

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ**



**Αντιλήψεις φοιτητών του ΠΤΔΕ για τις έννοιες της θερμότητας
και της θερμοκρασίας σε καθημερινά πλαίσια**

ΜΑΡΙΑΝΘΗ ΣΤΕΦΑΝΟΥ

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Κώτσης

Ιωάννινα 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών:

«Διδακτική και Τεχνολογίες Μάθησης των Φυσικών Επιστημών»

Διπλωματική Εργασία

**«Αντιλήψεις φοιτητών του ΠΤΔΕ για τις έννοιες της
θερμότητας και της θερμοκρασίας σε καθημερινά πλαίσια»**

«Μαριάνθη Στεφάνου»

Επιβλέπων καθηγητής:

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΩΤΣΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Τ.Δ.Ε. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μέλη τριμελούς εξεταστικής επιτροπής

Κώτσης Κωνσταντίνος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, επιβλέπων

Γαβριλάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Μαυρίδης Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

στη μητέρα μου

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι αποτέλεσμα προσωπικής προσπάθειας που δεν θα μπορούσε όμως να έχει επιτυχία χωρίς την σημαντική βοήθεια όλων των καθηγητών του μεταπτυχιακού τμήματος που μου προσέφεραν τα εφόδια και τις γνώσεις για να ολοκληρωθεί η επιμόρφωσή μου σε έναν πολύ σημαντικό τομέα, στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

Ιδιαίτερα θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Κωνσταντίνο Κώτση, καθηγητή του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναλαμβάνοντας την ευθύνη της επίβλεψης της παρούσας εργασίας. Εξίσου όμως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γεώργιο Στύλο, μέλος ΕΔΙΠ του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων για την πολύτιμη βοήθειά του, τις συμβουλές του, τα σχόλια, την καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Επίσης ένα μεγάλο «ευχαριστώ» σε όλους τους συμφοιτητές μου σε αυτό το μεταπτυχιακό για το υπέροχο κλίμα συμπαράστασης, αλληλοβοήθειας και στήριξης που διατηρήσαμε μέχρι το τέλος.

Οφείλω να απευθύνω ένα μεγάλο «ευχαριστώ» και στον σύντροφό μου και στην κόρη μου για την συμπαράστασή τους στον μικρό μου αγώνα και ίσως μια «συγνώμη» για το χρόνο που τους στέρησα.

Περίληψη

Η διερεύνηση και καταγραφή των εναλλακτικών αντιλήψεων των εφήβων έχει ξεκινήσει πολλά χρόνια πριν αφού η συμπερίληψή τους στο σχεδιασμό διδακτικής διαδικασίας έχει αποδειχθεί απαραίτητη. Ένας από τους τομείς που τράβηξε το ενδιαφέρον των ερευνητών είναι και οι έννοιες της θερμοδυναμικής. Στην εργασία αυτή διερευνούμε τις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του πανεπιστημίου των Ιωαννίνων στις θερμικές έννοιες αλλά δίνουμε και έμφαση στην εννοιολογική κατανόηση της θερμότητας, της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, της θερμικής ισορροπίας και των φαινομένων πήξης τήξης και βρασμού. Ερευνούμε ακόμη την ικανότητα των φοιτητών/τριών να χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους για να εξηγήσουν φαινόμενα και προβλήματα της καθημερινής ζωής. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με ερωτηματολόγιο που αποτελείται από 10 ερωτήσεις που ερευνούν δημογραφικά στοιχεία, στάσεις και πεποιθήσεις των φοιτητών, 24 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με στόχο την ανάδειξη εναλλακτικών αντιλήψεων και 4 ερωτήσεις ανοιχτού τύπου που δόθηκαν με μορφή σεναρίου στο οποίο ο φοιτητής επέλεξε την κατάλληλη έννοια και εξήγησε σε μικρό κείμενο την κάθε περίπτωση.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι οι φοιτητές και οι φοιτήτριες του παιδαγωγικού τμήματος δηλώνουν ότι έχουν μέτριο έως αρκετό ενδιαφέρον για τις φυσικές επιστήμες και μέτρια εμπιστοσύνη στις γνώσεις για τις έννοιες και τη διδακτική των φυσικών επιστημών. Η εμπιστοσύνη στις γνώσεις των εννοιών και της διδακτικής σχετίζεται με την επίδοση στο ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής ενώ το φύλο δεν επηρεάζει την επίδοση σε αυτό. Θετικό εύρημα ήταν ότι υπήρχε μείωση των εναλλακτικών αντιλήψεων και αύξηση της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο μεταξύ του Α΄ έτους και του Δ΄ έτους σπουδών.

Οι κυριότερες εναλλακτικές αντιλήψεις που αλιεύτηκαν είναι οι εξής: μπορεί να υπάρχει πάγος σε θερμοκρασία 5° C ή μεγαλύτερη, η θερμοκρασία του νερού συνεχίζει να αυξάνεται όσο διαρκεί ο βρασμός, οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει αποτελούνται από οξυγόνο και αέριο υδρογόνο, η θερμοκρασία μεταφέρεται, το κρύο μεταφέρεται, τα σώματα περιέχουν θερμότητα, σώματα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον για πολλή ώρα μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία, η θερμοκρασία του σώματος εξαρτάται από το υλικό του, η θερμοκρασία ενός σώματος είναι ανάλογη με τη θερμότητα που περιέχει, το γυαλί είναι καλύτερος μονωτής από το πλαστικό και το αλουμινόχαρτο είναι καλύτερος μονωτής από το πλαστικό και το μάλλινο υλικό. Τα ευρήματα από τις ερωτήσεις-σενάρια που

συνδυάζουν την επιλογή της κατάλληλης έννοιας και την εξήγηση του φαινομένου, επιβεβαιώνουν τα ευρήματα της βιβλιογραφίας. Οι απαντήσεις των φοιτητών/τριών φανερώνουν την συνύπαρξη δύο πολιτισμικών καταστάσεων της επιστημονικής γνώσης που έλαβαν στα σχολικά θρανία και της καθημερινής εμπειρικής γνώσης που διαμορφώθηκε από το κοινωνικοπολιτισμικό περιβάλλον τους.

Τα ευρήματα αυτά δημιουργούν ερωτήματα αναφορικά με το αν το σχολείο ανταποκρίνεται στις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας ως προς τον επιστημονικό εγγραμματισμό των μελλοντικών πολιτών της χώρας μας και προβληματισμό για την μεταρρύθμιση των προγραμμάτων σπουδών ώστε αυτά να ανταποκρίνονται στις ταχύτατα μεταβαλλόμενες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις, δίνοντας στον/ην μαθητή/τρια τα απαραίτητα εφόδια να ερμηνεύει να κρίνει και να αξιολογεί προβλήματα της καθημερινής του/της ζωής.

Λέξεις – Κλειδιά

Θερμότητα, θερμοκρασία, αγωγιμότητα, εναλλακτικές αντιλήψεις, τήξη, πήξη, βρασμός, μόνωση

Abstract

The investigation and recording of the alternative perceptions of adolescents has started many years ago since the inclusion of alternative ideas in the design of the teaching process has proven necessary. One of the areas that attracted the interest of researchers is the concepts of thermodynamics. In this work we investigate the alternative perceptions of the students of the Pedagogical Department of Elementary Education of the University of Ioannina in thermal concepts, but we also emphasize the conceptual understanding of heat, temperature, conductivity, thermal balance, and the phenomena of freezing, melting and boiling. We also investigate the students' ability to use their knowledge to explain phenomena and problems of everyday life. The data collection was carried out with a questionnaire consisting of 10 questions investigating demographic data, attitudes, and beliefs of the students, 24 multiple-choice questions aimed at eliciting alternative perceptions and 4 open-ended questions given in the form of a scenario in which the student chose the appropriate concept and explained each case in a short text.

The results of the analysis showed that the male and female students of the pedagogic department declare that they have a moderate to sufficient interest in Physics science and a moderate confidence in the knowledge of the concepts and teaching of Physics science.

Confidence in conceptual and didactic knowledge is related to performance in the multiple-choice questionnaire, while gender does not affect performance. A positive finding was that there was a decrease in alternative perceptions and an increase in the questionnaire score between the 1st year and the 4th year of studies.

The main alternative notions caught are: ice can exist at a temperature of 5°C or more, the temperature of water continues to rise while boiling, bubbles in boiling water are composed of oxygen and hydrogen gas, temperature is transferred, cold is transferred, bodies contain heat, bodies that are in the same environment for a long time can have different temperature, the temperature of the body depends on its material, the temperature of a body is proportional to the heat it contains, glass is better plastic and foil insulator is better insulator than plastic and wool material. The findings from the questions-scenarios that combine the selection of the appropriate concept and the explanation of the phenomenon, confirm the findings of the literature. The students' answers reveal the coexistence of two cultural situations of the scientific knowledge they received in the classrooms and the everyday empirical knowledge shaped by their socio-cultural environment.

These findings raise questions regarding whether the school meets the needs of modern society in terms of the scientific literacy of the future citizens of our country and reflection on the reform of the curricula so that they respond to the rapidly changing scientific and technological developments, giving the the student the necessary resources to interpret, judge and evaluate problems of his/her daily life.

Keywords

Thermal physics, heat, temperature, everyday context, alternative conception

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	5
Περίληψη.....	6
Abstract	8
Περιεχόμενα	10
Κατάλογος Εικόνων και Γραφημάτων.....	12
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	12
Κατάλογος Πινάκων	13
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια.....	14
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1. Οριοθέτηση του θέματος.....	15
1.2. Αναγκαιότητα της εργασίας	15
1.3. Πρωτοτυπία της εργασίας	17
1.4. Δομή της εργασίας.....	17
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	19
2.1. Η έννοια της Θερμοκρασίας.....	19
2.2. Η έννοια της Θερμότητας.....	20
2.3. Διάδοση της θερμότητας	21
2.3.1 Μεταφορά θερμότητας χωρίς τη συμμετοχή υλικού φορέα.	21
2.3.2 Μεταφορά θερμότητας με τη βοήθεια υλικού φορέα.	22
2.3.3 Μικροσκοπική περιγραφή μετάδοσης θερμότητας με αγωγή.....	22
2.4. Θερμικοί μονωτές και Θερμικοί αγωγοί	23
2.5. Αλλαγή φάσεων.....	23
2.6. Τι διδάσκονται οι μαθητές/τριες στο Ελληνικό σχολείο	25
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	27
3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Εναλλακτικές ιδέες – παρανοήσεις	27
3.3 Οι εναλλακτικές ιδέες εμπόδιο στη μάθηση.....	28
3.4 Εναλλακτικές ιδέες – Πώς δημιουργούνται	29
3.5 Εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν τη μελέτη των θερμικών φαινομένων...30	
3.5.1 Αντιλήψεις για τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία	32
3.5.2 Αντιλήψεις για τις αλλαγές φάσεις: τήξη – πήξη – βρασμός	33
3.5.3 Αντιλήψεις για τη θερμική ισορροπία και την αγωγιμότητα	33
3.6 Παράγοντες που συντελούν στη δημιουργία εναλλακτικών αντιλήψεων στις θερμικές έννοιες.	34
3.6.1 Καθημερινή Γλώσσα και Γλώσσα των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης.....	34
3.6.2 Καθημερινή χρήση αντικειμένων.....	35
3.6.3 Σύγχυση Ορισμών σε Σχολικά Εγχειρίδια	36
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	38
4.1 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα	38
4.2 Δείγμα.....	38
4.3 Ερευνητική διαδικασία.....	38
4.4 Ερευνητικό εργαλείο	39
4.4.1 Επιλογή ερευνητικού εργαλείου.....	39
4.4.2 Κωδικοποίηση απαντήσεων	40

5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	43
5.1	Προφίλ φοιτητών/τριών.....	43
5.1.1	Φύλο.....	43
5.1.2	Κατεύθυνση σπουδών.....	44
5.1.3	Ενδιαφέρον και Εμπιστοσύνη στο γνωστικό και τη διδακτική της Φυσικής.....	44
5.1.4	Δημιουργία παράγοντα εμπιστοσύνης.....	46
5.1.5	Σύγκριση μέσων όρων της Εμπιστοσύνης ως προς το έτος σπουδών.....	47
	ΜΕΡΟΣ 1 ^ο ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ.....	47
5.2	Εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών.....	47
5.2.1	Αντιλήψεις για την θερμοκρασία του πάγου: Τήξη – πήξη.....	48
5.2.2	Αντιλήψεις για την θερμοκρασία του νερού που βράζει.....	51
5.2.3	Αντιλήψεις για την μεταφορά ενέργειας – Αγωγή θερμότητας.....	54
5.2.4	Αντιλήψεις για την αγωγιμότητα.....	57
5.2.5	Αντιλήψεις για τη θερμοκρασία σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους.....	59
5.2.6	Αντιλήψεις για τους μονωτές.....	64
5.3	Εγκυρότητα – Στατιστική Ανάλυση των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.....	65
5.3.1	Δείκτης διακριτότητας των ερωτήσεων.....	65
5.4	Παράγοντες που επηρεάζουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις.....	67
5.4.1	Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς το έτος σπουδών.....	67
5.4.2	Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς το φύλο.....	67
5.4.3	Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς την κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο.....	67
5.4.4	Έλεγχος συσχέτισης της επίδοσης με τους βαθμούς στα μαθήματα «Βασικές Έννοιες στη Φυσική» και «Η Φυσική στην καθημερινή ζωή» καθώς και με την Εμπιστοσύνη στο γνωστικό και στη διδακτική της Φυσικής.....	68
	ΜΕΡΟΣ 2 ^ο ΣΕΝΑΡΙΑ: ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΝΝΟΙΑ και ΕΞΗΓΗΣΗ.....	70
5.5	Αγωγιμότητα: αιτία της διαφορετικής αίσθησης θερμοκρασίας: Σενάρια 1 & 2.....	70
5.5.1	Σενάριο 1: Αίσθηση κρύου στα πλακάκια σε σχέση με το χαλί.....	70
5.5.2	Συσχέτιση έννοιας και εξήγησης του φαινομένου στο Σενάριο 1.....	73
5.5.3	Συσχέτιση επιστημονικής απάντησης με το έτος σπουδών.....	75
5.5.4	Σενάριο 2 – Η γυάλινη συσκευασία αναψυκτικού έχει πιο κρύα αίσθηση από την πλαστική.....	76
5.5.5	Συσχέτιση έννοιας και εξήγησης στο Σενάριο 2.....	78
5.5.6	Συσχέτιση επιστημονικής εξήγησης με το έτος σπουδών στην Q26.....	81
5.5.7	Σύγκριση σεναρίων 1 και 2.....	81
5.6	Σενάρια 3 και 4 – Κατάλληλη Έννοια και Αγωγοί – Μονωτές.....	82
5.6.1	Επιλογή υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.....	82
5.6.2	Συσχέτιση επιλογής υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.....	83
5.6.3	Επιλογή υλικού και έννοιας για να διατηρήσουμε ζεστό το τοστ.....	85
5.6.4	Συσχέτιση επιλογής υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί ζεστό το τοστ.....	87
5.6.5	Σύγκριση των Σεναρίων 3 και 4.....	89
6.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	91
6.1.	Τήξη, Πήξη και Βρασμός.....	91
6.2.	Μεταφορά θερμότητας, Θερμότητα και υλικά.....	92
6.3.	Παράγοντες που σχετίζονται με τις εναλλακτικές ιδέες.....	95

6.4. Επιλογή κατάλληλης έννοιας – Συσχέτιση με το σενάριο	96
6.5. Περιορισμοί της μελέτης.....	99
6.6. Προβληματισμοί – Προτάσεις	100
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ	101
Παράρτημα :.....	107
«ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ».....	107

Κατάλογος Εικόνων και Γραφημάτων

<i>Εικόνα 1.</i> Αλλαγές φάσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.....	24
--	----

<i>Γράφημα 1.</i> Κατανομή των φοιτητών και φοιτητριών ως προς το φύλο.	43
<i>Γράφημα 2.</i> Κατεύθυνση σπουδών που ακολουθήθηκε στο Λύκειο.	44
<i>Γράφημα 3.</i> Μέσες τιμές εμπιστοσύνης για κάθε έτος σπουδών (Μέσοι όροι και διαστήματα εμπιστοσύνης)	47
<i>Γράφημα 4.</i> Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ Εμπιστοσύνης και Επίδοσης.	68
<i>Γράφημα 5.</i> Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ βαθμολογίας στο 1 ^ο μάθημα Φυσικής και Επίδοσης.....	69
<i>Γράφημα 6.</i> Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ βαθμολογίας στο 2 ^ο μάθημα και Επίδοσης. .69	

Κατάλογος Διαγραμμάτων

<i>Διάγραμμα 1.</i> Θα απέφυγαν οι φοιτητές/τριες να διδάξουν το μάθημα της Φυσικής;	45
<i>Διάγραμμα 2.</i> Αποτελεσματικότητα ως μελλοντικός δάσκαλος.	46
<i>Διάγραμμα 3.</i> Θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια στην κατάψυξη.	48
<i>Διάγραμμα 4.</i> Θερμοκρασία του νερού που συνυπάρχει σε ισορροπία με παγάκια που έχουν σταματήσει να λιώνουν.....	49
<i>Διάγραμμα 5.</i> Θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια όσο διαρκεί η μετατροπή τους σε νερό.	49
<i>Διάγραμμα 6.</i> Τα 100gr πάγου ή τα 100gr νερού θα χάσουν περισσότερη θερμότητα αν τοποθετηθούν στην κατάψυξη;	50
<i>Διάγραμμα 7.</i> Η πιθανή θερμοκρασία που έχει το νερό όταν έχει αρχίσει να βράζει γρήγορα.	52
<i>Διάγραμμα 8.</i> Η θερμοκρασία του νερού στη διάρκεια του βρασμού.....	52
<i>Διάγραμμα 9.</i> Η θερμοκρασία του ατμού πάνω νερό που βράζει.	53
<i>Διάγραμμα 10.</i> Σύσταση των φυσαλίδων κατά τη διάρκεια του βρασμού.....	54
<i>Διάγραμμα 11.</i> Όταν κρυώνουμε τα αυγά σε κρύο νερό.....	54
<i>Διάγραμμα 12.</i> Αιτία που φοράμε πουλόβερ όταν έχει κρύο.	55
<i>Διάγραμμα 13.</i> Γιατί δεν ζεσταίνονταν οι κούκλες όταν τις τυλίγαμε με κουβέρτες.	56
<i>Διάγραμμα 14.</i> Αιτία θέρμανσης της τρόμπας όταν φουσκώνουμε τα λάστιχα.	57
<i>Διάγραμμα 15.</i> Αιτία πιο κρύας αίσθησης του κουτιού από το ψυγείο.....	58

<i>Διάγραμμα 16.</i> Αιτία πιο κρύας αίσθησης του σημείου του πάγκου που ακουμπούσε το κρύο αναψυκτικό.....	58
<i>Διάγραμμα 17.</i> Αιτία πιο κρύας αίσθησης του μεταλλικού χάρακα.....	59
<i>Διάγραμμα 18.</i> Αντιλήψεις σχετικές με την άποψη ότι οι μεταλλικές καρέκλες είναι ψυχρότερες από τις πλαστικές.	60
<i>Διάγραμμα 19.</i> Απαντήσεις στην άποψη ότι «τα ξυλάκια της γρανίτας έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από την γρανίτα».....	61
<i>Διάγραμμα 20.</i> Θερμοκρασία πορτοκαλάδας σε αλουμινένια και πλαστική συσκευασία. 62	
<i>Διάγραμμα 21.</i> Γιατί νιώθουμε πιο κρύα τα πλακάκια σε σχέση με το χαλί.	72
<i>Διάγραμμα 22.</i> Ποσοστά σωστών και λανθασμένων εξηγήσεων.....	72
<i>Διάγραμμα 23.</i> Έννοια που συνδέεται περισσότερο με το φαινόμενο στο σενάριο 1.....	73
<i>Διάγραμμα 24.</i> Κατανομή κατάλληλης έννοιας και επιστημονικά ορθής απάντησης.	74
<i>Διάγραμμα 25.</i> Γιατί νιώθουμε πιο κρύα τη γυάλινη συσκευασία από την πλαστική.	77
<i>Διάγραμμα 26.</i> Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με την περίπτωση.....	78
<i>Διάγραμμα 27.</i> Κατανομή κατάλληλης έννοιας και επιστημονικά ορθής απάντησης.	79
<i>Διάγραμμα 28.</i> Επιλογή κατάλληλου υλικού για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.	82
<i>Διάγραμμα 29.</i> Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με το Σενάριο 3.	83
<i>Διάγραμμα 30.</i> Κατάλληλο υλικό για το αναψυκτικό σε σχέση με την έννοια που επέλεξαν.	85
<i>Διάγραμμα 31.</i> Επιλογή κατάλληλου υλικού ώστε να παραμείνει ζεστό το τοστ.....	86
<i>Διάγραμμα 32.</i> Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με το Σενάριο 4.	87
<i>Διάγραμμα 33.</i> Έννοια και κατάλληλο υλικό για το τοστ.	88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 <i>Εναλλακτικές αντιλήψεις που αλιεύτηκαν από τους Stylos et al. (2010)</i>	31
Πίνακας 2 <i>Περιγραφή και καθορισμός κριτηρίων κόμβων από τις εξηγήσεις των φοιτητών</i>	41
Πίνακας 3 <i>Συχνότητες και ποσοστά ενδιαφέροντος και εμπιστοσύνης στο γνωστικό και τη διδακτική.....</i>	45
Πίνακας 4 <i>Επίδοση για τις ερωτήσεις που αφορούν την τήξη του πάγου</i>	51
Πίνακας 5 <i>Ποιο αντικείμενο νιώθετε πιο κρύο</i>	62
Πίνακας 6 <i>Ποιο αντικείμενο νιώθετε πιο θερμό</i>	63
Πίνακας 7 <i>Αντικείμενο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία όταν βρίσκονται στο μπαλκόνι.....</i>	63
Πίνακας 8 <i>Αντικείμενο με τη υψηλότερη θερμοκρασία όταν βρίσκονται στον φούρνο</i>	63
Πίνακας 9 <i>Σε ποιο υλικό πρέπει να τυλίξουμε ένα αναψυκτικό για να παραμείνει κρύο</i>	64
Πίνακας 10 <i>Σε ποιο υλικό πρέπει να τυλίξουμε ένα τοστ για να παραμείνει ζεστό</i>	64
Πίνακας 11 <i>Υπολογισμός δείκτη διακριτότητας για κάθε ερώτηση πολλαπλής επιλογής.....</i>	66
Πίνακας 12 <i>Περιγραφικά στοιχεία της μεταβλητής επίδοση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής</i>	67
Πίνακας 13 <i>Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και εξήγησης της ερώτησης 25</i>	75
Πίνακας 14 <i>Εξήγησης της ερώτησης Q25 σε σχέση με το έτος σπουδών</i>	76
Πίνακας 15 <i>Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και εξήγησης της ερώτησης 26</i>	80
Πίνακας 16 <i>Εξήγηση της ερώτησης Q26 σε σχέση με το έτος σπουδών.....</i>	81
Πίνακας 17 <i>Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και υλικού</i>	84

Πίνακας 18	<i>Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και κατάλληλου υλικού για να διατηρηθεί ζεστό το τοστ.....</i>	88
Πίνακας 19	<i>Επιλογή της κατάλληλης έννοιας για τα δύο σενάρια</i>	89
Πίνακας 20	<i>Επιλογή του κατάλληλου υλικού για τα δύο σενάρια.....</i>	89
Πίνακας 21	<i>Ποσοστά των επιστημονικών απαντήσεων των φοιτητών/τριών.....</i>	94
Πίνακας 22	<i>Ποσοστά των Εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών/τριών</i>	95

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΠΤΔΕ	Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
NRC	National Research Council

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Οριοθέτηση του θέματος

Στη διεθνή βιβλιογραφία παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες μια εκτενή έρευνα που γίνεται σε πολλές χώρες στην προσπάθεια διερεύνησης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών/τριών, των φοιτητών/τριών και των εκπαιδευτικών όσον αφορά τις θερμικές έννοιες. Η καταγραφή αυτών των εναλλακτικών αντιλήψεων, η διερεύνηση και η ταξινόμησή τους είναι πολύ σημαντική για την εξέλιξη των διδακτικών μεθόδων των Φυσικών επιστημών (Γεράκης & Γαλουζής, 2022).

Οι ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη διαμορφωμένες ιδέες και εξηγήσεις για πολλά φαινόμενα του κόσμου βασισμένοι στις εμπειρίες τους και τις αισθήσεις τους (Driver et al. 1985; Driver 1986; Duit 2001; Βοσνιάδου, 2013).

Η παρούσα διπλωματική εργασία προσδοκά να αναδείξει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Ιωαννίνων στις θερμικές έννοιες και τα φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές, ώστε να συμβάλει στην εξέλιξη του σχεδιασμού της διδακτικής διαδικασίας και στην ενημέρωση–εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που θα διδάξουν φυσικές επιστήμες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Επιπλέον όμως θα διερευνήσουμε την επίδραση της καθημερινής ζωής στην εννοιολογική κατανόηση των θερμικών εννοιών και την ικανότητα των φοιτητών/τριών να χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους για να εξηγήσουν καθημερινά φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα.

1.2. Αναγκαιότητα της εργασίας

Η θερμότητα εμπλέκεται σε πάρα πολλούς τομείς της καθημερινής μας ζωής όπως η αλλαγές φάσης, οι θερμικές μηχανές, το κλίμα, η παραγωγή ενέργειας, το μαγείρεμα, η θέρμανση και η ψύξη της κατοικίας μας, η συστολή διαστολή και πολλά άλλα.

Σύμφωνα με τον Σκουμιό (2012) η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών είναι μεγάλης σημασίας γιατί μας βοηθά στα εξής:

- Σχεδιασμός διδακτικών εργαλείων και διδακτικού υλικού

- Προσδιορισμός εννοιών για διδασκαλία και μαθησιακά έργα
- Αποσαφήνιση γνωστικών στόχων
- Σχεδίαση Αναλυτικών Προγραμμάτων
- Εκπαίδευση και επιμόρφωση εκπαιδευτικών.

Ο σωστός σχεδιασμός της διδασκαλίας πρέπει να τις λαμβάνει υπόψιν και να έχει ως στόχο την εννοιολογική αλλαγή και τον μετασχηματισμό των γνώσεων που έχουν οι μαθητές (Στύλος, 2014). Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο εκπαιδευτικός να καλλιεργεί κίνητρα, να εμπλέκει τους μαθητές και τις μαθήτριες σε ενεργό συμμετοχή και να τους οδηγεί στην ανακάλυψη και την οικοδόμηση της γνώσης (Jimoyiannis & Komis, 2001).

Η μέτρηση του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών επιτυγχάνεται με την εξέταση των εναλλακτικών αντιλήψεών τους σε έναν τομέα της φυσικής. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα έχει στραφεί στη διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών/τριών στις έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα και την κινηματική (Georgiou et al., 2009). Οι μαθητές/τριες έχουν την τάση να σχηματίζουν θεωρίες που σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα, με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες και τις ιδέες που σχηματίζουν χρησιμοποιώντας την διαίσθησή τους. Κατασκευάζουν έτσι ένα σύνολο αντιλήψεων που συχνά αντιτίθεται στις επιστημονικές θεωρίες (Luera, Otto, & Zitzewitz, 2005). Οι έννοιες της θερμοδυναμικής είναι για τους/τις μαθητές/τριες λιγότερο διαφανείς και κατανοητοί (Löffler et al., 2018; Löffler & Kauertz, 2014) και θεωρούνται αφηρημένες και δύσκολες (Duprez & Méheut, 2003). Επιπλέον η θερμοδυναμική και οι έννοιές της έχουν μεγάλο εύρος επίδρασης το οποίο γίνεται φανερό από τον αριθμό των διαφορετικών πεδίων της επιστήμης στα οποία η θερμοδυναμική παίζει θεμελιώδη ρόλο τόσο πρακτικά όσο και εννοιολογικά (Meltzer, 2004). Άλλωστε οι θερμικές έννοιες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα στην επιστήμη της Φυσικής. Ακόμη έχουν ιδιαίτερη σημασία σε πολλές εφαρμογές της καθημερινής μας ζωής, σχετίζονται με πραγματικές καταστάσεις (Handoyo, 2007; Kruatong et al., 2006) και αποτελούν προ-απαιτούμενες γνώσεις για άλλες ενότητες της ίδιας της Φυσικής αλλά και άλλων επιστημών όπως η Χημεία και η Βιολογία.

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να αποκαλύψει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών του πανεπιστημίου σχετικά με οικίες καθημερινές καταστάσεις και στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ώστε να κατανοήσουμε τον τρόπο σκέψης των μαθητών – φοιτητών και να βελτιώσουμε την ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών και σχετικών πρακτικών διδασκαλίας των φυσικών επιστημών.

1.3. Πρωτοτυπία της εργασίας

Η έρευνα αυτής της εργασίας δεν βασίζεται μόνο σε ερωτήσεις κλειστού τύπου αλλά συνδυάζει ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, ερωτήσεις επιλογής της κατάλληλης έννοιας αλλά και ερωτήσεις ανάπτυξης, που αναφέρονται σε σενάρια, στις οποίες οι φοιτητές/τριες επιλέγουν μία έννοια που θεωρούν κατάλληλη για το σενάριο που περιγράφεται στην ερώτηση και έπειτα καλούνται να εξηγήσουν το φαινόμενο χρησιμοποιώντας την έννοια που επέλεξαν ή και όποια άλλη θέλουν.

1.4. Δομή της εργασίας

Η εργασία αποτελείται από επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, την εισαγωγή, παρουσιάζεται το θέμα της εργασίας, η αναγκαιότητά της και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο το οποίο περιέχει τις γνώσεις και τη θεωρία που είναι βασισμένη σε επιστημονικές αντιλήψεις. Η θεωρία αφορά τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας, την εσωτερική ενέργεια, τη διάδοση της θερμότητας και τη μικροσκοπική ερμηνεία της μετάδοσης με αγωγή. Δίνονται ακόμη ορισμοί των θερμικών μονωτών και αγωγών καθώς και μελέτη του φαινομένου της αλλαγής φάσης ενός υλικού. Τέλος στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μια σύντομη ανασκόπηση του τι διδάσκονται οι Έλληνες και οι Ελληνίδες μαθητές/τριες στη διάρκεια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσής τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών για τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών/τριών ή και φοιτητών στη διεθνή βιβλιογραφία. Εστιάζουμε στις εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν τις θερμικές έννοιες και στους παράγοντες που συντελούν στη δημιουργία τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε γι' αυτή την έρευνα. Παρουσιάζεται ο σκοπός της εργασίας και τα ερευνητικά ερωτήματα που μας απασχόλησαν, το δείγμα, καθώς και το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την έρευνα. Επίσης παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων και η κωδικοποίηση των ερωτήσεων με μορφή σεναρίου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων, μερικός σχολιασμός αυτών όπως και παρουσίαση των

αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα. Ακόμη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ελέγχων συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας και απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για τις αναφορές του κειμένου και στο τελευταίο μέρος υπάρχει παράρτημα με το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους φοιτητές/τριες.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1. Η έννοια της Θερμοκρασίας

Το μέγεθος που μας λέει πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα σε σχέση με κάποιο πρότυπο σώμα ονομάζεται θερμοκρασία. Η θερμοκρασία σχετίζεται με την τυχαία κίνηση των ατόμων και των μορίων μιας ουσίας. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία είναι ανάλογη με τη μέση κινητική ενέργεια των ατόμων και των μορίων που σχετίζεται με τη μεταφορική κίνηση και όχι την περιστροφική ή την δονητική κινητική ενέργεια (Hewitt, 2013).

Για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος πρέπει το θερμόμετρο και το σώμα να έρθουν σε θερμική ισορροπία. Κάθε θερμόμετρο χρησιμοποιεί μια μετρήσιμη ιδιότητα της ύλης που εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Έτσι το υδραργυρικό θερμόμετρο χρησιμοποιεί τη διαστολή όγκου, το θερμόμετρο διμεταλλικού ελάσματος χρησιμοποιεί την γραμμική διαστολή ενώ τα θερμόμετρα αντίστασης χρησιμοποιούν την ηλεκτρική αγωγιμότητα (Young, 1994).

Επειδή η αίσθηση της αφής δεν είναι αντικειμενικός τρόπος υπολογισμού της θερμοκρασίας, η προσπάθεια κατασκευής ενός θερμομέτρου είχε το πρώτο της αποτέλεσμα όταν ο Γαλιλαίος κατασκεύασε το πρώτο θερμόμετρο το 1602. Αν και κάποιες πηγές αναφέρουν ότι οι αρχαίοι Έλληνες Ήρων και Φίλωνας είχαν επινοήσει όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας που τα ονόμασαν θερμοσκόπια.

Το θερμόμετρο του Γαλιλαίου είναι μια επινοήση που βασίζεται στην αρχή της Άνωσης του Αρχιμήδη. Αποτελείται από ένα κλειστό γυάλινο δοχείο που περιέχει γυάλινες σφαίρες ίσου όγκου που όμως περιέχουν διαφορετική ποσότητα υγρού. Κάτω από κάθε γυάλινη μπάλα κρέμεται ένας δίσκος στον οποίο αναγράφεται μια θερμοκρασία. Κάθε γυάλινη μπάλα έχει τέτοιο όγκο και μάζα έτσι ώστε να ισορροπεί σε κάποια θέση του σωλήνα όταν η θερμοκρασία είναι αυτή που δείχνει η ετικέτα του.

Το 1709 ο Fahrenheit επινόησε μία συσκευή που δεν διαφέρει πολύ από το υδραργυρικό θερμόμετρο που χρησιμοποιείται σήμερα και αρχικά ως υγρό χρησιμοποίησε το οινόπνευμα. Όρισε τη θερμοκρασία πήξης του νερού σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση στους 32° και τη θερμοκρασία που βράζει το νερό σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση στους 212° F. Μεταξύ αυτών των θερμοκρασιών μεσολαμβάνουν 180°.

Αργότερα επικράτησε στις περισσότερες χώρες η εκατοντάβαθμη κλίμακα ή κλίμακα Κελσίου (προς τιμήν του Σουηδού αστρονόμου Anders Celsius) η οποία αποδίδει στη θερμοκρασία του πήξης του νερού σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση την τιμή 0° C και στη

θερμοκρασία στην οποία βράζει το νερό σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση την τιμή 100°C. Μεταξύ αυτών των θερμοκρασιών μεσολαβούν 100°.

Η σχέση μεταξύ των δύο θερμοκρασιών, θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου T_C , και θερμοκρασία σε βαθμούς Φάρενάιτ T_F είναι η εξής:

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32 \quad (1)$$

Μια άλλη κλίμακα που χρησιμοποιείται κυρίως στην επιστημονική κοινότητα είναι η κλίμακα Kelvin. Στην κλίμακα Kelvin το μηδέν αντιστοιχεί στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία, το απόλυτο μηδέν, δηλαδή τη θερμοκρασία στην οποία ένα σώμα δεν έχει καθόλου κινητική ενέργεια να χάσει δηλαδή δεν μπορεί να μεταβιβάσει ενέργεια σε άλλο σώμα. Η θερμοκρασία αυτή αντιστοιχεί στους -273,15°C.

Ο τύπος μετατροπής της θερμοκρασίας από την κλίμακα Celsius στην κλίμακα Kelvin είναι ο εξής:

$$T_K = T_C + 273,15 \quad (2)$$

(Young, 1994)

2.2. Η έννοια της Θερμότητας

Όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή τότε μεταφέρεται ενέργεια από το θερμότερο στο ψυχρότερο (λιγότερο θερμό) σώμα. Η μεταφορά ενέργειας που πραγματοποιείται απλά και μόνο επειδή υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ονομάζεται ροή θερμότητας ή διάδοση θερμότητας και η ενέργεια που μεταφέρεται με αυτόν τον τρόπο ονομάζεται θερμότητα (Young, 1994).

Σε κάθε σώμα στη φύση τα στοιχειώδη μέρη που το αποτελούν κινούνται. Τα μόρια ενός σώματος κινούνται, τα άτομα των μορίων κινούνται και τα ηλεκτρόνια των ατόμων κινούνται και αυτά. Η κίνηση αυτή γίνεται με τυχαίο τρόπο και υπάρχει ακόμη και όταν η ταχύτητα του κέντρου μάζας του σώματος είναι μηδέν. Την τυχαία και άτακτη κίνηση των μορίων της ύλης την ονομάζουμε **θερμική κίνηση** (Halliday & Resnick, 2013)

Αφού ένα σώμα δεν περιέχει θερμότητα τι περιέχει; Τα στοιχειώδη σωματίδια από τα οποία αποτελείται ένα σώμα έχουν διάφορες ενέργειες. Τα μόρια έχουν κινητική ενέργεια λόγω της άτακτης κίνησης, έχουν δυναμική ενέργεια αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και την ενέργεια που περιέχει λόγω της δομής του με πυρήνα και ηλεκτρόνια. Το άθροισμα όλων αυτών των ενεργειών αποτελεί την **εσωτερική ενέργεια** του σώματος (Halliday & Resnick, 2013).

Εσωτερική ενέργεια είναι το άθροισμα όλων των μορφών ενέργειας που υπάρχουν σε μια ουσία: Μεταφορική κινητική ενέργεια των συγκρουόμενων μορίων, περιστροφική κινητική

ενέργεια των μορίων, κινητική ενέργεια των ατόμων που βρίσκονται μέσα στα μόρια, δυναμική ενέργεια λόγω των δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ τους (Hewitt, 2013).

Δεν πρέπει λοιπόν να συγχέουμε την μέση κινητική ενέργεια των μορίων (που καθορίζει την θερμοκρασία ενός σώματος) με την εσωτερική ενέργεια του σώματος. Η μέση κινητική ενέργεια είναι μέση τιμή και χαρακτηρίζει κάθε δομικό στοιχείο του σώματος ενώ η εσωτερική ενέργεια είναι άθροισμα όλων των ενεργειών των δομικών λίθων που περιλαμβάνει το σώμα. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ακόμη και αν ονομάσουμε ένα μέρος της εσωτερικής ενέργειας ως θερμική ενέργεια πάλι η θερμοκρασία δεν είναι ανάλογη με την θερμική ενέργεια γιατί η θερμική ενέργεια είναι ένα μέγεθος προσθετικό δηλαδή εξαρτάται από τη μάζα. Αν μια ποσότητα ενός σώματος περιέχει θερμική ενέργεια 100J σε συγκεκριμένη θερμοκρασία τότε η διπλάσια ποσότητα του σώματος θα περιέχει διπλάσια ενέργεια στην ίδια θερμοκρασία.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα προσέγγιση της έννοιας θερμότητα κάνουν οι Κυριάκος και Μπλήρης (1986) οι οποίοι ξεκαθαρίζουν ότι αφού «η θερμότητα είναι μικροσκοπικός μηχανισμός διακίνησης ενέργειας» θα ήταν καλύτερα να λέγαμε μηχανισμοί θερμότητας ή μεταφορά θερμικής ενέργειας. Όμως ο όρος μεταφορά θερμότητα έχει επικρατήσει βιβλιογραφικά και εννοεί την μεταφορά θερμικής ενέργειας.

Ο όρος θερμότητα αναφέρεται πάντα στην ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα ή ένα σύστημα σε ένα άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και ποτέ στο ποσό ενέργειας που περιέχεται σε ένα σύστημα (Young, 1994).

2.3. Διάδοση της θερμότητας

Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους. Είτε με την βοήθεια υλικού φορέα ή χωρίς υλικό φορέα.

2.3.1 Μεταφορά θερμότητας χωρίς τη συμμετοχή υλικού φορέα.

Όταν η μεταφορά θερμικής ενέργειας γίνεται χωρίς τη συμμετοχή υλικού φορέα τότε η μεταφορά γίνεται με **ακτινοβολία**. Η ενέργεια εκπέμπεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το θερμό σώμα και απορροφάται από τα σώματα στα οποία προσπίπτει. Η ακτινοβολούμενη ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που εκπέμπεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία, από το εμβαδόν της επιφάνειας του σώματος που την εκπέμπει και από το είδος της επιφάνειας.

2.3.2 Μεταφορά θερμότητας με τη βοήθεια υλικού φορέα.

Όταν η μεταφορά θερμικής ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια υλικού φορέα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μετατόπιση του υλικού φορέα όπως όταν θερμαίνεται ένα δωμάτιο από το καλοριφέρ **με ρεύματα μεταφοράς** του αέρα, είτε θέρμανση **με αγωγή** όπως όταν μεταφέρεται ενέργεια σε μια σιδερένια ράβδο που η μία άκρη της ακουμπά στη φλόγα.

Στην περίπτωση της αγωγής ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται ενέργεια από το θερμό στο ψυχρό σώμα ή από τη θερμότερη στην ψυχρότερη περιοχή ενός σώματος που δεν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία, εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας των δύο περιοχών, από το εμβαδόν διατομής μέσω της οποίας έχουμε αγωγή και από την θερμική αγωγιμότητα του υλικού (Halliday & Resnick, 2013).

Η σχέση που δίνει το ρυθμό ροής της θερμότητας $\frac{dQ}{dt}$ διαμέσου ενός ομογενούς σώματος σταθερής διατομής A δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{dQ}{dt} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (3)$$

όπου k είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας που εξαρτάται από το υλικό του σώματος. Άρα το πόσο γρήγορα μεταφέρεται η θερμότητα από τη μία περιοχή στην άλλη εξαρτάται από: τη διαφορά θερμοκρασίας, τη διατομή και το υλικό (Young, 1994).

2.3.3 Μικροσκοπική περιγραφή μετάδοσης θερμότητας με αγωγή

Όταν ένα σώμα έχει πολύ υψηλή θερμοκρασία τα δομικά στοιχεία του αποκτούν μεγάλες τιμές κινητικής ενέργειας κυρίως μεταφορικής. Λόγω αυτής της έντονης κίνησης τα άτομα και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που υπάρχουν κυρίως στα μέταλλα συγκρούονται με τα διπλανά τους μεταβιβάζοντάς τους ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι όλα τα άτομα και ηλεκτρόνια να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία δηλαδή να βρεθούν σε θερμοδυναμική ισορροπία. Η θερμότητα λοιπόν άγεται μέσω των κρούσεων των ηλεκτρονίων και των ατόμων. Τα μέταλλα λοιπόν είναι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας (αλλά και του ηλεκτρισμού) λόγω της ιδιότητας που έχουν τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας των πυρήνων να διαφεύγουν από την έλξη του πυρήνα και να μπορούν να κινούνται «ελεύθερα». Στην ύπαρξη αυτών των ηλεκτρονίων οφείλεται κατά μεγάλο βαθμό η θερμική αγωγιμότητα των μετάλλων. Στους μονωτές τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων τους είναι ισχυρά συνδεδεμένα και γι' αυτό το λόγο δεν άγουν τη θερμότητα (Hewitt, 2013).

2.4. Θερμικοί μονωτές και Θερμικοί αγωγοί

Ιδανικός μονωτής ονομάζεται ένα υλικό που δεν επιτρέπει καμία απολύτως αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο συστημάτων που έρχονται σε επαφή και τα εμποδίζει να φτάσουν σε θερμική ισορροπία.

Μονωτικά υλικά, μονωτές ή κακοί αγωγοί της θερμότητας είναι το ξύλο, το πλαστικό, ο αφρός πολυουρεθάνης, το μαλλί, το φελιζόλ, ο υαλοβάμβακας και ο αέρας. Καλοί αγωγοί της θερμότητας είναι γενικά τα μέταλλα και ειδικότερα ο άργυρος, ο χαλκός και το αργίλιο. Μέτρο της αγωγιμότητας των υλικών είναι η θερμική αντίσταση. Η θερμική αντίσταση εξαρτάται από το πάχος του υλικού και το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δηλαδή από το είδος του υλικού όπως αναφέραμε και παραπάνω στη σχέση (3) (Young, 1994).

2.5. Αλλαγή φάσεων

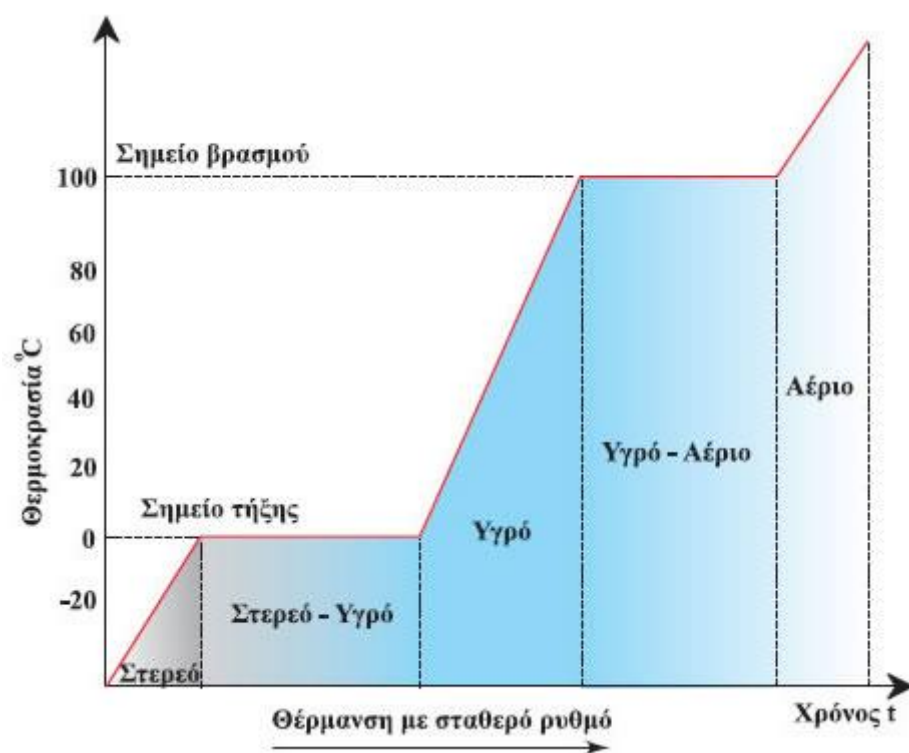
Οι διάφορες ουσίες χαρακτηρίζονται από μία κατάσταση ή φάση στην θερμοκρασία δωματίου. Δηλαδή ένα σώμα μπορεί να είναι στερεό, υγρό ή αέριο. Η κατάσταση όμως ενός σώματος μπορεί να αλλάξει. Η μετάβαση από τη μία φάση στην άλλη γίνεται σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία για κάθε ουσία και δεδομένη πίεση. Η μετάβαση αυτή συνοδεύεται από απορρόφηση ή απόδοση θερμότητας.

Το νερό είναι το πιο συνηθισμένο και γνώριμο παράδειγμα μελέτης της αλλαγής φάσης γιατί μπορεί να μετατραπεί εύκολα από υγρό σε στερεό (πήξη) και το αντίστροφο (τήξη) καθώς και από υγρό σε αέριο (βρασμός) και το αντίστροφο (υγροποίηση). Σε πιο σπάνιες περιπτώσεις μπορεί ένα στερεό να μετατραπεί σε αέριο (εξάχνωση) και το αντίστροφο (απόθεση).

Για να μεταβεί ένα υλικό από την υγρή στην αέρια φάση πρέπει να απορροφήσει ενέργεια συνήθως σε μορφή θερμότητας. Η ενέργεια αυτή εξαρτάται από το είδος του υλικού και από τη μάζα του. Χαρακτηριστικό αυτής της διαδικασίας είναι ότι η θερμοκρασία του υλικού παραμένει σταθερή όσο διαρκεί η μετατροπή από τη μία φάση στην άλλη. Η θερμότητα που απορροφά συντελεί στην αλλαγή της φάσης του σώματος και όχι στην αλλαγή της θερμοκρασίας του. Η απαιτούμενη θερμότητα ανά μονάδα μάζας ονομάζεται θερμότητα εξάερωσης ή λανθάνουσα θερμότητα εξάερωσης και για το νερό είναι 2256J/gr σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση (1 atm). Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την μετατροπή από την αέρια στην υγρή φάση και τότε αποβάλλει το ίδιο ποσό ενέργειας, ενώ η θερμοκρασία του παραμένει πάλι σταθερή όσο διαρκεί η μετατροπή αυτή.

Για να μεταβεί ένα υλικό από την στερεή στην υγρή φάση πρέπει πάλι να απορροφήσει ενέργεια συνήθως σε μορφή θερμότητας. Η θερμοκρασία του υλικού παραμένει σταθερή όσο διαρκεί η μετατροπή από τη μία φάση στην άλλη. Η απαιτούμενη θερμότητα ανά μονάδα μάζας ονομάζεται θερμότητα τήξης ή λανθάνουσα θερμότητα τήξης και για το νερό είναι 334J/gr σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση (1 atm). Και πάλι η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την μετατροπή από την υγρή στην στερεή φάση και τότε αποβάλλει το ίδιο ποσό ενέργειας, ενώ η θερμοκρασία του παραμένει πάλι σταθερή όσο διαρκεί η μετατροπή αυτή (Hewitt, 2013).

Δεν πρέπει λοιπόν να συγχέουμε τη θερμοκρασία με τη θερμότητα γιατί είναι δύο διαφορετικές έννοιες οι οποίες βέβαια σχετίζονται αλλά δεν ταυτίζονται. Όταν ένα σώμα απορροφά ενέργεια με τη μορφή θερμότητας αυτό δεν συνοδεύεται απαραίτητα με αύξηση της θερμοκρασίας (π.χ. στην αλλαγή φάσης) όπως και το αντίστροφο, αν ένα σώμα αποβάλλει ενέργεια με τη μορφή θερμότητας δεν ψύχεται (π.χ. στις ισόθερμες μεταβολές των αερίων).



Εικόνα 1. Αλλαγές φάσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

2.6. Τι διδάσκονται οι μαθητές/τριες στο Ελληνικό σχολείο

Οι μαθητές και οι μαθήτριες στην Ελλάδα έρχονται σε επαφή με την έννοια της θερμότητας και της θερμοκρασίας στην **Ε΄ τάξη του Δημοτικού** σχολείου.

Το βιβλίο του μαθητή στο κεφάλαιο «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» ξεκινά την εισαγωγή με την πρόταση:

«Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας» για να δώσει αργότερα τον ορισμό:

«Την ενέργεια, όταν ρέει από ένα σώμα προς ένα άλλο λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, την ονομάζουμε θερμότητα. Η θερμότητα ρέει πάντοτε από τα σώματα με υψηλότερη θερμοκρασία προς τα σώματα με χαμηλότερη θερμοκρασία.»

Και οι δύο προτάσεις είναι σύμφωνες με τις επιστημονικές γνώσεις και δεν δημιουργούν άμεσα εναλλακτικές ιδέες.

Επίσης ο ορισμός της θερμοκρασίας είναι πολύ σαφής και κάνει προσπάθεια διαχωρισμού της από τη θερμότητα:

«Η θερμοκρασία είναι μια έννοια που μας βοηθά να περιγράψουμε πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα.»

Όμως λίγες σειρές παρακάτω θέλοντας να εξηγήσει πώς γίνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας γράφει:

*«Όπως όλες οι αλλαγές γύρω μας, έτσι και η αλλαγή της θερμοκρασίας οφείλεται στην ενέργεια. Μία από τις μορφές ενέργειας είναι η **θερμική ενέργεια**. Θερμική ενέργεια ονομάζουμε την κινητική ενέργεια των μορίων λόγω των συνεχών και τυχαίων κινήσεών τους. Τη θερμική ενέργεια την αντιλαμβανόμαστε από τη θερμοκρασία του σώματος. Όσο περισσότερη θερμική ενέργεια έχει ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία του.»*

Η τελευταία πρόταση εκτός του ότι δεν είναι επιστημονικά σωστή, υποβοηθά τη δημιουργία της λανθασμένης ιδέας ότι η θερμοκρασία είναι μέτρο της θερμικής ενέργειας που έχει ένα σώμα.

Στη συνέχεια μία ενότητα στο βιβλίο **Φυσικής Β΄ Γυμνασίου** προσφέρει μια εκτενή ανάλυση και καλύπτει όλα τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη θερμότητα. Το μειονέκτημα είναι ότι η ενότητα αυτή βρίσκεται προς το τέλος του βιβλίου και η πλειοψηφία των σχολείων δεν καταφέρνουν να διδάξουν την ύλη αυτή στη διάρκεια του σχολικού έτους και πολύ σπάνια η ενότητα περιλαμβάνεται στην εξεταστέα ύλη των εξετάσεων, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από μία απλή αναζήτηση στο διαδίκτυο για θέματα προαγωγικών εξετάσεων στο μάθημα της Φυσικής Β΄ γυμνασίου σε διάφορα σχολεία σε όλη την Ελλάδα.

Στο σχολικό βιβλίο «Φυσική Β΄ Γυμνασίου» στην Ενότητα 2 και τα κεφάλαια 6,7 και 8 μελετώνται θέματα σχετικά με τη θερμότητα, τις αλλαγές κατάστασης και τη διάδοση της θερμότητας. Ο ορισμός της θερμότητας που δίνεται εδώ είναι απολύτως σύμφωνος με την επιστημονική άποψη:

«Θερμότητα ονομάζουμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο σωμάτων. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασία».

Και μάλιστα σε επόμενη παράγραφο συναντάμε την παρακάτω διευκρίνηση για την θερμότητα ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία λανθασμένης αντίληψης.

«Συχνά, στην καθημερινή χρήση της έννοιας της θερμότητας θεωρούμε ότι στα υλικά σώματα αποθηκεύεται θερμότητα. Η άποψη αυτή βρίσκεται σε αντίθεση με την επιστημονική: Η ύλη έχει ενέργεια σε διαφορετικές μορφές, αλλά δεν έχει θερμότητα. Η θερμότητα είναι ενέργεια που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο σωμάτων. Μόλις όμως μεταφερθεί, παύει να ονομάζεται θερμότητα».

Αργότερα στην **Β΄ λυκείου** και για όσους θα ακολουθήσουν θετική κατεύθυνση, οι μαθητές και οι μαθήτριες θα μάθουν ότι (για τα αέρια τουλάχιστον) « η θερμοκρασία είναι ανάλογη της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του αερίου» (Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β΄ τάξη Γενικού Λυκείου, σελ.78).

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

3.1 Εισαγωγή

Η υποχρεωτική εκπαίδευση, παράλληλα με άλλους γνωστικούς και ψυχοκοινωνικούς στόχους, έχει επίσης σκοπό να εξοπλίσει τους μαθητές και τις μαθήτριες με τα κατάλληλα εργαλεία και τις γνώσεις που απαιτούνται για να κατανοήσουν τον κόσμο τους. Κεντρικό ρόλο στην επίτευξη αυτού του στόχου αποτελεί η κατανόηση της Επιστήμης και των Μαθηματικών. Οι γνώσεις αυτές βρίσκουν εφαρμογή σε βασικά καθημερινά φαινόμενα όπως το μαγείρεμα και το καθάρισμα αλλά και σε πιο πολύπλοκα και σημαντικά ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή και οι μεταβαλλόμενες συνθήκες της ζωής μας πάνω στη Γη (Kellner, 2011).

Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία έχοντας σχηματίσει εννοιολογικά μοντέλα (τις περισσότερες φορές αντίθετα με τις επιστημονικές απόψεις) τα οποία χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν τα φαινόμενα που παρατηρούν γύρω τους. Πολλές φορές ακόμη και μετά την εκπαιδευτική διαδικασία διατηρούν αυτά τα μοντέλα είτε αναλλοίωτα είτε σε συνδυασμό με τις επιστημονικές γνώσεις. Αν οι εναλλακτικές ιδέες δεν ληφθούν υπόψιν στο σχεδιασμό της διδασκαλίας τότε οι προϋπάρχουσες ερμηνείες παραμένουν αναλλοίωτες εκτοπίζοντας την νέα επιστημονική γνώση (Σπυροπούλου Κατσάνη, 2000).

3.2 Εναλλακτικές ιδέες – παρανοήσεις

Τα παιδιά πριν ακόμη καθίσουν στα θρανία και ξεκινήσουν την διαδικασία της εκπαίδευσης, κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για να εξηγήσουν τον κόσμο, δημιουργώντας μία λογική εξήγηση των φαινομένων που παρατηρούν γύρω τους. Οι αντιλήψεις αυτές γεννιούνται στα πρώτα στάδια της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με τα φυσικά φαινόμενα, στην προσπάθειά του να υιοθετήσει ένα μοντέλο που να εξηγεί αυτά που παρατηρεί. Τα παιδιά αναπτύσσουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο που προέρχεται από τις παρατηρήσεις τους και τις καθημερινές τους εμπειρίες. Είναι απλό και αφελές αλλά παρουσιάζει σταθερότητα και ως προς το χρόνο και ως προς την αντοχή του στις νέες σχολικές γνώσεις (Βοσνιάδου, 2013).

Η μελέτη της βιβλιογραφίας αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών κάνει φανερό ότι οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών δεν αντικαθίστανται από τις επιστημονικές αντιλήψεις

που διδάσκονται στις σχολικές τάξεις αλλά συνεχίζουν να παίζουν ενεργό ρόλο στη σκέψη των μαθητών και να αποτελούν εμπόδιο στην αφομοίωση και στον ενστερνισμό των επιστημονικών αντιλήψεων. Δηλαδή οι μαθητές δεν αντικαθιστούν εύκολα την πρότερη γνώση τους με τις θεωρίες και αιτιολογήσεις των φαινομένων που είναι σύμφωνες με την επιστημονική γνώση (Βοσνιάδου, κα, 2015).

Η εμφάνιση των εναλλακτικών ιδεών και η ισχυρή τους ανθεκτικότητα έχει επιβεβαιωθεί από διάφορες μελέτες στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Η ύπαρξή τους είναι ανεξάρτητη από την χώρα, τον τύπο του σχολείου, την ηλικία των μαθητών, την εκπαιδευτική βαθμίδα και το πεδίο μελέτης (Wiser & Amin, 2001; Driver et al, 1985; Adadan & Yavuzkaya, 2018)

3.3 Οι εναλλακτικές ιδέες εμπόδιο στη μάθηση

Οι παρανοήσεις ή εναλλακτικές αντιλήψεις λειτουργούν ανασταλτικά στην μάθηση και κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών. Οι δάσκαλοι παρατηρούν μετά την εκπαιδευτική διαδικασία ότι οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει τις έννοιες που εμπλέκονται στην ενότητα του μαθήματος που διδάχτηκαν. Οι μαθητές στο σχολείο μπορεί να διδάσκονται και να εκπαιδεύονται σωστά στην διαδικασία επίλυσης ασκήσεων ακολουθώντας συγκεκριμένους αλγόριθμους, όμως όταν τους ζητηθεί εννοιολογική κατανόηση δυσκολεύονται ακόμη και κάποιοι καλοί μαθητές (NRC, 1997).

Οι αντιλήψεις αυτές παρουσιάζουν μια συνέπεια, είναι ανθεκτικές και αντιστέκονται στις αλλαγές. Με αυτόν τον τρόπο επηρεάζουν τη μάθηση και πολλές φορές διατηρούνται ακόμη και μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος ή ακόμη και μετά την ολοκλήρωση της βασικής εκπαίδευσης (Driver, 1989; McDermott & Redish, 1999; Senocak, 2006).

Η κύρια αιτία αυτής της δυσκολίας που συναντούν οι μαθητές και μαθήτριες στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών είναι το γεγονός ότι οι νέες επιστημονικές ιδέες έρχονται σε αντίθεση με την πρότερη 'γνώση' των μαθητών που βασίζεται στην καθημερινή εμπειρία. Έτσι για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα απαιτείται να πραγματοποιηθούν σημαντικές εννοιολογικές αλλαγές.

Ενώ οι έρευνες έδειξαν την σπουδαιότητα και την αναγκαιότητα της ενημέρωσης των εκπαιδευτικών για τις παρανοήσεις των μαθητών/τριών, ώστε να τις λάβουν υπόψιν τους κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί δεν λαμβάνουν την απαραίτητη επιμόρφωση ή πληροφόρηση. Η επίγνωση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών/τριών και η χρήση τους κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας του μαθήματος των

φυσικών επιστημών, βοηθά στην γνωστική σύγκρουση και την εννοιολογική αλλαγή των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών/τριών (Στύλος, 2014).

Οι ραγδαία εξέλιξη της επιστήμης και των τεχνολογικών της εφαρμογών επιβάλλουν ριζικές αλλαγές και στον τρόπο διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τον Redish (1994) «Είναι ανάγκη να εστιάσουμε λιγότερο στο τι διδάσκουμε και περισσότερο στο τι μαθαίνουν οι μαθητές μας». Από πολλούς ερευνητές εκφράζεται η ανησυχία για τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών δεδομένου ότι επιβεβαιώνονται οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στην κατανόηση των εννοιών και των βασικών νόμων της Φυσικής. Οι μαθητές αδυνατούν επίσης να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους για να εξηγήσουν καθημερινά φαινόμενα και πραγματικές καταστάσεις (Stylos et al., 2010; Kotsis 2002; Yalcin et al., 2008).

3.4 Εναλλακτικές ιδέες – Πώς δημιουργούνται

Η προέλευση των εναλλακτικών ιδεών δεν είναι πάντα η ίδια και δεν έχει πάντα τη ρίζα της στις απόψεις που αποκτήθηκαν από έξω-σχολική γνώση. Διακρίνονται με βάση την προέλευσή τους σε διάφορες κατηγορίες:

- Οι πιο συνηθισμένες προκαταλήψεις δημιουργούνται από την απλή παρατήρηση του κόσμου γύρω μας και από τις καθημερινές εμπειρίες μας. Για παράδειγμα, όταν πατάμε στα πλακάκια με γυμνά πόδια πιστεύουμε ότι ‘το κρύο μεταφέρεται από τα πλακάκια στα πόδια μας’ ή όταν βλέπουμε τον ήλιο να ανατέλλει και να δύει συμπεραίνουμε ότι ‘ο ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη γη’.
- Προκαταλήψεις που δημιουργούνται από την οικογένεια ή το θρησκευτικό περιβάλλον και αφορούν μύθους και θρησκευτικές διδαχές. Για παράδειγμα, η προέλευση του ανθρώπου, η δημιουργία της γης ή η διαμόρφωση του καιρού.
- Εναλλακτικές ιδέες μπορεί να δημιουργηθούν και μέσα στην τάξη όταν η διδασκαλία γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην γίνονται κατανοητοί οι εννοιολογικοί ορισμοί (συνήθως σε δασκαλοκεντρική διδασκαλία). Στην προσπάθεια αφομοίωσης της νέας γνώσης δημιουργούνται από τους μαθητές και τις μαθήτριες λανθασμένα μοντέλα. Ακόμη όπως έδειξαν πολλές έρευνες οι διδάσκοντες κουβαλάνε και αυτοί τις εναλλακτικές αντιλήψεις από τα μαθητικά τους χρόνια.
- Εναλλακτικές ιδέες δημιουργούνται και από την χρήση της καθημερινής γλώσσας. Στην καθομιλούμενη χρησιμοποιούμε πολλές φορές τις λέξεις με διαφορετικό

νόημα από αυτό που έχουν στον επιστημονικό λόγο. Έτσι εντυπώνονται κάποιες απόψεις και δημιουργούνται εξηγήσεις που δεν συνάδουν με τις επιστημονικές γνώσεις. Για παράδειγμα το «έργο» στις φυσικές επιστήμες εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται ή μετατρέπεται ενώ στην καθημερινή γλώσσα εκφράζει μια ολοκληρωμένη κατασκευή, ακόμη η έννοια της «δύναμης» στην καθημερινή γλώσσα χρησιμοποιείται σαν ποσότητα που 'έχει' ένας άνθρωπος.

- Τέλος λανθασμένες αντιλήψεις δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των παιδικών μας χρόνων από πληροφορίες που παρουσιάστηκαν ως πραγματικές και εντυπώθηκαν στο μυαλό μας ως αδιαμφισβήτητες. Σχετίζονται συνήθως με κάτι που ισχύει και όχι με ερμηνείες φαινομένων. Για παράδειγμα όλοι πιστεύουμε ότι δεν κάνει να τρώμε μαζί τυρί και ψάρι (NRC,1997).

3.5 Εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν τη μελέτη των θερμικών φαινομένων

Σύμφωνα με την κονστρουκτιβιστική ή εποικοδομιστική θεωρία μάθησης: «η μόνη πραγματικότητα που έχει σημασία είναι αυτή που κάποιος χτίζει μέσα του», δηλαδή η γνώση δεν προσλαμβάνεται από τον έξω κόσμο χωρίς επεξεργασία αλλά δομείται μέσα μας. Η εποικοδομιστική θεωρία κατά τους Piaget και Bruner (1990) υποστηρίζει την άποψη ότι οι γνώσεις που φτάνουν στο μυαλό πρέπει να κατασκευαστούν από το ίδιο το άτομο μέσω της ανακάλυψης της γνώσης με τη διαδικασία της αφομοίωσης και της ένταξης των νέων γνώσεων στις ήδη υπάρχουσες. Ο κοινωνικός κονστρουκτιβισμός, η μάθηση δηλαδή ως κοινωνικό φαινόμενο υποστηρίχθηκε από τον Vigotsky. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία τα παιδιά μαθαίνουν μέσα από τα πρότυπα και τις συνήθειες του κοινωνικού τους περιβάλλοντος και η γνώση δεν δομείται ατομικά αλλά ομαδικά. Ο Vigotsky τονίζει την ιδιαίτερη σημασία της αλληλεπίδρασης του ατόμου με άλλους ανθρώπους του κοινωνικού του περίγυρου.

Άρα όταν ένας εκπαιδευτικός καλείται να διδάξει ένα αντικείμενο, πρέπει να λαμβάνει υπόψιν τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών/τριών του. Στη διδασκαλία της θερμότητας, της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, της θέρμανσης και της ψύξης υλικών, ο εκπαιδευτικός αισθάνεται αισιόδοξος γιατί οι μαθητές του δεν θα αντιμετωπίσουν εντελώς άγνωστες και πρωτάκουστες έννοιες αλλά φαινόμενα που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή. Η γνωριμία και η εμπειρία των μαθητών με τις έννοιες της θερμότητας όμως θα

μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ευλογία αλλά και κατάρα ταυτόχρονα. Αποτελούν πλεονέκτημα γιατί μπορεί ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει πληθώρα παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή, αλλά και μειονέκτημα γιατί μαζί με τις χρήσιμες βιωματικές γνώσεις για τη θερμική φυσική, οι μαθητές φέρνουν στην τάξη και πολλές παρανοήσεις – εναλλακτικές αντιλήψεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν (Carlton, 2000; Chu et al., 2012). Οι σημαντικότερες λανθασμένες αντιλήψεις που αφορούν την μελέτη των θερμικών φαινομένων είναι η αντίληψη της θερμότητας ως ουσία με υλική υπόσταση, η σύγχυση των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία, η αδυναμία σύνδεσης της αγωγιμότητας για την διαφορετική αίσθηση θερμοκρασίας και η άγνοια του γεγονότος ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή κατά την αλλαγή φάσης ενός σώματος όπως η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή όσο διαρκεί η μετατροπή του από στερεό-πάγο σε υγρό ή από υγρό σε αέριο-υδρατμοί (Carlton, 2000; Σκουμιός, 2012). Οι ερευνητές Stylos et al. (2021) ανίχνευσαν τις παραπάνω εναλλακτικές αντιλήψεις και πολλές άλλες που σχετίζονται με τις θερμικές έννοιες οι οποίες είναι συγκεντρωμένες στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 *Εναλλακτικές αντιλήψεις που αλιεύτηκαν από τους Stylos et al. (2010)*

Εναλλακτικές αντιλήψεις
<ul style="list-style-type: none"> • Ο πάγος είναι πάντα στους 0°C. • Το νερό δεν μπορεί να είναι στους 0°C. • Η θέρμανση πάντα οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας. • Η θερμοκρασία βρασμού του νερού είναι πάντα 100 °C. • Η θερμοκρασία κατά το βρασμό δεν παραμένει σταθερή. • Η θερμοκρασία εξαρτάται από το υλικό. • Η θερμοκρασία εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού • Η ‘ζέστη’ και το ‘κρύο’ είναι διαφορετικά και όχι οι αντίθετες καταστάσεις μιας συνέχειας • Η θερμότητα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας. • Οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει περιέχουν οξυγόνο και υδρογόνο. • Οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει περιέχουν αέρα. • Η θερμοκρασία μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο. • Το μέταλλο έχει την ικανότητα να έλκει, να συγκρατεί, ή να απορροφά τη θερμότητα και το κρύο. (ή Ορισμένες ουσίες είναι από τη φύση τους πιο ψυχρές από άλλες). • Η ποσότητα της θερμότητας που περιέχει ένα σώμα εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο. • Υλικά όπως το μαλλί έχουν την ικανότητα να ζεσταίνουν αντικείμενα. • Αντικείμενα με διαφορετική θερμοκρασία που βρίσκονται σε επαφή δεν καταλήγουν απαραίτητα στην ίδια θερμοκρασία. • Οι αντιλήψεις για το ζεστό και το κρύο δεν σχετίζονται με τη μεταφορά ενέργειας. (π.χ. το κουτί γάλακτος από το ψυγείο είναι πιο κρύο από το κουτί που βρισκόταν στον πάγκο της κουζίνας γιατί περιέχει λιγότερη θερμότητα). • Η πίεση παράγει θερμότητα. • Ο ατμός πάνω από νερό που βράζει βρίσκεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από το νερό. • Η ζέστη ανεβαίνει. • Το μέταλλο έχει την ικανότητα να έλκει, να κρατά, να αυξάνει ή να απορροφά τη ζέστη και το κρύο. • Υλικά σαν το μαλλί έχουν την ικανότητα να ζεσταίνουν τα αντικείμενα. • Δεν υπάρχει όριο στην ελάχιστη θερμοκρασία που μπορούμε να φτάσουμε. • Τα αντικείμενα που ζεσταίνονται εύκολα δεν κρύνουν και εύκολα. • Μερικά αντικείμενα είναι δύσκολο να ζεσταθούν: αντιστέκονται στην θέρμανση.

3.5.1 Αντιλήψεις για τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία

Συχνά οι μαθητές διαχωρίζουν την θερμότητα σε δύο είδη: τη ζέστη και το κρύο. Η ζέστη μεταφέρεται ή το κρύο μεταφέρεται από το παγάκι στο χέρι μας. Σε έρευνα που έγινε στο πανεπιστήμιο Ιωαννίνων για τις θερμικές αντιλήψεις καταγράφηκαν εναλλακτικές ιδέες που αφορούν την μεταφορά κρύου, τη μεταφορά θερμοκρασίας και τη μεταφορά θερμότητας από το ψυχρό στο θερμό σώμα (Stylos et al., 2021).

Σε αντίστοιχες έρευνες καταγράφηκαν αντιλήψεις που υποστηρίζουν ότι η θερμότητα ευθύνεται για τη θέρμανση των σωμάτων και το ψύχος για την ψύξη των σωμάτων (Καρύδας & Κουμαράς, 2000). Οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι όταν ακουμπάμε ένα ζεστό αντικείμενο, η αίσθηση του θερμού οφείλεται στην ροή θερμότητας από το αντικείμενο στο χέρι μας, ενώ όταν ακουμπάμε ένα κρύο αντικείμενο τότε η αίσθηση του ψυχρού οφείλεται στο ψύχος που φεύγει από το κρύο σώμα και μεταφέρεται προς το χέρι μας (Σκουμιός, 2012).

Η αντίληψη ότι η θερμότητα είναι ουσία εκδηλώνεται με την άποψη ότι η θερμότητα περιέχεται στα σώματα και απομακρύνεται ή προσλαμβάνεται από ένα άλλο σώμα (Georgiou & Sharma, 2012; Στύλος & Κώτσης, 2018). Επίσης η θερμότητα αναφέρεται από τους μαθητές ως κινητική ενέργεια των σωματιδίων της ύλης (Carlton, 2000).

Σύμφωνα με τους Adadan και Yavuzkaya (2018) υπάρχουν τρεις κοινές μη επιστημονικές αντιλήψεις για τη θερμότητα οι οποίες δείχνουν τον βαθμό προόδου της επιστημονικής κατανόησης του μαθητή και σχετίζονται με την ηλικία. Οι αντιλήψεις αυτές είναι οι εξής:

1. Η θερμότητα θεωρείται εγγενές χαρακτηριστικό μιας ουσίας. Οι μαθητές/τριες θεωρούν ότι υπάρχουν δύο είδη θερμότητας: η ζέστη και το κρύο (Chu et al., 2012)
2. Η θερμότητα θεωρείται υλική ουσία. Η θερμότητα σαν ρευστό ή ατμός εκπέμπεται από ένα ζεστό σώμα ή μια πηγή θερμότητας (Georgiou & Sharma, 2012; Chiou & Anderson, 2010).
3. Η θερμότητα παρουσιάζεται ως μια μη υλική ποσότητα που διαπερνά τα υλικά σαν ένα θερμιδικό υγρό (Chiou & Anderson, 2010; Yeo & Zadnik, 2001).

Την πεποίθηση ότι η θερμότητα είναι ιδιότητα της ύλης και εξαρτάται από το είδος του υλικού την συναντάμε και με την έκφραση ότι το ξύλο είναι από τη φύση του πιο ζεστό ή το μέταλλο είναι λόγω του υλικού του πιο κρύο (Κώτσης & Στύλος, 2018) ή το χαλί

παγιδεύει περισσότερη θερμότητα από το πλακάκι γι' αυτό το αισθανόμαστε πιο κρύο (Georgiou & Sharma, 2012).

Ακόμη οι μαθητές πιστεύουν ότι η θερμότητα μετριέται με τα θερμομέτρα δηλαδή η θερμοκρασία είναι μέτρο μέτρησης της θερμότητας και μετριέται σε βαθμούς Κελσίου (Kesidou & Duit, 1993).

Οι μαθητές θεωρούν ότι η θερμότητα εξαρτάται από την ποσότητα δηλαδή ένα σώμα μεγαλύτερης μάζας περιέχει περισσότερη θερμότητα (Σκουμιάς, 2012).

Οι έρευνες αναδεικνύουν επίσης μια σύγχυση των εννοιών θερμότητα και θερμοκρασία με αποτέλεσμα οι μαθητές/τριες να θεωρούν ότι η θερμοκρασία μεταφέρεται από ένα ζεστό σε ένα κρύο σώμα ή το αντίστροφο (Georgiou & Sharma, 2012; Schnittka & Bell, 2011).

3.5.2 Αντιλήψεις για τις αλλαγές φάσεις: τήξη – πήξη – βρασμός

Οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι όσο συνεχίζεται ο βρασμός τόσο η θερμοκρασία του υγρού αυξάνεται και ότι η θερμοκρασία του βραστού νερού και του ατμού πάνω από το νερό που βράζει είναι μεγαλύτερες από 100° C (Chu et al.,2012; Kacovsky, 2015; Adadan & Yavuzkaya, 2018)

Επίσης οι μελέτες έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι τα παγάκια που βρίσκονται σε ένα δωμάτιο έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από 0° C, το νερό δεν μπορεί να έχει θερμοκρασία 0° C (γιατί τότε θα ήταν πάγος και όχι νερό) και ο πάγος έχει πάντα θερμοκρασία 0° C ακόμη και μέσα στην κατάψυξη (Chu et al.,2012; Kacovsky, 2015; Adadan & Yavuzkaya, 2018).

3.5.3 Αντιλήψεις για τη θερμική ισορροπία και την αγωγιμότητα

Οι μελέτες έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες πιστεύουν ότι δύο αντικείμενα που βρίσκονται πολλή ώρα στο ίδιο περιβάλλον μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία αν είναι κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό. Αναφέρονται ενδεικτικά οι εξής εναλλακτικές αντιλήψεις: Ένα ξύλινο και ένα μεταλλικό κουτάλι που βρίσκονται μέσα σε ζεστό νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα έχουν διαφορετική θερμοκρασία (Chiou & Anderson,2010; Chu et al.,2012). Η αίσθηση του κρύου (ή του ζεστού) που νιώθουμε όταν κρατάμε ένα κρύο (ή ζεστό αντίστοιχα) κουτί γάλακτος συνδέεται με την περιεκτικότητα της θερμότητας ή του κρύου που περιέχεται στο κουτί και όχι με την αγωγιμότητα του υλικού και δύο υλικά με

διαφορετική θερμοκρασία όταν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους δεν φτάνουν απαραίτητα στην ίδια θερμοκρασία (Adadan & Yavuzkaya, 2018; Alwan, 2011).

3.6 Παράγοντες που συντελούν στη δημιουργία εναλλακτικών αντιλήψεων στις θερμικές έννοιες.

Η μελέτη της θερμοδυναμικής παρουσιάζει πολλές δυσκολίες κυρίως ως προς την κατανόηση και το διαχωρισμό εννοιών που σχετίζονται με αυτήν. Οι μαθητές/τριες δημιουργούν ένα ανεπαρκές γνωστικό πλαίσιο που περιορίζει την περαιτέρω δημιουργία νέας γνώσης ή και την εννοιολογική αλλαγή. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις που έχουν δημιουργηθεί από βιωματικές εμπειρίες της καθημερινότητας εμποδίζουν την ανάπτυξη νέας επιστημονικής γνώσης κυρίως γιατί ο/η μαθητής/τρια δεν αντιλαμβάνεται την ανάγκη αναζήτησης διαφορετικών επεξηγήσεων (Yeo & Zadnic, 2001).

3.6.1 Καθημερινή Γλώσσα και Γλώσσα των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης

Στον προφορικό λόγο και στις καθημερινές επαφές μας, κάποιες λέξεις έχουν διαφορετική σημασία από αυτήν που έχουν στην επιστήμη. Σε πολλούς τομείς αλλά περισσότερο στη θερμοδυναμική μελέτη, υπάρχουν τέτοιες έννοιες με διαφορετικό νόημα στην καθημερινή γλώσσα. Έτσι οι μαθητές/τριες μπορεί να μπερδευτούν εξαιτίας αυτού του γλωσσικού χάσματος ανάμεσα στον επιστημονικό ορισμό και στην καθημερινή σημασία μιας λέξης ή έννοιας της θερμότητας (Duit & Glynn, 1995; Chu et al., 2012).

Η χρήση της λέξης ‘θερμότητα’ και ‘ζέστη’ στην καθημερινή γλώσσα έχουν σχεδόν την ίδια έννοια, ενώ στην επιστήμη της φυσικής δεν υπάρχει η έννοια ζέστη και η έννοια της θερμότητας χρησιμοποιείται μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες.

Δεν θα πρέπει βέβαια να ενοχοποιήσουμε μόνο την καθημερινή γλώσσα αλλά και την γλώσσα που χρησιμοποιείται στην ίδια τη διδασκαλία. Πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στη γλώσσα που χρησιμοποιείται στα σχολικά εγχειρίδια αλλά κυρίως σε αυτή που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτές/τριες. Πρέπει να κατανοήσουμε ότι είναι απαραίτητο, πρώτα οι δάσκαλοι/ες και στη συνέχεια οι μαθητές/τριες, να δώσουν έμφαση στην αναγνώριση της διαφορετικότητας των εννοιών της θερμότητας στην επιστημονική και στην καθημερινή γλώσσα. (Georgiou & Sharma, 2012)

Η ονομασία πολλών αντικειμένων της καθημερινής μας ζωής όπως θερμοπομποί, θερμοσυσσωρευτές, αντλίες θερμότητας, θερμοφόρες, όπως και κάποιες διαδικασίες όπως ροή θερμότητας, απώλεια θερμότητας και θερμομόνωση ενισχύουν την δημιουργία της εντύπωσης ότι η θερμότητα είναι μια ποσότητα που περιέχεται στα σώματα και άρα μπορεί να ‘φύγει’ από το ένα σώμα και να πάει στο άλλο. Δημιουργείται η λανθασμένη εντύπωση ότι η θερμότητα αποθηκεύεται στα σώματα και ρέει σαν ρευστό από το ένα σώμα στο άλλο. (Καρανίκας, 1996). Ακόμη χρησιμοποιούμε συχνά εκφράσεις όπως «κλείσε την πόρτα να μη μπει κρύο» και «άρπαξα κρύωμα» οι οποίες δημιουργούν την αντίληψη ότι υπάρχουν δύο είδη θερμότητας, η ζέστη και το κρύο οι οποίες περιέχονται στα ζεστά ή κρύα σώματα αντίστοιχα.

Η αντίληψη ότι ‘η θερμότητα είναι ιδιότητα της ύλης’ όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ενισχύεται και ίσως δημιουργείται από εκφράσεις που ακούγαμε από μικρά παιδιά όπως : «φόρεσε κάτι ζεστό», «μην κάθεται στο πάτωμα είναι κρύο», «οι μάλλινες κουβέρτες είναι πιο ζεστές». Οι εκφράσεις αυτές υπονοούν ότι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο και όχι από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του. Δημιουργείται δηλαδή η αντίληψη ότι δύο σώματα που βρίσκονται για πολύ ώρα στον ίδιο χώρο – άρα βρίσκονται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας – μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία επειδή είναι κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό. Οι αντιλήψεις αυτές μετατρέπονται σε εδραιωμένες πεποιθήσεις, οι άνθρωποι τις αντιμετωπίζουν ως αδιαμφισβήτητες αλήθειες και αιτιολογούν τα φαινόμενα με βάση αυτές τις πεποιθήσεις και όχι τις επιστημονικές (Vosniadou, 1991; Georgiou & Sarma, 2012).

Η γλώσσα που χρησιμοποιείται από τα ΜΜΕ πολλές φορές υποπίπτει στα ίδια ατοπήματα όπως για παράδειγμα οι διαφημίσεις για μονωτικές κατασκευές. Μια από αυτές έχει τίτλο στο site της : «Μόνωση ταράτσας για την υγρασία τη ζέστη και το κρύο» (Μονώσεις Γιαννάτος, χ.χ.) ή σε μία άλλη εξηγεί τι είναι μόνωση : «Μόνωση ονομάζεται η απομόνωση ενός χώρου από υγρασία, θερμότητα, ψύχος και ήχο.» (Ασλανίδης Ανακαίνιση, χ.χ.).

Η βιβλιογραφία έχει πολλές μελέτες που επιβεβαιώνουν αυτές τις εναλλακτικές ιδέες όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.5.1.

3.6.2 Καθημερινή χρήση αντικειμένων

Η ευρεία χρήση κάποιων υλικών στην καθημερινή μας ζωή, πιθανών να δημιουργεί λανθασμένες αντιλήψεις για τις ιδιότητες ορισμένων σωμάτων. Για παράδειγμα τυλίγουμε πάντα το κολατσιό μας σε αλουμινόχαρτο για να το πάρουμε μαζί μας γιατί έτσι έκαναν και

οι γονείς μας. Δημιουργήθηκε έτσι η λανθασμένη πεποίθηση ότι το αλουμινόχαρτο είναι μονωτής, ενώ σε αυτή την περίπτωση το αλουμινόχαρτο αντανακλά τη θερμότητα εγκλωβίζοντάς την στο εσωτερικό.

Η χρήση κάποιων υλικών από την κοινωνία για σκοπούς που σχετίζονται με τη θερμότητα, όπως για παράδειγμα η χρήση του αλουμινόχαρτου, οδηγεί σε σύγχυση σχετικά με τους αγωγούς, τους μονωτές, την εκπομπή, την ανάκλαση και τον μηχανισμό με τον οποίο λειτουργούν σε διαφορετικές καταστάσεις (Yeo & Zadnik, 2001).

Παρόμοιες αφελείς παρανοήσεις μπορούν να δημιουργηθούν και από τη χρήση άλλων υλικών όπως τα εξωτερικά κουφώματα των σπιτιών μας. Κατασκευάζονται συνήθως από διπλά τζάμια δίνοντάς μας την εντύπωση ότι το γυαλί χρησιμοποιείται γιατί είναι μονωτής ενώ στην πραγματικότητα ο αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των δύο γυάλινων επιφανειών είναι αυτός που προσφέρει τη θερμική μόνωση. Επίσης οι γυάλινες συσκευασίες στα τρόφιμα και κυρίως στα ποτά ίσως δημιουργούν την λανθασμένη εντύπωση ότι το γυαλί είναι πολύ καλός μονωτής ενώ η χρήση της γυάλινης συσκευασίας οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το γυαλί είναι το πιο αδρανές και άρα ασφαλές υλικό για να χρησιμοποιηθεί στη διατήρηση τροφίμων και ποτών.

3.6.3 Σύγχυση Ορισμών σε Σχολικά Εγχειρίδια

Οι Doige & Day (2012) σε έρευνα για τους ορισμούς που χρησιμοποιούνται στα προπτυχιακά σχολικά βιβλία, αναφέρουν διαφορετική προσέγγιση της έννοιας «θερμότητα» σε πολλά από αυτά. Μελετήθηκαν ορισμοί της θερμότητας σε 79 σχολικά βιβλία θετικών επιστημών της Βόρειας Αμερικής με χρονολογία έκδοσης τα περισσότερα από το 2005-2012. Η έρευνα έδειξε ότι τα περισσότερα βιβλία Φυσικής και Χημείας δίνουν ένα ορισμό της θερμότητας σύμφωνο με την επιστημονική άποψη. Όμως στα σχολικά εγχειρίδια της Βιολογίας και της Γεωγραφίας-Γεωλογίας ο ορισμός της θερμότητας βασίζεται περισσότερο την κινητική ενέργεια, δηλαδή ορίζουν την θερμότητα ως το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των μορίων του σώματος. Υπάρχει δηλαδή αναντιστοιχία μεταξύ των διαφορετικών κλάδων των θετικών επιστημών ως προς τον ορισμό της έννοιας της θερμότητας. (Doige & Day, 2012).

Οι διαφορές αυτές στους ορισμούς μιας έννοιας μεταξύ των κλάδων των θετικών επιστημών προκαλούν σύγχυση και μπορεί να συμβάλλουν στην δημιουργία εναλλακτικών αντιλήψεων στους μαθητές/τριες, τις οποίες φέρουν μαζί τους και στις ακαδημαϊκές αίθουσες όπως επίσης και στις αίθουσες των σχολείων ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί.

Οφείλουμε να σημειώσουμε ότι ενώ τα σχολικά εγχειρίδια της Φυσικής και της Χημείας όπως αναφέραμε, στην πλειοψηφία τους ορίζουν επαρκώς επιστημονικά την έννοια της θερμότητας στη συνέχεια χρησιμοποιούν εκφράσεις που περιέχουν αντιφάσεις με τον ορισμό που έχει δοθεί. Εκφράσεις όπως «ροή θερμότητας», «μεταφορά θερμότητας», «απώλεια θερμότητας», «κέρδος θερμότητας», «απορρόφηση θερμότητας από το περιβάλλον», υπονοούν ότι υπάρχει μια οντότητα που προϋπάρχει στα σώματα και άρα μπορεί να μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή στο περιβάλλον. (Καρανίκας, 1996) (Doige & Day, 2012).

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου των Ιωαννίνων σχετικά με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας καθώς και η ικανότητά τους να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους σε καθημερινά προβλήματα ή καταστάσεις.

Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν είναι τα εξής:

1. Ποιες είναι οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος στην ενότητα της θερμότητας;
2. Υπάρχει μεταβολή των εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών στο πεδίο της θερμότητας από το 1^ο στο 4^ο έτος;
3. Να διερευνήσουμε τους συσχετισμούς που κάνουν οι φοιτητές/τριες μεταξύ μιας κατάλληλης έννοιας και της εξήγησης ενός καθημερινού φαινομένου.
4. Οι απαντήσεις των φοιτητών στα θερμικά φαινόμενα περιέχουν μια συνέπεια ως προς τη θεωρία που χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν παρόμοια φαινόμενα της καθημερινής ζωής;

4.2 Δείγμα

Το δείγμα αποτελείται από 424 φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου των Ιωαννίνων που φοιτούν στο Α΄ και στο Δ΄ έτος. Πιο συγκεκριμένα τα ερωτηματολόγια απαντήθηκαν από 161 πρωτοετείς και 263 τεταρτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες. Από αυτούς οι 75 ήταν αγόρια και οι 349 κορίτσια. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους συμμετέχοντες του Α΄ έτους πριν διδαχθούν το μάθημα της Φυσικής 'Βασικές Έννοιες στη Φυσική' άρα θεωρούμε ως γνώσεις τους, ό,τι διδάχθηκαν μέχρι την ολοκλήρωση της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

4.3 Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων στους φοιτητές του Παιδαγωγικού τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους

φοιτητές με ηλεκτρονικό τρόπο λόγω της πανδημίας του Covid-19 και συμπληρώθηκαν από 424 φοιτητές και φοιτήτριες που φοιτούσαν στο Α΄ και Δ΄ έτος.

Οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο που αφορά τις έννοιες της θερμότητας, της θερμοκρασίας και φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές και τα συναντάμε στην καθημερινή ζωή. Οι ερωτήσεις ήταν συνδυασμός κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής) και ανοιχτού τύπου (με σύντομη ανάπτυξη) με τη μορφή σεναρίου. Ακόμη οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικά με το ενδιαφέρον τους και την εμπιστοσύνη στο γνωστικό και στη διδασκαλία της Φυσικής καθώς και την κατεύθυνση σπουδών που ακολούθησαν στο λύκειο.

4.4 Ερευνητικό εργαλείο

4.4.1 Επιλογή ερευνητικού εργαλείου

Το ερευνητικό εργαλείο αποτελείται από 28 ερωτήσεις. Οι 24 προέρχονται από το τεστ αξιολόγησης θερμικών εννοιών TCE (Thermal Concept Evaluation) το οποίο επικυρώθηκε για την Ελλάδα από τους Στύλος, Σαργιώτη, Μαυρίδης και Κώτσης (2021). Έχει μεταφραστεί και επικυρωθεί στην Νότια Κορέα (Chu et al., 2012) και στην Τουρκία (Adadan & Yavuzkaya, 2018) και έχει χρησιμοποιηθεί σε άλλες χώρες χωρίς να επικυρωθεί. Το TCE που αναπτύχθηκε από τους Yeο και Zadnic αποτελείται από 26 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την αξιολόγηση της κατανόησης των θερμικών εννοιών και των εφαρμογών τους σε καθημερινά πλαίσια. Στην έρευνά μας χρησιμοποιήθηκαν επίσης δύο ερωτήσεις-σενάρια που προέρχονται από την προσαρμογή στα Ελληνικά του ερωτηματολογίου των Georgiou και Sharma (2011) και δύο ερωτήσεις σενάρια που προστέθηκαν σε αυτή την έρευνα από την ερευνητική ομάδα.

Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής οι απαντήσεις διαμορφώθηκαν λαμβάνοντας υπόψιν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών από τη διεθνή βιβλιογραφία. Έτσι σε κάθε μία αναδύεται μία ή περισσότερες εναλλακτικές αντιλήψεις. Στις ερωτήσεις – σενάρια οι φοιτητές/τριες καλούνται πρώτα να επιλέξουν την κατάλληλη έννοια που συνδέεται με το φαινόμενο και μετά να αιτιολογήσουν την επιλογή τους χρησιμοποιώντας την έννοια που επέλεξαν ή και άλλες έννοιες.

Τα σενάρια αναφέρονται σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

Στο Σενάριο-1 οι φοιτητές/τριες καλούνται να απαντήσουν γιατί έχουμε έντονη αίσθηση κρύου όταν περπατάμε στα πλακάκια σε σχέση με όταν περπατάμε στο χαλί.

Στο Σενάριο-2 ο Κωνσταντίνος επιλέγει τη γυάλινη συσκευασία αναψυκτικού, που τη νιώθει πιο κρύα, μεταξύ δύο συσκευασιών γυάλινης και πλαστικής. Οι φοιτητές/τριες πρέπει να επιλέξουν την κατάλληλη έννοια που εξηγεί το φαινόμενο και μετά, χρησιμοποιώντας αυτήν την έννοια ή και άλλες που θεωρεί κατάλληλες, να εξηγήσει πώς αυτή η έννοια βοηθά στην εξήγηση του φαινομένου.

Στα Σενάρια-3 και 4 οι φοιτητές/τριες καλούνται να επιλέξουν το υλικό στο οποίο θα τυλίξουν ένα αναψυκτικό για να παραμείνει κρύο ή ένα τοστ για να παραμείνει ζεστό και μετά αφού επιλέξουν την κατάλληλη έννοια να εξηγήσουν το αντίστοιχο φαινόμενο.

Τα δεδομένα μετά τη συλλογή τους εισήχθησαν στο λογισμικό IBM SPSS Statistics 28.0.1 και δημιουργήθηκε η τελική βάση δεδομένων σε μορφή αρχείου .sav όπου έγινε και η στατιστική ανάλυση.

4.4.2 Κωδικοποίηση απαντήσεων

Οι ερωτήσεις Q1 – Q24 είναι πολλαπλής επιλογής και σε κάθε μια περιέχεται μία απάντηση σύμφωνη με τις επιστημονικές θέσεις και 3 απαντήσεις που φιλοξενούν λανθασμένες – εναλλακτικές αντιλήψεις. Σε όλες τις ερωτήσεις χρησιμοποιείται μία κατάσταση της καθημερινής ζωής.

Στις ερωτήσεις – σενάρια Q25-Q28 οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να επιλέξουν μεταξύ 5 εννοιών της θερμότητας (μεταφορά θερμότητας, μεταφορά κρύου, θερμοκρασία, αγωγιμότητα, μόνωση) αυτή που θεωρούν ότι συνδέεται περισσότερο σε κάθε περίπτωση. Έπειτα τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν την έννοια αυτή και όποια άλλη θεωρούν απαραίτητη ώστε να εξηγήσουν το φαινόμενο που λαμβάνει χώρα σε κάθε περίπτωση.

Οι απαντήσεις στα σενάρια Q25-Q28 κωδικοποιήθηκαν λαμβάνοντας υπόψιν κυρίως την εναλλακτική ιδέα που περιέχουν και την αιτιολόγηση της θερμικής έννοιας που επέλεξαν για κάθε περίπτωση. Η κωδικοποίηση έγινε ανεξάρτητα από δύο φυσικούς αφού πρώτα ορίστηκαν οι βασικοί κωδικοί (Nodes). Οι κωδικοί προσαρμόστηκαν και εξελίχθηκαν κατά τη διάρκεια της κωδικοποίησης ανάλογα με τις ανάγκες που δημιούργησαν οι απαντήσεις των φοιτητών/τριών, όπως η εμφάνιση μιας εναλλακτικής ιδέας που δεν είχε προβλεφθεί. Κάθε απάντηση αντιστοιχίστηκε σε έναν κωδικό και μερικές φορές σε έναν ακόμη δευτερεύον. Οι κωδικοποιήσεις από τους δύο ερευνητές φυσικούς ελέγχθηκαν και σε όσες απαντήσεις δεν υπήρχε συμφωνία, συζητήθηκαν για να καταλήξουν σε έναν κοινώς αποδεκτό κωδικό. Με αυτόν τον τρόπο λήφθηκαν υπόψιν και απόψεις που υπονοούνταν από τα συμφραζόμενα χωρίς να αναφέρονται επί λέξει, όπως για παράδειγμα:

Φοιτητής/τρια 92: «η θερμοκρασία του αναψυκτικού είναι πιο χαμηλή μέσα στο γυάλινο μπουκάλι λόγω του υλικού».

Ο/Η φοιτητής/τρια εδώ αναφέρει σαφώς ότι το γυαλί είναι πιο κρύο, άρα κατατάσσεται στον κωδικό 2 (Different Temperature, βλέπε Πίνακα 2).

Διαβάζοντας την παρακάτω απάντηση:

Φοιτητής/τρια 53: «Είναι πιο εύκολη η αλλαγή θερμοκρασίας στο γυαλί από ότι στο πλαστικό. Λόγω του υλικού».

Καταλαβαίνουμε ότι ο/η φοιτητής/τρια πιστεύει ότι η γυάλινη και η πλαστική συσκευασία δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία άρα κατατάσσεται και αυτή στον κωδικό 2.

Πίνακας 2 Περιγραφή και καθορισμός κριτηρίων κόμβων από τις εξηγήσεις των φοιτητών

Κωδικός	Όνομα κωδικού	Τι αναφέρεται στην απάντηση
1	Fully Consistent Ολοκληρωμένη απάντηση	Απαντήσεις που αναφέρουν την αγωγιμότητα και τη μετάδοση θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα και δεν περιλαμβάνουν αντιφάσεις– παρανοήσεις.
2	Different Temperature. Πλακάκι–χαλί (ή Γυαλί–Πλαστικό) σε διαφορετική θερμοκρασία	Απαντήσεις που αναφέρουν ή υπονοούν ότι το χαλί και τα πλακάκια (ή η γυάλινη και η πλαστική συσκευασία) έχουν διαφορετική θερμοκρασία.
3	Tiles/Glass/Foil paper better Insulator Γυαλί/αλουμινοχαρτο/πλακάκι είναι καλύτερος μονωτής	Q25: απαντήσεις που αναφέρουν ότι το πλακάκι είναι κακός αγωγός της θερμότητας ή ότι το χαλί είναι καλύτερος αγωγός. (σύγχυση εννοιών) Q26: απαντήσεις που αναφέρουν ότι το γυαλί είναι καλύτερος μονωτής από το πλαστικό.

		Q27 και Q28: απαντήσεις που αναφέρουν ότι το αλουμινόχαρτο είναι μονωτής.
4	Cold Το κρύο είναι μια ουσία ή το κρύο μεταφέρεται	Οι φοιτητές αναφέρουν ότι το κρύο είναι μια ουσία που περιέχεται ή μεταφέρεται.
5	Reverse transfer Αντίστροφη μεταφορά ενέργειας	Μεταφέρεται θερμότητα από το πλακάκι στο πόδι μας.
6	Heat Transfer Η θερμότητα μεταφέρεται από τα ζεστά στα κρύα σώματα.	Απαντήσεις στις οποίες αναφέρεται μόνο η μεταφορά ή μετάδοση της θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας πλακακιού – ποδιού, χωρίς να αναφέρεται η αιτία της αίσθησης του κρύου, που είναι η αγωγιμότητα.
7	Temperature Η θερμοκρασία μεταφέρεται.	Απαντήσεις στις οποίες οι φοιτητές αναφέρουν ότι μεταφέρεται η θερμοκρασία από το ένα σώμα στο άλλο ή ένα σώμα περιέχει θερμοκρασία.
8	Plastic Η πλαστική μεμβράνη καλύτερος μονωτής.	Απαντήσεις που αναφέρουν την πλαστική μεμβράνη ως καλύτερο μονωτή από το μάλλινο ύφασμα.
9	Heat Ένα σώμα έχει θερμότητα.	Απαντήσεις που αναφέρουν ότι η θερμότητα είναι ουσία που περιέχεται στα σώματα, η θερμότητα απομακρύνεται, φεύγει ή αφαιρείται από τα σώματα.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

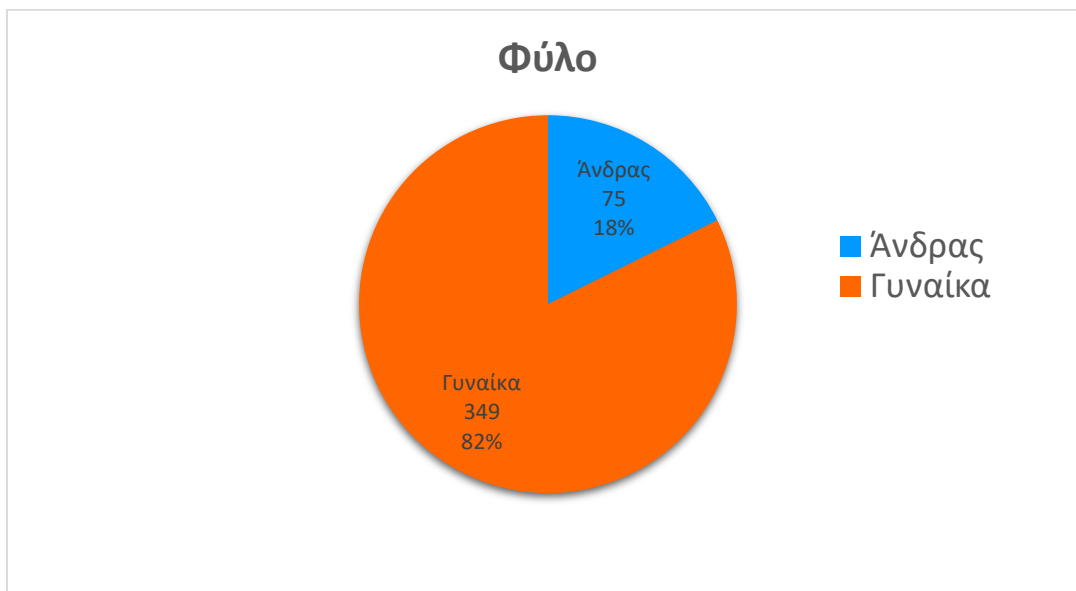
Σε αυτό το κεφάλαιο παραθέτουμε τα αποτελέσματα της έρευνας μετά από κωδικοποίηση κάθε απάντησης ανοιχτού τύπου και επεξεργασία των δεδομένων στο λογισμικό SPSS Statistics 28.01.

Ξεκινώντας με κάποια δημογραφικά στοιχεία για το δείγμα μας, κατεύθυνση στο λύκειο, φύλο, ενδιαφέρον για το μάθημα της Φυσικής, συνεχίσαμε στις εναλλακτικές αντιλήψεις που κουβαλούν μαζί τους στις ακαδημαϊκές σπουδές τους. Ακόμη παρουσιάζουμε συσχετισμούς μεταξύ των μεταβλητών.

5.1 Προφίλ φοιτητών/τριών

5.1.1 Φύλο

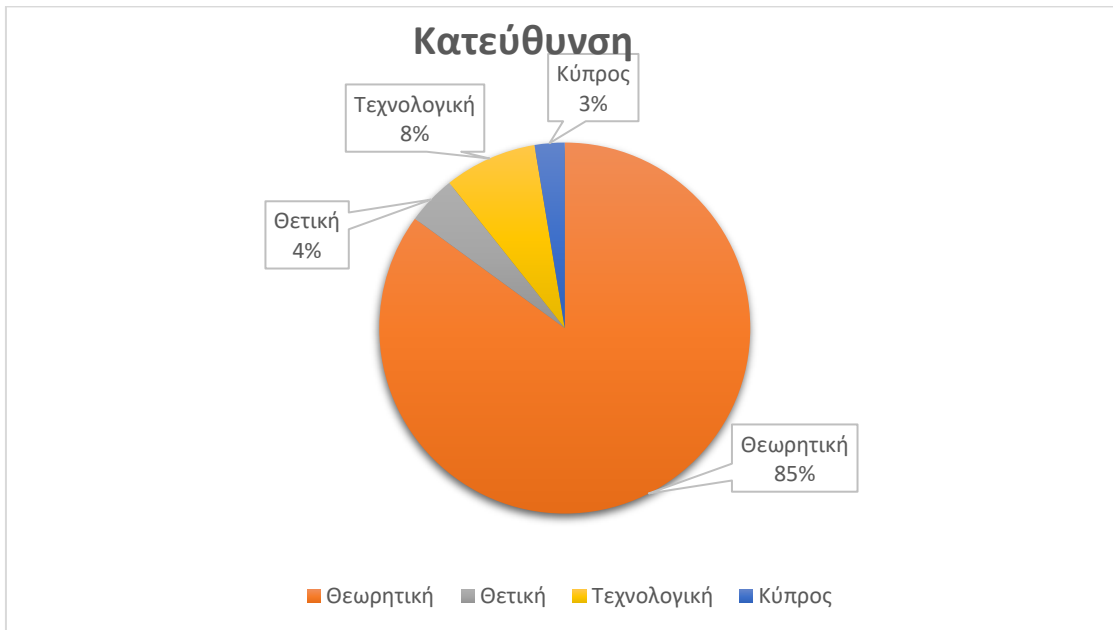
Η συντριπτική πλειοψηφία των παιδιών που εισάγονται στα παιδαγωγικά τμήματα της χώρας μας είναι κορίτσια. Η αναλογία των κοριτσιών και αγοριών στο δείγμα μας είναι 17,7% αγόρια και 82,3% κορίτσια.



Γράφημα 1. Κατανομή των φοιτητών και φοιτητριών ως προς το φύλο.

5.1.2 Κατεύθυνση σπουδών

Η κατεύθυνση σπουδών που είχαν ακολουθήσει στο λύκειο οι περισσότεροι/ες φοιτητές/τριες ήταν η 'Θεωρητική κατεύθυνση'. Λίγοι 8% από την 'Τεχνολογική' και ελάχιστοι 4,2% από την 'Θετική' κατεύθυνση.



Γράφημα 2. Κατεύθυνση σπουδών που ακολουθήθηκε στο Λύκειο.

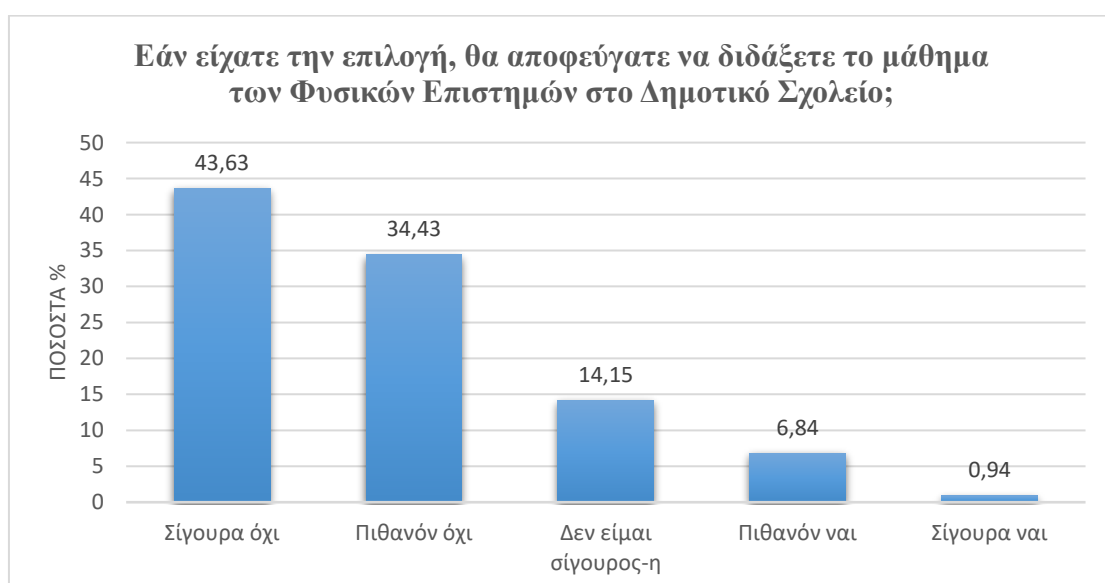
5.1.3 Ενδιαφέρον και Εμπιστοσύνη στο γνωστικό και τη διδακτική της Φυσικής

Οι συμμετέχοντες απάντησαν σε 2 ερωτήσεις για το ενδιαφέρον τους στο γνωστικό της Φυσικής και την διδασκαλία της και σε 2 ερωτήσεις για την εμπιστοσύνη που νιώθουν για τις γνώσεις τους στις έννοιες της Φυσικής και την διδακτική μεθοδολογία της. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 3, στον οποίο παρατηρούμε ότι το ενδιαφέρον των φοιτητών/τριών είναι αρκετό έως πολύ για περισσότερους από τους μισούς φοιτητές ενώ η εμπιστοσύνη που νιώθουν είναι μέτρια σε ποσοστό από 50%-60%. Δηλαδή ενώ ενδιαφέρονται για το μάθημα της Φυσικής δεν νιώθουν μεγάλη εμπιστοσύνη στις γνώσεις τους και στη μεθοδολογία του μαθήματος αυτού.

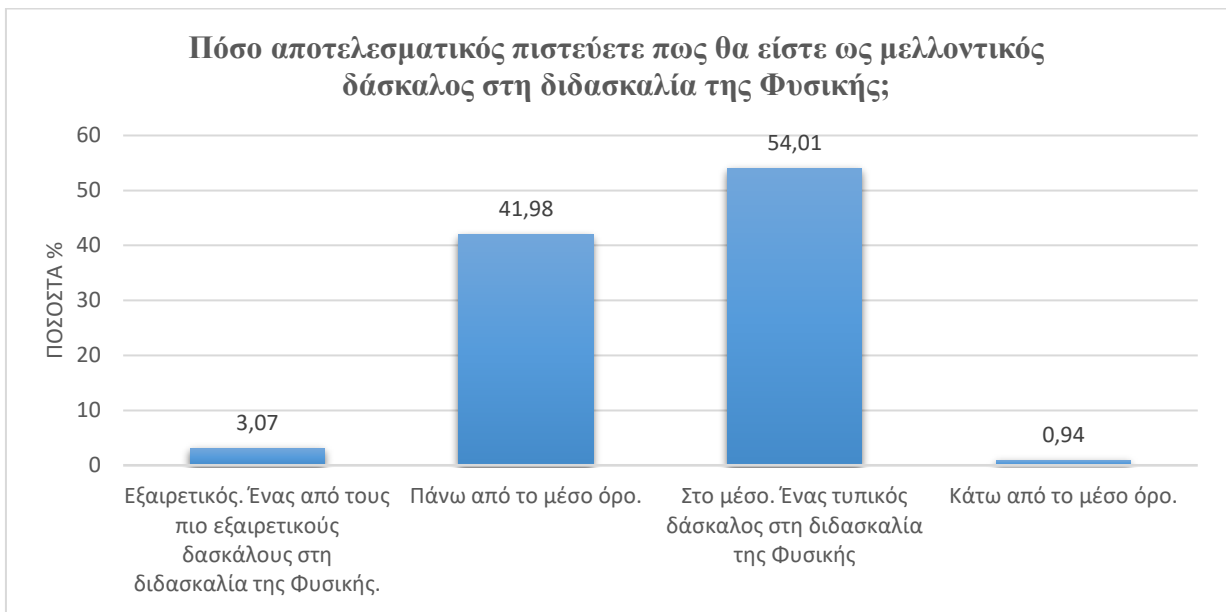
Πίνακας 3 Συχνότητες και ποσοστά ενδιαφέροντος και εμπιστοσύνης στο γνωστικό και τη διδακτική

	Ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο		Ενδιαφέρον για τη διδασκαλία		Εμπιστοσύνη για τις γνώσεις στις έννοιες		Εμπιστοσύνη για τις γνώσεις στη διδακτική	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Καθόλου-Λίγο	45	10,6%	33	7,8%	65	15,3%	86	20,3%
Μέτριο	162	38,2%	140	33,0%	250	59,0%	224	52,8%
Αρκετό-Πολύ	217	51,2%	251	59,2%	109	25,7%	114	26,9%

Ακόμη απάντησαν σε ερώτηση για το αν θα απέφευγαν να διδάξουν το μάθημα της Φυσικής καθώς και πόσο αποτελεσματικοί πιστεύουν ότι θα είναι ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία της Φυσικής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω Διαγράμματα 1 και 2 από τα οποία παρατηρούμε ότι οι φοιτητές δεν έχουν πρόθεση να αποφύγουν τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής καθώς 78% αυτών απαντούν ‘σίγουρα όχι’ ή ‘πιθανόν όχι’ στην περίπτωση να αποφύγουν τη διδασκαλία του μαθήματος. Πιστεύουν επίσης ότι η αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία της Φυσικής θα είναι ‘πάνω από το μέσο όρο’ ή ‘στο μέσο όρο σαν ένας τυπικός δάσκαλος’ σε ποσοστό αθροιστικά 96%.



Διάγραμμα 1. Θα απέφευγαν οι φοιτητές/τριες να διδάξουν το μάθημα της Φυσικής;



Διάγραμμα 2. Αποτελεσματικότητα ως μελλοντικός δάσκαλος.

5.1.4 Δημιουργία παράγοντα εμπιστοσύνης.

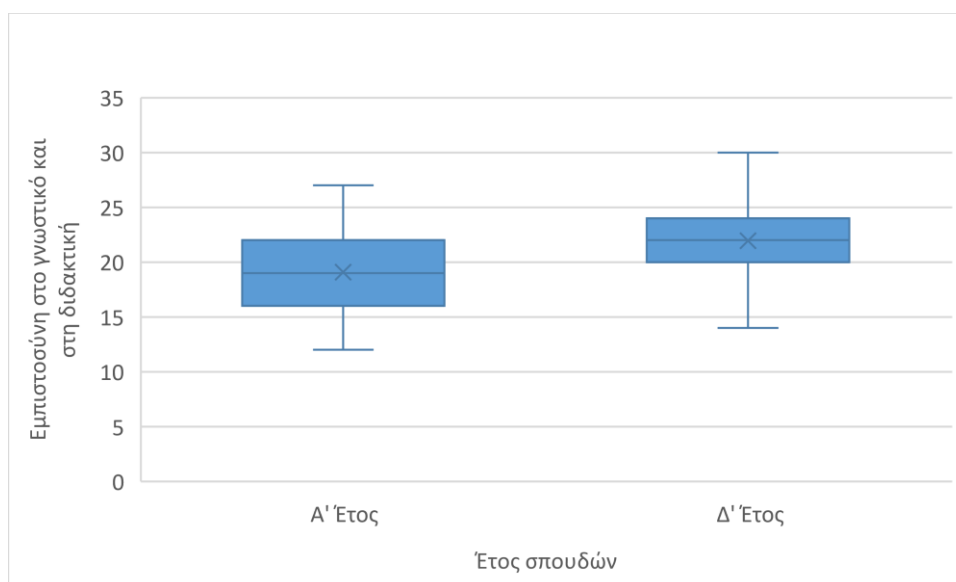
Μια ομάδα ερωτήσεων (v1-v6) αφορούν τις προσωπικές αντιλήψεις για το ενδιαφέρον των φοιτητών/τριών στο γνωστικό αντικείμενο και τη διδακτική της φυσικής καθώς και για την εμπιστοσύνη που νιώθουν αντίστοιχα για τις γνώσεις τους στο αντικείμενο της φυσικής και στην διδακτική της μεθοδολογία. Πραγματοποιήθηκε παραγοντική ανάλυση και ο δείκτης $KMO = 0,823 > 0,8$ δείχνει ότι έχουμε καλή εσωτερική συνοχή του παράγοντα, με $p(\text{Bartlett's test of Sphericity}) < 0,001$.

Μετά από αντιστροφή των ερωτήσεων v3 και v4, δημιουργήσαμε μια νέα μεταβλητή που εκφράζει την εμπιστοσύνη που έχουν οι φοιτητές/τριες στις γνώσεις στους για το γνωστικό αντικείμενο των φυσικών επιστημών και τη διδακτική τους.

Στον έλεγχο αξιοπιστίας για τη μεταβλητή που αφορά την εμπιστοσύνη των φοιτητών/τριών για το γνωστικό και τη διδακτική των φυσικών επιστημών, βρέθηκε ο συντελεστής Cronbach's Alpha = 0,816. Η παραγοντική ανάλυση έδειξε ότι το μοντέλο εξηγεί το 53,959% της διακύμανσης άρα η σύνθεση αυτών των ερωτήσεων σε έναν δείκτη δίνει μια μεταβλητή με μέτριο δείκτη συνοχής.

5.1.5 Σύγκριση μέσων όρων της Εμπιστοσύνη ως προς το έτος σπουδών

Ο έλεγχος κανονικότητας της μεταβλητής ‘Εμπιστοσύνη’ για κάθε έτος σπουδών έδειξε ότι δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή οπότε έγινε έλεγχος με το κριτήριο Mann – Whitney για ανεξάρτητα δείγματα ο οποίος έδειξε ότι η εμπιστοσύνη των φοιτητών/τριών στο γνωστικό και τη διδακτική της Φυσικής σχετίζεται με το έτος φοίτησης. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εμπιστοσύνης που δηλώνουν οι φοιτητές/τριες του Α΄ έτους (Μ.Ο.=19,0683 με SD=3,60923) σε σχέση με την εμπιστοσύνη των φοιτητών του Δ΄ έτους (Μ.Ο.=21,9506 με SD=2,85686) με $p < 0,001$. Άρα οι φοιτητές/τριες του Δ΄ έτους έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και εμπιστοσύνη στο γνωστικό και στη διδακτική της Φυσικής από τους/τις φοιτητές/τριες του Α΄ έτους.



Γράφημα 3. Μέσες τιμές εμπιστοσύνης για κάθε έτος σπουδών (Μέσοι όροι και διαστήματα εμπιστοσύνης)

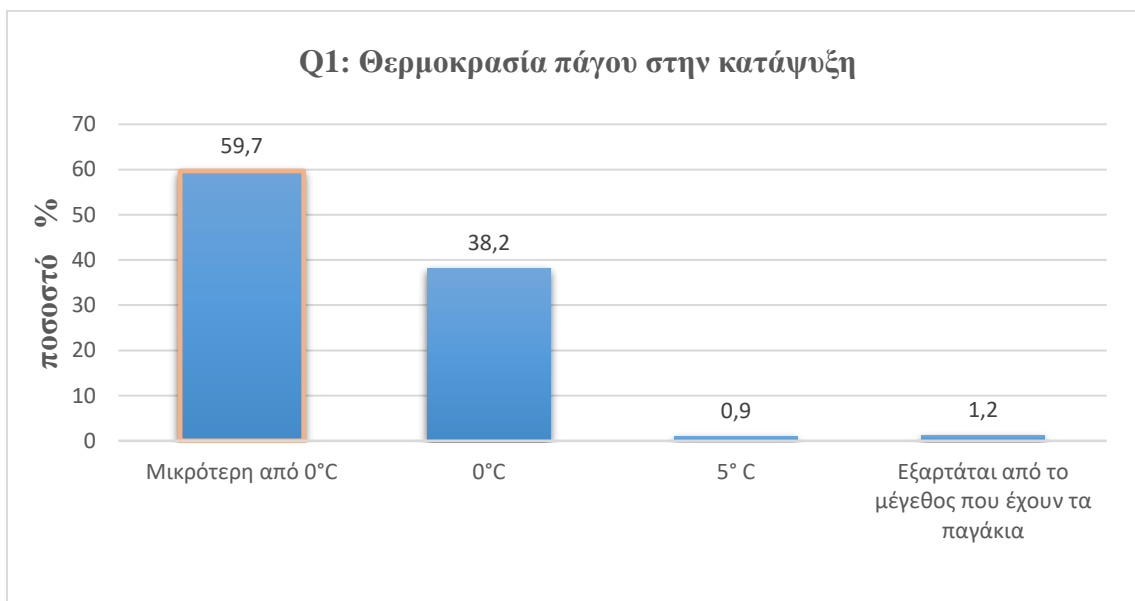
ΜΕΡΟΣ 1^ο ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

5.2 Εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε τις ερωτήσεις χωρισμένες σε ομάδες. Η κάθε ομάδα περιλαμβάνει ερωτήσεις που στοχεύουν στην ίδια εναλλακτική αντίληψη ή από τις οποίες απορρέουν παρόμοια συμπεράσματα.

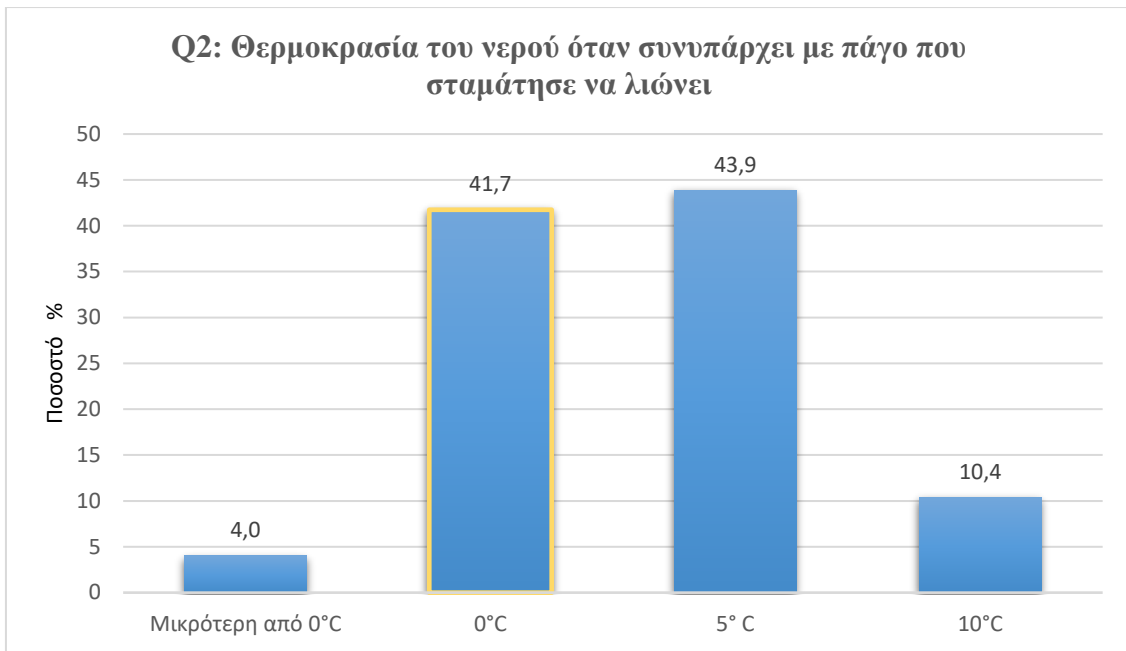
5.2.1 Αντιλήψεις για την θερμοκρασία του πάγου: Τήξη – πήξη

Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες σε ερώτηση που αφορά την θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια που βρίσκονται στην κατάψυξη, έδωσαν τις απαντήσεις που φαίνονται στο Διάγραμμα 3, σύμφωνα με τον οποίο το 59,7% αυτών έδωσαν τη σωστή απάντηση, δηλαδή τα παγάκια βρίσκονται σε θερμοκρασία μικρότερη από 0°C ενώ μεγάλο ποσοστό 38,2% απάντησε πως ο πάγος στην κατάψυξη έχει 0°C, θεωρώντας ότι ο πάγος βρίσκεται πάντα σε θερμοκρασία 0°C.



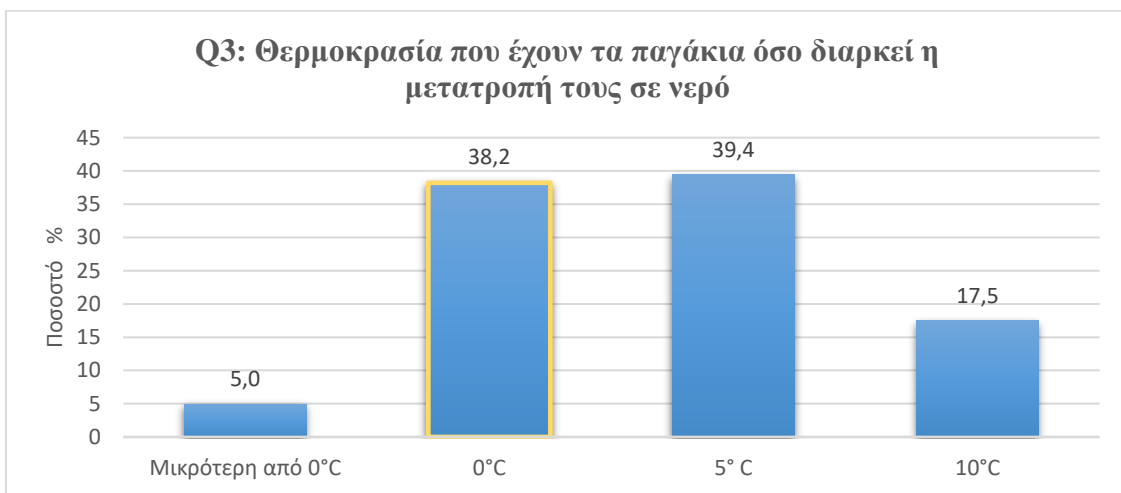
Διάγραμμα 3. Θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια στην κατάψυξη.

Στην ερώτηση 2 ζητήθηκε από τους/τις φοιτητές/τριες να επιλέξουν τη θερμοκρασία του νερού που συνυπάρχει με πάγο που σταμάτησε να λιώνει. Όπως φαίνεται στον Διάγραμμα 4, το 41,7% των φοιτητών/τριών του παιδαγωγικού τμήματος που πήραν μέρος στην έρευνα, γνωρίζουν την θερμοκρασία όπου συνυπάρχουν πάγος και νερό (0°C), όμως το 43,9% απάντησε πως η θερμοκρασία του νερού μπορεί να είναι 5° C και ένα 10,4% πιστεύει πως η θερμοκρασία του μπορεί να είναι 10°C. Υπάρχει και ένα 4,0% που απαντά πως η θερμοκρασία του νερού μπορεί να είναι μικρότερη από 0°C. Συνολικά περίπου 54% των φοιτητών/τριών πιστεύουν πως το νερό που συνυπάρχει με τον πάγο σε ισορροπία έχει θερμοκρασία 5° C ή 10° C.



Διάγραμμα 4. Θερμοκρασία του νερού που συνυπάρχει σε ισορροπία με παγάκια που έχουν σταματήσει να λιώνουν.

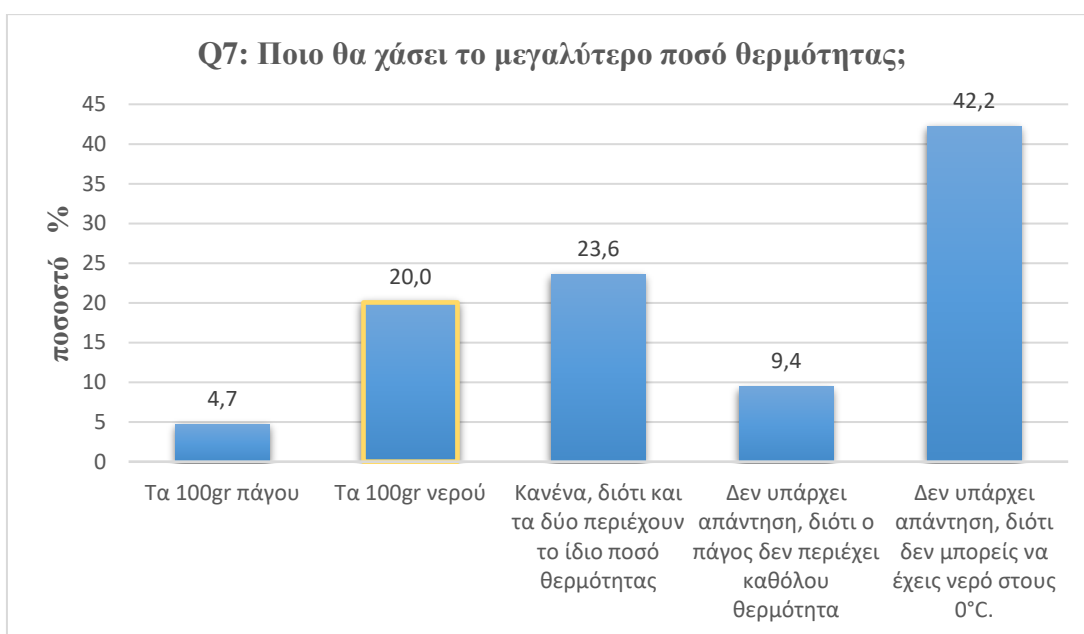
Στην ερώτηση 3 ζητήθηκε η θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια όσο διαρκεί η μετατροπή τους σε νερό. Τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα με αυτά της προηγούμενης ερώτησης. Από το Διάγραμμα 5 αξίζει να αναφέρουμε ότι 39,4% των ερωτηθέντων πιστεύει ότι ο πάγος βρίσκεται σε θερμοκρασία 5° C και 17,5% πιστεύει πως η θερμοκρασία του πάγου που λιώνει είναι 10°C.



Διάγραμμα 5. Θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια όσο διαρκεί η μετατροπή τους σε νερό.

Από τις απαντήσεις που αναφέρθηκαν παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών/τριών 56,9% πιστεύει ότι υπάρχει πάγος σε θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση από 5° C.

Στην ερώτηση 7 ζητήθηκε από τους/τις φοιτητές/τριες να επιλέξουν ποιο θα χάσει τελικά μεγαλύτερο ποσό ενέργειας-θερμότητας, αν τοποθετήσουμε στην κατάψυξη 100gr πάγου και 100gr νερού. Στο παρακάτω Διάγραμμα 6 φαίνεται η αδυναμία σύνδεσης της ερώτησης με τη λανθάνουσα θερμότητα όμως έχει ενδιαφέρον ότι αποκαλύπτεται και ενισχύεται η ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών για την έννοια της 'θερμότητας που περιέχεται στα σώματα' και για τη θερμοκρασία συνύπαρξης νερού – πάγου. Έτσι από τα στοιχεία του διαγράμματος αναφέρουμε ότι μόνο το 20% των φοιτητών/τριών επέλεξαν την σωστή απάντηση δηλαδή ότι τα 100gr νερού θα απορροφήσουν μεγαλύτερο ποσό ενέργειας, 33% επικαλέστηκαν την ύπαρξη της θερμότητας που περιέχεται στον πάγο ή στο νερό και 42,2% πιστεύουν ότι «δεν μπορείς να έχεις νερό στους 0°C»



Διάγραμμα 6. Τα 100gr πάγου ή τα 100gr νερού θα χάσουν περισσότερη θερμότητα αν τοποθετηθούν στην κατάψυξη;

Από τον παρακάτω συγκεντρωτικό Πίνακα 4 παρατηρούμε ότι οι φοιτητές/τριες του ΠΤΔΕ δεν έχουν ξεκάθαρη γνώση για τη θερμοκρασία του πάγου όταν είναι στην κατάψυξη και όταν έχει ξεκινήσει να λιώνει. Παρατηρούμε μεγαλύτερη αδυναμία στην κατανόηση της λανθάνουσας θερμότητας δηλαδή ότι ένα μέρος της ενέργειας που απορροφά ο πάγος

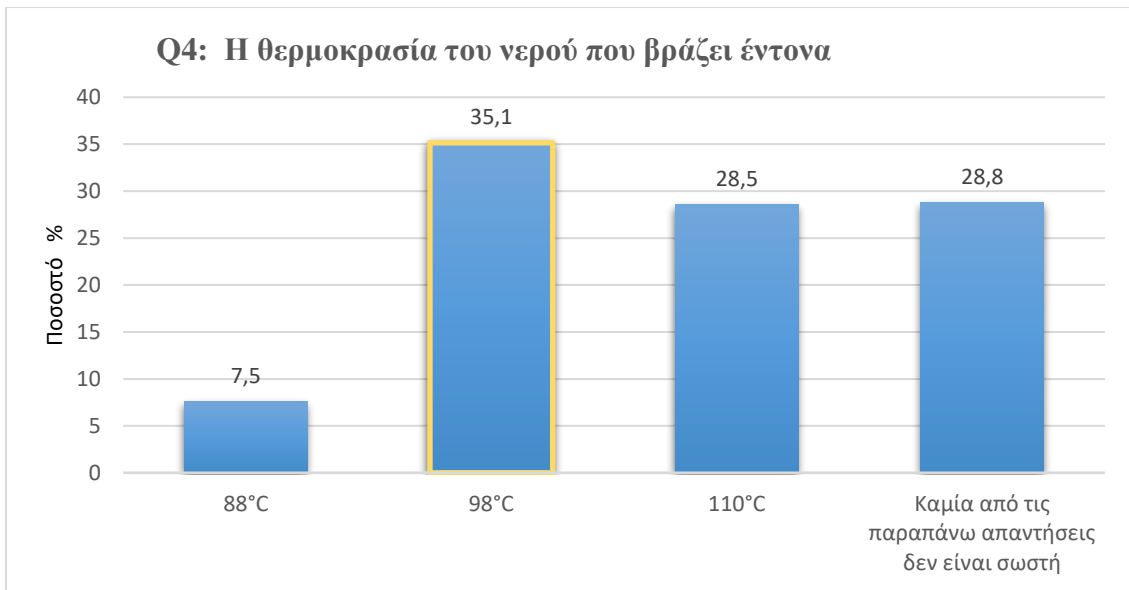
επιφέρει την αλλαγή της κατάστασής του και όχι την αύξηση της θερμοκρασίας του και έτσι ο πάγος έχει σταθερή θερμοκρασία περίπου 0°C όση ώρα διαρκεί η τήξη του.

Πίνακας 4 Επίδοση για τις ερωτήσεις που αφορούν την τήξη του πάγου

Ερώτηση	Ποσοστά Σωστών απαντήσεων %
Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια όταν βρίσκονται στην κατάψυξη του ψυγείου;	59,7
Ο Γιώργος παίρνει έξι παγάκια από την κατάψυξη και βάζει τέσσερα από αυτά σε ένα ποτήρι με νερό και αφήνει τα υπόλοιπα δύο στον πάγκο της κουζίνας. Ανακατεύει τα παγάκια που βρίσκονται στο ποτήρι μέχρι αυτά να γίνουν πολύ μικρότερα και να έχουν σταματήσει να λιώνουν. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία του νερού σε αυτό το στάδιο;	41,7
Τα παγάκια που άφησε ο Γιώργος στον πάγκο έχουν σχεδόν λιώσει και βρίσκονται σε μια λιμνούλα νερού. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχουν τα μικρότερα παγάκια;	38,2

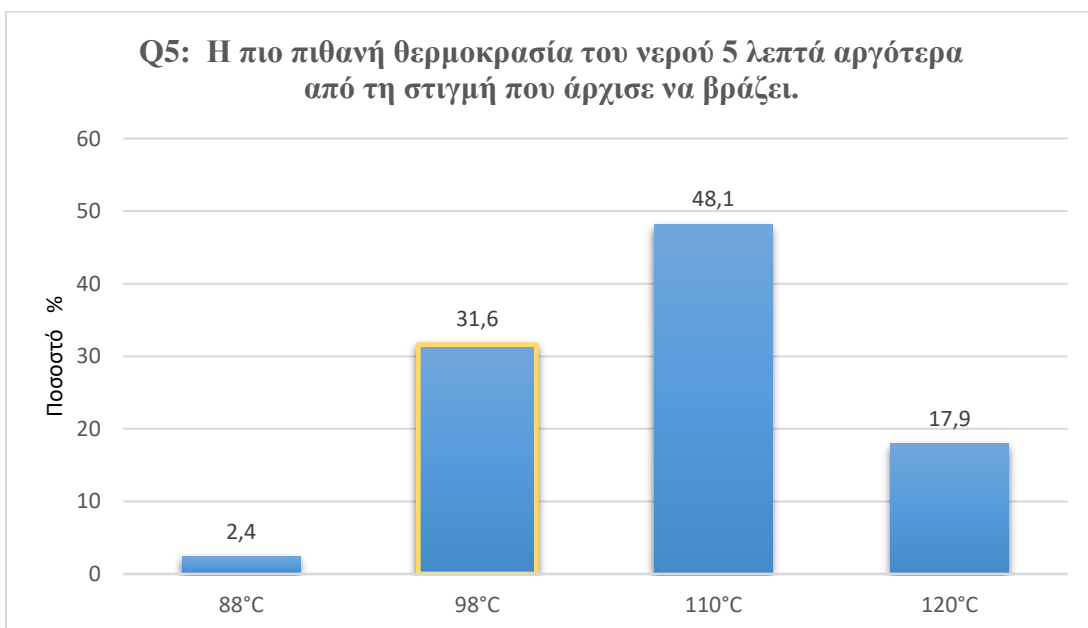
5.2.2 Αντιλήψεις για την θερμοκρασία του νερού που βράζει.

Στην ερώτηση 4 ζητήθηκε από τους/τις φοιτητές/τριες να επιλέξουν την θερμοκρασία του νερού που έχει αρχίσει να βράζει γρήγορα. Από τα στοιχεία που φαίνονται στο Διάγραμμα 7 προκύπτει ότι 35% των ερωτηθέντων γνωρίζει την σωστή θερμοκρασία βρασμού του νερού περίπου 98°C ενώ ένα 28,5% αυτών απάντησαν ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει είναι 110°C (θερμοκρασία στην οποία το νερό θα είχε ήδη μετατραπεί σε ατμό). Υπάρχει και ένα 28,8% των φοιτητών/τριών που απάντησαν πως καμία από τις θερμοκρασίες που αναφέρονται δεν είναι σωστές αρνούμενοι προφανώς να δεχτούν πως η θερμοκρασία βρασμού του νερού της βρύσης μπορεί να είναι κάτι διαφορετικό από 100°C.



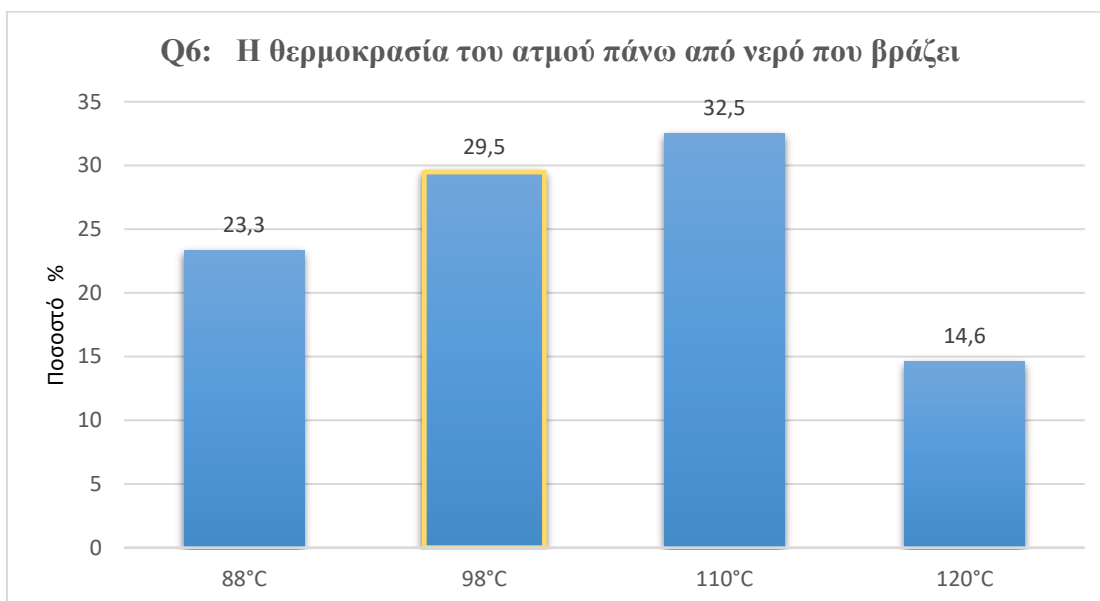
Διάγραμμα 7. Η πιθανή θερμοκρασία που έχει το νερό όταν έχει αρχίσει να βράζει γρήγορα.

Στη ερώτηση 5 ζητήθηκε η θερμοκρασία του νερού όσο διαρκεί ο βρασμός (5 λεπτά μετά την έναρξη του βρασμού). Στον Διάγραμμα 8 τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μόνο το 31,6% δήλωσαν ότι η θερμοκρασία του νερού όσο διαρκεί ο βρασμός παραμένει σταθερή ενώ το 2 στους 3 πιστεύουν ότι όσο βράζει το νερό αυξάνεται η θερμοκρασία του αφού απάντησαν ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει είναι 110°C (48,1%) και 120°C (17,9%).



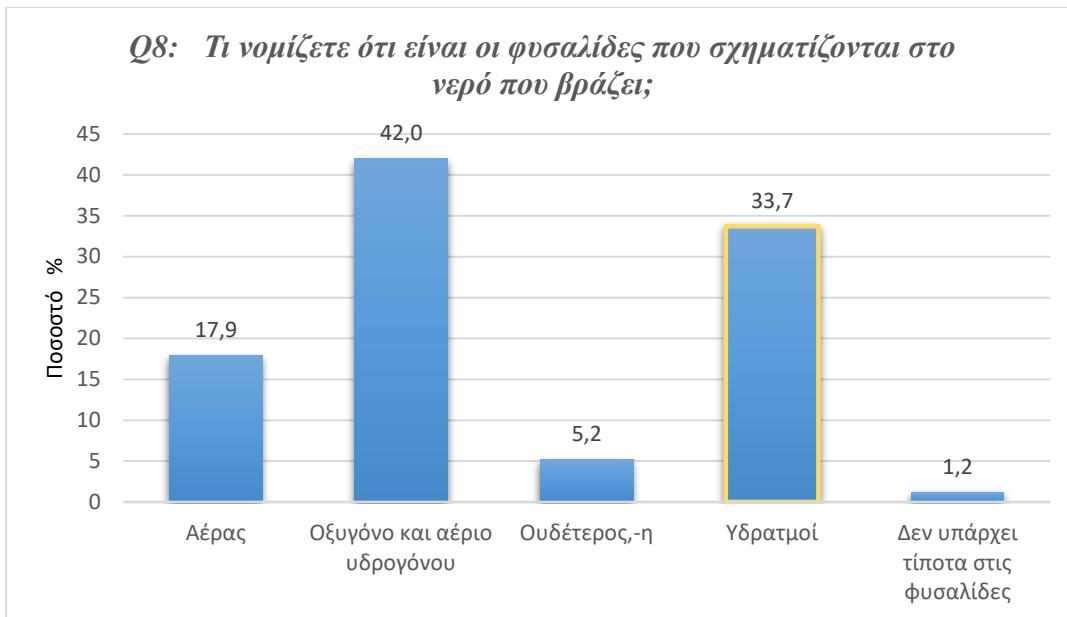
Διάγραμμα 8. Η θερμοκρασία του νερού στη διάρκεια του βρασμού.

Στην ερώτηση 6 ζητήθηκε η θερμοκρασία του ατμού πάνω από το νερό που βράζει. Οι απαντήσεις είναι διαμοιρασμένες όπως βλέπουμε και στον Διάγραμμα 9 περίπου 30% δίνει τη σωστή θερμοκρασία του ατμού πάνω από το νερό (98°C) ενώ 23,3% δηλώνει ότι η θερμοκρασία του ατμού είναι 88°C δηλαδή θερμοκρασία στην οποία οι ατμοί υγροποιούνται. Ένα μεγάλο μέρος των φοιτητών/τριών σε ποσοστό (32,5+14,6) 47,1% έχει την εντύπωση ότι η θερμοκρασία των ατμών μπορεί να αυξάνεται όσο διαρκεί ο βρασμός.



Διάγραμμα 9. Η θερμοκρασία του ατμού πάνω νερό που βράζει.

Τέλος σε ερώτηση που αφορά τη σύσταση των φυσαλίδων που δημιουργούνται μέσα στο νερό κατά τη διάρκεια του βρασμού του, το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητών/τριών 42% απάντησαν πως είναι οξυγόνο και αέριο υδρογόνο (δηλαδή όταν το νερό βράζει διασπάται στα συστατικά του), περίπου 18% πως οι φυσαλίδες έχουν αέρα και περίπου 34% πως είναι υδρατμοί.



Διάγραμμα 10. Σύσταση των φυσαλίδων κατά τη διάρκεια του βρασμού.

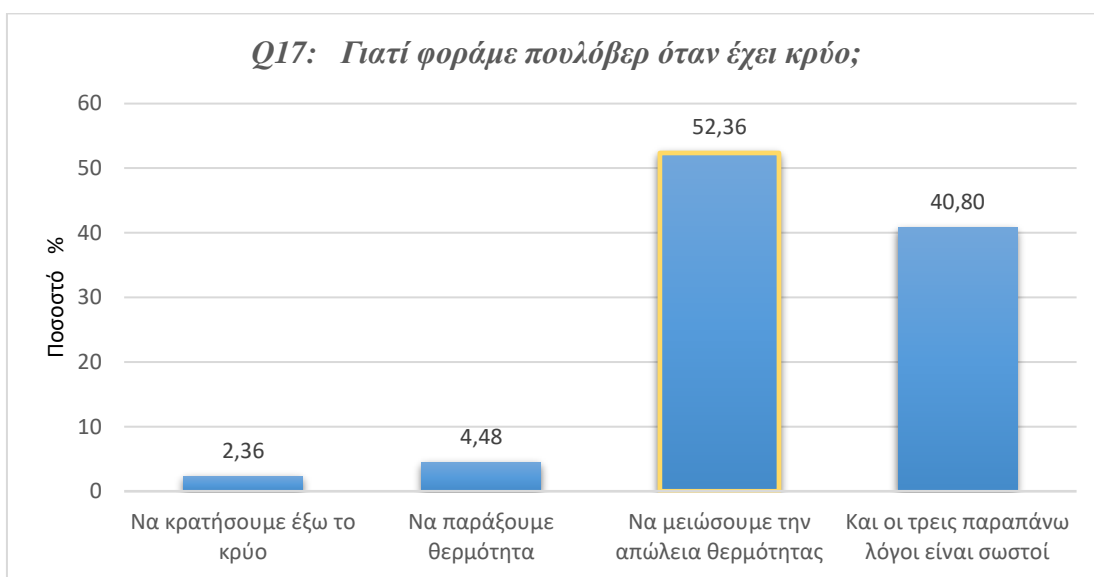
5.2.3 Αντιλήψεις για την μεταφορά ενέργειας – Αγωγή θερμότητας

Σε ερώτηση που αφορά το τι συμβαίνει όταν κρύνουμε τα αυγά σε νερό, φαίνεται στο Διάγραμμα 11 πως 44,6% πιστεύουν ότι η ‘θερμοκρασία’ μεταφέρεται από τα αυγά στο νερό, 10,1% ότι το κρύο κινείται από το νερό στα αυγά και 38,7% συμφωνούν με την επιστημονική εξήγηση ότι ενέργεια μεταφέρεται από τα αυγά στο νερό.



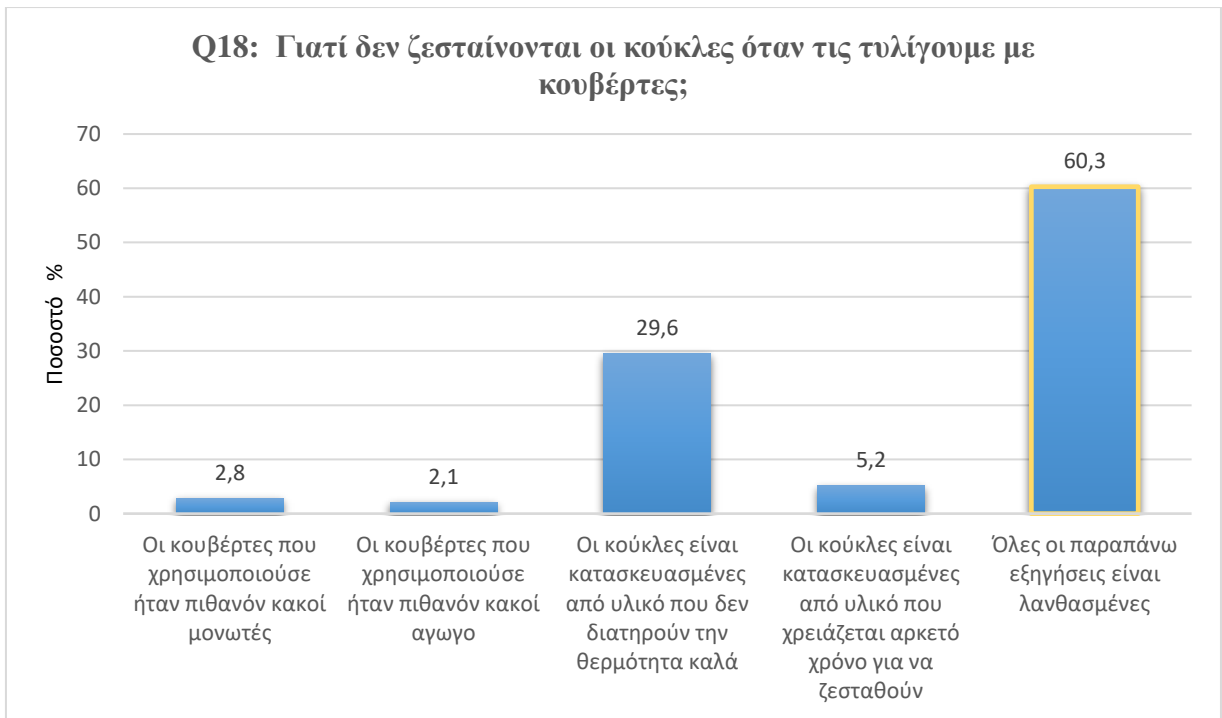
Διάγραμμα 11. Όταν κρύνουμε τα αυγά σε κρύο νερό.

Στην ερώτηση 17 διερευνούμε τις απόψεις των φοιτητών/τριών για το λόγο που φοράμε πουλόβερ όταν έχει κρύο. Στο Διάγραμμα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης όπου παρατηρούμε ότι 52,4% των φοιτητών/τριών γνωρίζει ότι φοράμε πουλόβερ για να μειώσουμε την απώλεια θερμότητας ενώ ένα μικρό ποσοστό 4,5%, πιστεύει ότι φορώντας πουλόβερ μπορούμε να παράξουμε θερμότητα. Μεγάλο ποσοστό 40,8% δεν απορρίπτει την άποψη ότι «κρατάμε το κρύο έξω» ή ότι «παράγουμε θερμότητα φορώντας πουλόβερ» επιλέγοντας την απάντηση ότι και οι τρεις παραπάνω λόγοι είναι σωστοί.



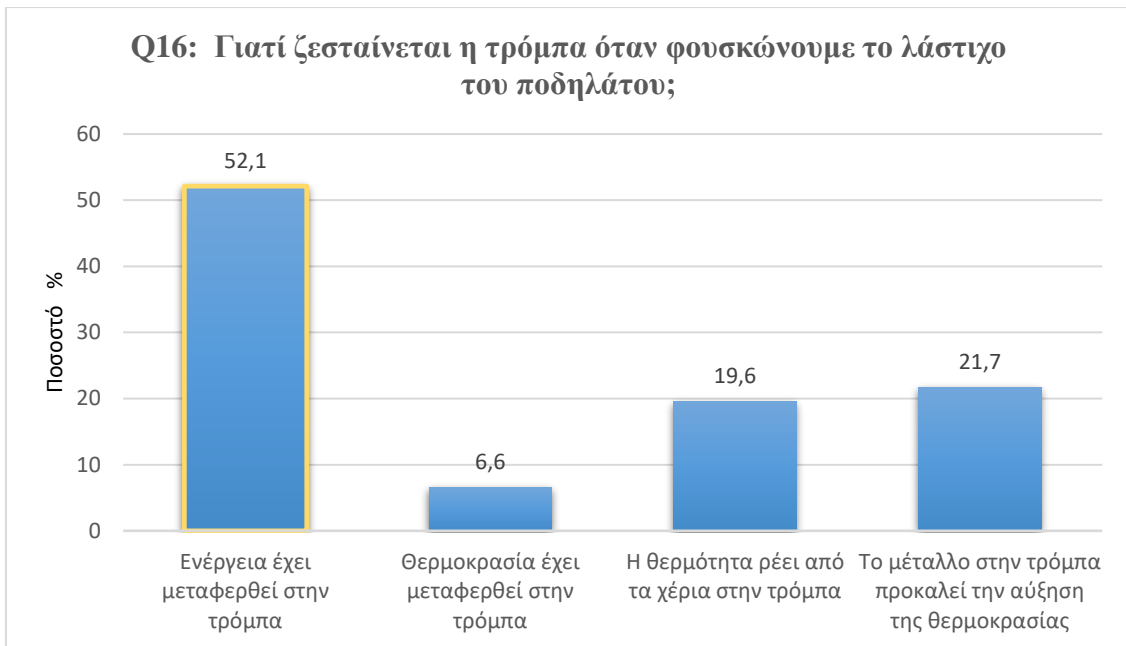
Διάγραμμα 12. Αιτία που φοράμε πουλόβερ όταν έχει κρύο.

Όταν οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να εξηγήσουν γιατί όταν τυλίγουμε τις κούκλες με κουβέρτες αυτές δεν ζεσταίνονται, περίπου 30% απέδωσαν την αδυναμία αυτή στο υλικό της κούκλας το οποίο 'δεν διατηρεί καλά τη θερμότητα'. Μικρό ποσοστό 5,2% απάντησε ότι το υλικό της κούκλας χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ζεσταθεί και 60,1% δεν υποστήριξε καμία εναλλακτική αντίληψη (βλ. Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13. Γιατί δεν ζεσταίνονταν οι κούκλες όταν τις τυλίγαμε με κουβέρτες.

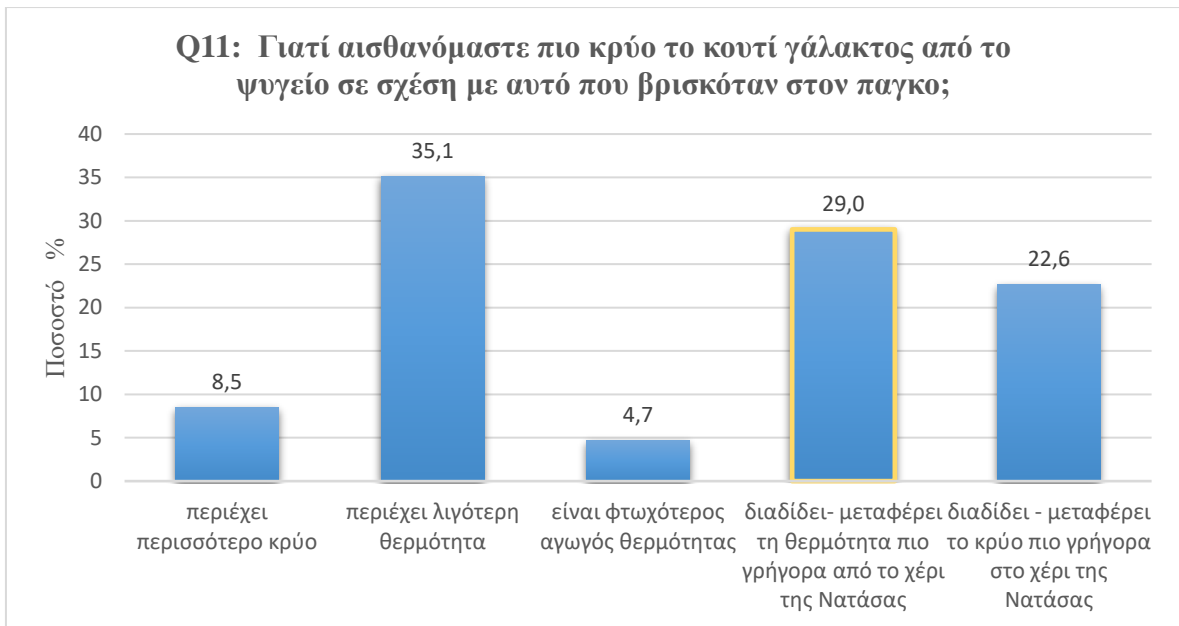
Σε ερώτηση που αφορά το φαινόμενο κατά το οποίο η τρόμπα ποδηλάτου ζεσταίνεται όταν φουσκώνουμε ένα λάστιχο, η πλειοψηφία 52% δίνει την επιστημονικά σύμφωνη απάντηση πως μεταφέρεται ενέργεια στην τρόμπα. Σημαντικά όμως ποσοστά, περίπου 20% πιστεύει πως η τρόμπα ζεσταίνεται από τη θερμότητα των χεριών μας και περίπου 22% πως το υλικό της τρόμπας, το μέταλλο, προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας (βλ. Διάγραμμα 14).



Διάγραμμα 14. Αιτία θέρμανσης της τρόμπας όταν φουσκώνουμε τα λάστιχα.

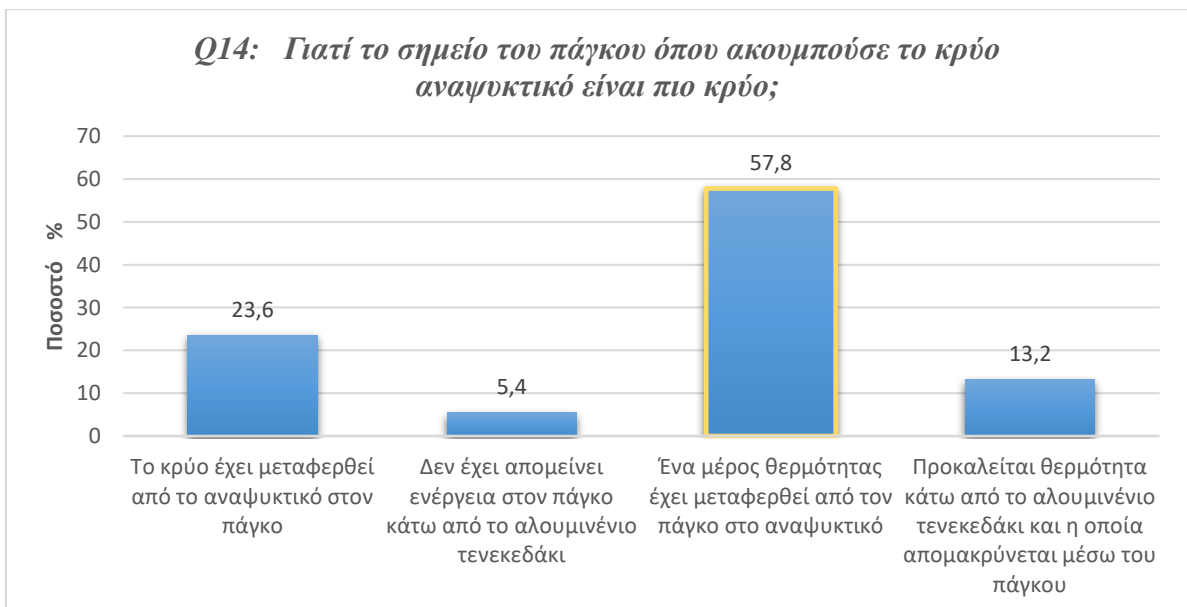
5.2.4 Αντιλήψεις για την αγωγιμότητα

Σε ερώτηση γιατί αισθανόμαστε πιο κρύο το κουτί με το γάλα που ήταν στο ψυγείο σε σχέση με αυτό που βρισκόταν στον πάγκο της κουζίνας παρατηρούμε στο Διάγραμμα 15 ότι 35% απαντά ότι το κουτί στο ψυγείο περιέχει λιγότερη θερμότητα, ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό που δίνει την επιστημονικά σωστή απάντηση 29% ότι δηλαδή μεταφέρεται θερμότητα πιο γρήγορα από το χέρι στο κουτί,. Ένα ποσοστό 22,6% δηλώνει ότι το κρύο μεταφέρεται από το κουτί στο χέρι και μικρό μέρος των φοιτητών/τριών 8,5% υποστηρίζει ότι το κουτί στο ψυγείο περιέχει περισσότερο κρύο. Η αξιοσημείωτη εναλλακτική ιδέα της ύπαρξης μιας ποσότητας ή έννοιας του ‘κρύου’ που περιέχεται στα σώματα ή μεταφέρεται από ένα σώμα στο άλλο, όπως από το κρύο κουτί στον πάγκο, εμφανίζει αθροιστικό ποσοστό 31%. Δηλαδή σχεδόν το 1/3 των φοιτητών του ΠΤΔΕ χρησιμοποιεί την έννοια της ‘κρύας’ ποσότητας.



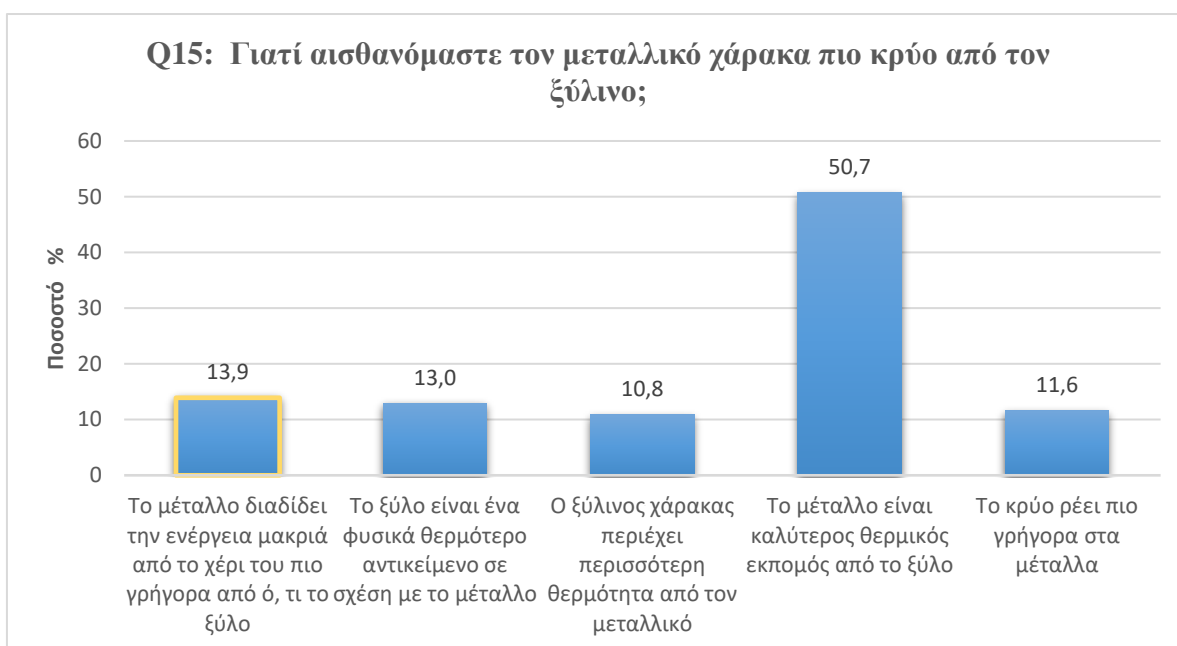
Διάγραμμα 15. Αιτία πιο κρύας αίσθησης του κουτιού από το ψυγείο.

Και στην ερώτηση 14, που αναφέρεται στην αιτία που το σημείο του πάγκου, όπου ακουμπούσε ένα κρύο αναψυκτικό, είναι πιο κρύο από τον υπόλοιπο πάγκο, ένα σχεδόν ίδιο ποσοστό 23,6% απαντά πάλι πως το κρύο μεταφέρεται από το αναψυκτικό στον πάγκο. Στην ερώτηση αυτή παρατηρούμε αρκετά μεγάλο ποσοστό περίπου 58% να δίνει απάντηση σύμφωνη με τις επιστημονικές αντιλήψεις όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 16.



Διάγραμμα 16. Αιτία πιο κρύας αίσθησης του σημείου του πάγκου που ακουμπούσε το κρύο αναψυκτικό.

Στην ερώτηση 15 ζητήθηκε από τους/τις φοιτητές/τριες να επιλέξουν τι εξηγεί καλύτερα το γεγονός ότι αισθανόμαστε πιο κρύο τον μεταλλικό χάρακα από τον ξύλινο. Στο Διάγραμμα 17 παρατηρούμε ότι πολύ μικρό ποσοστό 14% απάντησαν σύμφωνα με την επιστημονική άποψη ότι αυτό που επηρεάζει την «αίσθηση του κρύου» είναι ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται η ενέργεια από το χέρι μας στο χάρακα ενώ η πλειοψηφία δήλωσε πως ο θερμικός εκπομπός είναι η κατάλληλη έννοια που εξηγεί αυτήν την αίσθηση. Εδώ συναντάμε άλλη μια περίπτωση όπου η χρήση της γλώσσας – θερμικοί εκπομποί, θερμοπομποί – επηρεάζει τις αντιλήψεις σε επιστημονικά θέματα.



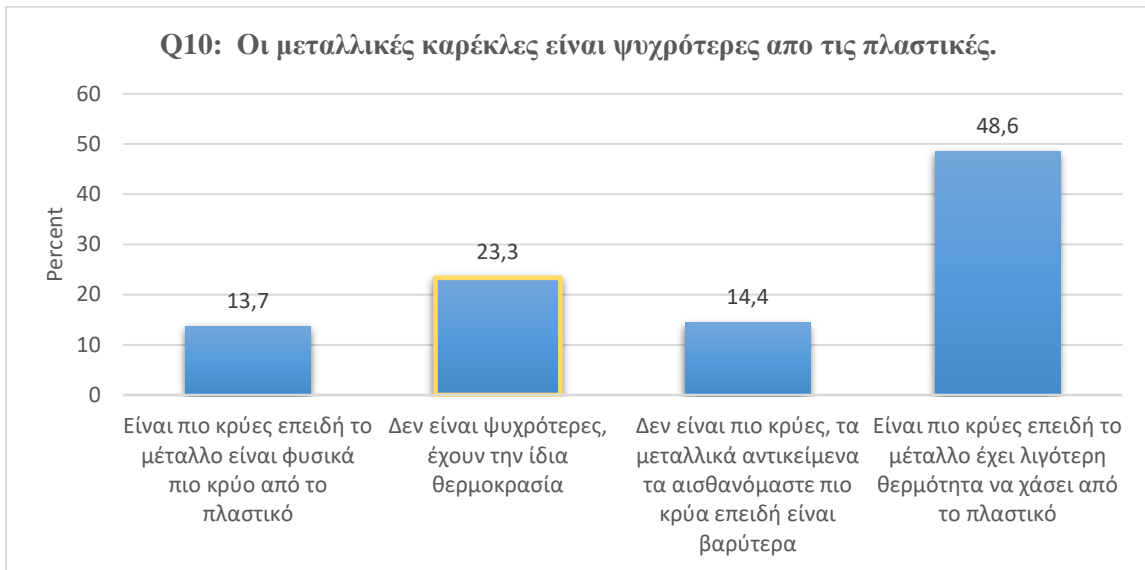
Διάγραμμα 17. Αιτία πιο κρύας αίσθησης του μεταλλικού χάρακα.

5.2.5 Αντιλήψεις για τη θερμοκρασία σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον τους.

Στις ερωτήσεις 10, 12, 13, 21, 22, 23 και 24 οι φοιτητές και οι φοιτήτριες κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήματα που διερευνούν τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη θερμοκρασία δύο σωμάτων που βρίσκονται πολλές ώρες στο ίδιο περιβάλλον.

Στο Διάγραμμα 18 παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών, 62,3% πιστεύουν ότι οι μεταλλικές καρέκλες είναι πιο κρύες από τις πλαστικές που βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο και το 37,7% δηλώνουν ότι οι καρέκλες έχουν την ίδια θερμοκρασία. Όμως οι 4 στους 10 από τους/τις φοιτητές/τριες που απάντησαν ότι οι δύο καρέκλες έχουν την ίδια θερμοκρασία (14,4% του συνόλου), πιστεύουν ότι αισθανόμαστε πιο κρύες τις μεταλλικές

καρέκλες γιατί είναι βαρύτερες, δηλαδή η αίσθηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.



Διάγραμμα 18. Αντιλήψεις σχετικές με την άποψη ότι οι μεταλλικές καρέκλες είναι ψυχρότερες από τις πλαστικές.

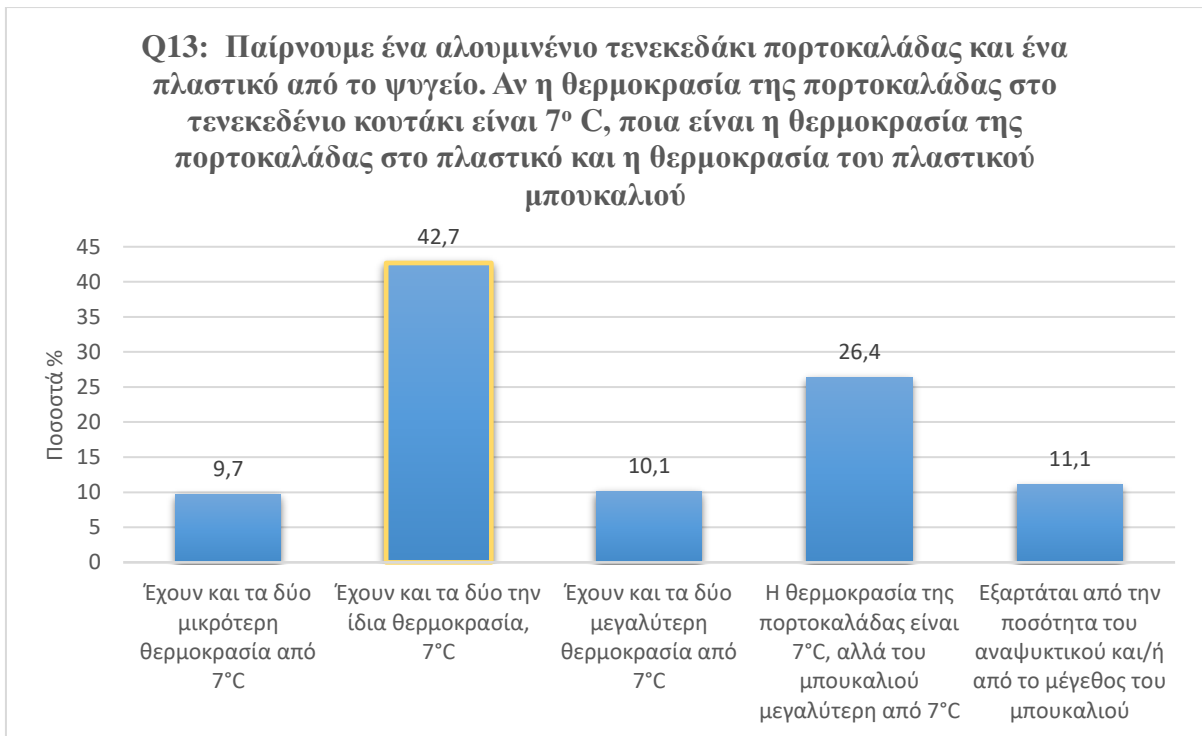
Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και από την ερώτηση 12 η οποία μελετά τη θερμοκρασία που έχουν η γρανίτα και το ξυλαράκι της που βρίσκονται στην κατάψυξη. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 19, περίπου 30% των φοιτητών/τριών υποστηρίζουν ότι το ξυλάκι έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία και το υπόλοιπο 70% δηλώνει ότι έχουν την ίδια θερμοκρασία. Από τους τελευταίους μόνο το 32,1% του συνόλου απαντά απολύτως σωστά ενώ το 37,7% δηλώνει ότι το ξυλάκι μας φαίνεται πιο ζεστό γιατί περιέχει περισσότερη θερμότητα.

Από τις δύο παραπάνω ερωτήσεις 10 και 12 παρατηρούμε ότι οι φοιτητές αντιλαμβάνονται με μεγαλύτερη ευκολία την ίδια θερμοκρασία της γρανίτας και του ξύλου σε ποσοστό περίπου 70% ενώ οι ίδιοι φοιτητές δυσκολεύονται περισσότερο στις δύο καρέκλες διαφορετικού υλικού που βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου, όπου απαντούν πως η μεταλλική και η πλαστική καρέκλα έχουν την ίδια θερμοκρασία σε ποσοστό πολύ μικρότερο 37,7%.



Διάγραμμα 19. Απαντήσεις στην άποψη ότι «τα ξυλάκια της γρανίτας έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από την γρανίτα».

Η ερώτηση 13 αναφέρεται στη θερμοκρασία της πορτοκαλάδας αλλά και της συσκευασίας της σε δύο αναψυκτικά που βρίσκονται σε τενεκεδένια και σε γυάλινη συσκευασία. Το ποσοστό των φοιτητών/τριών που απαντούν πως όλα τα υλικά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία είναι 42,7% όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 20. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 11,1% των φοιτητών πιστεύουν πως η θερμοκρασία του υλικού εξαρτάται από την ποσότητα ή το μέγεθος του αντικειμένου, άποψη παρόμοια με αυτή που συναντήσαμε στην ερώτηση 10 (ότι η θερμοκρασία εξαρτάται από το βάρος του σώματος).



Διάγραμμα 20. Θερμοκρασία πορτοκαλάδας σε αλουμινένια και πλαστική συσκευασία.

Τρία υλικά ίδιου μεγέθους πλαστικό, ξύλο και μέταλλο στην αρχή βρίσκονται στο μπαλκόνι μια κρύα μέρα και μετά θερμαίνονται στο φούρνο.

Ζητήθηκε από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες να επιλέξουν ποιο αντικείμενο νιώθουν πιο κρύο όταν βρίσκονται στο μπαλκόνι (ερώτηση 21) και ποιο αντικείμενο νιώθουν πιο ζεστό όταν τα τρία αντικείμενα βρίσκονται στο φούρνο (ερώτηση 23). Όπως φαίνεται στους πίνακες 5 και 6 περίπου 93% απαντούν ότι νιώθουν πιο κρύο το μεταλλικό και περίπου 72% ότι όταν τα βάζουμε στο φούρνο νιώθουν πιο ζεστό πάλι το μεταλλικό αντικείμενο. Το 14% περίπου θεωρεί ότι θα νιώθουμε πιο ζεστό το πλαστικό και το 9,4% ότι θα νιώθουμε το ίδιο θερμά και τα τρία αντικείμενα.

Πίνακας 5 Ποιο αντικείμενο νιώθετε πιο κρύο

Αντικείμενο	N	%
Το πλαστικό	3	0,7
Το μάλλινο	9	2,1
Το μεταλλικό	394	92,9
Νιώθω το ίδιο κρύο και τα τρία	18	4,2

Πίνακας 6 Ποιο αντικείμενο νιώθετε πιο θερμό

Αντικείμενο	N	%
Το πλαστικό	59	13,9
Το μάλλινο	21	5,0
Το μεταλλικό	304	71,7
Νιώθω το ίδιο θερμό και τα τρία	40	9,4

Ζητήσαμε από τους φοιτητές να επιλέξουν ποιο αντικείμενο από αυτά που βρίσκονται στο μπαλκόνι έχει τη χαμηλότερη θερμοκρασία και ποιο αντικείμενο από αυτά που βρίσκονται στο φούρνο έχει την υψηλότερη θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα στους πίνακες 7 και 8 δείχνουν ότι ένα σταθερό ποσοστό φοιτητών/τριών 48,8% γνωρίζουν ότι τα αντικείμενα αυτά έχουν και τα τρία την ίδια θερμοκρασία. Οι υπόλοιποι 51,2% πιστεύουν ότι τα αντικείμενα έχουν διαφορετική θερμοκρασία δίνοντας ως ψυχρότερο ή θερμότερο ένα από τα αντικείμενα. Ως αντικείμενο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία σημαντικό ποσοστό 35,1% επιλέγει το μεταλλικό αντικείμενο, ενώ ως αντικείμενο με την υψηλότερη θερμοκρασία 23,6% επιλέγουν πάλι το μεταλλικό αντικείμενο και 18,2% επιλέγουν το μάλλινο.

Πίνακας 7 Αντικείμενο με τη χαμηλότερη θερμοκρασία όταν βρίσκονται στο μπαλκόνι

Αντικείμενο	N	%
Το πλαστικό	31	7,3
Το μάλλινο	37	8,7
Το μεταλλικό	149	35,1
Και τα τρία έχουν την ίδια θερμοκρασία	207	48,8

Πίνακας 8 Αντικείμενο με τη υψηλότερη θερμοκρασία όταν βρίσκονται στον φούρνο

Αντικείμενο	N	%
Το πλαστικό	40	9,4%
Το μάλλινο	77	18,2%
Το μεταλλικό	100	23,6%
Και τα τρία έχουν την ίδια θερμοκρασία	207	48,8%

5.2.6 Αντιλήψεις για τους μονωτές.

Ερευνώντας τις αντιλήψεις των φοιτητών/τριών για το καλύτερο υλικό που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να διατηρηθεί κρύο ένα αναψυκτικό για περισσότερη ώρα, δηλαδή αναζητώντας τον καλύτερο μονωτή, παρατηρούμε στον πίνακα 9 ότι η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών προτιμά το αλουμινόχαρτο σε ποσοστό περίπου 59% ενώ περίπου 26% των φοιτητών/τριών διαλέγει την πλαστική μεμβράνη. Μικρότερο ποσοστό, περίπου 15% επιλέγει τον καλύτερο μονωτή που είναι το μάλλινο ύφασμα.

Πίνακας 9 Σε ποιο υλικό πρέπει να τυλίξουμε ένα αναψυκτικό για να παραμείνει κρύο

Υλικό	N	%
Αλουμινόχαρτο	252	59,4%
Πλαστική μεμβράνη	109	25,7%
Μάλλινο υλικό	63	14,9%

Αντίστοιχα αποτελέσματα φαίνεται πως πήραμε για την ερώτηση που αναφέρεται στο υλικό με το οποίο πρέπει να τυλίξουμε το τoστ ώστε να διατηρηθεί ζεστό. Περίπου 57% επιλέγει πάλι το αλουμινόχαρτο, περίπου 29% την πλαστική μεμβράνη και περίπου 14% το μάλλινο ύφασμα δηλαδή τον καλύτερο μονωτή από τα υλικά που αναφέρθηκαν (βλέπε πίνακα 10).

Πίνακας 10 Σε ποιο υλικό πρέπει να τυλίξουμε ένα τoστ για να παραμείνει ζεστό

Υλικό	N	%
Αλουμινόχαρτο	241	56,8%
Πλαστική μεμβράνη	122	28,8%
Μάλλινο υλικό	61	14,4%

Από τα παραπάνω αποτελέσματα αναδύεται η λανθασμένη αντίληψη των φοιτητών/τριών ότι το αλουμινόχαρτο λειτουργεί ως μονωτής. Η πλαστική μεμβράνη είναι όντως μονωτής όχι όμως καλύτερος από το μάλλινο υλικό.

Πιθανός παράγοντας που επηρεάζει την θεώρηση του αλουμινόχαρτου ως μονωτή είναι η ευρεία χρήση του στην καθημερινή ζωή. Χρησιμοποιείται πολύ συχνά και κυρίως στην αποθήκευση και συντήρηση των τροφίμων. Το ίδιο ισχύει και για την πλαστική μεμβράνη η οποία είναι μονωτής, αν και η καθημερινή της χρήση αποσκοπεί στο να θωρακίσει τα

τρόφιμα από την επαφή τους με τον ατμοσφαιρικό αέρα ή με διάφορους μικροοργανισμούς του περιβάλλοντος.

5.3 Εγκυρότητα – Στατιστική Ανάλυση των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής

5.3.1 Δείκτης διακριτότητας των ερωτήσεων

Για την βελτίωση της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας του ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκε το CTT (Classical Test Theory). Για τις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής Q1- Q24 έγινε έλεγχος αξιοπιστίας προκειμένου να υπολογίσουμε το score του 1^{ου} μέρους του ερωτηματολογίου που αποτελείται από τις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Υπολογίσαμε τον δείκτη διακριτότητας ID (Index of Item Discrimination) για κάθε ερώτηση, αξιοποιώντας τα κριτήρια του Lien (1971) και λαμβάνοντας υπόψη την διαδικασία ανάλυσης δεδομένων που ακολουθήθηκε από τους Chu et al (2012).

Ο δείκτης διακριτότητας παρέχει πληροφορίες για την εγκυρότητα του ερωτηματολογίου και διαχωρίζει τις ερωτήσεις στις οποίες, λόγω βαθμού δυσκολίας, έχουμε υπερβολικά μικρά ή μεγάλα ποσοστά επιτυχίας από αυτές που μπορούν να παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες για το επίπεδο επιστημονικών γνώσεως των εξεταζόμενων και τις εναλλακτικές τους ιδέες.

Ο δείκτης διακριτότητας (discrimination) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις απαντήσεις που έδωσαν οι 27% από αυτούς που είχαν την μεγαλύτερη βαθμολογία και οι 27% με τη χαμηλότερη βαθμολογία. Ορίζεται ως:

$$D = \frac{(\text{Αριθμός σωστών των καλύτερων 27\%}) - (\text{Αριθμός σωστών των χειρότερων 27\%})}{\text{Αριθμός των καλύτερων ή χειρότερων 27\%}}$$

(Yeo & Zadnik, 2001)

Οι τιμές του δείκτη που θεωρήθηκαν αποδεκτές είναι μεγαλύτερες από 0,2 (Chu et al., 2012) οπότε οι ερωτήσεις Q1, Q6, Q7, Q8, Q15, Q19 και Q21 που είχαν δείκτη διακριτότητας μικρότερο από 0,2 όπως φαίνεται και στον πίνακα 11, εξαιρέθηκαν από τον υπολογισμό της επίδοσης του δείγματος.

Πίνακας 11 Υπολογισμός δείκτη διακριτότητας για κάθε ερώτηση πολλαπλής επιλογής

Ερώτηση	Ποσοστό σωστών απαντήσεων	Δείκτης διακριτότητα ID
	%	
Q1	60	0,17
Q2	42	0,26
Q3	38	0,43
Q4	35	0,27
Q5	32	0,45
Q6	29	0,18
Q7	20	0,19
Q8	34	0,17
Q9	39	0,46
Q10	23	0,38
Q11	29	0,57
Q12	31	0,50
Q13	42	0,59
Q14	58	0,60
Q15	14	0,17
Q16	53	0,28
Q17	53	0,54
Q18	63	0,50
Q19	15	0,18
Q20	14	0,28
Q21	93	0,04
Q22	49	0,69
Q23	71	0,42
Q24	49	0,69

Αθροίζοντας τις σωστές απαντήσεις των φοιτητών δημιουργήσαμε μια νέα μεταβλητή που αντιπροσωπεύει την επίδοση των γνώσεων κάθε φοιτητή.

Πίνακας 12 Περιγραφικά στοιχεία της μεταβλητής επίδοση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Επίδοση 17 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής	
N	423
Ελάχιστη τιμή	5,88
Μέγιστη τιμή	94,12
Μέσος Όρος	42,34
Τυπική Απόκλιση SD	19,75

5.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις

5.4.1 Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς το έτος σπουδών

Ο έλεγχος κανονικότητας της μεταβλητής της επίδοσης για κάθε έτος σπουδών έδειξε ότι δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή οπότε έγινε έλεγχος των μέσων όρων με το κριτήριο Mann – Whitney για ανεξάρτητα δείγματα, ο οποίος έδειξε ότι ο βαθμός επιτυχίας στο ερωτηματολόγιο, άρα και οι γνώσεις στις έννοιες που σχετίζονται με τη θερμότητα, συνδέεται συστηματικά με το έτος φοίτησης. Ειδικότερα οι φοιτητές του Α΄ έτους (M.O.=34,34 με SD=1,43 είχαν μικρότερα ποσοστά επιτυχίας από τους φοιτητές του Δ΄ έτους (M.O.=47.26, SD=1.18) με $p<0.001$.

5.4.2 Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς το φύλο

Ο έλεγχος κανονικότητας της μεταβλητής της επίδοσης για κάθε φύλο έδειξε ότι δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή οπότε έγινε έλεγχος των μέσων όρων με το κριτήριο Mann – Whitney για ανεξάρτητα δείγματα ο οποίος έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά της επίδοσης μεταξύ των αντρών και των γυναικών με $p=0.688>0.05$. Ειδικότερα οι άντρες είχαν M.O.=43.21 με SD=2.20 και οι γυναίκες M.O.=42.16, SD=1.07.

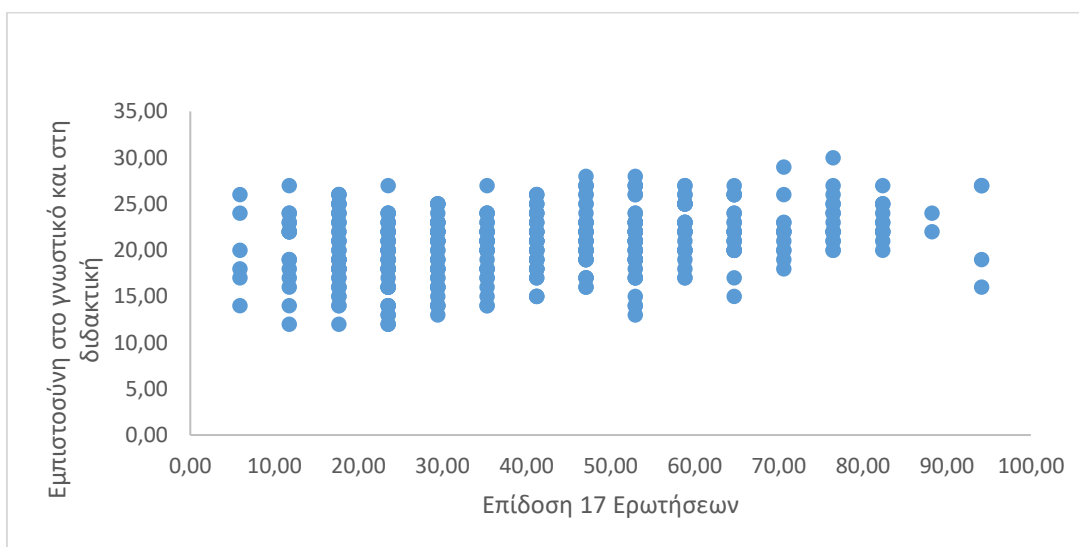
5.4.3 Συγκρίσεις μέσων όρων της επίδοσης ως προς την κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο

Ο έλεγχος κανονικότητας της μεταβλητής της επίδοσης για κάθε κατεύθυνση σπουδών θεωρητική ή θετική-τεχνολογική έδειξε ότι δεν ακολουθεί κανονική κατανομή οπότε έγινε έλεγχος των μέσων όρων με το κριτήριο Mann – Whitney για ανεξάρτητα δείγματα ο οποίος

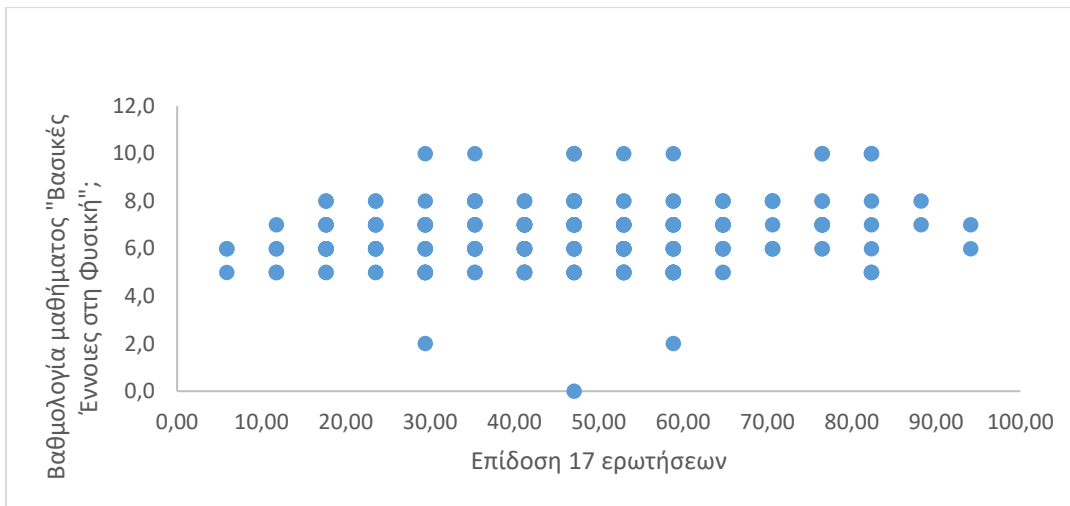
έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδοσης στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και της κατεύθυνσης σπουδών που είχαν ακολουθήσει οι φοιτητές/τριες στο Λύκειο. Αναλυτικά οι φοιτητές/τριες που είχαν ακολουθήσει θετική ή τεχνολογική κατεύθυνση είχαν καλύτερη επίδοση (M.O.=48.98 με SD=2.61) σε σχέση με τους φοιτητές/τριες που ακολούθησαν θεωρητική κατεύθυνση (M.O.=41.47, SD=1.05) με $p=0.011<0.05$.

5.4.4 Έλεγχος συσχέτισης της επίδοσης με τους βαθμούς στα μαθήματα «Βασικές Έννοιες στη Φυσική» και «Η Φυσική στην καθημερινή ζωή» καθώς και με την Εμπιστοσύνη στο γνωστικό και στη διδακτική της Φυσικής.

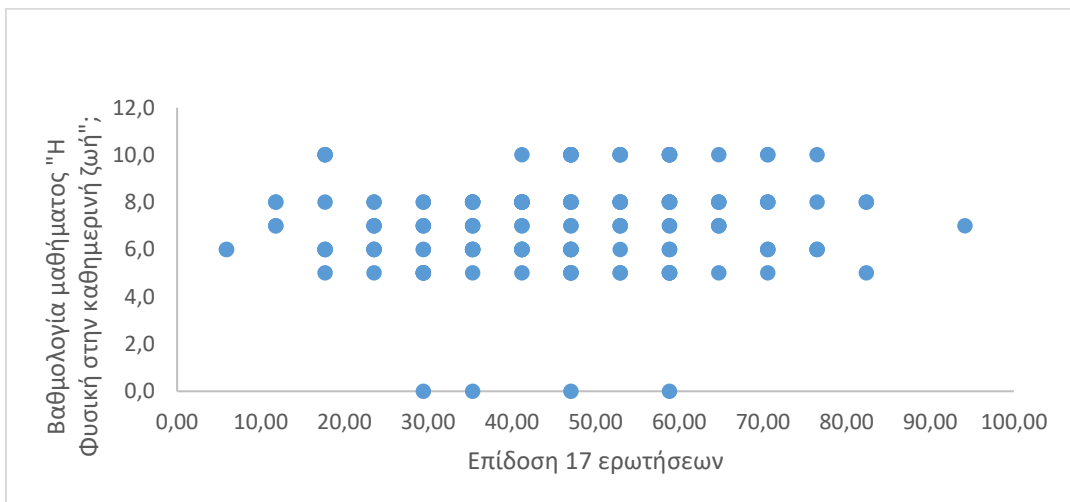
Έγινε έλεγχος κανονικότητας των μεταβλητών : Επίδοση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, Βαθμός στο μάθημα «Βασικές Έννοιες Φυσικής», Βαθμός στο μάθημα «Η Φυσική στην καθημερινή ζωή» και Εμπιστοσύνη στο γνωστικό και στη διδακτική της Φυσικής. Ο έλεγχος κανονικότητας σε συνδυασμό με τα ιστογράμματα έδειξε ότι και οι τέσσερις μεταβλητές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Επίσης έγινε έλεγχος γραμμικότητας με διαγράμματα σκεδασμού για τις σχέσεις μεταξύ των τριών μεταβλητών με την επίδοση, για να ανιχνευτεί η γραμμικότητα της σχέσης τους όπως φαίνεται στα γραφήματα 4,5 και 6.



Γράφημα 4. Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ Εμπιστοσύνης και Επίδοσης.



Γράφημα 5. Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ βαθμολογίας στο 1^ο μάθημα Φυσικής και Επίδοσης.



Γράφημα 6. Διάγραμμα σκεδασμού μεταξύ βαθμολογίας στο 2^ο μάθημα και Επίδοσης.

Επειδή οι προϋποθέσεις της κανονικότητας και της γραμμικότητας δεν ικανοποιούνται χρησιμοποιήσαμε για την ανίχνευση των σχέσεων μεταξύ των παραπάνω μεταβλητών τον στατιστικό δείκτη Spearman.

Ο δείκτης συνάφειας μεταξύ της Επίδοσης και της Εμπιστοσύνης των φοιτητών/τριών στο γνωστικό και στη διδακτική της Φυσικής ήταν χαμηλός θετικός ($r=0.304$, $p<0.001$) δηλαδή η μεγαλύτερη εμπιστοσύνη συνδέεται με καλύτερη επίδοση στο ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής στις θερμικές έννοιες που συνδέονται με την καθημερινή ζωή.

Δεν βρέθηκε συνάφεια μεταξύ της Επίδοσης και της βαθμολογίας στα δύο μαθήματα Φυσικής καθώς ο συντελεστής Spearman ήταν μηδενικός ($r < 0.1$) και για τις δύο βαθμολογίες.

ΜΕΡΟΣ 2^ο ΣΕΝΑΡΙΑ: ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΕΝΝΟΙΑ και ΕΞΗΓΗΣΗ

5.5 Αγωγιμότητα: αιτία της διαφορετικής αίσθησης θερμοκρασίας: Σενάρια 1 & 2

5.5.1 Σενάριο 1: Αίσθηση κρύου στα πλακάκια σε σχέση με το χαλί..

Στην ερώτηση-σενάριο Q25 ζητήθηκε από τους φοιτητές αφού επιλέξουν την κατάλληλη έννοια, να αιτιολογήσουν, χρησιμοποιώντας την έννοια που επέλεξαν ή και άλλες, γιατί αισθανόμαστε πιο κρύο το πλακάκι από το χαλί όταν περπατάμε ξυπόλυτοι πάνω τους.

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων μας έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Διάγραμμα 21, στα οποία βλέπουμε ότι μόνο το 20% περίπου έδωσε πλήρως ολοκληρωμένη απάντηση και το 16% σωστή αλλά όχι πλήρη απάντηση αφού ανέφεραν μόνο τη μεταφορά ή μετάδοση της θερμότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας πλακακιού – ποδιού, χωρίς να αναφέρουν την αιτία της αίσθησης του κρύου, που είναι η αγωγιμότητα.

Στα σημαντικά ευρήματα της επεξεργασίας περιλαμβάνεται το γεγονός ότι 14,6% των φοιτητών/τριών του παιδαγωγικού τμήματος πιστεύουν ότι το πλακάκι και το χαλί έχουν διαφορετική θερμοκρασία όπως επίσης 16,3% αυτών πιστεύουν ότι το κρύο είναι μία ουσία που περιέχεται στα σώματα ή μεταφέρεται από σώμα σε σώμα. Επίσης αναφέρουμε ότι 5% των φοιτητών/τριών πιστεύουν ότι το πλακάκι είναι μονωτής γι' αυτό το αισθανόμαστε πιο κρύο ή τα χαλιά είναι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας γι' αυτό τα αισθανόμαστε ζεστά.

Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικές απαντήσεις στην εξήγηση της ερώτησης 25:

Φοιτητής/τρια 67: ...τα πλακάκια δεν είναι καλοί αγωγοί θερμότητας με αποτέλεσμα να μην κρατούν την ζέστη και τα πλακάκια να είναι κρύα και το κρύο να μεταφέρεται από τα πλακάκια στα πόδια μας.

Φοιτητής/τρια 98: ...το χαλί είναι καλός αγωγός της θερμοκρασίας και έτσι όταν πατάμε πάνω ξυπόλυτοι το νιώθουμε πιο ζεστό σε σχέση με το πλακάκι.

Φοιτητής/τρια 367: το πλακάκι όπως και το μάρμαρο είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας δηλαδή η θερμότητα διαδίδεται πολύ αργά μέσα από αυτά.

Ένα μέρος των απαντήσεων 9,7% εκφράζουν την άποψη ότι η θερμότητα είναι μια ουσία ή ενέργεια που περιέχεται στα σώματα, όση περισσότερη θερμότητα περιέχουν τόσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία του σώματος ή το χαλί λόγω υλικού κρατάει περισσότερη θερμότητα. Η σύγχυση της έννοιας της θερμότητας και της διαδικασίας μεταφοράς της, φαίνεται και από τις παρακάτω ενδεικτικές απαντήσεις:

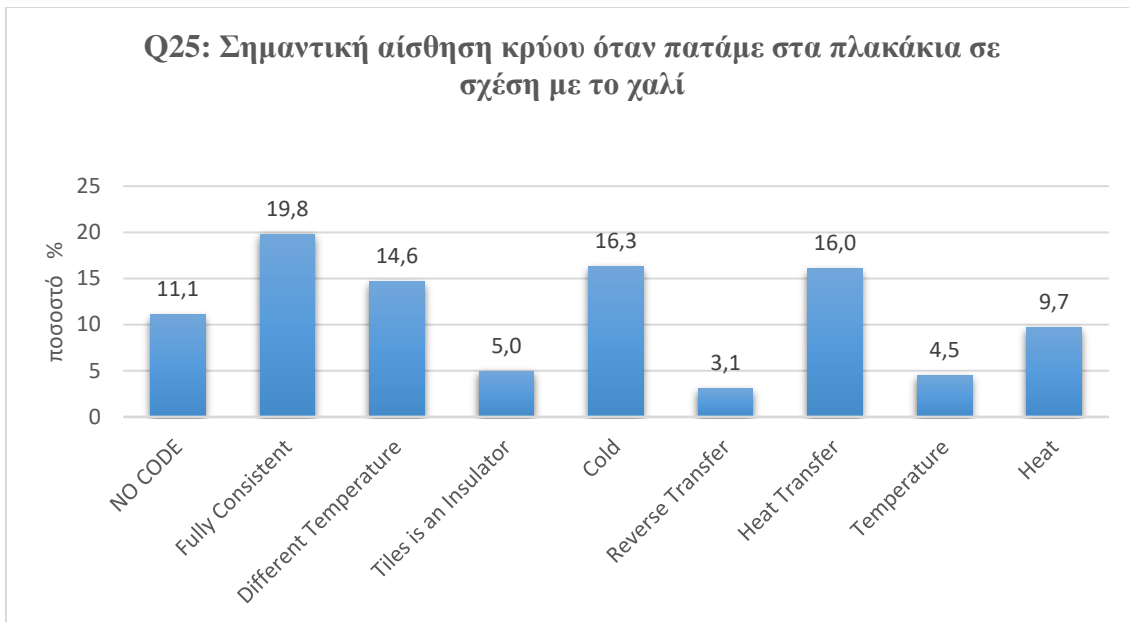
Φοιτητής/τρια 33: μεταφέρεται η θερμότητα που έχουν τα πλακάκια σε εμάς.

Φοιτητής/τρια 346: ...καθώς η θερμότητα που φεύγει από τα πόδια μας μεταφέρεται στα πλακάκια με αποτέλεσμα τα πόδια μας να ψύχονται.

Φοιτητής/τρια 373: γιατί δεν υπάρχει θερμότητα στο πλακάκι σε αντίθεση με το χαλί και έτσι έχει ως αποτέλεσμα να κρυώνουμε περισσότερο.

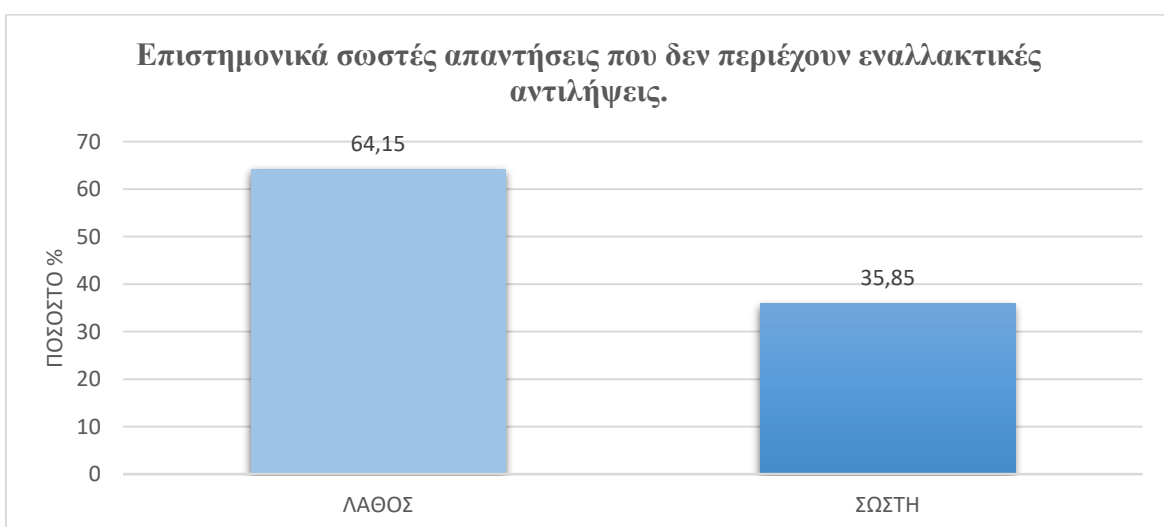
Στο παρακάτω διάγραμμα 21 φαίνεται η διασπορά των αντιλήψεων και οι εναλλακτικές ιδέες που συναντάμε στις απαντήσεις των φοιτητών/τριών. Οι κυριότερες από αυτές είναι οι εξής:

- ύπαρξη της θερμότητας σαν κάτι που υπάρχει στα σώματα και μεταφέρεται (Node: Heat),
- κρύο που περιέχεται σε ένα σώμα και μεταδίδεται σε ένα άλλο (Node: Cold),
- δύο σώματα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον για πολλή ώρα μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία (Node: Different Temperature)
- η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται από το υλικό του.
- το πλακάκι είναι μονωτής (Node: Tiles is an Insulator)
- η θερμοκρασία μεταφέρεται (Node: Temperature)



Διάγραμμα 21. Γιατί νιώθουμε πιο κρύα τα πλακάκια σε σχέση με το χαλί.

Στο παρακάτω Διάγραμμα 22 παρουσιάζονται τα ποσοστά των απαντήσεων που δεν περιέχουν εναλλακτικές αντιλήψεις και δίνουν επιστημονικά σωστή απάντηση, είτε πλήρη είτε αναφέροντας μόνο την μεταφορά θερμότητας και των απαντήσεων που περιέχουν εναλλακτική αντίληψη και άρα έρχονται σε αντίθεση με τις επιστημονικές αντιλήψεις. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι περισσότεροι από 3 στους 5 φοιτητές/τριες έδωσαν λανθασμένη εξήγηση που περιέχει εναλλακτική αντίληψη και λιγότεροι από 2 στους 5 έδωσαν εξήγηση που δεν περιέχει καμία εναλλακτική αντίληψη.



Διάγραμμα 22 Ποσοστά σωστών και λανθασμένων εξηγήσεων.

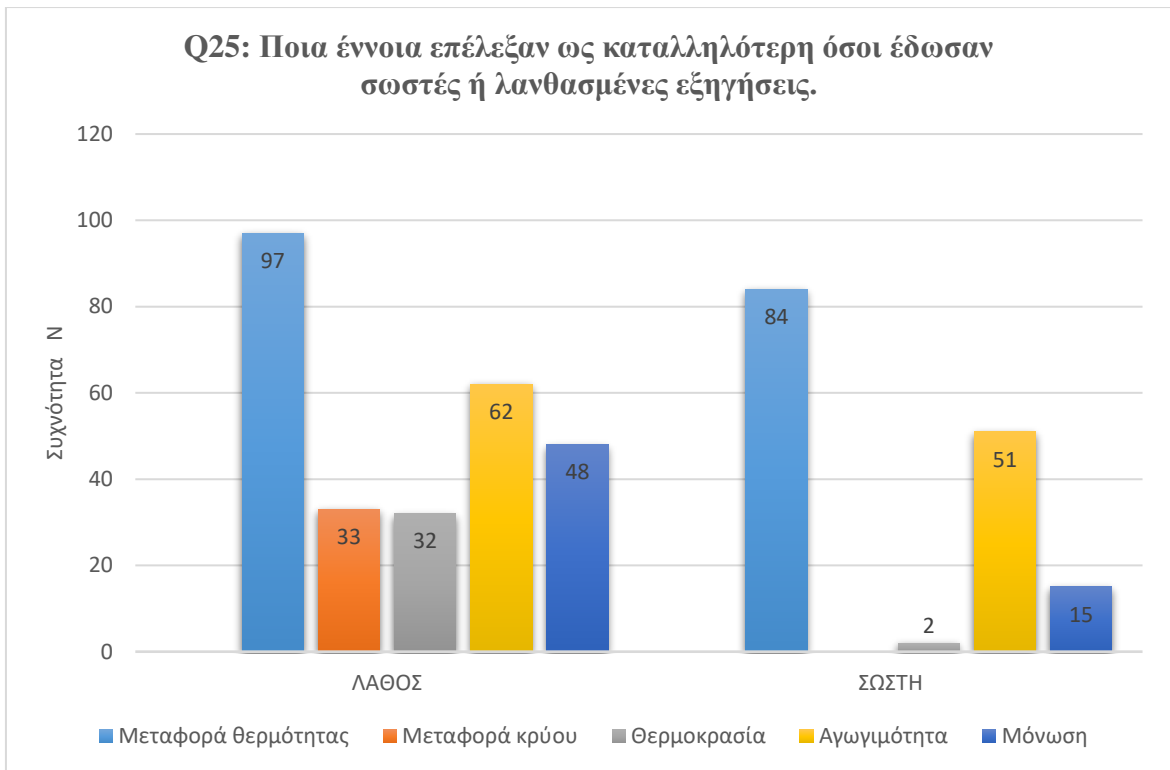
5.5.2 Συσχέτιση έννοιας και εξήγησης του φαινομένου στο Σενάριο 1.

Οι έννοιες που επέλεξαν οι φοιτητές/τριες, που συνδέονται περισσότερο με το φαινόμενο, παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 23 στο οποίο παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών (περίπου 43%) επέλεξε τη μεταφορά θερμότητας ως καταλληλότερη έννοια και μόνο 26,65% επέλεξαν την Αγωγιμότητα που είναι η αιτία της αίσθησης κρύου. Στο διάγραμμα βλέπουμε για ακόμη μια φορά να εμφανίζονται οι εναλλακτικές ιδέες της μεταφοράς του κρύου και της μεταφοράς της θερμοκρασίας σε ποσοστό περίπου 8% η κάθε μία.



Διάγραμμα 23. Έννοια που συνδέεται περισσότερο με το φαινόμενο στο σενάριο 1.

Στο Διάγραμμα 24 παρουσιάζεται η κατανομή της έννοιας που επέλεξαν οι φοιτητές/τριες ως πιο κατάλληλη για την εξήγηση του φαινομένου σε σχέση με το αν έδωσαν απάντηση που δεν περιέχει εναλλακτική αντίληψη (ΣΩΣΤΗ) ή απάντηση που περιέχει εναλλακτική αντίληψη (ΛΑΘΟΣ). Στο διάγραμμα αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι από όσους/ες έδωσαν επιστημονικά σωστές εξηγήσεις σχεδόν κανείς δεν επέλεξε εντελώς ακατάλληλη έννοια. Οι 84 από αυτούς (ποσοστό 55%) επέλεξαν τη ‘μεταφορά θερμότητας’ έννοια που σχετίζεται με το φαινόμενο, οι 51 φοιτητές/τριες (ποσοστό 33,5%) επέλεξαν την καταλληλότερη έννοια την ‘αγωγιμότητα’ και οι 15 (ποσοστό 9,9%) επέλεξαν τη ‘μόνωση’. Στους φοιτητές/τριες που έδωσαν λανθασμένες εξηγήσεις υπερισχύει η έννοια της ‘μεταφοράς θερμότητας’ όμως και οι υπόλοιπες επιλογές μοιράζονται σε όλες τις έννοιες.



Διάγραμμα 24. Κατανομή κατάλληλης έννοιας και επιστημονικά ορθής απάντησης.

Έγινε έλεγχος συσχέτισης της επιλογής της κατάλληλης έννοιας με την εξήγηση που έδωσαν οι φοιτητές/τριες. Σύμφωνα με το κριτήριο χ^2 η συσχέτιση ήταν σημαντική $\chi^2(n=424)=227.849$, $p<0.01$. Η εξήγηση του φαινομένου σχετίζεται με την επιλογή της κατάλληλης έννοιας. Όπως παρατηρούμε και στον παρακάτω πίνακα συνάφειας (Πίνακας 13) σχεδόν κανένας από αυτούς/ες που επέλεξαν τις έννοιες ‘Μεταφορά κρύου’ και ‘Θερμοκρασία’ δεν έδωσαν επιστημονικά σωστή εξήγηση ενώ λίγοι από αυτούς που έδωσαν σωστή εξήγηση επέλεξαν την ‘Μόνωση’. Από τους φοιτητές/τριες που έδωσαν ολοκληρωμένη επιστημονική εξήγηση, 35,7% επέλεξαν την ‘Μεταφορά θερμότητας’, κανένας τη ‘Μεταφορά κρύου’ και τη ‘Θερμοκρασία’, 52,4% αυτών επέλεξαν την ‘Αγωγιμότητα και 11,9% τη ‘Μόνωση’.

Πίνακας 13 Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και εξήγησης της ερώτησης 25

Εξήγηση ερώτησης 25	Εξήγηση ερώτησης 25 και Κατάλληλη Έννοια											
	Κατάλληλη Έννοια										Total	
	Μεταφορά θερμότητας		Μεταφορά κρύου		Θερμοκρασία		Αγωγιμότητα		Μόνωση			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
NO CODE	19	40,4	1	2,1	7	14,4	12	25,5	8	17,0	47	100
Fully Consistent	30	35,7	0	0,0	0	0,0	44	52,4	10	11,9	84	100
Different Temperature	26	41,9	7	11,3	18	29,0	7	11,3	4	6,5	62	100
Tiles is an Insulator	4	19,0	1	4,8	0	0,0	14	66,7	2	9,5	21	100
Cold	10	14,5	20	29,0	1	1,4	15	21,7	23	33,3	69	100
Reverse Transfer	8	61,5	0	0,0	1	7,7	1	7,7	3	23,1	13	100
Heat Transfer	54	79,4	0	0,0	2	2,9	7	10,3	5	7,4	68	100
Temperature	5	26,3	2	10,5	2	10,5	8	42,1	2	10,5	19	100
Heat	25	61,0	2	4,9	3	7,3	5	12,2	6	14,6	41	100
Total	181	42,7	33	7,8	34	8,0	113	26,7	63	14,9	424	100

5.5.3 Συσχέτιση επιστημονικής απάντησης με το έτος σπουδών

Συγκρίναμε τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών για την αίσθηση κρύου στα πλακάκια σε σχέση με το χαλί ως προς το έτος σπουδών. Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται τα ποσοστά των φοιτητών που έδωσαν πλήρως σωστές απαντήσεις ή επιστημονικά σωστές απαντήσεις που δεν περιέχουν εναλλακτικές αντιλήψεις, ανά έτος σπουδών.

Πίνακας 14 Εξήγησης της ερώτησης Q25 σε σχέση με το έτος σπουδών

Επίπεδο Εξήγησης	Ποσοστό %	
	Α' έτος	Δ' έτος
Λανθασμένη Εξήγηση που περιέχει Εναλλακτική Αντίληψη	75,2	57,4
Επιστημονικά Σωστή Απάντηση χωρίς Εναλλακτικές Αντιλήψεις	24,8	42,6
Πλήρως Ολοκληρωμένη Επιστημονικά Σωστή Απάντηση	15,5	22,4

Σύμφωνα με το χ^2 , το έτος σπουδών σχετίζεται με την ικανότητα των φοιτητών/τριών να εξηγήσουν με επιστημονική επάρκεια την αίσθηση κρύου όταν πατάμε στα πλακάκια σε σχέση με όταν πατάμε στο χαλί, $\chi^2(1, n=424)=13.667$, $p<0.001$. Μεγαλύτερο ποσοστό των τεταρτοετών φοιτητών/τριών (42,6%) έδωσαν επιστημονικά σωστές εξηγήσεις χωρίς εναλλακτικές αντιλήψεις, παρά πρωτοετών (24,8%).

Το χ^2 test δεν έδειξε στατιστικά σημαντική βελτίωση ως προς την πλήρως ολοκληρωμένη επιστημονική εξήγηση μεταξύ των φοιτητών του Α' και του Δ' έτους, $\chi^2(1, n=424)=2.998$, $p=0.083>0.05$.

5.5.4 Σενάριο 2 – Η γυάλινη συσκευασία αναψυκτικού έχει πιο κρύα αίσθηση από την πλαστική.

Στο **σενάριο της ερώτησης Q26** οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να δικαιολογήσουν γιατί το αναψυκτικό στη γυάλινη συσκευασία το 'νιώθουμε' πιο κρύο σε σχέση με το αναψυκτικό στην πλαστική συσκευασία, αφού πρώτα επιλέξουν την πιο κατάλληλη έννοια που συνδέεται με αυτό το φαινόμενο.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 25, οι εξηγήσεις που δόθηκαν επιβεβαιώνουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αναφέραμε στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Το 25% των ερωτηθέντων δήλωσε πως το γυαλί είναι καλύτερος μονωτής από το πλαστικό, ποσοστό που δεν διαφέρει πολύ από το ποσοστό των σωστών απαντήσεων (Fully consistent) που είναι μόνο 27,6% και γνωρίζουν ότι η διαφορετική αίσθηση της γυάλινης συσκευασίας του αναψυκτικού οφείλεται στην μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα του γυαλιού και όχι στην διαφορετική θερμοκρασία του. Η διασπορά των υπόλοιπων απαντήσεων δείχνει την σύγχυση που επικρατεί στους φοιτητές και τις φοιτήτριες όσον αφορά τις θερμικές έννοιες. Και σε αυτή την ερώτηση με αυθόρμητη και όχι καθοδηγούμενη απάντηση τύπου πολλαπλής επιλογής εμφανίζεται, με μικρότερα ποσοστά σε σχέση με τις προηγούμενες

ερωτήσεις 9, 11 και 14 η αντίληψη της ύπαρξης ποσότητας ‘κρύου’ που μεταφέρεται, όπως και η αντίληψη ότι τα αναψυκτικά που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον έχουν διαφορετική θερμοκρασία (η γυάλινη συσκευασία είναι πιο κρύα από την πλαστική), με ποσοστά και τα δύο περίπου 10%.



Διάγραμμα 25. Γιατί νιώθουμε πιο κρύα τη γυάλινη συσκευασία από την πλαστική.

Ενδεικτικά αναφέρουμε κάποιες απαντήσεις που αφορούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις που αλιεύτηκαν:

Φοιτητής/τρια 367: το γυαλί είναι μονωτής και η θερμότητα δεν περνάει γρήγορα μέσα από αυτό σε αντίθεση με το πλαστικό που η θερμότητα περνάει ευκολότερα και επομένως το αναψυκτικό θα ζεσταθεί πιο γρήγορα, ενώ το γυαλί όχι τόσο γρήγορα.

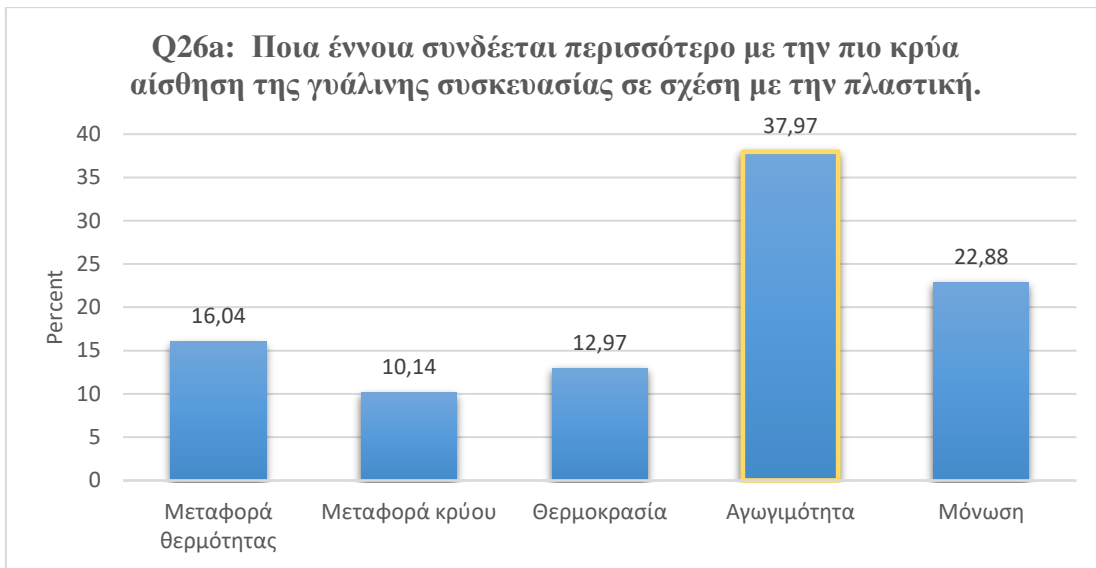
Φοιτητής/τρια 172: το πλαστικό είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας από το γυαλί γι' αυτό η γυάλινη συσκευασία είναι πιο κρύα.

Φοιτητής/τρια 373: το γυαλί είναι καλύτερος μονωτής θερμότητας από το πλαστικό...

Φοιτητής/τρια 58: ο λόγος που θα χρησιμοποιήσει το γυάλινο είναι διότι διατηρείται περισσότερη ώρα το αναψυκτικό σε σχέση με το πλαστικό που περνάει ευκολότερα η θερμοκρασία.

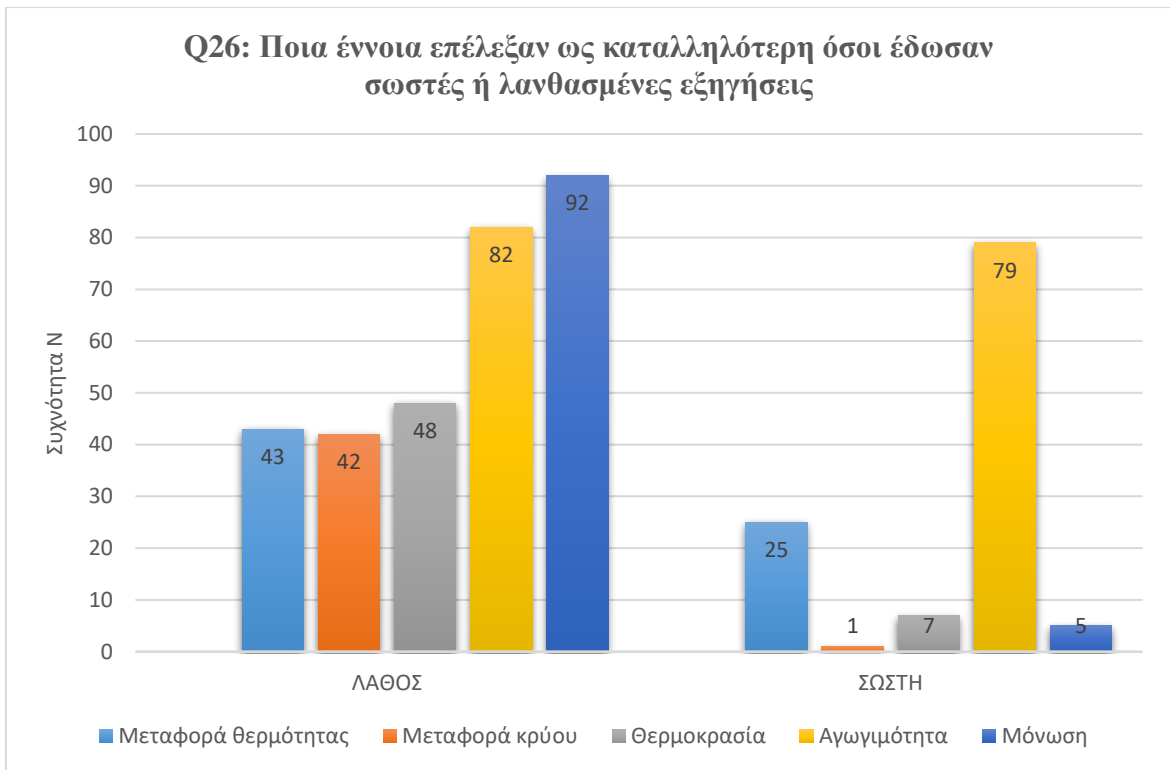
5.5.5 Συσχέτιση έννοιας και εξήγησης στο Σενάριο 2.

Οι έννοιες που επιλέχθηκαν ως πιο κατάλληλες για το φαινόμενο αυτό φαίνονται στο Διάγραμμα 26. Σε μεγαλύτερο ποσοστό περίπου 38% επέλεξαν την αγωγιμότητα που είναι πράγματι η έννοια που σχετίζεται περισσότερο με το φαινόμενο και σε μικρότερα ποσοστά επιλέχθηκαν η μόνωση περίπου 23%, η μεταφορά θερμότητας 16%, η μεταφορά θερμοκρασίας 13% και η μεταφορά κρύου 10%.



Διάγραμμα 26. Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με την περίπτωση.

Στο Διάγραμμα 27 παρουσιάζουμε την κατανομή της έννοιας που επέλεξαν ως καταλληλότερη όσοι/ες φοιτητές/τριες εξήγησαν σωστά το σενάριο και ποια έννοια επέλεξαν όσοι/ες έδωσαν λανθασμένες εξηγήσεις. Στο σενάριο αυτό παρατηρούμε ότι όσοι εξήγησαν το φαινόμενο σύμφωνα με τις επιστημονικές αντιλήψεις επέλεξαν στην πλειοψηφία τους και τη σωστή έννοια. Πιο αναλυτικά, από αυτούς που απάντησαν σωστά, 79 φοιτητές/τριες (ποσοστό 67,5%) επέλεξαν την ‘αγωγιμότητα’, 25 φοιτητές/τριες (ποσοστό 21,4%) επέλεξαν τη ‘μεταφορά θερμότητας’ και μικρότερα ποσοστά 6% και 4,3% επέλεξαν τη ‘θερμοκρασία’ και τη ‘μόνωση’ αντίστοιχα. Από τους φοιτητές/τριες που έδωσαν λανθασμένη εξήγηση οι 92 (ποσοστό 30%) επέλεξε τη ‘μόνωση’ και 82 (ποσοστό 26,7%) επέλεξε τη σωστή έννοια την ‘αγωγιμότητα’.



Διάγραμμα 27. Κατανομή κατάλληλης έννοιας και επιστημονικά ορθής απάντησης.

Έγινε έλεγχος συσχέτισης της επιλογής της κατάλληλης έννοιας με την εξήγηση που έδωσαν οι φοιτητές/τριες. Σύμφωνα με το κριτήριο χ^2 η συσχέτιση ήταν σημαντική $\chi^2(n=424)=272.952$, $p<0.001$. Η εξήγηση του φαινομένου σχετίζεται με την επιλογή της κατάλληλης έννοιας όπως παρατηρούμε και στον παρακάτω πίνακα συνάφειας (Πίνακας 15).

Πίνακας 15 Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και εξήγησης της ερώτησης 26

Εξήγηση		Κατάλληλη Έννοια					Total
		Μεταφορά θερμότητας	Μεταφορ ά κρύου	Θερμοκρα σία	Αγωγιμό τητα	Μόνωση	
NO CODE	N	5	10	16	20	16	67
	%	7,5	14,9	23,9	29,9	23,9	100%
Fully Consistent	N	25	1	7	79	5	117
	%	21,4	0,9	6,0	67,5	4,3	100%
Objects at Different Temperature	N	7	10	15	5	3	40
	%	17,5	25,0	37,5	12,5	7,5	100%
Glass is better Insulator	N	6	2	11	31	56	106
	%	5,7	1,9	10,4	29,2	52,8	100%
Cold	N	5	17	4	14	6	46
	%	10,9	37,0	8,7	30,4	13,0	100%
Reverse Transfer	N	0	2	0	0	1	3
	%	0,0	66,7	0,0	0,0	33,3	100%
Heat transfer	N	10	0	0	2	2	14
	%	71,4	0,0	0,0	14,3	14,3	100%
Temperature	N	2	1	2	7	6	18
	%	11,1	5,6	11,1	38,9	33,3	100%
Heat	N	8	0	0	3	2	13
	%	61,5	0,0	0,0	23,1	15,4	100%
Total	N	68	43	55	161	97	424
	%	16,0	10,1	13,0	38,0	22,9	100

5.5.6 Συσχέτιση επιστημονικής εξήγησης με το έτος σπουδών στην Q26.

Συγκρίναμε τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών για την διαφορετική αίσθηση θερμοκρασίας για την πλαστική και γυάλινη συσκευασία του αναψυκτικού ως προς το έτος σπουδών. Στον πίνακα 16 παρουσιάζονται τα ποσοστά των φοιτητών που έδωσαν πλήρως σωστές απαντήσεις που δεν περιέχουν εναλλακτικές αντιλήψεις, ανά έτος σπουδών. Σε αυτόν φαίνεται ότι από τους πρωτοετείς φοιτητές/τριες το 81,4% έδωσαν λανθασμένη εξήγηση με εναλλακτικές αντιλήψεις και μόνο 18,6% απάντησαν σωστά σε αντίθεση με τους τεταρτοετείς φοιτητές/τριες στους οποίους το ποσοστό σωστών εξηγήσεων ανεβαίνει σε 33,1%.

Πίνακας 16 Εξήγηση της ερώτησης Q26 σε σχέση με το έτος σπουδών

	Πίνακας συνάφειας των σωστών εξηγήσεων και του έτους σπουδών					
	Έτος σπουδών				Total	
	Α' Έτος		Δ' Έτος			
	N	%	N	%	N	%
ΛΑΘΟΣ	131	81,4%	176	66,9%	307	72,4%
ΣΩΣΤΗ	30	18,6%	87	33,1%	117	27,6%
Total	161	100,0%	263	100,0%	424	100,0%

Σύμφωνα με το χ^2 , το έτος σπουδών σχετίζεται με την ικανότητα των φοιτητών/τριών να εξηγήσουν με επιστημονική επάρκεια την αίσθηση κρύου στο γυάλινο μπουκάλι σε σχέση με το πλαστικό, $\chi^2(1, n=424)=10.431, p<0.001$. Μεγαλύτερο ποσοστό των τεταρτοετών φοιτητών/τριών (33.1%) έδωσαν επιστημονικά σωστές εξηγήσεις χωρίς εναλλακτικές αντιλήψεις, παρά πρωτοετών (18,6%).

5.5.7 Σύγκριση σεναρίων 1 και 2

Ενώ τα δύο σενάρια περιγράφουν δύο φαινόμενα της καθημερινής μας εμπειρίας που οφείλονται στην ίδια αιτία, αυτή της αγωγιμότητας, η επιλογή της κατάλληλης έννοιας από τους συμμετέχοντες δεν είναι η ίδια. Στο σενάριο που αφορά τα πλακάκια επιλέχθηκε η 'μεταφορά θερμότητας' σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό (σχεδόν 43%) σε σχέση με το σενάριο που αφορά το αναψυκτικό στη γυάλινη συσκευασία που η ίδια έννοια επιλέχθηκε σε ποσοστό 16%. Οι συμμετέχοντες επέλεξαν την 'αγωγιμότητα' σε ποσοστό 38% για να εξηγήσουν την αίσθηση περισσότερο κρύου της γυάλινης συσκευασίας αναψυκτικού

έναντι του ποσοστού 27% που επέλεξε την ‘αγωγιμότητα’ για να εξηγήσει την αίσθηση κρύου στα πλακάκια (βλέπε Διαγράμματα 23 και 26).

Και στα δύο σενάρια η σωστή εξήγηση σχετίζεται με την έννοια που επέλεξαν και με το έτος σπουδών.

5.6 Σενάρια 3 και 4 – Κατάλληλη Έννοια και Αγωγοί – Μονωτές.

5.6.1 Επιλογή υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.

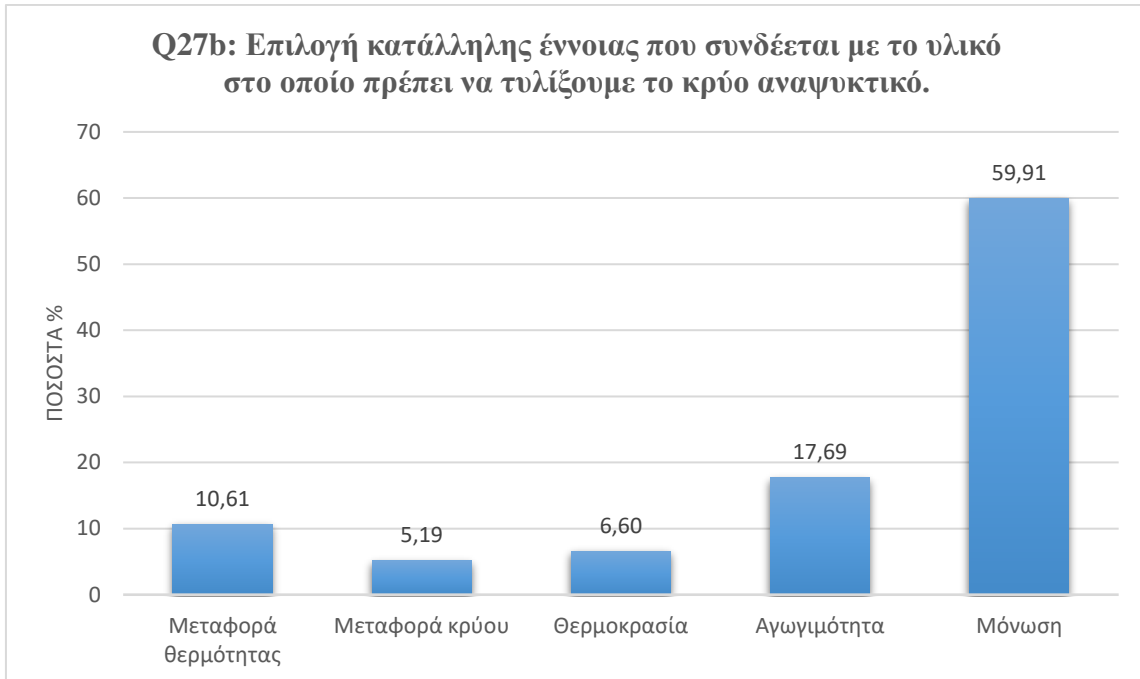
Στο σενάριο της ερώτησης Q27 οι φοιτητές/τριες αφού επέλεξαν το κατάλληλο υλικό για να τυλίξουν το αναψυκτικό ώστε να μείνει κρύο όσο το δυνατόν περισσότερο, επέλεξαν και την κατάλληλη έννοια που συνδέεται με την εξήγηση της επιλογής τους. Οι απαντήσεις φαίνονται στο Διάγραμμα 28. Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των φοιτητών (περίπου 85%) επέλεξε λανθασμένο υλικό και μόνο 15% έκανε τη σωστή επιλογή να διαλέξει το μάλλινο ύφασμα που έχει τη μικρότερη αγωγιμότητα. Περισσότεροι από τους μισούς ερωτηθέντες διάλεξαν το αλουμινόχαρτο ως καλύτερο μονωτή και περίπου 30% διάλεξαν την πλαστική μεμβράνη.



Διάγραμμα 28. Επιλογή κατάλληλου υλικού για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.

Στο Διάγραμμα 29 φαίνεται η κατανομή της κατάλληλης έννοιας που σχετίζεται με το φαινόμενο. Παρατηρούμε μια προτίμηση στη μόνωση με ποσοστό περίπου 60% και στην αγωγιμότητα με ποσοστό περίπου 18%. Οι φοιτητές/τριες έκαναν αρκετά καλή επιλογή της έννοιας καθώς οι δύο αυτές έννοιες είναι πραγματικά οι πιο κατάλληλες για την εξήγηση

του φαινομένου. Η αγωγιμότητα είναι μια έννοια που έχει περισσότερο επιστημονική χρήση ενώ η μόνωση χρησιμοποιείται πιο συχνά στην καθημερινή γλώσσα χωρίς όμως να υπολείπεται επιστημονικής ορθότητας.



Διάγραμμα 29. Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με το Σενάριο 3.

5.6.2 Συσχέτιση επιλογής υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.

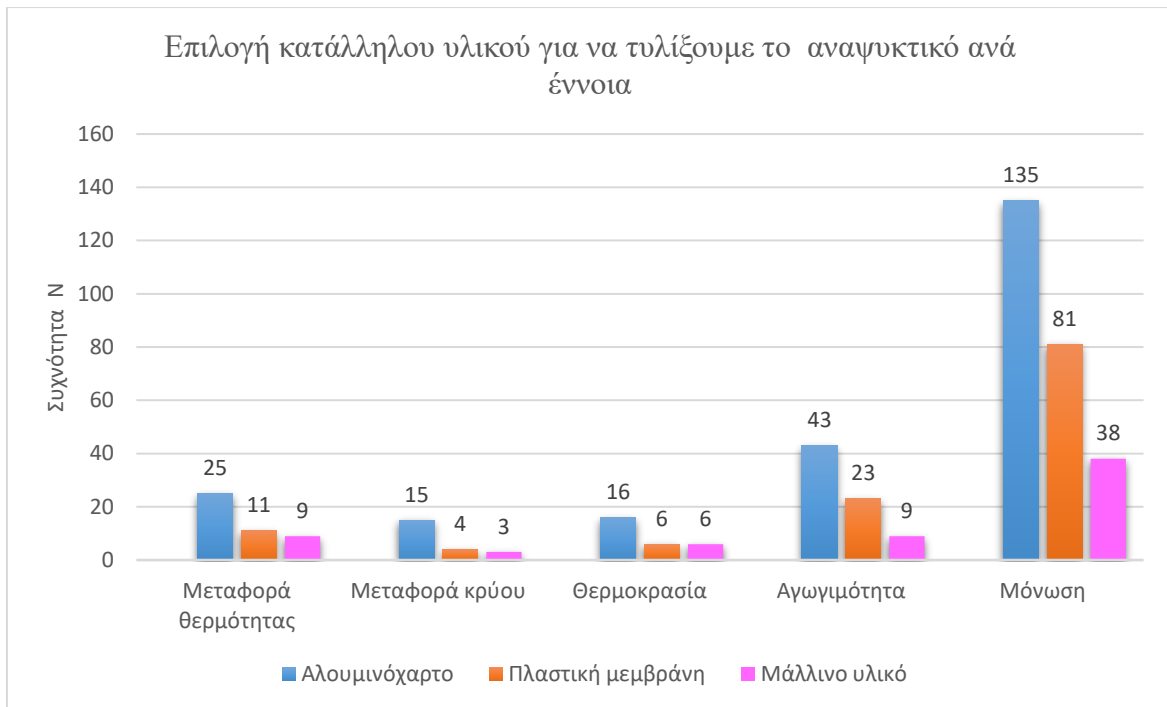
Έγινε έλεγχος χ^2 για να εξετάσουμε αν υπάρχει συσχέτιση της έννοιας που επιλέγουν οι φοιτητές/τριες και του κατάλληλου υλικού που προτείνουν για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό. Σύμφωνα με το $\chi^2(1, n=424)=5.365, p=0.718$, η επιλογή της έννοιας ως καταλληλότερη δεν σχετίζεται με το υλικό που προτείνουν για να διατηρηθεί κρύο το αναψυκτικό.

Παρατηρούμε και από τον παρακάτω πίνακα 17 ότι δεν υπάρχει συνέπεια ως προς τη σωστή επιλογή της κατάλληλης έννοιας και του υλικού που θα διαλέξουν. Μεγαλύτερο ποσοστό αυτών που επέλεξαν την αγωγιμότητα (δηλαδή τη σωστή έννοια) επέλεξαν το αλουμινόχαρτο ως καλύτερο μονωτή, 66 στους 75 δηλαδή ποσοστό 88% αυτών επέλεξαν λάθος υλικό και μόνο οι 9 στους 75 δηλαδή 12% επέλεξαν το σωστό υλικό, το μάλλινο ύφασμα. Το ίδιο παρατηρούμε και με την έννοια 'μόνωση' που είναι αρκετά κατάλληλη. Οι 135 από τους 254 φοιτητές που επέλεξαν ως κατάλληλη έννοια την μόνωση, δηλαδή

ποσοστό 53%, πιστεύουν πως το αλουμινόχαρτο είναι το κατάλληλο υλικό, οι 81 δηλαδή 32% επέλεξαν την πλαστική μεμβράνη και μόνο 15% αυτών επέλεξαν το μάλλινο ύφασμα. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν την συνύπαρξη των επιστημονικών ιδεών με τις προϋπάρχουσες ιδέες (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2000; Georgiou & Sharma, 2011; Στύλος & Κώτσης, 2018).

Πίνακας 17 Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και υλικού

Κατάλληλη έννοια και υλικό για να τυλίξουν το κρύο αναψυκτικό								
	Αλουμινόχαρτο		Πλαστική μεμβράνη		Μάλλινο υλικό		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Μεταφορά θερμότητας	25	10,7%	11	8,8%	9	13,8%	45	10,6%
Μεταφορά κρύου	15	6,4%	4	3,2%	3	4,6%	22	5,2%
Θερμοκρασία	16	6,8%	6	4,8%	6	9,2%	28	6,6%
Αγωγιμότητα	43	18,4%	23	18,4%	9	13,8%	75	17,7%
Μόνωση	135	57,7%	81	64,8%	38	58,5%	254	59,9%
Total	234	100,0%	125	100,0%	65	100,0%	424	100,0%



Διάγραμμα 30. Κατάλληλο υλικό για το αναψυκτικό σε σχέση με την έννοια που επέλεξαν.

5.6.3 Επιλογή υλικού και έννοιας για να διατηρήσουμε ζεστό το τοστ.

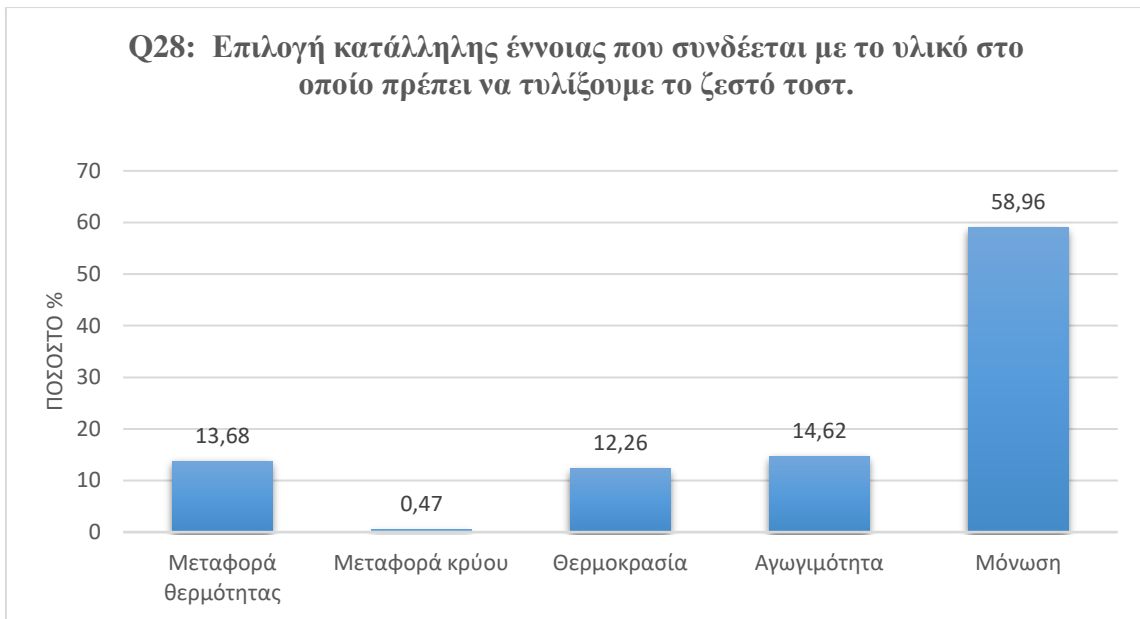
Στο σενάριο της ερώτησης Q28 οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επιλέξουν το κατάλληλο υλικό που πρέπει να χρησιμοποιήσουν για να διατηρήσουν ζεστό το τοστ και μετά να επιλέξουν την καταλληλότερη έννοια που συνδέεται με την περίπτωση αυτή.

Στο διάγραμμα 31 παρατηρούμε ότι περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές/τριες επέλεξαν πάλι το αλουμινόχαρτο για να διατηρήσει ζεστό το τοστ, περίπου 1 στους 3 επέλεξε την πλαστική μεμβράνη και μόνο 3 στους 20 φοιτητές επέλεξαν το μάλλινο ύφασμα. Η επιλογή υλικού είτε πρόκειται να διατηρήσουμε το κρύο αναψυκτικό είτε το ζεστό τοστ παρουσιάζει σταθερά ποσοστά (Διαγράμματα 26 και 28).



Διάγραμμα 31. Επιλογή κατάλληλου υλικού ώστε να παραμείνει ζεστό το τοστ.

Στο διάγραμμα 32 φαίνεται η κατανομή της κατάλληλης έννοιας που επέλεξαν οι ερωτηθέντες. Όπως και στην περίπτωση του αναψυκτικού και εδώ η μόνωση έχει επιλεγεί από την πλειοψηφία των φοιτητών/τριών σε ποσοστό 59%. Με μικρότερα ποσοστά επελέγησαν η αγωγιμότητα (περίπου 15%) και η μεταφορά θερμότητας (περίπου 14%).



Διάγραμμα 32. Κατάλληλη έννοια που συνδέεται με το Σενάριο 4.

5.6.4 Συσχέτιση επιλογής υλικού και έννοιας για να διατηρηθεί ζεστό το τοστ.

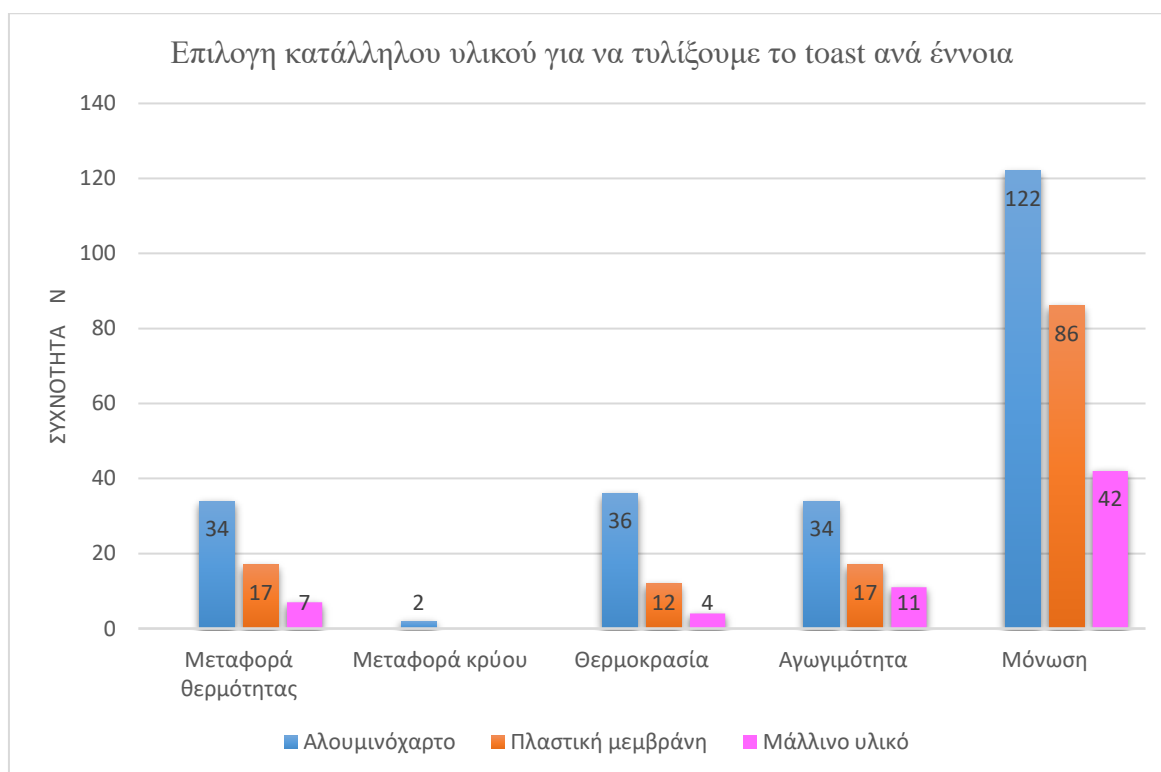
Ο έλεγχος χ^2 έδειξε ότι η επιλογή της κατάλληλης έννοιας δεν σχετίζεται με την επιλογή του υλικού για να τυλίξουμε το τοστ $\chi^2(n=424)=10.733$, $p=0.217$. Και σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των δύο επιλογών.

Στον πίνακα 18 παρατηρούμε τον αριθμό των φοιτητών για κάθε υλικό που επέλεξαν στην κάθε έννοια ξεχωριστά.

Τα στοιχεία του πίνακα 18 σε συνδυασμό με την οπτικοποίηση των συχνοτήτων ανά επιλογή έννοιας (Διάγραμμα 33) κάνουν φανερή την προτίμηση των φοιτητών στο αλουμινόχαρτο ανεξάρτητα με την έννοια που είχαν επιλέξει ως κατάλληλη.

Πίνακας 18 Πίνακας συνάφειας επιλογής έννοιας και κατάλληλου υλικού για να διατηρηθεί ζεστό το τoστ

Έννοια	Αλουμινόχαρτο		Πλαστική μεμβράνη		Μάλλινο υλικό		Σύνολο	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Μεταφορά θερμότητας	34	58,6	17	12,9	7	10,9	58	13,7
Μεταφορά κρύου	2	0,9	0	0,0	0	0,0	2	0,5
Θερμοκρασία	36	15,8	12	9,1	4	6,3	52	12,3
Αγωγιμότητα	34	14,9	17	12,9	11	17,2	62	14,6
Μόνωση	122	53,5	86	65,2	42	65,6	250	59,0
Σύνολο	228	100	132	100	64	100	424	100



Διάγραμμα 33. Έννοια και κατάλληλο υλικό για το τoστ.

5.6.5 Σύγκριση των Σεναρίων 3 και 4.

Ο Πίνακας 19 δείχνει συγκεντρωτικά την επιλογή κατάλληλης έννοιας από τους φοιτητές και για τα δύο Σενάρια. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η επιλογή της έννοιας που είναι καταλληλότερη για κάθε περίπτωση, δεν μεταβάλλεται για τα δύο σενάρια όπως φαίνεται και στα Διαγράμματα 29 και 32 και οι φοιτητές /τριες επιλέγουν σε καλό ποσοστό μια από τις δύο κατάλληλες έννοιες : την αγωγιμότητα και τη μόνωση με μεγάλη και σταθερή προτίμηση στη ‘μόνωση’ με ποσοστό περίπου 60%.

Πίνακας 19 Επιλογή της κατάλληλης έννοιας για τα δύο σενάρια

	Αναψυκτικό		Τοστ	
	N	%	N	%
Μεταφορά θερμότητας	58	13,7	45	10,6
Μεταφορά κρύου	2	0,5	22	5,2
Θερμοκρασία	52	12,3	28	6,6
Αγωγιμότητα	62	14,6	75	17,7
Μόνωση	250	59,0	254	59,9

Επίσης δεν παρατηρείται μεταβολή ούτε ως προς την επιλογή του υλικού που θα χρησιμοποιήσουμε για να τυλίξουμε το αναψυκτικό ή το τοστ (βλ. πίνακας 20). Το αλουμινόχαρτο ανακυρήσεται ‘νικητής’ των μονωτών με ποσοστό κατα μέσο όρο 54%, η πλαστική μεμβράνη ακολουθεί με περίπου 30% και το μάλλινο υλικό συγκεντρώνει μόνο 15%.

Πίνακας 20 Επιλογή του κατάλληλου υλικού για τα δύο σενάρια

	Αναψυκτικό		Τοστ	
	N	%	N	%
Αλουμινόχαρτο	234	55,2	228	53,8
Πλαστική μεμβράνη	125	29,5	132	31,1
Μάλλινο υλικό	65	15,3	64	15,1

Σύμφωνα με το κριτήριο χ^2 , η συσχέτιση της κατάλληλης έννοιας που επιλέγουν οι φοιτητές για το κρύο αναψυκτικό και για το τοστ ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2(n=424)= 326.47$, $p<0.01$.

Επίσης σύμφωνα με το κριτήριο χ^2 , η συσχέτιση του υλικού που επιλέγουν οι φοιτητές για να τυλίξουν το κρύο αναψυκτικό και του υλικού για να τυλίξουν το ζεστό τοστ ήταν στατιστικά σημαντική $\chi^2(n=424)= 72.664$, $p<0.01$.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η έρευνα αυτή χρησιμοποίησε δύο διαφορετικούς τρόπους για να διερευνήσει τις εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών: ένα ερωτηματολόγιο 24 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής και 4 σενάρια της καθημερινής ζωής με ερωτήσεις ανάπτυξης σε συνδυασμό με επιλογή της κατάλληλης έννοιας για κάθε φαινόμενο που περιγράφει. Η επιλογή της κατάλληλης έννοιας και η επεξήγηση στη συνέχεια μας επιτρέπει να διερευνήσουμε τις συσχετίσεις που κάνουν οι φοιτητές μεταξύ των εννοιών της Φυσικής και των φαινομένων που συναντούν στην καθημερινή τους ζωή. Στους πίνακες 21 και 22 παρουσιάζονται οι επιστημονικά σωστές απαντήσεις και οι εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω. Η μελέτη αυτή οδήγησε σε παρόμοια συμπεράσματα με άλλες έρευνες που έγιναν με το ίδιο εργαλείο (TCE) όπως οι Adadan και Yavuzkaya (2018), οι Chu et al. (2012) και οι Stylos et al. (2021) ή έρευνες που χρησιμοποίησαν διαφορετικά εργαλεία όπως Chiou & Anderson, (2010), Georgiou & Sharma (2012) και Paik et al. (2007).

6.1. Τήξη, Πήξη και Βρασμός

Στο 1^ο μέρος της εργασίας μελετήσαμε τις απαντήσεις των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής οι οποίες ανέδειξαν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των ερωτηθέντων για έννοιες σχετικές με τα θερμικά φαινόμενα.

Από την ανάλυση των απαντήσεων προέκυψε ότι αρκετοί/ές φοιτητές/τριες έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικές με τα θερμικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα σχετικά με το φαινόμενο της πήξης περίπου 2 στους 5 φοιτητές δηλώνουν ότι ο πάγος βρίσκεται πάντα στο 0° C και περίπου οι μισοί δήλωσαν ότι ο πάγος όταν έχει αρχίσει να λιώνει μπορεί να έχει θερμοκρασία από 5 έως 10°C. Επίσης ανιχνεύθηκε η αντίληψη ότι δεν μπορεί να υπάρχει νερό στους 0°C. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με αυτά που έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία (Adadan & Yavuzkaya, 2018; Chu et al., 2012; Kacovsky, 2015 και Stylos et al., 2021).

Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι δε γνωρίζουν ότι η θερμοκρασία του μίγματος νερού πάγου παραμένει σταθερή στους 0° C όσο διαρκεί η τήξη ή η πήξη και πιστεύουν ότι μπορεί να υπάρχει πάγος σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 0° C.

Παρόμοια είναι και τα ευρήματα στο φαινόμενο του βρασμού όπου τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πολλοί/ές φοιτητές/τριες πιστεύουν ότι μπορεί το νερό να βράζει στους 110°C. Ακόμη, περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές πιστεύουν ότι η θερμοκρασία του νερού που συνεχίζει να βράζει για λίγη ώρα μπορεί να γίνει 110° C ή 120° C. Για τη θερμοκρασία του ατμού πάνω από το νερό που βράζει ένα μικρό μέρος πιστεύει ότι ο ατμός μπορεί να έχει θερμοκρασία 88° C και οι μισοί ότι η θερμοκρασία του ατμού πάνω από το νερό που βράζει είναι 110° C ή 120° C. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής συμφωνούν με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών όπως των Adadan & Yavuzkaya (2018) που έγιναν σε μαθητές διαφόρων τάξεων μέχρι και το πρώτο έτος του κολεγίου από 13-21 ετών στην Τουρκία, των Chu et al. (2012) σε μαθητές γυμνασίου 10-12 ετών στην Κορέα, του Kacovsky (2015) που έγινε σε μαθητές λυκείου ετών 16-18 στην Τσεχία και των Stylos et al. (2021) σε φοιτητές του πρώτου έτους σπουδών σε διάφορα πανεπιστημιακά τμήματα. Δηλαδή οι φοιτητές πιστεύουν ότι η θερμοκρασία του νερού που βράζει μπορεί να αυξάνεται όπως και η θερμοκρασία των ατμών να αυξάνεται όσο συνυπάρχουν νερό και ατμός. Όσο για τη σύσταση των φυσαλίδων μέσα στο νερό που βράζει ένα μεγάλο ποσοστό απάντησε ότι είναι οξυγόνο και υδρογόνο και μικρό ποσοστό ότι είναι αέρας.

6.2. Μεταφορά θερμότητας, Θερμότητα και υλικά

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων επιβεβαιώνει τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και σε αντιλήψεις που αφορούν τη μεταφορά θερμότητας. Μεγάλη μερίδα των φοιτητών/τριών εκφράζουν την αντίληψη ότι η θερμοκρασία μεταφέρεται (Stylos et al., 2021) και το κρύο είναι μια ποσότητα που περιέχεται στα σώματα και μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του (Σκουμιός, 2012; Καρύδας & Κουμαράς, 2000).

Ακόμη η έρευνα αυτή έδειξε ότι οι φοιτητές/τριες πιστεύουν ότι η θερμότητα περιέχεται στα σώματα και μπορεί να πηγαίνει από το ένα σώμα στο άλλο καθώς και ότι η θερμότητα είναι μια ουσία ή ενέργεια που υπάρχει στα σώματα και είναι ανάλογη με την θερμοκρασία τους και όταν ψύχονται χάνουν ένα μέρος της θερμότητάς τους, όπως έδειξαν αντίστοιχες έρευνες (Yeo & Zadnik, 2001; Georgiou & Sharma, 2012; Chu et al., 2012; Στύλος & Κώτσης, 2018; Adadan & Yavuzkaya, 2018).

Οι ερωτήσεις που αφορούν τα υλικά που χρησιμοποιούμε για να διατηρηθούμε ζεστοί όπως μάλλινα ρούχα και κουβέρτες αναδεικνύουν εναλλακτικές αντιλήψεις όπως ότι οι κουβέρτες και τα μάλλινα παράγουν θερμότητα και οι κούκλες δεν ζεσταίνονται όταν τις

σκεπάζουμε με κουβέρτα γιατί ευθύνεται το υλικό της κούκλας ή το υλικό της κουβέρτας (Adadan & Yavuzkaya, 2018).

Άλλες εναλλακτικές ιδέες που διαπιστώθηκαν είναι οι εξής: Κάποια υλικά έχουν την ιδιότητα να προκαλούν ή να διατηρούν την θερμότητα και κάποια υλικά είναι πιο ζεστά από άλλα όπως για παράδειγμα το ξύλο είναι πιο ζεστό από το μέταλλο. Επίσης το ξύλο περιέχει περισσότερη θερμότητα και το κρύο ρέει πιο γρήγορα στα μέταλλα. Το μέταλλο είναι από τη φύση του πιο κρύο από το πλαστικό. Παρόμοιες εναλλακτικές ιδέες που αναφέρθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση από τους Κώτσης & Στύλος (2018) και ανέδειξαν επίσης οι Chu et al. (2012) και ο Alwan (2011).

Μια άλλη εναλλακτική ιδέα που αναδύθηκε από τις απαντήσεις είναι ότι τα μεταλλικά σώματα τα αισθανόμαστε πιο κρύα επειδή είναι βαρύτερα και το μέταλλο είναι πιο κρύο γιατί έχει λιγότερη θερμότητα να χάσει.

Συμπερασματικά οι φοιτητές/τριες συνδέουν την θερμοκρασία με το είδος του υλικού, ανεξάρτητα από το αν τα δύο υλικά βρίσκονται για πολλή ώρα στον ίδιο χώρο. Η θερμοκρασία παρουσιάζεται ως ποσοτικό μέγεθος που εξαρτάται από την ποσότητα της θερμότητας ή του κρύου που περιέχει ένα σώμα. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από το υλικό, το μέγεθος και το βάρος του σώματος. Έτσι οι μισοί φοιτητές/τριες πιστεύουν ότι μεταξύ τριών σωμάτων που βρίσκονται πολλή ώρα στο ίδιο περιβάλλον κάποιο μπορεί να είναι πιο ζεστό ή πιο κρύο από τα άλλα λόγω του υλικού του.

Πίνακας 21 Ποσοστά των επιστημονικών απαντήσεων των φοιτητών/τριών

Εννοιολογική ΟΜΑΔΑ	Ερώτηση	Ποσοστό Σωστών απαντήσεων %
Πήξη Τήξη	Q2 Ο Γιώργος παίρνει παγάκια από την κατάψυξη και τα ανακατεύει σε ένα ποτήρι μέχρι να σταματήσουν να λιώνουν. Ποια είναι η πιθανή θερμοκρασία του νερού σε αυτό;	41,7
	Q3 Τα παγάκια που άφησε ο Γιώργος στον πάγκο έχουν σχεδόν λιώσει και βρίσκονται σε μια λιμνούλα νερού. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχουν τα μικρότερα παγάκια;	38,2
Βρασμός	Q4 Η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχει το νερό που έχει αρχίσει να βράζει.	35,1
	Q5 Πέντε λεπτά αργότερα, το νερό στην κατσαρόλα εξακολουθεί να βράζει. Η πιο πιθανή θερμοκρασία του νερού τώρα είναι περίπου;	31,8
Μεταφορά θερμότητας	Q9 Μετά το μαγείρεμα μερικών αυγών σε βραστό νερό, ο Γρηγόρης κρύνει τα αυγά τοποθετώντας τα σε ένα μπολ με κρύο νερό. Ποιο από τα παρακάτω εξηγεί τη διαδικασία ψύξης;	38,9
	Q17 Γιατί φοράμε πουλόβερ όταν έχει κρύο;	52,4
	Q18 Τέσσερις φοιτητές/τριες συζητούσαν για πράγματα που έκαναν όταν ήταν παιδιά. Ακούστηκε η ακόλουθη φράση: «Συνήθιζα να τυλίγω τις κούκλες μου με κουβέρτες, αλλά ποτέ δεν μπορούσα να καταλάβω γιατί δεν ζεσταίνονταν».	60,4
	Q16 Όταν φουσκώνουμε τα λάστιχα του ποδηλάτου η τρόμπα ζεσταίνεται. Γιατί;	52,1
Θερμική ισορροπία	Q10 Ο Θανάσης ανακοινώνει ότι δεν του αρέσει να κάθεται πάνω στις μεταλλικές καρέκλες στο δωμάτιο, επειδή «είναι ψυχρότερες από τις πλαστικές».	23,3
	Q12 Ο Γιώργος παίρνει μερικές γρανίτες από την κατάψυξη, όπου τις είχε τοποθετήσει μια ημέρα πριν, και λέει σε όλους ότι τα ξυλάκια έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από την γρανίτα.	31,4
	Q13 Η Μαρία παίρνει ένα αλουμινένιο τενεκεδάκι πορτοκαλάδας και ένα πλαστικό μπουκάλι πορτοκαλάδας από το ψυγείο, τα οποία ήταν εκεί καθ' όλη την διάρκεια της νύχτας. Τοποθετεί γρήγορα ένα θερμόμετρο στην πορτοκαλάδα που βρίσκεται στο αλουμινένιο τενεκεδάκι. Η θερμοκρασία είναι 7°C. Ποιες είναι οι πιο πιθανές θερμοκρασίες του πλαστικού μπουκαλιού αλλά και της πορτοκαλάδας που βρίσκεται μέσα;	42,5
	Q22 Ποιο από τα παραπάνω αντικείμενα έχει τη χαμηλότερη θερμοκρασία; Πλαστικό μάλλινο μεταλλικό	48,8
	Q23 Θερμαίνω τα παραπάνω αντικείμενα σε έναν φούρνο στους 90o C για πολύ ώρα. Ποιο αντικείμενο θα νιώσω πιο θερμό, όταν το αγγίξω;	71,5
	Q24 Ποιο από τα παραπάνω αντικείμενα έχει την υψηλότερη θερμοκρασία;	48,8
	Q20 Ο Δημήτρης θέλει να διατηρήσει ζεστό το τοστ. Με ποιο υλικό προτείνετε να το τυλίξει για να παραμείνει ζεστό;	14,4
	Q11 Η Νατάσα παίρνει ταυτόχρονα δύο κουτιά γάλακτος, ένα κρύο από το ψυγείο και ένα ζεστό από τον πάγκο της κουζίνας. Γιατί πιστεύετε ότι αισθάνεται το κουτί από το ψυγείο πιο κρύο σε σχέση με αυτό που βρίσκεται στον πάγκο;	29,0
Q14 Λίγα λεπτά αργότερα, η Μαρία σηκώνει το αλουμινένιο τενεκεδάκι και λέει σε όλους πως το σημείο του πάγκου που βρίσκεται το αλουμινένιο τενεκεδάκι είναι πιο κρύο σε σχέση με τον υπόλοιπο πάγκο. Τι συμβαίνει;	58,3	
Αγωγιμότητα		

Πίνακας 22 Ποσοστά των Εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών/τριών

Εναλλακτικές αντιλήψεις	Ερώτηση	Συνολικό Ποσοστό %
Πήξη – Τήξη		
Ο πάγος είναι πάντα στους 0°C	Q1(b)	38.2
Το νερό δεν μπορεί να είναι στους 0°C	Q2(c,d)	54,3
Δεν μπορεί να υπάρχει νερό στους 0°C	Q7(e)	42.2
Μπορεί να υπάρχει πάγος στους 5 ή 10°C	Q3(c,d)	56.9
Βρασμός		
Η θερμοκρασία βρασμού του νερού είναι πάντα 100 °C.	Q4(d)	28.8
Η θέρμανση πάντα οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας	Q5(c)	48.1
Ο ατμός πάνω από το νερό που βράζει έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του νερού	Q6(c,d)	47.1
Η θερμοκρασία κατά το βρασμό δεν παραμένει σταθερή	Q5(d)	17.9
Οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει περιέχουν οξυγόνο και υδρογόνο	Q8(b)	42.0
Οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει περιέχουν αέρα	Q8(a)	17.9
Θερμότητα και Θερμοκρασία		
Η θερμοκρασία μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο	Q9(a)	44.6
Το μέταλλο προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του υλικού του	Q16(d)	21.7
Η θερμότητα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας	Q11(b)	35.1
Το κρύο μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο	Q11(d)	22.6
Το κρύο περιέχεται στα σώματα και μεταφέρεται από σώμα σε σώμα	Q14(a)	23.6
Τα ξύλινα σώματα περιέχουν περισσότερη θερμότητα	Q12(c)	37.7
Το ξύλο είναι πιο ζεστό υλικό από τη φύση του	Q15(b)	13.0
Το μέταλλο είναι πιο κρύο λόγω του υλικού του	Q10(a)	13.7
Το μέταλλο συγκρατεί λιγότερη θερμότητα από το πλαστικό	Q10(d)	48.6
Η ποσότητα της θερμότητας που περιέχει ένα σώμα εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο.	Q15(c)	10.8
Η θερμοκρασία εξαρτάται από την ποσότητα του υλικού	Q13(e)	11.1
Η αίσθηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από τη θερμότητα που περιέχεται στο σώμα (και όχι από την αγωγιμότητα)	Q11(b)	35.1
Η αίσθηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από τη θερμότητα που περιέχει	Q12(c)	37.7
Θερμική ισορροπία		
Αντικείμενα από διαφορετικό υλικό που βρίσκονται για πολλή ώρα στο ίδιο περιβάλλον δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία	Q12(a,b)	30.2
Αντικείμενα από διαφορετικό υλικό που βρίσκονται για πολλή ώρα στο ίδιο περιβάλλον δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία	Q22(a,b,c)	51.2
Σώματα που βρίσκονται σε επαφή δεν καταλήγουν αναγκαστικά στην ίδια θερμοκρασία	Q13(d)	26.4
Αγωγοί – Μονωτές		
Το αλουμινόχαρτο είναι καλύτερος μονωτής από το μάλλινο ύφασμα	Q19	59.4
Το γυαλί είναι καλύτερος θερμικός μονωτής	Q26	25.0

6.3. Παράγοντες που σχετίζονται με τις εναλλακτικές ιδέες

Ενδιαφέροντα ευρήματα έχουμε και από τους συσχετισμούς των μεγεθών της έρευνας. Ο έλεγχος δείχνει συσχέτιση της επίδοσης στο ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής σε σχέση με το έτος σπουδών. Δηλαδή οι φοιτητές του Δ' έτους δίνουν απαντήσεις με λιγότερες εναλλακτικές ιδέες από τους φοιτητές του Α' έτους που ουσιαστικά εξετάζονται στις γνώσεις που φέρουν από την δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Ενώ οι διεθνής βιβλιογραφία δείχνει ότι το φύλο είναι σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επίδοση στις επιστήμες (Acar, 2019; OECD, 2016a) σε αυτή την έρευνα το φύλο δεν δείχνει να επηρεάζει την εμφάνιση εναλλακτικών ιδεών στο δείγμα μας.

Αντίθετα η κατεύθυνση σπουδών επηρεάζει την επίδοση. Οι φοιτητές/τριες που είχαν ακολουθήσει θετική ή τεχνολογική κατεύθυνση στο Λύκειο εμφανίζουν λιγότερες εναλλακτικές ιδέες. Ακόμη ο βαθμός ενδιαφέροντος και εμπιστοσύνης στις γνώσεις τους για τις έννοιες της Φυσικής και της Διδακτικής της σχετίζεται σε χαμηλό βαθμό αλλά θετικά με την επίδοση στο ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα ευρήματα των Stylos et al. (2021).

6.4. Επιλογή κατάλληλης έννοιας – Συσχέτιση με το σενάριο

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων στα σενάρια μας έδωσε τη δυνατότητα να ανιχνεύσουμε μέσα στις απαντήσεις ανάπτυξης, όχι μόνο μια σωστή ή λανθασμένη απάντηση αλλά και τις εναλλακτικές αντιλήψεις που παρουσιάζονται αυθόρμητα και όχι καθοδηγούμενα από τις έτοιμες απαντήσεις. Επίσης η επιλογή της κατάλληλης έννοιας από τους/τις φοιτητές/τριες και ο συνδυασμός τους με την εξήγηση που έδωσαν, μας έδωσαν τη δυνατότητα να εξετάσουμε την εννοιολογική κατανόηση, την ικανότητα εξήγησης ενός φαινομένου της καθημερινής ζωής και τη σύνδεση της κατάλληλης έννοιας με την εξήγηση. Αρχικά η αυθόρμητη εξήγηση ενός φαινομένου από τους φοιτητές, και όχι η επιλογή μιας έτοιμης απάντησης, φέρνουν στο φως τις εναλλακτικές ιδέες τους αλλά και την επικράτηση αυτών των εναλλακτικών ιδεών έναντι των επιστημονικών γνώσεων από το σχολείο σε καταστάσεις που αφορούν καθημερινά πλαίσια. Η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών που έδωσαν απάντηση με εναλλακτικές αντιλήψεις επέλεξε μια έννοια η οποία ταιριάζει με το φαινόμενο π.χ. ‘μεταφορά θερμότητας’ ή ‘αγωγιμότητα’. Η αποτυχία των φοιτητών/τριών να δώσουν εξήγηση σύμφωνη με τις επιστημονικές γνώσεις μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή κάλυψη της σχετικής ύλης, σε περιορισμένη κατανόηση των σχετικών εννοιών και σε αδυναμία σύνδεσης των επιστημονικών γνώσεων με καθημερινές καταστάσεις. Όπως υποστηρίζει η Κατσάνη (2005) «Οι μαθητές διατηρούν τις απόψεις τους, ενώ παράλληλα μαθαίνουν την επιστημονική άποψη και τη χρησιμοποιούν μόνο στις διαδικασίες του σχολείου, πχ εξετάσεις, αλλά δεν τη συνδέουν με τις καθημερινές καταστάσεις. Η γνώση αυτή ονομάζεται στατική/μη λειτουργική γνώση (De Berg, 1989)».

Πολλές εναλλακτικές ιδέες αλιεύτηκαν από την κωδικοποίηση των απαντήσεων όπως:

- ύπαρξη της θερμότητας σαν κάτι που υπάρχει στα σώματα και μεταφέρεται,
- κρύο που περιέχεται σε ένα σώμα και μεταδίδεται σε ένα άλλο,

- δύο σώματα που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον για πολλή ώρα μπορεί να έχουν διαφορετική θερμοκρασία,
- η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται από το υλικό του,
- το πλακάκι είναι μονωτής της θερμότητας
- το γυαλί είναι θερμικός μονωτής
- η θερμοκρασία μεταφέρεται.

Οι περισσότερες από αυτές εμφανίστηκαν και στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής αλλά εδώ περιέχουν λίγο μεγαλύτερη σημασία γιατί αναφέρθηκαν αυθόρμητα από τους ίδιους τους φοιτητές.

Τα δύο πρώτα σενάρια περιγράφουν φαινόμενα που από επιστημονική άποψη είναι παρόμοια: γιατί αισθανόμαστε πιο κρύα τα πλακάκια σε σχέση με το χαλί και γιατί αισθανόμαστε πιο κρύα τη γυάλινη συσκευασία αναψυκτικού από την πλαστική, ενώ τα δύο υλικά και στις δύο περιπτώσεις βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών επέλεξε λανθασμένη έννοια που εξηγεί τα φαινόμενα και η επιλογή της κατάλληλης έννοιας παρουσιάζει διαφορές στις δύο ερωτήσεις – σενάρια. Ενώ δηλαδή πρέπει να εξηγήσουν το ίδιο φαινόμενο επιλέγουν διαφορετική έννοια κάθε φορά. Αυτό ίσως οφείλεται σε ελλιπή κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τη θερμότητα καθώς και αδυναμία σύνδεσης των επιστημονικών γνώσεων με καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

Ακόμη και οι φοιτητές/τριες που επέλεξαν τη σωστή έννοια που αντιστοιχεί σε αυτό το φαινόμενο, όταν καλούνται να δώσουν επιστημονική εξήγηση, ανακαλούν από τη μνήμη τους και χρησιμοποιούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις αποδίδοντας στις έννοιες της Φυσικής διαφορετικό νόημα από αυτό που έχουν στην επιστήμη. Παρατηρούμε δηλαδή ότι οι εναλλακτικές ιδέες εξαρτώνται από το πλαίσιο χρήσης τους. Για να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο χρησιμοποιούν τα δεδομένα του προβλήματος και όταν δεν αντιλαμβάνονται το συσχετισμό του φαινομένου με ό,τι διδάχθηκαν στο σχολείο (ώστε να χρησιμοποιήσουν τις επιστημονικές γνώσεις) τότε διαμορφώνουν μια δική τους αναπαράσταση χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες αντιλήψεις τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν διαφορετικές ή αντίθετες ιδέες για να εξηγήσουν παρόμοια προβλήματα μόνο και μόνο γιατί άλλαξε το πλαίσιο του προβλήματος (Σκουμιός & Χατζηνικήτα (2003).

Όπως αναφέρεται και στην εργασία των Georgiou και Sharma (2011) η επιλογή της έννοιας δεν αποτελεί απλώς την έννοια που αντιπροσωπεύει το φαινόμενο αλλά περιλαμβάνει μια περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανόησης της έννοιας από του ίδιους τους φοιτητές και των

απόψεών τους σχετικά με την καταλληλότητα της έννοιας στο συγκεκριμένο σενάριο. Σύμφωνα με την κοινωνικοπολιτισμική θεωρία, η επιλογή της κατάλληλης έννοιας και η εξήγηση που δίνουν οι φοιτητές/τριες περικλείουν τη διαπλοκή των δύο πολιτισμικών καταστάσεων που φέρνει ο μαθητής στην τάξη, τις δικές του εμπειρίες και τις επιστημονικές εξηγήσεις που διδάχθηκε στο σχολείο (John-Steiner & Mahn, 1996). Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί ο φοιτητής δίνει διαφορετικές εξηγήσεις για παρόμοιες καταστάσεις.

Αξιοσημείωτο αποτέλεσμα της έρευνας αυτής είναι ότι όσοι έδωσαν πλήρως ολοκληρωμένη εξήγηση στο πρώτο σενάριο (πλακάκι – χαλί) επέλεξαν στην πλειοψηφία τους και κατάλληλες έννοιες. Το 52% των φοιτητών/τριών που έδωσαν Πλήρως ολοκληρωμένη απάντηση επέλεξαν την ‘Αγωγιμότητα’ και το 36% τη ‘Μεταφορά θερμότητας’. Κανένας την ‘Μεταφορά κρύου’ και την ‘Θερμοκρασία’ και λίγοι 12% επέλεξαν την ‘Μόνωση’ (βλέπε πίνακα 13). Στο δεύτερο σενάριο (γυάλινη – πλαστική συσκευασία) η επιλογή της κατάλληλης έννοιας από αυτούς που έδωσαν πλήρως ολοκληρωμένη απάντηση διαφέρει ενώ και τα δύο σενάρια αναφέρονται στο ίδιο φυσικό φαινόμενο. Εδώ το 67% περίπου επέλεξε την ‘Αγωγιμότητα’ και 21% τη ‘Μεταφορά θερμότητας’. Μηδενικά ή πολύ μικρά ποσοστά έδωσαν κάποια άλλη έννοια (βλέπε πίνακα 15). Τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι η διατύπωση της ερώτησης και το πλαίσιο στο οποίο τοποθετείται καθώς και η χρήση της γλώσσας παίζουν ρόλο στην εξήγηση και τον συλλογισμό (Georgiou & Sharma, 2012). Επίσης ενδυναμώνει την πεποίθηση ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών πρέπει να στοχεύει στην εννοιολογική κατανόηση, την εννοιολογική αλλαγή και τη χρήση συνεπούς γλώσσας.

Το έτος σπουδών δείχνει να βελτιώνει την ικανότητα των σπουδαστών να δώσουν μια εξήγηση για ένα καθημερινό φαινόμενο, που δεν περιέχει εναλλακτικές αντιλήψεις. Οι φοιτητές/τριες του Δ΄ έτους δίνουν σωστές εξηγήσεις σε μεγαλύτερα ποσοστά από αυτούς του Α΄ έτους.

Τα σενάρια 3 και 4 περιγράφουν επίσης δύο διαφορετικές εκδοχές του ίδιου φαινομένου. ‘Σε τι υλικό πρέπει να τυλίξουμε ένα κρύο αναψυκτικό και ένα ζεστό τοστ ώστε να διατηρήσουν τη θερμοκρασία τους όσο το δυνατόν περισσότερο’. Εδώ παρατηρούμε συνέπεια ως προς την επιλογή της κατάλληλης έννοιας δηλαδή και στις δύο περιπτώσεις επιλέγεται η ‘μόνωση’ με ποσοστό 60%. Άρα παρόμοια φαινόμενα συνδέονται με την ίδια έννοια. Η μόνωση δεν είναι βέβαια η καλύτερη εννοιολογική επιλογή αλλά δεν περιέχει λανθασμένη αντίληψη και βοηθά στην εξήγηση των δύο περιπτώσεων. Όμως περισσότεροι από τους μισούς/ες φοιτητές/τριες επέλεξαν το αλουμινόχαρτο για να τυλίξουν το κρύο αναψυκτικό ή το ζεστό τοστ ώστε να διατηρήσουν την θερμοκρασία τους. Πιστεύουν

δηλαδή ότι το αλουμινόχαρτο είναι μονωτής και μάλιστα καλύτερος από την πλαστική μεμβράνη και η πλαστική μεμβράνη καλύτερος μονωτής από το μάλλινο υλικό. Τα ευρήματα συμφωνούν με παλαιότερες μελέτες των Yeo & Zadnik, (2001) και Stylos et al. (2010). Πιθανή αιτία αυτής της πολύ κοινής παρανόησης μπορεί να είναι η χρήση υλικών από την κοινωνία για λόγους που φαίνεται να σχετίζονται με την θερμότητα. Για παράδειγμα η χρήση του αλουμινόχαρτου για να τυλίξουμε τρόφιμα ώστε να διατηρηθούν ζεστά, οδηγεί σε λανθασμένα συμπεράσματα για τους αγωγούς και τους μονωτές και άρα στο ότι το αλουμινόχαρτο είναι μονωτής (Yeo & Zadnik, 2001).

Ακόμη βρέθηκε ότι η επιλογή της έννοιας δεν σχετίζεται με την επιλογή του υλικού που διαλέγουν για να τυλίξουν το αναψυκτικό ή το τοστ. Ενώ δηλαδή όταν διαβάζουν οι φοιτητές το σενάριο κατανοούν ότι μια σχετική έννοια είναι η ‘μόνωση’ στην εξήγηση του φαινομένου επικρατούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις που οφείλονται στις καθημερινές εμπειρίες και την καθημερινή γλώσσα και έτσι επιλέγουν το αλουμινόχαρτο λόγω της συχνής χρήσης και ίσως όχι επειδή το θεωρούν καλύτερο μονωτή.

6.5. Περιορισμοί της μελέτης

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να ανιχνευτούν και να αναδυθούν οι εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών/τριών του Παιδαγωγικού τμήματος που αποτελούν τους μελλοντικούς δασκάλους. Ωστόσο για να δοθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα της έρευνας και της αξίας των συμπερασμάτων πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι περιορισμοί της.

Το δείγμα αποτελεί τον πρώτο περιορισμό της έρευνας καθώς αποτελείται από φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού τμήματος μόνο της πόλης των Ιωαννίνων. Επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό για το σύνολο των παιδαγωγικών τμημάτων της Ελλάδας αλλά παρόλα αυτά καταδεικνύει μία τάση.

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής και ανάπτυξης, γεγονός που έδωσε πληθώρα συνδυαστικών πληροφοριών, θα μπορούσε όμως να χρησιμοποιηθεί ακόμη ένα εργαλείο όπως η συνέντευξη για να οδηγηθούμε σε πιο σαφή και επαρκή συμπεράσματα ως προς τον τρόπο σκέψης των φοιτητών/τριών και την εννοιολογική σημασία που δίνουν στις έννοιες που επέλεξαν ή χρησιμοποίησαν στην εξήγηση των σεναρίων.

6.6. Προβληματισμοί – Προτάσεις

Τα αποτελέσματα που αναφέρουμε παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν ανταποκρίνεται στους γενικότερους στόχους της εκπαίδευσης για επιστημονικό εγγραμματισμό και δεν παράγει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Η σύνδεση της διδασκαλίας των Φ.Ε. με την καθημερινή ζωή φαίνεται πως θα οδηγήσει σε μείωση της εμφάνισης εναλλακτικών αντιλήψεων και σε πιο θετική στάση απέναντι στην Επιστήμη και σε επιστημονικά θέματα. Στόχος της εκπαίδευσης πρέπει να είναι η διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων σε πρώιμο στάδιο ώστε να αντιμετωπιστούν πριν γίνουν στέρεες πεποιθήσεις και έτσι να οδηγήσουμε τους μαθητές και τις μαθήτριες να γίνουν επιστημονικά εγγράμματοι μελλοντικοί πολίτες.

Επίσης αν αναρωτηθούμε μήπως η αποτυχία εξήγησης καθημερινών καταστάσεων που σχετίζονται με τη θερμότητα οφείλεται και σε ανεπαρκή κάλυψη της σχετικής ύλης στο Γυμνάσιο (σχεδόν απουσιάζει η διδασκαλία της αντίστοιχης ύλης από το Γυμνάσιο και το Λύκειο).

Προτείνεται λοιπόν μια μελλοντική μελέτη να λάβει υπόψη της την πραγματικά διδαχθείσα ύλη των συμμετεχόντων ώστε να γνωρίζουμε αν τα αποτελέσματα οφείλονται σε ανθεκτικές εναλλακτικές αντιλήψεις ή έλλειψη κατάλληλων γνώσεων. Υπάρχουν βέβαια πολλές σχετικές μελέτες που χρησιμοποιούν διδακτικές παρεμβάσεις, έχει όμως ενδιαφέρον να εξετάσουμε γνώσεις και ικανότητες αφού έχει περάσει μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να εξεταστεί και η χρονική διάρκεια της αντίστοιχης γνώσης. Πολλοί ερευνητές έχουν αποδείξει την ανθεκτικότητα των εναλλακτικών αντιλήψεων. Μέλημά μας είναι λοιπόν να διαπιστωθεί με ποιους τρόπους μπορούν να καταπολεμηθούν και για πόσο.

Ακόμη προτείνεται για μελλοντική έρευνα να μοιραστεί το ερωτηματολόγιο της παρούσας εργασίας σε άλλα τμήματα του Παιδαγωγικού της Δημοτικής Εκπαίδευσης της Ελλάδας ή και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς, ώστε να διαπιστωθεί αν τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας μπορούν να γενικευτούν.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Adadan, E., & Yavuzkaya, M. N. (2018). Examining the progression and consistency of thermal concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, 40(4), 371–396. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1423711>
- Alwan, A. A. (2011). Misconception of heat and temperature among physics students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 12, 600-614.
- Carl A. Doige & Terence Day (2012) A Typology of Undergraduate Textbook Definitions of ‘Heat’ across Science Disciplines, *International Journal of Science Education*, 34:5, 677-700, DOI: 10.1080/09500693.2011.644820
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2), 101.
- Chiou, G. L., & Anderson, O. R. (2010). A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology–process analysis. *Science Education*, 94(5), 825-854.
- Chu, H. E., Treagust, D. F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of students' understanding of thermal concepts in everyday contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509-1534.
- Douglas B. Clark (2006) Longitudinal Conceptual Change in Students' Understanding of Thermal Equilibrium: An Examination of the Process of Conceptual Restructuring, *Cognition and Instruction*, 24:4, 467-563, DOI: [10.1207/s1532690xci2404_3](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_3)
- Driver R. Oldham V., (1986). A constructivist approach to curriculum development in Science. In *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas in science. Open University Press. *Milton Keynes*.
- Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 283–303.

- Duprez, C., & Méheut, M. (2003). About some of the difficulties in learning thermodynamics at the university level. In *Science education research in the knowledge-based society* (pp. 99-106). Springer, Dordrecht.
- Georgios Stylos, Aikaterini Sargioti, Dimitrios Mavridis & Konstantinos T. Kotsis (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
- 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.
- Georgiou, H., Sharma, M., O'Byrne, J., Sefton, I., & McInnes, B. (2009). University students' conceptions about familiar thermodynamic processes and the implications for instruction. In *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education*.
- Glynn, S. M., & Duit, R. (Eds.). (1995). *Learning science in the schools: Research reforming practice*. Routledge.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons.
- Handoyo, E. (2007, November). The interesting of learning thermodynamics through daily life. In *Maranatha teaching and learning international conference* (pp. 151-158).
- Hewitt, P.G. (2013). *Conceptual physics*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley. Μετάφραση στα Ελληνικά από τις ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ.
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183-214.
- John-Steiner, V., & Mahn, H. (1996). Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework. *Educational psychologist*, 31(3-4), 191-206.
- Kacovsky, P. (2015). Grammar school students' misconceptions concerning thermal phenomena. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 194–206.

- Kellner, D. (2011). Cultural studies, multiculturalism, and media culture. *Gender, race, and class in media: A critical reader*, 3, 7-18.
- Kevin Carlton 2000 *Phys. Educ.* **35** 101.
- Kotsis, K. (2002). Common characteristics of the perceptions of university students for the forces of weight, friction, buoyancy of liquids and resistance of air. *Themes in Education*, 3(2/3), 201-211 (in Greek).
- Kruatong, T., Sung-ong, S., Singh, P., & Jones, A. (2006). Thai high school students' understanding of heat and thermodynamics. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 27(2), 321-330.
- Lien, A.J. (1971). *Measurement and evaluation in learning* (2nd ed.). Dubuque, IA: William C. Brown.
- Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference. Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning* (pp. 171-179).
- Löffler, P., Pozas, M., & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 40(16), 1935-1956.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1514673>
- Luera, G. R., Otto, C. A., & Zitzewitz, P. W. (2005). A conceptual change approach to teaching energy and thermodynamics to pre-service elementary teachers. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(4), 3-8.
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American journal of physics*, 67(9), 755-767.
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Journal of Physics*, 72(11), 1432-1446.
<https://doi.org/10.1119/1.1789161>
- National Research Council. 1997. *Science Teaching Reconsidered: A Handbook*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/5287>.

- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- Senocak, E., Taskesenligil, Y., & Sozibilir, M. (2007). A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning. *Research in Science Education*, 37(3), 279-290.
- Stylos, G., Evangelaki, G. A., & Kotsis, K. T. (2010). Misconceptions on classical mechanics by freshman university students: A case study in a Physics Department in Greece. *Themes in Science and Technology Education*, 1(2), 157-177.
- 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)
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of computer assisted learning*, 18(2), 157-165.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach. In S. Vosniadou (Ed.), *The international handbook of conceptual change* (2nd ed., pp.11–30). New York, NY:Routledge.
- Vosniadou, S., Pnevmatikos, D., Makris, N., Eikospentaki, K., Lepenioti, D., Chountala, A., & Kyrianakis, G. (2015, August). Executive Functions and Conceptual Change in Science and Mathematics Learning. In *CogSci*.
- Vosniadou, Stella & Pnevmatikos, Dimitris & Makris, Nikolaos & Ikospentaki, Kalliopi & Lepenioti, Despina & Chountala, Anna & Kyrianakis, Giorgos. (2015). Executive functions and conceptual change in science and mathematics. Full text is available at: <https://mindmodeling.org/cogsci2015/papers/0434/paper0434.pdf>
- Wisner, M., & Amin, T. (2001). "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 331-355

- Yalcin, M., Altun, S., Turgut, U., & Aggöl, F. (2009). First year Turkish science undergraduates' understandings and misconceptions of light. *Science & Education*, 18(8), 1083-1093.
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, 39(8), 496-504.
- Young, H. D. (1994). Πανεπιστημιακή φυσική. Τόμος Α, Κεφ, 15. Εκδόσεις Παπαζήση
- Ασλανίδης Ανακαίνιση (χ.χ.) ανακτήθηκε από (<https://aslanidis-anakainisi.gr/ypiresies/monoseis/>)
- Γεράκης, Σ., & Γαλουζής, Ν. (2022). Σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων μοντελοποίησης με την αξιοποίηση τεχνολογιών ψηφιακής ιχνηλασίας (μέσω βίντεο) φαινομένων κινηματικής.
- Καρανίκας, Ι. (1996). *ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ: ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΤΩΝ Θ.* (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Αγωγής. Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης. Τομέας Φυσικών Επιστημών. Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος).
- 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.
- Κυριάκος, Δ., Μπλήρης, Γ. (1986) *ΦΥΣΙΚΗ (Θερμότητα - Ηλεκτρισμός)* Εκδόσεις Ζήτη
- Μονώσεις Γιαννάτος. (χ.χ.). ανακτήθηκε από (<https://www.giannatou-monosi.gr/monosi-taratsas-gia-igrasia-zesti-krio>)
- Σκουμιάς, Μ. (2012)"Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση." Ανακτήθηκε από: <http://lab-fe.pre.aegean.gr/downloads/antilipseis/ANTILIPSEIS-SHMEIWSEIS-KEFALAIA-1-7.pdf>
- Σκουμιάς, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2003). Επιπτώσεις παραγόντων του πλαισίου στις αντιλήψεις μαθητών για τη θερμότητα. Στο: Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας & Α. Πλακίτση (επιμ.). *Πρακτικά 1ου πανελληνίου συνεδρίου με διεθνή*

συμμετοχή και θέμα: *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας*, 743-747.

- Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2000). Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες. *Τυπωθήτω Γιώργος Δαρδάνος, Αθήνα..zc*
- Στύλος, Γ. (2014). Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Σχολή Επιστημών Αγωγής. Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης).
- Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ. (2018) Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας. Στο Σκουμπουρδή Χ. και Σκουμιός Μ. (2018). Πρακτικά 3 ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης», σελ. 1-653. <http://ltee.aegean.gr/sekpy>, Ημερομηνία πρόσβασης: 14/01/2019.
- Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ. (2017, March). Κατανόηση θερμικών φαινομένων σε καθημερινά πλαίσια από φοιτητές Φυσικού. In *10ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ*.

Παράρτημα :

«ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ»

Παρακαλώ σημειώστε το φύλο σας.*_

- ΑΝΤΡΑΣ
- ΓΥΝΑΙΚΑ

Κατεύθυνση σπουδών στο ΛΥΚΕΙΟ

- ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ
- ΘΕΤΙΚΗ
- ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ
- Εάν είστε από ΚΥΠΡΟ σημειώστε αυτή την επιλογή

Ποιο είναι το ενδιαφέρον σας για το γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής * _

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτριο
- Αρκετό
- Πολύ

Ποιο είναι το ενδιαφέρον σας για τη διδασκαλία της Φυσικής * _

- Καθόλου
- Λίγο
- Μέτριο
- Αρκετό
- Πολύ

Εάν είχατε την επιλογή, θα αποφεύγατε να διδάξετε το μάθημα των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο; * _

- Σίγουρα όχι
- Πιθανόν όχι
- Δεν είμαι σίγουρος,-η
- Πιθανόν ναι
- Σίγουρα ναι

Πόσο αποτελεσματικός πιστεύετε πως θα είστε ως μελλοντικός δάσκαλος στη διδασκαλία της Φυσικής;* _

- Εξαιρετικός. Ένας από τους πιο εξαιρετικούς δασκάλους στη διδασκαλία της Φυσικής.
- Πάνω από το μέσο όρο
- Στο μέσο. Ένας τυπικός δάσκαλος στη διδασκαλία της Φυσικής
- Κάτω από το μέσο όρο
- Μη ικανός. Ένας από τους λιγότερο αποτελεσματικούς δασκάλους στη διδασκαλία της Φυσικής. Ανάγκη για επαγγελματική ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα

Πόση εμπιστοσύνη νιώθετε για τις γνώσεις σας στις έννοιες της Φυσικής; * _

- Καθόλου
- Λίγη
- Μέτρια
- Αρκετή
- Πολύ

Πόση εμπιστοσύνη νιώθετε για τις γνώσεις σας στη διδακτική μεθοδολογία της Φυσικής; * _

- Καθόλου
- Λίγη
- Μέτρια
- Αρκετή
- Πολύ
-

Ποια ήταν η βαθμολογία σας στο μάθημα "Βασικές Έννοιες στη Φυσική";

Ποια ήταν η βαθμολογία σας στο μάθημα "Η Φυσική στην καθημερινή ζωή"; Αν το επιλέξατε.

1. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχουν τα παγάκια όταν βρίσκονται στην κατάψυξη του ψυγείου;* _

- Μικρότερη από 0°C
- 0°C

- 5° C
- Εξαρτάται από το μέγεθος που έχουν τα παγάκια

2. Ο Γιώργος παίρνει έξι παγάκια από την κατάψυξη και βάζει τέσσερα από αυτά σε ένα ποτήρι με νερό και αφήνει τα υπόλοιπα δύο στον πάγκο της κουζίνας. Ανακατεύει τα παγάκια που βρίσκονται στο ποτήρι μέχρι αυτά να γίνουν πολύ μικρότερα και να έχουν σταματήσει να λιώνουν. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία του νερού σε αυτό το στάδιο;* _

- Μικρότερη από 0°C
- 0°C
- 5°C
- 10°C

3. Τα παγάκια που άφησε ο Γιώργος στον πάγκο έχουν σχεδόν λιώσει και βρίσκονται σε μια λιμνούλα νερού. Ποια είναι η πιο πιθανή θερμοκρασία που έχουν τα μικρότερα παγάκια;* _

- Μικρότερη από 0°C
- 0°C
- 5° C
- 10°C

4. Πάνω στο μάτι της κουζίνας βρίσκεται μια κατσαρόλα γεμάτη νερό. Το νερό έχει αρχίσει να βράζει γρήγορα. Η πιο πιθανή θερμοκρασία του νερού είναι περίπου:* _

- 88°C
- 98°C
- 110°C
- Καμία από τις παραπάνω απαντήσεις δεν είναι σωστή

5. Πέντε λεπτά αργότερα, το νερό στην κατσαρόλα εξακολουθεί να βράζει. Η πιο πιθανή θερμοκρασία του νερού τώρα είναι περίπου:* _

- 88°C
- 98°C
- 110°C
- 120°C

6. Ποια πιστεύετε ότι είναι η θερμοκρασία του ατμού πάνω από το νερό που βράζει στην κατσαρόλα;*_

- 88°C
- 98°C
- 110°C
- 120°C

7. Η Μαρία ρωτά τους συμφοιτητές της: «Αν τοποθετήσω στην κατάψυξη 100gr πάγου και 100gr νερού που βρίσκονται στους 0°C, ποιο από τα δύο θα χάσει τελικά το μεγαλύτερο ποσό της θερμότητας;*_

- Τα 100gr πάγου
- Τα 100gr νερού
- Κανένα, διότι και τα δύο περιέχουν το ίδιο ποσό θερμότητας
- Δεν υπάρχει απάντηση, διότι ο πάγος δεν περιέχει καθόλου θερμότητα
- Δεν υπάρχει απάντηση, διότι δεν μπορείς να έχεις νερό στους 0°C.

8. Ο Νίκος βράζει νερό σε μια κατσαρόλα στο μάτι της κουζίνας. Τι νομίζετε ότι είναι οι φυσαλίδες που σχηματίζονται στο νερό που βράζει;*_

- Αέρας
- Οξυγόνο και αέριο υδρογόνου
- Ουδέτερος,-η
- Υδρατμοί
- Δεν υπάρχει τίποτα στις φυσαλίδες

9. Μετά το μαγείρεμα μερικών αυγών σε βραστό νερό, ο Γρηγόρης κρυώνει τα αυγά τοποθετώντας τα σε ένα μπολ με κρύο νερό. Ποιο από τα παρακάτω εξηγεί τη διαδικασία ψύξης;*_

- Η θερμοκρασία μεταφέρεται από τα αυγά στο νερό
- Το κρύο κινείται από το νερό μέσα στα αυγά.
- Τα καυτά/ζεστά αντικείμενα κρυώνουν φυσικά
- Ενέργεια μεταφέρεται από τα αυγά στο νερό.

10. Ο Θανάσης ανακοινώνει ότι δεν του αρέσει να κάθεται πάνω στις μεταλλικές καρέκλες στο δωμάτιο, επειδή «είναι ψυχρότερες από τις πλαστικές».*_

Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

- Είναι πιο κρύες επειδή το μέταλλο είναι φυσικά πιο κρύο από το πλαστικό.
- Δεν είναι ψυχρότερες, έχουν την ίδια θερμοκρασία
- Δεν είναι πιο κρύες, τα μεταλλικά αντικείμενα τα αισθανόμαστε πιο κρύα επειδή είναι βαρύτερα
- Είναι πιο κρύες επειδή το μέταλλο έχει λιγότερη θερμότητα να χάσει από το πλαστικό

11. Η Νατάσα παίρνει ταυτόχρονα δύο κουτιά γάλακτος, ένα κρύο από το ψυγείο και ένα ζεστό από τον πάγκο της κουζίνας. Γιατί πιστεύετε ότι αισθάνεται το κουτί από το ψυγείο πιο κρύο σε σχέση με αυτό που βρίσκεται στον πάγκο; *

Σε σύγκριση με το ζεστό κουτί, το κρύο κουτί,

- περιέχει περισσότερο κρύο
- περιέχει λιγότερη θερμότητα
- είναι φτωχότερος αγωγός θερμότητας
- διαδίδει- μεταφέρει τη θερμότητα πιο γρήγορα από το χέρι της Νατάσας
- διαδίδει - μεταφέρει το κρύο πιο γρήγορα στο χέρι της Νατάσας

12. Ο Γιώργος παίρνει μερικές γρανίτες από την κατάψυξη, όπου τις είχε τοποθετήσει μια ημέρα πριν, και λέει σε όλους ότι τα ξυλάκια έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία από την γρανίτα.*

Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

- Έχει δίκιο διότι το ξύλινο μέρος δεν κρυώνει όσο το μέρος του πάγου
- Έχει δίκιο διότι ο πάγος περιέχει περισσότερο κρύο από ότι το ξύλο
- Έχει άδικο, το αισθάνεται μόνο διαφορετικά διότι το ξυλαράκι περιέχει περισσότερη θερμότητα
- Έχουν την ίδια θερμοκρασία διότι είναι μαζί

13. Η Μαρία παίρνει ένα αλουμινένιο τενεκεδάκι πορτοκαλάδας και ένα πλαστικό μπουκάλι πορτοκαλάδας από το ψυγείο, τα οποία ήταν εκεί καθ' όλη την διάρκεια της νύχτας. Τοποθετεί γρήγορα ένα θερμομέτρο στην πορτοκαλάδα που βρίσκεται στο αλουμινένιο τενεκεδάκι. Η θερμοκρασία είναι 7°C. Ποιες είναι οι πιο πιθανές θερμοκρασίες του πλαστικού μπουκαλιού αλλά και της πορτοκαλάδας που βρίσκεται μέσα;* _

- Έχουν και τα δύο μικρότερη θερμοκρασία από 7°C
- Έχουν και τα δύο την ίδια θερμοκρασία, 7°C
- Έχουν και τα δύο μεγαλύτερη θερμοκρασία από 7°C
- Η θερμοκρασία της πορτοκαλάδας είναι 7°C, αλλά του μπουκαλιού μεγαλύτερη από 7°C
- Εξαρτάται από την ποσότητα του αναψυκτικού και/ή από το μέγεθος του μπουκαλιού

14. Λίγα λεπτά αργότερα, η Μαρία σηκώνει το αλουμινένιο τενεκεδάκι και λέει σε όλους πως το σημείο του πάγκου που βρίσκεται το αλουμινένιο τενεκεδάκι είναι πιο κρύο σε σχέση με τον υπόλοιπο πάγκο. * Τι συμβαίνει;

- Το κρύο έχει μεταφερθεί από το αναψυκτικό στον πάγκο
- Δεν έχει απομείνει ενέργεια στον πάγκο κάτω από το αλουμινένιο τενεκεδάκι
- Ένα μέρος θερμότητας έχει μεταφερθεί από τον πάγκο στο αναψυκτικό
- Προκαλείται θερμότητα κάτω από το αλουμινένιο τενεκεδάκι και η οποία απομακρύνεται μέσω του πάγκου

15. Ο Θανάσης παίρνει έναν μεταλλικό και έναν ξύλινο χάρακα από τη μολυβοθήκη του. Αισθάνεται τον μεταλλικό χάρακα πιο κρύο από τον ξύλινο. * _

- Το μέταλλο διαδίδει την ενέργεια μακριά από το χέρι του πιο γρήγορα από ό, τι το ξύλο
- Το ξύλο είναι ένα φυσικά θερμότερο αντικείμενο σε σχέση με το μέταλλο
- Ο ξύλινος χάρακας περιέχει περισσότερη θερμότητα από τον μεταλλικό
- Το μέταλλο είναι καλύτερος θερμικός εκπομπός από το ξύλο
- Το κρύο ρέει πιο γρήγορα στα μέταλλα

16. Όταν ο Δημήτρης χρησιμοποιεί μια τρόμπτα για να φουσκώσει τα λάστιχα του ποδηλάτου του, παρατηρεί ότι η τρόμπτα ζεσταίνεται. Γιατί;* _

- Ενέργεια έχει μεταφερθεί στην τρόμπτα
- Θερμοκρασία έχει μεταφερθεί στην τρόμπτα
- Η θερμότητα ρέει από τα χέρια στην τρόμπτα
- Το μέταλλο στην τρόμπτα προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας

17. Γιατί φοράμε πουλόβερ όταν έχει κρύο;* _

- Να κρατήσουμε έξω το κρύο
- Να παράξουμε θερμότητα
- Να μειώσουμε την απώλεια θερμότητας
- Και οι τρεις παραπάνω λόγοι είναι σωστοί

18. Τέσσερις φοιτητές/τριες συζητούσαν για πράγματα που έκαναν όταν ήταν παιδιά. Ακούστηκε η ακόλουθη φράση: «Συνήθιζα να τυλίγω τις κούκλες μου με κουβέρτες, αλλά ποτέ δεν μπορούσα να καταλάβω γιατί δεν ζεσταίνονταν».

Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

- Οι κουβέρτες που χρησιμοποιούσε ήταν πιθανόν κακοί μονωτές

- Οι κουβέρτες που χρησιμοποιούσε ήταν πιθανόν κακοί αγωγοί
- Οι κούκλες είναι κατασκευασμένες από υλικό που δεν διατηρούν την θερμότητα καλά
- Οι κούκλες είναι κατασκευασμένες από υλικό που χρειάζεται αρκετό χρόνο για να ζεσταθούν
- Όλες οι παραπάνω εξηγήσεις είναι λανθασμένες.

19. Ο Νίκος θέλει να διατηρήσει το αναψυκτικό που βρίσκεται σε αλουμινένιο τενεκεδάκι όσο το δυνατόν πιο κρύο. Ποιο από τα παρακάτω υλικά προτείνετε να χρησιμοποιήσει για να τυλίξει το αναψυκτικό;*_

- αλουμινόχαρτο
- πλαστική μεμβράνη
- μάλλινο υλικό

20. Ο Δημήτρης θέλει να πάει το τوست στο γιο του στο σχολείο. Ποιο από τα παρακάτω υλικά προτείνετε να χρησιμοποιήσει για να τυλίξει το τوست, έτσι ώστε να παραμείνει ζεστό; *_

- αλουμινόχαρτο
- πλαστική μεμβράνη
- μάλλινο υλικό

21. Τρία αντικείμενα ίδιου μεγέθους: ένα κομμάτι πλαστικό, ένα κομμάτι ξύλου και ένα κομμάτι μετάλλου βρίσκονται στο μπαλκόνι για πολύ ώρα μια κρύα μέρα του χειμώνα. Ποιο αντικείμενο νιώθετε πιο κρύο όταν το αγγίζετε;*_

- το πλαστικό
- το μάλλινο
- το μεταλλικό
- Νιώθω το ίδιο κρύο και για τα τρία

22. Ποιο από τα παραπάνω αντικείμενα έχει τη χαμηλότερη θερμοκρασία; *_

- το πλαστικό
- το μάλλινο
- το μεταλλικό
- Και τα τρία έχουν την ίδια θερμοκρασία

23.Θερμαίνω τα παραπάνω αντικείμενα σε έναν φούρνο στους 90ο C για πολύ ώρα . Ποιο αντικείμενο θα νιώσω πιο θερμό, όταν το αγγίξω;*_

- το πλαστικό
- το μάλλινο
- το μεταλλικό
- Νιώθω το ίδιο θερμό και τα τρία

24.Ποιο από τα παραπάνω αντικείμενα έχει την υψηλότερη θερμοκρασία; *_

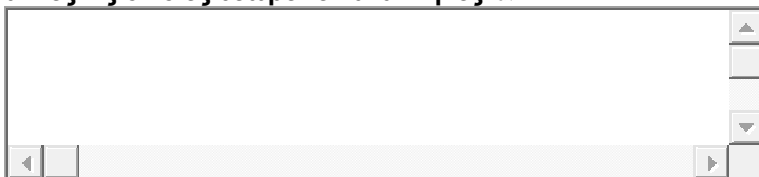
- το πλαστικό
- το μάλλινο
- το μεταλλικό
- Και τα τρία έχουν την ίδια θερμοκρασία

25. Όταν περπατάμε ξυπόλυτοι πάνω στα πλακάκια νιώθουμε μια σημαντική αίσθηση κρύου σε σχέση με όταν περπατάμε πάνω στα χαλιά. *_

Ποια έννοια από τις παρακάτω συνδέεται πιο πολύ με την παραπάνω περίπτωση.

- Μεταφορά θερμότητας
- Μεταφορά κρύου
- Θερμοκρασία
- Αγωγιμότητα
- Μόνωση

Εξηγήστε πως αυτή η έννοια σας βοηθάει να εξηγήσετε την παραπάνω περίπτωση. Στην εξήγηση σας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και άλλες έννοιες από τις παραπάνω ή και άλλες τις οποίες θεωρείτε κατάλληλες*_



26. Μια πολύ ζεστή μέρα του καλοκαιριού, ο Κωνσταντίνος αποφασίζει να αγοράσει ένα αναψυκτικό, το οποίο διατίθεται σε δύο συσκευασίες, γυάλινη και πλαστική. Επιλέγει το αναψυκτικό που το νιώθει πιο κρύο. Η επιλογή του είναι το αναψυκτικό με τη γυάλινη συσκευασία.*_

Ποια έννοια από τις παρακάτω συνδέεται πιο πολύ με την παραπάνω περίπτωση.

- Μεταφορά θερμότητας

- Μεταφορά κρύου
- Θερμοκρασία
- Αγωγιμότητα
- Μόνωση

Εξηγήστε πως αυτή η έννοια σας βοηθάει να εξηγήσετε την παραπάνω περίπτωση. Στην εξήγηση σας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και άλλες έννοιες από τις παραπάνω ή και άλλες τις οποίες θεωρείτε κατάλληλες* _

27. Ο Νίκος θέλει να διατηρήσει το αναψυκτικό που βρίσκεται σε αλουμινένιο τενεκεδάκι όσο το δυνατόν πιο κρύο. Ποιο από τα παρακάτω προτείνετε να χρησιμοποιήσει για να τυλίξει το αναψυκτικό; * _

- αλουμινόχαρτο
- πλαστική μεμβράνη
- μάλλινο υλικό

Ποια έννοια από τις παρακάτω συνδέεται πιο πολύ με την παραπάνω περίπτωση.* _

- Μεταφορά θερμότητας
- Μεταφορά κρύου
- Θερμοκρασία
- Αγωγιμότητα
- Μόνωση

Εξηγήστε πως αυτή η έννοια σας βοηθάει να εξηγήσετε την παραπάνω περίπτωση. Στην εξήγηση σας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και άλλες έννοιες από τις παραπάνω ή και άλλες τις οποίες θεωρείτε κατάλληλες

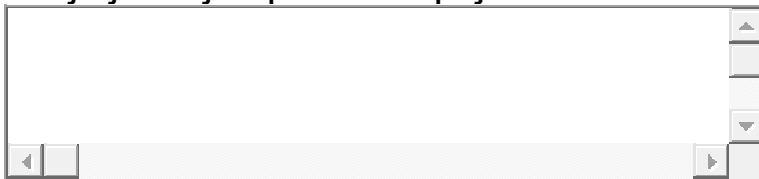
28.Ο Δημήτρης θέλει να πάει το τوست στο γιο του στο σχολείο. Ποιο από τα παρακάτω υλικά προτείνετε να χρησιμοποιήσει για να τυλίξει το τوست, έτσι ώστε να παραμείνει ζεστό; * _

- αλουμινόχαρτο
- πλαστική μεμβράνη
- μάλλινο υλικό

Ποια έννοια από τις παρακάτω συνδέεται πιο πολύ με την παραπάνω περίπτωση;* _

- Μεταφορά θερμότητας
- Μεταφορά κρύου
- Θερμοκρασία
- Αγωγιμότητα
- Μόνωση

• Εξηγήστε πως αυτή η έννοια σας βοηθάει να εξηγήσετε την παραπάνω περίπτωση. Στην εξήγηση σας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και άλλες έννοιες από τις παραπάνω ή και άλλες τις οποίες θεωρείτε κατάλληλες.* _



Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.