



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ
ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

ΣΑΡΑΜΠΑΛΗ ΚΑΣΙΑΛΜΑ ΡΟΖΑ Α.Μ.: 9
ΦΥΣΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΚΩΤΣΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Τ.Δ.Ε. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
**Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ
ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

ΣΑΡΑΜΠΑΛΗ ΚΑΣΙΑΛΜΑ ΡΟΖΑ Α.Μ.: 9
ΦΥΣΙΚΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής:

Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής του τμήματος Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέλη εξεταστικής επιτροπής :

1. Κώτσης Κωνσταντίνος, Καθηγητής του τμήματος Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Επιβλέπων.
2. Γαβριλάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
3. Μαυρίδης Δημήτριος, Αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Περίληψη

Η επιχειρηματολογία αποτελεί βασική δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού και θεωρείται σημαντική επιδίωξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ωστόσο, ο αριθμός των ερευνών που μελετούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και ειδικά των φοιτητών είναι περιορισμένος. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία εστιάζεται στην ανάλυση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους. Το δείγμα της έρευνας αποτελούν 95 φοιτητές και φοιτήτριες του πρώτου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου, που περιλάμβανε ερωτήσεις που αφορούσαν στις έννοιες της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες διαδικτυακά. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών και των φοιτητριών πραγματοποιήθηκε με κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων που αξιολογούν σε επίπεδα τη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων τους. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι ο μέσος όρος των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για τη θερμότητα και θερμοκρασία ήταν χαμηλός. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φύλο των φοιτητών/τριων και η κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο, δεν συσχετίζονται με τα επιχειρήματά τους, τόσο ως προς την δομή, όσο και ως προς το περιεχόμενο. Στο τέλος παρουσιάζονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Λέξεις – Κλειδιά: επιχειρηματολογία, γραπτά επιχειρήματα, θερμότητα, θερμοκρασία, Φυσικές Επιστήμες, φοιτητές.

Abstract

Argumentation is a basic skill of scientific reasoning and is considered an important pursuit of the teaching in Science. However, the number of surveys that study the quality of the arguments of pupils and especially students is limited. The purpose of this study is to research the quality of the written arguments of students on the concepts of heat and temperature. In particular, the work focuses on the analysis of the students' arguments regarding their structure and content. The survey sample consisted of 95 first-year students of the Pedagogical Department of Elementary Education of the University of Ioannina. For the collection of the data was a written questionnaire, which included open - ended questions about temperature and heat. The questionnaires were completed by the students online. The analysis of the students' answers was carried out with scales of graded criteria that assess the level of the structure and content of their arguments. The analysis of the data revealed that the average of the students' arguments about heat and temperature was low. In addition, the outcomes of research showed that the gender of the students and their educational choice do not correlate with their arguments.

Keywords: argumentation, written arguments, heat, temperature, Science, students

Ευχαριστίες

Στους δύσκολους καιρούς του κορωνοϊού (Covid-19), ένα κύκλος ολοκληρώνεται αποκτώντας πολλά εφόδια, γνώσεις, εμπειρίες και σπουδαίους ανθρώπους.

Έτσι, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους και όσες με υποστήριξαν στην ολοκλήρωση της εργασίας, είτε λαμβάνοντας μέρος σε αυτή ως συμμετέχοντες, είτε με την έμπρακτη στήριξη τους. Ιδιαίτερα, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή μου Κωνσταντίνο Κώτση για την ουσιαστική καθοδήγησή του, τον καθηγητή μου Γεώργιο Στύλο για τη σημαντική βοήθειά του και όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών για τις πολύτιμες γνώσεις και δεξιότητες που προσέφεραν απλόχερα. Πολύ σημαντικό ρόλο αποτέλεσαν όλοι οι φοιτητές και όλες οι φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που αφιέρωσαν χρόνο και χωρίς αυτούς/ές δεν θα μπορούσε να διεξαχθεί η παρούσα έρευνα.

Επίσης, θα ήθελα να αναφερθώ στους συμφοιτητές μου και στις συμφοιτήτριες μου, που τα δύο αυτά χρόνια μοιραστήκαμε τις ίδιες χαρές, τις ίδιες αγωνίες και τα ίδια «βάσανα», ελπίζοντας κάποια στιγμή *«στα ίδια μέρη να ξαναβρεθούμε»*.

Τέλος, ευχαριστώ τους δικούς μου ανθρώπους που είναι πάντα δίπλα μου, άλλοτε με περίσσεια υπομονή, άλλοτε με παράπονα, αλλά πάντα με υποστήριξη και κατανόηση.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	3
Abstract	4
Ευχαριστίες	5
Κατάλογος πινάκων	9
Κατάλογος διαγραμμάτων	12
Κατάλογος εικόνων	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Οριοθέτηση του θέματος	15
1.2 Αναγκαιότητα της εργασίας	15
1.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα	16
1.4 Πρωτοτυπία της εργασίας	17
1.5 Δομή της εργασίας	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	19
2.1 Εισαγωγή	19
2.2 Ορισμός της επιχειρηματολογίας	19
2.3 Ρόλος της επιχειρηματολογίας	20
2.4 Μοντέλο Tulmin	21
2.5 Κριτική στο μοντέλο Tulmin	22
2.6 Τα επιχειρήματα των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες	23
2.6.1 Συστατικά στοιχεία επιχειρημάτων μαθητών	24
2.6.2 Κριτήρια ποιότητας των επιχειρημάτων	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	26
3.1 Εισαγωγή	26
3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών ..	26
3.2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών για την θερμότητα και τη θερμοκρασία	32
3.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία	35

3.3.1	Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα	36
3.3.2	Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμοκρασία.	39
3.3.3	Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική ισορροπία και την τελική θερμοκρασία	41
3.3.4	Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική αγωγιμότητα	43
3.3.5	Αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση της θερμότητας	44
3.3.6	Αντιλήψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα	46
3.3.7	Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις αλλαγές φάσης	47
3.3.8	Μοντέλα σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία	49
3.3.9	Τα εμπόδια των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία	51
3.4	Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας	52
3.5	Συζήτηση – Πρωτοτυπία εργασίας	56
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	57
4.1	Εισαγωγή	57
4.2	Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα	57
4.3	Δείγμα	58
4.4	Ερευνητική διαδικασία	58
4.5	Το ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων	59
4.5.1	Επιλογή ερωτηματολογίου	59
4.5.2	Δομή του ερωτηματολογίου	59
4.5.3	Παρουσίαση του ερωτηματολογίου	62
4.6	Ανάλυση δεδομένων	64
4.6.1	Κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων	65
4.6.2	Παραδείγματα επιχειρημάτων φοιτητών και παρουσίαση της αξιολόγησής τους	67
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	73
5.1	Εισαγωγή	73
5.2	Η ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών που αφορούν τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας	73

5.2.1	Η δομή των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών	73
5.2.2	Το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών	82
5.3.	Έλεγχος συσχέτισης των μέσω όρων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων με το φύλο και με την κατεύθυνση των φοιτητών/τριων	90
5.3.1	Έλεγχος συσχέτισης των επιχειρημάτων με το φύλο των φοιτητών/τριων	90
5.3.2	Έλεγχος συσχέτισης των επιχειρημάτων με την κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών/τριων	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		97
6.1	Εισαγωγή	97
6.2	Σχολιασμός και ερμηνεία των κυρίων αποτελεσμάτων της έρευνας	98
6.2.1	Επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία	98
6.2.2	Επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία	99
6.2.3	Συσχέτισης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων με το φύλο και την κατεύθυνση σπουδών	101
6.3	Περιορισμοί της έρευνας	101
6.4	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		104
Ελληνόφωνη		104
Ξενόφωνη		110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ		118

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4.5.2: Παρουσίαση ζητημάτων Φ.Ε. και αντιστοίχισή τους με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου	61
Πίνακας 4.6.1.1: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014)	65
Πίνακας 4.6.1.2: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014)	66
Πίνακας 5.2.1.1: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	74
Πίνακας 5.2.1.2: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	75
Πίνακας 5.2.1.3: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	76
Πίνακας 5.2.1.4: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	77
Πίνακας 5.2.1.5: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	78
Πίνακας 5.2.1.6: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	80
Πίνακας 5.2.1.7: Συγκεντρωτικά επίπεδα επάρκειας της ποιότητας της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: μέσος όρος	81

Πίνακας 5.2.2.1: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	82
Πίνακας 5.2.2.2: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	83
Πίνακας 5.2.2.3: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	85
Πίνακας 5.2.2.4: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	86
Πίνακας 5.2.2.5: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	87
Πίνακας 5.2.2.6: Τα συνολικά επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος	88
Πίνακας 5.2.2.7: Συγκεντρωτικά επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: μέσος όρος	90
Πίνακας 5.3.1.1: Συχνότητες και ποσοστά για το φύλο των ερωτηθέντων	91
Πίνακας 5.3.1.2: Αποτελέσματα στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους	92
Πίνακας 5.3.1.3: Αξία p και τιμή U στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους	93
Πίνακας 5.3.2.1: Συχνότητες και τα ποσοστά για την κατεύθυνση σπουδών των ερωτηθέντων	94

Πίνακας 5.3.2.2: Αποτελέσματα στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και την κατεύθυνση σπουδών τους 95

Πίνακας 5.3.2.3: Αξία p και τιμή U στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους 96

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 5.2.1.1: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: ραβδόγραμμα	74
Διάγραμμα 5.2.1.2: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: ραβδόγραμμα	76
Διάγραμμα 5.2.1.3: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: ραβδόγραμμα	77
Διάγραμμα 5.2.1.4: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: ραβδόγραμμα	78
Διάγραμμα 5.2.1.5: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: ραβδόγραμμα	79
Διάγραμμα 5.2.1.6: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: ραβδόγραμμα	80
Διάγραμμα 5.2.1.7: Τα συνολικά επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: ραβδόγραμμα	81
Διάγραμμα 5.2.2.1: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες και ποσοστά	83
Διάγραμμα 5.2.2.2: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες και ποσοστά	84
Διάγραμμα 5.2.2.3: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες και ποσοστά	85
Διάγραμμα 5.2.2.4: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες και ποσοστά	86

Διάγραμμα 5.2.2.5: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες και ποσοστά	87
Διάγραμμα 5.2.2.6: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες και ποσοστά	89
Διάγραμμα 5.2.2.7: Τα συνολικά επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: ραβδόγραμμα	90
Διάγραμμα 5.3.1.1: Φύλο ερωτηθέντων: πίτα	91
Διάγραμμα 5.3.2.1: Κατεύθυνση σπουδών των ερωτηθέντων: πίτα	94

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 2.4.1: Toulmin’s (1958/2003) Model of Argumentation	22
Εικόνα 2.6.2.1: Το εργαλείο αξιολόγησης της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών. (Σκουμιός, Χατζηνικήτα, 2014)	25
Εικόνα 3.3.8.1: Μοντέλο I σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000)	49
Εικόνα 3.3.8.2: Μοντέλο II σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000)	50
Εικόνα 3.3.8.3: Μοντέλο III σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000)	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οριοθέτηση του θέματος

Τα τελευταία χρόνια, στις Φυσικές Επιστήμες οι ερευνητές έχουν μελετήσει εκτενώς την ποιότητα της επιχειρηματολογίας των μαθητών και μαθητριών, έτσι ώστε να ακολουθηθούν πρακτικές για την βελτίωσή της. Με αφορμή αυτό, η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με θέμα «Η ποιότητα της επιχειρηματολογίας των φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία», εξετάζει την ποιότητα των επιχειρημάτων που αναπτύσσουν οι φοιτητές και οι φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Ιωαννίνων για τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Επίσης, γίνεται έλεγχος για την πιθανή συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριών με το φύλο τους και την κατεύθυνση σπουδών που επέλεξαν καθώς φοιτούσαν στο Λύκειο.

1.2 Αναγκαιότητα της εργασίας

Η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να αναλυθεί σε μια σειρά από συνιστώσες όπως είναι η επιστημολογική επάρκεια, η εννοιολογική κατανόηση και οι δεξιότητες συλλογισμού ή επιχειρηματολογίας (Κουρσάρης, Παπαδούρης, & Κωνσταντίνου, 2013). Ωστόσο, η παρούσα εργασία θα εστιάσει στην επιχειρηματολογία. Η επιχειρηματολογία αναφέρεται στη διαδικασία διατύπωσης και διαπραγμάτευσης επιχειρημάτων (Osborne, Erduran, & Simon, 2004), είτε σε ατομικό επίπεδο είτε σε συλλογικό επίπεδο και μπορούν να εκφραστούν είτε λεκτικά είτε γραπτά (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016).

Η επιχειρηματολογία αποτελεί βασική δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού και θεωρείται σημαντική επιδίωξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Παρά την ευρεία αναγνώριση της σημασίας ανάπτυξης αυτής της δεξιότητας, η προσοχή που φαίνεται να λαμβάνει στο πλαίσιο της τυπικής διδακτικής πρακτικής είναι περιορισμένη (Σιακίδου, Παπαδούρης, & Κωνσταντίνου, 2013). Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί ουσιώδη στόχο της

εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (Σκουμιός, 2016). Γενικά, πρόκειται για μια δυνατότητα και ικανότητα, η οποία θα πρέπει να πρεσβεύεται από το σύνολο των αυριανών πολιτών μιας χώρας (NRC, 2012).

Στην εργασία επιλέχθηκε η εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και της θερμοκρασίας γιατί είναι δύο έννοιες που συνδέονται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής και έχουν ενταχθεί στα Αναλυτικά Προγράμματα της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Μουντζούρη & Σκουμιός, 2015). Επίσης, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από την σχολική γνώση (βλ. 3.2.). Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί ότι πολλοί ενήλικοι έχουν εξίσου πολύπλοκες αντιλήψεις. Πιο συγκεκριμένα, πολλοί φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, δεν κατέχουν ξεκάθαρες ιδέες για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, αλλά συγχέουν αυτές τις ιδέες. Η ύπαρξη αυτών των λανθασμένων ιδεών στους δασκάλους (τελειόφοιτοι φοιτητές) θα μπορούσε πιθανόν να προκαλέσει αναπαραγωγή αυτών των ιδεών στα παιδιά του δημοτικού (Παπαγιαννόπουλος, 2014). Παρ' όλα αυτά στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν έρευνες που διερευνούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.

Συνεπώς, προκύπτει η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μίας έρευνας που να εξετάζει το επίπεδο της επιχειρηματολογίας των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.

1.3 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης για τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται είναι τα ακόλουθα:

- Ποιο είναι το επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Ποιο είναι το επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;

- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με το φύλο τους;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο;

1.4 Πρωτοτυπία της εργασίας

Η πρωτοτυπία της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας βρίσκεται στο ότι ερευνά την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, δηλαδή μελλοντικών δασκάλων, ως προς τη δομή και το περιεχόμενο σε σχέση με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, οι οποίες είναι δύο έννοιες που υπάρχουν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και θα τους ζητηθεί να τις διδάξουν στο μέλλον. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συνεισφέρουν στο πεδίο της έρευνας και να αποτελέσουν κίνητρο βελτίωσης της επιχειρηματολογίας τόσο των φοιτητών όσο και των μαθητών. Λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα της μελέτης, μπορεί να δομηθούν διδασκαλίες, οι οποίες θα στηρίζονται στην επιστημονική επιχειρηματολογία των μαθητών και των φοιτητών και θα οδηγήσουν σε πρόοδο της ποιότητας των επιχειρημάτων, γραπτών ή προφορικών, ως προς το εννοιολογικό περιεχόμενο και τη δομή τους, καθώς και στην οικοδόμηση νέων γνώσεων.

1.5 Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφεται η ανάγκη εκπόνησης και η σημασία της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αναφέρεται η συμβολή των αποτελεσμάτων της έρευνας αυτής στην κεκτημένη γνώση. Επίσης, παρουσιάζεται ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης, καθώς και η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο πάνω στο οποίο είναι βασισμένη η παρούσα εργασία και αποτελείται από έξι ενότητες. Παρουσιάζεται ο

ορισμός της επιχειρηματολογίας, το μοντέλο Toulmin καθώς επίσης γίνεται κριτική πάνω στο συγκεκριμένο μοντέλο. Επί προσθέτως, αναφέρονται τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των μαθητών και τα κριτήρια ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών αντίστοιχα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών και εστιάζεται η εννοιολογική περιοχή της επιχειρηματολογίας των μαθητών σε θέματα της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Επίσης, γίνεται παρουσίαση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των αντιλήψεων των μαθητών για τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, των ερευνών που χρησιμοποιούν διδακτικές παρεμβάσεις, καθώς και ερευνών που αφορούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το δείγμα της έρευνας, η ερευνητική διαδικασία, τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν και η διαδικασία συλλογής δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων και εξάγονται τα αποτελέσματα της έρευνας που σχετίζονται με την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων ως προς τη δομή και το περιεχόμενο των φοιτητών και των φοιτητριών σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη θερμότητα. Επίσης γίνεται έλεγχος για την πιθανή συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων με το φύλο τους και την κατεύθυνση σπουδών που επέλεξαν στο Λύκειο.

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα, ώστε να εξαχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας σε σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα. Επίσης, προκύπτουν γενικά συμπεράσματα όσον αφορά την επιχειρηματολογία στις Φυσικές Επιστήμες και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντικές εργασίες.

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας, αναγράφονται οι βιβλιογραφικές αναφορές και υπάρχει παράρτημα με το ερωτηματολόγιο της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό προβάλλεται το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αποτελείται από έξι ενότητες. Μετά την εισαγωγή, η δεύτερη ενότητα ορίζει την έννοια της επιχειρηματολογίας (βλ. ενότητα 2.2). Η τρίτη ενότητα επικεντρώνεται στο ρόλο και τη σημαντικότητα της επιχειρηματολογίας (βλ. ενότητα 2.3). Το μοντέλο Tulmin παρουσιάζεται στην τέταρτη ενότητα (βλ. ενότητα 2.4) και στην πέμπτη η κριτική του συγκεκριμένου μοντέλου (βλ. 2.5). Στην τελευταία ενότητα (βλ. 2.6), η οποία αποτελείται από δύο υποενότητες αναφέρονται τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων των μαθητών και τα κριτήρια ποιότητας των επιχειρημάτων αντίστοιχα (2.6.1 και 2.6.2).

2.2 Ορισμός της επιχειρηματολογίας

Μερικοί από τους μεγάλους στοχαστές της ιστορίας της ανθρωπότητας, όπως ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης, έχουν ασχοληθεί με την επιχειρηματολογία. Η επιχειρηματολογία βρίσκεται στον πυρήνα της ανθρώπινης σκέψης και η ικανότητα των ανθρώπων να επιχειρηματολογούν αποτελεί σημαντική παράμετρο στη γενική τους αποτελεσματικότητα. Σύμφωνα με την Kuhn (1991, όπως αναφέρεται στο Βασιλειάδη, 2014) η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας είναι ένας απαραίτητος τρόπος σκέψης καθώς και μια σημαντική παράμετρος στη διανοητική ικανότητα που εμπλέκεται στη λύση προβλήματος, στη λήψη απόφασης και στη διαμόρφωση ιδεών και πιστεύω.

Η επιχειρηματολογία, λοιπόν, στη βάση της είναι μία λογική κρίση/ αξιολόγηση, υπό την έννοια ότι αποκαλύπτει, σε λεκτικά και κοινωνικά πλαίσια, τους λόγους που οδήγησαν στην αποδοχή ή στην απόρριψη μίας άποψης, μίας ιδέας ή μιας ερμηνείας/ εξήγησης, είναι δηλαδή ένας μηχανισμός πληροφοριοδότησης, βοήθειας των συνομιλητών να αναγνωρίσουν κάτι (τη θέση) αφού προηγουμένως έχουν δοθεί επαρκείς πληροφορίες (επιχειρήματα) για αυτό (Baker, 2009). Είναι μία πολυσύνθετη

διαδικασία γνωστική και κοινωνική ταυτόχρονα και περιλαμβάνει τις δεξιότητες της λογικής, της αιτιολόγησης, της χρήσης της γλώσσας και άλλων γνωστικών εργαλείων (Muller Mirza, Perret-Clermont, Tartas, & Iannaccone, 2009).

Η επιχειρηματολογία περιλαμβάνει τη δόμηση ενός συλλογισμού για ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα, αντικρούοντας αντίθετα επιχειρήματα και ζύγιση αντίθετων υποθέσεων (Nussbaum & Sinatra, 2003), αφού κατά τη διάρκειά της αναπτύσσονται και συζητιούνται διαφορετικές ιδέες. Επιπλέον, η επιχειρηματολογία περιλαμβάνει την παραγωγή και τη σύγκριση επιχειρημάτων χρησιμοποιώντας μία ποικιλία συλλογιστικών τύπων. Η φύση του θέματος, τα μέσα έκφρασης και η γενικότερη περίσταση και δραστηριότητα, καθώς και οι στόχοι της επιχειρηματολογίας επηρεάζουν καθοριστικά την τελική μορφή που θα πάρει (Andriessen, 2003).

2.3 Ρόλος της επιχειρηματολογίας

Η επιχειρηματολογία παίζει σημαντικό ρόλο σε κάθε πτυχή της ανθρώπινης ζωής, καθώς αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ως βασική διαλεκτική δεξιότητα, απαραίτητη σε πολλά εργασιακά και επικοινωνιακά περιβάλλοντα, εμπλέκεται σε όλες τις απόψεις, τις κρίσεις και τα συμπεράσματα των ανθρώπων, με προέκταση στις διαπροσωπικές σχέσεις και αποτελεί απαραίτητο συστατικό του πολιτικού και νομικού συστήματος αλλά και της ίδιας της επιστήμης (Παγκουρέλια, 2013).

Ο ρόλος της επιχειρηματολογίας στην εκπαίδευση φαίνεται να είναι καταλυτικός. Η επιχειρηματολογία πιστεύεται ότι κινητοποιεί και εμπλέκει τους μαθητές και βοηθά στη μάθηση, καθώς προκαλεί γνωστική σύγκρουση με την προϋπάρχουσα γνώση ή διασύνδεση της νέας γνώσης με την παλιά. Στις νέες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας στην επιχειρηματολογία είναι η αντιμετώπισή της ως τρόπου σκέψης και ως μέσου επίλυσης προβλημάτων και διευκρίνισης αντιληπτικών ζητημάτων (Παγκουρέλια, 2013).

Οι Newton, Driver και Osborne (1999) μέσω της έρευνάς τους συμπέραναν ότι η εκπαίδευση των επιστημών δεν θα πρέπει να επικεντρώνεται μόνο στην απόκτηση γνώσεων από τους μαθητές, αλλά θα πρέπει επίσης, να τονίζει πτυχές της φύσης της επιστήμης, την επιστημολογία της, τις μεθόδους και τις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες (Newton et al., 1999). Όπως προτείνουν οι ίδιοι, αυτό είναι δυνατό

μόνο μέσω της ενσωμάτωσης των επιχειρημάτων στις πρακτικές διδασκαλίας και εκμάθησης (Lazarou, 2009).

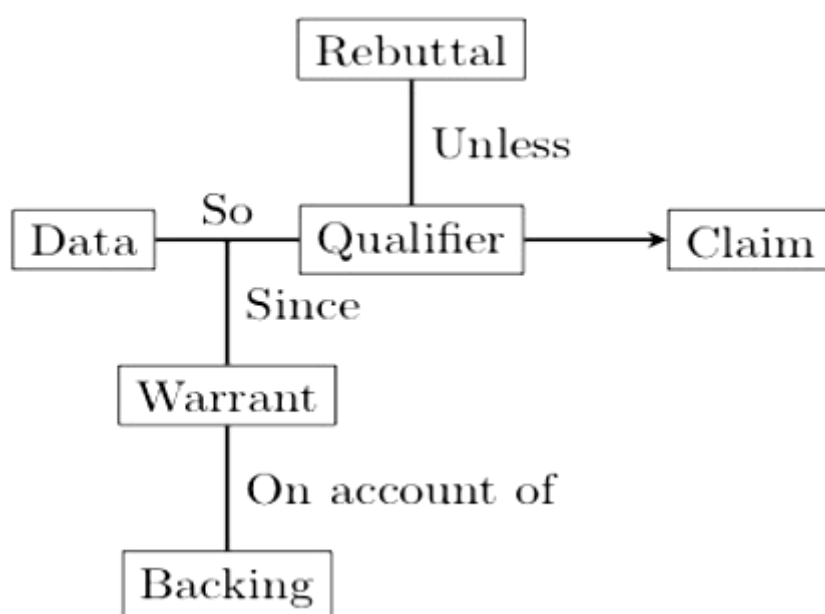
2.4. Μοντέλο Toulmin

Το γνωστότερο επιχειρηματολογικό σχήμα είναι αυτό του βρετανού παιδαγωγού, φιλόσοφου και συγγραφέα Stephen Toulmin, ο οποίος αφιερώθηκε στην ανάλυση της ηθικής λογικής και μέσω των γραπτών του επεδίωξε την ανάπτυξη πρακτικών επιχειρημάτων, αποτελεσματικών στην αξιολόγηση της δεοντολογίας σε ζητήματα ηθικής. Το 1958, με το έργο του «The Uses of Argument» ήταν από τους πρώτους που εισηγήθηκαν ένα σχήμα υπερδομής του επιχειρηματολογικού λόγου, παρουσιάζοντας ένα μοντέλο αναπαράστασης της οργάνωσης των επιχειρημάτων (Μοντέλο Επιχειρηματολογίας Toulmin) (βλ. εικόνα 2.4.1), το οποίο στην πορεία χρησιμοποιήθηκε για ανάλυση, αξιολόγηση και σύνθεση επιχειρηματικών δομών (Παγκουρέλια, 2013).

Σύμφωνα με τον Toulmin (1958), τα επιχειρήματα περιλαμβάνουν:

1. Ισχυρισμός (Claim): Η ισχυριζόμενη δήλωση. Πρόταση που υποστηρίζει, δηλώνει, αρνείται ή ζητά κάτι. Πρόκειται για ένα αντικειμενικό επιχείρημα (thesis).
2. Δεδομένα (Data): Τα πραγματικά περιστατικά ή τα αποδεικτικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να υποστηρίξουν τον ισχυρισμό.
3. Εγγυήσεις (Warrants): Οι γενικές, υποθετικές λογικές δηλώσεις που χρησιμεύουν ως γέφυρες μεταξύ του ισχυρισμού και των δεδομένων.
4. Υποστηρίξεις (Backing): Δηλώσεις που χρησιμεύουν για την υποστήριξη των εγγυήσεων. Συνήθως δεν υπόκεινται σε αμφισβήτηση.
5. Πιστοποιήσεις (Qualifiers): Δηλώσεις που περιορίζουν την ισχύ του επιχειρήματος ή των δηλώσεων που προτείνουν τους όρους κάτω από τους οποίους το επιχείρημα είναι αληθές. Η ένδειξη δύναμης συμπερασμάτων, συνήθως γίνεται με λέξεις όπως «απαραίτητα» ή «πιθανώς». Οποιοδήποτε συμπέρασμα παρουσιάζεται μαζί με την ενίσχυση ή τους περιορισμούς του.
6. Αντικρούσεις (Rebuttals): Αντικρουόμενα επιχειρήματα ή δηλώσεις που δηλώνουν συνθήκες, στις οποίες ο γενικός ισχυρισμός δεν είναι αληθής.

Το παραπάνω μοντέλο επιχειρημάτων του Toulmin, έχει ευρύτατα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επιχειρημάτων και μπορεί να θεωρηθεί ένας σημαντικός διανοητικός σκελετός για τους μαθητές, καθώς η καλά δομημένη μορφή του, μπορεί να αποτελέσει σημαντικό μεσολαβητή των μαθητών στις προσπάθειες επιχειρηματολογίας. Προτείνεται επίσης, ότι μέσω της χρήσης του μοντέλου Argumentation του Toulmin (TAP), οι μαθητές μπορούν να αξιολογούν τα επιχειρήματά τους και να παρακολουθούν την εξέλιξη των δεξιοτήτων τους ως προς την επιχειρηματολογία, κάτι που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα εγγενές κίνητρο για αυτούς (Lazarou, 2009).



Εικόνα 2.4.1: Toulmin's (1958/2003) Model of Argumentation

2.5 Κριτική στο μοντέλο Toulmin

Το μοντέλο των επιχειρημάτων του Toulmin (1958) έχει αναγνωριστεί παγκοσμίως και έχει χρησιμοποιηθεί σαν κριτήριο για την αξιολόγηση της επιχειρηματολογίας των μαθητών σε όλες τις βαθμίδες. Ωστόσο, έχουν εμφανιστεί αρκετές δυσκολίες στη χρήση του για την ανάλυση του γραπτού και του προφορικού λόγου. Πιο συγκεκριμένα, ο διαχωρισμός των συστατικών στοιχείων του επιχειρήματος μερικές φορές δυσκολεύει τους ερευνητές καθώς είναι δυσδιάκριτα τα μεταξύ τους όρια (Duschl, 2007). Επιπλέον, οι Driver Newton και Osborne, (2000) θεωρούν πως το

μοντέλο του Toulmin μπορεί να εκτιμήσει τη δομή ενός επιχειρήματος, αλλά όχι και την ποιότητα του περιεχομένου του.

Ανεξάρτητα από τις αντικρουόμενες τοποθετήσεις το μοντέλο του Toulmin υποστηρίζεται ότι διευκολύνει την παραγωγή ποιοτικά ανώτερων επιχειρημάτων τόσο ως προς την ηχηρότητα και τη συνεκτικότητα όσο και ως προς την ισχύ και την αξιοπιστία τους κατά τη διαδικασία επιχειρηματολογικής γραφής (Εγγλέζου, 2011).

2.6 Τα επιχειρήματα των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

Η κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές εδράζεται στην εμπλοκή τους με επιστημονικές πρακτικές (πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο) (NRC 2012). Ανάμεσα στις επιστημονικές πρακτικές που έχουν προταθεί συμπεριλαμβάνεται η εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που βασίζεται σε αποδεικτικά στοιχεία (NGSS Lead States, 2013). Η συγκρότηση επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές (Ανθούλας & Σκουμιός, 2017).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υποδεικνύονται ποικίλοι λόγοι για τη σημασία και τη συνεισφορά της επιχειρηματολογίας στις Φυσικές Επιστήμες. Η επιχειρηματολογία, δυνητικά, συνεισφέρει στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, διότι η ανταλλαγή απόψεων και ιδεών μεταξύ των μαθητών, καθώς και η οικοδόμηση επιχειρημάτων που λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο της διαδικασίας της επιχειρηματολογίας, προωθεί την εννοιολογική κατανόηση για τα διάφορα φαινόμενα και συστήματα των Φυσικών Επιστημών (Sandoval & Millwood, 2007). Επιπλέον, η κατανόηση του τρόπου οικοδόμησης επιχειρημάτων, καθώς και της ίδιας της διαδικασίας της επιχειρηματολογίας, προωθεί την επιστημολογική κατανόηση των μαθητών και τους επιτρέπει να κατανοήσουν τις επιστημολογικές και κοινωνικές πτυχές της επιστήμης, με βάση τις οποίες η επιστημονική γνώση δημιουργείται, μετασχηματίζεται, αναδιοργανώνεται ή και αντικαθίσταται από νέα γνώση (Sandoval & Millwood, 2007). Τέλος, η επιστημολογική αυτή κατανόηση μπορεί να συνεισφέρει, επίσης, στη

γενικότερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας (Μπάιτελμαν, 2016).

2.6.1 Συστατικά στοιχεία επιχειρημάτων μαθητών

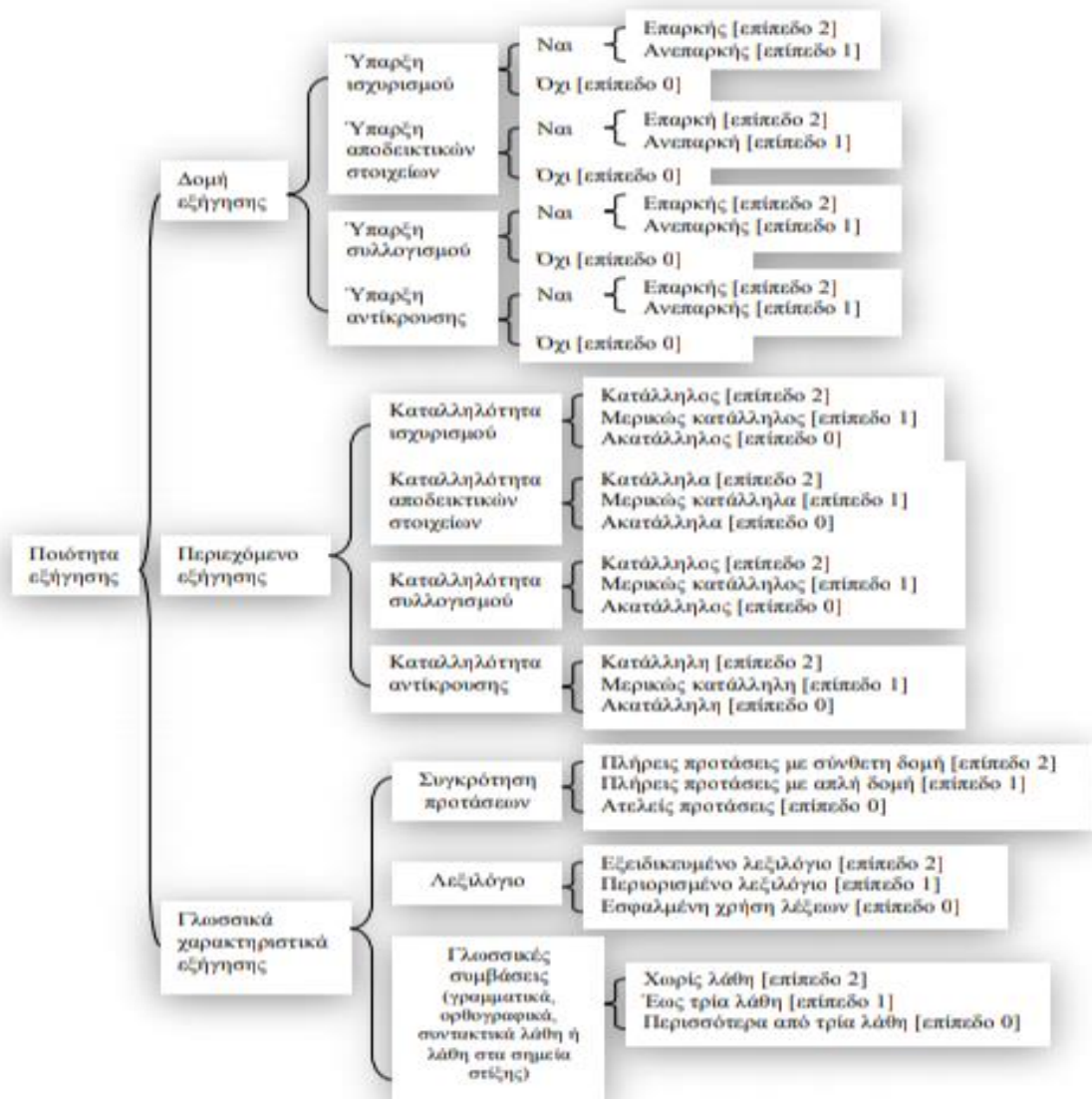
Λαμβάνοντας υπόψη ότι στο μοντέλο του Toulmin εμφανίζονται δυσκολίες και ανακρίβειες, οι McNeill και Krajcik (2012) προτείνουν ένα προσαρμοσμένο μοντέλο επιχειρημάτων, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές και μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα πλαίσια και περιεχόμενα. Σύμφωνα με τους Σκουμιά και Ταράλλη (2016) το μοντέλο αυτό αποτελείται από τέσσερα συστατικά στοιχεία:

1. Ισχυρισμός (claim): ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση.
2. Αποδεικτικά στοιχεία (evidence): τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.
3. Συλλογισμός (reasoning): συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές.
4. Αντίκρουση (rebuttal): αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

2.6.2 Κριτήρια ποιότητας των επιχειρημάτων

Η ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες εξετάζεται βάσει δύο κριτηρίων, τη δομή και το περιεχόμενο τους (McNeill & Krajcik, 2006). Πιο συγκεκριμένα, η δομή του επιχειρήματος μελετάται ως προς την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση) ανεξάρτητα όμως, από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Από την άλλη πλευρά, το περιεχόμενο σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων ως προς την επιστημονική γνώση. Σύμφωνα, με το Σκουμιά και τη Χατζηνικήτα (2014), ένα επιχείρημα είναι επαρκές όταν περιλαμβάνει α) έναν ισχυρισμό που απαντά στην ερώτηση, β) όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που

υποστηρίζουν τον συγκεκριμένο ισχυρισμό, γ) ένα συλλογισμό που εμπλέκει αρχές και συνδέει -μέσω των αρχών- τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και δ) μια αντίκρουση με επαρκή αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό. Επιπλέον, όσον αφορά το περιεχόμενο, η καταλληλότητα συνδέεται άμεσα με την επιστημονική γνώση και αποτελείται από: α) έναν κατάλληλο ισχυρισμό, β) κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία, γ) συλλογισμό που εμπλέκει κατάλληλες αρχές και συνδέει κατάλληλα τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και δ) αντίκρουση με κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό. Ωστόσο, οι Σκουμός και Χατζηνικήτα έδωσαν βάση και στα γλωσσικά χαρακτηριστικά του επιχειρήματος, όπως είναι η γραμματική, η ορθογραφία, κ.λπ., κάτι που δεν θα αναλυθεί όμως στην παρούσα εργασία (βλ. εικόνα 2.6.2.1).



Εικόνα 2.6.2.1: Το εργαλείο αξιολόγησης της ποιότητας των γραπτών εξηγήσεων των μαθητών. (Σκουμός, Χατζηνικήτα, 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Στο προκείμενο κεφάλαιο πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που σχετίζονται με τα ερευνητικά ερωτήματα. Στην ενότητα 3.2 παρουσιάζονται η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών γενικά, αλλά και ειδικά για τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Στην επόμενη ενότητα, 3.3 προβάλλονται μέσω των ερευνών οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της θερμότητας, της θερμοκρασίας και τα θερμικά φαινόμενα και αποτελείται από εννέα υποενότητες. Πιο συγκεκριμένα, στην υποενότητα 3.3.1 διαγράφονται οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα, στην 3.3.2 για τη θερμοκρασία και στην 3.3.3 για τη διάκριση των δύο προαναφερθέντων εννοιών. Εν συνεχεία, στην υποενότητα 3.3.4 παρουσιάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική ισορροπία, στην 3.3.5 για τη θερμική αγωγιμότητα, στην 3.3.6 για τη διάδοση της θερμότητας και για τα θερμικά φαινόμενα στην 3.3.7. Στην υποενότητα 3.3.8 κάποιες έρευνες εστιάζουν στα μοντέλα σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία και στην 3.3.9 παρουσιάζονται τα εμπόδια των μαθητών για τις παραπάνω έννοιες. Στην ενότητα 3.4 γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας των μαθητών. Κλείνοντας το κεφάλαιο, αναλύεται η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας, ενότητα 3.5.

3.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές ή οι φοιτητές στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας.

Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί στην επιχειρηματολογία. Πολλοί μελετητές και ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στην ανάδειξη της ικανότητας των μαθητών να διατυπώνουν επιχειρήματα όταν εμπλέκονται σε επιστημονικά ζητήματα (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Ωστόσο,

αρκετές έρευνες στοχεύουν ακόμα και στην ανάδειξη διδακτικών προσεγγίσεων βελτίωσης της ικανότητας ανάπτυξης επιχειρήματος (βλ. ενότητα 3.4).

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι έρευνες σχετικά με την επιχειρηματολογία συνεχίζονται αδιάκοπα μέχρι σήμερα καθώς έχει παρατηρηθεί δυσκολία των μαθητών στην ανάπτυξη επαρκών και κατάλληλων επιχειρημάτων. Για παράδειγμα, αρκετοί μαθητές τείνουν να πιστεύουν ότι οι απόψεις τους ή οι προσωπικές τους θεωρίες είναι ορθές έστω και αν δεν υποστηρίζονται από δεδομένα (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016).

Όπως έχουν δείξει έρευνες από εφαρμογές σε σχολικές τάξεις, αρκετοί μαθητές χρησιμοποιούν απλές επεξηγήσεις αντί για πλήρη επιχειρήματα (Osborne et al., 2004) ή υποστηρίζουν τις απόψεις τους βασιζόμενοι σε ένα μόνο τεκμήριο αγνοώντας όλα τα υπόλοιπα που πιθανόν να οδηγούν σε διαφορετικές θεωρίες (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Στην περίπτωση που αιτιολογούν τους ισχυρισμούς τους, προτείνουν ανεπαρκή και ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για να τους υποστηρίξουν (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013). Επίσης, οι μαθητές συνήθως αποφεύγουν συλλογισμούς, οι οποίοι να συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς μέσω επιστημονικών αρχών (McNeill, 2011). Αυτό οφείλεται στην ελλιπή γνώση περιεχομένου.

Η πρακτική της ανάπτυξης ενός τεκμηριωμένου επιχειρήματος που συνδυάζει τα επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία με τις επιστημονικές αρχές για την υποστήριξη ή την αντίκρουση ενός ισχυρισμού, αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό στοιχείο της επιστημονικής έρευνας, αλλά ταυτόχρονα και μία ικανότητα που θα πρέπει να διακρίνει τον κάθε πολίτη ώστε να μπορεί να επιλύσει προβλήματα και να προσαρμοστεί σε νέες άγνωστες καταστάσεις (McNeill & Krajcik, 2012; Μαστρογιωργάκη, 2018). Ωστόσο, οι έρευνες δείχνουν ότι η εμπλοκή των μαθητών στην πρακτική της ανάπτυξης επιχειρημάτων είναι μία δύσκολη υπόθεση για αυτούς καθώς, κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο, οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους κυρίως εκτός του σχολικού χώρου και δυσκολεύονται να τις αποβάλλουν (McNeil & Krajcik, 2012).

Οι έρευνες στην επιστημονική εκπαίδευση που αφορούν την επιχειρηματολογία επικεντρώνονται σε τρεις πτυχές σύμφωνα με τις Έναγορου και Ανρααμίδου (2008): α) στην εννοιολογική κατανόηση και επιχειρηματολογία - οι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν ακατάλληλα και ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους, β) στη διαδικασία κατασκευής επιχειρημάτων και

αντεπιχειρημάτων - οι μαθητές συνήθως αδυνατούν να αιτιολογήσουν έναν ισχυρισμό και να διατυπώσουν ένα συλλογισμό· και γ) στην εξεύρεση των συνδέσεων μεταξύ της επιχειρηματολογίας και των επιστημολογικών πτυχών της επιστήμης - οι μαθητές συναντούν δυσκολίες στο να εξετάζουν εναλλακτικά επιχειρήματα και να προβάλλουν αντικρούσεις (Evagorou & Anraamidou, 2008).

α) Σύμφωνα με τους McNeil και Krajcik (2012), οι μαθητές συνήθως στηρίζονται στις αντιλήψεις τους όταν χρησιμοποιούν τα δεδομένα της εκάστοτε έρευνας. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών που σχετίζονται με το εννοιολογικό περιεχόμενο επηρεάζουν τους ισχυρισμούς τους και τον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων ως αποδεικτικά στοιχεία (Heng, Surif, & Seng, 2015). Κάποιοι μαθητές χρησιμοποιούν ως αποδεικτικά στοιχεία εκείνα τα δεδομένα που θεωρούν συμβατά με τον ισχυρισμό τους με αποτέλεσμα να θεωρούνται ανεπαρκή και να πέφτουν συχνά σε αντιφάσεις ή ακόμα φτάνουν στο σημείο να τα αγνοούν ή να τα απορρίπτουν. Με λίγα λόγια, υπάρχει μεγάλη αδυναμία στην αναγνώριση και την αξιοποίηση των αποδεικτικών στοιχείων (Σκουμιός, 2016). Αυτό συμβαίνει γιατί στηρίζουν τον ισχυρισμό τους σε δραστηριότητες της καθημερινότητας και τις συνδέουν με την προηγούμενη γνώση.

β) Το συστατικό στοιχείο ενός επιχειρήματος που δυσκολεύει τους μαθητές περισσότερο είναι ο συλλογισμός. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μαθητές αδυνατούν να αναγνωρίσουν την κατάλληλη θεωρία ή αρχή που σε συνδυασμό με τα αποδεικτικά στοιχεία τεκμηριώνουν τον ισχυρισμό τους. Λόγω της αδυναμίας να αναγνωρίζουν τα κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία τείνουν να εξάγουν συλλογισμούς με ελλιπή αποδεικτικά στοιχεία. Πολλές φορές επικαλούνται αποδεικτικά στοιχεία που δε σχετίζονται με τους ισχυρισμούς τους. Η έλλειψη εννοιολογικής κατανόησης περιορίζει την ικανότητα ανάπτυξης συλλογισμών (Μαστρογιωργάκη, 2018). Σύμφωνα με τους McNeil και Krajcik (2012), οι μαθητές πρέπει να κατανοούν το εννοιολογικό περιεχόμενο έτσι ώστε να χρησιμοποιήσουν επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία στους συλλογισμούς τους. Επιπλέον, οι Moje et al. (2004) επισημαίνουν ότι οι αδυναμίες των μαθητών στο γραπτό λόγο και τη χρήση της επιστημονικής γλώσσας στη μεταξύ τους επικοινωνία ανακλώνται στον τρόπο διατύπωσης των επιχειρημάτων και στη συγκρότηση του συλλογισμού τους, η οποία αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές ικανότητες που πρέπει να αναπτύξουν οι μαθητές (Moje et al., 2004).

γ) Τέλος, μία ακόμα αδυναμία των μαθητών όσον αφορά την επιχειρηματολογία είναι η αξιολόγηση ενός εναλλακτικού επιχειρήματος ή μιας αντίκρουσης, δηλαδή η αιτιολόγηση της ακαταλληλότητας ενός επιχειρήματος. Οι μαθητές προκειμένου να δομήσουν ένα επιχείρημα, εστιάζουν σε αυτό και δυσκολεύονται να δώσουν άλλες ερμηνείες ενός φαινομένου (McNeill & Krajcik, 2012). Αναφορικά με την αξιολόγηση ενός επιχειρήματος οι μαθητές συνήθως θεωρούν πειστικά επιχειρήματα αυτά που συγκλίνουν με τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους, ενώ απορρίπτουν αυτά που έρχονται σε αντίθεση με τις πεποιθήσεις τους. Ο Σκουμιάς (2017) επισημαίνει πως η αδυναμία των μαθητών στην αιτιολόγηση των επιχειρημάτων μπορεί να αποδοθεί στην ελλιπή εμπειρία τους, αφού οι συνήθειες διδακτικές πρακτικές στην τάξη δεν ευνοούν την ανάπτυξη αυτής της πρακτικής. Η εμπλοκή των μαθητών με κατάλληλες δραστηριότητες προσανατολισμένες στην ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα (Σκουμιάς, 2017).

Η έρευνα του Sandoval (2003) είχε σκοπό να διερευνήσει την επίδραση των επιστημολογικών ιδεών των μαθητών στην εννοιολογική κατανόηση έτσι όπως εκδηλώνεται στα γραπτά επιχειρήματά τους σε θέματα Βιολογίας. Το μοντέλο επιχειρημάτων που χρησιμοποίησε ήταν βασισμένο στο μοντέλο του Toulmin. Η ερευνά εξέταζε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν αποδεικτικά στοιχεία για να υποστηρίξουν ή να αντικρούσουν έναν ισχυρισμό, καθώς και στην άμεση σχέση των αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς τους και στην καταλληλότητά τους. Στα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι μαθητές αποτύγχαναν συχνά στο να χρησιμοποιήσουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους, είτε λόγω της δυσκολίας που είχαν στην ερμηνεία και τη διαχείριση των δεδομένων, είτε λόγω άγνοιας της σημαντικότητας του ρόλου των αποδεικτικών στοιχείων στην ανάπτυξη ενός επιχειρήματος. Επιπλέον, συχνά χρησιμοποιούσαν τις δικές τους επιστημολογικές ιδέες για να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους (Sandoval, 2003).

Οι Lizotte, Harris, McNeill, Marx και Krajcik (2003) στην ερευνά τους εστιάζουν στο σχεδιασμό κατάλληλου προγράμματος σπουδών για τη Χημεία του Γυμνασίου επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στην πρακτική της επιχειρηματολογίας που βασίζεται σε αποδεικτικά στοιχεία. Μέσα από το αρχικό πρόγραμμα σπουδών βγήκαν στην επιφάνεια οι δυσκολίες των μαθητών για την οικοδόμηση της επιχειρηματολογίας. Το πρόγραμμα σπουδών έδινε έμφαση στην πρακτική της έρευνας και της

επιχειρηματολογίας βασισμένο σε διδακτικές παρεμβάσεις. Το μοντέλο που είχαν σαν πρότυπο και στηρίχτηκαν, ήταν μία απλουστευμένη εκδοχή του μοντέλου Toulmin με συστατικά στοιχεία τον ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία και το συλλογισμό και η αξιολόγηση των επιχειρημάτων των μαθητών έγινε ως προς τη δομή και το περιεχόμενο τους (Lizotte et al., 2003). Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν μία βελτίωση ως προς την αξιοποίηση των αποδεικτικών στοιχείων, αλλά όσον αφορά τη συγκρότηση συλλογισμού δεν υπήρξε βελτίωση. Στη συνέχεια, το αναθεωρημένο πρόγραμμα σπουδών προέβλεπε μαθήματα εστιασμένα στην πρακτική της επιχειρηματολογίας στα πλαίσια των οποίων δίνονταν πιο σαφείς και ακριβείς οδηγίες στους μαθητές για τη συγκρότηση επιχειρημάτων (Μαστρογιωργάκη, 2018). Κατά την ανάλυση των pre-test και post-test διαπιστώθηκε μία σημαντική βελτίωση ως προς τη τεκμηρίωση των συλλογισμών. Ωστόσο, οι ερευνητές τόνισαν τη σημασία της γνώσης του εννοιολογικού περιεχομένου στη συγκρότηση επιχειρημάτων (Lizotte et al., 2003).

Εν συνεχεία, η έρευνα των Moje, Peek-Brown, Sutherland, Marx, Blumenfeld και Krajcik (2004) είχε στόχο την ανάδειξη των δυσκολιών των μαθητών για την ανάπτυξη επιχειρημάτων στην εννοιολογική περιοχή του πραγματικού κόσμου, καθώς και στον σχεδιασμό ενός προγράμματος σπουδών για τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας. Ο διδακτικός σχεδιασμός προέβλεπε την εμπλοκή των μαθητών σε επιστημονικές πρακτικές σχεδιασμού, υλοποίησης έρευνας, με έμφαση στην πρακτική της ανάπτυξης γραπτών επιχειρημάτων, η οποία αφορούσε στη διατύπωση ισχυρισμών, επιλογή των κατάλληλων αποδεικτικών στοιχείων και τη σύνδεση των αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς. Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων, οι μαθητές ασκήθηκαν στο να αναγνωρίζουν ένα επιστημονικά τεκμηριωμένο επιχείρημα, να το διαχωρίζουν από τα συνήθη επιχειρήματα που αναπτύσσονται στο καθημερινό κοινωνικό πλαίσιο και να αναπτύσσουν τα δικά τους άρτια επιχειρήματα. Η ανάλυση των pre-test ανέδειξε τη δυσκολία των μαθητών στις πρακτικές έρευνας και ανάπτυξης επιστημονικά τεκμηριωμένων επιχειρημάτων. Οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες τόσο στην επιλογή και την απόδοση των αποδεικτικών στοιχείων, όσο και στη διατύπωση επιστημονικής γλώσσας και επιχειρημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ακόμα, ότι οι μαθητές έχουν την τάση να επαναδιατυπώνουν τα αποδεικτικά στοιχεία χωρίς να μπορούν να τα συνδέσουν με τον ισχυρισμό τους (Μαστρογιωργάκη, 2018). Ωστόσο, τα αποτελέσματα των post-test έδειξαν σημαντική βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην ανάπτυξη γραπτών

επιχειρημάτων (50%). Οι μαθητές ήταν σε θέση να επιλέγουν αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους, να διατυπώνουν ολοκληρωμένους συλλογισμούς και οι ισχυρισμοί τους ήταν αρκετά κοντά στους επιστημονικά αποδεκτούς.

Η έρευνα της McNeill (2011) είχε στόχο την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις ερευνητικές πρακτικές εστιάζοντας στην επιχειρηματολογία. Κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους οι μαθητές είχαν συνεχή υποστήριξη στην ανάπτυξη των επιχειρημάτων τους μέσω ποικίλων διδακτικών στρατηγικών. Η συγκρότηση των επιχειρημάτων βασίστηκε στο μοντέλο των McNeill και Krajcik (2006), ενώ για την αξιολόγηση τους ελέγχθηκε η επάρκεια και η καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Σύμφωνα με την ανάλυση της έρευνας, οι μαθητές ανέπτυσαν ισχυρότερα επιχειρήματα ως προς τη δομή ενώ η καταλληλότητα και η επάρκεια διαφοροποιούνταν ανάλογα με το θέμα που διερευνούσαν. Ωστόσο, η ερευνήτρια επισημαίνει πως τα επιχειρήματα των μαθητών επιδέχονται βελτίωσης με την κατάλληλη υποστήριξη.

Η έρευνα των Sampson, Enderle, Grooms και Witte, (2013) εστίαζε στη μελέτη της εξέλιξης της ποιότητας των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών και της κατανόησης των βασικών ιδεών με τη συμμετοχή τους σε μία σειρά εργαστηριακών μαθημάτων Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας και Επιστημών Υγείας, διάρκειας ενός έτους. Η αξιολόγηση αφορούσε την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου και την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στην αρχή, στο μέσον και στο τέλος του σχολικού έτους και έγινε με βάση την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, αιτιολόγηση). Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε σημαντική βελτίωση των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών και της κατανόησης των βασικών ιδεών κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων. Οι ερευνητές επισήμαναν ότι περισσότερη βελτίωση στην ανάπτυξη γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών θα παρουσιαστεί όταν η άσκηση στην επιχειρηματολογία θα είναι συστηματική.

Η πειραματική έρευνα των Grooms, Sampson και Golden (2014) αποσκοπούσε στη διερεύνηση της ποιότητας των επιχειρημάτων που αναπτύσσουν φοιτητές με βάση τη διδακτική εμπειρία που βιώνουν κατά τη διάρκεια ενός εξαμήνου στο πλαίσιο κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων. Οι φοιτητές της ομάδας ελέγχου παρακολούθησαν

παραδοσιακή διδασκαλία ενώ οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας παρακολούθησαν διδασκαλία εστιασμένη στην πρακτική της επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο των εργαστηριακών μαθημάτων Γενικής Χημείας. Η ανάλυση έγινε με βάση τη δομή των συστατικών στοιχείων του επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά, αιτιολόγηση, αντίκρουση), την επάρκεια και την καταλληλότητά τους και έδειξε ότι στην πειραματική ομάδα υπήρχε μία σημαντική βελτίωση. Οι συγκεκριμένοι φοιτητές μετά το πέρας των διδακτικών παρεμβάσεων ήταν σε θέση να παράγουν ισχυρότερα επιχειρήματα από τους φοιτητές της ομάδας ελέγχου και να χρησιμοποιήσουν αιτιολογήσεις στα επιχειρήματά τους προκειμένου να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους.

3.2.1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την επιχειρηματολογία των μαθητών για την θερμότητα και τη θερμοκρασία

Η πληροφόρηση των μαθητών από τα μέσα ενημέρωσης, οι αλληλεπιδράσεις με άλλους ανθρώπους, οι εμπειρίες, που έχουν από την καθημερινή τους ζωή αλλά και τα φαινόμενα όπως τα αντιλαμβάνονται γύρω τους, είναι μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών σε μικρή ηλικία (NRC, 2012). Η θερμοκρασία και η θερμότητα αποτελούν δύο βασικές έννοιες της Φυσικής οι οποίες σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα και συγχέονται τόσο από τους μαθητές όσο και από τους ενήλικες. Για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας έχει πραγματοποιηθεί διεθνώς σημαντικός αριθμός ερευνών που έφεραν στο φως πολλές και ποικίλες μαθησιακές δυσκολίες.

Η έρευνα των Seda και Suat (2012) αποσκοπούσε στη διερεύνηση των επιπτώσεων των μοντέλων επιχειρηματολογίας των μαθητών σε θέματα όπως η κατάσταση της ύλης και η θερμότητα. Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε «ημι-πειραματικός» σχεδιασμός και για τη συλλογή δεδομένων τεστ επίτευξης «ημι-δομημένες» συνεντεύξεις. Το τεστ επίτευξης υλοποιήθηκε σε πειραματική ομάδα και σε ομάδα ελέγχου. Η ερευνά βασίστηκε στο ημι-δομημένο μοντέλο επιχειρηματολογίας. Οι αναλύσεις των δεδομένων έδειξαν ότι οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας των μαθητών της πειραματικής ομάδας βελτιώθηκαν σταδιακά κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Οι

μαθητές είχαν δυσκολία στη διαμόρφωση επιχειρηματολογίας ειδικά στις πρώτες δραστηριότητες, γιατί δεν είχαν αντιμετωπίσει ξανά παρόμοιες. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι δεξιότητες των μαθητών στην επιχειρηματολογία βελτιώθηκαν μέσω της διδασκαλίας με βάση το μοντέλο επιχειρηματολογίας. Ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν τα αποδεικτικά στοιχεία επαρκώς και να τα συνδέουν με τον ισχυρισμό τους. Παρόλο που οι μαθητές στην πειραματική ομάδα φάνηκε να έχουν βελτιώσει τις δεξιότητες τους, το επίπεδο επιχειρηματολογίας των περισσότερων μαθητών παραμένει χαμηλό. Έτσι, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι θα έπρεπε να χρησιμοποιούνταν πιο συχνά τα μοντέλα επιχειρηματολογίας στις σχολικές τάξεις, καθιστώντας τη μάθησή τους πιο μόνιμη σε ένα ευχάριστο μαθησιακό περιβάλλον (Seda & Suat, 2012).

Οι Σκουμιάς και Χατζηνικήτα (2013) επεδίωξαν να διερευνήσουν την ποιότητα (δομή και εννοιολογικό περιεχόμενο) των γραπτών εξηγήσεων που παράγουν οι μαθητές του δημοτικού για φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και πιο συγκεκριμένα, τη διαστολή και τη συστολή των στερεών σωμάτων και την εξάτμιση των υγρών σωμάτων. Οι γραπτές εξηγήσεις των μαθητών αναλύθηκαν ως προς τη δομή και το εννοιολογικό περιεχόμενο των συστατικών τους στοιχείων (ισχυρισμοί, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμοί) με κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι μαθητές εμφάνισαν την τάση να παράγουν ισχυρισμούς, με ανεπαρκή και ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς. Τα ευρήματα της έρευνας που κατέδειξαν αδυναμία των μαθητών να συγκροτήσουν υψηλής ποιότητας εξηγήσεις μπορούν να αποδοθούν στην έλλειψη κατανόησης του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και στην έλλειψη γνώσης της δομής μιας επιστημονικής εξήγησης και ειδικότερα των στοιχείων που υποστηρίζουν ένα ισχυρισμό (αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμός). Πολύ σημαντική κρίνεται η δημιουργία ενός πλαισίου που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές σε αυτή τη διαδικασία και να βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τη διαδικασία υποστήριξης ενός ισχυρισμού.

Η εργασία του Σκουμιού (2016) εξετάζει τη συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση των υγρών στην εξέλιξη των δεξιοτήτων των μαθητών να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό που περιλάμβανε σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων για την

εξάτμιση και τη συμπύκνωση. Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών προέκυψε ότι η σειρά των πειραματικών δραστηριοτήτων συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων των μαθητών. Πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, οι μαθητές δυσκολεύονταν να αναγνωρίσουν τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων. Μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές μπορούν να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να τα αναγνωρίζουν, να τα περιλαμβάνουν σε επιχειρήματα, να τα κρίνουν, καθώς επίσης και να συγκρίνουν και να αξιολογούν δύο επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Η συγκεκριμένη έρευνα μπορεί να συμβάλει στη σχεδίαση νέου εκπαιδευτικού υλικού που να επιδιώκει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους να αξιολογούν επαρκώς γραπτά ή προφορικά επιχειρήματα και στην οικοδόμηση γνώσεων (Σκουμιός, 2016).

Η έρευνα του Σκουμιού (2017) διερευνούσε την επίδραση μιας διδακτικής ακολουθίας για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία στις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τις αιτιολογήσεις των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Ως εργαλείο αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο κατάλληλα σχεδιασμένο το οποίο οι μαθητές συμπλήρωσαν πριν και μετά την ολοκλήρωση των διδακτικών ακολουθιών. Η αξιολόγηση των αιτιολογήσεων των μαθητών βασίστηκε στο πλαίσιο αξιολόγησης των Knight, McNeill και Pearson (2014). Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι πριν την εφαρμογή των διδασκαλιών, οι δεξιότητες των περισσότερων μαθητών να εντοπίζουν τις αιτιολογήσεις, να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης που υπάρχει σε επιχειρήματα, και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησης τους, δεν ήταν αναπτυγμένες. Όμως, μετά τη διδακτική παρέμβαση φάνηκε ότι οι διδασκαλίες συνέβαλαν σημαντικά στην βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών να διακρίνουν τον ισχυρισμό από την αιτιολόγηση, να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης σε ένα επιχείρημα και να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησης που περιλαμβάνουν. Συμπερασματικά, οι κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών στην αξιολόγηση των αιτιολογήσεων των επιχειρημάτων (Σκουμιός, 2017).

Αφορμή για την έρευνα των Priyadi, Diantoro, και Parno (2018) στάθηκε η αδυναμία των δεξιοτήτων επιστημονικής επιχειρηματολογίας των μαθητών ειδικά στην εφαρμογή των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Έτσι, η μελέτη στόχευε να περιγράψει τις δεξιότητες επιστημονικής επιχειρηματολογίας των μαθητών σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Σύμφωνα με την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι οι δεξιότητες επιστημονικής επιχειρηματολογίας των μαθητών ήταν κατά μέσο όρο σε χαμηλό επίπεδο. Επιπλέον, διατυπώθηκαν τρία πρότυπα δεξιοτήτων επιστημονικής επιχειρηματολογίας: α) οι μαθητές δομούν σωστούς ισχυρισμούς και αποδεικτικά στοιχεία που συνοδεύονται από υποστήριξη για τα αποδεικτικά στοιχεία, β) οι μαθητές δίνουν σωστές αξιώσεις αλλά χρησιμοποιούν ελλιπή στοιχεία και γ) οι μαθητές δίνουν σωστές αξιώσεις, αλλά λανθασμένα αποδεικτικά στοιχεία. Με βάση τα τρία στοιχεία η εκπαιδευτική κοινότητα πρέπει να στρέψει το ενδιαφέρον της στη βελτίωση των δεξιοτήτων της επιστημονικής επιχειρηματολογίας των μαθητών. Η βελτίωση της μάθησης μπορεί να γίνει επιλέγοντας ένα μοντέλο μάθησης που έχει μαθησιακά βήματα και μπορούν να εκπαιδεύσουν τις δεξιότητες επιστημονικής επιχειρηματολογίας (Priyadi et al., 2018).

Η έρευνα των Nurjannah, Setiawan, Rusdiana και Muslim (2019) εστίαζε στη διερεύνηση των δεξιοτήτων της κριτικής σκέψης ως προς την επιχειρηματολογία των φοιτητών Φυσικής σχετικά με την εννοιολογική περιοχή της θερμικής αγωγιμότητας. Οι συμμετέχοντες εξετάστηκαν σε ερωτήσεις δοκιμής και η ανάλυση των δεδομένων έγινε με βάση την ρουμπρίκα κριτικής σκέψης. Από την ανάλυση προέκυψε ότι το επίπεδο ενός μεγάλου ποσοστού των φοιτητών (85%) είναι μέτριο έως πολύ χαμηλό. Το πρόβλημα αυτό προέκυψε γιατί οι φοιτητές δεν έχουν συνηθίσει να επιλύουν τεστ κριτικής σκέψης και να αντιμετωπίζουν ένα εννοιολογικό πρόβλημα, έχουν συγκεχυμένη την έννοια της θερμικής αγωγιμότητας και περιορισμένες δεξιότητες κριτικής σκέψης. Έτσι, σύμφωνα με τους ερευνητές η κονστрукτιβιστική προσέγγιση που σχετίζεται με την εφαρμογή στην καθημερινή ζωή και οι ευκαιρίες για διάλογο θα πρέπει να αξιοποιηθούν για την προώθηση της ικανότητας των μαθητών και των φοιτητών να αναλύσουν την επιχειρηματολογία (Nurjannah et al., 2019).

Από τις παραπάνω έρευνες προκύπτει ότι οι διδακτικές παρεμβάσεις που είναι προσανατολισμένες στην εμπλοκή των μαθητών στις πρακτικές της έρευνας και της επιχειρηματολογίας, μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

3.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία

Τα παιδιά, πριν ακόμα την εισαγωγή τους στο σχολείο, προσπαθώντας να ερμηνεύσουν τον κόσμο και να προβλέψουν την εξέλιξη των φυσικών φαινομένων έχουν διαμορφώσει κάποιες ιδέες. Οι ιδέες αυτές διαμορφώνονται μέσω των αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον, την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα (Μπαγιάτη, 2014). Με λίγα λόγια, οι μαθητές έχουν την τάση να οικοδομούν ένα σύστημα πεποιθήσεων που πολύ συχνά αντιτίθεται στις επιστημονικές θεωρίες (Stylos, Sargioti, Mavridis, & Kotsis, 2021). Στη βιβλιογραφία οι ιδέες αυτές αναφέρονται ως εναλλακτικές ιδέες/απόψεις, αυθόρμητες αντιλήψεις, προϋπάρχουσες αντιλήψεις, διαισθητικές ιδέες, επιστήμη των παιδιών, νοητικές αναπαραστάσεις νοητικά μοντέλα και παρανοήσεις (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson 1998; Κόκκοτας, 2002).

Οι αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν προσωπικές κατασκευές γνώσεις, ώστε να κατανοήσουν τις έννοιες και τα φαινόμενα του κόσμου γύρω τους, να περιγράψουν, να ερμηνεύουν, να προβλέπουν και να εφαρμόζουν στην καθημερινή τους ζωή, καθώς και να αλληλεπιδρούν με άλλους ανθρώπους (Mastrogiorgaki & Skoumios, 2018).

Ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία, παρατηρείται ότι στις Φυσικές Επιστήμες έχουν γίνει πολλές μελέτες που επεξεργάζονται και ερμηνεύουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων για τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και τα θερμικά φαινόμενα.

3.3.1 Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα χωρίζονται σε κατηγορίες: α) η θερμότητα ως ουσία, β) η θερμότητα ως ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος, γ) η θερμότητα ως κίνηση σωματιδίων της ύλης, δ) μια ή δυο οντότητες της θερμότητας για εξήγηση των θερμικών φαινομένων και ε) διατήρηση ή μη της θερμότητας. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για κάθε κατηγορία.

α) Η θερμότητα ως ουσία

Πολλοί ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι τα παιδιά θεωρούν τη θερμότητα ως μια "ουσία" (Stylos, et. al, 2021; Στύλος & Κώτσης, 2017; 2018) ή ως κίνηση σωματιδίων της ύλης (Carlton, 2000). Οι μαθητές χρησιμοποιούν τη θερμότητα ως ένα είδος αόρατης, φευγαλέας "ουσίας" (πχ. ρευστό), η οποία αποθηκεύεται στα σώματα, διαμορφώνει τη θερμική τους κατάσταση και έχει την ικανότητα να εισρέει ή να εκρέει από τα σώματα. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η θερμότητα θεωρείται ως ένα αόρατο αβαρές ρευστό που μεταφέρεται από ένα θερμό σε ένα λιγότερο θερμό σώμα ενώ παραμένει ποσοτικά αμετάβλητο (Σκουμιός, 2012).

Αντίστοιχα, τα παιδιά φαντάζονται το κρύο ως μία οντότητα, η οποία, όπως και η θερμότητα, έχει τις ιδιότητες μιας υλικής "ουσίας". Δεν θεωρούν απαραίτητα το θερμό και το ψυχρό ως όψεις της ίδιας οντότητας, αλλά τα αντιλαμβάνονται ως δυο διαφορετικά φαινόμενα, με το ψυχρό να θεωρείται συχνά ως αντίθετο του θερμού (Σκουμιός, 2012).

Η αντίληψη της θερμότητας ως ουσίας, ίσως προέρχεται από την καθημερινή χρήση του όρου «θερμότητα». Για παράδειγμα, στις καθημερινές συζητήσεις η θερμότητα είναι κάτι που έχει σχέση με το ζεστό και όχι με το κρύο. Είναι κάτι που αποθηκεύεται μέσα στα αντικείμενα, στα δωμάτια και στους ζωντανούς οργανισμούς. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι η αντίληψη της θερμότητας ως ουσία βρέθηκε σε σημαντικό ποσοστό φοιτητών παιδαγωγικών τμημάτων και τμημάτων θετικών επιστημών, καθώς και σε δασκάλους και καθηγητές φυσικών επιστημών (Καρανίκας, 1996).

β) Η θερμότητα ως ποιοτικό και ποσοτικό μέγεθος

Ως προς το είδος φυσικού μεγέθους της θερμότητας, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμότητα είτε ως ποιοτικό μέγεθος είτε ως ποσοτικό (Kesidou & Duit, 1993; Σκουμιός, 2012). Οι μαθητές θεωρούν ως ποιοτικό μέγεθος αυτό που εμφανίζεται με δύο οντότητες (θερμότητα ή κρύο) και εκπέμπεται ή απορροφάται αυθόρμητα από τα σώματα ή με άλλα λόγια, θεωρείται ιδιότητα ή χαρακτηριστικό των σωμάτων. Στη συγκεκριμένη προσέγγιση, η θερμότητα χαρακτηρίζεται από την «έντασή» της και όχι από την ποσότητά της. Οι μαθητές που χρησιμοποιούν την παραπάνω αντίληψη, θεωρούν ότι η μέτρηση της θερμότητας γίνεται με τα θερμόμετρα και στην περίπτωση αυτή η θερμότητα μετριέται σε «βαθμούς» (Kesidou & Duit, 1993).

Από την άλλη πλευρά, ποσοτικό μέγεθος της θερμότητας θεωρείται αυτό που εμφανίζεται με μία οντότητα και μεταφέρεται από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο χαμηλότερης, μέχρι αυτά να φθάσουν σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Ταυτόχρονα, η θερμοκρασία παρουσιάζεται ως μέγεθος που δείχνει το πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα και καθορίζει αν δύο ή περισσότερα σώματα είναι σε θερμική ισορροπία, ή όχι, όταν αυτά έρθουν σε επαφή (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002). Σε αυτή την προσέγγιση, η θερμότητα χαρακτηρίζεται από την ποσότητα και σύμφωνα με τους μαθητές, μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, το σώμα μεγαλύτερης μάζας περιέχει περισσότερη ποσότητα θερμότητας (Σκουμιός, 2012).

γ) Η θερμότητα ως κίνηση σωματιδίων της ύλης

Με βάση τη συγκεκριμένη αντίληψη, οι μαθητές υποστηρίζουν ότι η κίνηση των σωματιδίων συνδέεται με τη θερμότητα (Carlton, 2000). Στο πλαίσιο αυτό, εξηγούν τη θέρμανση ενός σώματος θεωρώντας ότι τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα και τότε το σώμα γίνεται θερμότερο ή ότι τα σωματίδια συγκρούονται μεταξύ τους και παράγεται θερμότητα (Σκουμιός, 2012). Ακόμα, έχουν την τάση να συγχέουν τη θερμότητα με την εσωτερική ενέργεια ή με τη θερμική ενέργεια και με τη θερμοκρασία, θεωρώντας ότι η θερμοκρασία εκφράζει τη θερμότητα που παράγεται από τις κινήσεις ή τις συγκρούσεις των σωματιδίων (Van Roon, Van Sprang, & Verdonk, 1994).

δ) Χρήση μιας ή δυο οντοτήτων για εξήγηση των θερμικών φαινομένων

Πολλοί μαθητές στην προσπάθεια τους να εξηγήσουν τα θερμικά φαινόμενα χρησιμοποιούν μία οντότητα, τη θερμότητα, ενώ άλλοι δύο οντότητες, τη θερμότητα και το ψύχος (Σκουμιός, 2012).

Στην πρώτη περίπτωση όπου οι μαθητές αντιμετωπίζουν την θερμότητα ως μία οντότητα, υποστηρίζουν ότι η θερμότητα είναι υπεύθυνη τόσο για τη θέρμανση ενός σώματος όσο και για την ψύξη του (Loverude, 1999). Οι έχοντες αυτή την παρανόηση θεωρούν ότι η αίσθηση του θερμού οφείλεται στη θερμότητα που αφήνει το θερμό αντικείμενο και κινείται προς το θερμό σώμα, ενώ η αίσθηση του ψυχρού, οφείλεται και πάλι στη θερμότητα που αφήνει το σώμα τους και κινείται προς το ψυχρό

αντικείμενο. Για αυτούς, η θερμοκρασία ενός θερμού σώματος μειώνεται, όταν έρθει σε επαφή με ένα ψυχρό σώμα γιατί η θερμότητα φεύγει από το θερμό σώμα και πηγαίνει στο ψυχρό (Σκουμιός, 2012).

Στην αντίθετη περίπτωση, η θερμότητα και το ψύχος είναι δύο διαφορετικές οντότητες και πιο συγκεκριμένα, η θερμότητα είναι υπεύθυνη για τη θέρμανση των σωμάτων και το ψύχος είναι υπεύθυνο για την ψύξη των σωμάτων (Καρύδας & Κουμαράς, 2000). Οι μαθητές υποστηρίζουν ότι όταν αγγίζουν ένα θερμό αντικείμενο θεωρούν ότι η αίσθηση του θερμού οφείλεται στη θερμότητα που αφήνει το θερμό αντικείμενο και κινείται προς το σώμα τους. Όταν όμως, αγγίζουν ένα ψυχρό αντικείμενο θεωρούν ότι η αίσθηση του ψυχρού οφείλεται στο ψύχος που αφήνει το ψυχρό αντικείμενο και κινείται προς το σώμα τους (Σκουμιός, 2012). Τέλος, η τάση των μαθητών να χρησιμοποιούν αυτή την αντίληψη ίσως ενισχύεται από την καθημερινή εμπειρία (π.χ. την αίσθηση που έχουν οι μαθητές όταν ακουμπούν ψυχρά αντικείμενα όπου το ψύχος φαίνεται να ρέει μέσα στο σώμα τους).

ε) Διατήρηση ή μη της θερμότητας

Ως προς τη διατήρηση της θερμότητας, οι αντιλήψεις των μαθητών χωρίζονται σε δύο κατηγορίες α) τη διατήρηση της και β) τη μη διατήρηση της. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι μαθητές που πιστεύουν πως κατά τη διάρκεια των θερμικών φαινομένων η συνολική θερμότητα των σωμάτων διατηρείται. Την αντίληψη αυτή έχουν οι μαθητές που δίνουν στη θερμότητα ποσοτικό χαρακτηριστικό (Meltzer, 2001) και υποστηρίζουν ότι η ποσότητα θερμότητας που χάνει ένα σώμα είναι ακριβώς ίση με την ποσότητα της θερμότητας που κερδίζει ένα άλλο σώμα.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν μαθητές που πιστεύουν πως κατά τη διάρκεια των θερμικών φαινομένων η συνολική θερμότητα των σωμάτων μειώνεται. Την αντίληψη αυτή έχουν κυρίως οι μαθητές που δίνουν στη θερμότητα ποιοτικό χαρακτηριστικό και θεωρούν ότι η θερμότητα που απορροφά ένα υγρό κατά τη θέρμανσή του είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα που χάνει κατά την ψύξη του (Φασουλόπουλος, 2001).

3.3.2 Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμοκρασία

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών προκύπτει ότι τα ζητήματα ως προς τα οποία διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμοκρασία αφορούσαν: - στη μη διαφοροποίηση θερμοκρασίας και θερμότητας και στον εντοπισμό παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα όταν βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002).

α) Αντιλήψεις των μαθητών για τη διάκριση των εννοιών θερμότητα – θερμοκρασία

Σύμφωνα με τις μελέτες, οι μαθητές έχουν την τάση να δυσκολεύονται να διακρίνουν τις διαφορές της θερμοκρασίας και της θερμότητας (Καρύδας & Κουμαράς, 2000). Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό του μαθητικού πληθυσμού μπορεί να διακρίνει τη θερμοκρασία από τη θερμότητα και αντιλαμβάνεται ότι είναι ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τα σώματα που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία. Οι μαθητές που δεν διαφοροποιούν τη θερμοκρασία από τη θερμότητα, θεωρούν ότι δυο σώματα έχουν την ίδια θερμότητα, αν αυτά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία και αντίστροφα (Kesidou & Duit, 1993).

Επιπλέον, επικρατεί η αντίληψη από τους μαθητές ότι η θερμοκρασία φαίνεται να είναι ένα μέγεθος που μετρά την ένταση της θερμότητας ή της ψυχρότητας των σωμάτων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002). Έτσι, σύμφωνα με τους μαθητές, σώματα διαφορετικού όγκου ή μάζας, που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, θεωρούνται ότι περιέχουν θερμότητες ίδιας έντασης. Επίσης, όταν ίσες ποσότητες διαφορετικών σωμάτων θερμανθούν από όμοιες πηγές και φθάσουν στην ίδια θερμοκρασία, αν και οι χρόνοι θέρμανσης τους είναι διαφορετικοί, οι μαθητές θεωρούν ότι τα σώματα έχουν λάβει την ίδια θερμότητα. Γι' αυτούς, η θερμοκρασία εξομοιώνεται με τη θερμότητα και αφού τα σώματα φθάνουν στην ίδια θερμοκρασία, θα πρέπει να έχουν δεχθεί ίδιες θερμότητες (Σκουμιός, 2012).

Μια τέτοια αντίληψη για τη θερμοκρασία τείνει να εντοπίζεται σε μαθητές, οι οποίοι θεωρούν τη θερμότητα ως ποιοτικό μέγεθος που εμφανίζεται με δύο οντότητες (θερμότητα ή κρύο). Η παραπάνω απουσία διάκρισης εντοπίζεται σε μαθητές όλων των ηλικιών ακόμα και μεταξύ των φοιτητών.

Από την άλλη πλευρά, κάποιοι άλλοι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία ως ποσοτική έννοια. Πιστεύουν ότι η θερμοκρασία αντιπροσωπεύει την ποσότητα της θερμότητας που ζει σε μία ουσία, μπορεί να μεταφερθεί από το ένα σώμα στο άλλο και μπορεί να προσδιοριστεί από την αφή ή το δέρμα (Stylos et al., 2021). Δηλαδή, η αύξηση ή η αφαίρεση της θερμότητας οδηγεί αντίστοιχα στην αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του σώματος. Στο βαθμό που οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία ως μέτρο της ποσότητας της θερμότητας, θεωρούν ότι η θερμοκρασία είναι κάτι που περνά από το ένα σώμα στο άλλο και οι βαθμοί της δείχνουν την ποσότητα της θερμότητας που έχει μεταφερθεί (Αντωνιάδου, Λεύκος, Χαζηκρανιώτης, & Ψύλλος, 2002).

Άλλες λανθασμένες αντιλήψεις αναφέρουν ότι διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετική θερμοκρασία, ακόμη και αν αυτά βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον και ο συνδυασμός των δύο δειγμάτων υγρού (π.χ. νερό και καφές) σε διαφορετικές θερμοκρασίες προκαλεί θερμοκρασία ίση με το άθροισμά τους (Stylos et al., 2021).

β) Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμοκρασία που αποκτούν τα σώματα

Πολλοί μαθητές υποστηρίζουν ακόμα, ότι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου εξαρτάται από το μέγεθος του, τον όγκο ή από το ποσό του υλικού που περιέχει. Για παράδειγμα, πιστεύουν ότι ένας μεγαλύτερος κύβος πάγου θα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από έναν μικρό κύβο. Η αντίληψη αυτή πηγάζει ίσως από την άποψη, που είναι ευρέως αποδεκτή από τα παιδιά κάθε ηλικίας, ότι η θερμοκρασία μετρά το ποσό θερμότητας που περικλείει ένα σώμα (Κόκκοτας, 1999).

Τέλος, η πλειοψηφία των παιδιών αναγνωρίζει ένα υδραργυρικό θερμόμετρο και διατυπώνει την άποψη ότι το θερμόμετρο μας δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι κάτι, είτε μας πληροφορεί για την θερμοκρασία ενός πράγματος.

3.3.3 Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική ισορροπία και την τελική θερμοκρασία

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριων για τη θερμική ισορροπία και την τελική θερμοκρασία των σωμάτων αναφέρουν ότι:

α) η θερμική ισορροπία είναι πιθανόν να συμβεί και δεν είναι αναγκαία (Kesidou & Duit, 1993). Οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη θερμική ισορροπία ως μια πιθανή ή δυνατή κατάσταση και όχι ως μια αναγκαιότητα (Jasier & Oberem, 2002). Σύμφωνα με τους μαθητές, σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις τα σώματα αποκτούν θερμότητες ίσων εντάσεων και σε άλλες περιπτώσεις, τα σώματα αποκτούν ίσες θερμοκρασίες.

β) η θερμική ισορροπία είναι αναγκαία και όλα τα αντικείμενα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον και για αρκετό χρόνο, θα πρέπει πάντα απαραίτητα να έχουν την ίδια θερμοκρασία (Arnold & Millar, 1996). Για ορισμένους μαθητές, τα σώματα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον για αρκετό χρόνο, πρέπει πάντα να αποκτήσουν απαραίτητα την ίδια θερμοκρασία (Aiello-Nicosia & Sperandeo-Mineo, 2000). Συνεπώς, για αυτούς τους μαθητές, η θερμική ισορροπία αποτελεί μια αναγκαιότητα, και όχι απλά μια πιθανή κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθούν τα σώματα.

γ) υπάρχει δυνατότητα εξίσωσης της έντασης ή της ποσότητας θερμότητας των σωμάτων, με την τελική τους θερμοκρασία να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά τους, σύσταση, μέγεθος και πυκνότητα (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000). Οι μαθητές που πιστεύουν στη μη αναγκαιότητα της θερμικής ισορροπίας, θεωρούν ότι πρόκειται μάλλον για εξίσωση των θερμοτήτων των σωμάτων στο επίπεδο, είτε των εντάσεών τους, είτε των ποσοτήτων τους. Η θερμική ισορροπία θεωρείται από τους μαθητές ως μια κατάσταση στην οποία τα σώματα έχουν θερμότητες ίσων εντάσεων. Αυτό είναι κάτι που πιστεύουν κυρίως μαθητές που υποστηρίζουν ότι η θερμότητα είναι ποιοτικό μέγεθος που εμφανίζεται με δύο οντότητες και η θερμοκρασία μέτρο της έντασης της. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν οι μαθητές που θεωρούν ότι η θερμική ισορροπία είναι μία κατάσταση στην οποία τα σώματα έχουν ίσες ποσότητες θερμοτήτων (Kesidou & Duit, 1993). Διαπιστώνεται ότι αυτοί είναι συνήθως που αντιμετωπίζουν τη θερμότητα ως ποσοτικό μέγεθος που εμφανίζεται με μία ή δύο οντότητες.

Τέλος, οι παρανοήσεις των μαθητών που αναφέρουν ότι οι τελικές θερμοκρασίες των σωμάτων εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των σωμάτων (σύσταση, μέγεθος και πυκνότητα), ενισχύονται από την θερμική αίσθηση όταν αγγίζουν αντικείμενα που είναι καλοί ή κακοί αγωγοί της θερμότητας (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000). Συνοπτικά, οι διαφορετικές αισθήσεις σημαίνουν απαραίτητα διαφορετικές θερμοκρασίες (Stylianidou, 1997).

3.3.4 Αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμική αγωγιμότητα

Η θερμική αγωγιμότητα είναι μία ακόμα ιδιότητα των σωμάτων όπου οι μαθητές δυσκολεύονται να καταλάβουν. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, οι εναλλακτικές ιδέες προσανατολίζονται στους παρακάτω άξονες:

- Οι μονωτές παράγουν θερμότητα.
- Οι αγωγοί έλκουν θερμότητα σε θερμό περιβάλλον και ψύχος σε ψυχρό περιβάλλον.
- Τα σώματα είναι αποκλειστικά είτε αγωγοί είτε μονωτές.

Πολλοί μαθητές υποστηρίζουν ότι κάποιοι μονωτές έχουν την ιδιότητα να παράγουν και να απορροφούν θερμότητα, ώστε να θερμαίνουν τα σώματα (Stylianidou, 1997). Παραδείγματος χάριν, θεωρούν ότι τα μάλλινα ή τα βαμβακερά ρούχα δημιουργούν θερμότητα και ότι δεν επιβραδύνουν τη ροή θερμότητας που εκπέμπεται από τα σώματα.

Επιπλέον, σε καταστάσεις μόνωσης, οι μαθητές θεωρούν ως αιτία της ροής θερμότητας το προς μόνωση σώμα ή το σώμα που χρησιμοποιείται ως μονωτής, ανάλογα με τη σύσταση του μονωτικού υλικού. Όταν ο μονωτής είναι μάλλινο σώμα, η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ως αιτία ροής θερμότητας τον μονωτή, ενώ ελάχιστοι μαθητές θεωρούν ως αιτία ροής θερμότητας το προς μόνωση σώμα. Αντίθετα, όταν ο μονωτής είναι ξύλινο σώμα, οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν ως αιτία ροής θερμότητας το προς μόνωση σώμα, ενώ αρκετά λιγότεροι μαθητές θεωρούν ως αιτία ροής θερμότητας το μονωτή (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002).

Επιπλέον, σχετικά με τους μονωτές ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι ενεργούν ως φράγματα και ως εκ τούτου δεν επιτρέπουν καμία μεταφορά θερμότητας. Αυτοί επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας και κρύου αποκλειστικά και μπορούν να «μονώσουν» τη ζέστη και το κρύο (Georgiou & Sharma, 2012; Stylos et al., 2021).

Όσον αφορά την αντίληψη της έλξης από τους αγωγούς θερμότητας σε θερμό περιβάλλον και ψύχους σε ψυχρό περιβάλλον, οι μαθητές θεωρούν ότι οι αγωγοί έχουν την ιδιότητα να έλκουν, να διατηρούν ή να απορροφούν, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται, το ψύχος ή τη θερμότητα (Σκουμιός, 2012). Σύμφωνα με τους Adadan & Yavuzkaya (2018), όπως αναφέρεται στη μελέτη των Stylos et al. (2021), ειδικά για τα μέταλλα υπάρχει η εντύπωση ότι «έχουν την

ικανότητα να προσελκύνουν, να κρατούν, να εντείνουν ή να απορροφούν τη θερμότητα και το κρύο» ως φυσική ιδιότητα. Η αντίληψη αυτή συνήθως εμφανίζεται σε καταστάσεις όπου υπάρχει ένας αγωγός σε θερμό περιβάλλον. Έτσι, ερμηνεύουν το γεγονός ότι άλλη θερμοκρασία αισθάνονται πως έχουν τα μεταλλικά και άλλη τα πλαστικά υλικά όταν τα αγγίζουν με το χέρι τους. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μαθητές συγχέουν τις διαδικασίες μεταφοράς ενέργειας με τη θερμοκρασία ενός υλικού. Με αυτή την αντίληψη σχετίζεται και η παρανόηση ότι τα μέταλλα είναι μονωτές, αφού, όπως έχει αναφερθεί, τα μέταλλα είναι ιδανικά στο να κρατούν τα πράγματα θερμά ή ψυχρά, δηλαδή έχουν μονωτικές ιδιότητες. Αυτό ενισχύεται περισσότερο από τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα υλικά στην καθημερινή ζωή.

Ομοίως, υπάρχει και η αντίληψη στην περίπτωση του «ψύχους». Οι μαθητές θεωρούν ότι σε ψυχρό περιβάλλον, οι αγωγοί έχουν την ιδιότητα να έλκουν, να διατηρούν ή να απορροφούν το ψύχος. Αντίστοιχα, ένας αγωγός (μέταλλο) σε ψυχρό περιβάλλον, σύμφωνα με τους μαθητές, θα έχει χαμηλή θερμοκρασία, επειδή έλκει, απορροφά ή διατηρεί το ψύχος (Σκουμιός, 2012).

Επί προσθέτως, οι μαθητές υποστηρίζουν ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες αγωγών αποκλειστικά, των καλών και των κακών και ανάλογα με το υλικό κάθε σώματος ταξινομούνται. Πιο συγκεκριμένα, αν ένα σώμα είναι αγωγός ή μονωτής, αφορά την αποκλειστική ιδιότητα του σώματος, και δεν εξαρτάται από το σώμα με το οποίο συγκρίνεται.

3.3.5 Αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση της θερμότητας

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, οι μαθητές συνδέουν τη διάδοση της θερμότητας (ή και του ψύχους) με το ίδιο το σώμα και ειδικότερα, θεωρούν ως αιτία διάδοσης της θερμότητας (ή του ψύχους) τη θερμική κατάσταση ενός μεμονωμένου σώματος. Γι' αυτούς, το θερμό σώμα, εξαιτίας της θερμικής του κατάστασης θερμαίνει και αντίστοιχα, το ψυχρό σώμα ψύχει. Το περιβάλλον του σώματος και πιο συγκεκριμένα η θερμική του κατάσταση, δεν λαμβάνεται υπόψη από τους μαθητές προκειμένου να καθορίσουν την αιτία διάδοσης της θερμότητας (Σκουμιός, 2012).

Οι έρευνες έχουν εστιάσει κυρίως στις ιδέες των παιδιών για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή. Πολλά παιδιά φαίνεται να μην μπορούν να κατανοήσουν πώς θερμαίνεται ολόκληρη μία μεταλλική ράβδος, όταν η εστία βρίσκεται στο ένα άκρο

της. Έχοντας σαν παρανόηση τις υλικές ιδιότητες της θερμότητας, οι μαθητές θεωρούν ότι στη θέρμανση μίας μεταλλικής ράβδου, η θερμότητα συσσωρεύεται στο ένα άκρο, ξεχειλίζει και στη συνέχεια πλημμυρίζει το υπόλοιπο μέρος της.

Ακόμα, πιστεύουν ότι η θερμότητα μπορεί να ανεβαίνει προς τα πάνω, να διεισδύει ακόμα και σε μέταλλα. Χρησιμοποιούν μάλιστα για την περιγραφή της, όρους όπως "αναθυμιάσεις", "κύματα", "ακτίνες" κ.λπ. που προέρχονται από τις εμπειρίες τους (Driver et al, 1998). Για κάποιους άλλους, η θερμότητα ταξιδεύει από το ένα άκρο στο άλλο με τη μορφή ενός διαμήκους κύματος (Pathare & Pradhan, 2010).

Σε αντίστοιχες έρευνες, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές από μικρή ηλικία γνωρίζουν ότι η θερμότητα διαδίδεται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρότερο. Ωστόσο, η αιτιολόγησή τους αναφέρεται συνήθως στην ύπαρξη μιας ύλης («κάτι») στο εσωτερικό του σώματος, το θερμαίνει και στη συνέχεια μεταφέρεται στο ψυχρότερο σώμα όπου το θερμαίνει κι εκείνο (Σκουμιός, 2012).

Μία άλλη παρανόηση των μαθητών είναι ότι η διάδοση της θερμότητας δεν σταματάει όταν οι θερμοκρασίες των σωμάτων εξισωθούν. Αυτή η έννοια διερευνήθηκε περαιτέρω και προέκυψε ότι οι κύριοι λόγοι που ευθύνονται για αυτή την αντίληψη είναι: α) η ευκολία με την οποία η θερμότητα εισέρχεται και εξέρχεται από διάφορα υλικά ποικίλει, β) διάφορα υλικά προσελκύουν ή διατηρούν τη θερμότητα διαφορετικά και γ) τα σωματίδια δεν είναι εξίσου κοντά το ένα στο άλλο - έχουν διαφορετικές ιδιότητες (Sözbilir, 2003).

Όσον αφορά τη διάδοση θερμότητας με ρεύματα, οι μαθητές δεν μπορούν να την κατανοήσουν και θεωρούν το είναι αποτέλεσμα αγωγιμότητας ή ακτινοβολίας. Με βάση ένα πείραμα που πραγματοποίησε ο Cengel Yunus (2004), όπου έβαλε σε λειτουργία έναν ανεμιστήρα, ο οποίος φυσούσε ζεστό αέρα, τα παιδιά αναφέρθηκαν στο φαινόμενο ως αγωγιμότητα. Δεν κατάλαβαν την πραγματική διαδικασία παραγωγής ζεστού αέρα. Επίσης, κάποιοι μαθητές δεδομένου ότι ο ζεστός αέρας δεν μπορεί να φανεί στα μάτια τους και τα χέρια στεγνώνουν από απόσταση από τον ανεμιστήρα θερμού αέρα, συσχετίζουν αυτό το φαινόμενο με την ακτινοβολία που προέρχεται από τον ανεμιστήρα (Pathare & Pradhan, 2010).

Τέλος, για την διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία οι παρανοήσεις των μαθητών συχνά αφορούν τον ρυθμό μεταφοράς θερμότητας με την επίδραση των επιφανειακών ιδιοτήτων. Για παράδειγμα πιστεύουν ότι οι μαύρες επιφάνειες συγκρατούν την

ενέργεια και επομένως, εκπέμπουν ακτινοβολία πιο αργά από τις λευκές επιφάνειες (Prince, Vigeant, & Nottis, 2016).

3.3.6 Αντιλήψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα

Βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, οι έρευνες έδειξαν ότι όσον αφορά τις αντιλήψεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα, ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: α) αυτούς που αναφέρονται σε όρους ιδιοτήτων των σωμάτων και δράσης ενός σώματος πάνω στο άλλο και β) αυτούς που μιλούν με όρους αλληλεπίδρασης των σωμάτων.

Στην πρώτη περίπτωση, οι εξηγήσεις των μαθητών για τα θερμικά φαινόμενα περιορίζονται στις ιδιότητες των σωμάτων και στις δράσεις τους πάνω σε άλλα σώματα με ενδιάμεσους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, οι παρανοήσεις αναφέρονται στον ενεργητικό ρόλο ενός σώματος που διαδραματίζει πάνω σε ένα άλλο σώμα, με παθητικό ρόλο. Το πρώτο σώμα δίνει αυθόρμητα στο δεύτερο, θερμότητα ή ψύχος (ενδιάμεσοι παράγοντες). Ειδικότερα, σε καταστάσεις θέρμανσης, ως αιτία της ροής θερμότητας θεωρείται το θερμό (ή το ψυχρό) σώμα και όχι η διαφορά θερμοκρασίας των σωμάτων. Σε καταστάσεις μόνωσης, όπου ένα δοχείο χρησιμοποιείται για να μονώσει ένα θερμό (ή ψυχρό) σώμα, οι μαθητές θεωρούν ότι το δοχείο έλκει ή απορροφά θερμότητα ή ψύχος και διατηρεί τη θερμική κατάσταση του σώματος, ή - το θερμό (ή το ψυχρό) σώμα δίνει θερμότητα (ή ψύχος), η οποία διέρχεται μέσα από το δοχείο και κατευθύνεται προς το περιβάλλον, περισσότερο ή λιγότερο γρήγορα ανάλογα με τη σύσταση του δοχείου (Σκουμιός, 2012).

Επιπρόσθετα εξετάστηκε, αν η δράση: (i) πραγματοποιείται σε συγκεκριμένη κατεύθυνση με αρχή ένα σώμα και τέλος ένα άλλο σώμα, (ii) εξαρτάται από το μέγεθος, τη σύσταση και τη θερμοκρασία των σωμάτων, (iii) γίνεται αυθόρμητα ή για την επίτευξη κάποιου σκοπού και (iv) έχει ένα τέλος ή ενεργεί συνεχώς (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002).

Στην άλλη περίπτωση όπου οι μαθητές εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα με όρους αλληλεπίδρασης των σωμάτων, θεωρούν ότι αν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, έρθουν σε επαφή, τότε αυθόρμητα θα λάβει χώρα ροή θερμότητας από το σώμα που βρίσκεται στην υψηλότερη προς το σώμα με τη χαμηλότερη

θερμοκρασία. Αιτία, δηλαδή της ροής θερμότητας είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σωμάτων και όχι το θερμό σώμα θεωρούμενο μεμονωμένο. Η μεταφορά θερμότητας θα συνεχιστεί μέχρι τη στιγμή που οι θερμοκρασίες των δύο σωμάτων εξισωθούν (κατάσταση θερμικής ισορροπίας) (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002).

3.3.7 Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις αλλαγές φάσης

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης φαίνεται ότι οι μαθητές δυσκολεύονται στην κατανόηση των αλλαγών φάσης. Οι δυσκολίες αυτές συσχετίζονται με το χαμηλό επίπεδο κατανόησης των σωματιδιακών μοντέλων της ύλης. Αυτό το πρόβλημα αποδίδεται στο γεγονός ότι η σωματιδιακή φύση της ύλης έρχεται σε αντίθεση με τη διφορούμενη έννοιά της στην καθημερινή γλώσσα των μαθητών. Από μια σειρά μελετών που εξέτασαν τις αντιλήψεις των μαθητών για το βρασμό του νερού, την εξάτμιση και τη συμπύκνωση διαπιστώθηκε ότι οι έννοιες συσχετίστηκαν με την κατανόηση της φύσης του αερίου και με τη θεωρία σωματιδίων.

Σύμφωνα με τους Stylos et. al. (2021), οι μαθητές από την ηλικία των 10 χρόνων γνωρίζουν το θερμικό φαινόμενο του βρασμού από την καθημερινή τους εμπειρία, αλλά αντιμετωπίζουν δυσκολία στην ερμηνεία του. Οι εναλλακτικές ιδέες που προκύπτουν για την έννοια και το φαινόμενο του βρασμού είναι:

α) Η θερμοκρασία του νερού που βράζει, αυξάνεται όταν αυξάνεται απότομα η ποσότητα θερμότητας ή συνεχίζει να θερμαίνεται για μερικά λεπτά ακόμα. Με λίγα λόγια, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών αγνοεί ότι το σημείο βρασμού του νερού είναι 100°C και θεωρεί ότι μεταβάλλεται ανάλογα με την παροχή θερμότητας (Ευαγγέλλου & Κώτσης, 2015). Δηλαδή, η θέρμανση οδηγεί πάντα σε αύξηση της θερμοκρασίας, το σημείο βρασμού δεν παραμένει σταθερό και ο ατμός πάνω από το βρασμένο νερό υπερβαίνει τη θερμοκρασία των 100°C (Stylos et. al., 2021).

β) Η θερμοκρασία (ή το σημείο) βρασμού του νερού εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που θερμαίνεται, δηλαδή μεγαλύτερη ποσότητα νερού θα βράσει σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και το αντίστροφο (Σκουμιός, 2011; Ευαγγέλλου & Κώτσης, 2015). Ένας στους τρεις μαθητές συσχετίζει τη μείωση της μάζας του νερού, που συμβαίνει

κατά τη διάρκεια του φαινομένου, με μείωση της θερμοκρασίας του (Ευαγγέλλου & Κώτσης, 2015).

γ) Υπάρχει παρανόηση για τη φύση των φυσαλίδων στο βραστό υγρό. Οι κύριες απόψεις των μαθητών που έχουν σχετικά με τις φυσαλίδες που δημιουργούνται όταν το νερό βράζει είναι ότι περιέχουν «αέρα», «οξυγόνο», «θερμότητα», «υδρογόνο», «ατμό» ή «τίποτα» (Stylos et. al., 2021).

Όσον αφορά το φαινόμενο της εξάτμισης, πολλοί μαθητές έχουν δηλώσει ότι είναι δυσνόητη σαν έννοια. Αυτό οφείλεται στην αντίληψή τους ότι η ύλη υπάρχει ακόμη και αν είναι αόρατη, αλλά τα σωματίδια αερίου δεν έχουν βάρος ή ζυγίζουν λιγότερο από τα υγρά σωματίδια (Savaşci-Açikalin, 2019). Έτσι, η εξάτμιση του νερού από τους μαθητές εξηγείται ως «εξαφάνιση» ή «διείσδυση» στα στερεά αντικείμενα.

Επιπλέον, οι μαθητές δυσκολεύονται στην κατανόηση του φαινομένου της τήξης. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζουν και προβλέπουν το φαινόμενο. Ωστόσο, αυτό συμβαίνει εμπειρικά. Τα παιδιά αγνοούν βασικά χαρακτηριστικά της τήξης, όπως είναι η σταθερότητα της θερμοκρασίας στη διάρκεια της αλλαγής. Δηλαδή υποστηρίζουν ότι το νερό δεν μπορεί να υπάρχει ως υγρό στους 0°C (Stylos et. al., 2021). Από την άλλη, κάποια παιδιά θεωρούν ότι ο πάγος λιώνει όταν αφεθεί στο περιβάλλον και κάποια προβλέπουν ότι λιώνει όταν το παγάκι θερμαίνεται. Ακόμα, υπάρχει η άποψη ότι ο πάγος είναι πάντα στους 0°C ακόμα κι αν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 0°C και η θερμότητα είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία (Stylos et. al., 2021).

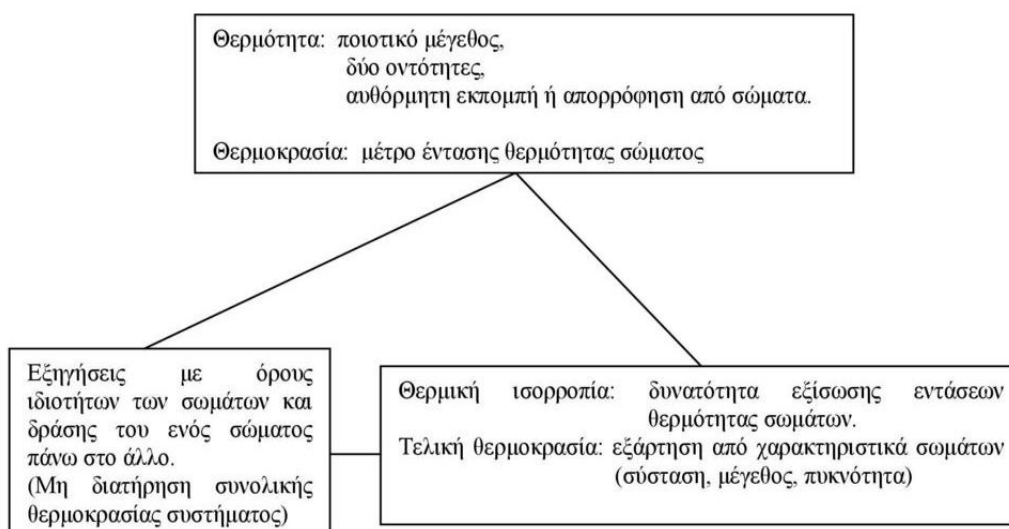
Συνοψίζοντας, παρατηρείται ότι η σκέψη των μαθητών φαίνεται να διέπεται από την αντίληψη ότι όλα τα φαινόμενα εξελίσσονται γραμμικά. Για αυτό το λόγο, οι μαθητές εκπλήσσονται καθώς παρατηρούν ότι η θερμοκρασία του νερού δεν ανεβαίνει όταν το νερό βράζει (φάση εξαέρωσης), και μάλιστα πολλοί από αυτούς αποδίδουν αυτή την παρατήρηση σε βλάβη του θερμομέτρου (Χαλκιά, 2008).

Αξιοσημείωτο είναι ότι στα ελληνικά σχολεία, οι αλλαγές φάσης δεν προσεγγίζονται πειραματικά αλλά διδάσκονται μέσω μαθηματικών προσεγγίσεων, διαγραμμάτων και τύπων υπολογίζοντας το ποσό θερμότητας που απαιτείται για την αλλαγή φάσης. Αυτή η προσέγγιση συμβάλλει στη διάρκεια των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών (Stylos et. al., 2021).

3.3.8 Μοντέλα σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία

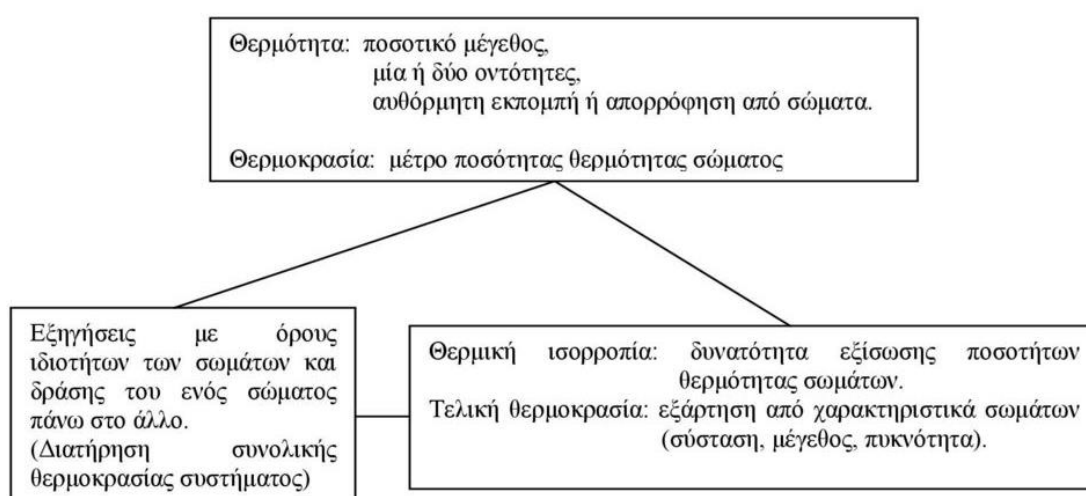
Οι αντιλήψεις των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας – θερμοκρασίας ταξινομούνται στα ακόλουθα μοντέλα σκέψης των μαθητών. Τα μοντέλα αυτά συνδυάζουν, τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές περιγράφουν τα θερμικά φαινόμενα, με τις αντιλήψεις τους για τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και τη θερμική ισορροπία. Διαπιστώθηκε ότι τα μοντέλα παρουσιάζουν ορισμένα κοινά στοιχεία και διαφοροποιούνται σε κάποια άλλα στοιχεία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000, 2002):

ΜΟΝΤΕΛΟ I: Η θερμότητα και το κρύο είναι ποιοτικά μεγέθη που εκπέμπονται ή απορροφώνται αυθόρμητα από τα σώματα και η θερμοκρασία είναι μέτρο της έντασης τους. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους ιδιοτήτων και δράσης ενός σώματος πάνω στο άλλο. Η συνολική θερμοκρασία του συστήματος των σωμάτων δεν διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια πιθανή κατάσταση στην οποία τα σώματα αποκτούν θερμότητες ίσων εντάσεων. Η τελική θερμοκρασία των σωμάτων εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά τους (σύσταση, μέγεθος, πυκνότητα) (βλ. Εικόνα 3.3.8.1).



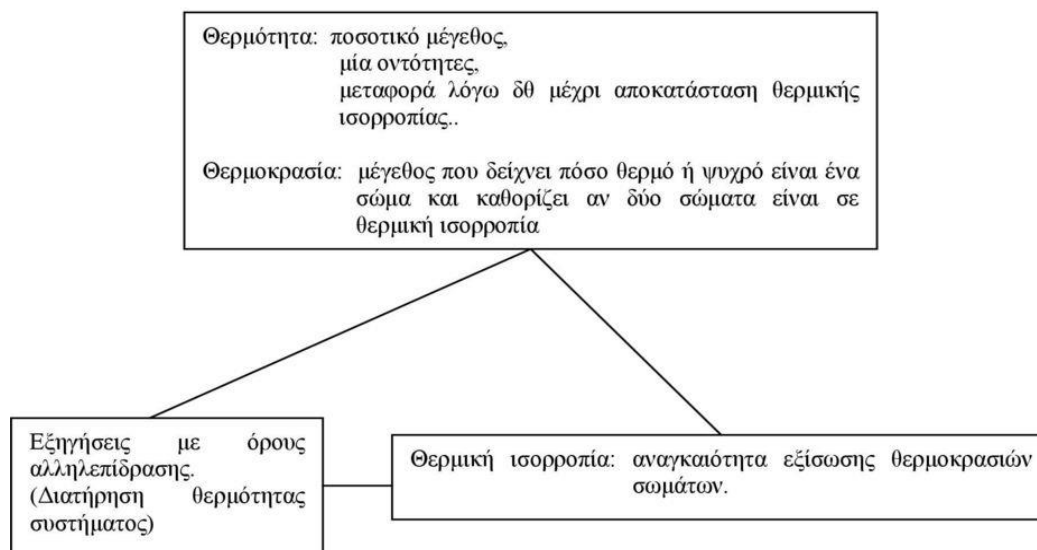
Εικόνα 3.3.8.1: Μοντέλο 1 σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΙ: Η θερμότητα και το κρύο είναι ποσοτικά μεγέθη που εκπέμπονται ή απορροφώνται αυθόρμητα από τα σώματα και η θερμοκρασία είναι μέτρο της ποσότητας τους. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους ιδιοτήτων και δράσης του ενός σώματος πάνω στο άλλο. Η συνολική θερμοκρασία του συστήματος των σωμάτων διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια πιθανή κατάσταση στην οποία τα σώματα αποκτούν ίσες ποσότητες θερμότητας. Η τελική θερμοκρασία των σωμάτων εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά τους (σύσταση, μέγεθος, πυκνότητα) (βλ. Εικόνα 3.3.8.2).



Εικόνα 3.3.8.2: Μοντέλο ΙΙ σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηγιαννάκη, 2000).

ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΙΙ: Η θερμότητα είναι ποσοτικό μέγεθος, που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας από ένα σώμα υψηλότερης σε ένα άλλο χαμηλότερης θερμοκρασίας, μέχρι αυτά να φθάσουν σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Η θερμοκρασία είναι ένα μέγεθος που δείχνει το πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα και που καθορίζει αν δύο ή περισσότερα σώματα είναι σε θερμική ισορροπία ή όχι. Τα θερμικά φαινόμενα εξηγούνται με όρους αλληλεπίδρασης. Η συνολική θερμότητα του συστήματος των σωμάτων διατηρείται. Η θερμική ισορροπία είναι μια αναγκαιότητα που χαρακτηρίζεται από εξίσωση των θερμοκρασιών των σωμάτων (βλ. Εικόνα 3.3.8.3).



Εικόνα 3.3.8.3: Μοντέλο III σκέψης των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000).

Τα μοντέλα αυτά συνδυάζουν, τις αντιλήψεις των μαθητών για τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και τη θερμική ισορροπία, με τις κατηγορίες εξήγησης για τα θερμικά φαινόμενα. Σε ότι αφορά όμως τα παραπάνω μοντέλα, πρέπει να γίνουν οι εξής επισημάνσεις: α) δεν περιλαμβάνουν παράγοντες του πλαισίου από τους οποίους πιθανά να εξαρτώνται οι αντιλήψεις των μαθητών οι οποίες συγκροτούν τα μοντέλα και β) διαμορφώθηκαν με βάση τα ευρήματα ερευνών για τις αντιλήψεις μαθητών κυρίως της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αφού είναι περιορισμένος ο αριθμός των εργασιών με μαθητές που φοιτούν στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση και των φοιτητών της Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτές οι διαπιστώσεις εγείρουν το ζήτημα της εκ νέου συγκρότησης των μοντέλων σκέψης των μαθητών και των φοιτητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας. Αυτό θα συμβεί με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που θα έχουν συλλεχθεί από μαθητές του δημοτικού σχολείου και φοιτητές στην Ελλάδα και θα απαντούν στο ερώτημα των επιπτώσεων ορισμένων παραγόντων που χαρακτηρίζουν το πλαίσιο στις αντιλήψεις τους για την εν λόγω εννοιολογική περιοχή (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2002).

3.3.9 Τα εμπόδια των μαθητών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία

Τα εννοιολογικά εμπόδια αποτελούν τον καρπό για τις αντιλήψεις των μαθητών. Οι Skoumios και Hatzinikita (2009) εντόπισαν αυτά τα εμπόδια των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και της θερμοκρασίας:

Εννοιολογικά εμπόδια για θερμότητα:

1. Η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι το ίδιο πράγμα.
2. Ένα σώμα έχει θερμότητα, η οποία μπορεί να αυξηθεί ή να ελαττωθεί.
3. Η αίσθηση του θερμού ή του ψυχρού εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του σώματος.
4. Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του ίδιου του σώματος.
5. Η θερμότητα είναι κάτι που έχει σχέση μόνο με τα θερμά σώματα.
6. Το ψύχος είναι διαφορετική οντότητα από τη θερμότητα.
7. Ένα σχετικά ψυχρότερο σώμα μεταβιβάζει ψύχος σε ένα θερμότερο.
8. Τα χαρακτηριστικά ενός μεμονωμένου σώματος συνδέονται με την αιτία διάδοσης της θερμότητας.
9. Η θερμότητα εμφανίζει χαρακτηριστικά ουσίας.

Εννοιολογικά εμπόδια για θερμοκρασία:

1. Το θερμότερο σώμα μεταβιβάζει «βαθμούς Κελσίου» στο ψυχρότερο, έτσι ώστε, όσο χαμηλώνει η θερμοκρασία του κατά ίσους βαθμούς να αυξάνεται η θερμοκρασία του άλλου.
2. Η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι το ίδιο πράγμα.
3. Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του ίδιου του σώματος.

3.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση για τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας

Τα τελευταία χρόνια η επιχειρηματολογία έχει εγείρει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, η οποία έχει επικεντρωθεί γύρω από την ανάδειξη του μέτρου της ικανότητας των μαθητών να διατυπώνουν επιχειρήματα όταν εμπλέκονται σε επιστημονικά ζητήματα (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2015). Επιπλέον, η επιστημονική

κοινότητα στοχεύει στην ανάδειξη διδακτικών προσεγγίσεων ενίσχυσης της ικανότητας ανάπτυξης επιχειρήματος (Sampson & Walker, 2012) και στην ανάδειξη του ρόλου των εκπαιδευτικών και της επίδρασής τους στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας από τους μαθητές (Erduran, Osborne, & Simon, 2004).

Σύμφωνα με έρευνες που αξιολόγησαν τη σημασία που δίνεται από τα εκπαιδευτικά συστήματα ανά τον κόσμο στην καλλιέργεια της επιχειρηματολογικής σκέψης (argumentative reasoning) γενικά, αλλά και ειδικότερα κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Driver et al, 2000) προέκυψε ότι σταδιακά αυξάνεται. Η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας από τους μαθητές κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών συμβάλλει ουσιαστικά στη μάθηση (Andriessen, 2006). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά την ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας, οι μαθητές επεξεργάζονται δεδομένα και παρατηρήσεις, δημιουργούν συλλογισμούς και αυτοαξιολογούνται (Λουκά, 2009). Οι δραστηριότητες αυτές συμβάλλουν στη βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση. Μέσω της εκπαίδευσης είναι δυνατό να υπάρξει σημαντική βελτίωση στις ικανότητες επιχειρηματολογίας των μαθητών.

Στην έρευνά τους, οι Bell και Linn (2000) ασχολήθηκαν με τη εξέλιξη της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών με τη βοήθεια δραστηριοτήτων αντιπαράθεσης επιχειρημάτων (debate project) στην εννοιολογική περιοχή της διάδοσης του φωτός. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των επιχειρημάτων και του debate οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να λαμβάνουν υπόψη τους τις απόψεις που αντιπαρατίθεντο και να αναθεωρήσουν τις ιδέες τους. Η ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών βασίστηκε στο μοντέλο του Toulmin. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι μετά την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων σχεδόν οι μισοί μαθητές ήταν σε θέση να αναπτύσσουν ικανοποιητικά επιχειρήματα ενώ αυξήθηκε και η εννοιολογική κατανόησή τους (Bell & Linn, 2000).

Ο Yerrick (2000) με τη μελέτη του, αποσκοπούσε στην επίδραση μίας διδακτικής παρέμβασης εστιασμένης στην πρακτική της παραγωγής επιχειρημάτων από μαθητές με εξαιρετικά χαμηλές επιδόσεις και παραβατική συμπεριφορά, με την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες ανοικτής έρευνας (open-inquiry instruction). Η ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών βασίστηκε στο μοντέλο του Toulmin. Πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές ανέπτυσαν ακατάλληλους ισχυρισμούς, τους οποίους όμως εξέλιξαν προς το καλύτερο μετά το πέρας των διδακτικών παρεμβάσεων. Οι μαθητές

φάνηκε να συνδέουν καλύτερα τα αποδεικτικά στοιχεία και έτσι, συγκροτούσαν καλύτερους συλλογισμούς. Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων έδειξαν ότι μετά το πέρας των διδακτικών παρεμβάσεων βελτιώθηκε η ποιότητα των επιχειρημάτων που ανέπτυσαν οι μαθητές (Yerrick, 2000; Μαστρογιώργη, 2018).

Η Simonneux (2001) παρατήρησε μέσω της έρευνάς της, εννοιολογική αλλαγή σε μαθητές λυκείου που είχαν παρανοήσεις σε σχέση με ένα περιβαλλοντικό θέμα, μετά από συμμετοχή τους σε δραστηριότητες ανάπτυξης επιχειρηματολογίας. Αυτά τα αποτελέσματα είναι σημαντικά για την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων που έχουν στόχο την ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας ως τμήμα της διδακτικής πράξης σε θέματα που θεωρούνται επιστημονικά (Simonneux, 2001).

Οι Zohar και Nemet (2002) μελέτησαν κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν την ικανότητα επιχειρηματολογίας τους ύστερα από σαφή διδασκαλία της και κατέληξαν πως πράγματι μία τέτοιου τύπου διδασκαλία - σαφής διδασκαλία κατασκευής επιχειρήματος - προάγει την ικανότητα των μαθητών να διατυπώνουν επιχειρήματα βασισμένα σε επιστημονική γνώση (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016).

Το 2004, οι Erduran et al. (2004) δημοσίευσαν τη μελέτη τους γύρω από τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας των μαθητών έπειτα από ενίσχυση της επιχειρηματολογίας των καθηγητών τους. Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική θετική αλλαγή στα επιχειρήματα των μαθητών όταν διδάσκονταν ρητά πώς να κατασκευάζουν επιχειρήματα γύρω από τα επιστημονικά. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού και η επιρροή του στους μαθητές και συγκεκριμένα στην οικοδόμηση επιχειρημάτων ερευνήθηκε και από άλλους επιστήμονες και θεωρείται άκρως σημαντική. Οι ικανότητες-δεξιότητες των εκπαιδευτικών κρίνονται απαραίτητες (Erduran, 2004).

Επί προσθέτως, οι σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες βασίζονται στις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση και θεωρούν ότι ο μαθητής οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (Μουντζούρη & Σκουμιάς, 2015). Επομένως, προκειμένου να σχεδιαστεί αποτελεσματικά το μαθησιακό περιβάλλον, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών αποτελούν τη βάση για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας. Κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές, μέσω του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας, να συνειδητοποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους, να τις επεξεργαστούν και να τις αναθεωρήσουν (Μουντζούρη & Σκουμιάς, 2015).

Σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της επιχειρηματολογίας διαδραματίζουν εκτός από τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και ο τρόπος που ο εκπαιδευτικός τις χειρίζεται. Επομένως, για τη βελτίωση της επιχειρηματολογίας υπάρχει συναίνεση από την πλευρά των ερευνητών των Φυσικών Επιστημών για την αναγκαιότητα της γνώσης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στο σχεδιασμό της διδασκαλίας. Σύμφωνα με τον Σκουμιά (2012) παρουσιάζονται συνοπτικά στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών:

- Λειτουργώντας μαζί με τις αντιλήψεις: Υπάρχει συνέχεια μεταξύ της πρακτικο-βιοματικής και της επιστημονικής γνώσης, και συνεπώς μετάβαση από τη μιας μορφής γνώσης στην άλλη χωρίς καμιά τομή.
- Λειτουργώντας ενάντια στις αντιλήψεις: Γίνεται αποδοχή της ύπαρξης μιας ασυνέχειας ανάμεσα στην πρακτικο-βιοματική και στη επιστημονική γνώση, και στη συνέχεια μετάβαση από τη μιας μορφής γνώσης στην άλλη με τομές.
- Λειτουργώντας «μαζί» και «ενάντια» στις αντιλήψεις: Είναι σημαντικό ο εκπαιδευτικός να στηριχθεί αφενός στις υπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, εφόσον αυτές αντιστοιχούν στα μοναδικά εργαλεία που διαθέτει ο μαθητής για την αποκωδικοποίηση και την προσέγγιση της πραγματικότητας, και αφετέρου να αμφισβητήσει αυτές τις καθημερινές γνώσεις. Αυτό που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι μια τροποποίηση της οργάνωσης των ιδεών του με ριζικό τρόπο που ισοδυναμεί με την ανάληψη ενός είδους συνολικής αναδιοργάνωσης της σκέψης τους (Σκουμιάς, 2012).

Τέλος, οι Heng, Surif και Seng (2015) στη μελέτη τους υποστηρίζουν ότι η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες που επικεντρώνονται στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας ενισχύει την ικανότητα των μαθητών στην πρακτική της επιχειρηματολογίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τους δίνεται η ευκαιρία να αναπτύξουν τα δικά τους επιχειρήματα, να ακούσουν τα επιχειρήματα των άλλων, να αντιληφθούν πιθανά λάθη τους και να προβούν στην αναθεώρηση και στην ανάπτυξη βελτιωμένων εκδοχών των επιχειρημάτων τους (Heng et al., 2015). Ωστόσο, τέτοιες διδακτικές πρακτικές απουσιάζουν από την τάξη και τα προγράμματα σπουδών (Driver et al., 2000).

Συνοψίζοντας, οι μαθητές που επιχειρηματολογούν εμφανίζουν σημαντική βελτίωση στην κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου και αναπτύσσουν διαφορετικούς

τρόπους σκέψης γιατί τους παρέχεται η ευκαιρία να ενασχοληθούν με τη λογική και τις πρακτικές των επιστημόνων και συμμετέχουν σε μια διερευνητική διαδικασία βελτιώνοντας τις ερευνητικές τους δεξιότητες (Sampson & Schleigh, 2013). Παρόλα αυτά, οι περισσότερες έρευνες έδειξαν απουσία της ανάπτυξης επιχειρηματολογίας από τις διδακτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται.

3.5 Συζήτηση – Πρωτοτυπία εργασίας

Με βάση την βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώνεται ότι ο κλάδος της Φυσικής που αφορά στη θερμότητα και τη θερμοκρασία έχει παρουσιάσει μεγάλο ενδιαφέρον στους ερευνητές. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς οι δύο έννοιες είναι ιδιαίτερες και όχι ξεκάθαρες στον ορισμό τους. Συνεπώς, πολλές μελέτες έχουν εξετάσει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στην Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ενώ είναι περιορισμένες για τους φοιτητές στην Τριτοβάθμια. Επιπλέον, περιορισμός υπάρχει κυρίως στη μελέτη της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι φοιτητές εκτός από τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν ως κατάλοιπα από τα σχολικά χρόνια, έχουν την τάση να συμπληρώνουν τις ελλείψεις τους με δικές τους υποθέσεις, δηλαδή να ερμηνεύουν τα φαινόμενα της Φυσικής από δικά τους βιώματα ή εσωτερικές πεποιθήσεις.

Κατά συνέπεια, η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας βρίσκεται στο γεγονός ότι εξετάζει την ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών του πρώτου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης - μελλοντικοί εκπαιδευτικοί – ως προς τη δομή και το περιεχόμενο σε θέματα της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Επίσης, τονίζει τη μεγάλη σημασία της επιχειρηματολογίας στις Φυσικές Επιστήμες, καθώς προτείνει τρόπους βελτίωσης της δόμησης των επιχειρημάτων τόσο των μαθητών, όσο και των φοιτητών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο αναπτύσσεται αναλυτικά η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας. Στην ενότητα 4.2 παρουσιάζεται ο σκοπός της μελέτης και διατυπώνονται τα ερευνητικά ερωτήματα. Στην επόμενη ενότητα 4.3 αναφέρεται ο πληθυσμός και ο τρόπος δειγματοληψίας και στην ενότητα 4.4 φαίνεται η διαδικασία που έχει ακολουθηθεί. Τέλος, η ενότητα 4.5 αποτελείται από τρεις υποενότητες, την 4.5.1 όπου αναλύεται η επιλογή του ερευνητικού εργαλείου συλλογής δεδομένων, την 4.5.2 όπου αναφέρεται η δομή του και την 4.5.3 στην οποία γίνεται παρουσίασή του.

4.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του επιπέδου της επιχειρηματολογίας που διατυπώνουν φοιτητές και φοιτήτριες του πρώτου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με τις έννοιες της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Οι φοιτητές/τριες αν και έχουν περάσει αρκετά σχολικά χρόνια παρακολουθώντας μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, παρατηρείται ότι έχουν πολλές εναλλακτικές ιδέες τις οποίες πολλές φορές τις μεταφέρουν μετέπειτα στους μαθητές τους. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θα απαντηθούν είναι:

- Ποιο είναι το επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Ποιο είναι το επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με το φύλο τους;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο;

4.3 Δείγμα

Το δείγμα που επιλέχθηκε για την έρευνα είναι φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, οι οποίοι φοιτούν στο πρώτο έτος και παρακολουθούν το μάθημα «Βασικές έννοιες της Φυσικής». Από αυτούς απάντησαν 134 φοιτητές και φοιτήτριες, όμως έγκυρα θεωρήθηκαν τα 95 ερωτηματολόγια αυτών, 13 άνδρες και 82 γυναίκες. Αξιοσημείωτο είναι ότι κανένας/καμία από αυτούς/ες κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο πανεπιστήμιο δεν έχει διδαχθεί την ενότητα «Θερμότητα & Θερμοκρασία». Αυτό συμβαίνει γιατί εξετάζεται η γνώση των φοιτητών/τριων που κατέχουν από τα σχολικά τους χρόνια και την εμπειρία τους.

4.4 Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020 – 2021 σε τέσσερις φάσεις. Στην πρώτη φάση επιλέχθηκε το ερευνητικό εργαλείο (ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου). Μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και της θερμοκρασίας, επιλέχθηκαν ερωτήσεις από το ερευνητικό ερωτηματολόγιο του Ζαφειρίου (2019), ο οποίος στην εργασία του εξέτασε την επίδραση της επαυξημένης πραγματικότητας στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Ακόμα μία ερώτηση επιλέχθηκε από τις σημειώσεις του Σκουμιού (2015), οι οποίες είναι βασισμένες στη διερευνητική διδασκαλία.

Στη δεύτερη φάση, το ερωτηματολόγιο δόθηκε πιλοτικά σε 10 πρωτοετείς φοιτητές/τριες προκειμένου να ελεγχθεί η κατανόηση των ερωτημάτων του. Τα ευρήματα της πιλοτικής μελέτης έδειξαν ότι δεν υπήρχαν προβλήματα κατανόησης.

Στη τρίτη φάση, η οποία αποτελεί την πιο κύρια, το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε σε φοιτητές και φοιτήτριες ηλεκτρονικά, καθώς το μάθημα πραγματοποιείται τη συγκεκριμένη περίοδο διαδικτυακά λόγω της πανδημίας Covid-19. Το ερωτηματολόγιο περιείχε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου που ζητούσαν από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες να απαντήσουν με αναλυτική αιτιολόγηση σχετικά με τις έννοιες της θερμότητας, της θερμοκρασίας και τα θερμικά φαινόμενα.

Στην τελευταία φάση, έγινε ανάλυση της ποιότητας των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους και κατά συνέπεια εξήχθησαν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα. Επιπλέον, έγινε έλεγχος για την πιθανή συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριών με το φύλο τους και την κατεύθυνση σπουδών που επέλεξαν στο Λύκειο.

4.5 Το ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων

4.5.1 Επιλογή ερωτηματολογίου

Το ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία είναι το ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου. Το ερωτηματολόγιο αποτελεί το θεμελιώδες στοιχείο σε κάθε δειγματοληπτική έρευνα, αλλά και σε άλλες δραστηριότητες που χρειάζονται για τη συγκέντρωση πληροφοριών, στοιχείων και δεδομένων. Είναι ένα μέσο πολύ διαδεδομένο και πιο εύχρηστο στην επεξεργασία του συγκριτικά με άλλα εργαλεία. Επιλέχθηκε το ερωτηματολόγιο να είναι ανοικτού τύπου, έτσι ώστε οι φοιτητές και οι φοιτήτριες να έχουν την ευκαιρία να διατυπώσουν και να αιτιολογήσουν αναλυτικά και συγκροτημένα τα επιχειρήματά τους χωρίς χρονική πίεση (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Επιπλέον, οι περισσότερες ερωτήσεις είχαν δοθεί αρχικά σε μαθητές και μαθήτριες δημοτικού σχολείου και για αυτό το λόγο, είναι απλά διατυπωμένες και έχουν μία συγκεκριμένη δομή - σενάριο.

4.5.2 Δομή του ερωτηματολογίου

Οι ερωτήσεις τους ερωτηματολογίου επιλέχθηκαν βάσει των θεμάτων που αφορούν τις έννοιες της θερμότητας, της θερμοκρασίας και των θερμικών φαινομένων.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από έξι ερωτήσεις ανοικτού τύπου και αναφέρονται στα εξής θέματα:

- Σχέση θερμοκρασίας και θερμικής αίσθησης. (ερώτηση 1)

- Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον. (ερώτηση 2,3)
- Σχέση θερμότητας και θερμοκρασίας. (ερώτηση 4, 5)
- Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία. (ερώτηση 6)

Η δομή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου είναι συγκεκριμένη και όλες είναι διατυπωμένες με σενάριο. Σε όλες τις ερωτήσεις πρωταγωνιστές είναι μαθητές που διεξάγουν ένα πείραμα, παρουσιάζονται πίνακες ή γραφήματα και τα επιχειρήματα κάποιων μαθητών.

Οι ερωτώμενοι με βάση τα στοιχεία που έχουν δοθεί στις ερωτήσεις, πρέπει να προβλέψουν και να αποδείξουν/ αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Το ερωτηματολόγιο με βάση τα δεδομένα που δίνονται, εστιάζει στις ικανότητες των μαθητών: α) να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, β) να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, γ) να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) και δ) να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία (Σκουμιός, 2019). Κατά συνέπεια, απαιτείται να τεκμηριώσουν την επιστημονική τους γνώση ή να προβληματιστούν και να καταλήξουν σε νέα γνώση.

Οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν βάσει των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, όπως έχουν μελετηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την θερμότητα, τη θερμοκρασία και τα θερμικά φαινόμενα.

Για παράδειγμα, για το πρώτο θέμα, οι μαθητές συγχέουν τη σχέση της θερμότητας με τη θερμική αίσθηση. Πολλά παιδιά δεν μπορούν να κατανοήσουν πλήρως τη σημασία της θερμικής αίσθησης και πολλές φορές την ταυτίζουν με τη θερμοκρασία. Επίσης, οι μαθητές επηρεάζονται από το υλικό του αντικειμένου και το μέγεθός του και γενικά υπάρχει η αίσθηση ότι το «δέρμα είναι αξιόπιστο θερμόμετρο». Συνοψίζοντας, θεωρούν ότι η διαφορετική θερμική αίσθηση συνεπάγεται διαφορετική θερμοκρασία.

Για την δεύτερη κατηγορία των ερωτήσεων που αφορούν τη θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, η βιβλιογραφία αναφέρει ότι οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών περιορίζονται στο ότι η θερμοκρασία του εξαρτάται από το υλικό, το μέγεθός ακόμα και από το χρώμα του. Επιπλέον, φαίνεται ότι τα παιδιά πιστεύουν ότι κάποια υλικά, όπως είναι τα μέταλλα «ελκύουν» περισσότερο τη θερμότητα ή το ψύχος και είναι πιο ζεστά ή πιο κρύα λόγω της έμφυτης έλξης των μετάλλων για θερμότητα και της τάσης τους να τη διατηρούν

(Driver, Guesne, & Tiberghien, 1993). Έτσι, παρατηρείται ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η θερμοκρασία είναι μία ιδιότητα των υλικών και όχι ένα φυσικό μέγεθος και κατά συνέπεια μπορούν να περιγράψουν την κατάσταση ενός αντικειμένου (Thomaz, Malaquias, Valente, & Antunes, 1995).

Για το τρίτο θέμα, το οποίο αναφέρεται στη σχέση της θερμοκρασίας και της θερμότητας, τα παιδιά ισχυρίζονται ότι για ποσότητες ίδιας μάζας αλλά διαφορετικού υγρού, το δοχείο με τη μεγαλύτερη μάζα θα θερμανθεί πιο γρήγορα. Στην αντίθετη περίπτωση, που τα δοχεία περιέχουν ίδια ποσότητα υγρού αλλά η σύσταση του υγρού είναι διαφορετική, οι μαθητές υποστηρίζουν ότι θα θερμανθούν ταυτόχρονα (Σκουμιός, 2012).

Ακολουθεί το τέταρτο θέμα, το οποίο εξετάζει την διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία. Οι μαθητές θεωρούν ότι οι μαύρες επιφάνειες συκρατούν την ενέργεια και επομένως, εκπέμπουν ακτινοβολία πιο αργά από τις λευκές επιφάνειες (βλ. 3.3.6.).

Στον παρακάτω πίνακα (4.5.2) φαίνονται τα θέματα διερεύνησης, οι πιθανές αντιλήψεις των μαθητών και οι αντίστοιχες ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο.

Θέματα διερεύνησης	Πιθανές αντιλήψεις μαθητών	Ερωτήματα
Σχέση της θερμοκρασίας και της θερμικής αίσθησης.	Η θερμική αίσθηση είναι αξιόπιστη. Διαφορετική θερμική αίσθηση σημαίνει διαφορετική θερμοκρασία.	1
Η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον.	Η θερμοκρασία είναι μία ιδιότητα των υλικών. Η θερμοκρασία εξαρτάται από το μέγεθος, τη σύσταση και το χρώμα του αντικειμένου.	2, 3
Σχέση θερμότητας και θερμοκρασίας.	Ταύτιση θερμότητας και θερμοκρασίας: Ίσες/διαφορετικές θερμότητες συνεπάγονται ίσες/διαφορετικές θερμοκρασίες και αντίστροφα.	4, 5
Διάδοση θερμότητας (με ακτινοβολία).	Οι σκουρόχρωμες επιφάνειες έχουν την τάση να συκρατούν την ενέργεια και να εκπέμπουν ακτινοβολία πιο αργά από τις ανοιχτόχρωμες επιφάνειες.	6

Πίνακας 4.5.2: Παρουσίαση ζητημάτων Φ.Ε. και αντιστοίχισή τους με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

4.5.3 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους φοιτητές και στις φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε ηλεκτρονική μορφή και όχι δια ζώσης λόγω της πανδημίας Covid-19, η οποία την περίοδο της έρευνας βρισκόταν σε έξαρση. Δόθηκαν στους φοιτητές και στις φοιτήτριες διευκρινιστικές οδηγίες για τη διαδικασία. Έγινε κατανοητό ότι οι απαντήσεις των φοιτητών και των φοιτητριών δεν θα αξιολογηθούν, ούτε θα βαθμολογηθούν για το μάθημα της Φυσικής, αλλά θα αξιοποιηθούν μόνο για την έρευνα. Αυτό συνέβη για να αποβάλλουν οι φοιτητές/τριες το στρες της αξιολόγησης και να απαντήσουν με περισσότερη ελευθερία. Επίσης, σκοπός ήταν να απαντήσουν αποκλειστικά με βάση τις γνώσεις τους, χωρίς να αναζητήσουν απαντήσεις στα βιβλία ή στο διαδίκτυο, κάτι όμως, που στην προκειμένη περίπτωση δεν μπορεί να ελεγχθεί! Οι ερωτήσεις είναι ανοιχτού τύπου και η γραφή που χρησιμοποιείται είναι σε β' ενικό πρόσωπο αφενός γιατί το πρωτότυπο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε σε έρευνα για παιδιά δημοτικού, αφετέρου για να υπάρχει φιλική διάθεση. Οι ερωτήσεις που επιλέχθηκαν είναι έξι και καλύπτουν όλο το φάσμα της εννοιολογικής περιοχής της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

Παρακάτω αναλύονται οι ερωτήσεις μία προς μία:

Στην αρχή του ερωτηματολογίου, υπάρχουν κάποιες ερωτήσεις που αναφέρονται στο φύλο του/της ερωτώμενου/ης, στο μορφωτικό επίπεδο των γονιών τους, στις εμπειρίες τους για το μάθημα της Φυσικής στο Δημοτικό, το Γυμνάσιο και το Λύκειο, την κατεύθυνση σπουδών και αν επιλέχθηκε το μάθημα «Φυσική Γενικής Παιδείας» στην Γ' Λυκείου.

Ερώτηση 1: Στόχος της ερώτησης είναι να συνειδητοποιήσουν οι ερωτώμενοι/ες ότι όταν αντικείμενα με διαφορετικό όγκο και διαφορετικό υλικό, αν παραμείνουν για αρκετές ώρες στο ίδιο περιβάλλον, θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία και ως τους παραπλανεί η θερμική αίσθηση. Δίνεται ένα υποθετικό σενάριο όπου μαθητές και μαθήτριες μπαίνουν στο εργαστήριο Φυσικής και κάθονται σε καρέκλες φτιαγμένες από διαφορετικά υλικά. Τα παιδιά παρατηρούν ότι ο καθένας αισθάνεται την καρέκλα του διαφορετικά, είτε κρύα, είτε ζεστή και προσπαθούν με τους δικούς τους ισχυρισμούς να εξηγήσουν γιατί συμβαίνει αυτό. Επιπλέον, δίνεται πίνακας που

περιέχει διάφορα αντικείμενα, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα, τον όγκο τους, τη θερμοκρασία τους (μετά από οκτώ ώρες), τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τη θερμική αίσθηση. Οι φοιτητές/τριες καλούνται να διαφωνήσουν ή να συμφωνήσουν με τους μαθητές του σεναρίου, δίνοντας το δικό τους επιχειρήμα απαντώντας αναλυτικά στη ερώτηση και βασισμένοι/ες στον πίνακα για αποδεικτικά στοιχεία.

Ερώτηση 2: Το θέμα στην προκείμενη ερώτηση είναι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον. Στόχος είναι οι φοιτητές/τριες να κατανοήσουν ότι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου δεν εξαρτάται από το υλικό, το χρώμα και το μέγεθός του. Στο υποθετικό σενάριο αναφέρονται τα επιχειρήματα δύο μαθητών/τριων για το θέμα και δίνεται πίνακας με διάφορα αντικείμενα, όλα τα χαρακτηριστικά τους (όγκος, θερμοκρασία, υλικό, χρώμα και ύψος από το δάπεδο) και η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Βασιζόμενοι/ες στον πίνακα και στις γνώσεις τους, οι ερωτώμενοι/ες πρέπει να απαντήσουν αναλυτικά στην ερώτηση που ακολουθεί.

Ερώτηση 3: Όμοια, με την ερώτηση 2, το θέμα είναι η θερμοκρασία που αποκτά ένα σώμα, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον και ο σκοπός είναι να κατανοήσουν οι φοιτητές/τριες ότι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου δεν εξαρτάται από το υλικό, το χρώμα και το μέγεθός του. Στο υποθετικό σενάριο, τα παιδιά αναρωτιούνται «τι επηρεάζει τη θερμοκρασία που αποκτά ένα αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον» και εντοπίζουν έναν πίνακα όπου δείχνουν διάφορα αντικείμενα που αποτελούνται από διαφορετικό υλικό και ύψος από το δάπεδο, αλλά έχουν ίδιο όγκο και χρώμα. Οι φοιτητές/τριες καλούνται να στηριχτούν στον πίνακα που τους δίνεται και να απαντήσουν αναλυτικά και με επιχειρήματα στην απορία των μαθητών/τριων.

Ερώτηση 4: Το θέμα της ερώτησης είναι η σχέση θερμότητας και θερμοκρασίας και στόχος της είναι να αποδείξει ότι δύο υγρά διαφορετικής σύστασης (λάδι και νερό) αλλά ίσης μάζας, θερμαίνονται με διαφορετικό ρυθμό. Στο υποθετικό σενάριο ένα παιδί σε ένα διαγωνισμό μαγειρικής καλείται να θερμάνει μέχρι μία συγκεκριμένη θερμοκρασία ίδιες ποσότητες λαδιού και νερού. Κατά τη διαδικασία, συμμαθητές/τριες του αναρωτιούνται αν τα δύο υλικά θα έπρεπε να φτάσουν ταυτόχρονα στην ίδια θερμοκρασία και ποιος είναι ο λόγος που δεν συμβαίνει αυτό.

Εκτελώντας ένα πείραμα εξήγαγαν μία γραφική παράσταση των θερμοκρασιών των δύο υγρών σε συνάρτηση με το χρόνο. Έτσι, οι ερωτώμενοι/ες πρέπει να βασιστούν στο διάγραμμα και να κρίνουν τα επιχειρήματα των μαθητών/τριων, απαντώντας στην ερώτηση λεπτομερώς.

Ερώτηση 5: Το θέμα στη συγκεκριμένη ερώτηση είναι η εναλλακτική ιδέα που επικρατεί και υποστηρίζει ταύτιση της θερμότητας με την θερμοκρασία. Στόχος είναι να κατανοήσουν οι φοιτητές/τριες ότι ένα υγρό με μικρή μάζα θερμαίνεται με διαφορετικό ρυθμό σε σχέση με ένα υγρό ίδιας σύστασης αλλά μεγαλύτερης μάζας. Στο υποθετικό σενάριο, ο πατέρας μιας μαθήτριας θέλει να βράσει νερό για μακαρόνια και η μητέρα προτείνει να γεμίσει τη μισή κατσαρόλα για να επέλθει ο βρασμός σε λιγότερο χρόνο. Μεταφέροντας η μαθήτρια την απορία της στις φίλες της δημιουργήθηκε ο προβληματισμός «από τι εξαρτάται η θερμοκρασία που φτάνουν διαφορετικές ποσότητες του ίδιου υγρού;». Αναζητώντας στο διαδίκτυο βρήκαν έναν πίνακα και ένα γράφημα που δείχνουν τη θερμοκρασία των δύο υγρών διαφορετικών μαζών καθώς θερμαίνονται. Όπως, σε όλες τις παραπάνω ερωτήσεις δίνονται τα επιχειρήματα δύο μαθητριών και οι φοιτητές/τριες καλούνται να απαντήσουν στην αντίστοιχη ερώτηση και να λύσουν τον προβληματισμό των κοριτσιών βασιζόμενοι στα αποδεικτικά στοιχεία (πίνακας, γράφημα).

Ερώτηση 6: Το θέμα της ερώτησης είναι η διάδοση της θερμότητας μέσω ακτινοβολίας και στόχος είναι οι φοιτητές/τριες να κατανοήσουν ότι η ακτινοβολία που απορροφά ένα σώμα εξαρτάται από το χρώμα του. Στο υποθετικό σενάριο, ο Δημήτρης φτιάχνει παγωτά και αναρωτιέται ποιο θα είναι το ιδανικό χρώμα των δοχείων περιτυλίγματος ώστε τα παγωτά να λιώνουν με πιο αργό ρυθμό. Κάνοντας μία αναζήτηση, εντόπισε έναν πίνακα και ένα γράφημα, τα οποία δείχνουν σε πόσο χρόνο θα λιώσει το παγωτό σε δοχεία με διαφορετικό χρώμα. Οι φοιτητές/τριες απαντώντας στην ερώτηση καλούνται να δώσουν λύση στο «πρόβλημα» επιχειρηματολογώντας.

4.6 Ανάλυση Δεδομένων

Η παρούσα εργασία αναλύει τα επιχειρήματα των φοιτητών και των φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τα

έγκυρα ερωτηματολόγια είναι 95 στον αριθμό και οι ερωτήσεις αφορούν την ενότητα της Φυσικής, «Θερμότητα και Θερμοκρασία».

4.6.1 Κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων, αξιοποιήθηκε το κριτήριο που προτείνουν οι Σκουμιάς και Χατζηνικήτα (2014). Πιο συγκεκριμένα, η δομή ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του, ενώ το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων του (Μαστρογιωργάκη & Σκουμιάς, 2019). Χωρίζοντας το κάθε επίχειρημα στα τέσσερα συστατικά: ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση, εξετάστηκε η επάρκειά τους ως προς τη δομή τους (ανεξάρτητα από το εννοιολογικό περιεχόμενο) και η καταλληλότητα ως προς το περιεχόμενο.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πίνακες με τα κριτήρια αξιολόγησης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων, όπως προτείνονται από τους Σκουμιά και Χατζηνικήτα (2014). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω ερευνητές ασχολούνται στις εργασίες τους εκτός από τη δομή και το περιεχόμενο, με ένα ακόμα κριτήριο, τα γλωσσικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, στην παρούσα εργασία δεν θα συμπεριληφθεί αυτό το κριτήριο.

Συστατικά στοιχεία	Επίπεδα που αφορούν στην αξιολόγηση της δομής		
	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό	Προτείνει ανεπαρκή ισχυρισμό	Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό	Προτείνει ανεπαρκή συλλογισμό	Προτείνει έναν επαρκή συλλογισμό
Αντίκρουση	Δεν προτείνει αντίκρουση	Προτείνει ανεπαρκή αντίκρουση	Προτείνει μια επαρκή αντίκρουση

Πίνακας 4.6.1.1: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014).

Συστατικά στοιχεία	Επίπεδα που αφορούν στην αξιολόγηση του περιεχομένου		
	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
Ισχυρισμός	Προτείνει έναν ακατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει ένα μερικώς κατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Προτείνει έναν ακατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει μερικώς κατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο συλλογισμό
Αντίκρουση	Προτείνει μία ακατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μία μερικώς κατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μια κατάλληλη αντίκρουση

Πίνακας 4.6.1.2: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ταξινόμηση των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών σε επίπεδα, γίνεται βάσει υποκειμενικών κριτηρίων καθώς δεν υπάρχει σαφήνεια στους όρους «επάρκεια» και «καταλληλότητα». Έτσι, για να αποφευχθεί το πρόβλημα σχετικά με την εγκυρότητα της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε ένας κωδικογράφος, ο οποίος ενημερώθηκε από την ερευνήτρια για το σκοπό της έρευνας, τη μέθοδο, το σύστημα κατηγοριών και τη διαδικασία κωδικογράφησης, ώστε στο πέρας αυτής της «εκπαίδευσης» να καταστεί εφικτός ο μέγιστος βαθμός συμφωνίας μεταξύ ερευνήτριας και κωδικογράφου (Στύλος, Κώτσης & Εμβαλωτής, 2018). Η κωδικοποίηση έγινε σε 30 ερωτηματολόγια που απάντησαν φοιτητές/τριες και ο βαθμός συμφωνίας της ερευνήτριας και του κωδικογράφου που προέκυψε είναι 0,9. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η αξιοπιστία της συγκεκριμένης έρευνας.

4.6.2 Παραδείγματα επιχειρημάτων φοιτητών και παρουσίαση της αξιολόγησής τους

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα από τις απαντήσεις των φοιτητών και των φοιτητριών, καθώς και ο τρόπος αξιολόγησής τους.

Παράδειγμα για την ερώτηση 1: Ένα χειμωνιάτικο πρωί οι μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού πήγαν στο εργαστήριο Φυσικής για μάθημα, το οποίο ήταν κλειστό όλο το βράδυ. Ο Πάνος κάθισε σε μία υφασμάτινη καρέκλα, ο Γιώργος σε μία ξύλινη ενώ η Αγγελική σε μία σιδερένια. Παρακάτω εμφανίζονται οι δηλώσεις τους:

Αγγελική: “Η καρέκλα μου είναι παγωμένη!”

Αντικείμενο	Αίσθηση	Θερμοκρασία δωματίου	Θερμοκρασία αντικειμένου	Υλικό αντικειμένου	Όγκος αντικειμένου
Μεταλλική καρέκλα	Πολύ κρύο χεριού	17 °C	17 °C	Σίδηρος	0,5 m ³
Ξύλινη καρέκλα	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,4 m ³
Υφασμάτινη καρέκλα	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,7 m ³
Ποδιά εργαστηρίου	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,2 m ³
Μπαταρία	Πολύ κρύο	17 °C	17 °C	Αλουμίνιο	0,02 m ³
Ξύλινη βάση	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,03 m ³

Γιώργος: “Εμένα είναι λίγο κρύα αλλά όχι και παγωμένη!”

Πάνος: “Παιδιά, η δική μου είναι μία χαρά.”

Τα τρία παιδιά αλλάζουν θέσεις και παρατηρούν ακριβώς το ίδιο. Αναρωτιούνται λοιπόν από τι εξαρτάται η αίσθηση του ψυχρού ή του θερμού στα διάφορα αντικείμενα. Σε λίγο συμμετέχουν όλοι οι συμμαθητές τους. Στη συζήτηση αναφέρονται κι άλλα αντικείμενα πέρα από τις καρέκλες.

Από τις απόψεις των μαθητών και μετά από πειραματικές μετρήσεις προέκυψε ο παρακάτω πίνακας δεδομένων:

- Η Αγγελική πιστεύει ότι η θερμική αίσθηση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντικειμένου.
- Ο Πάνος υποστηρίζει ότι η αίσθηση του θερμού ή του ψυχρού εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Αξιοποίησε τον πίνακα για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην ερώτηση των παιδιών:

“Από τι εξαρτάται η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

- α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και
- β. να πείσεις την Αγγελική, τον Γιώργο και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

Επιχείρημα 1^ο, Γυναίκα – θεωρητική κατεύθυνση.

«Κατά την γνώμη μου η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου αλλά από το υλικό από το οποίο έχει κατασκευαστεί το αντικείμενο αυτό. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα η θερμοκρασία όλων των αντικειμένων είναι ίδια καθώς και η θερμοκρασία του δωματίου είναι ίδια.»

Ως προς τη δομή του το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (*«Κατά την γνώμη μου η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου αλλά από το υλικό από το οποίο έχει κατασκευαστεί το αντικείμενο αυτό.»*) και αποδεικτικά στοιχεία (*«Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα η θερμοκρασία όλων των αντικειμένων είναι ίδια καθώς και η θερμοκρασία του δωματίου είναι ίδια.»*).

Αναλύοντάς το προκύπτει ότι:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς επαρκή (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Ως προς το περιεχόμενό του το επιχείρημα αυτό:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς κατάλληλα (επίπεδο 2).

- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Επιχείρημα 2^ο , Γυναίκα – θεωρητική κατεύθυνση.

«Η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, ενώ όλα είχαν την ίδια θερμοκρασία, είχαν διαφορετική αίσθηση. Επίσης, αντικείμενα με το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικό όγκο είχαν την ίδια αίσθηση. Άρα η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από τον όγκο.»

Ως προς τη δομή του το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του.»), αποδεικτικά στοιχεία («Όπως φαίνεται από τον πίνακα, ενώ όλα είχαν την ίδια θερμοκρασία, είχαν διαφορετική αίσθηση. Επίσης, αντικείμενα με το ίδιο υλικό αλλά διαφορετικό όγκο είχαν την ίδια αίσθηση.») και αντίκρουση («Άρα η θερμική αίσθηση δεν εξαρτάται από τον όγκο.»). Προκύπτει ότι:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς επαρκή (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει αντίκρουση, η οποία κρίνεται μερικώς επαρκής (επίπεδο 2).

Ως προς το περιεχόμενό του το επιχείρημα αυτό:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς κατάλληλα (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει αντίκρουση, η οποία κρίνεται μερικώς κατάλληλη (επίπεδο 2).

Επιχείρημα 3^ο , Γυναίκα – θεωρητική κατεύθυνση.

«Κατά τη γνώμη μου η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο ένα σώμα και όχι από την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο. Το παραπάνω γεγονός επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία τα οποία παρατίθενται στον παραπάνω πίνακα. Σύμφωνα με τα παραπάνω η θερμοκρασία και των τριών αντικειμένων (υφασμάτινης, ξύλινης ,σιδερένιας καρέκλας) είναι η ίδια. Και οι τρεις καρέκλες έχουν σταθερή θερμοκρασία 17οC. Ωστόσο, δεν συμβαίνει το ίδιο, με την αίσθηση που νιώθει κανείς με γυμνό χέρι όταν ακουμπήσει ένα από τα τρία αυτά υλικά. Για παράδειγμα, η αίσθηση που αφήνει το ύφασμα είναι κανονική και όχι δυσάρεστη, η αίσθηση του ξύλου είναι κρύα αλλά όχι παγωμένη ,ενώ η αίσθηση που αφήνει το σίδηρο στο γυμνό χέρι είναι παγωμένη. Επομένως, σε αυτή τη περίπτωση δίκαιο έχει ο Πάνος. Πιο συγκεκριμένα η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας του αλλά εξαρτάται άμεσα από το υλικό το οποίο είναι κατασκευασμένο το σώμα αυτό.»

Ως προς τη δομή του το επιχείρημα είναι ολοκληρωμένο, καθώς περιλαμβάνει ισχυρισμό («Κατά τη γνώμη μου η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο ένα σώμα και όχι από την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο.»), αποδεικτικά στοιχεία («Το παραπάνω γεγονός επιβεβαιώνεται και από τα στοιχεία τα οποία παρατίθενται στον παραπάνω πίνακα. Σύμφωνα με τα παραπάνω η θερμοκρασία και των τριών αντικειμένων (υφασμάτινης, ξύλινης ,σιδερένιας καρέκλας) είναι η ίδια. Και οι τρεις καρέκλες έχουν σταθερή θερμοκρασία 17οC. Ωστόσο, δεν συμβαίνει το ίδιο, με την αίσθηση που νιώθει κανείς με γυμνό χέρι όταν ακουμπήσει ένα από τα τρία αυτά υλικά. Για παράδειγμα, η αίσθηση που αφήνει το ύφασμα είναι κανονική και όχι δυσάρεστη, η αίσθηση του ξύλου είναι κρύα αλλά όχι παγωμένη, ενώ η αίσθηση που αφήνει το σίδηρο στο γυμνό χέρι είναι παγωμένη.»), συλλογισμό («Επομένως, σε αυτή τη περίπτωση δίκαιο έχει ο Πάνος. Πιο συγκεκριμένα η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας του αλλά εξαρτάται άμεσα από το υλικό το οποίο είναι κατασκευασμένο το σώμα αυτό.»).

Προκύπτει ότι:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς επαρκή (επίπεδο 2).

- Περιλαμβάνει συλλογισμό, ο οποίος κρίνεται μερικώς επαρκής (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Ως προς το περιεχόμενό του το επιχείρημα αυτό:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται μερικώς κατάλληλα (επίπεδο 2).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό, ο οποίος κρίνεται μερικώς κατάλληλος (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Επιχείρημα 4^ο, Γυναίκα – θετική/τεχνολογική κατεύθυνση.

«Η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του. Με βάση τις μετρήσεις του πίνακα, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία των διαφορετικών αντικειμένων και η θερμοκρασία δωματίου είναι ίδια, άρα δεν παίζει ρόλο στη θερμική αίσθηση. Αντίθετα, παρατηρούμε ότι αντικείμενα από διαφορετικό υλικό έχουν διαφορετική θερμική αίσθηση. Για παράδειγμα, η μεταλλική καρέκλα από σίδηρο είναι πολύ κρύα, ενώ η υφασμάτινη καρέκλα και η ποδιά από βαμβάκι είναι κανονική. Επίσης, ο όγκος των αντικειμένων δε φαίνεται να παίζει ρόλο στη θερμική αίσθηση διότι παρατηρούμε πως για δύο αντικείμενα διαφορετικού όγκου, όπως η υφασμάτινη καρέκλα και η ποδιά, αλλά φτιαγμένα από το ίδιο υλικό, βαμβάκι, έχουν την ίδια θερμική αίσθηση. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι η θερμική αίσθηση με βάση τις μετρήσεις του πίνακα επηρεάζεται από το υλικό του κάθε αντικειμένου.»

Ως προς τη δομή του το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό του.»), αποδεικτικά στοιχεία («Με βάση τις μετρήσεις του πίνακα, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία των διαφορετικών αντικειμένων και η θερμοκρασία δωματίου είναι ίδια, άρα δεν παίζει ρόλο στη θερμική αίσθηση. Αντίθετα, παρατηρούμε ότι αντικείμενα από διαφορετικό υλικό έχουν διαφορετική θερμική αίσθηση. Για παράδειγμα, η μεταλλική καρέκλα από σίδηρο είναι πολύ κρύα, ενώ η υφασμάτινη καρέκλα και η ποδιά από βαμβάκι είναι κανονική. Επίσης, ο όγκος των αντικειμένων δε φαίνεται να παίζει ρόλο στη θερμική αίσθηση διότι παρατηρούμε πως για δύο αντικείμενα διαφορετικού όγκου, όπως η υφασμάτινη καρέκλα και η ποδιά,

αλλά φτιαγμένα από το ίδιο υλικό, βαμβάκι, έχουν την ίδια θερμική αίσθηση.») και συλλογισμό («Επομένως, συμπεραίνουμε ότι η θερμική αίσθηση με βάση τις μετρήσεις του πίνακα επηρεάζεται από το υλικό του κάθε αντικειμένου.»). Προκύπτει ότι:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται επαρκή (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό, ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 3).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

Ως προς το περιεχόμενό του το επιχείρημα αυτό:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό, ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία, τα οποία κρίνονται κατάλληλα (επίπεδο 3).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό, ο οποίος κρίνεται μερικώς κατάλληλος (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 1).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας που εξετάζει την επιχειρηματολογία των φοιτητών και φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που φοιτούν στο πρώτο έτος των σπουδών τους. Η ανάλυση των επιχειρημάτων τους πραγματοποιήθηκε ως προς τη δομή και το περιεχόμενό της σε ερωτήσεις που αφορούν θέματα για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, στην ενότητα 5.2.1 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των επιχειρημάτων ως προς τη δομή, σε κάθε ερώτηση ξεχωριστά, καθώς και συνολικά. Όμοια, στην ενότητα 5.2.2 προβάλλονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων ως προς το περιεχόμενο για κάθε ερώτηση και συνολικά. Τέλος, στην ενότητα 5.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το φύλο των φοιτητών/τριων και την κατεύθυνση σπουδών που επέλεξαν στο Λύκειο, καθώς και γίνεται έλεγχος για πιθανή συσχέτιση των δύο όρων με τα επιχειρήματά τους, τόσο ως προς τη δομή, όσο και ως προς το περιεχόμενο.

5.2 Η ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών που αφορούν τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας

5.2.1 Η δομή των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών

Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολόγιου και τα αποτελέσματα ως προς τη δομή των επιχειρημάτων παρουσιάζονται παρακάτω για κάθε ερώτηση ξεχωριστά αλλά και συνολικά.

Ερώτηση 1:

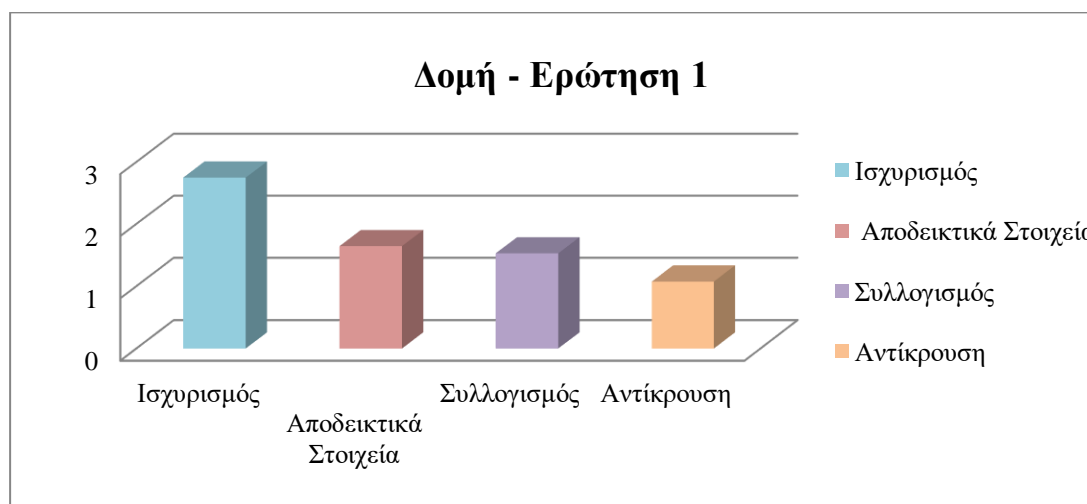
Σύμφωνα με την ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών/τριων για την πρώτη ερώτηση παρατηρείται ότι μεγάλο ποσοστό αυτών απάντησαν επαρκώς. Ο μέσος όρος

του ισχυρισμού των φοιτητών/τριων είναι 2,74, δηλαδή βρίσκεται πολύ κοντά στο επίπεδο 3. Στην συνέχεια, από τα δεδομένα του πίνακα (5.2.1.1) και το διάγραμμα (5.2.1.1) παρατηρείται ότι οι φοιτητές/τριες δυσκολεύτηκαν να τεκμηριώσουν την απάντησή τους με τα αποδεικτικά στοιχεία, ο μέσος όρος αγγίζει το 1,64 και συνεπώς βρίσκεται κοντά στο επίπεδο 2. Όμοια, όσον αφορά το συλλογισμό, ο μέσος όρος των απαντήσεων βρίσκεται στο 1,52 (σχεδόν επίπεδο 2). Αξιοσημείωτο είναι ότι ο μέσος όρος των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων ως προς την αντίκρουση που είναι μόλις 1,07. Με λίγα λόγια, τα επιχειρήματα των φοιτητών/τριων ως προς την αντίκρουση βρίσκονται στο επίπεδο 1 και κρίνονται ανεπαρκή.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 1 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,7474	,54516
Ερώτηση 1 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,6421	,54413
Ερώτηση 1 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,5263	,61613
Ερώτηση 1 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0737	,26264
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.1.1: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



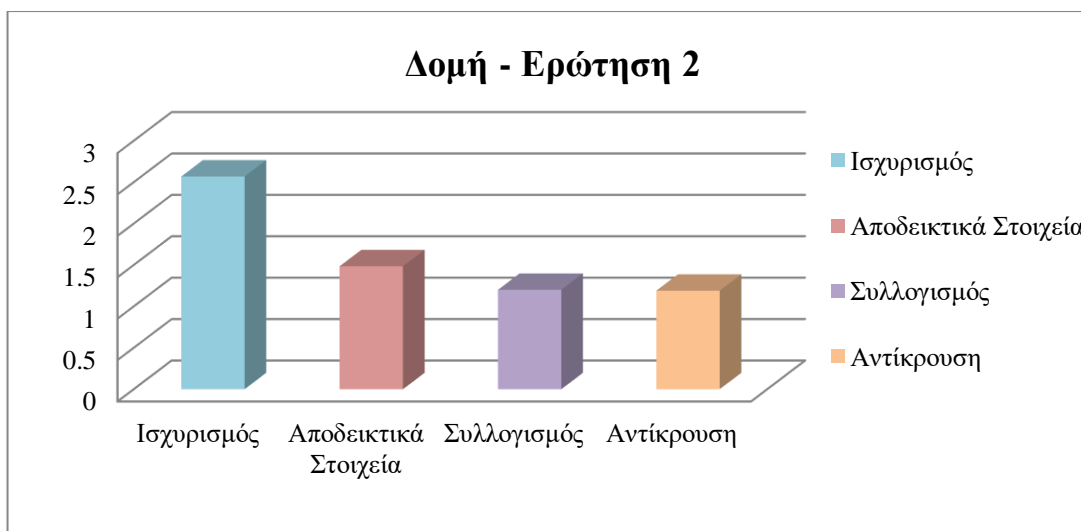
Διάγραμμα 5.2.1.1: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: ραβδόγραμμα.

Ερώτηση 2:

Στην ερώτηση 2, ο μέσος όρος των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων είναι 2,56, δηλαδή κοντά στο επίπεδο 3. Ωστόσο, σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία φαίνεται ότι οι φοιτητές/τριες δεν αξιοποίησαν επαρκώς τα δεδομένα που τους δόθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος είναι 1,48 και το επίπεδο πλησιάζει το 2. Οι φοιτητές/τριες αντιμετώπισαν δυσκολίες ακόμα να συμπεριλάβουν στο επιχειρήμα τους το συλλογισμό και την αντίκρουση, καθώς ο μέσος όρος των απαντήσεων είναι 1,20 και 1,18 αντίστοιχα (βλ. πίνακα 5.2.1.2 και διάγραμμα 5.2.1.2), και έτσι παραμένουν σχεδόν στο επίπεδο 1.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 2 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,5684	,51885
Ερώτηση 2 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,4842	,59899
Ερώτηση 2 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,2000	,45195
Ερώτηση 2 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,1895	,44470
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.1.2: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



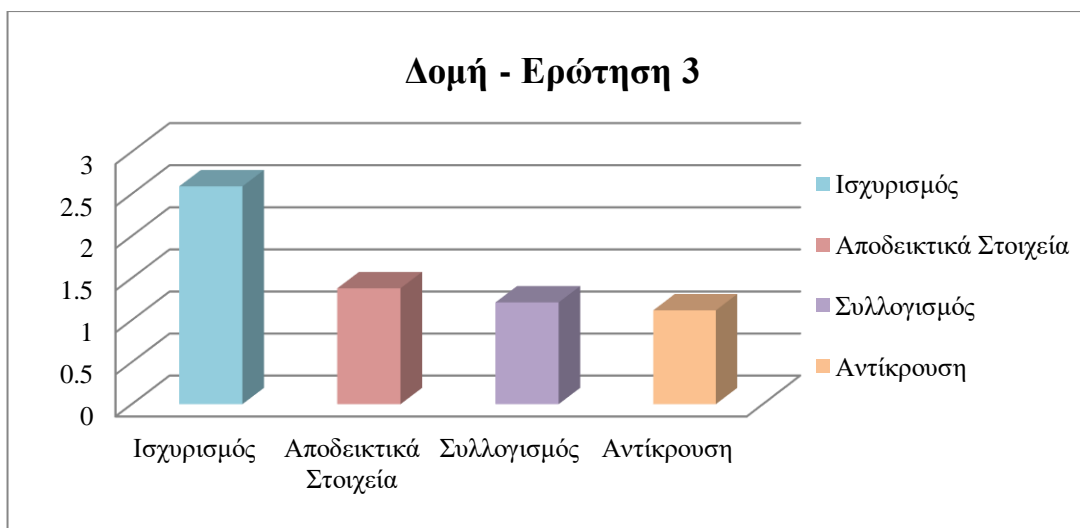
Διάγραμμα 5.2.1.2: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: ραβδόγραμμα.

Ερώτηση 3:

Στην ερώτηση 3, τα αποτελέσματα της ανάλυσης (βλ. πίνακα 5.2.1.3 και διάγραμμα 5.2.1.3) έδειξαν ότι δεν διαφέρουν κατά πολύ από την προηγούμενη ερώτηση. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος των ισχυρισμών των φοιτητών/τριων είναι στο 2,58, πολύ κοντά στο επίπεδο 3. Όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία, τον συλλογισμό και την αντίκρουση, η ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων δεν είναι υψηλή καθώς ο μέσος όρος είναι μόλις, 1,37, 1,21 και 1,11 αντίστοιχα. Έτσι, η ποιότητα των επιχειρημάτων ως προς τα τρία αυτά συστατικά στοιχεία βρίσκεται σχεδόν στο επίπεδο 1.

Descriptive Statistics						
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
Ερώτηση 3 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,5895	,57417	
Ερώτηση 3 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,3789	,52953	
Ερώτηση 3 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,2105	,48146	
Ερώτηση 3 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,1158	,32167	
Valid N (listwise)	95					

Πίνακας 5.2.1.3: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.1.3: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: ραβδόγραμμα.

Ερώτηση 4:

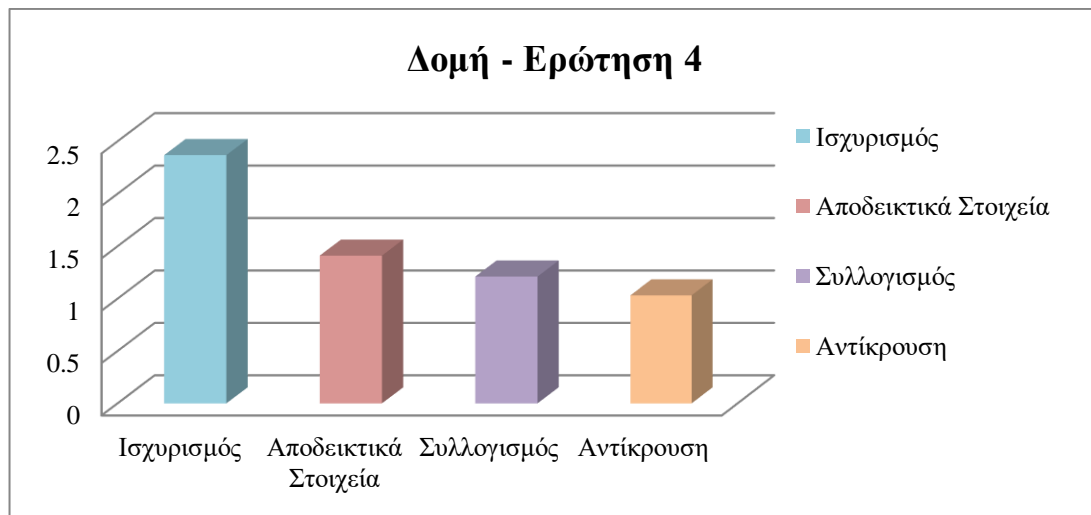
Στην συγκεκριμένη ερώτηση, οι φοιτητές/τριες φαίνεται, να δυσκολεύτηκαν λίγο ακόμα και στην απάντηση – ισχυρισμό, καθώς ο μέσος όρος των απαντήσεων των φοιτητών είναι 2,36 (βλ. πίνακα 5.2.1.4 και διάγραμμα 5.2.1.4) και θεωρείται μερικώς επαρκής αφού είναι κοντά στο επίπεδο 2. Επιπλέον, ο μέσος όρος των επιχειρημάτων τους δεν συμπεριλάμβαναν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό, φτάνοντας στο 1,41 και 1,21 αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο είναι ότι σχεδόν όλα τα επιχειρήματα των φοιτητών, δεν περιείχαν επαρκή αντίκρουση καθώς ο μέσος όρος είναι 1,03. Έτσι, παρατηρείται ότι η ποιότητα των επιχειρημάτων ως προς τα τρία τελευταία συστατικά στοιχεία βρίσκεται σχεδόν στο επίπεδο 1.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 4 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,3684	,52699
Ερώτηση 4 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,4105	,55534
Ερώτηση 4 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,2105	,45883
Ερώτηση 4 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0316	,17580

Valid N (listwise)	95				
--------------------	----	--	--	--	--

Πίνακας 5.2.1.4: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.1.4: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: ραβδόγραμμα.

Ερώτηση 5:

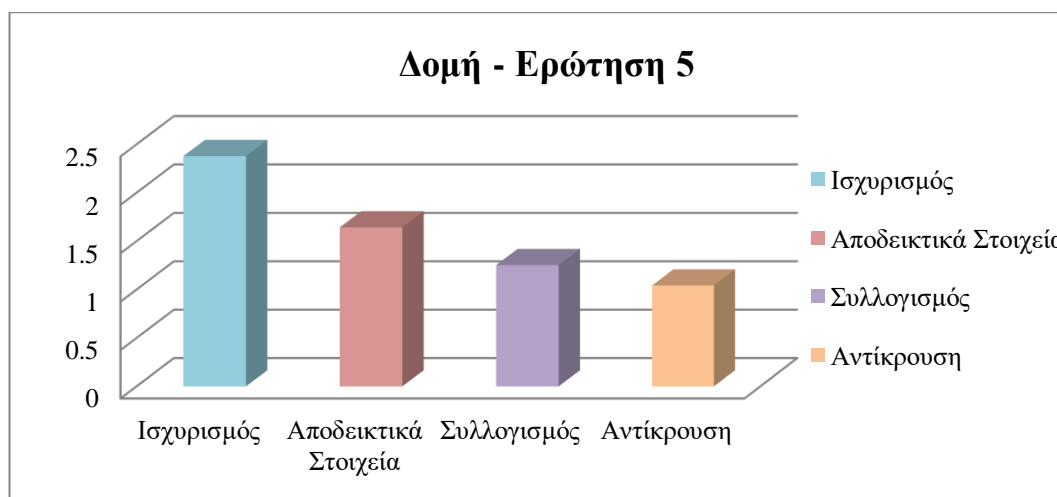
Ο ισχυρισμός των φοιτητών/τριων κρίθηκε μερικώς επαρκής καθώς ο μέσος όρος του επιπέδου είναι 2,37 και βρίσκεται κοντά στο επίπεδο 2. Τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός φαίνεται και σε αυτή την περίπτωση, να αποφεύγονται από τους φοιτητές/τριες. Ο μέσος όρος των επιχειρημάτων των φοιτητών αντίστοιχα είναι 1,64 (σχεδόν επίπεδο 2) και 1,25 (σχεδόν επίπεδο 1), δηλαδή δεν συμπεριέλαβαν τα προαναφερθέντα συστατικά στοιχεία ή δεν κρίνονται επαρκή. Ομοίως, οι φοιτητές/τριες δεν αντίκρουσαν επαρκώς τον ισχυρισμό τους στο επιχείρημα τους και ο μέσος όρος είναι 1,04, δηλαδή βρίσκεται στο επίπεδο 1 (βλ. πίνακα 5.2.1.5 και διάγραμμα 5.2.1.5).

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 5 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,3789	,52953
Ερώτηση 5 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,6421	,69826

Ερώτηση 5 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,2526	,54516
Ερώτηση 5 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0421	,24907
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.1.5: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.1.5: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: ραβδόγραμμα.

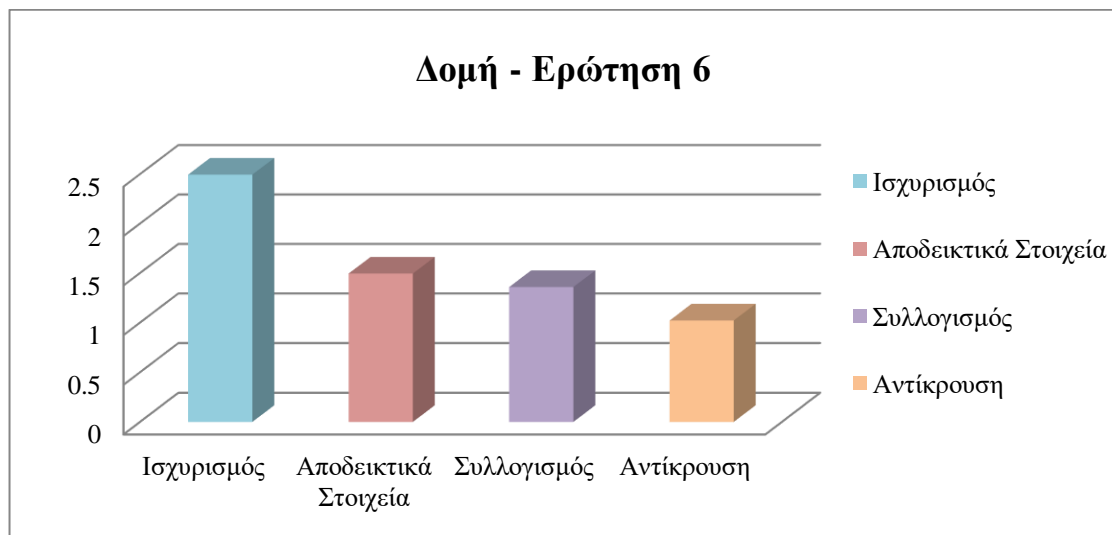
Ερώτηση 6:

Από την κατανομή των απαντήσεων στην ερώτηση 6, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών/τριων, απάντησαν επαρκώς στην ερώτηση με μέσο όρο 2,49, πλησιάζοντας το επίπεδο 3. Οι φοιτητές/τριες φαίνεται να αντιμετώπισαν δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση των δεδομένων, και έτσι ο μέσος όρος είναι 1,49, δηλαδή δεν συμπεριέλαβαν αποδεικτικά στοιχεία ή δεν κρίθηκαν επαρκή (σχεδόν επίπεδο 2). Ο συλλογισμός των επιχειρημάτων τους θεωρείται ανεπαρκής με μέσο όρο 1,35 (επίπεδο 1). Για το συστατικό στοιχείο της αντίκρουσης παρατηρείται ότι οι φοιτητές την παραλείπουν ή δεν την χρησιμοποιούν ορθά καθώς ο μέσος όρος είναι 1,02 και το επίπεδο 1 (βλ. πίνακα 5.2.1.6 και διάγραμμα 5.2.1.6).

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 6 - Δομή- Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,4947	,54331
Ερώτηση 6 - Δομή- Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,4947	,65026
Ερώτηση 6 - Δομή- Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,3579	,54413
Ερώτηση 6 - Δομή- Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0211	,14432
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.1.6: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



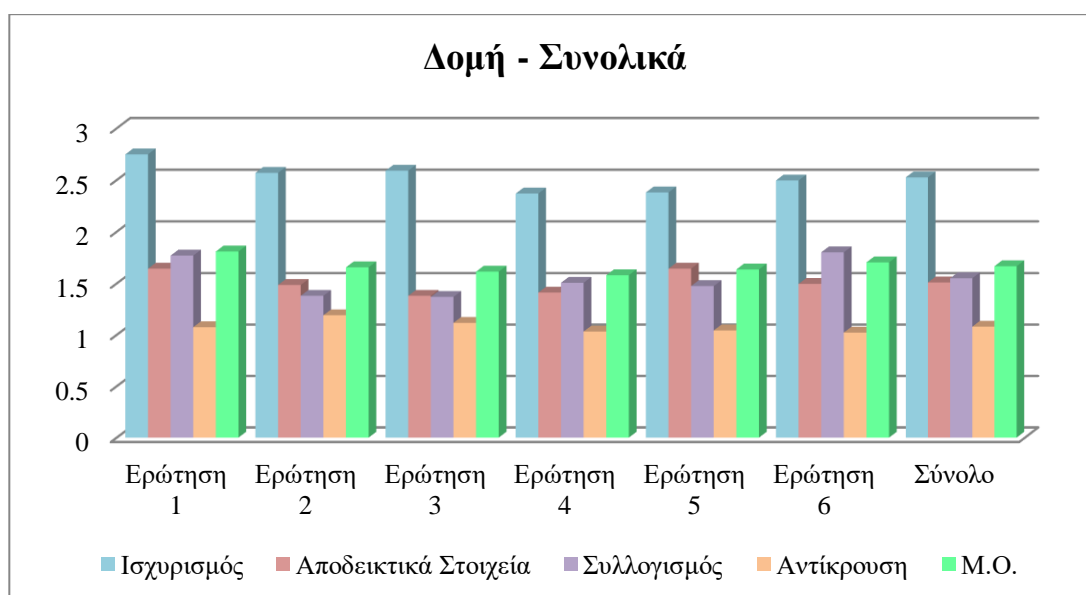
Διάγραμμα 5.2.1.6: Τα επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: ραβδόγραμμα.

Από τον πίνακα 5.2.1.7 και το διάγραμμα 5.2.1.7 προκύπτει ότι ο ισχυρισμός των επιχειρημάτων των περισσότερων φοιτητών/τριων, κρίνεται επαρκής, καθώς ο μέσος όρος είναι 2,52. Άρα, βρίσκεται στο επίπεδο 3. Στην συνέχεια, παρατηρείται ότι τα αποδεικτικά στοιχεία των επιχειρημάτων είναι μερικώς επαρκή, καθώς ο μέσος όρος αγγίζει το 1,51 και πλησιάζει στο επίπεδο 2. Όσον αφορά το συλλογισμό των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων κατατάσσεται στο επίπεδο 1 και κρίνεται ανεπαρκής, γιατί ο μέσος όρος αγγίζει το 1,29. Με κριτήριο την αντίκρουση η

ποιότητα των επιχειρημάτων είναι πολύ χαμηλή καθώς ο μέσος όρος είναι μόλις 1,07, άρα και το επίπεδο 1. Με λίγα λόγια, το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών και των φοιτητριών δεν ανέπτυξαν αντίκρουση στο επιχειρήμα τους ή δεν κρίθηκε επαρκής. Συνοψίζοντας, όσον αφορά την ποιότητα της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών, ο μέσος όρος είναι 1,60, κρίνεται μερικώς επαρκής και κατατάσσεται ανάμεσα στο επίπεδο 0 και στο επίπεδο 2.

ΔΟΜΗ	Ισχυρισμός	Αποδεικτικά Στοιχεία	Συλλογισμός	Αντίκρουση	Mean
Ερώτηση 1	2,7474	1,6421	1,5263	1,0737	1,7473
Ερώτηση 2	2,5684	1,4842	1,2000	1,1895	1,6105
Ερώτηση 3	2,5895	1,3789	1,2105	1,1158	1,5736
Ερώτηση 4	2,3684	1,4105	1,2105	1,0316	1,5053
Ερώτηση 5	2,3789	1,6421	1,2526	1,0421	1,5789
Ερώτηση 6	2,4947	1,4947	1,3579	1,0211	1,5921
Σύνολο	2,5246	1,5088	1,2929	1,0789	1,6013

Πίνακας 5.2.1.7: Συγκεντρωτικά επίπεδα επάρκειας της ποιότητας της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.1.7: Τα συνολικά επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: ραβδόγραμμα.

5.2.2. Το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών

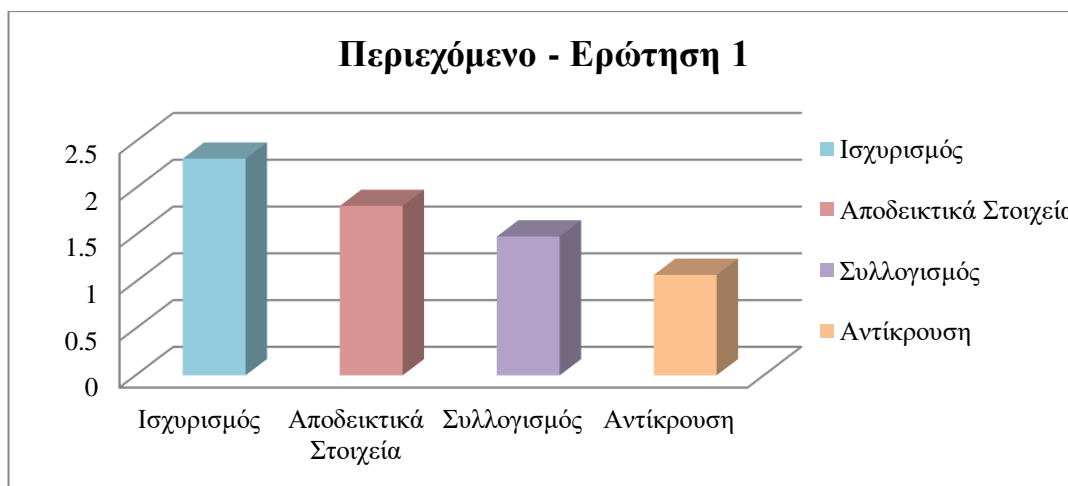
Στη συγκεκριμένη ενότητα αναλύονται οι απαντήσεις των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς την ποιότητα του περιεχομένου των επιχειρημάτων τους, για κάθε ερώτηση ξεχωριστά αλλά και συνολικά.

Ερώτηση 1:

Η ερώτηση αφορούσε στην θερμική αίσθηση και από τον παρακάτω πίνακα (5.2.2.1) και το διάγραμμα (5.2.2.1) παρατηρείται ότι ο μέσος όρος των απαντήσεων των φοιτητών/τριών κρίθηκαν μερικώς κατάλληλες ως προς τον ισχυρισμό με μέσο όρο 2,31 ξεπερνώντας το επίπεδο 2. Στη συνέχεια, παρατηρείται μία φθίνουσα πορεία, καθώς όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία ο μέσος όρος των απαντήσεων είναι στο 1,81 και για το συλλογισμό στο 1,47 (σχεδόν επίπεδο 2). Πολύ σημαντικό θεωρείται το γεγονός ότι οι φοιτητές και οι φοιτήτριες δεν κατάφεραν να αντικρούσουν το επιχειρήμα τους κατάλληλα, φτάνοντας ο μέσος όρος τους να είναι μόλις 1,07 και το επίπεδο 1.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 1 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,3158	,73315
Ερώτηση 1 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,8105	,77590
Ερώτηση 1 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,4737	,68171
Ερώτηση 1 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0737	,30043
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.2.1: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.1: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 1: συχνότητες και ποσοστά.

Ερώτηση 2:

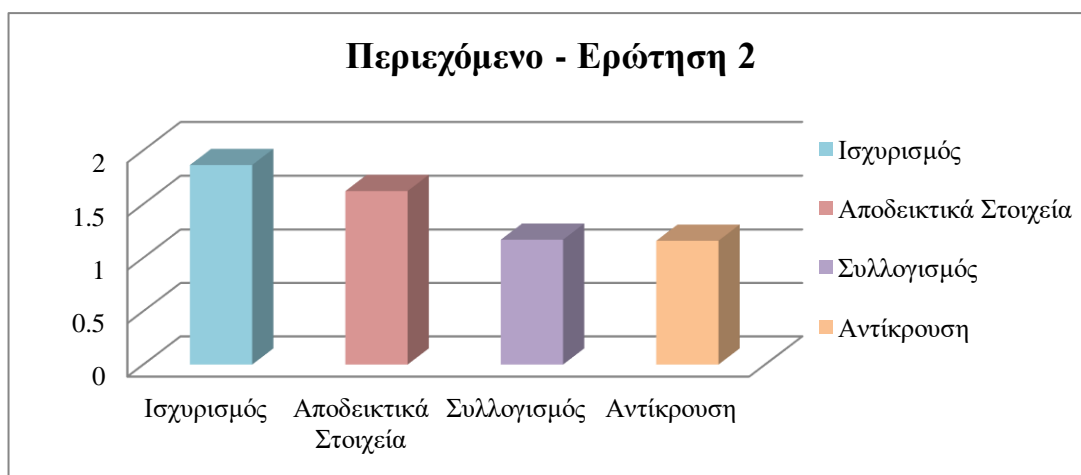
Στην παρούσα ερώτηση, η οποία αφορούσε στην επιρροή της θερμότητας που έχουν αντικείμενα που είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό όταν βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον, οι φοιτητές/τριες δυσκολεύτηκαν να απαντήσουν κατάλληλα. Από τον πίνακα 5.2.2.2 και το διάγραμμα 5.2.2.2 φαίνεται ότι ο μέσος όρος των επιχειρημάτων ως προς τον ισχυρισμό είναι 1,86 και πλησιάζει το επίπεδο 2. Όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία, ο μέσος όρος των απαντήσεων είναι 1,62 και είναι κοντά στο επίπεδο 2. Όμοια, για το συλλογισμό και την αντίκρουση, το επίπεδο των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων φαίνεται να είναι χαμηλό, με το μέσο όρο να φτάνει μόλις το 1,18 και 1,17 αντίστοιχα (επίπεδο 1).

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 2 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	1,8632	,88258
Ερώτηση 2 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,6211	,81448
Ερώτηση 2 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,1895	,55149

Ερώτηση 2 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,1789	,46078
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.2.2: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.2: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 2: συχνότητες και ποσοστά.

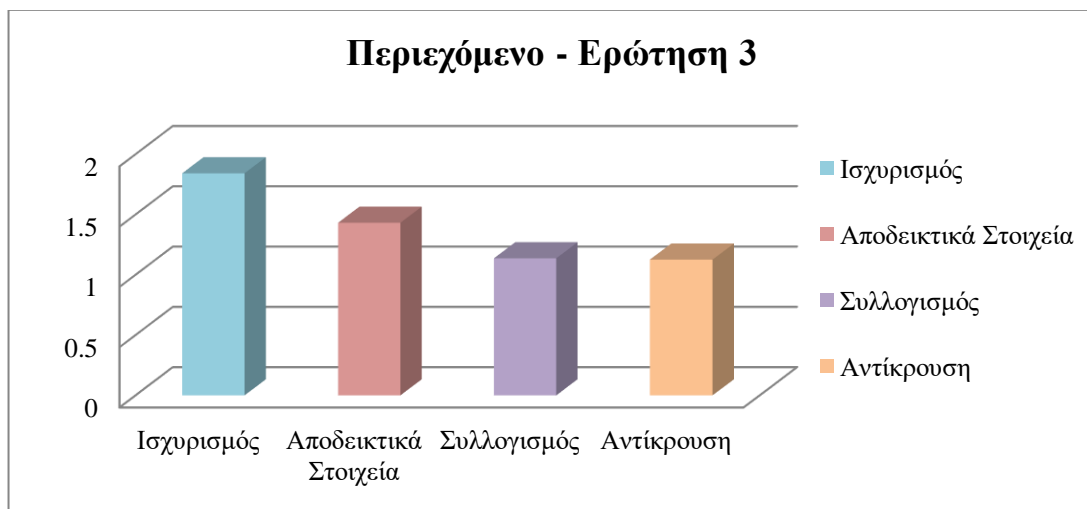
Ερώτηση 3:

Οι φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες να διακρίνουν τι επηρεάζει την θερμοκρασία δύο σωμάτων με ίδιο όγκο στο ίδιο περιβάλλον για αρκετό χρόνο. Η ποιότητα του επιχειρήματος των φοιτητών/τριών ως προς τον ισχυρισμό έχει το μεγαλύτερο μέσο όρο, 1,84, συγκριτικά με τα υπόλοιπα συστατικά στοιχεία και βρίσκεται στο επίπεδο 2. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία φαίνεται ότι το επίπεδο είναι χαμηλό – επίπεδο 1, όπως και ο μέσος όρος που πλησιάζει το 1,43. Για το συλλογισμό, ο μέσος όρος είναι 1,13 και για την αντίκρουση μόλις, 1,12 (βλ. πίνακα 5.2.2.3 και διάγραμμα 5.2.2.3). Αυτό σημαίνει ότι οι φοιτητές και οι φοιτήτριες δεν απάντησαν κατάλληλα στη συγκεκριμένη ερώτηση ως προς τα συστατικά του συλλογισμού και της αντίκρουσης, έως δεν τα συμπεριέλαβαν καθόλου και έτσι βρίσκονται στο επίπεδο 1.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 3 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	1,8421	,89104
Ερώτηση 3 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,4316	,62997
Ερώτηση 3 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,1368	,49702
Ερώτηση 3 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,1263	,36443
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.2.3: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.3: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 3: συχνότητες και ποσοστά.

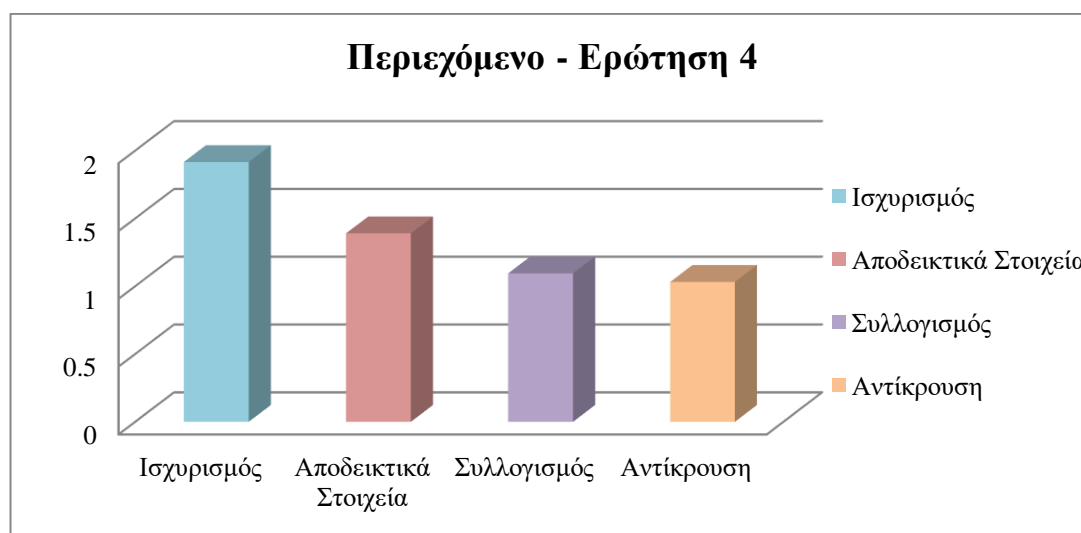
Ερώτηση 4:

Στη συγκεκριμένη ερώτηση, οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν για την εξάρτηση της θερμοκρασίας που φτάνουν δύο υγρά ίσης μάζας αλλά διαφορετικής σύστασης. Η ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς το περιεχόμενό τους είναι πολύ χαμηλό. Από τα παρακάτω δεδομένα (βλ. πίνακα 5.2.2.4 και διάγραμμα 5.2.2.4) παρατηρείται ότι ως προς το συστατικό στοιχείο του ισχυρισμού ο μέσος όρος των απαντήσεων είναι μόλις 1,91 και βρίσκεται κοντά στο

επίπεδο 2. Για τα αποδεικτικά στοιχεία, ο μέσος όρος είναι 1,38 και το επίπεδο σχεδόν 1. Όμοια, χαμηλός μέσος όρος φαίνεται για το συλλογισμό και την αντίκρουση, όπου είναι 1,10 και 1,03 αντίστοιχα και κρίνονται ακατάλληλα με επίπεδο 1.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 4 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	1,9158	,85879
Ερώτηση 4 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,3895	,65712
Ερώτηση 4 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,1053	,37113
Ερώτηση 4 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0316	,17580
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.2.4: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.4: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 4: συχνότητες και ποσοστά.

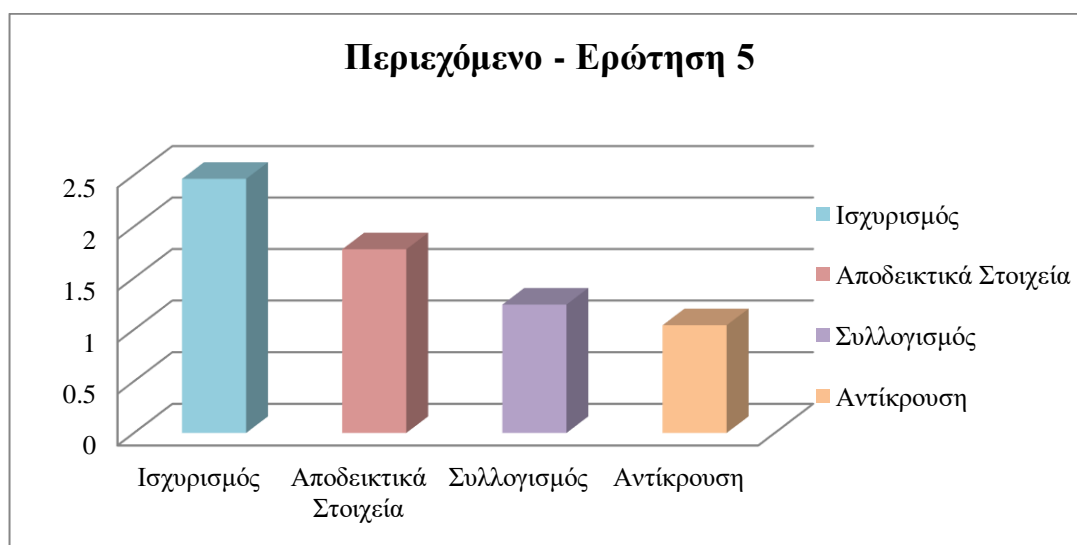
Ερώτηση 5:

Στην ερώτηση “Από τι εξαρτάται η θερμοκρασία στην οποία φτάνουν διαφορετικές ποσότητες του ίδιου υγρού;”, οι φοιτητές και οι φοιτήτριες απάντησαν κατάλληλα με

το μέσο όρο των επιχειρημάτων ως προς τον ισχυρισμό να είναι 2,46 πλησιάζοντας το επίπεδο 3. Ωστόσο, τα αποδεικτικά στοιχεία που χρησιμοποιήσαν κρίθηκαν μερικώς κατάλληλα και ταξινομήθηκαν κοντά στο επίπεδο 2, με μέσο όρο 1,77. Ο συλλογισμός και η αντίκρουση των επιχειρημάτων ως προς το περιεχόμενο κατατάσσονται στο χαμηλότερο επίπεδο με μέσο όρο 1,24 και 1,04 αντίστοιχα και επίπεδο 1 (βλ. πίνακα 5.2.2.5 και διάγραμμα 5.2.2.5).

Descriptive Statistics						
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
Ερώτηση 5 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,4632	,64923	
Ερώτηση 5 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,7789	,84020	
Ερώτηση 5 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,2421	,55956	
Ερώτηση 5 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0421	,28864	
Valid N (listwise)	95					

Πίνακας 5.2.2.5: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.5: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 5: συχνότητες και ποσοστά.

Ερώτηση 6:

Στην ερώτηση 6, η οποία αναφέρεται στην διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, παρατηρείται ότι οι φοιτητές και οι φοιτήτριες έδωσαν επαρκή ισχυρισμό. Ο μέσος όρος είναι αρκετά υψηλός, 2,53 πλησιάζοντας το επίπεδο 3. Ωστόσο, τα δεδομένα από τον πίνακα που τους δόθηκε δεν αξιοποιήθηκαν κατάλληλα και δεν συμπεριλήφθηκαν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία, με το μέσο όρο να είναι 1,55 – σχεδόν στο επίπεδο 2. Για το συλλογισμό, το περιεχόμενο των επιχειρημάτων έχουν απαντήσεις μερικώς κατάλληλα και έτσι, ο μέσος όρος είναι 1,36, ανάμεσα στα επίπεδα 1 και 2. Τέλος, σχετικά με την αντίκρουση, το μεγαλύτερο ποσοστό των επιχειρημάτων, των φοιτητών/τριων κρίθηκαν ακατάλληλα, με μέσο όρο 1,02 – επίπεδο 1 (βλ. πίνακα 5.2.2.6 και διάγραμμα 5.2.2.6).

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ερώτηση 6 - Περιεχόμενο - Ισχυρισμός	95	1,00	3,00	2,5368	,61559
Ερώτηση 6 - Περιεχόμενο - Αποδεικτικά Στοιχεία	95	1,00	3,00	1,5579	,73969
Ερώτηση 6 - Περιεχόμενο - Συλλογισμός	95	1,00	3,00	1,3684	,61976
Ερώτηση 6 - Περιεχόμενο - Αντίκρουση	95	1,00	3,00	1,0211	,14432
Valid N (listwise)	95				

Πίνακας 5.2.2.6: Τα συνολικά επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες, ποσοστά και μέσος όρος.

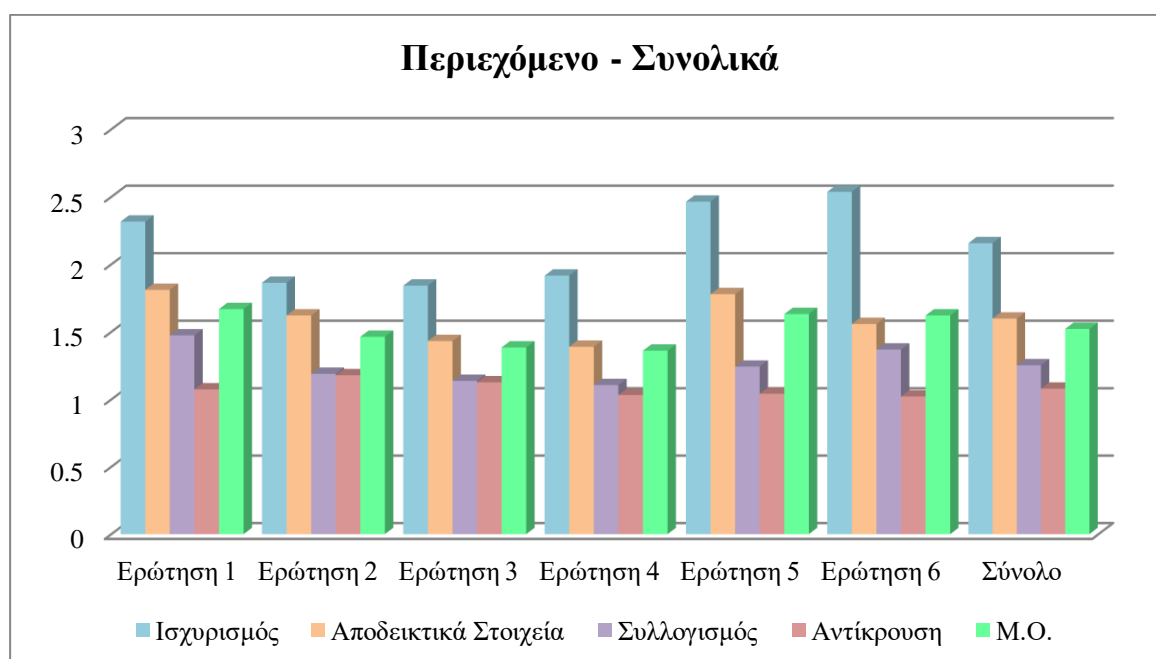


Διάγραμμα 5.2.2.6: Τα επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών για την ερώτηση 6: συχνότητες και ποσοστά.

Συνολικά, για την ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς το περιεχόμενο προκύπτει από τον πίνακα 5.2.2.7 και το διάγραμμα 5.2.2.7 ότι ο ισχυρισμός των επιχειρημάτων κρίνεται μερικώς κατάλληλος, καθώς ο μέσος όρος είναι 2,15 και βρίσκεται κοντά στο επίπεδο 2. Στην συνέχεια, παρατηρείται ότι τα αποδεικτικά στοιχεία των επιχειρημάτων ήταν ακατάλληλα, αφού ο μέσος αγγίζει το 1,59 και πλησιάζει το επίπεδο 2. Όσον αφορά το συλλογισμό των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων κρίνεται ακατάλληλος, γιατί ο μέσος όρος είναι 1,25 και σχεδόν στο επίπεδο 1. Με κριτήριο την αντίκρουση η ποιότητα των επιχειρημάτων είναι πολύ χαμηλή καθώς ο μέσος όρος είναι μόλις 1,07. Με λίγα λόγια, το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών και των φοιτητριών δεν ανέπτυξαν αντίκρουση στο επιχειρήμα τους ή δεν κρίθηκε κατάλληλη, για αυτό το λόγο βρίσκεται στο επίπεδο 1. Συνοψίζοντας, η ποιότητα του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών στο σύνολο κρίνεται μερικώς επαρκής, καθώς ο μέσος όρος είναι 1,52 και έτσι κατατάσσεται ανάμεσα στο επίπεδο 1 και στο επίπεδο 2.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ	Ισχυρισμός	Αποδεικτικά Στοιχεία	Συλλογισμός	Αντίκρουση	Mean
Ερώτηση 1	2,3158	1,8105	1,4737	1,0737	1,6684
Ερώτηση 2	1,8632	1,6211	1,1895	1,1789	1,4632
Ερώτηση 3	1,8421	1,4316	1,1368	1,1263	1,3842
Ερώτηση 4	1,9158	1,3895	1,1053	1,0316	1,3605
Ερώτηση 5	2,4632	1,7789	1,2421	1,0421	1,6316
Ερώτηση 6	2,5368	1,5579	1,3684	1,0211	1,6210
Σύνολο	2,1562	1,5983	1,2526	1,0789	1,5215

Πίνακας 5.2.2.7: Συγκεντρωτικά επίπεδα καταλληλότητας της ποιότητας του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: μέσος όρος.



Διάγραμμα 5.2.2.7: Τα συνολικά επίπεδα επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των φοιτητών και φοιτητριών: ραβδόγραμμα.

5.3. Έλεγχος συσχέτισης των μέσω όρων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων με το φύλο και με την κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών/τριων

Στην παρούσα ενότητα γίνεται παρουσίαση των προσωπικών στοιχείων των φοιτητών/τριων όσον αφορά το φύλο τους και την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει τα τελευταία χρόνια φοίτησης στο σχολείο. Στη συνέχεια, ελέγχεται αν

υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενο για κάθε ερώτηση και κάθε συστατικό στοιχείο με το φύλο και την κατεύθυνση σπουδών.

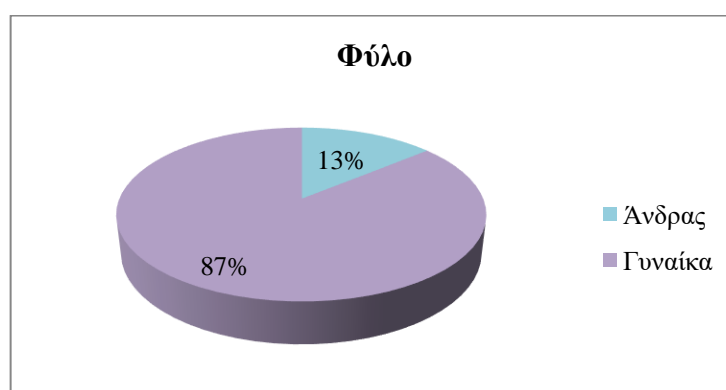
5.3.1 Έλεγχος συσχέτισης των επιχειρημάτων με το φύλο των φοιτητών/τριων

Στην προκείμενη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας για το φύλο των φοιτητών και των φοιτητριών, και γίνεται έλεγχος για το αν υπάρχει συσχέτιση των μέσων όρων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων για όλες τις ερωτήσεις με το φύλο.

Στον πίνακα 5.3.1.1 και το σχεδιάγραμμα 5.3.1.1 αναγράφονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των ανδρών και των γυναικών που έλαβαν μέρος στην έρευνα.

		Φύλο			Cumulative
		Frequency	Percent	Valid Percent	Percent
Valid	Ανδρας	12	12,6	12,6	12,6
	Γυναίκα	83	87,4	87,4	100,0
	Συνολικά	95	100,0	100,0	

Πίνακας 5.3.1.1: Συχνότητες και ποσοστά για το φύλο των ερωτηθέντων.



Διάγραμμα 5.3.1.1: Φύλο ερωτηθέντων: πίτα.

Γνωρίζοντας ότι η κατανομή του φύλου και των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, για να ελεγχθεί αν υπάρχει συσχέτιση των μέσων όρων, πραγματοποιήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test, όπως παρουσιάζεται στους Πίνακες 5.3.1.2 και 5.3.1.3.

Ranks

	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Δομή Ισχυρισμός Μέσος Όρος	Άνδρας	12	44,50	534,00
	Γυναίκα	83	48,51	4026,00
	Σύνολο	95		
Δομή Αποδεικτικά Στοιχεία Μέσος Όρος	Άνδρας	12	44,29	531,50
	Γυναίκα	83	48,54	4028,50
	Σύνολο	95		
Δομή Συλλογισμός Μέσος Όρος	Άνδρας	12	53,50	642,00
	Γυναίκα	83	47,20	3918,00
	Σύνολο	95		
Δομή Αντίκρουση Μέσος Όρος	Άνδρας	12	45,96	551,50
	Γυναίκα	83	48,30	4008,50
	Σύνολο	95		
Δομή Συνολικά	Άνδρας	12	50,54	606,50
	Γυναίκα	83	47,63	3953,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Ισχυρισμός Μέσος Όρος	Άνδρας	12	37,25	447,00
	Γυναίκα	83	49,55	4113,00
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Αποδεικτικά Στοιχεία Μέσος Όρος	Άνδρας	12	42,21	506,50
	Γυναίκα	83	48,84	4053,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Συλλογισμό Μέσος Όρος	Άνδρας	12	46,38	556,50
	Γυναίκα	83	48,23	4003,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Αντίκρουση Μέσος Όρος	Άνδρας	12	46,50	558,00
	Γυναίκα	83	48,22	4002,00
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Συνολικά	Άνδρας	12	40,17	482,00
	Γυναίκα	83	49,13	4078,00
	Σύνολο	95		

Πίνακας 5.3.1.2: Αποτελέσματα στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους.

Test Statistics^a

	ΔΟΜΗ					ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ				
	Ισχυρισμός - Μέσος Όρος	Αποδεικτικά Στοιχεία - Μέσος Όρος	Συλλογισμός - Μέσος Όρος	Αντίκρουση - Μέσος Όρος	Συνολικά	Ισχυρισμός - Μέσος Όρος	Αποδεικτικά Στοιχεία - Μέσος Όρος	Συλλογισμός - Μέσος Όρος	Αντίκρουση - Μέσος Όρος	Συνολικά
Mann-Whitney U	456,000	453,500	432,000	473,500	467,500	369,000	428,500	478,500	480,000	404,000
Wilcoxon W	534,000	531,500	3918,000	551,500	3953,500	447,000	506,500	556,500	558,000	482,000
Z	-,476	-,504	-,763	-,332	-,344	-,1456	-,785	-,230	-,249	-,1056
Asymp. Sig. (2-tailed)	,634	,614	,445	,740	,731	,145	,433	,818	,804	,291

a. Grouping Variable: Φύλο

Πίνακας 5.3.1.3: Αξία p και τιμή U στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και του φύλου τους

Παρατηρώντας τους πίνακες που προέκυψαν από τον μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney U Test (5.3.1.2 και 5.3.1.3), φαίνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά τα επιχειρήματα ως προς τη δομή και το περιεχόμενο και το φύλο των φοιτητών/τριων. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι όλα τα *asympt sig. (2-tailed)* είναι μικρότερα από το επίπεδο σημαντικότητας ($p=0,05$). Επομένως, δεν υπάρχει διαφορά στα επιχειρήματα των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο, με βάση το φύλο.

5.3.2 Έλεγχος συσχέτισης των επιχειρημάτων με την κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών/τριων

Στη συγκεκριμένη υποενότητα γίνεται καταγραφή των απαντήσεων των φοιτητών/τριων όσον αφορά την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου. Επιπλέον, πραγματοποιείται έλεγχος για το αν υπάρχει συσχέτιση των μέσων όρων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων για όλες τις ερωτήσεις με την κατεύθυνση σπουδών.

Στον πίνακα 5.3.2.1 και το σχεδιάγραμμα 5.3.2.1 αναγράφονται οι συχνότητες και τα ποσοστά για την κατεύθυνση σπουδών των ερωτηθέντων. Παρατηρείται ότι από τους 95 φοιτητές/τριες, μόλις 19 επέλεξαν τη θετική/τεχνολογική κατεύθυνση σπουδών, καθώς οι περισσότεροι (76) επέλεξαν τη θεωρητική κατεύθυνση σπουδών.

		Κατεύθυνση Σπουδών			Cumulative
		Frequency	Percent	Valid Percent	Percent
Valid	Θετική/Τεχνολογική	19	20,0	20,0	20,0
	Θεωρητική	76	80,0	80,0	100,0
	Συνολικά	95	100,0	100,0	

Πίνακας 5.3.2.1: Συχνότητες και τα ποσοστά για την κατεύθυνση σπουδών των ερωτηθέντων.



Διάγραμμα 5.3.2.1: Κατεύθυνση σπουδών των ερωτηθέντων: πίτα.

Γνωρίζοντας ότι η κατανομή της κατεύθυνσης σπουδών των φοιτητών/τριων και των επιχειρημάτων τους δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, για να ελεγχθεί αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μέσων όρων, πραγματοποιήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U Test, όπως παρουσιάζεται στους Πίνακες 5.3.2.2 και 5.3.2.3.

Ranks

	Κατεύθυνση Σπουδών	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Δομή Ισχυρισμός Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	49,05	932,00
	Θεωρητική	76	47,74	3628,00
	Σύνολο	95		
Δομή Αποδεικτικά Στοιχεία Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	53,68	1020,00
	Θεωρητική	76	46,58	3540,00
	Σύνολο	95		
Δομή Συλλογισμός Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	51,76	983,50
	Θεωρητική	76	47,06	3576,50
	Σύνολο	95		
Δομή Αντίκρουση Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	50,71	963,50
	Θεωρητική	76	47,32	3596,50
	Σύνολο	95		
Δομή Συνολικά	Θετική/Τεχνολογική	19	55,05	1046,00
	Θεωρητική	76	46,24	3514,00
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Ισχυρισμός Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	42,63	810,00
	Θεωρητική	76	49,34	3750,00
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Αποδεικτικά Στοιχεία Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	55,03	1045,50
	Θεωρητική	76	46,24	3514,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Συλλογισμός Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	53,18	1010,50
	Θεωρητική	76	46,70	3549,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Αντίκρουση Μέσος Όρος	Θετική/Τεχνολογική	19	51,13	971,50
	Θεωρητική	76	47,22	3588,50
	Σύνολο	95		
Περιεχόμενο Συνολικά	Θετική/Τεχνολογική	19	50,71	963,50
	Θεωρητική	76	47,32	3596,50
	Σύνολο	95		

Πίνακας 5.3.2.2: Αποτελέσματα στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριών ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και την κατεύθυνση σπουδών τους.

Test Statistics ^a										
	ΔΟΜΗ					ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ				
	Ισχυρισμός - Μέσος Όρος	Αποδεικτικά Στοιχεία - Μέσος Όρος	Συλλογισμός - Μέσος Όρος	Αντίκρουση - Μέσος Όρος	Συνολικά	Ισχυρισμός - Μέσος Όρος	Αποδεικτικά Στοιχεία	Συλλογισμός - Μέσος όρος	Αντίκρουση - Μέσος Όρος	Συνολικά
Mann-Whitney U	702,000	614,000	650,500	670,500	588,000	620,000	588,500	623,500	662,500	670,500
Wilcoxon W	3628,000	3540,000	3576,500	3596,500	3514,000	810,000	3514,500	3549,500	3588,500	3596,500
Z	-,188	-1,016	-,687	-,580	-1,253	-,956	-1,252	-,963	-,682	-,481
Asymp. Sig. (2-tailed)	,851	,310	,492	,562	,210	,339	,211	,336	,495	,631

a. Grouping Variable: Κατεύθυνση Σπουδών

Πίνακας 5.3.2.3: Αξία p και τιμή U στο Mann-Whitney U Test στις απαντήσεις των φοιτητών/τριων ως προς τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων και της κατεύθυνσης σπουδών τους.

Ελέγχοντας τα δεδομένα των πινάκων 5.3.2.2 και 5.3.2.3 που προέκυψαν από τον μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney U Test, αποδεικνύεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά τα επιχειρήματα ως προς τη δομή και το περιεχόμενο και την κατεύθυνση σπουδών που επέλεξαν οι φοιτητές/τριες. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι όλα τα asymp sig. (2-tailed) είναι μικρότερα από το επίπεδο σημαντικότητας ($p=0,05$). Επομένως, δεν υπάρχει διαφορά στα επιχειρήματα των φοιτητών/τριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο, με βάση την κατεύθυνση σπουδών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, οι ερευνητές έχουν στρέψει το ενδιαφέρον στην ανάδειξη του μέτρου της ικανότητας των μαθητών και των φοιτητών να διατυπώνουν επιχειρήματα σε θέματα των Φυσικών Επιστημών (Zohar & Nemet, 2002; Osborne et al., 2004; Dawson & Venville, 2009; Georgiou & Mavrikaki, 2013; Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Έτσι, έχει παρατηρηθεί ότι μαθητές και φοιτητές δυσκολεύονται στην τεκμηρίωση της επιχειρηματολογίας. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας ως προς τη δομή και το περιεχόμενο τους, καθώς και ο έλεγχος συσχέτισης των επιχειρημάτων με το φύλο και την κατεύθυνση σπουδών τους.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας που τέθηκαν είναι τα ακόλουθα:

- Ποιο είναι το επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Ποιο είναι το επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με το φύλο τους;
- Υπάρχει συσχέτιση των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών ως προς τη δομή και το περιεχόμενο με την κατεύθυνση σπουδών που είχαν επιλέξει στο Λύκειο;

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 95 φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ), όπου οι φοιτητές/τριες το συμπλήρωσαν ηλεκτρονικά λόγω της πανδημίας Covid-19. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών και των φοιτητριών επέτρεψε τη μελέτη της ποιότητας της επιχειρηματολογίας τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενο.

Στο κεφάλαιο σχολιάζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Ειδικότερα, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα κύρια ευρήματα της μελέτης (βλ. ενότητα 6.2). Στην επόμενη ενότητα γίνεται αναφορά στους περιορισμούς της έρευνας (βλ. ενότητα 6.3) και τέλος στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα (βλ. ενότητα 6.4).

6.2 Σχολιασμός και ερμηνεία των κυρίων αποτελεσμάτων της έρευνας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα κυριότερα ευρήματα της έρευνας αυτής που μελετά την ποιότητα των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.

Η ενότητα αυτή, στην οποία σχολιάζονται και ερμηνεύονται τα κύρια αποτελέσματα της εργασίας, αποτελείται από δύο μέρη, όπου βρίσκονται σε αντιστοιχία με τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας. Στο πρώτο μέρος σχολιάζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με το επίπεδο δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα (βλ. υποενότητα 6.2.1). Το δεύτερο μέρος αναφέρεται στο επίπεδο περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα (βλ. υποενότητα 6.2.2). Τέλος στην υποενότητα 6.2.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τον έλεγχο της συσχέτισης των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών με το φύλο τους και την κατεύθυνση σπουδών τους.

6.2.1 Επίπεδο της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία

Από την ανάλυση των επιχειρημάτων για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία των φοιτητών και των φοιτητριών προέκυψε ότι η ποιότητα τους είναι χαμηλή.

Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση των επιχειρημάτων ως προς τη δομή φαίνεται ότι κανένα από τα συστατικά στοιχεία (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση) δεν αγγίζει το μέγιστο επίπεδο, το επίπεδο 3. Οι περισσότεροι φοιτητές και οι περισσότερες φοιτήτριες έδωσαν επαρκή ισχυρισμό, αρκετά κοντά στο επίπεδο 3. Αντιθέτως, για τα υπόλοιπα τρία συστατικά, το επίπεδο της

επιχειρηματολογίας είναι χαμηλό και κυμάνθηκαν μεταξύ των επιπέδων 1 και 2. Αξιοσημείωτο είναι κυρίως, το συστατικό στοιχείο της αντίκρουσης, όπου το επίπεδο είναι 1. Συνολικά, η ποιότητα της δομής της επιχειρηματολογίας των φοιτητών/τριων για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία είναι ανάμεσα στα επίπεδα 1 και 2.

Με λίγα λόγια, οι περισσότεροι φοιτητές και οι περισσότερες φοιτήτριες προτείνουν επιχειρήματα επαρκή ως προς τον ισχυρισμό. Φαίνεται όμως, ότι δεν προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία ή εάν προτείνουν αυτά είναι ανεπαρκή. Πολλοί/ες φοιτητές/τριες παραβλέπουν τους πίνακες και τα γραφήματα που τους δίνονται στη διατύπωση του επιχειρηματός τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ικανότητές τους να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία, να τα κρίνουν και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων τους, δεν είναι αναπτυγμένες (Σκουμιός, 2019). Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όπως πραγματοποιείται στο σχολικό πλαίσιο, φαίνεται ότι δεν συνεισφέρει στην ανάπτυξη των ικανοτήτων των μαθητών να αξιολογούν επιστημονικά επιχειρήματα (Σκουμιός, 2019). Επιπρόσθετα, οι φοιτητές/τριες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς και να δημιουργούν συλλογισμούς (Bell & Linn, 2000; McNeill & Krajcik, 2006; Sandoval & Reiser, 1997; Μαυρικάκη & Γεωργίου, 2016). Τέλος, όσον αφορά το τελευταίο συστατικό στοιχείο της αντίκρουσης, οι φοιτητές/τριες δεν υποστηρίζουν το επιχειρήμα τους με αντίκρουση σχεδόν ποτέ ή η αντίκρουση κρίνεται ανεπαρκής (Bell & Linn, 2000; McNeill et al., 2006; Songer, Kelcey, & Gotwals, 2009).

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, τα οποία καταδεικνύουν την ανεπάρκεια στη δομή των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών, συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2013; McNeill & Krajcik, 2006; Sandoval & Millwood, 2005; McNeill & Krajcik, 2007; Songer & Gotwals, 2012).

Το χαμηλό επίπεδο –ανεπάρκεια- της δομής των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών, είναι πιθανό να οφείλεται στην απουσία ευκαιριών διατύπωσης επιχειρημάτων από τα σχολικά χρόνια (Σκουμιός, 2017).

6.2.2 Επίπεδο του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών και των φοιτητριών για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία

Σχετικά με το περιεχόμενο των γραπτών εξηγήσεων των φοιτητών και των φοιτητριών, εξετάστηκε η καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων τους ανεξάρτητα από την επάρκειά τους. Οι περισσότεροι/ες φοιτητές/τριες πρότειναν κατάλληλους ισχυρισμούς, με το μέσο όρο να κυμαίνεται ανάμεσα στο επίπεδο 2 και στο επίπεδο 3. Επίσης, από την ανάλυση προέκυψε ότι σε ό,τι αφορά το περιεχόμενο των αποδεικτικών στοιχείων, οι φοιτητές/τριες στην περίπτωση που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία κρίθηκαν μερικώς κατάλληλα ή ακατάλληλα. Για το συστατικό στοιχείο του συλλογισμού διαπιστώθηκε ότι το επίπεδο είναι χαμηλό, και οι φοιτητές/τριες δυσκολεύονται να συνδυάσουν άρτια τον ισχυρισμό τους με τα αποδεικτικά στοιχεία. Τέλος, προέκυψε ότι σχεδόν όλοι/ες πρότειναν ακατάλληλες αντικρούσεις, με το μέσο όρο να βρίσκεται στο επίπεδο 1. Συνολικά, η ποιότητα του περιεχομένου των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία είναι ανάμεσα στα επίπεδα 1 και 2.

Όπως προκύπτει από την παρούσα εργασία και επιβεβαιώνεται από άλλες έρευνες, το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών και των φοιτητών συνήθως δεν συνάδει με την επιστημονική γνώση (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013; McNeill & Krajcik, 2011). Στα επιχειρήματα των φοιτητών κυριαρχούν ισχυρισμοί με περιορισμένες εξηγήσεις αντί για πλήρη επιχειρήματα ή οι απόψεις τους υποστηρίζονται σε ένα μόνο τεκμήριο αγνοώντας όλα τα υπόλοιπα (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2016). Δηλαδή τα αποδεικτικά στοιχεία απουσιάζουν ή κρίνονται ακατάλληλα (McNeill & Krajcik, 2007). Όσον αφορά τη συγκρότηση του συλλογισμού, οι φοιτητές/τριες δυσκολεύονται να επιλέξουν την κατάλληλη επιστημονική ιδέα προκειμένου να συνδέσουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς τους (Bell & Linn, 2000; McNeill & Krajcik, 2006; McNeill, 2011; Μαυρικάκη & Γεωργίου, 2016). Το φαινόμενο οφείλεται στην ελλιπή γνώση περιεχομένου ή στις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριων όπου συχνά επηρεάζουν τους ισχυρισμούς τους, ακόμα και αν υπάρχει η επιστημονική γνώση. Επιπλέον, σπάνια προβάλλουν αντικρούσεις (Bell & Linn, 2000; McNeill et al., 2006; Songer et al., 2009).

Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αποτελέσματα άλλων ερευνών που αναφέρονται στην επιχειρηματολογία των μαθητών και των φοιτητών (Sandoval & Millwood, 2005; Seda & Suat, 2012; Sampson et al., 2013; Grooms et al., 2014; Heng et al., 2015; Σκουμιάς, 2016; 2017; Priyadi et. al., 2018).

Έχει επισημανθεί ότι κατά την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, σπάνια τους παρέχονται ευκαιρίες να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια

υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα (Πάλλη & Σκουμιάς, 2019).

6.2.3 Συσχέτισης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριών με το φύλο και την κατεύθυνση σπουδών.

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην ενότητα 5.2.3 παρατηρήθηκε ότι το φύλο και η κατεύθυνση σπουδών των φοιτητών και των φοιτητριών στο Λύκειο δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επιχειρηματολογία τους.

Η επίδοση των δύο φύλων στις θετικές επιστήμες είναι κάτι που έχει απασχολήσει πληθώρα ερευνών παγκοσμίως. Η παρούσα έρευνα αποδεικνύει ότι δεν μπορεί να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του φύλου των φοιτητών/τριών με τα επιχειρήματά τους, τόσο ως προς τη δομή, όσο και ως προς το περιεχόμενο. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, συμβαδίζουν με τη μελέτη των Hyde και Mertz (2009) όπου καταδεικνύουν ότι όσο περνούν τα χρόνια τόσο οι διαφορές στις επιδόσεις ανάμεσα στα δύο φύλα αμβλύνονται. Επίσης, οι πιο σύγχρονες έρευνες αποκαλύπτουν ότι αυτές οι διαφορές των δύο φύλων έχουν πλέον σχεδόν εξαλειφθεί (Reilly, Neumann, & Andrews, 2019; Wang & Degol, 2017).

Όπως με τον έλεγχο συσχέτισης των επιχειρημάτων των φοιτητών/τριών με το φύλο, το ίδιο αποδεικνύεται και για την κατεύθυνση σπουδών. Σύμφωνα με τον έλεγχο που πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος στατιστικής, δεν υπάρχει συσχέτιση της επιχειρηματολογίας των φοιτητών/τριών με την κατεύθυνση σπουδών τους. Πιο συγκεκριμένα, φάνηκε ότι οι φοιτητές/τριες της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης, αλλά και της θεωρητικής κατεύθυνσης, παρουσίασαν παρόμοιου επιπέδου επιχειρηματολογία, καθώς όλοι/ες έδωσαν κατά κύριο λόγο έναν ισχυρισμό συνοδευμένο από λίγα δεδομένα ή ενίοτε μία προϋπόθεση υπό την οποία ίσχυε ο ισχυρισμός (Γεωργίου & Μαυρικάκη, 2015).

6.3 Περιορισμοί της έρευνας

Μετά την ολοκλήρωση της έρευνας, για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, φάνηκαν ορισμένοι περιορισμοί οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω.

Βασικός περιορισμός της έρευνας αποτέλεσε το γεγονός ότι τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν ηλεκτρονικά λόγω της πανδημίας Covid-19 και δεν ήταν εφικτός ο έλεγχος των φοιτητών και των φοιτητριών για τη χρήση κάποιας πηγής αναζήτησης πληροφοριών ή η ύπαρξη μεταξύ τους επικοινωνίας.

Επί προσθέτως, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίου γεγονός που αποτελεί έναν επιπρόσθετο περιορισμό, καθώς δεν μπορεί να υπάρξει παρατήρηση των φοιτητών και των φοιτητριών. Ένας πιθανός συνδυασμός ερωτηματολογίου, συνεντεύξεων καθώς και η παρατήρησή τους, θα μπορούσαν να παρέχουν πιο ακριβή αποτελέσματα για την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των φοιτητών/τριων.

6.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω περιορισμούς καθώς και τα γενικότερα συμπεράσματα που αναδείχθηκαν σχηματίζονται κάποιες προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

- a) Η παρούσα εργασία εστιάζει στη διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων φοιτητών και των φοιτητριών. Από αυτό προκύπτει ότι θα μπορούσε να διερευνηθεί η διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των φοιτητών και των φοιτητριών σε περισσότερους κλάδους των Φυσικών Επιστημών.
- b) Η παρούσα εργασία αντιμετώπισε περιορισμό στον τρόπο όπου μοιράστηκε το ερευνητικό εργαλείο-ερωτηματολόγιο. Έτσι, προτείνεται να μοιραστεί δια ζώσης ώστε να μπορεί να γίνει έλεγχος για τη μη πρόσβαση των ερωτώμενων σε πηγές πληροφοριών.
- c) Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση, προβλέπεται ότι η βελτίωση των επιχειρημάτων τόσο των φοιτητών όσο και των μαθητών επέρχεται μέσω διδακτικών παρεμβάσεων και εκπαιδευτικού υλικού. Η πρόταση που αναδεικνύεται είναι η παραγωγή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τη βελτίωση των επιχειρημάτων των μαθητών και των φοιτητών αναφορικά με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία.
- d) Ο προφορικός λόγος διαφέρει άρδην από το γραπτό. Για αυτό το λόγο, ενδιαφέρον θα είχε η μελέτη των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και των φοιτητών

για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία και σύγκρισή τους με την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόφωνη

Ανθούλας, Χ., & Σκουμιός, Μ. (2017). Η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α., & Κοκολάκη Α. (Επιμ.), *Γεφυρώνοντας το Χάσμα Μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης: 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 7-9 Απριλίου 2017: Πρακτικά (σ. 245-253). Ρέθυμνο.

Αντωνιάδου, Π., Λεύκος, Ι., Χαζηκρανιώτης, Ε., & Ψύλλος, Δ. (2002). Η διδασκαλία της θερμικής ισορροπίας με τη χρήση εικονικού εργαστηρίου, Στο Δημητρακοπούλου, Α.: *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση: 3ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ*, 26-29 Σεπτεμβρίου 2002: Πρακτικά (σ. 243-254), Ρόδος.

Βασιλειάδης, Γ. (2014). *Καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και κριτικής σκέψης σε μαθητές δημοτικού σχολείου μέσα από τη χαρτογράφηση επιχειρημάτων* (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λευκωσία.

Γεωργίου, Μ., & Μαυρικάκη, Ε. (2015). «Επιχειρούν το επιχειρηματολογούν» σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα: τα καταφέρνουν οι νέοι Έλληνες πολίτες. Στο Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές: 9ο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (ΕΝΕΦΕΤ)*. 8-10 Μαΐου 2015: Πρακτικά (σ. 733-737). Θεσσαλονίκη.

Γεωργίου, Μ., & Μαυρικάκη Ε. (2016). Επιχειρηματολογούν οι Έλληνες έφηβοι μαθητές; Η περίπτωση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων Βιοτεχνολογίας, *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 9(3), 137-149. Ανακτήθηκε από: <https://www.researchgate.net/publication/339271520>

Εγγλέζου, Φ. (2011). *Η Γραφή του Επιχειρηματικού Λόγου στη Διδακτική του Γλωσσικού Μαθήματος στο Δημοτικό Σχολείο* (Διδακτορική διατριβή). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Ευαγγέλλου, Χ., & Κώτσης, Θ.Κ. (2015). Σενάριο διδασκαλίας για το φαινόμενο του βρασμού του νερού με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. σε μαθητές Ε' και Στ' τάξης δημοτικού σχολείου. Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Vol.26, 58-85.

Ζαφειρίου, Σ. (2019). *Οι επιδράσεις της επαυξημένης πραγματικότητας στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία* (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανακτήθηκε από: <https://hellenicus.lib.aegean.gr/handle/11610/19701>

Καρανίκας, Ι. (1996). *Μελέτη των προβλημάτων της Διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4ετείς φοιτητές τους ΠΤΔΕ* (Διδακτορική διατριβή). Διαθέσιμο από: Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.

Καρύδας, Α., & Κουμαράς, Π. (2000). Η Ιστορία της επιστήμης και προτάσεις για τη διδακτική της εκμετάλλευση: Η περίπτωση της θερμότητας και των θερμικών φαινομένων. Στο: Βαλανίδης Ν., (Επιμ.) 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογών των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ημερομηνία: Πρακτικά (σ. 331 – 339, τόμος ΙΙ). Λευκωσία.

Κόκκοτας, Π. (1999). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Γρηγόρη.

Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών - Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών* (3η έκδοση βελτιωμένη). Αθήνα: Γρηγόρη.

Κουρσάρης, Δ., Παπαδούρης, Ν., & Κωνσταντίνου, Κ. (2013). Σχεδιασμός διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος για τη συνδυασμένη προώθηση εννοιολογικής κατανόησης σε θέματα αστροβιολογίας και της δεξιότητας επιχειρηματολογίας. Στο Βαβουγιός Δ. & Παρασκευόπουλος Σ. (Επιμ.) 8^ο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου: Πρακτικά (σ. 153-160), Βόλος.

Λουκά, Π. Μ., (2009). *Δεξιότητες επιχειρηματολογίας φοιτητών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης: παρεμβαλλόμενες* (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από: <https://gnosis.library.ucy.ac.cy/handle/7/39197>

Μαστρογιωργάκη, Μ. (2018). *Οι επιδράσεις μιας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας φυσικών επιστημών που υποστηρίζεται από εκπαιδευτικό λογισμικό στα επιχειρήματα των μαθητών* (Μεταπτυχιακή εργασία), Ανακτήθηκε από: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/handle/11610/20242>

Μαστρογιωργάκη, Μ. & Σκουμιός, Μ. (2019). Διδάσκοντας το 2ο Νόμο του Νεύτωνα μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών: η δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών. Στο Σωτήρης Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο (Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 10-21 Απριλίου 2019: Πρακτικά* (σ. 260-269). Φλώρινα.

Μουντζούρη, Γ., & Σκουμιός, Μ. (2015). Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού για τις αλλαγές κατάστασης και τη θερμοκρασία στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Χ. Σκουμπούρδη και Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες: 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή, 17-18 Οκτωβρίου 2014: Πρακτικά* (σ. 275-294). Ρόδος.

Μπαγιάτη, Ε. (2014). Εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών Λυκείου για τα τροφικά πλέγματα. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 7(1-2), 41-58. Ανακτήθηκε από: <http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete/issue/view/18>

Μπαίτελμαν, Α. (2016). Σχεδιάζοντας μαθησιακά περιβάλλοντα για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων. Στο Χ. Σκουμπούρδη και Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις; 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες*, 14-16 Οκτωβρίου 2016: Πρακτικά (σ.789-798). Ρόδος.

Παγκουρέλια, Ε. Δ., (2013). *Ανάπτυξη επιχειρηματολογίας στο λύκειο: εκπαιδευτικές πρακτικές* (Διδακτορική διατριβή). Ανακτήθηκε από: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/handle/11615/44040>

Πάλλη, Ι., Σκουμιάς, Μ. (2019). Η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τον ήχο στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών Στο Σ. Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 21 Απριλίου 2019: Πρακτικά (σ. 287-295). Φλώρινα.

Παπαγιαννόπουλος, Β. Γ., (2014). *Οι σύγχρονες επιστημονικές αντιλήψεις για την θερμότητα και την θερμοκρασία και οι ιδέες των παιδιών σχετικά με τις έννοιες αυτές*, Αθήνα: Vinapharm.

Σιακίδου, Ε., Παπαδούρης, Ν., & Κωνσταντίνου, Κ. Π. (2013). Ανάπτυξη δεξιοτήτων διαλογικής επιχειρηματολογίας μαθητών Λυκείου με την εφαρμογή διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος με θέμα τις κλιματικές αλλαγές Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές, Στο Κυριαζής Β. (Επιμ.), *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 26-28 Απριλίου του 2013: Πρακτικά (σ. 556-562). Βόλος.

Σκουμιάς, Μ. (2011). Εφαρμοσμένη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Πρακτικές Ασκήσεις Β΄ Φάσης, Διδακτικές σημειώσεις). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ανακτήθηκε από: 10/01/2011, από http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/labfe/downloads/b_praktikh/BFASH_FE_SHM_EIWSEIS_2011.pdf

Σκουμιάς, Μ. (2012). Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση, Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος. Ανακτήθηκε από: <http://lab-fe.pre.aegean.gr/downloads/antilipseis/ANTILIPSEIS-SHMEIWSEIS-KEFALAIA-8-9.pdf>

Σκουμιάς, Μ. (2015). Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών II (Πρακτικές Ασκήσεις Γ΄ Φάσης Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Σκουμιάς, Μ. (2016). Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων. Στο Πιερράτος, Θ., Κουμαράς, Π. και Πολάτογλου, Χ. (Επιμ.), *Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες: Πανελλήνιο Συνεδρίο*. 16-17 Απριλίου 2016: Πρακτικά (σελ. 157 - 166). Θεσσαλονίκη.

Σκουμιός, Μ. (2017). Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Πρακτικές Ασκήσεις Β΄ Φάσης) Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Σκουμιός, Μ. (2017). Βελτιώνοντας τις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τις αιτιολογήσεις γραπτών επιχειρημάτων. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α., & Κοκολάκη Α. (Επιμ.), *Γεφυρώνοντας το Χάσμα Μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης: 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-9 Απριλίου 2017*: Πρακτικά (σ. 492-499). Ρέθυμνο.

Σκουμιός, Μ. (2019). Μελέτη των ικανοτήτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου, του Γυμνασίου και του Λυκείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία των επιστημονικών επιχειρημάτων. μαθητών Στο Σ. Λιούκρας (Επιμ.), *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.: 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 21 Απριλίου 2019*: Πρακτικά (σ. 314-323). Φλώρινα.

Σκουμιός, Μ., & Ταράλλη, Ε. (2016). Αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων από τους φοιτητές. Στο Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α., & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές: 9ο Πανελληνίου Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015*: Πρακτικά (σ. 724-732). Θεσσαλονίκη.

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Θερμότητα - θερμοκρασία: αντιλήψεις μαθητών και εντοπισμός εννοιολογικών εμποδίων. Στο: Ν. Βαλανίδης (Επιμ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη διδακτική των φυσικών επιστημών και την εφαρμογή νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Πρακτικά* (σελ. 174-183). Λευκωσία.

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση της Φυσικής*, 31, 58-71.

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β., (2002). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα και θερμοκρασία. Στο Α. Μαργετουσάκη & Π. Μιχαηλίδης (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο, 9-11 Μαΐου 2002*: Πρακτικά (σ. 316-324). Ρέθυμνο.

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2013). Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο: Θ. Πιερράτος,, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου, & Π. Κουμαράς (Επιμ.), *Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα; Πανελλήνιο Συνέδριο. 9 – 10 Μαρτίου 2013*: Πρακτικά (σ. 323-330). Θεσσαλονίκη.

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9-19.

Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ. (2018). Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας. Στο Χρ. Σκουμπορδή, Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης: 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή. 9-11 Νοεμβρίου 2018*: Πρακτικά (σ. 495-505). Ρόδος.

Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ. Θ., & Εμβαλωτής, Α. (2018). Στάσεις και πεποιθήσεις εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το περιεχόμενο και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Στο: *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 11(1), 1-14.

Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ. Θ. (2017). Κατανόηση θερμικών φαινομένων σε καθημερινά πλαίσια από φοιτητές φυσικού. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α., & Κοκολάκη Α. (Επιμ.), *Γεφυρώνοντας το Χάσμα Μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης: 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 7-9 Απριλίου 2017*: Πρακτικά (σ. 193-199). Ρέθυμνο.

Φασουλόπουλος, Γ., (2000). *Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση εντατικών φυσικών μεγεθών με την ποσότητα του συστήματος και οι συνέπειές τους στη διδασκαλία* (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Χαλκιά, Κ. (2008). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες, Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Πατάκη.

Ξενόφωνη

Aiello-Nicosia, M., L., Sperandeo-Mineo, R., M. (2000). Educational reconstruction of physics content to be taught of pre-service teacher training: a case study. *International Journal of Science Education*, 22 (10), 1085-1098. DOI:10.1080/095006900429457

Andriessen, J. (2003). *Arguing to learn*. In K. Sawyer (Ed.), *Handbook of the Learning Sciences* (pp.443-459). Cambridge: Cambridge University press.

Andriessen, J. (2006). *Arguing to learn*. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 443-459). Cambridge: Cambridge University Press.

Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38 (1), 67–90. DOI: [10.1007/s11165-007-9040-2](https://doi.org/10.1007/s11165-007-9040-2)

Appleton, K. (1985). Children's ideas about temperature. *Research in Science Education*, 15(1), 122–126. <https://doi.org/10.1007/BF02356533>

Arnold, M., & Millar, R. (1996). Learning the scientific “story”: A case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science education*, 80 (3), 249–281. DOI: [10.20897/ejsteme/3964](https://doi.org/10.20897/ejsteme/3964)

Baker, A. (2009). Mathematical explanation in science. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60(3), 611–633. <https://doi.org/10.1093/bjps/axp025>

Bell, P. ,& Linn, M., C., (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with Kie. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797–817. DOI: [10.1080/095006900412284](https://doi.org/10.1080/095006900412284)

Brook, A., Briggs, H., Bell, B., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of heat: Full report, Children's learning in science project*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, UK.

Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education* 35(2):101. DOI: [10.1088/0031-9120/35/2/304](https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/2/304)

Cengel, Yunus, A. (2004). *Heat Transfer—A Practical Approach*. New York: McGraw-Hill.

Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy?. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.

Driver R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες* (Θ. Κρητικός, Μετ.). Αθήνα: Τροχαλία.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. DOI: [10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3%3C287::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-A)

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1998). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (Κοκκοτάς Β. Π., Μετ.). Αθήνα: Τυπωθήτω.

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72. DOI: [10.1080/03057260208560187](https://doi.org/10.1080/03057260208560187)

Erduran S., Osborne J., Simon S. (2004). *The Role of Argumentation in Developing Scientific Literacy*. Στο Boersma K., Goedhart M., de Jong O., Eijkelhof H. (Επιμ.) *Research and the Quality of Science Education*. Πρακτικά: (σ. 381-394) Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6_30

Erickson, G. & Tiberghien, A. (1985). *Heat and temperature*. Στο R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Επιμ.), *Children's ideas in science: Πρακτικά* (σ. 52–84). Milton, Keynes: Open University.

Evagorou, M., & Avraamidou, L. (2008). Technology in support of argument construction in school science, *Educational Media International*, 45(1), 33-45. DOI: [10.1080/09523980701847156](https://doi.org/10.1080/09523980701847156)

Georgiou, H., & Sharma, M. D. (2012). University students' understanding of thermal physics in everyday contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(5), 1119– 1142. <https://doi.org/10.1007/s10763-011-9320-1>

Grooms, J., Sampson, V. & Golden, B. (2014) Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues, *International Journal of Science Education*, 36(9), 1412-1433, DOI: [10.1080/09500693.2014.891160](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.891160)

Harris, C. J., McNeill, K. L., Lizotte, D. L., Marx, R. W. & Krajcik, J. (2006). Usable assessments for teaching science content and inquiry standards. Στο McMahon, M., Simmons, P., Sommers, R., DeBaets, D., & Crowley, F. (Επιμ.), *Assessment in science: Practical experiences and education research* (σ. 67-88). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Heng, L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505–528. DOI: [10.1080/09500693.2014.995147](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147)

Hyde, J. & Mertz, J. (2009). Gender, culture, and mathematics performance. *PNAS*, 106 (22), 8801-8807. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901265106>

Jasien, P., & Oberem, G.(2002). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers, *Journal of Chemistry Education*, 79(7), 889-895. DOI: [10.1021/ed079p889](https://doi.org/10.1021/ed079p889)

Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics— An interpretive study. *Journal of research in science teaching*, 30(1), 85–106. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300107>

Knight, A., M., McNeill, K. L., & Pearson, D. P. (2014). Students' abilities to critique scientific arguments based on the form of justification. Paper presented at the Annual meeting of NARST, Pittsburg, PA. <http://hdl.handle.net/2345/bc-ir:104146>

Lazarou, D. (2009). Learning to TAP: An effort to scaffold students' argumentation in science. Στο M.F. Tasar & G. Cakmakci (Επιμ.) *Contemporary science education research: scientific literacy and social aspects of science: ESERA conference, 31 August – 4 September 2009: Πρακτικά τόμος 5* (σ. 43 – 50) . Istanbul, Turkey.

Lizotte, D. J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003). Usable assessments aligned with curriculum materials: Measuring explanation as a scientific

way of learning. Paper presented at the Annual meeting of the American educational research association, Chicago, IL.

Loverude, M. E. (1999). Investigation of student understanding of hydrostatics and thermal physics and of the underlying concepts from mechanics (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή), University of Washington.

Mastrogiorgaki, M., & Skoumios, M. (2018). Improving the structure of students through a teaching-learning sequence on Newton's 2nd Law. *European Journal of Education Studies*, 5(5), 1-10. DOI:10.5281/zenodo.1468987

McNeill, K. L., (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793–823. <https://doi.org/10.1002/tea.20430>

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006). Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. Paper presented at the annual meeting of the American educational research association, San Francisco, CA.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. Στο Lovett, M & Shah, P (Επιμ.), *Thinking with data*. Πρακτικά: (σ. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.

McNeill, K. L.,& Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191. DOI: [10.1207/s15327809jls1502_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1)

Meltzer, D. E. (2001). Student reasoning regarding work, heat, and the first law of thermodynamics in an introductory physics course, Στο S. Franklin, J. Marx, and K.

Cummings (Επιμ.) *Physics Education Research Conference*. Πρακτικά: (σ. 107- 110). Rochester, NY.

Moje, E. B., Peek-Brown, D., Sutherland, L. M., Marx, R. W., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2004). Explaining explanations: Developing scientific literacy in middle-school project-based science reforms. Στο D. Strickland & D. E. Alvermann (Επιμ.), *Bridging the gap: improving literacy learning for preadolescent and adolescent learners in grades*. Πρακτικά: (σ. pp 4–12). New York: Carnegie Corporation.

Muller Mirza, N., Perret-Clermont, A. N., Tartas, V., & Iannaccone, A. (2009). Psychosocial processes in argumentation. Στο N. Muller Mirza & A.-N. Perret-Clermont (Επιμ.), *Argumentation and Education*. Πρακτικά: (σ. 67-90). New York, NY: Springer. DOI: 10.1007/978-0-387-98125-3_3

Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553–576. DOI: [10.1080/095006999290570](https://doi.org/10.1080/095006999290570)

NGSS Lead States, (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press. Ανακτήθηκε από <https://www.nextgenscience.org/three-dimensions>.

NRC. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Nurjannah, N., Setiawan, A., Rusdiana, D., & Muslim, M. (2019). Students' critical thinking skills toward analyzing argumentation on heat conductivity concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). DOI:10.1088/1742-6596/1157/3/032053

Nussbaum, E. M., & Sinatra, G. M. (2003). *Argument and conceptual engagement*. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 384-395. DOI:10.1016/S0361-476X(02)00038-3

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). *Enhancing the quality of argumentation in school science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. DOI: [10.1002/tea.20035](https://doi.org/10.1002/tea.20035)

Pathare, S. R., & Pradhan, H. C. (2010). *Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. International Journal of Science Education* 45(6),629, DOI: [10.1088/0031-9120/45/6/008](https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/6/008)

Prince, M., Vigeant, M., & Nottis, K. (2016). *Repairing Student Misconceptions in Heat Transfer Using Inquiry-Based Activities, Chemical Engineering Education*, 50(1), 52-61.

Priyadi, R., Diantoro, M., & Parno, P. (2018). *Student's Scientific Argumentation Skills on Heat and Temperature. Pancaran Pendidikan*, 7(4), 65-72. DOI:10.25037/pancaran.v7i3.200

Reilly, D., Neumann, D. L., & Andrews, G. (2019). Investigating gender differences in mathematics and science: Results from the 2011 Trends in Mathematics and Science Survey. *Research in Science Education*, 49 (1), 25-50. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9630-6>

Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas: Writing to learn by learning to write in science. *Science Education*, 97(5), 643–670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>

Sampson, V., & Schleigh S. (2013). *Scientific Argumentation in Biology*. Arlington, VA: NSTA press.

Sampson, V. & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443–1485. DOI: [10.1080/09500693.2012.667581](https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581)

Sampson, V., & Golden, B. (2014). Comparing the effectiveness of verification and inquiry laboratories in supporting undergraduate science students in constructing arguments around socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1412–1433. DOI: [10.1080/09500693.2014.891160](https://doi.org/10.1080/09500693.2014.891160)

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.

Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5–51. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_2

Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55. DOI: [10.1207/s1532690xc2301_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xc2301_2)

Savaşçı-Açıkalın, F. (2019). How Middle School Students Represent Phase Change and Interpret Textbook Representations: a Comparison of Student and Textbook Representations. *Research in Science Education*. DOI:[10.1007/s11165-019-9834-z](https://doi.org/10.1007/s11165-019-9834-z)

Seda, O. & Suat, U. (2012). The Effects of Argumentation Model on Students' Achievement and Argumentation Skills in Science. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46(58), 457 – 461. DOI:[10.1016/j.sbspro.2012.05.141](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.141)

Simonneaux, L., (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927. DOI:[10.1080/09500690117099](https://doi.org/10.1080/09500690117099)

Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2009). Learning and justification during a science teaching sequence. *The International Journal of Learning*, 16(4), 327-341. DOI:[10.18848/1447-9494/CGP/v16i04/46234](https://doi.org/10.18848/1447-9494/CGP/v16i04/46234)

Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). When and how 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. DOI:[10.1002/tea.20313](https://doi.org/10.1002/tea.20313)

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165. DOI:[10.1002/tea.20454](https://doi.org/10.1002/tea.20454)

- Sözbilir, M. (2003). A Review of Selected Literature on Students' Misconceptions of Heat and Temperature. *Boğaziçi University Journal of Education*, 20(1), 25-40.
- Stylianidou, F. (1997). Children's learning about energy and processes of change. *School science Review*, 79 (286), 91-97.
- Stylos, G., Sargioti, A., Mavridis D. & Kotsis, K.T. (2021). Validation of the thermal concept evaluation test for Greek university students' misconceptions of thermal concepts. *International Journal of Science Education*, 43(2), 247-273. DOI: [10.1080/09500693.2020.1865587](https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865587)
- Thomaz, M. F., Malaquias, I. M., Valente, M. C., & Antunes, M. J. (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, 30(1), 19-26. DOI: [10.1088/0031-9120/30/1/004](https://doi.org/10.1088/0031-9120/30/1/004)
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Van Roon, P. H., Van Sprang, H. F., & Verdonk, A. H. (1994). Work' and 'Heat': on a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16(2), 131-144. DOI: [10.1080/0950069940160203](https://doi.org/10.1080/0950069940160203)
- Voss, J. & Van Dyke, J., (2001). Argumentation in psychology: Background comments. *Discourse Processes*, 32 (2-3), 89-111. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2001.9651593>
- Wang, M., & Degol, J., L. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 29 (1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807–838. DOI: [10.1002/1098-2736\(200010\)37:8<807::AID-TEA4>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200010)37:8<807::AID-TEA4>3.0.CO;2-7)
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62. DOI: [10.1002/tea.10008](https://doi.org/10.1002/tea.10008)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Το ερωτηματολόγιο είναι μέρος μιας έρευνας στην οποία μελετάται το πώς γράφεις τα επιχειρήματά σου για τις έννοιες της θερμοκρασίας και της θερμότητας.

ΔΕΝ έχει σκοπό να σε αξιολογήσει!

- 1) Διάβασε την κάθε ερώτηση προσεκτικά και απάντησε με γνώμονα τις γνώσεις σου αιτιολογώντας τις απαντήσεις σου.
- 2) Σε παρακαλώ να απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις γιατί έτσι τα αποτελέσματα της έρευνας θα είναι ακόμα πιο έγκυρα.

Σε ευχαριστώ για τον πολύτιμο χρόνο σου και την προσπάθειά σου να βοηθήσεις στην έρευνα!

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σημειώστε με x στις παρακάτω ερωτήσεις:

Φύλο	
Άνδρας	<input type="checkbox"/>
Γυναίκα	<input type="checkbox"/>

Κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο	
Θετική / Τεχνολογική	<input type="checkbox"/>
Θεωρητική	<input type="checkbox"/>

Ερώτηση 1: Ένα χειμωνιάτικο πρωί οι μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού πήγαν στο εργαστήριο Φυσικής για μάθημα, το οποίο ήταν κλειστό όλο το βράδυ. Ο Πάνος κάθισε σε μία υφασμάτινη καρέκλα, ο Γιώργος σε μία ξύλινη ενώ η Αγγελική σε μία σιδερένια. Παρακάτω εμφανίζονται οι δηλώσεις τους:

Αγγελική: “Η καρέκλα μου είναι παγωμένη!”

Γιώργος: “Εμένα είναι λίγο κρύα αλλά όχι και παγωμένη!”

Πάνος: “Παιδιά, η δική μου είναι μία χαρά.”

Τα τρία παιδιά αλλάζουν θέσεις και παρατηρούν ακριβώς το ίδιο. Αναρωτιούνται λοιπόν από τι εξαρτάται η αίσθηση του ψυχρού ή του θερμού στα διάφορα αντικείμενα. Σε λίγο συμμετέχουν όλοι οι συμμαθητές τους. Στη συζήτηση αναφέρονται κι άλλα αντικείμενα πέρα από τις καρέκλες.

Από τις απόψεις των μαθητών και μετά από πειραματικές μετρήσεις προέκυψε ο παρακάτω πίνακας δεδομένων:

Αντικείμενο	Αίσθηση γυμνού χεριού	Θερμοκρασία δωματίου	Θερμοκρασία αντικειμένου	Υλικό αντικειμένου	Όγκος αντικειμένου
Μεταλλική καρέκλα	Πολύ κρύο	17 °C	17 °C	Σίδηρος	0,5 m ³
Ξύλινη καρέκλα	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,4 m ³
Υφασμάτινη καρέκλα	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,7 m ³
Ποδιά εργαστηρίου	Κανονικό	17 °C	17 °C	Βαμβάκι	0,2 m ³
Μπαταρία	Πολύ κρύο	17 °C	17 °C	Αλουμίνιο	0,02 m ³
Ξύλινη βάση	Λίγο κρύο	17 °C	17 °C	Ξύλο	0,03 m ³

Η Αγγελική πιστεύει ότι η θερμική αίσθηση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αντικειμένου.

Ο Πάνος υποστηρίζει ότι η αίσθηση του θερμού ή του ψυχρού εξαρτάται από το υλικό του σώματος.

Αξιοποίησε τον πίνακα για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην ερώτηση των παιδιών:

“Από τι εξαρτάται η θερμική αίσθηση ενός αντικειμένου;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και

β. να πείσεις την Αγγελική, τον Γιώργο και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 2: Ο Πέτρος ξέρει ότι υπάρχουν ξύλινα αντικείμενα, που έχουν διάφορες θερμοκρασίες. Θέλει να μάθει από τι εξαρτάται η θερμοκρασία που αποκτά ένα ξύλινο αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον (π.χ. σε ένα δωμάτιο).

Ένας φίλος του ο Δημήτρης του είπε ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα ξύλινο αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντός του.

Μια άλλη φίλη του, η Γεωργία του είπε ότι η θερμοκρασία που αποκτά ένα ξύλινο αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από το μέγεθός του.

Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο εντόπισε τον παρακάτω πίνακα.

Αντικείμενο	Όγκος αντικειμένου	Θερμοκρασία δωματίου	Θερμοκρασία αντικειμένου	Υλικό αντικειμένου	Χρώμα αντικειμένου	Ύψος από το δάπεδο
Κουταλάκι	5cm ³	40°C	40°C	Ξύλο	Καφέ	10cm
Κουτάλα	10cm ³	40°C	40°C	Ξύλο	Καφέ	30cm
Πιάτο	15cm ³	40°C	40°C	Ξύλο	Καφέ	5cm
Μπολ	20cm ³	40°C	40°C	Ξύλο	Καφέ	20cm

Ο Πέτρος και οι συμμαθητές του χρειάζονται τη βοήθειά σου. Οι συμμαθητές του έχουν διαφορετικές απόψεις, σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία που αποκτά ένα ξύλινο αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον.

Χρησιμοποίησε τις πληροφορίες που βρήκε ο Πέτρος για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτηση του:

“Τι επηρεάζει τη θερμοκρασία που έχουν αντικείμενα φτιαγμένα από το ίδιο υλικό όταν βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου προς τον Πέτρο, μην ξεχάσεις:

- α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και
- β. να πείσεις τον Πέτρο και τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Ερώτηση 3: Ο Πέτρος όμως συνεχίζει να έχει απορίες, σχετικά με το τι επηρεάζει τη θερμοκρασία που αποκτά ένα αντικείμενο, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον (π.χ. σε ένα εργαστήριο φυσικής).

Αναρωτιέται λοιπόν εάν το μέγεθος ενός αντικειμένου επηρεάζει τη θερμοκρασία που αποκτά αυτό, όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον.

Στο μάθημα της πληροφορικής εντόπισαν με τη βοήθεια του δασκάλου τους μία προσομοίωση, η οποία τους επιτρέπει να πραγματοποιήσουν εικονικά πειράματα και να πάρουν μετρήσεις.

Οι μετρήσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Αντικείμενο	Όγκος	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	Θερμοκρασία αντικειμένου	Υλικό αντικειμένου	Χρώμα αντικειμένου	Ύψος από το δάπεδο
Ποτήρι	500cm ³	50°C	50°C	Ξύλο	Μαύρο	25cm
Δοχείο	500cm ³	50°C	50°C	Αλουμίνιο	Μαύρο	28cm
Λεκάνη	500cm ³	50°C	50°C	Πλαστικό	Μαύρο	15cm
Βάση κοπής	500cm ³	50°C	50°C	Πέτρα	Μαύρο	40cm

Στην ομάδα του Πέτρου:

Ο Γιάννης πιστεύει πως η θερμοκρασία που αποκτούν αντικείμενα με τον ίδιο όγκο, όταν βρίσκονται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η Δανάη διαφωνεί και λέει πως η θερμοκρασία που αποκτούν αντικείμενα με το ίδιο μέγεθος, όταν βρίσκονται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον, εξαρτάται από το υλικό κατασκευής τους.

Μπορείς να βοηθήσεις τον Πέτρο και την ομάδα του; Χρησιμοποίησε τις μετρήσεις που πήρε η ομάδα του Πέτρου από την προσομοίωση, για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτηση του Πέτρου;

“Τι επηρεάζει τη θερμοκρασία που αποκτούν αντικείμενα ίδιου όγκου όταν βρίσκονται για αρκετό χρόνο στο ίδιο περιβάλλον;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου προς τον Πέτρο, μην ξεχάσεις:

α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και

β. να πείσεις τον Πέτρο και τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....

.....

.....

.....

.....
.....
.....

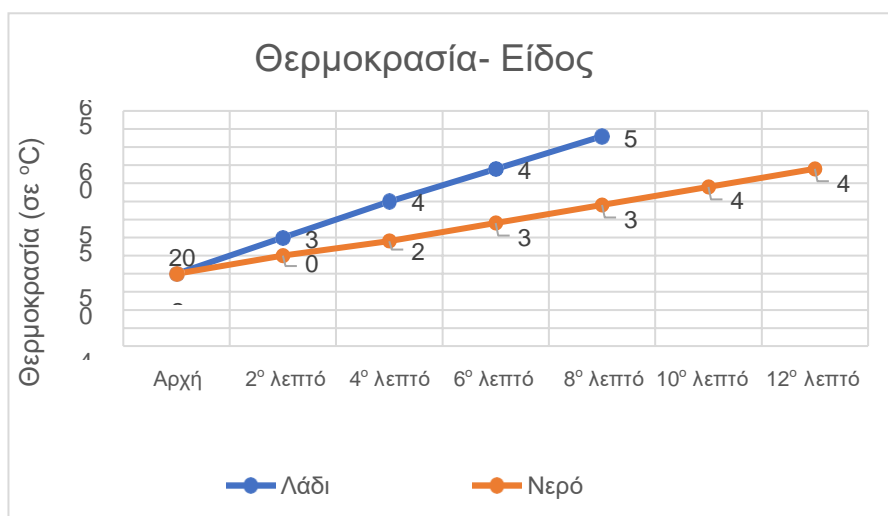
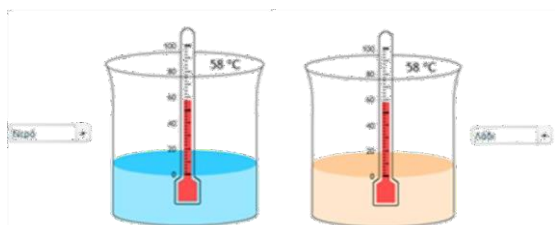
Ερώτηση 4: Σε ένα διαγωνισμό μαγειρικής ο Μανώλης χρειάστηκε σε μία συνταγή να θερμάνει νερό και λάδι μέχρι μία συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Ο φίλος του, ο Κωνσταντίνος, που τον παρακολούθησε, παρατήρησε ότι το δοχείο με το λάδι θερμάνθηκε γρηγορότερα και ήταν έτοιμο για τη συνταγή.

Αναρωτήθηκε λοιπόν από τι εξαρτάται η θερμοκρασία δύο διαφορετικών υγρών. Μια συμμαθήτριά του ρώτησε: «Οι ποσότητες ήταν ίδιες; Γιατί εάν ήταν ίδιες τότε θα έπρεπε να φτάσουν ταυτόχρονα στη συγκεκριμένη θερμοκρασία τα δύο υγρά.».

Ένας άλλος συμμαθητής του Κωνσταντίνου υποστήριξε την άποψη πως δύο διαφορετικά υγρά θα θερμαίνονται με διαφορετικό ρυθμό.

Εκτελώντας ένα πείραμα τα παιδιά θέρμαναν σε όμοια δοχεία με ίδιες εστίες νερό και λάδι ίσης μάζας (1Kg). Κάθε λεπτό κατέγραφαν τις θερμοκρασίες των δοχείων ανά 2 λεπτά για συνολικό χρονικό διάστημα 12 λεπτά. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Αξιοποίησε όλες τις πληροφορίες για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στο ερώτημα του Κωνσταντίνου:

“Από τι εξαρτάται η θερμοκρασία που φτάνουν δύο υγρά ίσης μάζας με διαφορετική σύσταση;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

- α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και
- β. να πείσεις τον Κωνσταντίνο και τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

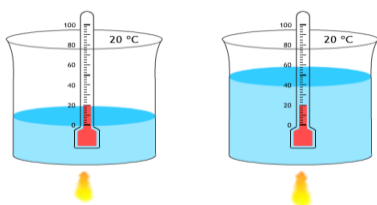
Ερώτηση 5: Ο πατέρας της Δέσποινας θέλει να βράσει νερό για μακαρόνια και η μαμά της του λέει να γεμίσει τη μισή κατσαρόλα για να βράσει γρηγορότερα. Η Δέσποινα, που άκουσε τη συζήτηση, γνωρίζει πως το νερό βράζει στους 100°C.

Αναρωτιέται, λοιπόν, από τι εξαρτάται η θερμοκρασία στην οποία θα φτάσει ένα υγρό μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Όταν μετέφερε την απορία της στους συμμαθητές της:

- η Μαρία είπε πως η θερμοκρασία που θα φτάσει το υγρό εξαρτάται από το χρόνο που θα το θερμάνουμε.
- η Φένια διαφώνησε και είπε ότι η θερμοκρασία που θα φτάσει το υγρό εξαρτάται από τη μάζα του.

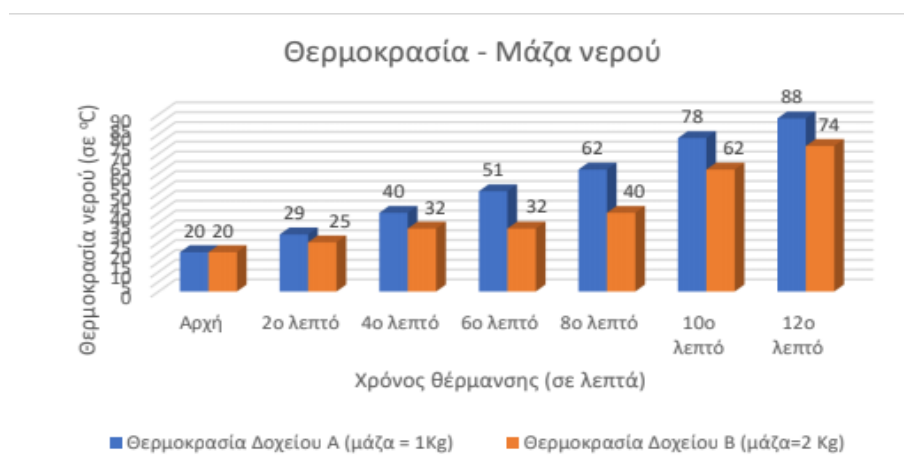
Τα παιδιά έκαναν μια έρευνα στο διαδίκτυο. Εντόπισαν το παρακάτω διάγραμμα και τον σχετικό πίνακα.

Δοχείο Α (μάζα = 1Kg) Δοχείο Β (μάζα = 2Kg)



«Θερμαίνουμε στις ίδιες εστίες δύο όμοια δοχεία (Α και Β) με διαφορετικές ποσότητες νερού. Κάθε δύο λεπτά μετράμε τις θερμοκρασίες του νερού σε κάθε δοχείο και για συνολικά 12 λεπτά. Προκύπτει ο πίνακας και το ραβδόγραμμα.»

		Χρόνος θέρμανσης (σε λεπτά)	Αρχή	2°	4°	6°	8°	10°	12°
Μάζα νερού	1Kg	Θερμοκρασία Δοχείου Α (σε °C)	20	29	40	51	62	78	88
Μάζα νερού	2Kg	Θερμοκρασία Δοχείου Β (σε °C)	20	25	32	38	40	62	74



Χρησιμοποίησε τα δεδομένα για να απαντήσεις στην ερώτηση της Δέσποινας:

“Από τι εξαρτάται η θερμοκρασία στην οποία φτάνουν διαφορετικές ποσότητες του ίδιου υγρού;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και

β. να πείσεις την Δέσποινα και τους συμμαθητές της ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....

.....

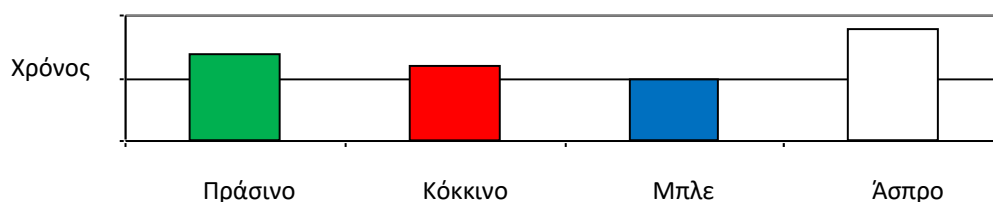
.....

.....

.....
.....
.....

Ερώτηση 6: Ο Δημήτρης φτιάχνει παγωτά. Θέλει να επιλέξει ένα χρώμα για τα δοχεία που θα βάλει το παγωτό ώστε να αυξηθεί όσο το δυνατόν ο χρόνος που χρειάζεται το παγωτό για να λιώσει. Βρήκε δοχεία διαφορετικών χρωμάτων. Αποφάσισε να κάνει μια έρευνα.

χρώμα δοχείου	χρόνος που χρειάζεται για να λιώσει το παγωτό
πράσινο	7'
κόκκινο	6'
μπλε	5'
άσπρο	9'



Αξιοποιώντας τις μετρήσεις του πειράματος απάντησε στο ερώτημα:

“Η ακτινοβολία που απορροφά ένα σώμα εξαρτάται από το χρώμα του;”

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις:

- α. να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και
- β. να πείσεις τον Δημήτρη και τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη απάντηση.

.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....