 λεπτά)

Μέσω του στο εικονικού πειράματος του Phet, «**under pressure**», μπορείτε να ελέγξετε τις υποθέσεις σας.



1) Ανοίξτε το δεύτερο (από πάνω) εικονίδιο με τα διαφορετικού σχήματος δοχεία και ελέγξτε την υπόθεσή σας σε σχέση με το **αν εξαρτάται η υδροστατική πίεση από το σχήμα του δοχείου ή την ποσότητα του υγρού.**

Σχεδιάστε και εκτελέστε το πείραμα.

2) Ανοίξτε όποιο από τα τρία πρώτα εικονίδια θέλετε και ελέγξτε την υπόθεσή σας για τη σχέση της **υδροστατικής πίεσης** με το **βάθος**. Ποια μεγέθη πρέπει να διατηρήσετε **σταθερά** (θυμηθείτε το προηγούμενο μάθημα) για να μπορέσετε να συγκρίνετε την πίεση με το βάθος;

Σχεδιάστε, καταγράψτε τα δεδομένα στον πίνακα, και εκτελέστε το πείραμα στρογγυλοποιώντας τις τιμές.

Κρατάω σταθερά	Μεταβάλλω		Αποτέλεσμα υδροστατικής πίεσης	
	από την τιμή	στην τιμή	από	έγινε

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε από το πρώτο πείραμα.

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε από το δεύτερο πείραμα.

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Σκεφτείτε συγκεντρωτικά για την υδροστατική πίεση. Από ποια φυσικά μεγέθη εξαρτάται και με ποιον τρόπο;

Μπορείτε τώρα να δημιουργήσετε μία σχέση που να τα εμπερικλείει;

$P_{\text{υδρ.}} = \dots\dots\dots$

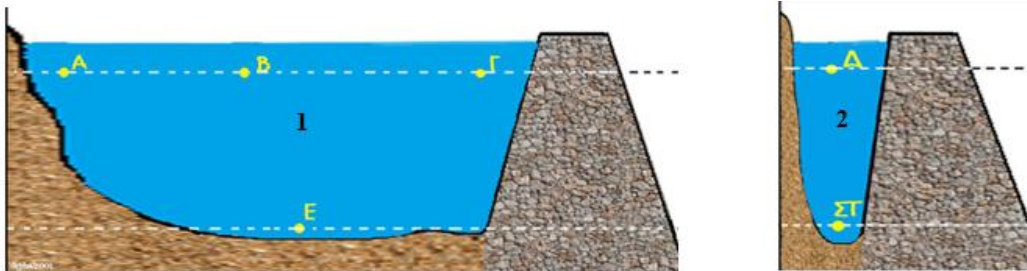
Ανακαλύψατε το νόμο της υδροστατικής πίεσης ! Καταγράψτε πώς σκεφτήκατε για να τα καταφέρετε.

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε την εξήγησή σας)

- 1) Γιατί τα φράγματα χτίζονται με παχύτερα τοιχώματα στο βάθος από ότι στην κορυφή τους; Έχει σημασία αν βρίσκεται σε λίμνη ή στη θάλασσα; Έχει σημασία αν βρίσκεται στους Πόλους της Γης ή στον Ισημερινό;



- 2) Τα δύο φράγματα που φαίνονται στις εικόνες βρίσκονται στη Γη και στην ίδια λίμνη. Το δεύτερο φράγμα χρειάζεται να είναι τόσο παχύ όσο το πρώτο ή θα μπορούσε να ήταν λεπτότερο αφού έχει λιγότερο νερό μέσα; Σε ποια σημεία από τα Α, Β, Γ, Δ, Ε και ΣΤ η πίεση είναι ίδια;



Παράρτημα III Φύλλα εργασίας τρίτης ενότητας μαθημάτων

ΘΕΜΑ 3

Φύλλο εργασίας 1

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 10 λεπτά)

Μπορώ να μεταφέρω νερό με ένα τρύπιο μπουκάλι χωρίς να χυθεί;

Πείραμα 1



Έχετε ένα μπουκάλι με νερό, στο οποίο έχουν ανοιχτεί τέσσερις όμοιες τρύπες, βουλωμένες με πινέζες, όπως στο μπουκάλι με την υδροστατική πίεση. Βγάλτε τις πινέζες και καταγράψτε το πώς θα πεταχτεί το νερό από τις τρύπες.

Ανοίξτε το καπάκι και ξανακλείστε το. Τι συμβαίνει;

Πείραμα 2

Δοκιμάστε να πιείτε με το καλαμάκι (μην ανησυχείτε, είναι καθαρά) από το μπουκάλι που είναι αεροστεγώς κλεισμένο (όσο γίνεται). Μπορείτε να πιείτε;



2. Αντίληψη προβλήματος (~ 5 λεπτά)

Τι άλλαξε στο τρύπιο μπουκάλι σε σχέση με το παρόμοιο πείραμα της υδροστατικής (εκτός από το βάθος στο οποίο βρίσκονται οι τρύπες); **Τι συνέπεια** έχει αυτή η αλλαγή;

Από την εμπειρία σας, αν ήταν ανοιχτό το μπουκάλι με το καλαμάκι και επικοινωνούσε το νερό με την ατμόσφαιρα θα μπορούσατε να πιείτε;

3. Διερεύνηση (~ 10 λεπτά)

1) Τον αέρα δεν τον βλέπουμε και όταν δεν φυσάει ούτε τον νιώθουμε. Από τι αποτελείται κυρίως; Ψάξτε στη Βικιπαίδεια την «**ατμόσφαιρα της γης**» και **καταγράψτε** τα τέσσερα βασικότερα συστατικά της (Ξηρός αέρας είναι αυτός που δεν έχει καθόλου υγρασία, δηλαδή υδρατμούς). **Πού είναι πιο πυκνός ο αέρας**, στο επίπεδο της θάλασσας ή στο βουνό;

2) Ο αέρας **έχει βάρος** ή όλα αυτά τα συστατικά απλά αιωρούνται γύρω μας; Σκεφτείτε ότι όλα τα συστατικά του αέρα που καταγράψατε έχουν μάζα.

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

Καταγράψτε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξατε για το αν ο αέρας έχει βάρος. Τι ασκεί λοιπόν ο αέρας σε όλα τα υλικά με τα οποία βρίσκεται σε επαφή;

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Γιατί δεν χύνεται το νερό από τις τρύπες όταν είναι κλειστό το καπάκι, ενώ χύνεται όταν είναι ανοιχτό; Γιατί δεν μπορώ να πιάω από ένα αεροστεγώς κλεισμένο μπουκάλι;

Πού οφείλεται η ατμοσφαιρική πίεση; Πού είναι πιο μεγάλη, στο επίπεδο της θάλασσας ή στο βουνό; Δικαιολογείστε την απάντηση.

6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις εξηγήσεις σας)

Βρείτε πληροφορίες για το πείραμα με τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου.

Αποφασίστε ως ομάδα και γράψτε **δύο παραγράφους για το πείραμα** σχετικά με το πώς έγινε και την ερμηνεία του (όχι για το τι χρώμα είχαν τα άλογα, αλλά για την ουσία).

Τι εμποδίζει τα ημισφαίρια από το να χωρίσουν;



ΘΕΜΑ 3

Φύλλο εργασίας 2

Όνοματεπώνυμο:

Ομάδα

Τα φωτοτυπημένα φύλλα εργασίας συμπληρώνονται από το κάθε μέλος της ομάδας. Συζητήστε τις απόψεις σας και αποφασίστε για την τελική άποψη της ομάδας που θα καταγραφεί στο έγχρωμο φύλλο.

1. Προσανατολισμός - Πρόκληση ενδιαφέροντος (~ 5 λεπτά)



Πείραμα 1

Πόσο μεγάλη είναι η ατμοσφαιρική πίεση;

Μπορεί να συγκρατήσει το νερό ενός ποτηριού;



.....
Κάντε το πείραμα.

2. Αντίληψη προβλήματος (~ 5 λεπτά)



Πείραμα 2

Ίσως το νερό στο ποτήρι είναι λίγο. Αν γεμίσουμε ολόκληρο μπουκάλι με νερό και το αναποδογυρίσουμε; Κάντε το πείραμα και καταγράψτε τι συμβαίνει.



3. Διερεύνηση (~ 15 λεπτά)

Ψάξτε πληροφορίες για **το πείραμα του Torricelli** και περιγράψτε το.

Ποια είναι η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας;

$P_{atm.} = \dots\dots\dots$

Πείραμα 3



Χύνεται το νερό από το μπουκάλι αν το αναποδογυρίσουμε σε μία λεκάνη; Για να αρχίσει να χύνεται το νερό, πρέπει η υδροστατική στον χαμηλότερο σημείο του μπουκαλιού να είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

Πόσο ψηλό ($h = ;$) θα έπρεπε να είναι το μπουκάλι που θα χρησιμοποιήσουμε για να «νικήσει» η υδροστατική την ατμοσφαιρική που βρήκατε και να χυθεί το νερό; Κάντε τους υπολογισμούς σας για το νερό δηλαδή για $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ και στη Γη, δηλαδή για $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

4. Συμπεράσματα (~ 5 λεπτά)

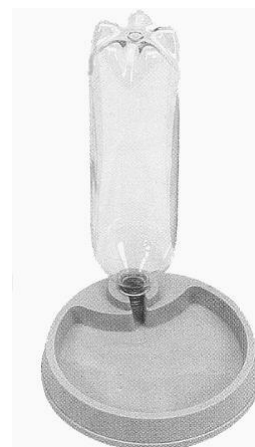
Αν η επιφάνεια του σώματός μας είναι 1m^2 πόσα Ν δύναμη μας ασκείται από τον αέρα; Σε πόσα kg αντιστοιχεί αυτή η δύναμη στη Γη; Γιατί πιστεύετε ότι δεν τη νιώθουμε παρά μόνο αν ανεβοκατεβαίνουμε βουνά;

5. Επικοινωνία – Αναστοχασμός (~ 10 λεπτά)

Συζητήστε και επιλέξτε έναν αντιπρόσωπο της ομάδας για να παρουσιάσει τα ευρήματά σας στην τάξη.

Ποια πίεση χρησιμοποίησε ο Torricelli για να βρει την ατμοσφαιρική και γιατί χρησιμοποίησε υδράργυρο; Ποια είναι η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας;

Χρησιμοποιώντας τις γνώσεις σας στην υδροστατική και ατμοσφαιρική πίεση μπορείτε να σκεφτείτε πώς θα σχεδιάζατε μία ποτίστρα ζώων και να ερμηνεύσετε τη λειτουργία της;

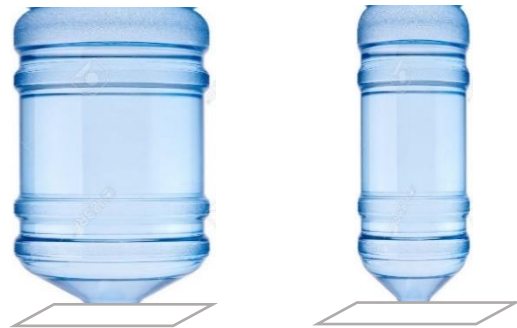


6. Εμβάθυνση (Συνομιλήστε ασύγχρονα στην πλατφόρμα και δώστε τις ερμηνείες σας)



1) Μπορείτε να συνδυάσετε τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου με τη λειτουργία της βεντούζας; Δώστε την ερμηνεία σας.

2) Θυμηθείτε την υδροστατική πίεση και την ατμοσφαιρική πίεση. Αν αντί για το στενό μπουκάλι, χρησιμοποιούσαμε ένα ίδιου ύψους και με το ίδιο στόμιο αλλά πιο φαρδύ θα άλλαζε κάτι; Δώστε την ερμηνεία σας.

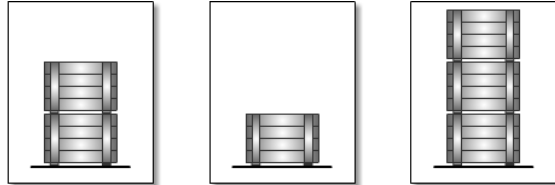


Παράρτημα IV Διαγνωστικός/Τελικός έλεγχος γνώσεων

Διαγνωστικός/Τελικός Έλεγχος Γνώσεων

Ονοματεπώνυμο:

1. Παρατηρείστε τα όμοια κιβώτια στο διπλανό σχήμα. Αν τα κιβώτια βρίσκονται πάνω σε άμμο, το αποτύπωμα τους θα είναι



- α) πιο βαθύ στα τρία κουτιά, μέτριο στα δύο και λιγότερο βαθύ στο ένα.
β) πιο βαθύ στα δύο κουτιά, μέτριο στο ένα και λιγότερο βαθύ στα τρία.
γ) πιο βαθύ στο ένα κουτί, μέτριο στα δύο και λιγότερο βαθύ στα τρία.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

2. Ένας αστροναύτης κάνει πρόβα τη στολή του για τη Σελήνη, ενώ βρίσκεται στη Γη. Αν το έδαφος στη Γη και τη Σελήνη είναι το ίδιο, το αποτύπωμα που θα αφήσει το παπούτσι του αστροναύτη στη Γη,



- α) θα είναι το ίδιο με αυτό που θα αφήσει στη Σελήνη.
β) θα είναι λιγότερο βαθύ από αυτό που θα αφήσει στη Σελήνη.
γ) θα είναι πιο βαθύ από αυτό που θα αφήσει στη Σελήνη.



Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

3. Το αποτύπωμα που θα αφήσει ο άνθρωπος στο χιόνι,

- α) θα είναι βαθύτερο στο περπάτημα, μέτριο με το πατινάζ και λιγότερο βαθύ με το σκι.

β) θα είναι βαθύτερο με το σκι, μέτριο στο περπάτημα και λιγότερο βαθύ με το πατινάζ.



γ) θα είναι βαθύτερο με το πατινάζ, μέτριο στο περπάτημα και λιγότερο βαθύ με το σκι.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

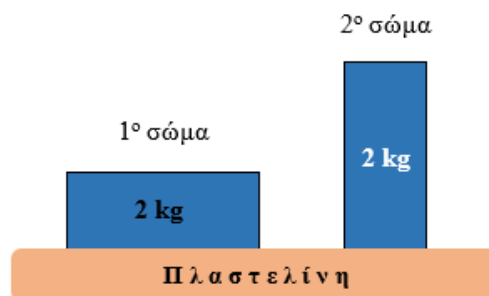
4. Τα δύο όμοια μπλε σώματα αφήνονται να ισορροπήσουν ακίνητα πάνω στο επίπεδο από πλαστελίνη.

Αν τα σώματα αφήσουν αποτύπωμα πάνω στην πλαστελίνη,

α) πιο βαθύ θα είναι το αποτύπωμα του πρώτου σώματος.

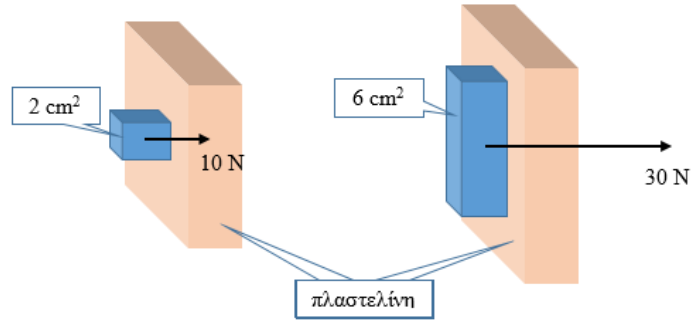
β) πιο βαθύ θα είναι το αποτύπωμα του δεύτερου σώματος.

γ) τα αποτυπώματα θα είναι το ίδιο βαθιά.



Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

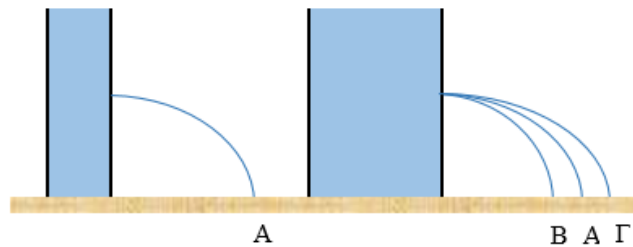
5. Στο ξύλινο κουτί με εμβαδόν 2 cm^2 ασκούμε οριζόντια δύναμη 10 N . Στο ξύλινο κουτί με εμβαδόν 6 cm^2 ασκούμε δύναμη 30 N . Αν βρίσκονται σε επαφή με πλαστελίνη όπως στο σχήμα,



- α) το αποτύπωμα στην πλαστελίνη θα είναι πιο βαθύ στο πρώτο κουτί.
 β) το αποτύπωμα στην πλαστελίνη θα είναι πιο βαθύ στο δεύτερο κουτί.
 γ) το αποτύπωμα στην πλαστελίνη θα είναι το ίδιο βαθύ και για τα δύο κουτιά.
- Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

6. Τα δύο δοχεία είναι ανοιχτά από πάνω και περιέχουν νερό. Ανοίγουμε στο ίδιο βάθος, μια ίδια τρύπα και στα δύο. Από το στενό δοχείο το νερό πέφτει στο σημείο Α. Από το φαρδύ δοχείο το νερό θα πέσει στο σημείο,

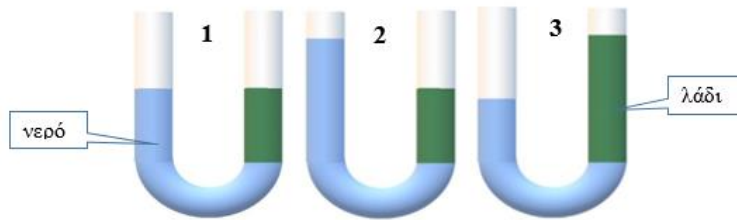
- α) Α
 β) Β
 γ) Γ



Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

7. Οι τρεις σωλήνες του επόμενου σχήματος είναι ανοιχτοί στο επάνω τμήμα τους και έχουν νερό και λάδι σε ισορροπία. Ποια εικόνα είναι η σωστή;

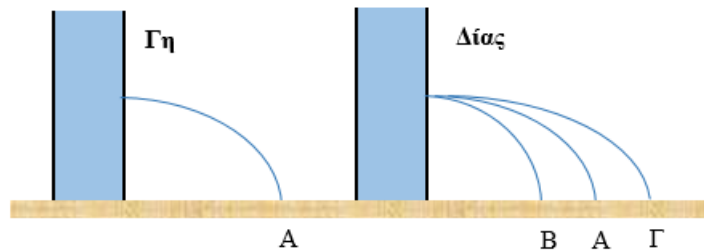
- α) η 1
β) η 2
γ) η 3



Να δικαιολογηθεί η απάντηση

8. Σε ένα ανοιχτό από πάνω δοχείο με νερό, που βρίσκεται στη Γη, ανοίγουμε μια τρύπα. Έστω ότι το νερό πέφτει στο σημείο A. Αν μεταφέρουμε το ίδιο δοχείο στο Δία, υποθέτοντας ότι η ατμόσφαιρά του είναι ίδια με της Γης, το νερό θα πέσει,

- α) στο σημείο Γ
β) στο σημείο Β
γ) στο σημείο Α



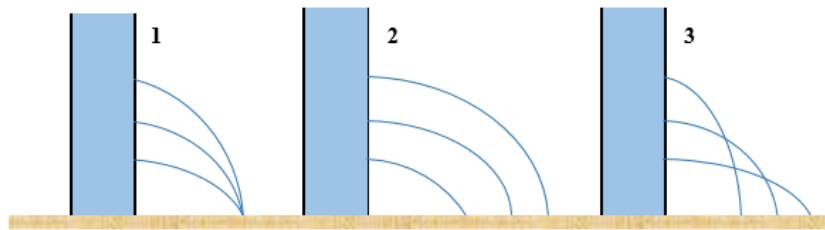
Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

9. Ένα ανοιχτό από πάνω δοχείο, περιέχει νερό. Ανοίγουμε τρεις ίδιες τρύπες σε διαφορετικά βάθη. Το νερό θα τρέξει από τις τρεις τρύπες όπως στην εικόνα

α) 1

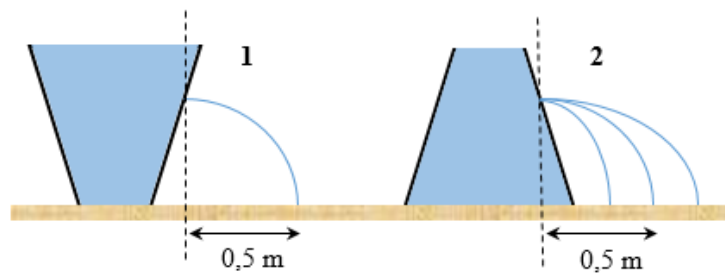
β) 2

γ) 3



Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

10. Στις εικόνες φαίνονται δύο δοχεία, διαφορετικού σχήματος, που είναι ανοιχτά από πάνω και περιέχουν νερό. Ανοίγουμε στο ίδιο βάθος, δύο ίδιες τρύπες. Αν το νερό από την πρώτη εικόνα πέσει σε απόσταση μισού μέτρου από την τρύπα, το νερό από τη δεύτερη θα πέσει



α) σε απόσταση μεγαλύτερη του μισού μέτρου.

β) πάλι σε απόσταση μισό μέτρο.

γ) σε απόσταση μικρότερη του μισού μέτρου.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

11. Αν ανοίξω τρύπες σε ένα κλειστό πλαστικό μπουκάλι, όπως αυτό της εικόνας,



- α) θα χυθεί το νερό μέχρι να φτάσει στην τρύπα Α.
- β) θα χυθεί το νερό μέχρι να φτάσει στην τρύπα Β.
- γ) δεν θα χυθεί καθόλου νερό.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

12. Γεμίζω μία λεκάνη και ένα μπουκάλι με νερό. Αν αναποδογυρίσω το μπουκάλι κρατώντας το κλειστό μέσα στη λεκάνη και μετά το ανοίξω,



- α) δεν θα χυθεί καθόλου νερό από το μπουκάλι στη λεκάνη.
- β) θα χυθεί νερό από το μπουκάλι στη λεκάνη μέχρι το ύψος της λεκάνης.
- γ) θα χυθεί όλο το νερό από το μπουκάλι στη λεκάνη.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

13. Αν δεν φυσάει, η δύναμη που δέχεται 1 m^2 του σώματός μας από τον αέρα μπορεί να είναι

- α) 0 N
- β) 100 N
- γ) 100000 N

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.

14. Αν κλείσεις καλά ένα γυάλινο μπουκάλι πορτοκαλάδας με καπάκι στο οποίο έχεις βάλει ένα καλαμάκι, χωρίς να περνάει αέρας από την επαφή τους,

- α) δεν θα μπορέσεις να πιείς σχεδόν καθόλου πορτοκαλάδα.
- β) θα μπορέσεις να πιείς τη μισή πορτοκαλάδα.
- γ) θα πιείς κανονικά την πορτοκαλάδα.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.



15. Η βεντούζα δεν πέφτει από το πλακάκι γιατί

- α) έχει μικρό βάρος.
- β) την πιέζει από έξω ο αέρας.
- γ) είναι από υλικό που κολλάει στο πλακάκι.

Να δικαιολογηθεί η απάντηση.



Παράρτημα V Φύλλο αποτίμησης της διερευνητικής μάθησης από τους μαθητές

Ονοματεπώνυμο:

Αποτίμηση της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης από τους Μαθητές

- 1) Αν έπρεπε να περιγράψετε τη Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης σε ένα φίλο σας τι θα του λέγατε; Γράψτε συνοπτικά πώς θα του την εξηγούσατε.
- 2) Κατατάξτε τις φάσεις της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης, ανάλογα με το ποια σας **δυσκόλεψε** περισσότερο. Γράψτε 1 για αυτή που σας δυσκόλεψε λιγότερο, έως 6 για αυτή που σας δυσκόλεψε περισσότερο.

Προσανατολισμός – Πρόκληση ενδιαφέροντος	
Αντίληψη του προβλήματος	
Διερεύνηση - Πείραμα	
Συμπεράσματα	
Επικοινωνία - Αναστοχασμός	
Εμβάθυνση	

Δικαιολογείστε την πρώτη επιλογή σας.

- 3) Κατατάξτε τις φάσεις της Διερευνητικής Μεθόδου Μάθησης, ανάλογα με το ποια σας **άρεσε** περισσότερο. Γράψτε 1 για αυτή που σας άρεσε λιγότερο, έως 6 για αυτή που σας άρεσε περισσότερο.

Προσανατολισμός – Πρόκληση ενδιαφέροντος	
Αντίληψη του προβλήματος	
Διερεύνηση - Πείραμα	
Συμπεράσματα	
Επικοινωνία - Αναστοχασμός	
Εμβάθυνση	

Δικαιολογείστε την πρώτη επιλογή σας.

- 4) Σημειώστε με ✓ τις προτάσεις που αφορούν στη Διερευνητική Μέθοδο Μάθησης και πιστεύετε ότι σας εκφράζουν. Τις προτάσεις με τις οποίες **δεν** συμφωνείτε, **μην** τις τσεκάρετε.

Η μέθοδος αυτή με βοήθησε να γίνω πιο υπεύθυνος/η	
Με έκανε να νιώσω αμηχανία και φόβο	
Αύξησε τη συμμετοχή μου στο μάθημα	
Μου δημιούργησε πρόβλημα γιατί γινόταν φασαρία	
Με βοήθησε να μαθαίνω ευχάριστα	
Με βοήθησε να καταλάβω πώς σκέφτεται και πώς γράφει ένας επιστήμονας	
Η διαδικασία ήταν πολύ απαιτητική και δύσκολη	
Με βοήθησε να καταλάβω τα φυσικά μεγέθη και τις σχέσεις τους	
Με έκανε να νιώσω άβολα όταν δεν ήξερα τη σωστή απάντηση	
Με βοήθησε να αναπτύξω καλύτερες σχέσεις με τους συμμαθητές μου	
Ένοιωσα αποκλεισμό από την ομάδα	

Με βοήθησε να αναπτύξω την κριτική μου ικανότητα και να εκφράζω με μεγαλύτερη ευκολία την άποψή μου	
Με βοήθησε να αντιλαμβάνομαι καλύτερα ένα πρόβλημα	
Με βοήθησε να παίρνω πρωτοβουλίες και να νιώθω πιο δημιουργικός/η	
Μου δημιούργησε άγχος ως προς το χρόνο	
Με έκανε να νιώσω μεγαλύτερη σιγουριά για τις γνώσεις και τις ικανότητές μου	
Μου δημιούργησε άγχος ως προς τη συμμετοχή μου στη διαδικασία	
Με βοήθησε να καταλάβω γιατί δημιουργούνται οι ορισμοί και πώς δημιουργούνται οι νόμοι της Φυσικής	
Τα φύλλα εργασίας με βοήθησαν, ήταν εύχρηστα και κατανοητά	
Τα φύλλα εργασίας ήταν δυσνόητα και έπρεπε να γράψω πολλά	
Με βοήθησε να δεχτώ το λάθος σαν κάτι το αποδεκτό που θα προσπαθήσω να αλλάξω	
Οι ιδέες των συμμαθητών μου στην ομάδα με βοήθησαν στη μάθηση	
Οι συμμαθητές μου στην ομάδα με καθυστερούσαν και με δυσκόλεψαν στη μάθηση	
Ήταν βαρετή	
Αύξησε το ενδιαφέρον μου για τη Φυσική	
Θα ήθελα να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος και σε άλλα μαθήματα	

Συμπληρώστε, αν θέλετε, μια δική σας κρίση που δεν συμπεριλαμβάνεται στις παραπάνω.

- 5) Γράψτε την άποψή σας για την δυνατότητα που σας δόθηκε να συνομιλείτε ασύγχρονα ηλεκτρονικά.