

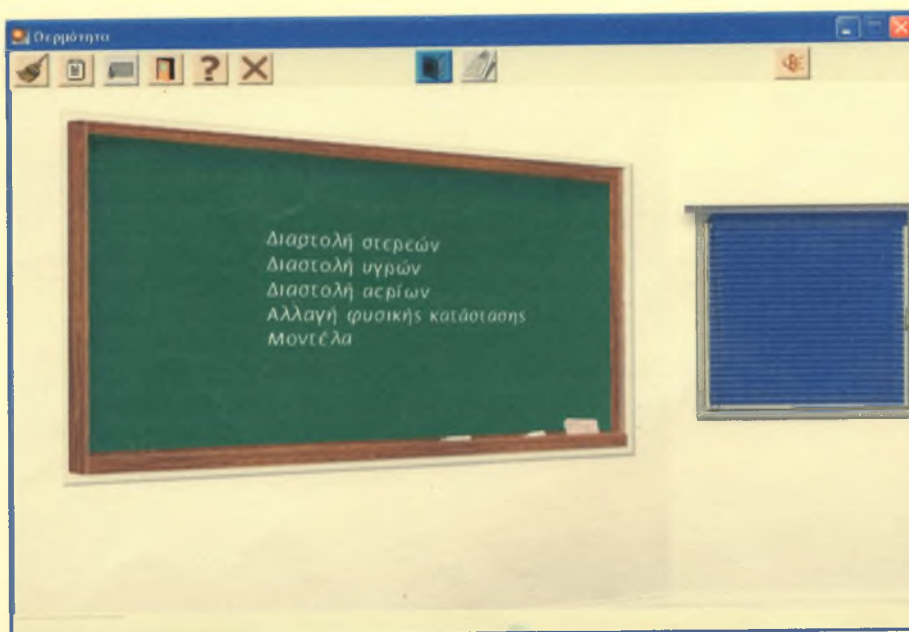
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Σύγχρονα Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή Διδακτικού
Υλικού»

Κατεύθυνση Α': «Σύγχρονα Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή
Διδακτικού Υλικού στις Θετικές Επιστήμες»

Διπλωματική Εργασία

Καλαντζή Σπυριδούλα

«Συμβολή της χρήσης του εκπαιδευτικού λογισμικού
«Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» και ειδικότερα της ενότητας
«ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» στη διάκριση των εννοιών Θερμότητα –
Θερμοκρασία από μαθητές και μαθήτριες Γυμνασίου»



Φεβρουάριος 2006



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 5181/1
Ημερ. Εισ.: 02-02-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
507
ΚΑΛ

**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Σύγχρονα Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή Διδακτικού
Υλικού»
Κατεύθυνση Α΄: «Σύγχρονα Περιβάλλοντα Μάθησης και Παραγωγή
Διδακτικού Υλικού στις Θετικές Επιστήμες»**

Διπλωματική Εργασία

Καλαντζή Σπυριδούλα

**«Συμβολή της χρήσης του εκπαιδευτικού λογισμικού
«Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» και ειδικότερα της ενότητας
«ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» στη διάκριση των εννοιών Θερμότητα –
Θερμοκρασία από μαθητές και μαθήτριες Γυμνασίου»**

Φεβρουάριος 2006

Στο Μιχάλη και στον Άνθιμο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Χριστίνα Σολομωνίδου, που ήταν η επιβλέπουσα της εργασίας, για την συνεργασία, βοήθεια και υποστήριξή της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συναδέλφους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές και μαθήτριες του 2^{ου} και 5^{ου} Γυμνασίων του Βόλου που βοήθησαν στη διεξαγωγή της έρευνας καθώς και τον σύζυγό μου για τη συμπαράστασή του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1^ο ΜΕΡΟΣ: ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	10
ΚΕΦ. 1: Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ» ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ – ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ	11
1.1 Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ	11
1.2 Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ	17
1.3 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ	27
ΚΕΦ. 2: ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ»	30
2.1 ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	30
2.2 ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	34
2.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ»	35
2.4 ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	39
2.5 ΣΥΝΟΨΗ	42
ΚΕΦ. 3: ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ» - Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ Τ.Π.Ε	44
3.1 ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ ΤΩΝ Τ.Π.Ε.	44
3.2 ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ ΤΩΝ Τ.Π.Ε.	52
3.3 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ	59
3.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ Τ.Π.Ε. ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ»	60
2^ο ΜΕΡΟΣ: Η ΕΡΕΥΝΑ	63
ΚΕΦ. 4: ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	64
4.1 ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	64
4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	65
ΚΕΦ. 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΤΟ ΑΡΧΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	86

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΟΜΑΔΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	86
5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΟΜΑΔΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	106
5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΚΑΙ ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΡΩΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	118
ΚΕΦ. 6: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	125
6.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	125
6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	134
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι : ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	147
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ : ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	155

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πλήθος ερευνών αναδεικνύουν σοβαρά προβλήματα στη διαφοροποίηση των εννοιών Θερμότητας και Θερμοκρασίας από παιδιά και ενήλικες, καθώς και πολλές δυσκολίες στη χρήση ενός απλού σωματιδιακού μοντέλου για την περιγραφή και εξήγηση φαινομένων που σχετίζονται με τις έννοιες αυτές.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται έρευνα με συμμετοχή 60 μαθητών και μαθητριών ηλικίας 13 και 14 ετών δύο Γυμνασίων του Βόλου, που είχε στόχο τη μελέτη της συμβολής του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», και ειδικότερα της ενότητας «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ», στη σύνδεση φαινομένων μεταβολής της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας με αλλαγές στο σωματιδιακό επίπεδο καθώς και στην οικοδόμηση της έννοιας της Θερμότητας και την διάκρισή της από την έννοια της Θερμοκρασίας.

Τα 20 παιδιά της Β΄ τάξης που αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα, διδάχθηκαν τις ενότητες «Διαστολή στερεών – μεταλλικής σφαίρας» και «Αλλαγή φυσικής κατάστασης – τήξη πάγου», σε δύο διδακτικές ώρες η κάθε μία, με τη χρήση των αντίστοιχων σεναρίων του λογισμικού και ειδικά σχεδιασμένων φύλλων εργασίας.

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας έγινε με ειδικά διαμορφωμένο γραπτό ερωτηματολόγιο στο οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν τα 20 παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού, 20 παιδιά της Α΄ τάξης Γυμνασίου που δεν διδάσκονται τα σχετικά θέματα και 20 παιδιά της Β΄ τάξης που διδάχθηκαν τα σχετικά θέματα παραδοσιακά.

Η επεξεργασία των δεδομένων ανέδειξε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα με τη χρήση του λογισμικού σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Ειδικότερα τα παιδιά της πειραματικής ομάδας, μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό περιέγραψαν και ερμήνευσαν τα φαινόμενα της διαστολής και αλλαγής φυσικής κατάστασης συσχετίζοντας αναπαραστάσεις από το πειραματικό και το σωματιδιακό επίπεδο και φάνηκε ότι στην πλειοψηφία τους οικοδόμησαν την έννοια θερμότητας και την διαφοροποίησαν από την έννοια της θερμοκρασίας στο πειραματικό επίπεδο. Δυσκολίες παρατηρήθηκαν στην οικοδόμηση της έννοιας της θερμότητας στο σωματιδιακό επίπεδο.

Τα παιδιά που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά φάνηκε ότι στην πλειοψηφία τους δεν απέκτησαν σωστές αναπαραστάσεις για τα φαινόμενα της διαστολής και αλλαγής φυσικής κατάστασης στο σωματιδιακό επίπεδο, και δεν συσχέτισαν αναπαραστάσεις από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο για την περιγραφή και ερμηνεία των φαινομένων της διαστολής και της αλλαγής φάσης. Όσον αφορά στην οικοδόμηση της έννοιας της θερμότητας και στη διαφοροποίησή της από την έννοια της θερμοκρασίας εμφάνισαν ποικιλία εναλλακτικών απόψεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαρκής ανάπτυξη των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε) και η εμπλοκή τους σε όλες σχεδόν τις δραστηριότητες του ανθρώπου επηρεάζουν τις σύγχρονες αντιλήψεις και αρχές για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Στην ελληνική βιβλιογραφία συναντάμε συνεχώς προτάσεις για την διδακτική τους αξιοποίηση (π.χ. Μακράκης, 2000, Κόκκοτας, 2002, Μικρόπουλος, 2003).

Στην *Ευρωπαϊκή Έκθεση για την Ποιότητα της Εκπαίδευσης* που αφορά την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών συστημάτων των χωρών μελών, το αντικείμενο των Τ.Π.Ε. κατέχει την τέταρτη σειρά ανάμεσα στους 16 δείκτες ποιότητας της εκπαίδευσης (<http://europa.eu.int>).

Η μέχρι τώρα πορεία της ένταξης της νέας τεχνολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της χώρας μας δείχνει ότι δόθηκαν προτεραιότητες στη διδασκαλία του μαθήματος της Πληροφορικής, ενώ πρόσφατες εξελίξεις προβάλλουν το πρότυπο της *ολοκληρωμένης προσέγγισης* και της χρήσης του υπολογιστή ως γνωστικού εργαλείου σε όλα τα σχολικά μαθήματα, με την αξιοποίηση των πορισμάτων της Γνωστικής Ψυχολογίας, της Παιδαγωγικής, της Διδακτικής των διαφόρων μαθημάτων και της εμπειρίας από την εισαγωγή καινοτόμων δράσεων στην Εκπαίδευση (Σολομωνίδου, 2000, Ράπτης & Ράπτη, 2002, Δαπόντες & Ραβάνης, 2003, Ιωαννίδου, 2004).

Ειδικότερα για την **εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες** οι νέες προτάσεις εμφανίζονται υπό τον τίτλο «Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός» (Scientific and Technological Literacy). Σε γενικές γραμμές υιοθετείται η άποψη ότι σε ένα περιβάλλον που κυριαρχείται από την επιστήμη και την τεχνολογία, η διδασκαλία των φυσικών επιστημών πρέπει να βοηθά τους μαθητές και τις μαθήτριες να αποκτήσουν κάποιες βασικές γνώσεις που αφορούν την επιστήμη και την τεχνολογία οι οποίες θεωρούνται απαραίτητες για την προσωπική, κοινωνική και επαγγελματική τους ζωή στις σύγχρονες κοινωνίες (Καρύδας & Κουμαράς, 2003).

Σε αυτόν τον προσανατολισμό, στον επιστημονικό χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τα τελευταία χρόνια παρατηρείται στροφή από τις αρχικές ερευνητικές προσπάθειες καταγραφής των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, σε έρευνες που σχετίζονται με τη σχεδίαση και υλοποίηση διδακτικού έργου σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες που σε πολλές περιπτώσεις χαρακτηρίζεται από την ένταξη των Τ.Π.Ε. (διασύνδεση των υπολογιστικών συστημάτων με το περιβάλλον, λογισμικά προσομοιώσεων και μοντελοποιήσεων όπου επιτρέπεται η δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων, εικονικά εργαστήρια κ.α.) (Carlsson et.al., 1998, Μικρόπουλος, 2000, Σολομωνίδου, 2001, Ραβάνης, 2002).

Το θεωρητικό πλαίσιο που υιοθετείται είναι αυτό του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Solomon, 1987, Duit & Teagust, 1998, Κόκκοτας, 2001, Ράπτης & Ράπτη, 2002) σε συνδυασμό με τις αρχές της συνεργατικής μάθησης (Σταυρίδου, 2000).

Μεταξύ των ερευνητών είναι γενικά αποδεκτό ότι οι Τ.Π.Ε μπορούν να αποτελέσουν ένα προωθημένο μαθησιακό περιβάλλον που ευνοεί την συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ μαθητών/τριων και είναι κατάλληλο για τη δημιουργία μαθησιακών έργων εποικοδομητικού τύπου, με τη χρήση κατάλληλων εκπαιδευτικών λογισμικών ποιότητας. Τα λογισμικά αυτά διέπονται από τις σύγχρονες παιδαγωγικές αρχές όπως η εποικοδομητική αντίληψη για τη μάθηση (έχουν αναπτυχθεί με βάση τις αρχικές ιδέες, αναπαραστάσεις, γνωστικές δυσκολίες και ανάγκες των μαθητών/τριών), η συνεργατική μάθηση, η αποφυγή των φυλετικών και των κοινωνικών διακρίσεων, η συστημική αντίληψη για την εκπαίδευση, κ.ά. και χαρακτηρίζονται από υψηλή αλληλεπιδραστικότητα που εξασφαλίζεται μέσω φιλικών διεπαφών, ευχρηστία και πρόσβαση από όλα τα παιδιά (Jonassen, 2000, Σολομωνίδου, 2000, 2001/2004).

Στην εργασία αυτή επιλέξαμε δύο θεμελιώδεις έννοιες της **Φυσικής** τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία, η κατανόηση των οποίων θεωρείται σημαντική για την ερμηνεία πολλών φαινομένων της καθημερινής ζωής, αλλά και άλλων σύνθετων θερμοδυναμικών διαδικασιών, που συνδέονται με τη λειτουργία του σύμπαντος, συνοδεύονται δε με πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων και δυσκολιών που έχουν μαθητές, μαθήτριες και ενήλικες.

Δεν είναι τυχαίο ότι από τα τέλη της δεκαετίας του '70 στην εννοιολογική περιοχή της Θερμότητας έχει γίνει μεγάλος αριθμός ερευνών που αφορούν τις σχετικές αντιλήψεις και τις εννοιολογικές δυσκολίες για τις θεμελιώδεις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία, σε επίπεδο μαθητών πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας αλλά και προπανεπιστημιακό και έχουν συγκροτηθεί και μελετηθεί εναλλακτικές μορφές διδακτικών παρεμβάσεων που αξιοποιούν τα ερευνητικά δεδομένα (Greenbowe, Meltzer, 2003).

Αναφέρονται ορισμένες από τις έρευνες αυτές:

(Erickson, 1979, 1980, Erickson & Tiberghien, 1985, Clough & Driver, 1985, Tiberghien, 1983, 1993, Kesidou & Duit, 1993, Thomaz et. al., 1995, Harisson, et al., 1999, Carlton, 2000, Taber, 2000, Wisser & Amin, 2001, Laburu & Niaz, 2002, Paik, Kim et al., 2004, Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Χρηστίδης, 1999, Σταυρίδου, 1999, Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000, Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2000, Αντωνιάδου, 2002, Σκουμιάς, 2005).

Έπειτα από τη διαπίστωση ερευνών των Σταυρίδου (1995), Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά. (2000), ότι οι παρανοήσεις σχετικά με τις δύο έννοιες, καθώς και

οι δυσκολίες ερμηνείας φαινομένων που σχετίζονται με αυτές, όπως η θερμική διαστολή και η αλλαγή φάσης, συσχετίζονται με τις δυσκολίες στην κατανόηση των σωματιδιακών μοντέλων, επιχειρήσαμε στην εργασία αυτή μία επικοινωνητικού τύπου διδακτική προσέγγιση βασισμένη στις νέες τεχνολογίες. με τη χρήση των σεναρίων «Διαστολή στερεών», «Αλλαγή φάσης», της ενότητας «Θερμότητας» του εκπαιδευτικού λογισμικού επικοινωνητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» και ειδικά σχεδιασμένων φύλλων εργασίας. Για την αξιολόγηση αυτής της προσέγγισης υλοποιήσαμε έρευνα με συμμετοχή μαθητών και μαθητριών της Α΄ και Β΄ τάξης του Γυμνασίου.

Στο 1^ο μέρος της εργασίας αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας.

Πιο συγκεκριμένα, στο 1^ο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζεται και σχολιάζεται το περιεχόμενο της παραδοσιακής διδασκαλίας σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα & Θερμοκρασία» στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο στη χώρα μας.

Στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των αντιλήψεων των παιδιών σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα & Θερμοκρασία».

Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των διδακτικών παρεμβάσεων σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα & Θερμοκρασία» καθώς και ερευνητικά δεδομένα για το ρόλο των Τ.Π.Ε. στη διδασκαλία των δύο εννοιών. Συνοψίζοντας τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα της έρευνας.

Ακολουθεί το 2^ο μέρος της εργασίας όπου αναλύεται η έρευνα.

Πιο συγκεκριμένα, στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι υποθέσεις και η μέθοδος της έρευνας που περιλαμβάνει τους στόχους, το δείγμα, τα διδακτικά υλικά και έργα, το εργαλείο συλλογής των δεδομένων, τη διαδικασία και τη μέθοδο ανάλυσης των ερευνητικών δεδομένων.

Στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων.

Στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται η συζήτηση των αποτελεσμάτων και εξάγονται τα συμπεράσματα με βάση τα οποία διατυπώνεται πρόταση για τη διδασκαλία των σχετικών θεμάτων με τη χρήση του λογισμικού.

Στο τέλος της εργασίας παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε και παραρτήματα με τα φύλλα εργασίας τα οποία συνόδευσαν την εργασία των παιδιών με το λογισμικό και το ερωτηματολόγιο με το οποίο διεξήχθη η έρευνα.

1^ο ΜΕΡΟΣ: ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ» ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ - ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κλάδος των Θερμικών Φαινομένων της Φυσικής θεωρείται ένας από τους λίγους κλάδους αυτής της επιστήμης με τον οποίο όλοι οι άνθρωποι έχουν εξοικείωση από πολύ νωρίς, με πρώτη ίσως εμπειρία την αίσθηση του εξωτερικού κρύου περιβάλλοντος σε σχέση με την ζεστασιά της μήτρας κατά τη γέννηση. Η εξοικείωση αυτή αποτελεί ταυτόχρονα ένα πλεονέκτημα αλλά και ένα μειονέκτημα για την εκπαίδευση στα θερμικά φαινόμενα διότι, οι μαθητές έρχονται στις τάξεις με πλούσια εμπειρική γνώση που είναι μεν χρήσιμη, συνοδεύεται όμως από ένα πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων (Carlton, 2000).

Η εννοιολογική περιοχή της Θερμότητας αποτελεί βασικό αντικείμενο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και στη χώρα μας ξεκινάει να διδάσκεται από το Δημοτικό (ΣΤ΄ τάξη) και συνεχίζεται στη Φυσική της Β΄ Γυμνασίου.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και σχολιάζεται το περιεχόμενο της παραδοσιακής διδασκαλίας σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα & Θερμοκρασία» στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο, ύστερα από την διερεύνηση των σχολικών εγχειριδίων και των νέων αναλυτικών προγραμμάτων (Δ.Ε.Π.Π.Σ.).

1.1 Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ

Α. Από τη διερεύνηση του σχολικού εγχειριδίου που διδάσκονται τα παιδιά της ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού «Ερευνώ και ανακαλύπτω» των Αποστολάκη, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ. & Σάββα, Σ. (2003), καθώς και του αντίστοιχου βιβλίου του δασκάλου, διαπιστώθηκε ότι στην ενότητα ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ μελετώνται: οι έννοιες ενέργεια, θερμοκρασία (μέτρηση θερμοκρασίας), θερμότητα, τρόποι μετάδοσης θερμότητας, θέρμανση και ψύξη στερεών, υγρών και αερίων.

Στην 1^η εισαγωγική υποενότητα με στόχο να εστιάσουν τα παιδιά το ενδιαφέρον τους στη μελέτη των σχετικών με τη Θερμότητα φαινομένων, και να κατανοήσουν ότι

βασική πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας είναι ο ήλιος, προκαλείται συζήτηση βασισμένη στην παρατήρηση σχετικών εικόνων του βιβλίου. Το έναυσμα δίνεται με ερωτήσεις του τύπου: *«Θα μπορούσαν να ζήσουν οι άνθρωποι στον ήλιο; Πότε η θερμοκρασία είναι πιο υψηλή, το καλοκαίρι ή τον χειμώνα;»*

Στη 2^η υποενότητα που αφορά στην έννοια της Θερμοκρασίας και στην μέτρησή της με στόχο να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι η εκτίμηση της θερμοκρασίας με τις αισθήσεις δεν είναι ακριβής προτείνεται συζήτηση βασισμένη στην παρατήρηση και το σχολιασμό των σχετικών εικόνων του βιβλίου για το έναυσμα της οποίας καλούνται τα παιδιά να απαντήσουν σε ερωτήσεις της μορφής: *«Τι κάνει πολύ συχνά η μητέρα σας για να καταλάβει αν έχετε πυρετό; Τι θα κάνατε για να διαπιστώσετε αν ο φούρνος της κουζίνας είναι ζεστός; Πώς «ελέγχετε» τη θερμοκρασία του νερού της θάλασσας πριν κολυπήσετε;»*

Στη συνέχεια προτείνεται πειραματική αντιμετώπιση με τη μορφή πειράματος επίδειξης με τη βοήθεια 2-3 μαθητών που περιγράφεται στο βιβλίο με εικόνα συνοδευμένη με τις οδηγίες σε σχετικό κείμενο: *«Γέμισε τρεις λεκάνες με νερό. Στην πρώτη βάλε κρύο νερό, στη δεύτερη χλιαρό, και στην τρίτη ζεστό νερό. Βάλε το ένα σου χέρι στη λεκάνη με το κρύο νερό και το άλλο στη λεκάνη με το ζεστό νερό. Μετά από λίγο βύθισε και τα δύο σου χέρια στη λεκάνη με το χλιαρό νερό. Τι παρατηρείς;»*.

Στο βιβλίο προβλέπεται χώρος για να σημειώσουν τα παιδιά την παρατήρηση καθώς και χώρος για να διατυπώσουν το συμπέρασμα που εξάγεται μέσα από συζήτηση που προκαλείται με βάση την παρατήρηση.

Στη συνέχεια με ερώτηση: *«Πώς μπορούμε να έχουμε ακριβή πληροφορία για τη θερμοκρασία ενός σώματος;»* δίνεται το έναυσμα για συζήτηση σχετικά με το θερμόμετρο, την κλίμακα Κελσίου και τη σωστή χρήση του θερμομέτρου για την μέτρηση της θερμοκρασίας.

Στην 3^η υποενότητα με στόχο να αναφέρουν τα παιδιά τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αυξήσουμε την θερμοκρασία ενός σώματος προτείνεται αρχικά συζήτηση βασισμένη στις παρατηρήσεις και το σχολιασμό των σχετικών εικόνων του βιβλίου για το έναυσμα της οποίας τίθεται το ερώτημα: *«Πώς μπορούμε να ζεστάνουμε το νερό σε ένα δοχείο;»*. Στη συνέχεια εξηγείται στα παιδιά ότι για τη θέρμανση του νερού απαιτείται «ενέργεια» και τίθεται το ερώτημα: *«Για να θερμανθεί ένα σώμα είναι απαραίτητη η ενέργεια. Πού πάει όμως η ενέργεια;»*. Έτσι προκαλείται η διατύπωση υποθέσεων χωρίς αυτές να σχολιάζονται.

Προκειμένου να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι όταν ένα σώμα απορροφά ενέργεια η θερμοκρασία του αυξάνεται, προτείνεται πείραμα μέτρησης της θερμοκρασίας νερού που θερμαίνεται σε μπρίκι πάνω σε καμινέτο. Με εικόνα και σχετικό κείμενο δίνονται στο βιβλίο οι ακριβείς οδηγίες για την εκτέλεσή του καθώς και ο χώρος για να συμπληρωθούν από τους μαθητές και τις μαθήτριες οι μετρήσεις και το συμπέρασμα που προκαλείται με συζήτηση για το έναυσμα της οποίας τίθενται οι ερωτήσεις: *«Πού πηγαίνει η ενέργεια που απελευθερώνεται όσο καίγεται το αέριο του καμινέτου;», «Τι αποτέλεσμα έχει η απορρόφηση ενέργειας από το νερό;».*

Ακολουθεί πείραμα κατά το οποίο μπρίκι με ζεστό νερό τοποθετείται σε ένα μεγαλύτερο δοχείο με νερό και μετρούν τα παιδιά ανά λεπτό τη θερμοκρασία και στα δύο δοχεία. Στόχος είναι να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι όταν δύο σώματα έρχονται σε επαφή η ενέργεια ρέει από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Στη συζήτηση που ακολουθεί εξηγείται στα παιδιά ότι η ενέργεια ρέει από τα πιο θερμά προς τα πιο ψυχρά σώματα και ότι η ενέργεια που ρέει από ένα σώμα προς ένα άλλο λόγω της διαφορετικής τους θερμοκρασίας την ονομάζουμε Θερμότητα.

Στο βιβλίο του δασκάλου εντοπίζεται η δυσκολία των παιδιών στη διάκριση των δύο εννοιών Θερμότητας – Θερμοκρασίας καθώς και η δυσκολία στο να αντιληφθούν την αφηρημένη έννοια της ενέργειας και της ροής της, επικρατεί όμως η άποψη ότι εφόσον η μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να παρατηρηθεί, αυτή πρέπει να συνδεθεί με την αντίστοιχη ενεργειακή μεταβολή. Έτσι προκειμένου να κατανοήσουν τα παιδιά ότι η θερμότητα δεν είναι τίποτε άλλο παρά η ενέργεια που ρέει από ένα σώμα προς ένα άλλο προκαλώντας μεταβολές στη θερμοκρασία των σωμάτων και να οδηγηθούν σε ένα γενικό συμπέρασμα, δίνεται έναυσμα για συζήτηση με ερωτήσεις: *«Πότε ονομάζουμε την ενέργεια Θερμότητα; Τι συμβαίνει σε ένα σώμα που δίνει και τι σε ένα σώμα που παίρνει Θερμότητα; Προς τα πού θα ρέει Θερμότητα όταν ένα θερμό σώμα έρθει σε επαφή με ένα ψυχρό σώμα; Τι θα συμβεί με τις θερμοκρασίες των σωμάτων;».* Η ενότητα ολοκληρώνεται με σχολιασμό των υποθέσεων που διατύπωσαν τα παιδιά αρχικά.

Για εμπέδωση και για τον έλεγχο αν πράγματι έχει γίνει η διάκριση Θερμότητας – Θερμοκρασίας από τα παιδιά καλούνται να περιγράψουν καθημερινές δραστηριότητες, χρησιμοποιώντας σωστά την ορολογία που έμαθαν.

Το φαινόμενο της θερμικής διαστολής στερεού μελετάται στην 7^η υποενότητα του κεφαλαίου. Ως ερέθισμα για την πρόκληση ενδιαφέροντος και τη διατύπωση υποθέσεων καλούνται οι μαθητές/ριες να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν τις

εικόνες του βιβλίου όπου παρουσιάζεται το ένα άκρο στήριξης μεταλλικής γέφυρας να κινείται πάνω σε κυλίνδρους. Με στόχο να διαπιστώσουν τα παιδιά πειραματικά ότι τα στερεά σώματα διαστέλλονται όταν θερμαίνονται και συστέλλονται όταν ψύχονται προτείνεται πείραμα κατά το οποίο δημιουργείται ένα άνοιγμα ανάμεσα από δύο καρφιά που καρφώνονται σε τέτοια απόσταση σε ξύλο ώστε να περνάει ένα κέρμα. Το κέρμα θερμαίνεται στη φλόγα κεριού 4-5 λεπτά και δοκιμάζεται αν περνάει από το άνοιγμα. Στη συνέχεια τοποθετείται σε ποτήρι με νερό και δοκιμάζεται πάλι αν περνάει από το άνοιγμα. Στον προβλεπόμενο κενό χώρο του βιβλίου κάτω από την εικόνα και τις οδηγίες για το πείραμα τα παιδιά σημειώνουν τις παρατηρήσεις τους και προκαλείται συζήτηση στην τάξη προκειμένου να διατυπωθεί το συμπέρασμα. Εισάγονται οι όροι «*διαστέλλεται, ψύχεται, θερμαίνεται*» και με τη βοήθεια ερωτήσεων υπενθυμίζεται στα παιδιά ότι ένα σώμα θερμαίνεται όταν παίρνει ενέργεια και ψύχεται όταν δίνει ενέργεια. Για εμπέδωση και γενίκευση δίνονται εργασίες για το σπίτι όπου ζητείται από τα παιδιά να δώσουν εξηγήσεις σε φαινόμενα σχετικά που παρατηρούνται στην καθημερινή ζωή.

Το φαινόμενο της αλλαγής φάσης, και συγκεκριμένα η τήξη του πάγου που ενδιαφέρει στην εργασία αυτή, μελετάται στην 2^η υποενότητα με τίτλο: Τήξη και πήξη που περιλαμβάνεται στην ευρύτερη ενότητα με τίτλο ΣΤΕΡΕΑ – ΥΓΡΑ – ΑΕΡΙΑ. Στην πρώτη εισαγωγική ενότητα επικεντρώνεται το ενδιαφέρον των μαθητών/ριων στην έννοια *φυσική κατάσταση σώματος*, και στα τρία είδη φυσικής κατάστασης: στερεά- υγρή – αέρια. Σχετικά με την τήξη σαν εισαγωγικό ερέθισμα για την πρόκληση ενδιαφέροντος και τη διατύπωση υποθέσεων καλούνται τα παιδιά να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν την εικόνα του βιβλίου όπου σοκολάτα σε υγρή μορφή περιχύνεται σε κέικ. Με στόχο να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι όσο ο πάγος λιώνει η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, προτείνεται η εκτέλεση από τα παιδιά δύο πειραμάτων.

Στο πρώτο τοποθετείται λίγο νερό με δύο μεγάλα παγάκια σε ποτήρι, ανακατεύονται καλά και γίνεται μέτρηση της θερμοκρασίας ανά 2 λεπτά για συνολικό χρόνο 15 λεπτών. Στο δεύτερο τοποθετείται η ίδια ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο πείραμα καθώς και δύο παγάκια ίδιου μεγέθους σε μπρίκι το οποίο θερμαίνεται πάνω στη φλόγα κεριού που στερεώνεται με πλαστελίνη στο θρανίο. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης γίνεται μέτρηση της θερμοκρασίας ανά 2 λεπτά για συνολικό χρόνο 15 λεπτών.

Και στις δύο περιπτώσεις ζητείται από τα παιδιά να συμπληρώσουν τις μετρήσεις στον προβλεπόμενο χώρο του βιβλίου τους σε πίνακα κάτω από την εικόνα και το κείμενο με τις οδηγίες εκτέλεσης του πειράματος και να καταγράψουν την παρατήρηση.

Τελικά προκειμένου να καταλήξουν τα παιδιά στη διατύπωση συμπεράσματος εισάγεται ο όρος «τήξη» χωρίς να γίνεται εμβάθυνση στο θέμα και τονίζεται ότι αυτό που ήδη γνωρίζουν «ότι όταν ένα σώμα απορροφά θερμότητα η θερμοκρασία του αυξάνεται» δεν συμβαίνει όταν το σώμα αλλάζει φυσική κατάσταση, όπως παρατήρησαν στα δύο προηγούμενα πειράματα.

Β. Απο τη διερεύνηση του νέου ΔΕΠΠΣ για τη Φυσική και Χημεία στο Δημοτικό διαπιστώσαμε ότι ο γενικός γνωστικός άξονας: Θερμοκρασία – Θερμότητα – Μεταβολές καταστάσεων της ύλης εισάγεται στην Ε΄ Δημοτικού με στόχο να αποκτήσουν μία πρώτη αντίληψη ότι η θερμοκρασία ενός σώματος είναι το μέγεθος που εκφράζει αντικειμενικά πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα, καθώς και το να αποδώσουν τη μεταβολή των καταστάσεων της ύλης στη μεταφορά θερμότητας. Στην ίδια τάξη εισάγεται και ο γενικός γνωστικός άξονας: Υλικά σώματα και δομή της ύλης, και ένας από τους βασικούς στόχους είναι να σχηματίσουν μια πρώτη αντίληψη τα παιδιά ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης μπορούν να περιγραφούν με ενιαίο τρόπο με αναφορά στο μοριακό ή ατομικό επίπεδο. Στην ΣΤ΄ τάξη συνεχίζεται ο άξονας: Θερμότητα, με στόχο αφενός να αναγνωρίζουν τα παιδιά τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας και να τους συνδέουν με τις καταστάσεις της ύλης και αφετέρου να εκτιμούν τη σημασία των τρόπων διάδοσης της Θερμότητας σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

Ειδικότερα, σύμφωνα με το αντίστοιχο ΑΠΣ για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο» στο Δημοτικό στην 3^η ενότητα με τίτλο : *Ενέργεια*, στην Ε΄ τάξη προτείνεται η διδασκαλία των θεμάτων:

α) *Θερμότητα και υλικά σώματα - Η Θερμότητα μεταβάλλει τον τρόπο κίνησης των μορίων του σώματος:* στόχος είναι να μάθουν τα παιδιά να περιγράφουν τις μεταβολές των καταστάσεων της ύλης χρησιμοποιώντας τον όρο: μεταφέρεται ενέργεια (θερμότητα), και να τις συνδέουν με τη μεταβολή στον τρόπο κίνησης των μορίων και όχι στη σύστασή τους. Ως δραστηριότητα προτείνεται η παρουσίαση με ποικίλους τρόπους (θεατρικό παιχνίδι, ζωγραφική, κείμενα, κλπ.) της μεταβολής των καταστάσεων της ύλης σε μοριακό επίπεδο.

β) *Τήξη, πήξη, υγροποίηση, εξάτμιση, βρασμός*, με στόχους: ι) να περιγράψουν με απλά λόγια παραδείγματα από την καθημερινή ζωή και να τα συνδέουν με τις μεταβολές των καταστάσεων της ύλης και ιι) να περιγράψουν με απλά λόγια τα χαρακτηριστικά των αλλαγών της κατάστασης. Προτείνεται η παρακολούθηση πειραμάτων τήξης, πήξης, υγροποίησης, εξάτμισης, βρασμού με τη χρήση απλών υλικών, η διατύπωση προβλέψεων, η καταγραφή των αποτελεσμάτων και η εξήγηση με απλά λόγια, καθώς και η διατύπωση συμπερασμάτων.

γ) *Διαστολή – συστολή – στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων* με στόχους: ι) να συνδέουν τα παιδιά τη μεταβολή στο μήκος ή στον όγκο ενός σώματος με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, ιι) να περιγράψουν χρησιμοποιώντας την έννοια του μορίου, τη θερμική διαστολή και συστολή των σωμάτων, ιιι) να αναφέρουν και να περιγράψουν εφαρμογές της θερμικής διαστολής από την καθημερινή ζωή. Προτείνεται η παρακολούθηση πειραμάτων διαστολής – συστολής στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων με τη χρήση απλών υλικών, η διατύπωση προβλέψεων, η καταγραφή των αποτελεσμάτων και η εξήγηση με απλά λόγια, καθώς και η διατύπωση συμπερασμάτων.

Στην ίδια τάξη επίσης στην 1^η ενότητα με τίτλο: *Υλικά σώματα και δομή της ύλης*, περιλαμβάνεται το θέμα: *Μόρια- Τα υλικά σώματα αποτελούνται από μόρια – Τα μόρια κινούνται*, με στόχους: ι) να γνωρίσουν τα παιδιά ότι το μόριο είναι ένα από τα δομικά συστατικά της ύλης, ιι) να περιγράψουν τον τρόπο κίνησης των μορίων στις τρεις καταστάσεις της ύλης και βάσει αυτού να ερμηνεύσουν τη διαφορετική συμπεριφορά στερεών, υγρών και αερίων. Προτείνεται:

α) Η πραγματοποίηση πειραμάτων διάχυσης αερίου σε αέριο και υγρού σε αέριο.

β) Η παρακολούθηση βιντεοταινιών και προγραμμάτων προσομοίωσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή σχετικά με την κίνηση των μορίων στις διάφορες καταστάσεις της ύλης.

γ) Η πραγματοποίηση θεατρικού παιχνιδιού που αναπαριστά την κίνηση των μορίων σε σχέση με τις καταστάσεις της ύλης.

Στην ΣΤ΄ τάξη στην 1^η ενότητα με τίτλο: *Υλικά σώματα*, επανέρχεται το θέμα της *Θερμότητας* με έμφαση στους *τρόπους διάδοσης της*.

Στόχοι: ι) Να αναγνωρίσουν τους τρεις τρόπους με τους οποίους διαδίδεται η Θερμότητα, ιι) να συνδέσουν τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας με τις καταστάσεις της ύλης, ιιι) να περιγράψουν εφαρμογές των τρόπων διάδοσης της θερμότητας στην καθημερινή ζωή. Προτείνεται η παρακολούθηση πειραμάτων

τρόπων διάδοσης της θερμότητας με απλά υλικά και η επισήμανση ομοιοτήτων και διαφορών.

1.2 Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ

Α. Από τη διερεύνηση του σχολικού εγχειριδίου που διδάσκονται τα παιδιά της Β΄ τάξης του Γυμνασίου «Φυσική Β΄ Γυμνασίου» των Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκη, Α., Δημητριάδη, Π., Παπαμιχάλη, Κ, Παπατσιμπα, Α. (2000), του οδηγού για τον καθηγητή, του εργαστηριακού οδηγού καθώς και των οδηγιών του ΥΠ.Ε.Π.Θ για τη διδασκαλία των μαθημάτων κατά το σχολικό έτος 2004 -2005, διαπιστώθηκε ότι ο γνωστικός άξονας της θερμότητας αναπτύσσεται ευρέως στο 2^ο κεφάλαιο του βιβλίου με τίτλο: ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ και προτείνονται για τη διδασκαλία του 15 διδακτικές ώρες.

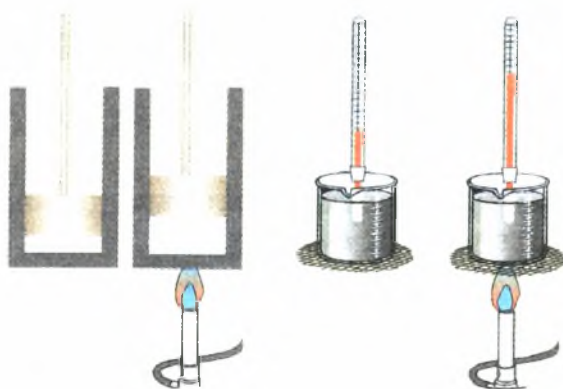
Στο κεφάλαιο μελετώνται οι βασικές έννοιες: Θερμοκρασία (μέτρηση – θερμόμετρα), θερμική ενέργεια, θερμότητα, οι θερμικές μεταβολές και τέλος οι τρόποι διάδοσης της Θερμότητας. Στην εισαγωγική συζήτηση του κεφαλαίου με στόχο να διεγερθεί το ενδιαφέρον των παιδιών για το γνωστικό αντικείμενο και να προβληματιστούν σχετικά με τις έννοιες που θα διδαχθούν προτείνεται αρχικά να παρατηρήσουν την ολοσέλιδη εισαγωγική εικόνα του κεφαλαίου όπου παρουσιάζονται θερμικές μηχανές και σχετικό κείμενο για τη σπουδαιότητά τους στην εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Στη συνέχεια προτείνεται να δοθούν στοιχεία από τη μυθολογία, την ιστορία των μηχανών, την τεχνολογία, τη σύνδεση με περιβαλλοντικά προβλήματα, τη σύνδεση με την καθημερινή ζωή αλλά και την επιστήμη και να ακολουθήσει συζήτηση για το έναυσμα της οποίας καλούνται τα παιδιά να απαντήσουν σε ερωτήματα της μορφής: *«Τι είναι η Θερμοκρασία και τι η Θερμότητα; Γιατί όταν ένα σώμα θερμαίνεται οι διαστάσεις του συνήθως αυξάνονται; Γιατί τα στερεά λιώνουν;»*

Στην 1^η παράγραφο με τίτλο: Θερμότητα και μέτρηση της θερμοκρασίας, με στόχο τον προβληματισμό των παιδιών σχετικά με τη μέτρηση της Θερμοκρασίας τίθενται ερωτήματα όπως: *«Πόσο ζεστό ή κρύο είναι το νερό της θάλασσας όταν κολυμπάμε;»*.

Με στόχο να συνειδητοποιήσουν τα παιδιά την αδυναμία της αξιόπιστης εκτίμησης της θερμικής κατάστασης ενός σώματος μέσω των αισθήσεων και την αναγκαιότητα εισαγωγής αντικειμενικού τρόπου μέτρησης της θερμοκρασίας προτείνεται η διδασκαλία της παραγράφου να αρχίσει με μία δραστηριότητα κατά την οποία έχουν ετοιμαστεί και βρίσκονται στην έδρα τρία δοχεία με νερό, το Α έχει

προθερμανθεί (θερμοκρασία 50-60 ° C), το Β περιέχει νερό θερμοκρασίας περίπου 0 ° C (έχει ψυχθεί) και το Γ έχει νερό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Καλείται ένα παιδί να βάλει διαδοχικά το ένα χέρι του στο Α δοχείο, κατόπιν στο Β και στη συνέχεια και τα δύο μαζί χέρια στο Γ. Σε κάθε βήμα το παιδί προτρέπεται να μεταφέρει την αίσθησή του στην τάξη. Στη συνέχεια του δίνονται δύο θερμομέτρα και του ζητείται να τοποθετήσει το ένα στο Α δοχείο, το άλλο στο Β δοχείο και ακολούθως να τοποθετήσει συγχρόνως και τα δύο στο Γ δοχείο και να διαβάσει τις ενδείξεις σε κάθε περίπτωση. Στο βιβλίο ορίζεται η θερμοκρασία ουσιαστικά ως η ένδειξη ενός οργάνου που τη μετρά, που είναι το θερμομέτρο. Ακολουθεί η περιγραφή της αρχής λειτουργίας του θερμομέτρου, καθώς και η περιγραφή των κλιμάκων Κελσίου και Κέλβιν. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη διαδικασία μέτρησης της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια προτείνεται συζήτηση πάνω σε θέματα γενικού ενδιαφέροντος και η παράγραφος ολοκληρώνεται με ερωτήσεις – ασκήσεις για επανάληψη και εμπέδωση.

Στη 2^η παράγραφο με τίτλο: Θερμότητα μία μορφή ενέργειας, επιχειρείται μία πρώτη εισαγωγή της σύνδεσης της έννοιας της ενέργειας με τις μεταβολές, επισημαίνεται όμως ότι δεν αποτελεί πρωταρχικό διδακτικό στόχο η πλήρης κατάκτηση της έννοιας της ενέργειας και της αρχής διατήρησής της. Προτείνεται η διδασκαλία να ξεκινήσει με μία δραστηριότητα με στόχο να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές και οι μαθήτριες ότι η θέρμανση ενός σώματος προκαλεί μεταβολές είτε αύξηση της θερμοκρασίας είτε κίνηση. Σε σχετικό κείμενο αναφέρεται ότι αν τοποθετήσουμε πάνω σε φλόγα δοχείο με νερό, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Επίσης αν πάνω από τη φλόγα βάλουμε δοχείο με αέρα η μία άκρη του οποίου κλείνεται με έμβολο, τότε το έμβολο κινείται προς τα έξω (εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1: Αναπαράσταση του πειράματος θέρμανσης αέρα σε δοχείο η μία άκρη του οποίου κλείνεται με έμβολο και του πειράματος θέρμανσης νερού, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β΄ Γυμνασίου»

Τίθεται το ερώτημα: «Θα μπορούσαμε να περιγράψουμε αυτές τις δύο μεταβολές με ενιαίο τρόπο;». Δίνεται η απάντηση ότι «οι μεταβολές μπορούν να περιγραφούν με ενιαίο τρόπο με την έννοια της ενέργειας».

Στη συνέχεια προτείνεται να παρατηρήσουν και να περιγράψουν οι μαθητές τις εικόνες του βιβλίου με παραδείγματα μηχανικών μεταβολών (μπάλα συγκρούεται με κορύνες και βέλος ρίχνεται με τόξο) χρησιμοποιώντας όρους ενέργειας ανακαλώντας αντίστοιχες γνώσεις από το Δημοτικό.

Στη συνέχεια εισάγεται η έννοια της Θερμότητας ως μεταφορά ενέργειας. Στο βιβλίο αναφέρεται ότι «γενικά όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας βρίσκονται σε επαφή, ενέργεια μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας στο άλλο. Αυτή την μεταφερόμενη ενέργεια την ονομάζουμε Θερμότητα». Στη συνέχεια προτείνεται να επισημανθεί στα παιδιά ότι ταυτόσημες μεταβολές σαν αυτές που προκαλεί η θερμότητα και κυρίως η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλούνται και με μηχανικό τρόπο. Όπως π.χ η περιστροφή αναδευτήρα σε μίξερ.

Σημειώνεται επίσης ότι «με την μεταφορά θερμότητας περιγράφουμε τη θέρμανση, τη θερμική διαστολή, την τήξη και τον βρασμό».

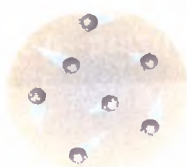
Η παράγραφος συνεχίζεται με την εισαγωγή της μονάδας μέτρησης της ενέργειας και τον νόμο διατήρησης της ενέργειας και ολοκληρώνεται με ερωτήσεις- ασκήσεις για επανάληψη και εμπέδωση.

Στην 4^η παράγραφο με τίτλο: Θερμοκρασία, Θερμότητα και μικρόκοσμος επιχειρείται η εισαγωγή ενός απλού σωματιδιακού μοντέλου και η σύνδεσή του με βασικά μακροσκοπικά μεγέθη όπως η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια. Στον οδηγό για τον καθηγητή τονίζεται η αναγκαιότητα κατάλληλης διαδικασίας μοντελοποίησης ώστε να είναι δυνατή η διάκριση μακροσκοπικών μεγεθών, η αναπαράσταση συστημάτων καθώς και η περιγραφή, πρόβλεψη και ερμηνεία φυσικών φαινομένων.

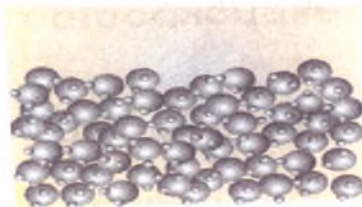
Εξηγείται επίσης ότι για το σκοπό αυτό επιχειρείται στο βιβλίο του μαθητή μία παράλληλη περιγραφή εννοιών και φαινομένων τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Επισημαίνεται επίσης ότι η διδασκαλία πρέπει να μεθοδευτεί ώστε αφενός να αποφευχθεί σύγχυση μεταξύ των δύο επιπέδων και αφετέρου να συνδεθούν μεταξύ τους.

Προτείνεται αρχικά να προβληματιστούν οι μαθητές/ριες για τη διαφορά μεταξύ της περιγραφής και πραγματικής ερμηνείας των φαινομένων. Προκειμένου να

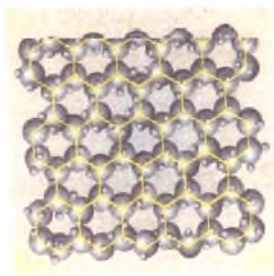
καταδειχθεί η αναγκαιότητα εισαγωγής του μικροσκοπικού προτύπου τίθεται το ερώτημα: «Πώς ερμηνεύουμε το φαινόμενο κατά το οποίο όταν ανοίγουμε τη στρόφιγγα μιας φιάλης υγραερίου, αέριο κατακλύζει όλο το χώρο γύρω;». Στο σημείο αυτό δίνεται η απάντηση: «Φανταζόμαστε ότι κάθε αέριο αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία κινούνται συνεχώς και ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση κατακλύζοντας το χώρο που τους διατίθεται. Αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια τα ονομάζουμε μόρια». Στη συνέχεια προτείνεται να επεκταθεί η εικόνα της μικροσκοπικής δομής στα υγρά και τα στερεά συνδέοντάς την με μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων όπως ο όγκος και το σχήμα. Στο βιβλίο παράλληλα και επεξηγηματικά με το σχετικό κείμενο παρουσιάζεται η εικονική αναπαράσταση του επιστημονικού προτύπου σε μικροσκοπικό επίπεδο (εικόνες 1.2, 1.3, 1.4).



Εικόνα 1.2: Σχηματική παράσταση μορίων αερίου, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β Γυμνασίου»

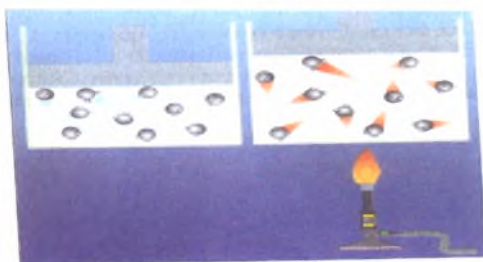


Εικόνα 1.3: Σχηματική παράσταση μορίων υγρού, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β Γυμνασίου»



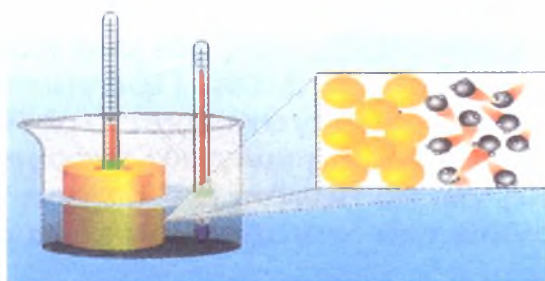
Εικόνα 1.4: Σχηματική παράσταση μορίων στερεού από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β Γυμνασίου»

Επίσης τίθεται το πρόβλημα του πώς εξηγείται το φαινόμενο που τα παιδιά περιέγραψαν σε προηγούμενη παράγραφο, κατά το οποίο όταν θερμάνουμε δοχείο που περιέχει αέρα και η μία του άκρη είναι κλεισμένη με έμβολο, το έμβολο κινείται προς τα έξω. Η απάντηση δίνεται στο βιβλίο συνοδευμένη από την εικονική αναπαράσταση πειραματικού και μικροσκοπικού επιπέδου (εικόνα 1.5). Αυτό το παράδειγμα προτείνεται για να συνδέσουν τα παιδιά την θερμοκρασία με την κίνηση των μορίων.



Εικόνα 1.5: Αναπαράσταση του πειράματος της θέρμανσης αέρα που βρίσκεται μέσα σε δοχείο η μία άκρη του οποίου κλείνεται με έμβολο όπου συνυπάρχουν στοιχεία σωματιδιακού επιπέδου, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β' Γυμνασίου»

Προκειμένου να κατανοήσουν τα παιδιά τη διαδικασία αποκατάστασης θερμικής ισορροπίας και να αντιληφθούν τη θερμότητα ως την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο μικρότερης θερμοκρασίας με το οποίο έρχονται σε επαφή, προτείνεται αρχικά η πραγματοποίηση μιας εργαστηριακής άσκησης κατά την οποία βυθίζεται ένα κρύο σώμα σε ζεστό νερό και ζητείται από τα παιδιά να παρατηρήσουν τις ενδείξεις των θερμομέτρων. Τίθεται παράλληλα το ερώτημα: «Τι συμβαίνει στα μόρια του νερού και στα μόρια του σώματος;». Στο βιβλίο δίνεται η απάντηση ότι «όταν το σώμα βυθίζεται στο νερό μόρια του νερού που αρχικά κινούνται εντονότερα, συγκρούονται με τα μόρια του σώματος και μεταφέρεται κινητική ενέργεια από τα πρώτα στα δεύτερα, μέχρι τα μόρια του σώματος και του νερού να αποκτήσουν ίση κινητική ενέργεια (ίσες θερμοκρασίες), οπότε σταματά και η μεταφορά θερμότητας και λέμε τότε ότι το σώμα βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το νερό». Παράλληλα με το σχετικό κείμενο παρουσιάζεται η εικονική αναπαράσταση σε πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο (εικόνα 1.6).



Εικόνα 1.6: Αναπαράσταση της διαδικασίας της αποκατάστασης θερμικής ισορροπίας όταν ένα κρύο σώμα βυθίζεται σε ζεστό νερό στο πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β' Γυμνασίου»

Στη συνέχεια εισάγεται η έννοια της θερμικής ενέργειας σώματος και γίνεται προσπάθεια να διαφοροποιηθεί από την θερμοκρασία. Αναφέρεται λοιπόν ότι

«θερμική ενέργεια ονομάζεται η κινητική ενέργεια που έχουν συνολικά τα μόρια ενός σώματος επειδή κινούνται άτακτα και εξαρτάται τόσο από την κινητική ενέργεια του κάθε μορίου (η οποία σχετίζεται με τη θερμοκρασία του σώματος) αλλά και από το συνολικό αριθμό των μορίων του δηλαδή τη μάζα του». Προκειμένου να αντιληφθούν καλύτερα τα παιδιά τη διαφορά θερμοκρασίας και θερμικής ενέργειας καθώς και τον εντατικό χαρακτήρα της θερμοκρασίας και τον εκτατικό της θερμικής ενέργειας, δίνεται το παράδειγμα παγόβουνου που έχει μεγαλύτερη θερμική ενέργεια από ένα ερυθροπυρωμένο κομμάτι κάρβουνο.

Για την καλύτερη κατανόηση του εντατικού χαρακτήρα της θερμοκρασίας ότι δηλαδή δεν εξαρτάται από τη μάζα ή την έκταση του σώματος προτείνεται να εμπλακούν τα παιδιά με δραστηριότητα κατά την οποία τοποθετούν νερό σε ένα ποτήρι και μετρούν τη θερμοκρασία του. Στη συνέχεια μοιράζουν το νερό σε δύο άλλα ποτήρια και μετρούν τη θερμοκρασία σε κάθε ένα από αυτά. Τελικά τους ζητείται να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους.

Στο τέλος της παραγράφου εισάγονται οι έννοιες της δυναμικής ενέργειας των μορίων και της εσωτερικής ενέργειας του σώματος. Αναφέρεται ότι «τα μόρια των υγρών και των στερεών έχουν δυναμική ενέργεια λόγω των δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ τους (στα στερεά είναι μεγαλύτερες από τα υγρά και για αυτό το λόγο τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα, ενώ ανάμεσα στα μόρια ενός αερίου δεν ασκούνται δυνάμεις). Η εσωτερική ενέργεια σώματος ορίζεται ως η κινητική και η δυναμική ενέργεια που έχουν συνολικά τα μόρια του σώματος». Από τις επαναληπτικές ερωτήσεις – ασκήσεις στο τέλος της παραγράφου αναφέρω ενδεικτικά: «Σε ποια κατάσταση βρίσκεται ένα σώμα όταν τα μόριά του κινούνται:

α) ελεύθερα β) γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο γ) ταλαντώνονται γύρω από συγκεκριμένη θέση».

Στην 5^η παράγραφο με τίτλο: Θερμική διαστολή και συστολή, μελετώνται φαινόμενα διαστολής και συστολής στερεών, υγρών και αερίων. Σχετικά με τα στερεά προκειμένου να προβληματιστούν τα παιδιά προκαλείται συζήτηση με βάση το ερώτημα: «Αναρωτηθήκατε γιατί δυσκολεύεστε να ξεβιδώσετε το καπάκι από ένα γυάλινο βάζο που το βγάζετε από το ψυγείο ενώ αν ρίξετε ζεστό νερό μπορείτε να το ξεβιδώσετε πιο εύκολα;».

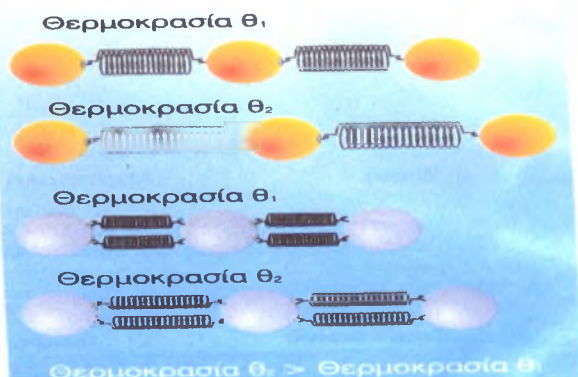
Στη συνέχεια αναφέρεται ότι σχεδόν όλα τα σώματα στερεά υγρά και αέρια όταν θερμαίνονται διαστέλλονται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν ψύχονται συστέλλονται, οι μεταβολές αυτές δεν είναι όμως πανομοιότυπες για όλα τα σώματα

και έτσι εξηγείται γιατί σφηνώνεται το μεταλλικό καπάκι στο γυάλινο βάζο στο ψυγείο.

Στο βιβλίο παράλληλα με το κείμενο παρουσιάζεται η εικονική αναπαράσταση του πειράματος θέρμανσης μεταλλικής σφαίρας και προτείνεται η πραγματοποίησή του από τα παιδιά εφόσον στο σχολείο υπάρχει η συσκευή διαστολής όγκου.

Στον εργαστηριακό οδηγό περιγράφονται αναλυτικά οι οδηγίες για την εκτέλεσή του.

Για την ερμηνεία της διαστολής των στερεών προτείνεται το μοντέλο των ιδίμορφων ελατηρίων (εικόνα 1.7).



Εικόνα 1.7: Μοντέλο ιδίμορφων ελατηρίων για την ερμηνεία του φαινομένου της διαστολής στερεού (σωματιδιακό επίπεδο), από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β Γυμνασίου»

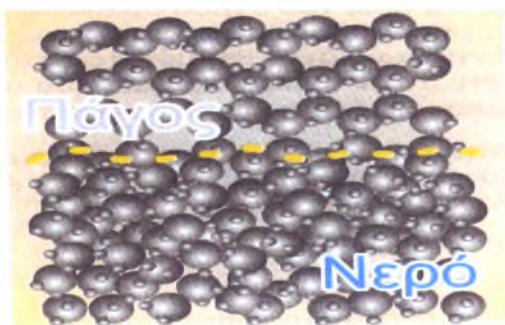
Αναφέρεται στο βιβλίο ότι «για την ερμηνεία της διαστολής των στερεών θεωρούμε ότι τα μόρια συγκρατούνται σαν να συνδέονται μεταξύ τους με μικροσκοπικά ελατήρια τα οποία ευκολότερα επιμηκύνονται παρά συμπιέζονται. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τα μόρια ταλαντώνονται εντονότερα και τα ελατήρια συμπιέζονται και επιμηκύνονται περισσότερο από προηγούμενος. Ωστόσο η επιμήκυνσή τους είναι μεγαλύτερη από την συμπίεσή τους και τα μόρια τελικά απομακρύνονται μεταξύ τους, το σώμα δηλαδή διαστέλλεται». Επισημαίνεται ότι «κατά τη διαστολή δεν αυξάνεται το μέγεθος των μορίων αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις». Επίσης αναφέρεται ότι «η μάζα παραμένει σταθερή επομένως αλλάζει η πυκνότητα». Στο οδηγό για τον καθηγητή προτείνεται η κατά βούληση διδασκαλία της ερμηνείας ανάλογα με το επίπεδο της τάξης, ενώ σύμφωνα με τις οδηγίες για τη διδακτέα ύλη κατά το σχολικό έτος 2004 -2005, η ενότητα του βιβλίου που αναφέρεται στην ανάγκη δημιουργίας μοντέλων στη Φυσική από το κεφάλαιο με τίτλο: 'Στοιχεία δομής της ύλης' δεν διδάσκεται.

Στην 6η παράγραφο με τίτλο: Αλλαγές κατάστασης μελετώνται η τήξη, η πήξη, ο βρασμός και η υγροποίηση. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τα παιδιά ότι κατά τη

διάρκεια των αλλαγών κατάστασης συνυπάρχουν οι δύο καταστάσεις και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Σχετικά με την τήξη, περιγράφεται το πείραμα θέρμανσης πάγου σε δοχείο στο οποίο έχει τοποθετηθεί θερμόμετρο. Αναφέρεται ότι «αρχικά η θερμοκρασία του πάγου αυξάνεται μέχρι τους 0°C . Τότε ο πάγος αρχίζει να λιώνει, οπότε εμφανίζεται και νερό μέσα στο δοχείο. Μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος η θερμοκρασία του μίγματος νερό-πάγος παραμένει σταθερή στους 0°C . Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται θερμοκρασία τήξης. Όταν λιώσει όλος ο πάγος, η θερμοκρασία του νερού που παράχθηκε αρχίζει να αυξάνεται». Το σχετικό κείμενο συνοδεύει εικονική αναπαράσταση του πειράματος θέρμανσης πάγου μέσα σε δοχείο που τοποθετείται πάνω σε καμινέτο και των ενδείξεων του θερμομέτρου.

Επισημαίνεται επίσης ότι «όταν σε ένα στερεό ή υγρό μεταφέρεται θερμότητα χωρίς να αλλάζει η φυσική του κατάσταση, τότε γενικά η θερμοκρασία του αυξάνεται. Κατά τη διάρκεια της τήξης όμως ή του βρασμού η θερμοκρασία παραμένει σταθερή αν και στο σώμα μεταφέρεται θερμότητα που ορίζεται ως θερμότητα τήξης».

Με στόχο την κατανόηση της διαδικασίας αλλαγής κατάστασης στερεού υγρού σε μικροσκοπικό επίπεδο και της κατανόησης της σταθερότητας της θερμοκρασίας, αναφέρεται ότι «οι ταλαντώσεις των μορίων ενός στερεού όταν σε αυτό μεταφέρεται θερμότητα, αρχικά γίνονται όλο και πιο έντονες, επομένως η θερμοκρασία του αυξάνεται. Σε ορισμένη όμως θερμοκρασία οι ταλαντώσεις είναι τόσο έντονες ώστε οι αρχικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων δεν μπορούν να τα συγκρατήσουν πλέον στις θέσεις τους. Τα μόρια αρχίζουν να «γλιστρούν» το ένα πάνω στο άλλο και οι μεταξύ τους δυνάμεις μειώνονται και έτσι το στερεό γίνεται υγρό». Το κείμενο συνοδεύεται από εικονική αναπαράσταση σε σωματιδιακό επίπεδο του φαινομένου της τήξης του πάγου (εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8: Αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο, από το σχολικό εγχειρίδιο «Φυσική Β΄ Γυμνασίου»

Επισημαίνεται ότι κατά την τήξη «τα μόρια του πάγου δεν λιώνουν απλά μεταβάλλεται ο τρόπος κίνησής τους και η ισχύς των μεταξύ τους δυνάμεων».

Για την ερμηνεία της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης αν και μεταφέρεται θερμότητα εξηγείται στο βιβλίο ότι «εκείνο που αλλάζει στη διάρκεια αλλαγής φάσης είναι η εσωτερική ενέργεια του σώματος. Η εσωτερική ενέργεια που έχει ήδη οριστεί ως άθροισμα της συνολικής δυναμικής ενέργειας των μορίων και της συνολικής κινητικής τους ενέργειας (θερμική ενέργεια) κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης μεταβάλλεται γιατί μεταβάλλεται η συνολική δυναμική ενέργεια των μορίων αν και η θερμική ενέργεια που συνδέεται με τη θερμοκρασία παραμένει σταθερή». Προτείνεται δε να καθοδηγηθούν τα παιδιά με συζήτηση ώστε να προσεγγίσουν το συμπέρασμα ότι η θερμότητα τήξης μεταβάλλει τη δυναμική ενέργεια των μορίων.

Στην ίδια παράγραφο προκειμένου να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι κατά την τήξη στερεού ο όγκος μεταβάλλεται ενώ η μάζα διατηρείται σταθερή, περιγράφεται στο βιβλίο πείραμα κατά το οποίο σε ογκομετρικό σωλήνα που περιέχει πετρέλαιο ρίχνουμε παγάκια και τον τοποθετούμε στον έναν δίσκο ζυγαριάς, ενώ στον άλλο βάζουμε κατάλληλα σταθμά. Παρατηρούμε ότι καθώς ο πάγος λιώνει η ζυγαριά ισορροπεί (η μάζα διατηρείται), ενώ η στάθμη του πετρελαίου κατεβαίνει (ο όγκος ελαττώνεται). Επισημαίνεται επίσης και εξηγείται το φαινόμενο της ανώμαλης διαστολής του νερού.

B. Από τη διερεύνηση του νέου ΔΕΠΠΣ για τη Φυσική και Χημεία στο Γυμνάσιο διαπιστώσαμε ότι η μελέτη του γνωστικού άξονα της Θερμότητας μελετάται στη Β΄ Γυμνασίου με στόχους:

α) Να συνδέουν τα παιδιά τη διατήρηση της ενέργειας κατά τον μετασχηματισμό ή τη μεταφορά της με την υποβάθμισή της έτσι ώστε να συνειδητοποιήσουν την ουσία του ενεργειακού ζητήματος.

β) Να αντιληφθούν ότι η Θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας και ότι μετασχηματίζεται σε άλλες μορφές. Να συνδέουν με παραδείγματα τους παραπάνω μετασχηματισμούς με τεχνολογικά προϊόντα και περιβαλλοντικά ζητήματα έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωρίζουν ότι η κατανόηση της έννοιας της Θερμότητας συνέβαλε σημαντικά στην εξέλιξη του ανθρώπινου πολιτισμού.

γ) Να αναγνωρίζουν τα θερμικά φαινόμενα (θερμικές διαστολές, αλλαγές κατάστασης, μεταφορά θερμότητας) και να τα ερμηνεύουν με απλό τρόπο χρησιμοποιώντας ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο για τη δομή της ύλης.

δ) Να συνδέουν την Θερμότητα που προσφέρεται στα υλικά με τη μεταβολή της Θερμοκρασία τους.

Ειδικότερα σύμφωνα με το αντίστοιχο ΑΠΣ, ο άξονας της Θερμότητας περιλαμβάνεται στην 4^η ευρύτερη ενότητα με τίτλο: *Μορφές ενέργειας – Πηγές ενέργειας – Ισχύς.*

1^η θεματική ενότητα: *Θερμοκρασία – Θερμόμετρα – Θερμομετρικές κλίμακες*

Οι στόχοι είναι: ι) Να αναγνωρίζουν τα παιδιά την Θερμοκρασία ως το φυσικό μέγεθος που μετράται αντικειμενικά με το θερμόμετρο και να τη συνδέουν με το αίσθημα του ζεστού ή του κρύου, ιι) να περιγράφουν και να χρησιμοποιούν τις κλίμακες Κελσίου και Κέλβιν, ιιι) να γνωρίζουν τα όρια μεταβολής της θερμοκρασίας σε διάφορες καταστάσεις. Προτείνεται ως εργαστηριακή άσκηση η βαθμονόμηση θερμομέτρου.

2^η θεματική ενότητα: *Η έννοια της Θερμότητας. Θερμοκρασία – Θερμότητα και μικρόκοσμος.*

Οι στόχοι είναι: ι) Να αναγνωρίζουν τη Θερμότητα ως μορφή ενέργειας που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας και να περιγράφουν καταστάσεις μεταφοράς ενέργειας, λόγω διαφοράς Θερμοκρασίας και ιι) να χρησιμοποιούν τη μικροσκοπική περιγραφή της Θερμοκρασίας και της Θερμικής ενέργειας. Δεν προτείνονται δραστηριότητες.

5^η θεματική ενότητα: *Θερμική διαστολή στερεών (γραμμική, επιφανειακή, όγκου). Θερμική διαστολή υγρών – Ανώμαλη διαστολή του νερού – Διαστολή αερίων.*

Οι στόχοι είναι: ι) Να διατυπώνουν και να εφαρμόζουν τους νόμους της γραμμικής διαστολής των στερεών καθώς και της κυβικής διαστολής των υγρών και των αερίων. Προτείνεται εργαστηριακή άσκηση σε σχέση με τη διαστολή υγρών και αερίων.

ιι) Να αναφέρουν εφαρμογές και προβλήματα της καθημερινής ζωής που οφείλονται στη διαστολή και ιιι) να περιγράφουν τη διαστολή σε μοριακό επίπεδο, να συνδέουν αυτή την περιγραφή με την ερμηνεία της ανώμαλης διαστολής του νερού ή την πλεύση του πάγου.

6^η θεματική ενότητα: *Μεταβολές φάσεων.*

Οι στόχοι είναι: Να γνωρίζουν τα παιδιά ότι κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης:

ι) συνυπάρχουν οι δύο φάσεις ιι) η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

7^η θεματική ενότητα: *Τήξη – Πήξη – Θερμότητα τήξης. Εξάτμιση – Βρασμός – Εξάχνωση – Θερμοκρασία βρασμού.*

Σχετικά με την τήξη οι στόχοι είναι, να ορίζουν τη Θερμότητα τήξης και να περιγράφουν ποιοτικά τη διαδικασία αλλαγής κατάστασης σε μικροσκοπικό επίπεδο, ώστε να τη συνδέουν με τη σταθερότητα της Θερμοκρασίας. Δραστηριότητες δεν προτείνονται.

1.3 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της διερεύνησης των σχολικών εγχειριδίων της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού και της Β΄ τάξης Γυμνασίου καθώς των αντίστοιχων ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ, στα σχετικά θέματα προκύπτουν οι παρακάτω διαπιστώσεις:

ι) Η έννοια της θερμότητας, ορίζεται πάντα σαν μορφή ενέργειας έννοια εξίσου δύσκολη να οριστεί, ο ορισμός δε αυτός δεν συμβάλλει στην διαφοροποίησή της από την έννοια της θερμοκρασίας.

ιι) Σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα της διαστολής και της αλλαγής φάσης, στο σχολικό εγχειρίδιο της ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού δεν γίνεται αναφορά στη μοριακή δομή της ύλης, στο νέο ΔΕΠΠΣ όμως και στο αντίστοιχο ΑΠΣ για την Ε΄ τάξη Δημοτικού γίνεται προσπάθεια να προσεγγίσουν τα παιδιά τη μοριακή δομή της ύλης και να συνδέσουν τη μεταφορά ενέργειας (θερμότητα) με τη μεταβολή στον τρόπο κίνησης των μορίων μέσα από προτεινόμενες δραστηριότητες, όπως το θεατρικό παιχνίδι, η παρακολούθηση βιντεοταινιών και προγραμμάτων προσομοίωσης στον υπολογιστή.

Στη Β΄ τάξη του Γυμνασίου για την ερμηνεία των θερμικών φαινομένων της διαστολής και της αλλαγής φάσης στο σχολικό εγχειρίδιο αλλά και στο νέο ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ προτείνεται το σωματιδιακό μοντέλο δομής της ύλης.

Στο πλαίσιο του επιστημονικού τρόπου σκέψης αναγνωρίζεται η σημασία της επινόησης και χρήσης μοντέλων. Ιδιαίτερα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών όπου θεωρείται αναμφισβήτητη η σημασία των επιστημονικών μοντέλων, πολλοί επιστήμονες υιοθετούν την άποψη ότι η οργάνωση αναλυτικών προγραμμάτων με σωστή εισαγωγή και χρήση των επιστημονικών μοντέλων,

συμβάλλει στη μάθηση εννοιών αλλά και της φύσης της επιστημονικής γνώσης (Σταυρίδου, 1995, Ιμβριώτη & Καλκάνης, 2004).

Με έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι για τις δυσκολίες στην κατανόηση των σωματιδιακών μοντέλων σε μεγάλο βαθμό ευθύνεται ο τρόπος παρουσίασης και διδασκαλίας τους (Σταυρίδου, 1995).

Πράγματι η εισαγωγή του όμως δεν φαίνεται να γίνεται με συστηματικό τρόπο εφόσον δεν περιγράφονται επαρκώς τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του ούτε τα όρια εγκυρότητάς του και γενικότερα δεν λαμβάνονται υπόψη οι σχετικές μαθησιακές δυσκολίες των παιδιών.

Παρατηρήθηκε ότι ενώ στον οδηγό για τον καθηγητή που συνοδεύει το σχολικό εγχειρίδιο τονίζεται η αναγκαιότητα της διαδικασίας μοντελοποίησης (η μελέτη του φαινομένου στο πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο χωριστά και στη συνέχεια η συσχέτιση και η σύνδεση αναπαραστάσεων από τα δύο επίπεδα), η ενότητα που αναφέρεται στην ανάγκη δημιουργίας μοντέλων στη Φυσική σύμφωνα με τις οδηγίες του Υπουργείου Παιδείας δεν διδάσκεται. Φαίνεται επομένως ότι δεν υπάρχει μέριμνα για μια προοδευτική εξοικείωση των παιδιών με μία διαδικασία επινόησης και χρήσης μοντέλων που θα τους επέτρεπε να κατανοήσουν καλύτερα τη λειτουργία και τη χρησιμότητα τους.

Επιπλέον από τον τρόπο που εισάγονται τα μικροσκοπικά μοντέλα στο βιβλίο φαίνεται ότι δεν ακολουθείται μία λογική σειρά και αλληλουχία. Για παράδειγμα το μοντέλο για τη δομή του στερεού που εισάγεται αρχικά (βλ. εικόνα, 1.4) δεν χρησιμοποιείται το ίδιο και στη συνέχεια για την ερμηνεία της διαστολής στερεού ενώ αντίθετα χρησιμοποιείται το μοντέλο των ιδιόμορφων ελατηρίων (βλ. εικόνα, 1.7).

Παράλληλα οι απεικονίσεις που συνοδεύουν τα σχετικά κείμενα σε κάποιες περιπτώσεις όπως αυτή της εικόνας 1.5, όπου συνυπάρχουν στοιχεία από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο το πιθανότερο είναι να ενισχύουν τις παρανοήσεις και τη σύγχυση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας.

Ανάλογη κατάσταση φαίνεται να επικρατεί στο νέο ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ όπου στις ενδεικτικές δραστηριότητες προτείνεται απλά η εκτέλεση κάποιων πειραμάτων χωρίς τα παιδιά να εμπλέκονται σε διαδικασίες μοντελοποίησης αλλά ούτε και σε άλλες δραστηριότητες που να συνδέουν τις παρατηρήσεις τους σε μακροσκοπικό επίπεδο με τις αλλαγές στο μικροσκοπικό.

Για την ερμηνεία δε της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης εμπλέκονται οι δυσνόητοι όροι θερμικής και εσωτερικής ενέργειας.

Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν με παλαιότερες μελέτες των αναλυτικών προγραμμάτων αλλά και σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Δημοτικού και Γυμνασίου, από όπου προέκυψε ότι τα μικροσκοπικά μοντέλα δομής της ύλης δεν εισάγονται με συστηματικό τρόπο, δεν γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας και συχνά δίνουν την εντύπωση αυθύπαρκτων οντοτήτων χωρίς να συνδέονται και να συσχετίζονται με την παρατηρούμενη πραγματικότητα, που να δικαιολογεί την ύπαρξη και χρησιμότητά τους (Σταυρίδου, 1995).

Σε όλα επίσης τα αναλυτικά προγράμματα για το Γυμνάσιο δεν φαίνεται επίσης να έχουν ληφθεί υπόψη τα αποτελέσματα των ερευνών για την αξιοποίηση των τεχνολογικών εργαλείων, ενώ στο νέο ΑΠΣ για το Δημοτικό διαφαίνεται μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες μία προσπάθεια αξιοποίησης του υπολογιστή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ»

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρουν οι Driver, Squires et al. (1998), ο Harris (1981), τονίζει ότι το **θέμα της Θερμότητας** είναι ένα από τα πιο δύσκολα των Φυσικών Επιστημών που προκαλεί σύγχυση στους μαθητές και αναφέρει ότι η πηγή αυτής της σύγχυσης επικεντρώνεται στη χρήση ορισμένων λέξεων, όπως «Θερμότητα», «Ροή Θερμότητας», «Θερμοχωρητικότητα», ενώ οι Hewson και Hamlin (1984) έχουν εστιάσει την προσοχή τους στις γλωσσικές και πολιτιστικές επιρροές.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διερεύνηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για τις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα & Θερμοκρασία» και για τις μαθησιακές δυσκολίες σε σχέση με τα σωματιδιακά μοντέλα δομής της ύλης, εφόσον υπεισέρχονται στην προσπάθεια ερμηνείας θερμικών φαινομένων (όπως η θερμική διαστολή και η αλλαγής φάσης).

2.1 ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Α. Όπως αναφέρουν οι **Carlton (2000), Driver, Guesne, Tiberghien (1993), Driver, Squires et al. (1998), Thomaz, Malaquias et al. (1995), Κόκκοτας (1999), Κόκκοτας, Ριζάκη κ.α. (2002)**, σύμφωνα με τις έρευνες των **Erickson (1979)** και **Tiberghien (1980), Cloud και Driver (1985)** :

i) Τα πολύ μικρά παιδιά προσχολικής ηλικίας, πριν τα 4 χρόνια τους, έχουν μάθει εμπειρικά ότι «κάποια αντικείμενα τα αισθάνονται ζεστά όταν τα αγγίζουν ενώ κάποια άλλα τα αισθάνονται κρύα», και ταυτίζουν τις έννοιες «ζέστη» και «ζεστό σώμα», καθώς και τον ήλιο με τη ζέστη που προκαλεί. Λίγο αργότερα (παιδιά ηλικίας 4-5) αντιλαμβάνονται ότι άλλο είναι η «ζέστη» και άλλο η «θερμή πηγή» ενώ η κυρίαρχη αντίληψη για την **Θερμότητα** είναι **«ουσία που μπορεί να βρεθεί στα αντικείμενα»**.

Στην ηλικία των 5-6 ετών, ανακαλύπτουν την έννοια του «ψυχρού», σαν κάτι ανεξάρτητο από το «θερμό», και στη συνέχεια θεωρούν το «ψυχρό», ως αντίποδα του «θερμού».

ι) Τα παιδιά ερχόμενα στο σχολείο στην ηλικία των 7-8 ετών συνειδητοποιούν ότι το ίδιο σώμα μπορεί να είναι άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο. Στις ηλικίες των 8-12 ετών κυριαρχεί η αντίληψη για τη **Θερμότητα ως μία «ουσία» «σαν κάτι που ρέει μεταξύ των σωμάτων».**

Η ιδέα αυτή είναι συνέπεια της Θεωρίας του Lavoisier περί **καλορικού ρευστού**, που ήταν η επικρατούσα επιστημονική άποψη για την Θερμότητα μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα και ενισχύεται από τα εγχειρίδια (Cotignola, Bordogna, et al., 2002).

Στις ηλικίες αυτές επίσης συνδέουν την Θερμότητα με ζωντανούς οργανισμούς, με τις πηγές της, με το βαθμό θέρμανσης ενός αντικειμένου, με τα αποτελέσματα της Θερμότητας στα αντικείμενα.

Επίσης φαντάζονται το **Κρύο** σαν μία οντότητα η οποία όπως και η **Θερμότητα**, έχει τις ιδιότητες μιάς υλικής ουσίας. **Δεν θεωρούν απαραίτητα το θερμό και το ψυχρό ως όψεις της ίδιας οντότητας.** Μάλλον τα αντιλαμβάνονται ως δύο διαφορετικά φαινόμενα, με το ψυχρό να θεωρείται συχνά ως αντίθετο του θερμού.

Βρέθηκε επίσης αυτή η αντίληψη διατηρείται στα παιδιά τουλάχιστον μέχρι την ηλικία των 16 ετών.

Β. Όπως αναφέρουν οι **Driver, Squires et al. (1998)**, οι **Watts και Gilbert (1985)**, διαπίστωσαν ότι οι μαθητές ηλικίας 14 έως 17 ετών έχουν οικοδομήσει 7 μοντέλα για την έννοια της Θερμότητας: *Η εμφανής Θερμότητα* – η Θερμότητα συνδέεται με τα πολύ ζεστά σώματα, *η δυναμική Θερμότητα* – η Θερμότητα συνδέεται με την κίνηση, *η ρέουσα Θερμότητα* – η Θερμότητα σαν κάτι που απλώνεται από το ένα μέρος στο άλλο, *η φυσιολογική Θερμότητα* – η Θερμότητα ως Θερμοκρασία του σώματος, *η παραγόμενη Θερμότητα* – επινοείται σκόπιμα και διαχωρίζεται από τη φυσική Θερμότητα, *η πρότυπη Θερμότητα* – το ζεστό αντιπροσωπεύεται από οποιαδήποτε θερμοκρασία πάνω από το σημείο πήξης του νερού και το κρύο ως αντίθετο του ζεστού αντιπροσωπεύεται από οποιαδήποτε θερμοκρασία κάτω από το σημείο πήξης του νερού, *η τοπική Θερμότητα* – προϋποθέτει ένα σταθερό μοντέλο Θερμότητας αναφερόμενο σε μία συγκεκριμένη περιοχή, όπου η ψύξη θεωρείται μείωση της έντασης της θερμότητας.

Γ. Ερευνητές/ριες θεωρούν ότι στην περιοχή των Θερμικών φαινομένων το **βασικό εμπόδιο είναι «οντολογικό»**, σχετίζεται δηλαδή με τη φύση και τις ιδιότητες των οντοτήτων. Για τους μαθητές και τις μαθήτριες η ασυμβατότητα και το **βασικό**

εμπόδιο βρίσκεται μεταξύ μίας φυσικής ποσότητας που έχει τη βασική ιδιότητα της ζέστης (η καθημερινή αντίληψη για την Θερμότητα ως Ζεστασιά) και μίας άλλης φυσικής οντότητας που δεν έχει αυτή την ιδιότητα (η επιστημονική έννοια της Θερμότητας, ως ενέργεια που μεταφέρεται). Οι μαθητές/ριες λένε ότι η Θερμότητα δεν μπορεί να είναι ενέργεια, γιατί η ενέργεια δεν είναι ζεστή (Wiser & Amin, 2001).

Δ. Από έρευνα που συγκρίνει τις διάφορες ιδέες που επικρατούν σε μαθητές/ριες ηλικιών 5-14 ετών, αγροτικής περιοχής της Νότιας Κορέας, όσον αφορά «τις αλλαγές φυσικής κατάστασης» και «τις προϋποθέσεις για αυτές τις αλλαγές», προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι αντιλήψεις των μαθητών/ριων για την Θερμότητα αντιτίθενται με τις αντιλήψεις τους για το Ψυχρό, δηλ. **οι μαθητές αντιλαμβάνονται την Θερμότητα σαν ένα «ζεστό πράγμα» (Paik, Kim et al., 2004).**

Ε. Σχετικά με τους μηχανισμούς διάδοσης Θερμότητας οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί στην διάδοση με αγωγή, τη διαδικασία δηλαδή μετακίνησης ενέργειας μέσα από ύλη χωρίς μετακίνηση ύλης.

Για τη εξήγηση σχετικών φαινομένων, δεν χρησιμοποιείται η ιδέα της Θερμότητας, ως ενός χαρακτηριστικού της αλληλεπίδρασης συστημάτων αλλά η αντίληψη ότι η θερμότητα είναι ουσία και αποδίδονται σε αυτήν υλικές ιδιότητες, όπως φαίνεται από εκφράσεις «η Θερμότητα ξεχειλίζει...», «η Θερμότητα πλημμυρίζει...».

Η εξήγηση που δίνουν για την αίσθηση που έχουν όταν αγγίζουν διαφορετικά αντικείμενα σε ένα δωμάτιο, δεν σχετίζεται με όρους μετακίνησης Θερμότητας. Για παράδειγμα η αίσθηση της ψυχρότητας που τους δίνουν τα μέταλλα σε σχέση με το ξύλο ή το πλαστικό αποδίδεται είτε σε έμφυτη ιδιότητα των υλικών ή στο ότι τα μέταλλα έλκουν το κρύο ή χάνουν τη θερμότητά τους στον περιβάλλοντα αέρα, ευκολότερα.

Την εφοδιάζουν επίσης με άλλες ιδιότητες όπως, δύναμη, έμφυτη τάση για κίνηση («η Θερμότητα ανεβαίνει», «διεισδύει σε μέταλλα») (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993).

Για τους/ις περισσότερους/ες μαθητές/ριες η Θερμότητα εφοδιάζεται με κίνηση σε προτιμώμενη κατεύθυνση και συνήθως από το θερμό προς το ψυχρό σώμα.

Σε καταστάσεις όπου εμπλέκεται το σώμα τους, **όταν για παράδειγμα αγγίζουν με το χέρι αντικείμενα, η Θερμότητα κινείται πάντα από το αντικείμενο προς το χέρι τους.** Φαίνεται να σκέφτονται ότι η αίσθηση της ζεστασιάς ή της ψυχρότητας, οφείλεται σε κάτι που φεύγει από το θερμό ή ψυχρό σώμα και εισέρχεται στο δικό τους. Εδώ κρύβεται η πιο γενική ιδέα της αναζήτησης αιτίου ίδιου προσανατολισμού με τον προσανατολισμό του αποτελέσματος agent → patient (**Tiberghien, 1993**).

ΣΤ. Μαθητές ηλικίας 11-16 ετών που έχουν διδαχθεί την θεωρία για την κίνηση των μορίων της ύλης, όταν χρησιμοποίησαν ιδέες σχετικές με σωματίδια για να ερμηνεύσουν φαινόμενα όπως η αγωγιμότητα, υπήρχε η τάση να αποδίδονται **μακροσκοπικές ιδιότητες, όπως η τήξη ή η διαστολή στα μικροσκοπικά σωματίδια (Driver, et. al., 1993, Driver, Squires et al., 1998, Κόκκοτας, κ.ά., 2002).**

Ζ. Πολλές φορές εμφανίζεται σε παιδιά από 11 ετών και άνω η αντίληψη ότι η **Θερμότητα συνδέεται με την κίνηση των σωματιδίων** (ατόμων ή μορίων της ύλης) (**Erickson 1980, Hewson & Hamlyn, 1984, Veiga, 1988, Veiga et al. 1989, Kesidou & Duit, 1993, Van Roon & Van Sprang, 1994, Carlton, 2000**).

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, οι μαθητές/ριες εξηγούν τη θέρμανση ενός σώματος θεωρώντας ότι τα **σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα και τότε το σώμα γίνεται θερμότερο (Maskil et al., 1997) ή ότι τα σωματίδια συγκρούονται μεταξύ τους και παράγεται Θερμότητα (Hewson & Hamlyn 1984, Kesidou & Duit 1993).**

Διαπιστώνεται, επίσης, ότι οι μαθητές/ριες που χρησιμοποιούν την αντίληψη της Θερμότητας ως κίνησης σωματιδίων συχνά ταυτίζουν τη Θερμότητα με την εσωτερική ενέργεια (**Erickson & Tiberghien 1985, Harrison et al., 1999**) ή με τη θερμική ενέργεια (**Erickson & Tiberghien 1985, Maskil et al., 1997**).

Ταυτίζουν επίσης τη Θερμότητα με τη Θερμοκρασία, θεωρώντας ότι η Θερμοκρασία εκφράζει τη Θερμότητα που παράγεται από τις κινήσεις ή τις συγκρούσεις των σωματιδίων (**Van Roon & Van Sprang, 1994**).

2.2 ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

A. Τα μικρά παιδιά δίνουν στη Θερμοκρασία περισσότερο ποιοτική σημασία και όχι ποσοτική. Παιδιά ηλικίας 8- 12 ετών κάνουν κρίσεις για την Θερμοκρασία αντικειμένου στηριζόμενα περισσότερο στη φύση του υλικού, παρά στη Θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Για μεγάλο αριθμό μαθητών/ριων η Θερμοκρασία είναι μία φυσική ιδιότητα του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο ένα αντικείμενο (Driver, et al., 1993, Driver, Squires et al., 1998, Thomaz, Malaquias et al., 1995, Κόκκοτας, κ.ά., 2002).

B. Δεν αναγνωρίζεται συστηματικά από όλους/ες τους/ις μαθητές/ριες ότι όταν ένα αντικείμενο θερμαίνεται (και σύμφωνα με τους επιστήμονες δεν υπάρχει φυσικός ή χημικός μετασχηματισμός), η Θερμοκρασία του αυξάνει αναγκαστικά. Για ορισμένους/ες μαθητές/ριες η σχέση αυτή φαίνεται να εξαρτάται από την ουσία (Driver, et al., 1993).

Γ. Οι Driver, Squires et al. (1998) αναφέρουν ότι η Tiberghien (1983) σημειώνει ότι τα παιδιά δεν αναγνωρίζουν την Θερμοκρασία ως μία φυσική παράμετρο που μπορεί να περιγράψει την κατάσταση ενός υλικού.

Δ. Επικρατεί σύγχυση μεταξύ της Θερμοκρασίας και της αίσθησης που δίνει ένα σώμα. Είναι πολύ συνηθισμένη η ιδέα ότι η Θερμοκρασία είναι το μέτρο του πόσο ζεστό ή κρύο αισθανόμαστε κάτι.

Ε. Η Θερμοκρασία είναι κάτι που μπορεί να μεταφερθεί (Thomaz, Malaquias et al., 1995).

ΣΤ. Η Θερμοκρασία κατανοείται από τους/ις μαθητές/ριες ως μία εκτατική ιδιότητα των αντικειμένων και όχι ως εντατική, π.χ. εξαρτάται από το μέγεθός τους, τον όγκο τους, από το ποσό του υλικού που περιέχει (Driver, et. al., 1993, Driver, Squires et al., 1998, Κόκκοτας, 1999, Κόκκοτας, κ.ά., 2002).

Οι Laburu & Niaz (2002) αναφέρουν ότι η Wisser (1988) έχει συμπεράνει ότι τα παιδιά έχουν μεγάλη δυσκολία να χειριστούν την Θερμοκρασία σαν Εντατική ποσότητα. Η ερευνήτρια για παράδειγμα αναφέρει ότι αν μια κούπα με ζεστό νερό ανακατευθεί με μία άλλη ίδια κούπα ζεστού νερού, τα παιδιά προβλέπουν ότι το μείγμα είναι θερμότερο, ακολουθούν μία δηλ. προσθετική στρατηγική που σύμφωνα

με την ερευνήτρια βασίζεται στην καλορική θεωρία. Οι **Driver, et al. (1993)**, και οι **Driver, Squires et al. (1998)** αναφέρουν έρευνες των **Erickson & Tiberghien (1985)**, **Stavy & Berkovitz (1980)** και άλλων ερευνητών/ριων όπου έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές φορές τεστ με **ποιοτικά και ποσοτικά προβλήματα υπολογισμού της θερμοκρασίας**. Σε αυτά ζητείται από τα παιδιά να προβλέψουν την τελική θερμοκρασία μείγματος νερού, δίνοντάς τους τις αρχικές Θερμοκρασίες των συστατικών του μίγματος. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι όταν τα προβλήματα παρουσιάστηκαν ποιοτικά υπήρχαν επιτυχείς απαντήσεις, ενώ όταν τα προβλήματα παρουσιάστηκαν ποσοτικά (με αριθμούς) τα παιδιά συνάντησαν μεγάλες δυσκολίες, και ακολουθούσαν στους υπολογισμούς προσθετικές και αφαιρετικές στρατηγικές, ιδιαίτερα τα μικρότερα παιδιά.

2.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η διαφοροποίηση των εννοιών Θερμότητας και Θερμοκρασίας έχει αποτελέσει αντικείμενο αξιοσημείωτης έρευνας, και μία σειρά μελετών έχουν δείξει ότι η πλειοψηφία των παιδιών και των εφήβων δεν καταλαβαίνουν την διαφορά (ενδεικτικά, Erickson 1979, 1980, Erickson & Tiberghien, 1985, Stavy and Berkowitz, 1980, Wisner & Carey, 1983, Kesidou & Duit, 1993, Arnold & Millar, 1996, Harrison et al., 1999).

Πρόσφατες μελέτες αποδεικνύουν ότι ακόμη και πρωτοετείς φοιτητές/ριες (περίπου 20 ετών) δεν κάνουν την διαφοροποίηση μεταξύ Θερμότητας και Θερμοκρασίας, όπως επίσης και μερικοί ειδικοί (PhD σε Φυσική/Χημεία) είχαν δυσκολίες να εξηγήσουν την διαφορά μεταξύ Θερμότητας και Θερμοκρασίας (Laburu & Niaz, 2002).

A. Οι Driver, Squires et al. (1998) αναφέρουν ότι η Tiberghien (1983) παραθέτει τρεις κατηγορίες απαντήσεων που αφορούν στις ιδέες των μαθητών/ριων για τη διαφορά ανάμεσα στις έννοιες «Θερμότητα» και «Θερμοκρασία»:

- Την αντίληψη ότι η **Θερμότητα είναι ζεστή, αλλά ότι η Θερμοκρασία μπορεί να είναι και κρύα και ζεστή** (απόψεις συνηθισμένες σε παιδιά ηλικίας 10-12 ετών).

- Την αντίληψη ότι **δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην Θερμότητα και την Θερμοκρασία**: «Η Θερμοκρασία είναι η Θερμότητα» (άποψη κοινή ανάμεσα σε μαθητές/ριες 10-16 ετών).
- Την αντίληψη ότι η **Θερμοκρασία αποτελεί το μέτρο μέτρησης της Θερμότητας**.

B. Οι Driver, Squires et al. (1998) αναφέρουν ότι ο Erickson (1979) σημειώνει ότι ο διαχωρισμός ανάμεσα στις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία ήταν από τα πιο δύσκολα έργα των μαθητών/ριων. Τα παιδιά τείνουν να θεωρούν τη Θερμοκρασία ως το αποτέλεσμα της μείξης του θερμού και του ψυχρού μέσα σε ένα αντικείμενο ή απλά ως μέτρο του ποσού Θερμότητας που κατέχει ένα αντικείμενο.

Γ. Η εκτατική ιδιότητα της Θερμότητας ως μετακινούμενης ενέργειας μεταξύ δύο αλληλεπιδρώντων συστημάτων διαφορετικών Θερμοκρασιών, φαίνεται να είναι περισσότερο προσιτή στους μαθητές και στις μαθήτριες σε ένα πλαίσιο καθημερινών προβλημάτων, και ειδικά όταν η γλώσσα τούς είναι οικεία. Αντίθετα η Θερμοκρασία ως εντατική παράμετρος που περιγράφει ένα σύστημα δεν είναι προσιτή (Driver, et al., 1993).

Δ. Οι Driver, et al. (1993), Thomaz, Malaquias, et al. (1995) αναφέρουν ότι οι Erickson (1979, 1980), Tiberghien (1979, 1980, 1983), Erickson & Tiberghien (1985), Clough & Driver (1985) με έρευνές τους διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες διακρίνουν ανεπαρκώς την Θερμότητα και την Θερμοκρασία.

- Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η **Θερμοκρασία θεωρείται ιδιότητα του υλικού και είναι ένα μέτρο της Θερμότητας**.

- Οι μαθητές/ριες έχουν την τάση να εκφράζουν την άποψη ότι **διαφορετικές αισθήσεις σημαίνουν διαφορετικές θερμοκρασίες, ενώ την έννοια της Θερμικής ισορροπίας δεν την κατέχει η πλειονότητα των μαθητών/ριων.**

Οι μαθητές/ριες δεν πιστεύουν ότι τα αντικείμενα που βρίσκονται σε θερμική αλληλεπίδραση τείνουν να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Ακόμα δεν λαμβάνουν υπόψη στις εξηγήσεις τους και τη συμμετοχή στη θερμική αλληλεπίδραση του περιβάλλοντα χώρου, ειδικά του αέρα (η Θερμοκρασία φαίνεται να **εξαρτάται κυρίως από την ουσία**).

Ε. Πολλά παιδιά θεωρούν ότι όταν θερμαίνεται ένα σώμα, αυτό σημαίνει ότι πάντα αυξάνεται η Θερμοκρασία του, έτσι δυσκολεύονται να αποδεχτούν τη σταθερότητα της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια μεταβολής κατάστασης αλλά ακόμα και όταν το διδαχθούν και το διαπιστώσουν μέσα από πειράματα δυσκολεύονται να το ερμηνεύσουν. Σε εργαστηριακές ασκήσεις βρασμού του νερού, ενώ οι μαθητές/ριες παρατηρούν εύκολα ότι η Θερμοκρασία του νερού που βράζει παραμένει σχετικά σταθερή, ανεξάρτητα από το πόσο ζωηρά ή αργά θερμαίνεται, διατυπώνονται απόψεις όπως «το θερμόμετρο δεν δουλεύει σωστά» ή ότι «η Θερμότητα χάνεται μέσω του γυαλιού» «ή ότι η επιπλέον Θερμοκρασία εξατμίζεται» (Laburu & Niaz, 2002).

ΣΤ. Για την κατανόηση της σταθερότητας της Θερμοκρασίας στη διάρκεια μίας μεταβολής φάσης φαίνεται να χρειάζεται μια εξήγηση σχετικά με το τι συμβαίνει σε μοριακό επίπεδο. Ενώ στα περισσότερα εγχειρίδια το φαινόμενο του βρασμού εξηγείται με όρους της κινητικής θεωρίας της ύλης πολλοί/ες μαθητές/ριες φαίνονται να έχουν δυσκολίες στο να κατανοήσουν αυτή την εξήγηση (Driver, et al.,1993).

Ζ. Σε σχέση με την αμέσως προηγούμενη παρατήρηση ερευνητές/ριες θεωρούν ότι οι δυσκολίες στην κατανόηση της λειτουργίας των σωματιδιακών μοντέλων είναι υπεύθυνες μεταξύ των άλλων και για τις παρανοήσεις που έχουν τα παιδιά σχετικά με τις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας. Οι παρανοήσεις αυτές οδηγούν στην σύγχυση ανάμεσα στις δύο έννοιες και στην αδυναμία των παιδιών να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές τις έννοιες, όπως π.χ. η διαστολή, η αλλαγή φάσης, η θερμική ισορροπία μεταξύ δύο σωμάτων (Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000).

Η. Σε έρευνα που ήδη έχουμε αναφερθεί και συγκρίνει τις διάφορες ιδέες που επικρατούν σε μαθητές ηλικιών 5-14 ετών, αγροτικής περιοχής της Νότιας Κορέας, όσον αφορά «τις αλλαγές φυσικής κατάστασης» και «τις προϋποθέσεις για αυτές τις αλλαγές», αναφέρεται ότι η ανάπτυξη της έννοιας της Θερμότητας πριν από την έννοια της Θερμοκρασίας εξηγεί τις εναλλακτικές απόψεις για την Θερμότητα. Για παράδειγμα, μπορεί να θεωρούν την Θερμότητα, απλά ως υψηλές Θερμοκρασίες και το Κρύο, ως χαμηλές Θερμοκρασίες, κάτι που δείχνει ότι η έννοια της Θερμότητας είναι αντίθετη του Κρύου (Ψυχρού), στη σκέψη των μαθητών (Paik, Kim et al., 2004).

Θ. Η αντίληψη της Θερμότητας ως κίνησης σωματιδίων της ύλης, οδηγεί στο να **ταυτίζεται η Θερμότητα με τη Θερμοκρασία**. Η Θερμοκρασία θεωρείται ότι εκφράζει τη Θερμότητα που παράγεται από τις κινήσεις ή τις συγκρούσεις των σωματιδίων (Van Roon & Van Sprang, 1994).

I. Ερευνητές/ριες προσπάθησαν να συγκροτήσουν πιο γενικά επίπεδα περιγραφής της σκέψης των μαθητών/ριων για τις σχετικές έννοιες. Προτάθηκαν τρία μοντέλα.

Στο **1^ο μοντέλο** και **2^ο μοντέλο** η Θερμότητα θεωρείται ποιοτικό μέγεθος, με μία ή δύο οντότητες αντίστοιχα και εκπέμπεται ή απορροφάται αυθόρμητα από τα σώματα, η δε Θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της έντασης ή του ποσού της Θερμότητας του σώματος αντίστοιχα. Για τα θερμικά φαινόμενα δίνονται εξηγήσεις με όρους ιδιοτήτων των σωμάτων και δράσης του ενός πάνω στο άλλο. Το 1^ο μοντέλο εμφανίζεται κυρίως σε μαθητές/ριες του Δημοτικού και του Γυμνασίου, ενώ το 2^ο κυρίως σε μαθητές/ριες του Γυμνασίου και του Λυκείου.

Στα δύο αυτά μοντέλα η Θερμότητα δεν διαφοροποιείται από τη Θερμοκρασία. Η άποψη ότι η Θερμοκρασία είναι μέτρο της Θερμότητας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η προσθήκη (ή η απομάκρυνση) Θερμότητας έχει πάντα ως αποτέλεσμα την αύξηση (ή την ελάττωση) της Θερμοκρασίας του σώματος, είτε το σώμα αλλάζει φάση είτε όχι. Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη είναι αδύνατον ένα σώμα να θερμαίνεται και να μην αυξάνεται η θερμοκρασία του.

Στο **3^ο μοντέλο** η **Θερμότητα** θεωρείται ποιοτικό μέγεθος, με μία οντότητα που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μέχρι αποκατάστασης Θερμικής ισορροπίας, η δε **Θερμοκρασία** θεωρείται μέγεθος που δείχνει πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα και καθορίζει αν δύο σώματα είναι σε Θερμική ισορροπία. Για τα θερμικά φαινόμενα δίνονται εξηγήσεις με όρους αλληλεπίδρασης. Το μοντέλο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε μαθητές/ριες του Λυκείου.

Τα παραπάνω ευρήματα αναδεικνύουν: ι) Τη θεώρηση της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας ως ιδιότητες των σωμάτων, ιι) τη Θερμοκρασία ως μέτρο της Θερμότητας, ιιι) την αίσθηση του θερμού ή του ψυχρού που δημιουργείται, όταν το ανθρώπινο σώμα έρθει σε επαφή με ένα θερμό ή ψυχρό σώμα, ως ένδειξη ότι το σώμα έχει μεγάλη ή μικρή Θερμότητα ή βρίσκεται σε υψηλή ή χαμηλή Θερμοκρασία,

ως **τρία σημαντικά εμπόδια** στα οποία προσκρούει η κατανόηση των Θερμικών φαινομένων (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000).

Κ. Σε πρόσφατη εργασία μελετήθηκαν πιο διεξοδικά τα εμπόδια στην εννοιολογική περιοχή της Θερμότητας στα οποία οφείλονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις. Τα εμπόδια αυτά όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια συνδέονται με τα εμπόδια για ένα σύνολο εννοιολογικών περιοχών της Φυσικής και με γενικότερους τρόπους σκέψης που λειτουργούν ως εμπόδια (Σκουμιός, 2005).

- Εξάρτηση της θερμοκρασίας που αποκτά ένα σώμα (όταν βρίσκεται για αρκετό χρόνο σε ένα περιβάλλον) από ορισμένα χαρακτηριστικά αυτού καθ' αυτού του σώματος.
- Εξάρτηση αίσθησης του θερμού ή του ψυχρού μόνο από τη θερμοκρασία του σώματος.
- Εξομοίωση θερμότητας με τη θερμοκρασία.
- Το ψύχος είναι διαφορετικό από τη θερμότητα.
- Η αιτία διάδοσης της θερμότητας συνδέεται με το σώμα
- Η θερμότητα εμφανίζει χαρακτηριστικά ουσίας.

2.4 ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Α. Όπως αναφέρει η Σταυρίδου (1995), οι Driver (1985), (1993), Giordan, Martinanad (1987), (1992), Astolfi, et al. (1992), διαπίστωσαν με έρευνες ότι μαθητές και οι μαθήτριες αντιμετωπίζουν σημαντικές μαθησιακές δυσκολίες σε σχέση με τα σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, και αναπτύσσουν λανθασμένες ιδέες και παρανοήσεις όταν προσπαθούν να δημιουργήσουν νοητικές παραστάσεις για την ερμηνεία φαινομένων με βάση τη σωματιδιακή δομή της ύλης, όπου διαφαίνεται μια γενικότερη σύγχυση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας.

Οι ίδιοι/ες ερευνητές/ριες θεωρούν καθοριστική για τη μάθηση των φυσικών επιστημών και την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης την ανάγκη δημιουργίας νοητικών παραστάσεων που να προέρχονται από τα δύο επίπεδα (της παρατηρούμενης πραγματικότητας και του μοντέλου) και τη μεταξύ τους συσχέτιση

και σύνδεση εφόσον έχουν διερευνηθεί το καθένα μόνο του. Το γεγονός ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, δεν κάνει σαφή διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο και την πραγματικότητα, αποτελεί σημαντική πηγή των μαθησιακών δυσκολιών που σχετίζονται με τα σωματιδιακά μοντέλα.

Όπως αναφέρουν οι Σταυρίδου (1995) και Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά. (2000):

I) Ο Nussbaum (1985/1993), έκανε ανασκόπηση δεδομένων που προέκυψαν από έρευνες για τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τη σωματιδιακή φύση της ύλης, από τις οποίες διαπιστώθηκε ότι σημαντικό ποσοστό παιδιών ηλικίας 14 ετών δεν εσωτερικεύουν σημαντικά χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου γιατί προσεγγίζουν τη μάθησή του με ένα σχετικά σταθερό μοντέλο, στο οποίο η ύλη γίνεται αντιληπτή ως βασικά συνεχής και στατική. Επισημαίνεται επίσης ότι η αντίληψη της ύπαρξης κενού ανάμεσα στα σωματίδια αποτελεί δύσκολη υπόθεση για παιδιά και ενήλικες που αυθόρμητα σκέφτονται την ύλη ως συνεχή.

II) Οι Hatzinikita & Kokkotas, (1994), από έρευνες σε φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών σχετικά με τις αντιλήψεις στο μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο για την αλλαγή φάσης του νερού, διαπίστωσαν ότι σημαντικός αριθμός έδωσε μακροσκοπικές απαντήσεις χωρίς αναφορά στις σωματιδιακές ιδέες, περίπου ένας στους/ις τρεις χρησιμοποιεί εναλλακτικές σωματιδιακές ιδέες (μικτές) αντιλήψεις, όπως τα σωματίδια ζεσταίνονται, τα σωματίδια διαστέλλονται, τα σωματίδια συμπεριφέρονται ανιμιστικά, και στην καλύτερη των περιπτώσεων περίπου ένας στους πέντε έδωσε σχεδόν πλήρεις απαντήσεις βασισμένες σε σωστές σωματιδιακές ιδέες.

III) Οι Brook, Briggs & Driver (1984), από έρευνες σε παιδιά δημοτικού και παιδιά ηλικίας 15 ετών για τη σωματιδιακή φύση της ύλης, διαπίστωσαν παρόμοιες ιδέες.

IV) Οι Brook, Briggs, et al. (1984), Anderson (1990), Driver, et al. (1993) διαπίστωσαν με έρευνες τους ότι τα παιδιά προβάλλουν μακροσκοπικές ιδιότητες πάνω στα μικροσκοπικά σωματίδια άτομα και μόρια, όπως τα σωματίδια φουσκώνουν, λιώνουν κλπ.

B. Σχετικά με τη σωματιδιακή δομή των στερεών και τις μαθησιακές δυσκολίες μαθητών/ριών για την ερμηνεία της θερμικής διαστολής στερεού με τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου δομής της ύλης, διαπιστώθηκε ότι:

- Για τη σωματιδιακή δομή των στερεών τα παιδιά δημιουργούν κάποιο σωματιδιακό μοντέλο θεωρώντας τα σωματίδια – άτομα σαν το πιο μικρό κομματάκι της ύλης αν διαιρεθεί, έχουν αμελητέα μάζα, διαφέρουν στο μέγεθος και στο σχήμα,

δεν έχουν χώρο μεταξύ τους, έχουν όμως τις μακροσκοπικές ιδιότητες του υλικού από το οποίο προέρχονται και έτσι μπορούν να σχεδιάσουν τη στερεή κατάσταση σαν μια δομημένη διευθέτηση σωματιδίων, δεν μπορούν όμως να ερμηνεύσουν γιατί η δομή συγκρατείται, δεν μπορούν να εξηγήσουν την ταλάντωση των σωματιδίων και δεν μπορούν να εξηγήσουν την ασυμπίεστότητα των στερεών (Driver, Squires et al., 1998).

- Οι ιδέες των μαθητών/τριών για τη διατήρηση της ύλης επηρεάζονται από το αν αντιλαμβάνονται τα υλικά ως συνεχή ή ασυνεχή. Το «ταξίδι» δε, από τη συνεχή άποψη για τη δομή της ύλης προς την επιστημονική ατομική άποψη δημιουργεί ενδιάμεσα μοντέλα. Όταν έχουν συνεχή άποψη φαίνεται να αντιλαμβάνονται τη διατήρηση της ύλης, όταν όμως αποκτούν ατομική θεώρηση κλονίζεται η ικανότητά τους να διατηρούν τη μάζα σε μια αλλαγή (Driver, Squires et al., 1998).

- Ο τρόπος δε που αντιλαμβάνονται μια φυσική ή χημική μεταβολή προσδιορίζει αν θεωρούν ότι το περιεχόμενο της ύλης διατηρείται. Η μάζα συχνά συνδέεται με το μέγεθος και τον όγκο (mass - massive). Αντικείμενα με μεγάλο όγκο έχουν και μεγάλη μάζα (Driver, Squires et al., 1998).

- Πιστεύουν ότι η θερμότητα κάνει τα σωματίδια να κινούνται μακριά το ένα από το άλλο (Driver, Squires et al., 1998).

- Πιστεύουν ότι ο όγκος της ύλης αυξάνεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται (εκπλήσσονται στην περίπτωση του πάγου που λιώνει) (Driver, Squires et al., 1998).

- Ειδικότερα από σχέδια μεταλλικής σφαίρας πριν και μετά την θέρμανσή της, που σχεδίασαν φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που συμμετείχαν σε έρευνες των Σταυρίδου (1995) και Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Παπαδημητρίου, (1999) φάνηκε ότι αντιλαμβάνονται την αύξηση του όγκου του στερεού ως «αραίωση» των μορίων δηλ. ως αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των μορίων, ενώ τα συνηθισμένα λάθη φάνηκε να προέρχονται από το ότι δεν θεωρούν ότι η μάζα του σώματος είναι το άθροισμα των μαζών των στοιχειωδών σωματιδίων που την αποτελούν (δεν έχει γίνει η σύνδεση πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου).

Συνήθως παρατηρείται:

- α) Η μη διατήρηση σταθερού του αριθμού των σωματιδίων πριν και μετά την θέρμανση (π.χ σε σχέδια μετά την θέρμανση βλέπουμε μια σφαίρα μεγαλύτερη και μέσα ζωγραφισμένα περισσότερα σωματίδια που ερμηνεύεται απλά – αφού είναι

μεγαλύτερη έχει περισσότερα – ή βλέπουμε λιγότερα σωματίδια που ερμηνεύεται απλά- αφού αραιώνουν-) (Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Παπαδημητρίου, 1999).

β) Ανομοιόμορφη κατανομή των σωματιδίων στο χώρο. (Ενώ αρχικά απεικονίζονται τα σωματίδια συγκεντρωμένα στο κέντρο της σφαίρας, μετά την θέρμανση μετατοπίζονται προς την περιφέρεια αφήνοντας κενό τον ενδιάμεσο χώρο) (Σταυρίδου, 1995).

Γ. Σχετικά με τις ιδέες των παιδιών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης όταν αυτή αλλάζει κατάσταση, και συγκεκριμένα για την τήξη, όπως αναφέρουν οι Driver, Squires et al. (2000), στην έρευνα των Osborne και Cosgrove (1983), οι οποίοι πήραν συνεντεύξεις από 43 Αυστραλούς/ες μαθητές και μαθήτριες ηλικίας 13 εως 17 ετών, διαπιστώθηκε ότι μόνο 8 από αυτούς/ες περιέγραψαν την τήξη του πάγου με όρους σωματιδιακής δομής.

Γενικότερα φαίνεται να επικρατεί η άποψη ότι η Θερμότητα κάνει τα σωματίδια να κινούνται μακριά το ένα από το άλλο και χρησιμοποιείται το μοντέλο «ο όγκος ουσίας αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας», που δεν εφαρμόζεται όμως στην περίπτωση του πάγου όπως ήδη αναφέρθηκε (Driver, Squires et al., 2000).

Δ. Σχετικά με τις ιδέες των παιδιών για τη σωματιδιακή δομή των υγρών, όπως αναφέρουν οι Driver, Squires et al. (2000), από έρευνες των Dow, Auld, et. al. (1978) σε μαθητές και μαθήτριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, φαίνεται να επικρατούν παρανοήσεις που απορρέουν κυρίως από την αντιμετώπιση της υγρής κατάστασης ως ενδιάμεσης μεταξύ της στερεάς και της αέριας. Το αποτέλεσμα είναι να έχουν τα παιδιά ιδέες που υπερεκτιμούν τον κενό χώρο μεταξύ των μορίων καθώς και την ταχύτητα των μορίων. Συχνά η ιδέα τους για την τυχαία κίνηση δεν περιλαμβάνει την ταχύτητα αλλά μόνο τη διεύθυνση. Επιπλέον περιμένουν ότι τα μόρια θα επιβραδυνθούν με την πάροδο του χρόνου. Σύμφωνα με αυτές τις απόψεις τα υγρά δεν θα έπρεπε να έχουν συγκεκριμένο όγκο και δεν εξηγείται επίσης η διαδικασία της εξάτμισης.

2.5 ΣΥΝΟΨΗ

Στη συνέχεια αναφέρουμε συνοπτικά κατά θέμα τα βασικά σημεία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικά με τις αντιλήψεις και τις δυσκολίες των παιδιών που αφορούν τις έννοιες 'Θερμότητα – Θερμοκρασία' και τα σωματιδιακά μοντέλα για τη δομή της ύλης.

Αντιλήψεις για τη Θερμότητα

Η Θερμότητα ως ουσία με υλικές ιδιότητες, η Θερμότητα ως ζέστη, η Θερμότητα ως κίνηση σωματιδίων.

Αντιλήψεις για τη θερμοκρασία

Η Θερμοκρασία ως φυσική ιδιότητα του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο ένα αντικείμενο, η Θερμοκρασία ως μέτρο του πόσο ζεστό ή κρύο αισθανόμαστε κάτι, η Θερμοκρασία ως εκτατική ιδιότητα των αντικειμένων και όχι ως εντατική.

Αντιλήψεις και δυσκολίες σχετικά με την διάκριση των εννοιών 'Θερμότητα – Θερμοκρασία'

Η Θερμότητα είναι ζεστή αλλά η Θερμοκρασία μπορεί να είναι κρύα και ζεστή, η έννοια της Θερμότητας ως αντίθετης του Κρύου (η Θερμότητα θεωρείται ως «υψηλές θερμοκρασίες» και το Κρύο ως «χαμηλές θερμοκρασίες»), η Θερμοκρασία αποτελεί το μέτρο μέτρησης της θερμότητας, η Θερμότητα ταυτίζεται με τη Θερμοκρασία, δυσκολίες στην αποδοχή της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης.

Μαθησιακές δυσκολίες σε σχέση με τα σωματιδιακά μοντέλα δομής της ύλης

Στην προσπάθεια ερμηνείας των φαινομένων της θερμικής διαστολής στερεού και αλλαγής φάσης με βάση τη σωματιδιακή δομή της ύλης διαφαίνεται σύγχυση μεταξύ της παρατηρούμενης πραγματικότητας και του μοντέλου. Στα μικροσκοπικά σωματίδια αποδίδονται συνήθως μακροσκοπικές ιδιότητες.

Σχετικά με τη διατήρηση της ύλης (μάζας) σε μια αλλαγή, τα παιδιά δεν την αντιλαμβάνονται όταν αποκτούν ατομική θεώρηση για την ύλη.

Σχετικά με την ερμηνεία της θερμικής διαστολής στερεού, αντιλαμβάνονται την αύξηση του όγκου ως αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των μορίων, δεν διατηρούν όμως σταθερό τον αριθμό των σωματιδίων πριν και μετά την θέρμανση. Επίσης η μάζα συγγέεται με τον όγκο.

Ιδιαίτερα δυσκολεύονται τα παιδιά να κατανοήσουν την ερμηνεία της αλλαγής φάσης και ειδικότερα της τήξης του πάγου σε μοριακό επίπεδο.

Οι δυσκολίες αυτές στην κατανόηση της λειτουργίας των σωματιδιακών μοντέλων καθώς και στη χρήση τους για την περιγραφή και ερμηνεία θερμικών φαινομένων, διαπιστώθηκε ότι είναι υπεύθυνες μεταξύ των άλλων και για τις παρανοήσεις που έχουν τα παιδιά σχετικά με τις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ» - Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ Τ.Π.Ε

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και σχολιάζονται αρχικά τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των παρεμβάσεων σχετικά με τις έννοιες ‘Θερμότητα – Θερμοκρασία’.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ερευνητικά δεδομένα για το ρόλο των νέων Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε) στην αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών σχετικά με τις δύο έννοιες.

Συνοψίζοντας τεκμηριώνεται η αναγκαιότητα της έρευνας που ακολουθεί.

3.1 ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ Τ.Π.Ε.

Α. Διδακτική παρέμβαση εποικοδομητικού τύπου σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε σε πρωτοετείς φοιτητές/ριες του Canterbury Christ Church University College στην Αγγλία, και είχε στόχο να κατανοήσουν οι φοιτητές/ριες την **έννοια κλειδί της Θερμικής ισορροπίας**, ώστε να μπορέσουν να διαφοροποιήσουν τη Θερμότητα από τη Θερμοκρασία (Carlton, 2000).

Για την επίτευξη του στόχου θα έπρεπε ειδικότερα:

ι) Να διακρίνουν οι φοιτητές/ριες τους όρους ροή Θερμότητας και Θερμότητα με ενεργειακή προσέγγιση. ιι) Να γίνει χρήση ορισμών σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο.

Η παρέμβαση έγινε σε δύο φάσεις: Στην 1^η φάση, οι φοιτητές/ριες χωρίστηκαν σε ομάδες και τους/ις ζητήθηκε να δώσουν ορισμούς για τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία και να αποφασίσουν αν είναι το ίδιο. Έτσι έγινε η αξιολόγηση της αρχικής κατάστασης των φοιτητών/ριών. Στις απαντήσεις εμφανίζονται εναλλακτικές ιδέες σύμφωνα με την βιβλιογραφία. Κατόπιν ζητήθηκε από τους/ις φοιτητές/ριες να ονομάσουν τις μονάδες μέτρησης για κάθε ποσότητα.

Μετά το δεύτερο ερώτημα πείστηκαν ότι πρέπει να υπάρχει διαφορά μεταξύ των εννοιών της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας.

Στη 2^η φάση, οι φοιτητές/ριες ενεπλάκησαν σε **σειρά δραστηριοτήτων** που, σε συνδυασμό με συζήτηση, είχαν σχεδιαστεί ώστε να προκαλέσουν καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης με συγκεκριμένο στόχο η κάθε μία.

Οι φοιτητές/ριες εκτέλεσαν **πειράματα και κατόπιν ακολούθουσε συζήτηση** σε θέματα όπως:

α) Η αίσθηση δεν είναι καλός τρόπος εξήγησης της Θερμοκρασίας (γνωστό πείραμα με νερό διαφορετικής θερμοκρασίας σε τρία διαφορετικά δοχεία, όπου ζητείται η περιγραφή της αίσθησης στο χέρι όταν τοποθετείται από την μία στην άλλη)

β) Μεταφορά Θερμότητας από θερμότερο σε ψυχρότερο σώμα και ότι οι θερμοκρασίες σωμάτων που βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον τελικά εξισώνονται, μέσω ανάλυσης των παρατηρήσεων τους σε καθημερινά φαινόμενα (π.χ. αν αφήσουν σε ένα δωμάτιο ένα κομμάτι πάγου για αρκετή ώρα θα λιώσει)

γ) Γιατί αισθανόμαστε διαφορετικά σώματα από διαφορετικά υλικά που έχουν την ίδια θερμοκρασία (μέσω επαφής με διάφορα υλικά και συζήτησης που οδηγεί σε εξήγηση με όρους ροής Θερμότητας)

δ) Θερμότητα και Θερμοκρασία. Θερμοκρασία ως μέτρο συγκέντρωσης Θερμότητας (Ζητήθηκε από τους/ις φοιτητές/ριες να εξετάσουν ένα πείραμα όπου το περιεχόμενο μίας κατσαρόλας γεμάτης με βραστό νερό χύνεται στη θάλασσα το χειμώνα, και να απαντήσουν σε ερωτήματα που αφορούν τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία της κατσαρόλας και της θάλασσας).

Συνδυάζοντας απαντήσεις αποδεικνύεται ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο πράγμα.

Αυτή η συζήτηση οδηγεί τους/ις σπουδαστές/ριες να διατυπώσουν την ιδέα ότι η Θερμοκρασία είναι ένα μέτρο της συγκέντρωσης της Θερμότητας.

ε) Θερμοκρασία και αλλαγή φάσης (πειραματίζονται, ερωτώνται και απαντούν πάνω στις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία, μείγματος πάγου και νερού σε δοχείο με ανοικτό στόμιο, που τοποθετείται σε δωμάτιο με Θερμοκρασία περίπου 21 °C).

Για να εξηγηθεί το φαινόμενο κατά το οποίο η παρεχόμενη Θερμότητα χρησιμοποιείται για την αλλαγή φάσης και όχι για την αλλαγή της Θερμοκρασίας **είναι απαραίτητο να γίνει συζήτηση για το τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο.**

Εδώ οι φοιτητές/ριες εισάγονται στην ιδέα της εσωτερικής ενέργειας του συστήματος. Με τη συζήτηση οι φοιτητές/ριες **πείθονται ότι Θερμότητα είναι η**

συνολική παρεχόμενη ενέργεια στο σύστημα και η Θερμοκρασία αναγνωρίζεται με τον μέσο όρο της κινητικής ενέργειας των μορίων. Η δυναμική ενέργεια δεν εκδηλώνεται σαν αλλαγή της Θερμοκρασίας και εκφράζεται με τον όρο «λανθάνουσα Θερμότητα».

Ο ερευνητής **συμπεραίνει ότι με τη ανταπόκριση των φοιτητών/ριων σε ερωτήσεις που προκαλούν ενδιαφέρον και με τη συζήτηση που ακολουθεί για την ερμηνεία πειραματικών γεγονότων, μπορεί να εκφραστεί η προηγούμενη εμπειρία τους και εκεί επάνω να οικοδομηθεί η επιστημονικά αποδεκτή γνώση για τις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας (Carlton, 2000).**

Στις δημοσιευμένες απόψεις του Kevin Carlton, στο Physics Education, σχετικά με τις προτάσεις του για τη διδασκαλία Θερμότητας και Θερμοκρασίας σε εισαγωγικό επίπεδο **ασκήθηκε κριτική**, καθόσον θεωρήθηκε ότι στην προσπάθεια απλοποίησης χρησιμοποιεί προβληματικό ορισμό για τη Θερμότητα (οδηγεί τους/ις φοιτητές/ριες στην ιδέα ότι η Θερμοκρασία είναι το μέτρο της συγκέντρωσης της Θερμότητας) και ότι θα μπορούσαν οι φοιτητές/ριες να μείνουν με την λανθασμένη εντύπωση ότι η Εσωτερική Ενέργεια και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο (Taber, 2000).

B. Πρόσφατα δηλώθηκε από τον Niaz (2000) η ιδέα ότι οι μαθητές αντιστέκονται στην εννοιολογική αλλαγή πέραν της καλορικής θεωρίας όπου η Θερμότητα θεωρείται ως ουσία, το οποίο ίσως είναι τμήμα του λεγόμενου «σκληρού πυρήνα» (negative heuristic, Lakatos, 1970), των επιστημολογικών αντιλήψεων των μαθητών/ριων. Οι ερευνητές Laburu & Niaz (2002), σχεδίασαν μελέτη με στόχο να αναλύσουν **τις αλληλεπιδράσεις μαθητών/ριων της δευτεροβάθμιας (επιχειρηματολογίες, διαμάχες, συγκρούσεις απόψεων)** καθώς συμμετέχουν ως ολόκληρη τάξη σε δραστηριότητα που σχεδιάστηκε για να διευκολύνει να κατανοήσουν την Θερμότητα και την Θερμοκρασία.

Το πλαίσιο της μελέτης βασίστηκε σε μια **διαλεκτική προσέγγιση**, δηλαδή, μία προσπάθεια να γίνει κατανοητή η πραγματικότητα μέσα σε ένα περιβάλλον πολλαπλών συσχετισμών.

Ως προϋπόθεση για εννοιολογική αλλαγή είναι να παρέχονται στους/ις μαθητές/ριες απόψεις που έρχονται σε αντίφαση με το προηγούμενο σκεπτικό τους. Αυτό βασίζεται σε έναν ισχυρισμό του Lakatos ότι η Ιστορία των Φυσικών

επιστημών είναι ιστορία ανταγωνιστικών ερευνητικών προγραμμάτων (Lakatos, 1970).

Το δείγμα αποτέλεσαν 32 μαθητές/ριες –μία ολόκληρη τάξη- 9^{ης} βαθμίδας (3^{ης} Γυμνασίου, ηλικιών 16-18), από δημόσιο σχολείο στη Londrina της Βραζιλίας.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε :

Ως τμήμα μαθημάτων Φυσικής, στην πρώτη ώρα, οι μαθητές/ριες παρακολούθησαν επίδειξη από τον εκπαιδευτικό, βασισμένη σε πείραμα με νερό που θερμαίνεται όπου παρατήρησαν πώς αυξάνεται η Θερμοκρασία μέχρι να επιτευχθεί το σημείο βρασμού.

Στο δεύτερο μάθημα οι μαθητές/ριες είδαν μία διδακτική, ενημερωτική ταινία, βασισμένη στις έννοιες Θερμότητας και Θερμοκρασίας.

Στο τρίτο μάθημα οι μαθητές/ριες ενθαρρυνθήκαν να συζητήσουν την διαφορά Θερμότητας – Θερμοκρασίας και **βιντεοσκοπήθηκαν**.

Για να αναλυθούν οι μεταξύ μαθητών/ριων και οι μεταξύ μαθητή/ριας-δασκάλου αλληλεπιδράσεις προτάθηκε πλαίσιο τριών δοκιμαστικών μοντέλων.

Alternative model (AM), Transitory Model (TM), Scientific Model (SM).

Οι ερευνητές συμπεραίνουν:

- Επεξεργαζόμενοι το AM, οι μαθητές/ριες εκφράζουν εναλλακτικές απόψεις για τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία σύμφωνες με τη βιβλιογραφία. Οι προσπάθειες να διευκολυνθεί η εννοιολογική αλλαγή μέσω γνωστικών συγκρούσεων βρίσκει εμπόδιο από την προστασία του σκληρού πυρήνα μέσω βοηθητικών υποθέσεων. Στο TM, υπάρχει μία σημαντική αλλαγή καθώς κάποιοι μαθητές/ριες ήταν ικανοί/ες να αναρωτηθούν για τον σκληρό πυρήνα των αντιλήψεών τους. Στο SM, φαίνεται ότι κάποιοι/ες μαθητές/ριες μέσω ευρύτερης προοδευτικής μετάβασης κατάφεραν να οικοδομήσουν ένα επιστημονικό μοντέλο.

- **Δίνοντας την ευκαιρία στους/ις μαθητές/ριες να συζητούν, να εκφράζουν να εξετάζουν εναλλακτικές/συγκρουσιακές καταστάσεις, μπορούν να οικοδομήσουν μοντέλα τα οποία αυξάνουν προοδευτικά την επεξηγηματική ισχύ τους (Laburu & Niaz, 2002).**

Γ. Διδακτική παρέμβαση σε μαθητές ηλικίας 17-18 ετών (5 αγόρια μιάς τάξης νέου ανεξάρτητου σχολείου της Δυτικής Αυστραλίας) σχεδιάστηκε από τους ερευνητές Harrison, Grayson & Treagust (1999), στα πλαίσια έρευνάς τους με στόχο τη διαφοροποίηση των εννοιών Θερμότητα – Θερμοκρασία.

Με αφετηρία τις θέσεις του Ausubel η διδασκαλία χρησιμοποίησε μια διερευνητική προσέγγιση σε συνδυασμό με στρατηγικές αντικατάστασης εννοιών που σκόπευαν στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών. Κατά τη διδασκαλία αναγνωρίζονται και ενισχύονται οι επιστημονικά ορθές όψεις των αντιλήψεων των μαθητών/ριων, που χρησιμοποιούνται ως βάση για τον ανασχηματισμό των λανθασμένων όψεων των αντιλήψεών τους. Δίνεται ιδιαίτερο βάρος στη συζήτηση διδάσκοντα και μαθητών.

Η παρέμβαση ήταν 40 διδακτικές ώρες, διήρκησε πάνω από 8 εβδομάδες και για τη διδασκαλία των εννοιών χρησιμοποιήθηκε το βιβλίο *Physics by Inquiry* (Mc Dermott, 1996).

Αρχικά δόθηκε τεστ στους μαθητές για να αναγνωριστούν οι αντιλήψεις τους για τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία. Ακολούθησαν οι διδασκαλίες.

Κατά τις διδασκαλίες αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να εξετάσουν μία ποικιλία υλικών σε διαφορετικές Θερμοκρασίες χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις τους και τα Θερμόμετρα για να συνθέσουν ένα «λειτουργικό ορισμό» για τη Θερμοκρασία. Στη συνέχεια εισάχθηκαν από τον διδάσκοντα οι έννοιες της Θερμικής αλληλεπίδρασης και της Θερμικής ισορροπίας. Τα στάδια της διδακτικής προσέγγισης ήταν: ι) Καταγραφή των αρχικών αντιλήψεων με ερωτηματολόγιο, ιι) Με χρήση της στρατηγικής της αντικατάστασης εννοιών, ενισχύεται η διαφοροποίηση των εννοιών Θερμότητα – Θερμοκρασία, ιιι) Συνεχίζεται η διαφοροποίηση των εννοιών, ιιιι) Περαιτέρω αλλαγές στη διαφοροποίηση των εννοιών, ιιιιι) Σκέψεις πάνω στις αρχικές αντιλήψεις και ιιιιιι) Σταθεροποίηση των νέων αντιλήψεων και τρόπων συλλογισμού με εφαρμογές σε νέες καταστάσεις.

Τα ποιοτικά δεδομένα αποτελούμενα από μαγνητοφωνήσεις όλων των συζητήσεων στις τάξεις, τους φακέλους των μαθητών που περιείχαν όλη τη γραπτή τους εργασία και τις παρατηρήσεις και τις σκέψεις του δασκάλου/ερευνητή, συγκεντρώθηκαν και ερμηνεύτηκαν για να δημιουργήσουν μία μελέτη περίπτωσης για έναν μαθητή που ονομαζόταν Ken.

Μετά από διδασκαλία 4 εβδομάδων και στο τέλος των 8 εβδομάδων οι μαθητές σχεδίασαν εννοιολογικούς χάρτες. Μελετήθηκαν αναλυτικά τα σχόλια του μαθητή

Κεν κατά τη διάρκεια των συζητήσεων στις διδασκαλίες, καθώς και οι χάρτες που κατασκεύασε, για να εκτιμηθεί η εννοιολογική αλλαγή.

Οι ερευνητές συμπεραίνουν, ότι η χρήση των pretests και η προσεκτική σχεδίαση ερευνών, ερωτήσεων και συζητήσεων χρησιμοποιώντας εννοιολογική αντικατάσταση έκαναν ικανό τον Κεν να αναδομήσει τις εναλλακτικές του ιδέες. Παρόλο αυτά η ακριβής φύση της εννοιολογικής αναδόμησης δεν είναι καθαρή (Harrison et al., 1999).

Δ. Εναλλακτική προσέγγιση στη διδασκαλία της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας σε εισαγωγικό επίπεδο σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε από δύο πανεπιστημιακούς εκπαιδευτικούς και από δύο εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας στην Πορτογαλία (Thomaz, Malaquias, et al., 1995).

Η διδακτική διαδικασία περιελάμβανε τρεις φάσεις:

1η φάση : Ενημέρωση των δύο εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας, (πήγαν στο πανεπιστήμιο-University of Aveiro, Portugal) στο θέμα των εναλλακτικών ιδεών και την εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία.

2^η φάση (1991/92), και πριν την τυπική διδασκαλία στα σχετικά φαινόμενα, ένα **pretest** για τις ιδέες των μαθητών/ριων σχεδιάστηκε και δόθηκε σε 92 μαθητές/ριες (9^{ης} βαθμίδας, 14-15 ετών), 79 από τις τάξεις των συγκεκριμένων εκπαιδευτικών (**πειραματική ομάδα**) και 13 από κάποια άλλη τάξη εκπαιδευτικού που δεν συμμετείχε στην έρευνα (**ομάδα ελέγχου**).

Στη συνέχεια **εφαρμόστηκε το μοντέλο** από τους/ις εκπαιδευτικούς στις τάξεις τους.

Εν τω μεταξύ ένα **posttest** σχεδιάστηκε με τα ίδια αντικείμενα με το αρχικό, με σκοπό να δοθεί στο τέλος της παρέμβασης.

Δέκα μαθήματα από κάθε εκπαιδευτικό βιντεοσκοπήθηκαν και αναλύθηκαν.

Αυτή η πρώτη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ως πιλοτική αλλά και ως εκπαιδευτική περίοδος για τους/ις εκπαιδευτικούς που πρώτη φορά ενεργούσαν ως ερευνητές/ριες.

Στην **3^η φάση,** το επόμενο έτος (1992/93), πραγματοποιήθηκε ένας **νέος κύκλος,** με μερικές τροποποιήσεις βασισμένος στα ευρήματα της πρώτης εφαρμογής.

Το συγκεκριμένο μοντέλο, βασίστηκε στην **εποικοδομητική προσέγγιση.**

Στόχος ήταν η κατανόηση της κεντρικής έννοιας της Θερμικής ισορροπίας που μπορεί να οδηγήσει στην διαφοροποίηση Θερμότητας – Θερμοκρασίας.

Το πλαίσιο αυτού του μοντέλου διδασκαλίας με σκοπό την **προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής** βασίστηκε στο **μοντέλο ανάπτυξης της διαδικασίας αποδοχής των νέων ιδεών με τα 5 στάδια, του Roger's** (Thomaz & Gilbert, 1989). Στο μοντέλο σημαντικός είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού να δημιουργήσει ευκαιρίες που να προωθούν την εξέλιξη των διαφορετικών σταδίων.

✓ 1^ο στάδιο (Ενημέρωση)

ΒΗΜΑ 1^ο : Ενημέρωση των μαθητών/ριών για τις **ιδέες τους** σχετικά με τις αισθήσεις και τη Θερμοκρασία.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ : (Πειραματικές). Μετά από άγγιγμα διαφορετικών αντικειμένων στο δωμάτιο, ακολουθεί συζήτηση για την αίσθηση που δίνεται, και ζητείται από τους/ις μαθητές/ριες να δώσουν τις ιδέες τους για την Θερμοκρασία κάθε αντικειμένου.

ΒΗΜΑ 2^ο : Έκθεση σε καταστάσεις που δημιουργούν **συγκρούσεις**.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ: (Πειραματικές). Οι μαθητές/ριες μετρούν με θερμόμετρα την Θερμοκρασία επιλεγμένων αντικειμένων. Ακολουθεί συζήτηση.

2^ο στάδιο : (Πρόκληση ενδιαφέροντος)

Οι μαθητές/ριες μέσα από τις **συγκρουσιακές καταστάσεις** του προηγούμενου σταδίου προκαλούνται να **αναζητήσουν νέες πληροφορίες σχετικά με την θερμότητα και την θερμοκρασία**.

ΒΗΜΑ 3^ο : **Κατανόηση της Θερμοκρασίας** με μικροσκοπικούς όρους.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ: (Πειραματικές). Αποτελέσματα θέρμανσης αέρα που περιέχεται σε έναν σωλήνα (στον όγκο και την πίεση). Θα ήταν πιο κατάλληλο ένα **δυναμικό μοντέλο**.

ΒΗΜΑ 4^ο : **Κατανόηση της Θερμότητας** ως μεταφορά ενέργειας σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Δίνεται ο ορισμός της Θερμότητας, ως η ενέργεια που μεταφέρεται μεταξύ αντικειμένων που βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους ή έρχονται σε επαφή μέσω άλλου μέσου, μέχρι να επιτευχθεί Θερμική Ισορροπία.

✓ **3^ο στάδιο: (Αξιολόγηση, αποτίμηση)**

ΒΗΜΑ 5^ο: Ερμηνεία της Θερμικής Ισορροπίας, με χρήση των δύο νέων εννοιών της Θερμότητας και Θερμοκρασίας, σε ένα πλαίσιο καθημερινότητας.

✓ **4^ο στάδιο: (Δοκιμή)**

ΒΗΜΑ 6^ο: Εδώ εισάγεται και η έννοια της **Θερμικής Αγωγιμότητας** (μέσω πειραμάτων) σαν μία αναγκαιότητα να εξηγηθεί γιατί διαφορετικές αισθήσεις δεν σημαίνουν διαφορετικές θερμοκρασίες.

ΒΗΜΑ 7^ο: Ενίσχυση της διάκρισης μεταξύ Θερμότητας και Θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας την ερμηνεία αλλαγών φάσης (Πειράματα).

✓ **5^ο στάδιο : (Υιοθέτηση νέων ιδεών)**

Εδώ φαίνεται ότι έχει συμβεί εννοιολογική αλλαγή.

ΒΗΜΑ 8^ο: Πειράματα όπου να περιλαμβάνεται η ποσοτικοποίηση των μεταβλητών Θερμότητας- Θερμοκρασίας.

ΒΗΜΑ 9^ο: Συζητήσεις, επίλυση προβλημάτων, τεστ, κ.λπ., μπορούν να προωθήσουν τη γενίκευση των εννοιών και την εκτίμηση του εύρους εφαρμογής τους.

Οι ερευνητές συμπεραίνουν :

α) Η τυπική διδασκαλία αφήνει πολλές εναλλακτικές ιδέες ανεπηρέαστες ή ενισχύει κάποιες από αυτές, όπως «Η Θερμοκρασία είναι κάτι που μπορεί να μεταφερθεί», «Η Θερμοκρασία είναι το μέτρο της Θερμότητας», «Η Θερμότητα είναι μία αίσθηση»

β) Μετά τη διδασκαλία, στις πειραματικές ομάδες αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό των μαθητών/ριων που οικοδομούν έννοιες επιστημονικά αποδεκτές, αλλά ωστόσο σημαντικά ποσοστά των μαθητών/ριων εξακολουθούν να έχουν ακόμα και μετά τις διδασκαλίες κάποιες από αυτές τις εναλλακτικές αντιλήψεις. Στις ομάδες ελέγχου, το ποσοστό αλλάζει ελάχιστα ή καθόλου.

Ε. Στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σχεδιάστηκε και οργανώθηκε μία καινοτομική μέθοδος στηριγμένη στην εποικοδομητική θεωρία για τη διδασκαλία και τη μάθηση, για την οικοδόμηση των εννοιών της Θερμότητας και της θερμοκρασίας από φοιτητές/τριες – υποψηφίους δασκάλους (Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Χρηστίδης, 1999). Η μέθοδος συνίσταται στον συνδυασμό της

διδασκαλίας έρευνας, για τη διερεύνηση και λήψη υπόψη των αρχικών ιδεών και αντιλήψεων των φοιτητών/τριών, με τη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης των εννοιών, προκειμένου να σχεδιαστεί και να πραγματοποιηθεί μία κατάλληλη **διδασκαλική παρέμβαση**. Η διάρκεια της παρέμβασης είναι **εξι ώρες** και αποτελείται από δύο στάδια. Το **πρώτο στάδιο** (τρεις πρώτες ώρες) **είναι αφιερωμένο σε μία πειραματική διαδικασία εποικοδομητικού τύπου**, που έχει ως στόχο, με την ενεργό εμπλοκή τους οι φοιτητές/ριες: α) να οικοδομήσουν προοδευτικά τη σημασία της έννοιας της Θερμότητας διατυπώνοντας διαφορετικούς ορισμούς μέσα από πειράματα μεταφοράς θερμότητας, θερμικής διαστολής και αλλαγής φάσης, και με την εισαγωγή απλού σωματιδιακού μοντέλου να μπορέσουν να ερμηνεύσουν θερμικά φαινόμενα, διαμορφώνοντας ένα εννοιολογικό δίκτυο για τη Θερμότητα, β) να οικοδομήσουν την έννοια της Θερμοκρασίας διαμορφώνοντας ένα κατάλληλο εννοιολογικό δίκτυο για την έννοια αυτή και να τη συνδέσουν με την κατασκευή και λειτουργία του Θερμομέτρου. Το **δεύτερο στάδιο** (οι τρεις επόμενες ώρες) **είναι αφιερωμένο σε μία θεωρητική προσέγγιση της ιστορικής εξέλιξης των εννοιών της Θερμότητας και της θερμοκρασίας, με αναφορές στα ιστορικά πειράματα των Black και Joule**, που βοηθούν να διευκρινίσουν οι φοιτητές/ριες τις εννοιολογικές και πρακτικές δυσκολίες που συνάντησαν οι επιστήμονες του παρελθόντος, προκειμένου να διακρίνουν τις δύο έννοιες και να τις συνδέσουν με άλλες επιστημονικές έννοιες όπως η ενέργεια, διαμορφώνοντας ένα κατάλληλο εννοιολογικό δίκτυο για τις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία – Ενέργεια. Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της διδασκαλικής παρέμβασης κρίθηκαν πολύ ικανοποιητικά, τόσο από άποψη γνωστική όσο και από άποψη ανάπτυξης θετικών στάσεων απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

3.2 ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΤΑΞΗ ΤΩΝ Τ.Π.Ε

Για τη μελέτη πολλών φυσικών φαινομένων μεταξύ των οποίων και τα θερμικά, οι Τ.Π.Ε έχουν χρησιμοποιηθεί με τη μορφή Multimedia Supported Predict – Observe – Explain (POE) (Kearney, Treagust et al., 2001), με τη μορφή MBL (Microcomputer-based Laboratory/Εργαστήριο βασισμένο σε μικροϋπολογιστή) (Russel, Lukas et al., 2003) και με τη μορφή της τεχνολογίας των πολυμέσων όπου αξιοποιούνται οι δυνατότητες του υπολογιστή για προσομοιώσεις και μοντελοποιήσεις φαινομένων και καταστάσεων που αδυνατούμε να πετύχουμε με τα παραδοσιακά μέσα (νοητικά

πειράματα, εικονικά εργαστήρια, κατάλληλα σχεδιασμένα λογισμικά εποικοδομητικού τύπου) (Σολομωνίδου, 2001, Δαπόντες & Ραβάνης, 2003).

Στις παρεμβάσεις που αναλύουμε στη συνέχεια οι Τ.Π.Ε. έχουν ενταχθεί με τη μορφή της τεχνολογίας των πολυμέσων.

Α. Έρευνα στην Αμερική από τις Wisser και Amin (2001) είχε κύριο στόχο την τεκμηρίωση της διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής που συμβαίνει όταν οι μαθητές μαθαίνουν Θερμικά φαινόμενα. Η έρευνα επικεντρώθηκε στον **ειδικό ρόλο της μεταεννοιολογικής διδασκαλίας στην πρόκληση οντολογικής αλλαγής στα Θερμικά Φαινόμενα.**

Θεωρείται ότι η **μεταεννοιολογική διδασκαλία**, η οποία σχετίζεται με το γεγονός ότι μαθητές/ριες και επιστήμονες μπορεί να χρησιμοποιούν τους ίδιους όρους για διαφορετικές εννοιολογικές αναφορές και ότι οι επιστημονικές έννοιες μπορούν να κατευθύνουν τις καθημερινές, βοηθά στην πραγματοποίηση της στοχευμένης οντολογικής αλλαγής. Οι ερευνήτριες πιστεύουν ότι όταν οι μαθητές/ριες αντιληφθούν τις δύο γλώσσες και τα εννοιολογικά τους πλαίσια, με την προσέγγιση «δύο γλώσσες/ενοποίηση», μπορούν να προσεγγίσουν τη μάθηση ως ένα ερμηνευτικό και εποικοδομητικό έργο, παρά ως προσθήκη στις προϋπάρχουσες έννοιες, δηλ. ως αναδόμηση παρά ως εμπλουτισμό (Wisser, Amin, 2001).

Η διδακτική παρέμβαση σε δείγμα 4 μαθητών/ριων (τρία αγόρια, ένα κορίτσι), που μόλις τελείωσαν την 8^η βαθμίδα (Β΄ Γυμνασίου αντίστοιχα στην Ελλάδα) διήρκησε πάνω από 5 εβδομάδες, με την εθελοντική και επί πληρωμή συμμετοχή των μαθητών/ριών σε διδασκαλίες στο εργαστήριο για 2 περίπου πρωινές ώρες αρκετές φορές στην εβδομάδα. Η συλλογή δεδομένων έγινε με εκτεταμένες προσωπικές συνεντεύξεις πριν, αμέσως μετά και 6 μήνες μετά την κάθε φάση διδασκαλίας. Μικρές προσωπικές συνεντεύξεις έγιναν σε διαφορετικές στιγμές της έρευνας. Οι περίοδοι διδασκαλίας/μάθησης μαγνητοφωνήθηκαν ή βιντεοσκοπήθηκαν και κατόπιν αναλύθηκαν. Η διδασκαλία διαιρέθηκε σε τρεις φάσεις :

1^η φάση - Προ-μεταεννοιολογική περίοδος

(Χωρίς χρήση της προσέγγισης «δύο γλώσσες/ενοποίηση»).

1. Πριν την εισαγωγή της Μοριακής κινητικής Θεωρίας. Γίνονται 4 μαθήματα, ελεύθερης και καθοδηγούμενης εξερεύνησης μοντέλων στον Η/Υ στο πλαίσιο

αντικειμένων θερμαινόμενων σε μάτι κουζίνας, σε προσομοίωση.

2. Ακολουθεί η διδασκαλία της Κινητικής Μοριακής Θεωρίας.

2^η φάση - Μεταεγνωσιολογική περίοδος

Διεκπεραιώνεται ξεκάθαρα η ύπαρξη των δυο γλωσσών/εγνωσιολογικών πλαισίων.

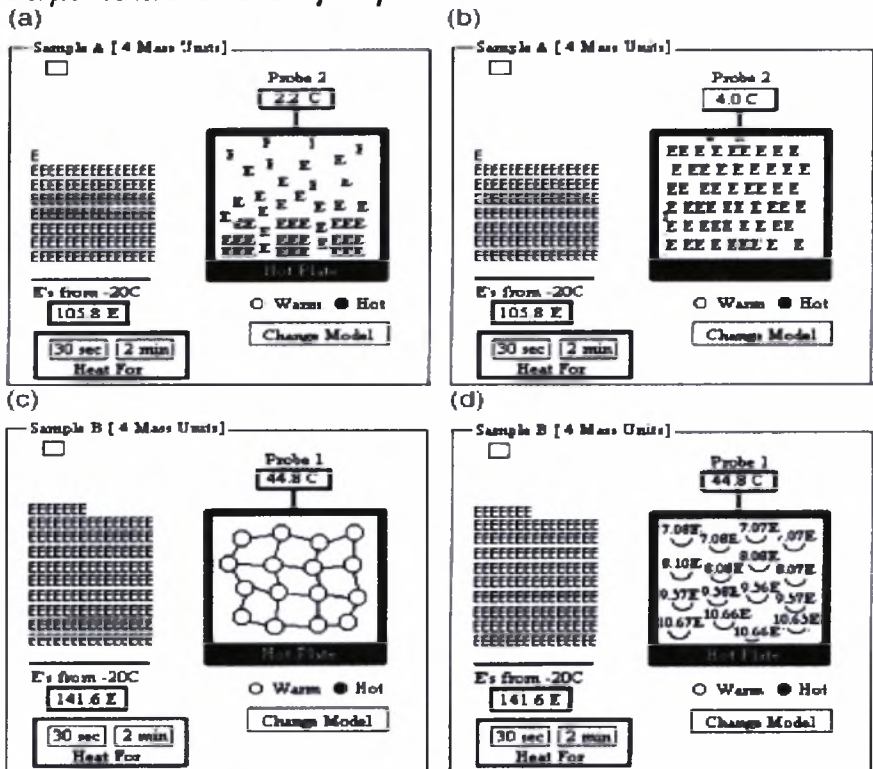
Στα πλαίσια της μεταεγνωσιολογικής διδασκαλίας της Θερμοκρασίας ο δάσκαλος εξηγεί με βάση την φυσιολογία ότι η αίσθηση του ζεστού ή του κρύου είναι το αποτέλεσμα του σήματος που δέχεται ο εγκέφαλός μας.

Η επιστημονική άποψη παρουσιάζεται μέσω των μοντέλων στον υπολογιστή όπου η Θερμοκρασία σχετίζεται με την κινητική ενέργεια του μορίου, αποτελεί δε **εντατική μεταβλητή** που χαρακτηρίζει την κατάσταση ενός αντικειμένου σε δεδομένη στιγμή.

Η μεταεγνωσιολογική διδασκαλία της Θερμότητας περιλαμβάνει μαθήματα όπου αναγνωρίζονται μέσω συζήτησης και παραδειγμάτων οι δύο διαφορετικές σημασίες που δίνονται στον όρο Θερμότητα στην καθημερινή πρακτική και από την επιστήμη. ($Heat_E$ (every day), $Heats_S$ (science)). Κατόπιν τοποθετείται εκ νέου η κινητική θεωρία για την Θερμότητα.

3^η φάση - Μετά- μεταεγνωσιολογική περίοδος όπου συνεχίστηκε η ύλη της διδασκαλίας.

Τα μοντέλα στον υπολογιστή:



Οι ερευνήτριες συμπεραίνουν ότι η μεταενοιολογική διδασκαλία επιτρέπει στους μαθητές/ριες να διαφοροποιήσουν τη Θερμότητα ως εκτατική ποσότητα και την θερμοκρασία ως εντατική ποσότητα καθώς και ότι είναι επιτυχής η χρήση της κινητικής θεωρίας των μορίων σε προσομοίωση (Wiser & Amin, 2001).

Β. Διατυπώθηκε διδακτική πρόταση με στόχο την κατανόηση της Θερμικής Ισορροπίας από μαθητές/ριες της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνιάδου, Λεύκος, Χαζηκρανιώτης & Ψύλλος, 2002). Βασικό εργαλείο για τη διδακτική προσέγγιση αποτέλεσε το «**εικονικό εργαστήριο θερμότητας**» που αποτελεί μέρος του πολυμεσικού λογισμικού Σ.Ε.Π., (Ψύλλος, Αργυράκης, κ.ά., 2000), καθώς και ειδικά Φύλλα Εργασίας.



Η διδακτική παρέμβαση έγινε στην αρχή της σχολικής χρονιάς και προηγήθηκε της διδασκαλίας του κεφαλαίου της θερμότητας.

Η διδασκαλία της θερμικής ισορροπίας διήρκησε 2 διδακτικές ώρες. Οι μαθητές/ριες ανά δύο χρησιμοποιούν ειδικό Φύλλο Εργασίας. Για το σχεδιασμό του χρησιμοποιήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών/ριων για την Θερμική ισορροπία, όπως αυτές περιγράφονται στα 3 μοντέλα σκέψης των μαθητών (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2000). Περιλαμβάνει δύο δραστηριότητες. Στην πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές/ριες μελέτησαν με τη βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου το φαινόμενο όπου ένα σώμα αφήνεται ελεύθερα να αλληλεπιδράσει με το περιβάλλον. Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές/ριες μελέτησαν τις θερμικές αλληλεπιδράσεις ενός κλειστού συστήματος σωμάτων και στη συνέχεια ενός ανοιχτού.

Η έρευνα:

Αφού έγινε η εξοικείωση με το λογισμικό 60 μαθητών/ριών στη συνέχεια και **πριν τη διδασκαλία**, διανεμήθηκε αρχικό ερωτηματολόγιο (**pre-test**) με στόχο τον έλεγχο των ιδεών των μαθητών/ριων σε φαινόμενα θερμικής ισορροπίας. Από την επεξεργασία των απαντήσεων των 60 μαθητών/ριών, επιλέχθηκαν **6 μαθητές/ριες** στους/ις οποίους/ες εμφανίζονται πιο ξεκάθαρα τα 3 μοντέλα σκέψης. Με ατομική ημι-δομημένη συνέντευξη με καθένα από τα παιδιά, εγκυροποιήθηκε η ταξινόμησή τους στα μοντέλα. Στη συνέχεια οι **μαθητές/ριες οργανώνονται σε τρεις διμελείς ομάδες**, μια ομάδα έχει μαθητές/ριες από το 1^ο μοντέλο, μια από το 2^ο και μια μεικτή, όπου ένας μαθητής ή μία μαθήτρια ανήκει στο 1^ο και ένας ή μία στο 2^ο μοντέλο. **Η όλη εργασία κάθε ομάδας κατά τη διδασκαλία μαγνητοσκοπήθηκε**, με σκοπό να γίνει ανάλυση των βημάτων που ακολούθησε κάθε μαθητής σε συγκεκριμένα σημεία, οποία αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα βήματα του Φ.Ε.

Δυο εβδομάδες μετά από την διδασκαλία ζητήθηκε από τους 6 μαθητές/ριες της έρευνας να απαντήσουν στις ερωτήσεις ενός **post –test**. Αυτό περιείχε έργα παρόμοια με αυτά του pre-test, με στόχο τον έλεγχο της διατήρησης των απόψεων που διαμόρφωσαν κατά τη διδασκαλία.

Στη συνέχεια έγινε μελέτη των περιπτώσεων δύο μαθητών.

Συμπεράσματα:

Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του λογισμικού φαίνεται αποδοτική στο πλαίσιο δομημένης ακολουθίας δραστηριοτήτων, που αποτέλεσε το έναυσμα τόσο για την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, όσο και με τον καθηγητή, του οποίου ο ρόλος αποδεικνύεται ισχυρός στην προώθηση της αλλαγής των απόψεών τους.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή δείχνουν ότι είναι δυνατή η εφαρμογή της διδακτικής πρότασης, σε μαθητές που εκκινούν από διαφορετικά αρχικά νοητικά μοντέλα πιο πρώιμα η πιο προχωρημένα.

Γ. Ενδιαφέρον παρουσιάζει διδακτική παρέμβαση στη διδασκαλία της Φυσικής στην **Έκτη τάξη Δημοτικού Σχολείου**, με τη **χρήση του λογισμικού Web Knowledge Forum (WebKF)**, το οποίο διαθέτει νέες δυνατότητες ώστε να υποστηρίζονται οι στόχοι που θέτει η Κοινωνία της Πληροφορίας (Κόλλιας, Βλασσά, Μαμαλούγκος & Βοσνιάδου, 2000).

Το περιβάλλον μάθησης πραγματοποιήθηκε, το σχολ. ετος 1999-2000, στα Ιδιωτικά Εκπαιδευτήρια Γείτονα στη Βάρη Αττικής που χαρακτηρίζονται από την πολύ καλή

υποδομή σε τεχνικό εξοπλισμό. Στην παρέμβαση που σχεδιάστηκε συμμετείχαν 5 τμήματα της Έκτης δημοτικού και αναλύθηκαν ιδιαίτερα δεδομένα απο δύο τμήματα. Η θεματολογία ήταν η κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος κεντρικής Θέρμανσης. Στο θέμα εμπλέκονται σημαντικές έννοιες της Φυσικής όπως η Θερμότητα και η Θερμοκρασία, καθώς και ζητήματα που αφορούν στην αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας ενός μηχανισμού. Το κάθε τμήμα ήταν χωρισμένο σε δύο γειτονικές αίθουσες υπολογιστών και η διδασκαλία γινόταν από το εκπαιδευτικό της τάξης και έναν ερευνητή.

Η παρέμβαση είχε **τέσσερις φάσεις**:

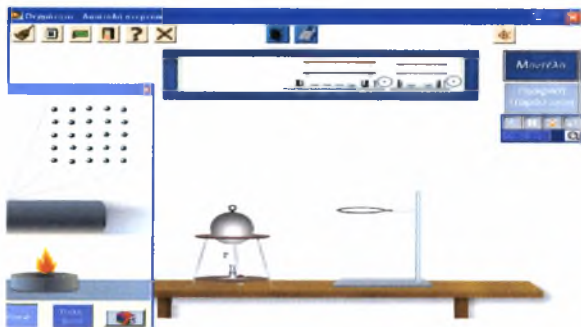
- Εξοικείωση των μαθητών/ριών με το λογισμικό μέσω της κοινής λύσης ενός γρίφου.
- Έναρξη της συζήτησης από τον ερευνητή με την υποβολή μίας ερώτησης στον υπολογιστή. Ακολουθεί συζήτηση των μαθητών/ριων (σε δυάδες) μέσω του υπολογιστή.
- Οι μαθητές/ριες σε ομάδες των έξι ετοιμάζουν μία συνολική παρουσίαση, σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, χρησιμοποιώντας κείμενο και σχέδιο.
- Οι μαθητές/ριες παρουσιάζουν τις εργασίες τους.

Το περιβάλλον μάθησης μελετήθηκε μέσω της χρήσης των παρακάτω εργαλείων:

Βάση δεδομένων (Ανάλυση του περιεχομένου και ανάλυση των αλληλεπιδράσεων των μαθητών/ριων με τη χρήση του λογισμικού analytic Toolkit), ανάλυση εθνογραφικών παρατηρήσεων και μαγνητοφωνήσεων, μεταγνωσιακό ερωτηματολόγιο.

Η αξιολόγηση των παρεμβάσεων έδειξε ότι οι περισσότεροι/ες μαθητές/ριες ανταπεξήλθαν με επιτυχία στα διαφορετικά συνεργατικά περιβάλλοντα. Διαπιστώθηκε ωστόσο δυσκολία βαθιάς αλλαγής στην κατανόηση εννοιών Θερμότητα-Θερμοκρασία. Τονίζεται δε η αναγκαιότητα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις κοινωνιογνωσιακές συνιστώσες της μάθησης και της διδασκαλίας.

Δ. Η ομάδα Σταυρίδου, Σολομωνίδου, Σαμαράκου, Γρηγοριάδου, Μητρόπουλος, Ρηγούτσος (2000) ανέπτυξε το εκπαιδευτικό λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», για τις τάξεις Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου, με θεματικές ενότητες: Μηχανική, Ανάκλαση, Θερμότητα, Ηλεκτρισμός, Μοντέλα & Ατομα.



Εικονικό πείραμα θέρμανσης μεταλλικής σφαίρας

Για το σχεδιασμό της ενότητας «Θερμότητα», που μας ενδιαφέρει σ' αυτήν την εργασία, ελήφθησαν υπόψη οι μαθησιακές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν για το θέμα αυτό μαθητές/ριες του Γυμνασίου, και ιδιαίτερα όσον αφορά στην κατανόηση των μοντέλων δομής της ύλης και της σωματιδιακής φύσης της ύλης. Το περιβάλλον εργασίας προσομοιώνει ένα εργαστήριο Θερμότητας, όπου ο/η μαθητής/ρια μπορεί να εκτελέσει πειράματα σχετικά με την διαστολή των στερεών, υγρών ή αερίων, καθώς και πειράματα αλλαγής φάσης του νερού. Μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες, ο/η μαθητής/ρια μπορεί να επαληθεύσει τις προβλέψεις του/ης, να ελέγξει τις ιδέες του και να μάθει τις νέες έννοιες μέσα από την μελέτη πολλαπλών αναπαραστάσεων κάθε φαινομένου. Για το σκοπό αυτό, για την καλύτερη κατανόηση της ερμηνείας του φαινομένου, παρέχεται στο μαθητή/ρια η δυνατότητα να παρατηρεί σε ξεχωριστό παράθυρο το σχετικό μοντέλο, όπου δίνεται έμφαση στη σωματιδιακή φύση της ύλης και στην επίδραση της θερμοκρασίας στις κινήσεις των μορίων. Μία πρώτη αξιολόγηση του λογισμικού είχε θετικά αποτελέσματα.

Αφετηρία για τη σχεδίαση της ενότητας αυτής αποτέλεσε το το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» για τη διδασκαλία μοντέλων της δομής της ύλης στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο (Σταυρίδου, 1999), στο οποίο γίνεται συστηματική διερεύνηση των ιδεών των παιδιών σε σχέση με τη διαστολή στερεών – υγρών – αερίων στο μικροσκοπικό και το μακροσκοπικό επίπεδο, και καθοδήγησή τους στη διαδικασία μοντελοποίησης, με τη συστηματική παρουσίαση και εφαρμογή

του προτεινόμενου σωματιδιακού μοντέλου για την περιγραφή και εξήγηση των σχετικών φαινομένων.

3.3 ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ - ΣΧΟΛΙΑ

Από τη μελέτη των διδακτικών παρεμβάσεων διαπιστώθηκε ότι:

- i) Είναι όλες εποικοδομητικού τύπου.
- ii) Οι εναλλακτικές αντιλήψεις για τις έννοιες ‘Θερμότητα – Θερμοκρασία’ είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές, εφόσον παρατηρείται κάποιες από αυτές να διατηρούνται σε σημαντικά ποσοστά παιδιών ακόμα και μετά τις παρεμβάσεις αυτού του τύπου (Thomaz et al., 1995).
- iii) Για την κατανόηση των εννοιών της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας είναι απαραίτητη η εμπλοκή των παιδιών με δραστηριότητες μελέτης θερμικών φαινομένων όπως η αλλαγή φάσης όπου βέβαια απαιτείται η κατανόηση του τι συμβαίνει σε σωματιδιακό επίπεδο (Driver, et al., 1993, Carlton, 2000, Wiser & Amin, 2001).
- iv) Θεωρείται δε ότι το σωματιδιακό μοντέλο δομής της ύλης περιγράφει ικανοποιητικά τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής και της αλλαγής φάσης (Σταυρίδου, 1995).
- v) Καλύτερα αποτελέσματα είχαν οι παρεμβάσεις με ή χωρίς την ένταξη των Τ.Π.Ε. όπου δόθηκε ιδιαίτερο βάρος στην συνεργασία και στην αλληλεπίδραση των μαθητών/ριων μεταξύ τους αλλά και με τον εκπαιδευτικό (Wiser & Amin, 2001, Laburu & Niaz, 2002, Harrison et al., 1999).
- vi) Θετικά επίσης αποτελέσματα είχε η παρέμβαση των Wiser & Amin (2001) με στόχο την διαφοροποίηση των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας κατά την οποία έγινε η διδασκαλία της κινητικής μοριακής θεωρίας με τη χρήση μοντέλων στον υπολογιστή.
- vii) Δεν έχουν μελετηθεί συστηματικά τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης των λογισμικών εποικοδομητικού τύπου.

3.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ Τ.Π.Ε. ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΟΥ

ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ»

Όπως προαναφέρθηκε βιβλιογραφικά δεδομένα αναδεικνύουν ότι το πρόβλημα της διάκρισης των εννοιών «Θερμότητα – Θερμοκρασία» συσχετίζεται με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα παιδιά στην κατανόηση των σωματιδιακών μοντέλων (Σταυρίδου, 1995, Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000).

Για τις δυσκολίες δε αυτές μεταξύ άλλων θεωρείται υπεύθυνη και η έλλειψη εποπτείας (Σταυρίδου, 1995, Ροζο, 2001).

Με έρευνες αποδεικνύεται ότι η συνεισφορά των Τ.Π.Ε. έγκειται στην αξιοποίηση των χωροχρονικών τους χαρακτηριστικών σε «δύσκολες» διδακτικές και μαθησιακές καταστάσεις όπως η περίπτωση του σωματιδιακού μοντέλου δομής της ύλης, δίνοντας τη δυνατότητα οπτικοποίησή του (Gilbert et al., 2003, Μικρόπουλος, 2003).

Οι Ξένου και Καλκάνης (2004) αναφέρουν επίσης σε εργασία τους, ότι σύμφωνα με τον Thorton (1997) η αξιοποίηση των τεχνολογικών εργαλείων στη μάθηση, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η εποπτεία ή η λήψη μετρήσεων είναι πολύ δύσκολη ή αδύνατη, έχει δώσει στο παρελθόν θετικά αποτελέσματα, αναφορικά με την κατανόηση των βασικών φυσικών μεγεθών και νόμων.

Πρόσφατη επίσης έρευνα των Ιμβριώτη & Καλκάνη (2004) με συμμετοχή τριτοετών φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε της Αθήνας ανέδειξε ότι η υποστήριξη του μοντέλου του μικρόκοσμου από οπτικοποιήσεις μέσω Η/Υ, συμβάλλει στην πληρέστερη αντίληψη του μοντέλου αυτού και ενισχύει την ικανότητά τους να ερμηνεύουν φαινόμενα με τρόπο συνεπή με τον επιστημονικό.

Όσον αφορά στην ουσιαστική κατανόηση φυσικών φαινομένων και την οικοδόμηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών, μεταξύ των οποίων οι έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας, σημαντική θεωρείται επίσης η συμβολή των Τ.Π.Ε. με τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων λογισμικών εποικοδομητικού τύπου τα οποία δίνουν τη δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων που προέρχονται από το πειραματικό επίπεδο (φαινόμενα, πειράματα) το συμβολικό/μαθηματικό επίπεδο (διαγράμματα μεταβολής μεγεθών) και το σωματιδιακό επίπεδο (μοντέλα της δομής της ύλης) (Σολομωνίδου, 2001).

Υποστηρίζεται δε ότι η καινοτομική ένταξη των ΤΠΕ στην τάξη με τη χρήση λογισμικών αυτού του τύπου μπορεί να συντελέσει στη δημιουργία ενός νέου περιβάλλοντος μάθησης με βασικά χαρακτηριστικά: ι) τη χρήση του συνεργατικού-συλλογικού μοντέλου εργασίας σε μικρές ομάδες, ιι) τη μετάβαση από το δασκαλοκεντρικό περιβάλλον της παραδοσιακής τάξης στο μαθητοκεντρικό περιβάλλον όπου κυριαρχεί η αναζήτηση και η επεξεργασία της πληροφορίας, με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων και ιιι) το νέο ρόλο του εκπαιδευτικού ως βοηθού, συντονιστή, εμπνευστή και διαμεσολαβητή της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης (Solloway, 1991, 1993, Σολομωνίδου, 2001).

Συνοψίζοντας, από τη διερεύνηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων και των σχολικών εγχειριδίων καθώς και από τη διερεύνηση της διεθνούς βιβλιογραφίας στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα - Θερμοκρασία» και τους τρόπους αντιμετώπισής τους, διαπιστώθηκε:

- Οι έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ανέδειξαν πλήθος εναλλακτικών ιδεών σχετικά με τις δύο έννοιες και πολλές δυσκολίες στη διαφοροποίησή τους, που συσχετίζονται με τις δυσκολίες στη χρήση σωματιδιακού μοντέλου για την περιγραφή και ερμηνεία θερμικών φαινομένων (διαστολή, αλλαγή φάσης).

- Κατά το σχεδιασμό των Αναλυτικών Προγραμμάτων και των σχολικών εγχειριδίων δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών που προαναφέραμε για τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών σχετικά με τις έννοιες «Θερμότητα – Θερμοκρασία» καθώς και τα αποτελέσματα των ερευνών για την αξιοποίηση των τεχνολογικών εργαλείων.

- Από την άλλη πλευρά, οι διδακτικές παρεμβάσεις σχετικά με τις δύο αυτές έννοιες αναδεικνύουν την αναγκαιότητα για συστηματική διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της χρήσης λογισμικών εποικοδομητικού τύπου.

Με βάση τα παραπάνω θεωρήσαμε αναγκαίο να διερευνήσουμε πως η ενότητα «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» του εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» για το σχεδιασμό της οποίας έχουν ληφθεί υπόψη οι δυσκολίες των παιδιών στα σχετικά θέματα και ιδιαίτερα στην κατανόηση των σωματιδιακών μοντέλων, μπορεί να συμβάλλει στη διάκριση των εννοιών της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας από μαθητές και μαθήτριες του Γυμνασίου. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήσαμε έρευνα για την αξιολόγηση μιας διδακτικής προσέγγισης προς την κατεύθυνση της διαφοροποίησης των δύο εννοιών βασισμένη στην περιγραφή και ερμηνεία φαινομένων θερμικής διαστολής στερεού και αλλαγής φάσης με τη χρήση των αντίστοιχων σεναρίων του λογισμικού.

Το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας αποτέλεσαν ο κοινωνικός εποικοδομητισμός (Solomon, 1987, Duit & Teagust, 1998, Κόκκοτας, 2001, Ράπτης & Ράπτη, 2002) και οι αρχές της **συνεργατικής μάθησης** (Σταυρίδου, 2000), όπου κεντρικό ρόλο έχουν οι αρχικές ιδέες των παιδιών και η οικοδόμηση της γνώσης μέσα σε ένα περιβάλλον επικοινωνίας, αλληλεπίδρασης και συνεργασίας.

2^ο ΜΕΡΟΣ: Η ΕΡΕΥΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αρχικά οι υποθέσεις της έρευνας στη διατύπωση των οποίων οδηγηθήκαμε λαμβάνοντας υπόψη τα ερευνητικά δεδομένα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και στη συνέχεια παρουσιάζεται η μέθοδος της έρευνας.

4.1 ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σε ένα νέο μαθησιακό περιβάλλον με τη χρήση των σεναρίων «Διαστολή στερεού» και «Αλλαγή φυσικής κατάστασης», της ενότητας «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ» του εκπαιδευτικού λογισμικού επικοινωνητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α» και τα κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα εργασίας, είναι δυνατόν τα παιδιά:

1. Να αποκτήσουν αποδεκτές αναπαραστάσεις στο πειραματικό επίπεδο για τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής μεταλλικής σφαίρας και της αλλαγής φυσικής κατάστασης – τήξη πάγου μέσα από τα αντίστοιχα εικονικά πειράματα των σεναρίων του λογισμικού.
2. Να αξιοποιήσουν το δυναμικό σωματιδιακό μοντέλο που εισάγεται με το λογισμικό και να αποκτήσουν αποδεκτές αναπαραστάσεις για τα παραπάνω φαινόμενα στο σωματιδιακό επίπεδο.
3. Να συνδέσουν τις παρατηρήσεις τους στο πειραματικό επίπεδο με τις αναπαραστάσεις στο σωματιδιακό επίπεδο και να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τα δύο φαινόμενα.
4. Να οικοδομήσουν τα παιδιά την έννοια της Θερμότητας μέσα από τη μελέτη των δύο ομάδων φαινομένων – της θερμικής διαστολής στερεού και της αλλαγής φάσης στο πειραματικό και στο σωματιδιακό επίπεδο και να τη διαφοροποιήσουν από την έννοια της Θερμοκρασίας στο πειραματικό επίπεδο.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΣ

A. ΣΤΟΧΟΙ

Με σκοπό τη μελέτη της συμβολής των δύο σεναρίων της ενότητας «Θερμότητα» του εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», στην οικοδόμηση της έννοιας «θερμότητα» και στη διάκρισή της από την έννοια «θερμοκρασία», οι γενικοί και ειδικοί στόχοι της έρευνας και της διδασκαλίας αντίστοιχα διαμορφώθηκαν ως εξής:

Γενικοί στόχοι

1. Η ανάπτυξη αποδεκτών αναπαραστάσεων από το πειραματικό επίπεδο για τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής σφαίρας και τήξης πάγου.
2. Η ανάπτυξη αποδεκτών αναπαραστάσεων για τα δύο φαινόμενα στο σωματιδιακό επίπεδο.
3. Η συσχέτιση των αναπαραστάσεων από τα δύο επίπεδα, ώστε να περιγραφούν και να ερμηνευθούν τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής σφαίρας και της τήξης του πάγου με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο.
4. Η οικοδόμηση της έννοιας της Θερμότητας σε πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο και η διαφοροποίησή της από την έννοια της Θερμοκρασίας σε πειραματικό επίπεδο αναγνωρίζοντας κάποια χαρακτηριστικά τους μέσα από την περιγραφή και ερμηνεία των παραπάνω φαινομένων.

Ειδικοί στόχοι

I. Μέσα από τις δραστηριότητες του Φύλλου Εργασίας 1 που συνοδεύει την εργασία των παιδιών με το σενάριο του λογισμικού «Διαστολή στερεών – Θερμική διαστολή μεταλλικής σφαίρας», επιδιώκεται:

- α)** Η διαπίστωση της αύξησης του όγκου θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας μέσα από την πειραματική μελέτη του φαινομένου.
- β)** Η κατανόηση της διατήρησης της μάζας της σφαίρας κατά την θέρμανσή της μέσω της κατανόησης της διατήρησης του αριθμού των σωματιδίων που την αποτελούν.

γ) Η συσχέτιση της Θερμοκρασίας του σώματος με τον βαθμό κίνησης των σωματιδίων που το αποτελούν και με την μεταφορά Θερμότητας. (Όσο πιο έντονη η φλόγα, τόσο αυξάνεται η Θερμοκρασία, τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια).

δ) Η ερμηνεία της αύξησης του όγκου της σφαίρας (αύξηση διαστάσεων της), όταν θερμαίνεται, λόγω της αύξησης της κινητικότητας των μορίων με αποτέλεσμα την αραίωσής τους (αύξηση των μεταξύ τους αποστάσεων).

ε) Οικοδόμηση της έννοιας της Θερμότητας, διατυπώνοντας τον πρώτο ορισμό για αυτήν ως «κάτι», που μπορεί να προκαλέσει: ι) αύξηση του όγκου των στερεών - πειραματικό επίπεδο και ιι) αύξηση της κινητικότητας των σωματιδίων με αποτέλεσμα την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ τους – σωματιδιακό επίπεδο.

II. Μέσα από τις δραστηριότητες του Φύλλου Εργασίας 2 που συνοδεύει την εργασία των παιδιών με το σενάριο του λογισμικού «Αλλαγή φυσικής κατάστασης – τήξη πάγου», επιδιώκεται :

α) Η διαπίστωση της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της τήξης κομματιού πάγου που θερμαίνεται μέσα από τη μελέτη του φαινομένου στο πειραματικό και συμβολικό/μαθηματικό επίπεδο.

β) Η κατανόηση του διαφορετικού τρόπου σύνδεσης και κίνησης των μορίων στο στερεό και στο υγρό σε διάφορες θερμοκρασίες.

γ) Η κατανόηση ότι η συνεχής προσφορά θερμότητας δεν σημαίνει πάντα αύξηση της Θερμοκρασίας.

δ) Η κατανόηση ότι κατά τη διάρκεια της αλλαγής φυσικής κατάστασης (μετατροπής πάγου από στερεό σε υγρό) η προσφερόμενη Θερμότητα δεν χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας (αύξηση της κινητικότητας των μορίων), αλλά για την εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων.

ε) Η οικοδόμηση της έννοιας της Θερμότητας διατυπώνοντας τον δεύτερο ορισμό για αυτήν ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει: ι) αλλαγή φυσικής κατάστασης – πειραματικό επίπεδο και ιι) εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων του σώματος – σωματιδιακό επίπεδο.

στ) Η διαφοροποίηση της έννοιας της Θερμότητας από την έννοια της Θερμοκρασίας στο πειραματικό επίπεδο επικεντρώνοντας στην παρατήρηση ότι όσο διαρκεί η αλλαγή φάσης, ενώ αυξάνεται η προσφερόμενη Θερμότητα η Θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

B. ΔΕΙΓΜΑ

Στην έρευνα συμμετείχαν 60 συνολικά παιδιά, από δύο σχολεία του Βόλου.

Την **πειραματική ομάδα** αποτέλεσαν 20 παιδιά της Β΄ τάξης του 2^{ου} Γυμνασίου του Βόλου. Την περίοδο που πραγματοποιήθηκε η έρευνα (Απρίλιος 2005) είχε προηγηθεί η παραδοσιακή διδασκαλία των σχετικών θεμάτων στα παιδιά της πειραματικής ομάδας αλλά και σε όλους τους/ις μαθητές/ριες της Β΄ τάξης Γυμνασίου όλων των σχολείων και έτσι δεν υπήρχε η δυνατότητα να έχουμε τυπική ομάδα ελέγχου. Για το λόγο αυτόν συμμετείχαν στην έρευνα **ως ομάδες σύγκρισης:**

- 20 παιδιά της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου του Βόλου (είχαν ήδη διδαχθεί τα θέματα με παραδοσιακό τρόπο).
- 20 παιδιά της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου του Βόλου (δεν είχαν διδαχθεί τα θέματα)

Οι απαντήσεις των 20 παιδιών της πειραματικής ομάδας στο αρχικό ερωτηματολόγιο (pre – test), συγκρίθηκαν με τις απαντήσεις των 20 παιδιών της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί διδασκαλία, προκειμένου να ανιχνεύσουμε τις αρχικές τους ιδέες. Επίσης οι απαντήσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας στο τελικό ερωτηματολόγιο (post – test), συγκρίθηκαν με τις απαντήσεις 20 παιδιών της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου όπου είχε προηγηθεί παραδοσιακή διδασκαλία προκειμένου να αξιολογηθεί η προστιθέμενη αξία της χρήσης του λογισμικού.

Γ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ – ΕΡΓΑ

1. Υπολογιστές και Εκπαιδευτικό Λογισμικό εποικοδομητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.».

Περιγραφή των σεναρίων του λογισμικού

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας τα παιδιά της πειραματικής ομάδας χρησιμοποιούν την Ενότητα «**Θερμότητα**» από **το Εκπαιδευτικό Λογισμικό εποικοδομητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.».**

Η ενότητα «**Θερμότητα**» του λογισμικού αναπτύχθηκε προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές και οι μαθήτριες στην

κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων θερμικής διαστολής και αλλαγής φυσικής κατάστασης και στη χρήση σωματιδιακών μοντέλων. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει 4 σενάρια και δραστηριότητες που σχετίζονται :

- με τη διαστολή στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων
- με τις αλλαγές φάσης (από στερεή σε υγρή και από υγρή σε αέρια)

Το λογισμικό διαθέτει αναλυτικό σενάριο χρήσης για κάθε ενότητα και ηχητικές οδηγίες για την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων και δραστηριοτήτων, που βοηθούν στη δημιουργία αναπαραστάσεων σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Στη συγκεκριμένη έρευνα οι μαθητές/ριες επιλέγουν:

- διαστολή στερεών – διαστολή θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας
- αλλαγές φάσης – τήξη πάγου

Έτσι, από το εικονικό ράφι της προσομοίωσης του εργαστηρίου, τα παιδιά μπορούν να επιλέξουν τα αντικείμενα που χρειάζονται στα συγκεκριμένα πειράματα.

- Για το εικονικό πείραμα της **θέρμανσης της μεταλλικής σφαίρας** επιλέγουν τον τρίποδα με τον λύχνο θέρμανσης, τη μεταλλική σφαίρα και το δαχτυλίδι. Από το αντίστοιχο εικονίδιο των δραστηριοτήτων καθοδηγείται στην εκτέλεση του πειράματος και τους δίνεται η δυνατότητα επέμβασης. Η μπάλα για να θερμανθεί τοποθετείται στον λύχνο, και η φλόγα ανάβει επιλέγοντας ειδικό πλήκτρο από το χειριστήριο, αφού πρώτα ρυθμιστεί η έντασή της. Το χειριστήριο διαθέτει ακόμη, πλήκτρο για «πάγωμα» και «επαναφορά» του πειράματος οποιαδήποτε στιγμή, καθώς και πλήκτρο μεγέθυνσης. Πριν τη θέρμανση και μετά, η σφαίρα σύρεται πάνω από το δαχτυλίδι για να δοκιμαστεί αν χωράει να περάσει.

- Για το εικονικό **πείραμα αλλαγής φάσης του πάγου σε νερό** το παιδί μπορεί να επιλέξει τον τρίποδα με τον λύχνο θέρμανσης, και δοχείο με πάγο και θερμόμετρο. Από το αντίστοιχο εικονίδιο των δραστηριοτήτων καθοδηγείται στην εκτέλεση του πειράματος έχοντας δυνατότητες επέμβασης (έναρξη, πάγωμα, λήξη). Δίνεται η δυνατότητα να παρατηρεί τη μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια θέρμανσης του πάγου στο θερμόμετρο που εμφανίζεται σε ξεχωριστό παράθυρο, καθώς και η δυνατότητα να παρακολουθεί τη σχεδίαση της γραφικής παράστασης της μεταβολής της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο πατώντας το αντίστοιχο πλήκτρο.

Επειδή στόχος του λογισμικού είναι να αντιμετωπίσει τις παρανοήσεις και δυσκολίες των μαθητών/ριων να χρησιμοποιήσουν σωματιδιακά μοντέλα για να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα και καταστάσεις, το λογισμικό εμπλέκει ενεργά το χρήστη σε διαδικασίες μοντελοποίησης φαινομένων θερμικής διαστολής και μεταβολής φυσικής κατάστασης. Κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης ο/η μαθητής/ρια ξεκινά από το εμπειρικό επίπεδο, στη συνέχεια **τίθεται ένα ερώτημα** που δεν μπορεί να απαντηθεί παρά μόνο με τη χρήση ενός σωματιδιακού μοντέλου και τέλος **παρουσιάζεται το σωματιδιακό μοντέλο** που χρησιμοποιείται για τη μελέτη του φαινομένου.

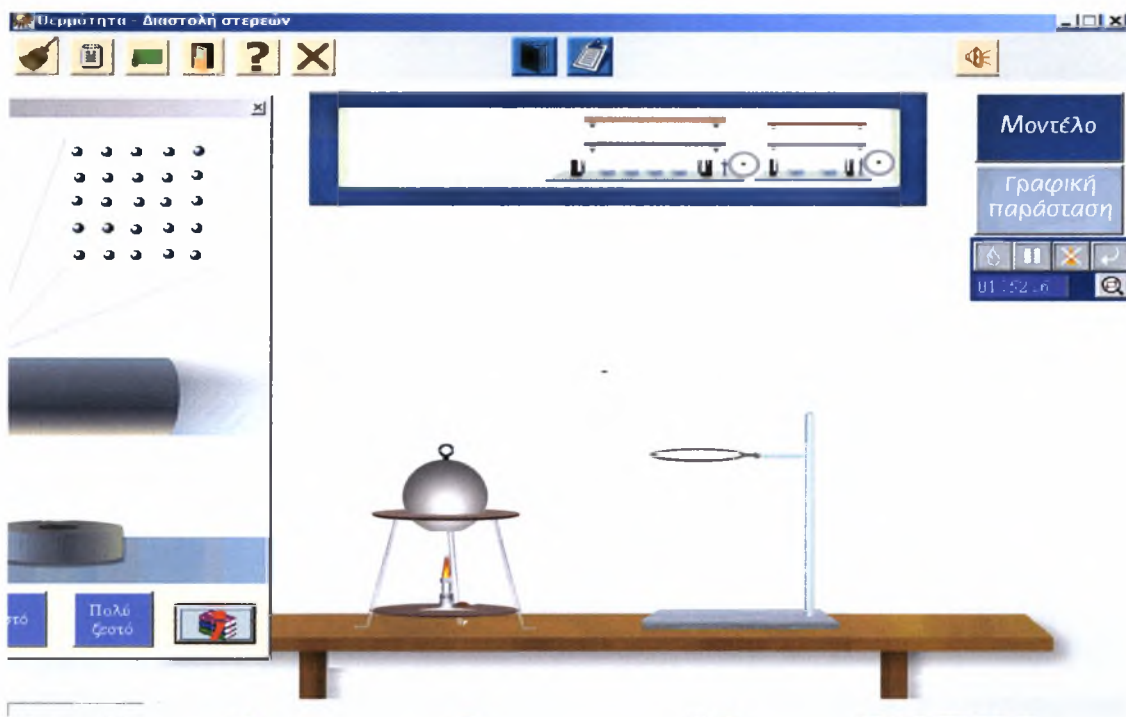
Στόχος είναι η προσέγγιση της πραγματικότητας με νέους όρους και η ανάπτυξη αντιλήψεων συμβατών με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, μέσα από τη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων (Σταυρίδου, 1995).

Ειδικότερα οι προβλεπόμενες δραστηριότητες περιλαμβάνουν **πρόβλεψη** από μέρους των παιδιών για το τι θα συμβεί, στη συνέχεια, μετά την εκτέλεση του πειράματος, **επαλήθευση** της σχετικής πρόβλεψης, καθώς και **ερμηνεία** του υπό μελέτη φαινομένου.

Το κατάλληλο σωματιδιακό μοντέλο που αναπαριστά το φαινόμενο στο μικροσκοπικό επίπεδο μπορεί να επιλεγεί ενεργοποιώντας το αντίστοιχο πλήκτρο «Μοντέλο». Δίνεται έτσι η δυνατότητα στο μαθητή/τρια να συσχετίσει καλύτερα τις μεταβολές των παραμέτρων που υπεισέρχονται στο πείραμα με τις μεταβολές στο σωματιδιακό επίπεδο που σχετίζονται με τις αποστάσεις των μορίων του υλικού και την κίνησή τους.

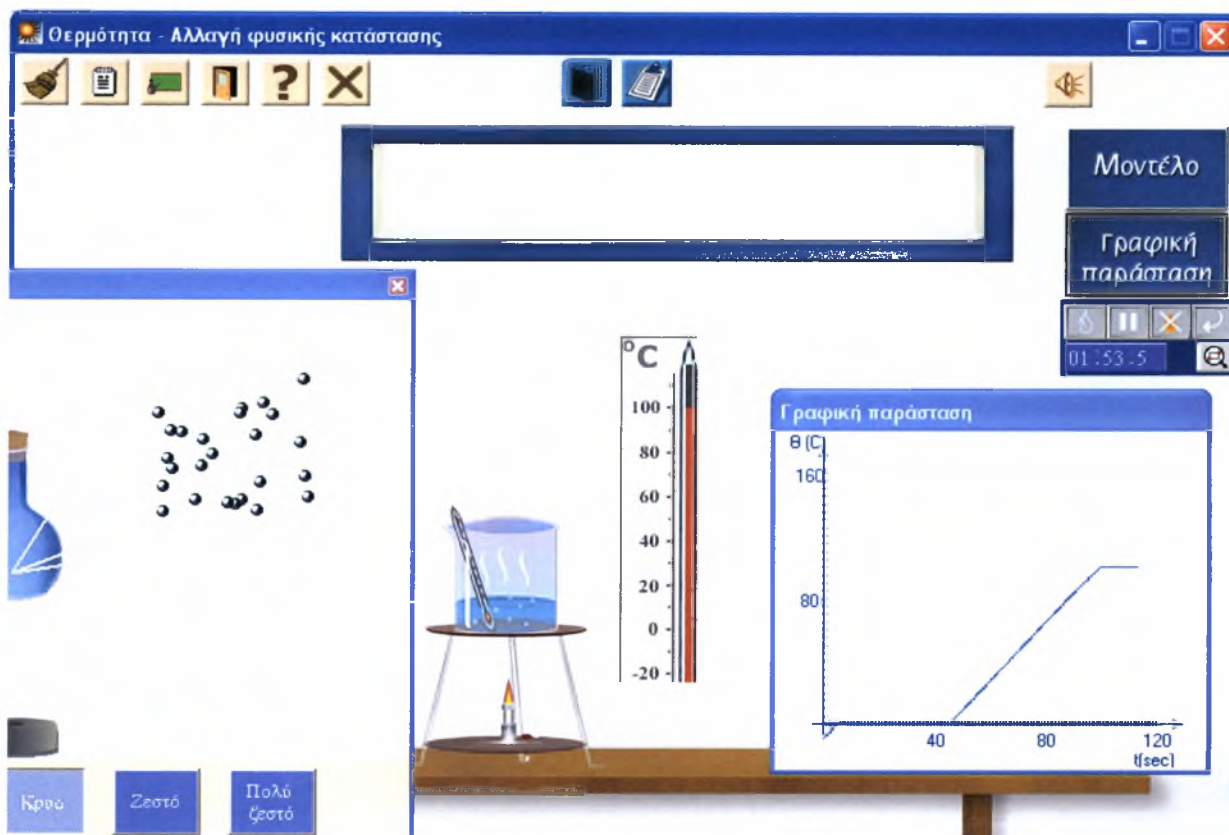
Οι ερωτήσεις, με ενεργοποίηση του αντίστοιχου πλήκτρου στο ανοικτό παράθυρο του «μοντέλου», στις οποίες καλούνται οι μαθητές και οι μαθήτριες να απαντήσουν από το λογισμικό είναι πολλαπλής επιλογής και τόσο αυτές όσο και οι αποκρίσεις του λογισμικού στις επιλογές των μαθητών/ριων είναι σχεδιασμένες με βάση τις αρχικές ιδέες και τις δυσκολίες που συναντούν τα παιδιά (εποικοδομητική προσέγγιση).

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε δύο οθόνες από τη συγκεκριμένη ενότητα.



Εικόνα 3.1: Πείραμα θέρμανσης μεταλλικής σφαίρας

Η εικόνα 3.1 δείχνει τη θέρμανση της μεταλλικής σφαίρας (πειραματικό επίπεδο) και το σωματιδιακό μοντέλο (σωματιδιακό επίπεδο) που έχει επιλεγεί από το πλήκτρο «Μοντέλο».



Εικόνα 3.2: Πείραμα θέρμανσης πάγου

Η εικόνα 3.2 δείχνει την θέρμανση του πάγου, το θερμόμετρο που έχει εμφανιστεί με ενεργοποίηση του πλήκτρου «μεγέθυνση» (πειραματικό επίπεδο), τη γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο που έχει εμφανιστεί με ενεργοποίηση του πλήκτρου «Γραφική παράσταση» (συμβολικό/μαθηματικό επίπεδο) και το σωματιδιακό μοντέλο στην υγρή φάση (σωματιδιακό επίπεδο) που έχει εμφανιστεί με κατάλληλη επιλογή ύστερα από την ενεργοποίηση του πλήκτρου «Μοντέλο».

2. Φύλλα εργασίας

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας σχεδιάστηκαν δυο φύλλα εργασίας, ένα για κάθε σενάριο, τα οποία συνόδευσαν την εργασία των παιδιών με το λογισμικό και παρουσιάζονται όπως ακριβώς δόθηκαν στα παιδιά στο παράρτημα I.

Το περιεχόμενο των φύλλων εργασίας

Τα δύο φύλλα εργασίας έχουν την ίδια δομή και περιλαμβάνουν :

1) Οδηγίες χρήσης του λογισμικού και εξηγήσεις των λειτουργιών των βασικών εργαλείων του προκειμένου να αξιοποιηθούν οι δυνατότητές του για τη χρήση του στην τάξη.

2) Δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για να εξυπηρετήσουν τους ειδικούς διδακτικούς στόχους με σαφείς οδηγίες για την εκτέλεσή τους.

Για την σύνταξη και την επιλογή των δραστηριοτήτων λήφθηκαν υπόψη οι σύγχρονες απόψεις για τη μάθηση, καθώς και οι ιδιαίτερες αντιλήψεις και δυσκολίες των παιδιών στα σχετικά θέματα.

▪ Οι δραστηριότητες είναι κατάλληλες ώστε οι μαθητές/τριες να εμπλέκονται σε πολλαπλές νοητικές διεργασίες, όπως προβλέψεις, συγκρίσεις, ταξινομήσεις, ερμηνείες, κατατάξεις, αναπαραστάσεις, διατύπωση συλλογισμών και συλλογικών συμπερασμάτων ως αποτέλεσμα συζήτησης σε επίπεδο ομάδας αλλά και σε επίπεδο τάξης. Στο πλαίσιο της συνεργατικής μάθησης (Σταυρίδου, 2000), με στόχο να εξασφαλιστεί η επικοινωνία και η αλληλοβοήθεια μεταξύ των παιδιών, τους ζητείται μετά από συνεργασία και συζήτηση στην ομάδα τους, να καταγράψουν στο φύλλο εργασίας κάποιες παρατηρήσεις τους, όπως: να συμπληρώσουν αριθμούς σε κενά κελιά πινάκων, να συμπληρώνουν κενές γραμμές, και να επιλέξουν σωστές απαντήσεις.

▪ Με τις δραστηριότητες επιδιώκεται η δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων μέσα από τη μελέτη των φαινομένων στο πειραματικό και στο σωματιδιακό επίπεδο καθώς επίσης η συσχέτιση των αναπαραστάσεων από τα δύο επίπεδα.

Ειδικότερα:

⇒ Στο φύλλο εργασίας I που συνόδευσε την εργασία των παιδιών με το σενάριο «Διαστολή στερεού» αρχικά όπως ήδη αναφέρθηκε, δίνονται οδηγίες χρήσης του λογισμικού και περιγράφονται οι λειτουργίες όλων των πλήκτρων του περιβάλλοντος εργασίας του σεναρίου όπως παρουσιάζονται στο παράρτημα I. Κατά τη διάρκεια της εργασίας των παιδιών με αυτό το τμήμα του φύλλου εργασίας, δίνουμε έμφαση στη χρήση του πλήκτρου «Μοντέλο», με στόχο την εξοικείωση των παιδιών με το σωματιδιακό μοντέλο που εισάγεται με το λογισμικό.


Ακολουθούν οι δραστηριότητες.

Στην πρώτη ομάδα δραστηριοτήτων που είναι ομαδικές περιγράφονται όλα τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν τα παιδιά προκειμένου να εκτελέσουν εικονικά το πείραμα της θέρμανσης της μεταλλικής σφαίρας.

1. ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ


ι). Στο λογισμικό, «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» μπειτε στο Εργαστήριο της Θερμότητας. Από τον πίνακα επιλέξτε ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΣΤΕΡΕΟΥ.

ιι). Ανοίξτε το ηχείο του Η/Υ, ακούστε προσεκτικά τις οδηγίες, παρατηρείστε το περιβάλλον και τα εργαλεία και εκτελέστε εικονικά το πείραμα, όπου θερμαίνεται η

μεταλλική σφαίρα πατώντας το κουμπί "Δραστηριότητες"  ή ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Με κλίκ επέλεξε τον τρίποδα, τον λύχνο θέρμανσης, τη μεταλλική σφαίρα και το δαχτυλίδι.

- Πριν ανάψεις το λύχνο, σύρε τη μεταλλική σφαίρα για να διαπιστώσεις ότι χωράει να περάσει από το δαχτυλίδι.

- Βάλε τη σφαίρα στον λύχνο, ρύθμισε την ένταση της φλόγας στο 2 (δεξί κλικ πάνω στο λύχνο), και πάτησε το κουμπί  του χειριστηρίου για να αρχίσει το πείραμα. Περίμενε λίγο να θερμανθεί η σφαίρα και σύρε την πάνω στο δαχτυλίδι.

Ακολουθεί ατομική εργασία με την οποία ζητείται από κάθε παιδί να καταγράψει στον προβλεπόμενο χώρο του φυλλαδίου τις παρατηρήσεις του στο προηγούμενο πείραμα και να εκφράσει τη γνώμη του για το πώς εξηγούνται οι παρατηρήσεις αυτές.

2. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψε τι παρατηρείς

Άφησε λίγη ώρα τη σφαίρα πάνω στο δαχτυλίδι.

Πώς εξηγείς αυτά που βλέπεις;

Στόχος των δύο προηγούμενων δραστηριοτήτων είναι να διαπιστώσουν τα παιδιά την αύξηση του όγκου της θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας μέσα από την πειραματική μελέτη του φαινομένου και να καταγράψουν τις αρχικές αντιλήψεις τους για την εξήγηση του.

Με την επόμενη ομαδική δραστηριότητα καλούνται τα παιδιά να μελετήσουν το σωματιδιακό μοντέλο που εισάγεται με το λογισμικό και να συζητήσουν στην ομάδα τους τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων όταν θερμάνουν τη σφαίρα με διάφορες εντάσεις της φλόγας..

3. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Επιλέξτε **Μοντέλο**. Αφού μελετήσετε καλά τα σωματιδιακά μοντέλα που σας παρουσιάζει το λογισμικό συζητείστε στην ομάδα σας τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων ως προς το πλήθος τους, το σχήμα, το μέγεθος, την κίνησή τους, τις αποστάσεις τους, κατά τη διάρκεια θέρμανσης της σφαίρας με διαφορετικές εντάσεις της φλόγας.

Η δραστηριότητα έχει στόχο να κατανοήσουν τα παιδιά τα χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου και να διαπιστώσουν ότι η μεταβολή στην προσφερόμενη θερμότητα επιφέρει κάποιες αλλαγές στα σωματίδια.

Ακολουθούν τρεις ατομικές εργασίες με τις οποίες καλούνται τα παιδιά να συμπληρώσουν κενά κουτάκια και κενές γραμμές, να καταγράψουν παρατηρήσεις και να διατυπώσουν συμπεράσματα.

4. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

α. Στα σωματιδιακά μοντέλα που παρουσιάζει το λογισμικό, μέτρησε τα σφαιρικά σωματίδια και συμπλήρωσε τα κενά κουτάκια.

	ΚΡΥΟ	ΖΕΣΤΟ	ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΟ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ			

Η πρώτη εργασία έχει στόχο να κατανοήσουν τα παιδιά τη διατήρηση του αριθμού των σωματιδίων κατά την θέρμανση της σφαίρας.

4. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

β. Στην προσομοίωση του σωματιδιακού μοντέλου για το στερεό που θερμαίνεται, παρατήρησε ότι υπάρχει ένα πλαίσιο γύρω από τα σωματίδια. Παρακολούθησε αν υπάρχουν αλλαγές στο μέγεθός του καθώς θερμαίνεται το σώμα.

Γράψε τις παρατηρήσεις σου και προσπάθησε να τις εξηγήσεις.

Η δεύτερη εργασία έχει στόχο να ερμηνεύσουν τα παιδιά την αύξηση του όγκου της σφαίρας όταν αυτή θερμαίνεται λόγω της αύξησης των αποστάσεων μεταξύ των μορίων της.

4. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

γ. Στα σωματιδιακά μοντέλα που παρουσιάζει το λογισμικό μελέτησε την κίνηση των σφαιρικών σωματιδίων, όταν η φλόγα δεν είναι αναμμένη – ένταση 0 (κρύο στερεό), όταν η φλόγα ανάβει στο 1 ή στο 2 (ζεστό στερεό) και όταν η ένταση της φλόγας δυναμώνει στο 3 (πολύ ζεστό στερεό).

Κατόπιν συμπλήρωσε τον πίνακα γράφοντας την κατάλληλη φράση στο αντίστοιχο πλαίσιο ανάλογα με το πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια.

«κινούνται μέτρια», «κινούνται γρήγορα», «κινούνται πολύ γρήγορα»

ΚΡΥΟ	
ΖΕΣΤΟ	
ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΟ	

Σε τι συμπέρασμα καταλήγεις; Γράψε τη γνώμη σου.

Τι σχέση έχει η θερμοκρασία με την κίνηση των σωματιδίων;

Η τρίτη εργασία έχει στόχο να συσχετίσουν τα παιδιά τη θερμοκρασία του σώματος με το βαθμό κίνησης των σωματιδίων που το αποτελούν και με τη μεταφορά θερμότητας και να καταλήξουν στη διατύπωση συμπεράσματος.

Με την ομαδική δραστηριότητα που ακολουθεί τα παιδιά προτρέπονται ύστερα από συζήτηση στην ομάδα τους να δουλέψουν πάνω σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής που τους τίθεται, αρχικά στο χαρτί και κατόπιν στο λογισμικό.

5. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Στις παρακάτω ερωτήσεις που σας προτείνονται και από το λογισμικό, ύστερα από συζήτηση στην ομάδα σας, επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις πρώτα στο χαρτί και κατόπιν δουλέψτε τις στο πρόγραμμα.

Όταν μια μεταλλική σφαίρα θερμαίνεται :

- i) Μεγαλώνει η μάζα
- ii) Μεγαλώνει ο όγκος της
- iii) Μεγαλώνει και η μάζα και ο όγκος της
- iv) Δεν μεγαλώνει ούτε η μάζα ούτε ο όγκος της – κάτι άλλο
- v) Τα μόρια της πολλαπλασιάζονται
- vi) Τα μόριά της σιγά – σιγά διαστέλλονται και φουσκώνουν
- vii) Τα μόρια βρίσκονται όλο και σε μεγαλύτερη απόσταση το ένα από το άλλο
- viii) Τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα και απομακρύνονται το ένα από το άλλο

Η δραστηριότητα αυτή έχει στόχο να διατυπώσουν ξανά τα παιδιά τις απόψεις τους, έπειτα από όσα έχουν μάθει, για το τι συμβαίνει στη μάζα και τον όγκο θερμαινόμενης σφαίρας (πειραματικό επίπεδο) και για το τι συμβαίνει στα μόρια της σφαίρας που θερμαίνεται (σωματιδιακό επίπεδο) και στη συνέχεια μέσω της αλληλεπίδρασης με το λογισμικό να ελέγξουν αυτές τις απόψεις. Η απόκριση του λογισμικού είναι ειδικά σχεδιασμένη ώστε να καθοδηγήσει τη σκέψη των παιδιών στην οικοδόμηση αποδεκτών αναπαραστάσεων για το φαινόμενο της θερμικής διαστολής της μεταλλικής σφαίρας, με σύνδεση αναπαραστάσεων από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο.

Στη συνέχεια προτείνεται συζήτηση στην τάξη.

6. ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

α) Σχολιάστε στην τάξη τις απαντήσεις στις ερωτήσεις σας σε σχέση με τις αποκρίσεις του λογισμικού.

β) Ποιά η σχέση της προσφερόμενης Θερμότητας, Θερμοκρασίας και κινητικής ενέργειας των σωματιδίων;

Ακολουθεί ατομική εργασία με την οποία τα παιδιά καλούνται:

- ι) να καταγράψουν το συμπέρασμα στο οποίο έχουν καταλήξει σχετικά με το τι συμβαίνει στη μάζα ενός σώματος που διαστέλλεται μετά από θέρμανση,
- ιι) να καταγράψουν την εξήγηση που δίνουν στο φαινόμενο της διαστολής και
- ιιι) να διατυπώσουν έναν ορισμό για την έννοια της θερμότητας.

7. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α) Γράψε το συμπέρασμά σου για το τι συμβαίνει στη μάζα ενός σώματος που διαστέλλεται μετά από θέρμανση;

β) Πώς εξηγείς το φαινόμενο της διαστολής;

γ) Με βάση τα παραπάνω, τι ορισμό θα έδινες για τη Θερμότητα;

Οι δύο τελευταίες αυτές δραστηριότητες έχουν στόχο αφού διατυπωθεί και καταγραφεί το συμπέρασμα στο οποίο τα παιδιά θα καταλήξουν μέσα από τη συζήτηση σχετικά με την περιγραφή (διατήρηση της μάζας και αύξηση του όγκου) και ερμηνεία του φαινομένου της θερμικής διαστολής στερεού, να οδηγηθούν στη διατύπωση ενός πρώτου ορισμού για τη θερμότητα (ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει αύξηση του όγκου ενός στερεού - πειραματικό επίπεδο και ως «κάτι» που

μπορεί να προκαλέσει αύξηση της κινητικότητας των σωματιδίων με αποτέλεσμα την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ τους - σωματιδιακό επίπεδο).

⇒ Στο φύλλο εργασίας II που συνόδευσε την εργασία των παιδιών με το σενάριο «Αλλαγή φυσικής κατάστασης» αρχικά όπως και στο πρώτο φύλλο, δίνονται οδηγίες χρήσης του λογισμικού και περιγράφονται οι λειτουργίες όλων των πλήκτρων του περιβάλλοντος εργασίας του σεναρίου όπως παρουσιάζονται στο παράρτημα I. Κατά τη διάρκεια της εργασίας των παιδιών με αυτό το τμήμα του φύλλου εργασίας, προτρέπονται τα παιδιά να πατήσουν το πλήκτρο «Μοντέλο» και αναμένεται μέσα από την προσεκτική παρατήρηση των μοντέλων του λογισμικού να κατανοήσουν τον διαφορετικό τρόπο σύνδεσης και κίνησης των μορίων στο στερεό, και στο υγρό σε διάφορες θερμοκρασίες.

Ακολουθούν οι δραστηριότητες.


Στην πρώτη ομάδα δραστηριοτήτων που είναι ομαδικές περιγράφονται όλα τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν τα παιδιά προκειμένου να εκτελέσουν εικονικά το πείραμα της θέρμανσης του πάγου, να παρακολουθήσουν τις ενδείξεις του θερμομέτρου καθώς και τη σχεδίαση της γραφικής παράστασης της μεταβολής της θερμοκρασίας σε σχέση με το χρόνο.

1. ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

i). Στο λογισμικό, «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» μπειτε στο Εργαστήριο της Θερμότητας. Από τον πίνακα επιλέξτε **ΑΛΛΑΓΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

ii). Ανοίξτε το ηχείο του H/Y, ακούστε προσεκτικά τις οδηγίες, παρατηρείστε το περιβάλλον και τα εργαλεία και **εκτελέστε εικονικά το πείραμα**, όπου θερμαίνεται

πάγος πατώντας το κουμπί "**Δραστηριότητες**"  ή ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Με κλικ επέλεξε τον τρίποδα, τον λύχνο θέρμανσης, και το δοχείο με τον πάγο.
- Χρησιμοποίησε το πλήκτρο "**Μεγέθυνση**" του χειριστηρίου για να φαίνεται η κλίμακα του Θερμομέτρου.
- Πατώντας "**Γραφική παράσταση**", εμφανίζονται οι άξονες Θερμοκρασίας – Χρόνου, όπου με την έναρξη του πειράματος θα αρχίσει να σχεδιάζεται η γραφική παράσταση.
- Ρύθμισε την ένταση της φλόγας π.χ. στο 1 (δεξί κλικ πάνω στο λύχνο), και πάτησε το κουμπί  του χειριστηρίου για να αρχίσει το πείραμα και άφησέ το να εξελιχθεί μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και λίγο ακόμα.

Ακολουθούν ατομικές εργασίες.

Στις δύο πρώτες από αυτές καλούνται τα παιδιά να παρατηρήσουν τη θερμοκρασία του πάγου καθώς θερμαίνεται και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις

τους σχετικά με την θερμοκρασία αρχικά (πριν αρχίσει να λιώνει ο πάγος) και κατά τη διάρκεια της τήξης του (για όση ώρα λιώνει).

2. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

*α) Παρατήρησε την Θερμοκρασία του πάγου καθώς θερμαίνεται.
Ποια είναι η αρχική του Θερμοκρασία;*

*β) Κάποια στιγμή ο πάγος αρχίζει να λιώνει.
Τι συμβαίνει με την Θερμοκρασία όση ώρα λιώνει ο πάγος;*

Στην τρίτη ατομική εργασία καλούνται τα παιδιά να μελετήσουν τη γραφική παράσταση, να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να δώσουν εξήγηση για αυτές.

γ) Μελέτησε την γραφική παράσταση.

Ένα τμήμα της παράστασης είναι ευθύγραμμο και ταυτίζεται για ορισμένο χρονικό διάστημα με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου που αντιστοιχεί στους $0^{\circ}C$.

Ποιο χρονικό διάστημα είναι αυτό; Τι σημαίνει για σένα αυτό το τμήμα της γραφικής παράστασης;

Οι αρχικές ομαδικές δραστηριότητες σε συνδυασμό με τις τρεις ατομικές εργασίες που περιγράψαμε έχουν στόχο τη μελέτη του φαινομένου της τήξης του πάγου στο πειραματικό και στο συμβολικό/μαθηματικό επίπεδο, ώστε να διαπιστώσουν τα παιδιά ότι παρόλο που προσφέρεται συνεχώς θερμότητα η θερμοκρασία του πάγου για όση ώρα λιώνει δεν αυξάνεται αλλά παραμένει σταθερή.

Με τη τέταρτη ατομική εργασία που ακολουθεί καλούνται τα παιδιά να επαναλάβουν το πείραμα αυξάνοντας την ένταση της φλόγας και να καταγράψουν τη διαφορά σε σχέση με το προηγούμενο.

*δ) Να επαναλάβεις το πείραμα χρησιμοποιώντας διαφορετική ένταση φλόγας.
Τι διαφορά παρατηρείς σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα;*

Η ατομική αυτή εργασία έχει στόχο να διαπιστώσουν πειραματικά τα παιδιά ότι όταν προσφέρεται περισσότερη θερμότητα (αύξηση της έντασης της φλόγας) μειώνεται το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο λιώνει ο πάγος, για όση ώρα όμως λιώνει, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Ακολουθεί η πέμπτη ατομική εργασία με την οποία καλούνται τα παιδιά να ερμηνεύσουν την παρατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο αφού τους προσφερθεί βοήθεια.

ε) Γνωρίζεις ήδη από το προηγούμενο φύλλο εργασίας ότι η Θερμοκρασία αποτελεί ένα μέτρο της κινητικότητας των σωματιδίων. Αν συμπληρώναμε ότι ανάμεσα στα μόρια υπάρχουν ελκτικές δυνάμεις (δεσμοί) πώς θα μπορούσες να εξηγήσεις τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο και παρατηρείς τα παραπάνω.

Η εργασία αυτή έχει ως στόχο να κατανοήσουν τα παιδιά ότι κατά την αλλαγή φάσης του πάγου από στερεό σε υγρό η προσφερόμενη θερμότητα δεν χρησιμοποιείται για την αύξηση της θερμοκρασίας (αύξηση της κινητικότητας των σωματιδίων), αλλά για την εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων του σώματος. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του στόχου αποτελεί η προσεκτική παρατήρηση των μοντέλων του λογισμικού που προβλέπεται στην αρχή της διδασκαλίας με τη χρήση αυτού του σεναρίου, καθώς και η αλληλεπίδραση με τον εκπαιδευτικό.

Με την ομαδική δραστηριότητα που ακολουθεί τα παιδιά προτρέπονται ύστερα από συζήτηση στην ομάδα τους να δουλέψουν πάνω σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής που τους τίθεται, αρχικά στο χαρτί και κατόπιν στο λογισμικό.

3. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Στις παρακάτω ερωτήσεις που σας προτείνονται και από το λογισμικό, ύστερα από συζήτηση στην ομάδα σας, επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις πρώτα στο χαρτί και κατόπιν δουλέψτε τις στο πρόγραμμα.

Όταν θερμαίνουμε τον πάγο:

- i) Για όσο χρόνο λιώνει, η Θερμοκρασία του αυξάνεται συνεχώς.*
- ii) Η Θερμοκρασία του αυξάνεται συνεχώς.*
- iii) Για όσο χρόνο λιώνει, η Θερμοκρασία του μένει σταθερή.*
- iv) Η Θερμοκρασία του μειώνεται συνεχώς.*

Η δραστηριότητα αυτή έχει στόχο να διατυπώσουν ξανά τα παιδιά τις απόψεις τους, έπειτα από όσα έχουν μάθει, για το τι συμβαίνει με τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της τήξης ενός κομματιού πάγου που θερμαίνεται. και στη συνέχεια μέσω της αλληλεπίδρασης με το λογισμικό να ελέγξουν αν αυτές οι απόψεις είναι επιστημονικά αποδεκτές. Η απόκριση του λογισμικού είναι ειδικά σχεδιασμένη ώστε να καθοδηγήσει τη σκέψη των παιδιών στην κατανόηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης του πάγου από στερεό σε υγρό (πειραματικό επίπεδο).

Στη συνέχεια προτείνεται συζήτηση στην τάξη.

4. ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

α) *Σχολιάστε στην τάξη τις απαντήσεις στις ερωτήσεις σας σε σχέση με τις αποκρίσεις του λογισμικού.*

β) *Πώς χρησιμοποιείται η προσφερόμενη Θερμότητα κατά την διάρκεια τήξης του πάγου;*

Ακολουθεί ατομική εργασία με την οποία τα παιδιά καλούνται:

ι) να καταγράψουν το συμπέρασμα στο οποίο έχουν καταλήξει σχετικά με το τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης από πάγο σε νερό όταν αυτός θερμαίνεται και πώς αυτό ερμηνεύεται,

ii) να διατυπώσουν έναν ορισμό για την έννοια της θερμότητας,

iii) να εκφράσουν γραπτώς τη γνώμη τους αν θεωρούν ότι η θερμότητα και η θερμοκρασία είναι το ίδιο και να το εξηγήσουν.

5. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α) *Γράψε το συμπέρασμά σου για το τι συμβαίνει κατά την διάρκεια αλλαγής φάσης από πάγο σε νερό, όταν αυτό θερμαίνεται, και πώς αυτό ερμηνεύεται;*

β) *Με βάση τα παραπάνω, τι ορισμό θα έδινες για τη Θερμότητα;*

γ) *Κατά την άποψή σου η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο;
Εξήγησε γιατί*

Οι δύο τελευταίες δραστηριότητες έχουν δύο στόχους:

Μέσα από τη διατύπωση και καταγραφή του συμπεράσματος στο οποίο τα παιδιά καταλήγουν έπειτα από συζήτηση, σχετικά με την περιγραφή και ερμηνεία του φαινομένου της τήξης του πάγου:

ι) Να οδηγηθούν στη διατύπωση ενός δεύτερου ορισμού για τη θερμότητα (ως «κάτι» αλλαγή φυσικής κατάστασης - πειραματικό επίπεδο και ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων του σώματος - σωματιδιακό επίπεδο).

ii) Να οδηγηθούν στην διαφοροποίηση της έννοιας της θερμότητας από την έννοια της θερμοκρασίας στο πειραματικό επίπεδο και να το καταγράψουν, επικεντρώνοντας στην παρατήρηση ότι όσο διαρκεί η αλλαγή φάσης, ενώ αυξάνεται η προσφερόμενη θερμότητα η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

Δ. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν:

- **αρχικό ερωτηματολόγιο** (pre-test) που περιελάμβανε ανοικτού και κλειστού τύπου ερωτήσεις καθώς και σχεδιαστικά έργα το οποίο παρουσιάζεται στο παράρτημα II.

Στο ερωτηματολόγιο αυτό απάντησαν τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό, τα παιδιά της Α΄ τάξης Γυμνασίου που δεν είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα καθώς και τα παιδιά της Β΄ τάξης Γυμνασίου που είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα παραδοσιακά, προκειμένου να διερευνηθούν οι αναπαραστάσεις τους σχετικά με τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής μεταλλικής σφαίρας και της τήξης του πάγου καθώς και οι αντιλήψεις τους για τις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία και τη διαφοροποίησή τους.

- **Τελικό ερωτηματολόγιο** (post-test), ίδιο με το αρχικό στο οποίο απάντησαν τα παιδιά της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού, προκειμένου να εντοπιστούν αλλαγές στις αρχικές αντιλήψεις των παιδιών αυτών στα σχετικά θέματα και έτσι να αξιολογηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης του λογισμικού.

Το περιεχόμενο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Η επιλογή των ερωτήσεων και των σχεδιαστικών έργων σχετίζεται με τους στόχους της έρευνας και για το σχεδιασμό τους ελήφθησαν υπόψη οι αρχικές ιδέες των παιδιών και οι δυσκολίες στα σχετικά θέματα όπως αναφέρθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση στο 1^ο κεφάλαιο.

Ειδικότερα:

⇒Βιβλιογραφικά δεδομένα αναδεικνύουν ότι επικρατεί σύγχυση στις απόψεις των παιδιών για τη μάζα και τον όγκο θερμαινόμενου στερεού (Driver, Squires et al., 1998) καθώς και ότι τα παιδιά έχουν μεγάλες δυσκολίες να ερμηνεύσουν τι συμβαίνει στη μάζα και στον όγκο θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας με τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου δομής της ύλης (Σταυρίδου, 1995, Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Παπαδημητρίου, 1999).

Με βάση τα δεδομένα αυτά στη πρώτη ομάδα ερωτήσεων ζητάμε από τα παιδιά να φανταστούν ότι εκτελούν πείραμα κατά το οποίο ζυγίζουν μεταλλική σφαίρα πριν και μετά την θέρμανσή της. Με στόχο την διερεύνηση των αναπαραστάσεων των παιδιών για το τι συμβαίνει στη μάζα και στον όγκο της θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας στο πειραματικό επίπεδο, αρχικά τους ζητάμε τη γνώμη τους για τις ενδείξεις της ζυγαριάς, να δικαιολογήσουν αυτή τη γνώμη καθώς και να σχεδιάσουν τη σφαίρα πριν και μετά τη θέρμανσή της στον κενό χώρο που προβλέπεται στο χαρτί.

Ερώτηση 1

α) Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχουμε μία μεταλλική σφαίρα και τη ζυγίζουμε. Μετά την θερμαίνουμε για αρκετή ώρα και την ξαναζυγίζουμε.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί;

- i) Οι ενδείξεις της ζυγαριάς πριν και μετά τη θέρμανση θα είναι ίδιες;*
- ii) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μικρότερη;*
- iii) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μεγαλύτερη;*
- iv) Άλλο (τι;)*

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....

β) Σχεδίασε τη μεταλλική σφαίρα πριν και μετά την θέρμανση.

ΠΡΙΝ

ΜΕΤΑ

Στην ίδια ερώτηση με στόχο τη διερεύνηση των αναπαραστάσεων των παιδιών για το τι συμβαίνει στη μάζα και στον όγκο της θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας στο σωματιδιακό επίπεδο, τους ζητάμε να σχεδιάσουν τα σωματίδια της σφαίρας πριν τη θέρμανση και μετά, καθώς και να διατυπώσουν και να δικαιολογήσουν την άποψή τους σχετικά με το αν τα σωματίδια της σφαίρας κινούνται ή είναι ακίνητα πριν τη θέρμανσή της και μετά την θέρμανσή της.

Ερώτηση 1

γ) Σχεδίασε τι συμβαίνει στα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας πριν τη θέρμανση και μετά.

ΠΡΙΝ

ΜΕΤΑ

δ) Πιστεύεις ότι τα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας, πριν τη θέρμανση είναι:

- i) Εντελώς ακίνητα* *ή* *ii) Κινούνται*

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

.....
.....
ε) Όταν θερμάνουμε τη μεταλλική σφαίρα, τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στα σωματίδια;

.....
.....
⇒ Με έρευνες έχει διαπιστωθεί ότι τα παιδιά δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη σταθερότητα της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης. Θεωρούν ότι όταν προσφέρεται θερμότητα αυξάνεται πάντα η θερμοκρασία του σώματος (Driver, et al., 1993, Laburu & Niaz, 2002). Αυτή η δυσκολία σχετίζεται με τη δυσκολία στη χρήση σωματιδιακού μοντέλου για την ερμηνεία των φαινομένων της αλλαγής φάσης (Hatzinikita & Kokkotas, 1994, Σταυρίδου, 1995).

Βασισμένοι στα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα στη δεύτερη ομάδα ερωτήσεων ζητάμε από τα παιδιά να φανταστούν ότι θερμαίνουν ένα κομμάτι πάγο σε δοχείο πάνω στο μάτι της κουζίνας. Με στόχο τη διερεύνηση των αναπαραστάσεων των παιδιών για το φαινόμενο της τήξης του πάγου στο πειραματικό επίπεδο τους ζητάμε αρχικά να καταγράψουν τι νομίζουν ότι θα παρατηρήσουν και στη συνέχεια να εκφράσουν τη γνώμη τους για τις ενδείξεις ενός θερμομέτρου που τοποθετείται μέσα στο δοχείο με τον πάγο.

Ερώτηση 2

α) Φαντάσου ότι κάνεις ένα δεύτερο πείραμα:

Τοποθετείς ένα κομμάτι πάγο σε δοχείο και το θερμαίνεις για αρκετή ώρα στο μάτι της κουζίνας.

Τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσεις;

.....
.....
β) Έστω ότι μέσα στο δοχείο με τον πάγο τοποθετούμε και ένα θερμοόμετρο. Όση ώρα το δοχείο είναι πάνω στο μάτι της κουζίνας, μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και να γίνει νερό, τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσουμε στο θερμοόμετρο;

.....
.....
Στην ίδια ερώτηση με στόχο να διερευνήσουμε τις απόψεις των παιδιών για το φαινόμενο της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο τους ζητάμε να εκφράσουν τη γνώμη τους για το τι συμβαίνει στα σωματίδια του πάγου καθώς θερμαίνεται και να κάνουν ένα σχήμα για να εξηγήσουν τη σκέψη τους.

Ερώτηση 2

γ) Καθώς το δοχείο με το κομμάτι του πάγου θερμαίνεται τι συμβαίνει κατά την άποψή σου στα σωματίδια του πάγου;

.....
.....
Κάνε ένα σχήμα για να εξηγήσεις τις σκέψεις σου.

⇒ Όπως έχουμε αναφέρει στο 1^ο κεφάλαιο οι έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία συνοδεύονται με πλήθος εναλλακτικών ιδεών (Driver et al., 1993, Driver, Squires et al., 1998, Thomaz, Malaquias et al., 1995, Wisser & Amin, 2001, Laburu & Niaz, 2002, Paik, Kim et al., 2004).

Με στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών για τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία με την τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου ζητάμε να εκφράσουν τη γνώμη τους για τις έννοιες αυτές.

3. Τι είναι για σένα Θερμότητα και τι Θερμοκρασία;

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

⇒ Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ανέδειξε επίσης πολλές δυσκολίες στη διάκριση των εννοιών Θερμότητας και Θερμοκρασίας (Wisser & Carey, 1983, Driver et al., 1993, Thomaz, Malaquias et al., 1995, Arnold & Millar, 1996, Driver, Squires et al., 1998, Harisson et al., 1999, Laburu & Niaz, 2002, Paik, Kim et al., 2004).

Με στόχο να διερευνήσουμε αν τα παιδιά θεωρούν ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο και πως δικαιολογούν την άποψή τους με την τελευταία ερώτηση του ερωτηματολογίου ζητάμε να εκφράσουν τη γνώμη τους ακριβώς για το θέμα αυτό.

*4. Νομίζεις ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο;
Δικαιολόγησε την απάντησή σου.*

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

E. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Τον Απρίλιο του 2005, τα 20 παιδιά της Β΄ τάξης του 2^{ου} Γυμνασίου του Βόλου, που αποτέλεσαν την **πειραματική ομάδα** αρχικά κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς και ανώνυμα στο **αρχικό ερωτηματολόγιο (pre-test)**. Η διαδικασία διήρκησε μία διδακτική ώρα και παρούσες ήταν η ερευνήτρια και η καθηγήτρια Πληροφορικής.

Στο ίδιο ερωτηματολόγιο την ίδια εβδομάδα, κατά την διάρκεια μιας διδακτικής ώρας με την παρουσία της ερευνήτριας και της καθηγήτριας της Φυσικής, κλήθηκαν να απαντήσουν οι 20 μαθητές/ριες της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που δεν είχαν διδαχθεί σχετικά θέματα καθώς και οι 20 μαθητές/ριες της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που είχαν διδαχθεί τις δύο ενότητες παραδοσιακά όπως περιγράφονται

στο 1^ο κεφάλαιο (δηλαδή είχαν παρακολουθήσει στην τάξη τους την παράδοση της αντίστοιχης θεωρίας και στο εργαστήριο Φυσικής την επίδειξη, από την καθηγήτριά τους, των δύο πειραμάτων).

Μία εβδομάδα μετά, **στην πειραματική ομάδα ακολούθησε η διδασκαλία** των θεματικών ενοτήτων «Διαστολή στερεών – θερμική διαστολή μεταλλικής σφαίρας» και «Αλλαγή φυσικής κατάστασης – τήξη πάγου» με τη χρήση των αντίστοιχων σεναρίων του λογισμικού και των συνοδευτικών φύλλων εργασίας, διάρκειας 4 ωρών, σε 2 εβδομάδες (συνεχόμενο δίωρο για κάθε σενάριο).

Η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού πραγματοποιήθηκε σε ένα σύγχρονο μαθησιακό περιβάλλον που διαμορφώθηκε στο εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου. Δόθηκε στα παιδιά ατομικό φυλλάδιο εργασίας και κάθισαν ανά δύο κάθισαν μπροστά σε έναν υπολογιστή όπου είχε εγκατασταθεί εκ των προτέρων το λογισμικό.

(Πριν αρχίσει το πρώτο δίωρο της διδασκαλίας, διατέθηκε μία διδακτική ώρα για να εξοικειωθούν τα παιδιά με το περιβάλλον του λογισμικού).

Σημαντική ήταν η βοήθεια της καθηγήτριας της Πληροφορικής του σχολείου που περιφερόταν ανάμεσα στα παιδιά και τους βοηθούσε σε τεχνικά προβλήματα.

Δυο εβδομάδες μετά, τα παιδιά της **πειραματικής ομάδας** κλήθηκαν να απαντήσουν στο **τελικό ερωτηματολόγιο (post-test)**, κατά τη διάρκεια μίας διδακτικής ώρας με την παρουσία της ερευνήτριας και της καθηγήτριας της Πληροφορικής του σχολείου.

ΣΤ. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα ερωτηματολόγια καταγράφηκαν μεθοδικά όλες οι απαντήσεις των παιδιών και δημιουργήθηκε μία βοηθητική σχάρα παρατήρησης. Οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν και υπολογίστηκαν οι συχνότητες με τις οποίες εμφανίζεται κάθε μία από τις κατηγορίες πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού. Η ίδια διαδικασία ακολούθηθηκε και για τα σχήματα (αναλύθηκαν, κατηγοριοποιήθηκαν και υπολογίστηκαν οι συχνότητες εμφάνισης της κάθε κατηγορίας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ ΣΤΟ

ΑΡΧΙΚΟ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των απαντήσεων όλων των παιδιών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου καθώς και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των σχεδίων που ζωγράρισαν. Επιλέξαμε επίσης ενδεικτικές ζωγραφιές μαθητών/τριων όπου εκφράζουν τη σκέψη τους.

Για κάθε ερώτηση αφού αναφέρουμε ποια θεωρούμε σωστή και πλήρη απάντηση παρουσιάζουμε σε πίνακα τις απαντήσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό και ακολουθούν οι συγκρίσεις.

Για κάθε ερώτηση, οι απαντήσεις των 20 παιδιών της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού, συγκρίνονται με τις απαντήσεις των 20 παιδιών της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου όπου δεν είχε πραγματοποιηθεί διδασκαλία, προκειμένου να ανιχνεύσουμε τις αρχικές τους ιδέες. Επίσης, για κάθε ερώτηση οι απαντήσεις των 20 παιδιών της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού συγκρίνονται με τις απαντήσεις των 20 παιδιών της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου όπου είχε προηγηθεί παραδοσιακή διδασκαλία προκειμένου να αξιολογηθεί η προστιθέμενη αξία της χρήσης του λογισμικού.

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΟΜΑΔΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις των παιδιών για το φαινόμενο της διαστολής μεταλλικής σφαίρας που θερμαίνεται, κλήθηκαν να απαντήσουν στα πέντε σκέλη της πρώτης ομάδας ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των απαντήσεων των παιδιών και των σχεδίων που ζωγράρισαν για κάθε σκέλος.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1^α

Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχουμε μία μεταλλική σφαίρα και τη ζυγίζουμε. Μετά την θερμαίνουμε για αρκετή ώρα και την ξαναζυγίζουμε.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί:

i) Οι ενδείξεις της ζυγαριάς πριν και μετά τη θέρμανση θα είναι ίδιες:

ii) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μικρότερη:

iii) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μεγαλύτερη:

iv) Άλλο (τι;)

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

►Ως σωστή απάντηση θεωρούμε: «Οι ενδείξεις της ζυγαριάς πριν και μετά την θέρμανση θα είναι ίδιες».

Ως σωστή και πλήρη εξήγηση θεωρούμε: «Οι ενδείξεις στη ζυγαριά θα είναι οι ίδιες διότι όταν θερμαίνουμε τη σφαίρα δεν αλλάζει η μάζα, αλλά ο όγκος λόγω της αραίωσης των μορίων εξαιτίας της πιο έντονης κίνησής τους»

►Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Απαντήσεις παιδιών σχετικά με τις ενδείξεις ζυγαριάς πριν και μετά την θέρμανση μεταλλικής σφαίρας (Ερώτηση 1^α)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΟΜΑΔΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ N=20	
	Π ρ ι ν Την διδασκαλία	Μ ε τ ά Την διδασκαλία
Ένδειξη ζυγαριάς μετά την θέρμανση μεγαλύτερη	7	1
Ένδειξη ζυγαριάς μετά την θέρμανση μικρότερη		
Ένδείξεις ζυγαριάς πριν και μετά τη θέρμανση ίδιες	11	19
Άλλο (Η σφαίρα διαστέλλεται)	2	

Παρατηρούμε ότι **στην πειραματική ομάδα πριν** τη διδασκαλία περισσότεροι από τους μισούς απαντούν σωστά ότι η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι η ίδια πριν και μετά τη θέρμανση της μεταλλικής σφαίρας (11 από τους 20 μαθητές/ριες), 7 απαντούν λανθασμένα ότι η ένδειξη θα είναι μεγαλύτερη και κανένα παιδί ότι θα είναι μικρότερη.

Οι απαντήσεις αυτές εμφανίζονται βελτιωμένες λόγω της παραδοσιακής διδασκαλίας που έχει προηγηθεί σε σχέση με τις αντίστοιχες των μαθητών/ριων της **Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου**, όπου μόνο 3 στους 20 δίνουν τη σωστή απάντηση (η ένδειξη παραμένει η ίδια) ενώ από τα υπόλοιπα παιδιά 11 θεωρούν ότι θα είναι μεγαλύτερη και 6 ότι θα είναι μικρότερη.

Στην πειραματική ομάδα **μετά τη διδασκαλία** παρατηρείται βελτίωση σε σχέση με πριν τη διδασκαλία αφού σχεδόν όλα τα παιδιά απαντούν σωστά (19 μαθητές/ριες σε σύνολο 20). Συγκρίνοντας αυτές τις απαντήσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας με τις αντίστοιχες των μαθητών/ριων της **Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου** που έχουν διδαχθεί παραδοσιακά παρουσιάζεται επίσης βελτίωση, εφόσον οι μισοί μόνο από αυτούς (10/20) απάντησαν σωστά ότι η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι η ίδια ενώ 8 απάντησαν ότι θα είναι μεγαλύτερη και 2 μικρότερη.

Είναι φανερό ότι η συμπληρωματική διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού είχε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία εφόσον σχεδόν όλα τα παιδιά απάντησαν σωστά.

Στη συνέχεια στο ίδιο ερώτημα ζητήθηκε από τους/ις μαθητές/ριες να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.

Οι εξηγήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία στις δύο βασικές κατηγορίες απάντησης, φαίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Εξηγήσεις παιδιών ίδιας και μεγαλύτερης ένδειξης στη ζυγαριά μετά τη θέρμανση της μεταλλικής σφαίρας (Ερώτηση 1^α)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΞΗΓΗΣΕΙΣ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
		Π ρ ι ν Τη διδασκαλία	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία
Ένδειξεις ζυγαριάς πριν και μετά τη θέρμανση ίδιας (Πριν τη διδασκαλία N=11 Μετά τη διδασκαλία N=19)	Όταν θερμαίνουμε τη σφαίρα δεν αλλάζει η μάζα, αλλά ο όγκος λόγω της αραίωσης των μορίων εξαιτίας της πιο έντονης κίνησής τους		5
	Το βάρος δεν αλλάζει αλλά μόνο ο όγκος εξαιτίας της κίνησης των σωματιδίων		1
	Όταν θερμάνουμε τη σφαίρα η μάζα μένει ίδια και αλλάζει ο όγκος	10	10
	Αλλάζει ο όγκος των σωματιδίων αλλά όχι ο αριθμός των μορίων		1
	Αόριστες εξηγήσεις		2
	Δεν δίνεται καμία εξήγηση	1	
Ένδειξη ζυγαριάς μετά την θέρμανση μεγαλύτερη (Πριν τη διδασκαλία N=7 Μετά τη διδασκαλία N=1)	Η σφαίρα διαστέλλεται και αυξάνεται και το βάρος της.	3	1
	Όταν το αντικείμενο θερμαίνεται ζυγίζει περισσότερο	2	
	Η σφαίρα διαστέλλεται και θερμαίνονται τα μόρια	1	
	Η θερμότητα θα μπει στη σφαίρα και θα μεγαλώσει	1	

Στον πίνακα αυτόν για κάθε κατηγορία απάντησης οι εξηγήσεις παρουσιάζονται ιεραρχικά από τις πιο ολοκληρωμένες προς τις ελλιπέστερες.

Όπως παρατηρούμε στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία από τις 11 σωστές απαντήσεις για την ίδια ένδειξη στη ζυγαριά, οι 10 μαθητές/ριες δίνουν την εξήγηση ότι η ένδειξη είναι ίδια διότι όταν θερμάνουμε τη σφαίρα η μάζα μένει η ίδια και αλλάζει ο όγκος. Η απάντηση αυτή αποτελεί σωστή μεν αλλά όχι πλήρη εξήγηση εφόσον συνδέεται μόνο με τις παρατηρήσεις των πειραμάτων – πειραματικό επίπεδο επίπεδο, χωρίς αναφορά για το τι συμβαίνει στα σωματίδια. Κανένας μαθητής ή μαθήτρια δεν δίνει σωστή και πλήρη απάντηση.

Από τις εξηγήσεις των παιδιών της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που αφορούν στις 3 σωστές απαντήσεις τους για την ένδειξη της ζυγαριάς, μόνο η μία προσεγγίζει μια ολοκληρωμένη ερμηνεία καθώς αναφέρεται τόσο στο πειραματικό όσο και στο σωματιδιακό επίπεδο, ενώ οι άλλες δύο είναι ελλιπείς εφόσον δίνουν εξηγήσεις που σχετίζονται μόνο με το πειραματικό επίπεδο.

Στην **πειραματική ομάδα μετά την διδασκαλία**, από τις 19 σωστές απαντήσεις οι 5 είναι σωστές και πλήρεις εξηγήσεις ότι η ένδειξη είναι ίδια διότι όταν θερμαίνουμε τη σφαίρα δεν αλλάζει η μάζα, αλλά ο όγκος λόγω της αραίωσης των μορίων εξαιτίας της πιο έντονης κίνησης τους, όπου η εξήγηση για το τι συμβαίνει πειραματικά δίνεται με την περιγραφή του τι συμβαίνει στα σωματίδια, λαμβάνοντας υπόψη το σωματιδιακό μοντέλο για τη δομή της ύλης. Η απάντηση ενός μαθητή ότι *«το βάρος δεν αλλάζει αλλά μόνο ο όγκος από την κίνηση των σωματιδίων»* είναι μεν επιστημονικά αποδεκτή, αφού εμπεριέχει εξήγηση σε πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο, αλλά δεν είναι πλήρης εφόσον δεν γίνεται αναφορά στην αύξηση της ταχύτητας κίνησης των σωματιδίων και την αραίωσή τους. Από τα υπόλοιπα παιδιά τα 10 δίνουν αποδεκτή μεν αλλά ελλιπή εξήγηση σε πειραματικό επίπεδο μόνο, εφόσον γράφουν *«όταν θερμαίνουμε τη σφαίρα η μάζα μένει ίδια και αλλάζει ο όγκος»* και έχουμε 1 λανθασμένη εξήγηση *«αλλάζει ο όγκος των σωματιδίων και όχι ο αριθμός των μορίων»*, όπου αποδίδεται στα σωματίδια μακροσκοπική ιδιότητα, και 2 αόριστες εξηγήσεις.

Όσον αφορά τις ερμηνείες των **των μαθητών/ριων της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που διδάχθηκαν παραδοσιακά** ανάμεσα στις 10 σωστές απαντήσεις για την ίδια ένδειξη στη ζυγαριά έχουμε 9 σωστές μεν αλλά όχι πλήρεις εξηγήσεις αναφερόμενες μόνο στο πειραματικό επίπεδο και 1 μόνο εξήγηση που προσεγγίζει μία ολοκληρωμένη διατύπωση.

Όσον αφορά την **λανθασμένη απάντηση** ότι δηλαδή η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι μεγαλύτερη μετά την θέρμανση της σφαίρας, που δίνουν 7 παιδιά της **πειραματικής ομάδας πριν την διδασκαλία** όπως (φαίνεται στον Πίνακα 2), τα 3 από αυτά δίνουν εξήγηση σε πειραματικό επίπεδο και πιστεύουν λανθασμένα ότι *«όταν η σφαίρα διαστέλλεται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος της, αυξάνεται και το βάρος της»* συγχέουν δηλαδή τη μάζα και τον όγκο, τα 2 δίνουν εξήγηση *«αν το αντικείμενο θερμαίνεται ζυγίζει περισσότερο»* όπου φαίνεται η σύγχυση αύξησης θερμοκρασίας με αύξηση μάζας, και τα άλλα 2 στην ουσία δεν δίνουν εξηγήσεις και αναφέρονται

αόριστα στην αύξηση του όγκου: *«η σφαίρα διαστέλλεται και θερμαίνονται τα μόρια», «η θερμότητα θα μπει στη σφαίρα και θα μεγαλώσει»*

Στην πλειοψηφία των εξηγήσεων που δίνονται από τους/ις **μαθητές/ριες της Α΄ τάξης για την** ίδια λανθασμένη απάντηση (μεγαλύτερη ένδειξη στη ζυγαριά μετά τη θέρμανση της σφαίρας) επικρατεί σύγχυση μάζας και όγκου (8/11). Στις υπόλοιπες 3 ερμηνείες διαπιστώνεται επίσης σύγχυση μάζας και όγκου αλλά και σύγχυση ανάμεσα στην αύξηση της θερμοκρασίας και την αύξηση της μάζας, καθώς και η σύγχυση πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου: *«με τη θέρμανση τα μόρια πολλαπλασιάζονται και αυξάνεται ο όγκος», «τα σωματίδια διαστέλλονται και σκορπούν».*

Στην **πειραματική ομάδα, μετά τη διδασκαλία** ένας μόνο μαθητής απαντά ότι η ένδειξη της ζυγαριάς μεγαλώνει και εξηγεί αναφερόμενος στο πειραματικό επίπεδο: *«αυξάνεται το βάρος επειδή αυξάνεται ο όγκος»*, όπου διαπιστώνεται η σύγχυση μάζας και όγκου. Ανάμεσα στις 8 απαντήσεις των μαθητών/ριων **της Β΄ Γυμνασίου του 5^{ου} Γυμνασίου** που θεωρούν ότι η ένδειξη της ζυγαριάς είναι μεγαλύτερη, οι 7 δίνουν παρόμοιες εξηγήσεις.

Παρατηρώντας τον Πίνακα 1 διαπιστώνουμε ότι την εναλλακτική άποψη ότι η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι μικρότερη μετά τη θέρμανση της σφαίρας δεν την έχει κανείς από τους μαθητές/ριες της πειραματικής ομάδας.

Επεξεργαζόμενοι όμως τις απαντήσεις των **μαθητών της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου** διαπιστώσαμε ότι 6 από τους 20 έχουν αυτή την άποψη και δίνουν μια ποικιλία εξηγήσεων όπου κυριαρχεί η γενικότερη σύγχυση πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου, καθώς και η σύγχυση μάζας και όγκου. Ενδεικτικές εξηγήσεις είναι: *«η σφαίρα ζεσταίνεται και μικραίνει», «με τη θερμότητα η σφαίρα αρχίζει να λιώνει και οι διαστάσεις μικραίνουν», «τα σωματίδια με την θέρμανση μεγαλώνουν και χάνουν τη σύσταση που είχαν πριν- γίνονται πιο ελαφριά».*

Επίσης **2 από τους/ις μαθητές/ριες της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου** θεωρούν ότι η ένδειξη της ζυγαριάς είναι μικρότερη γιατί *«η σφαίρα ζεσταίνεται και μικραίνει».* Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι σχετικά με τη σωστή απάντηση (ίδια ένδειξη στη ζυγαριά) καθώς και μία ολοκληρωμένη εξήγησή της, η διδασκαλία στην πειραματική ομάδα με τη χρήση του λογισμικού και τα κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα εργασίας, είχε πολύ καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1^β

Σχεδιάσε τη μεταλλική σφαίρα πριν τη θέρμανση και μετά.

➤Ως σωστή αναπαράσταση θεωρούμε τη σχεδίαση δύο κύκλων, ένας πριν τη θέρμανση και ένας μετά τη θέρμανση μεγαλύτερου μεγέθους από τον αρχικό.

➤Από την ανάλυση αυτών των σχεδίων διαπιστώσαμε ότι η πλειοψηφία των παιδιών και στα τέσσερα τμήματα αναπαριστούν τη σφαίρα με έναν κύκλο, όσο δε για το μέγεθος του κύκλου, οι συχνότητες των παιδιών της πειραματικής ομάδας που σχεδίασαν μεγαλύτερο, μικρότερο και ίδιο μέγεθος για τον κύκλο πριν και μετά τη διδασκαλία, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Μέγεθος της σφαίρας πριν και μετά την θέρμανσή της από τα σχέδια των παιδιών (Ερώτηση 1^β)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ		
Σχεδιάζεται	Π ρ ι ν Τη διδασκαλία (N=17)	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία (N=20)
Μεγαλύτερο μέγεθος σφαίρας μετά τη θέρμανση	13	20
Μικρότερο μέγεθος σφαίρας μετά τη θέρμανση	2	

Παρατηρούμε ότι στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία είχαμε 4 λανθασμένες απαντήσεις (μικρότερο ή ίδιο μέγεθος), σε σύνολο 17 (3 παιδιά δεν σχεδιάζουν), ενώ ανάμεσα στις απαντήσεις των μαθητών/ριων της Α' τάξης είχαμε 7 λανθασμένες απαντήσεις σε σύνολο 20.

Μετά τη διδασκαλία στην πειραματική ομάδα δεν είχαμε καμιά λανθασμένη απάντηση, ενώ τα 5 από τα 20 παιδιά της Β' τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου είχαν λανθασμένες απαντήσεις.

Οι συχνότητες είναι ενδεικτικές ότι με τη χρήση του λογισμικού έχουμε καλύτερα αποτελέσματα ως προς την κατανόηση της διαστολής, σε πειραματικό επίπεδο.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1'

Σχεδιάσε τι συμβαίνει στα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας πριν τη θέρμανση και μετά.

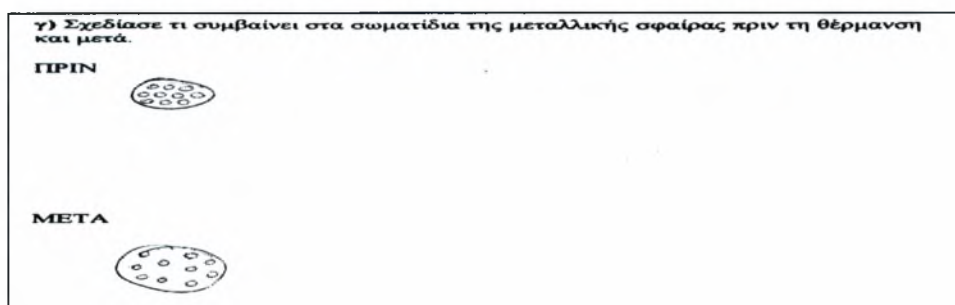
►Ως σωστή αναπαράσταση θεωρούμε ζωγραφιές όπου εμφανίζονται ομοιόμορφα κατανεμημένα ίδιου μεγέθους και ίδιου πλήθους σφαιρικά σωματίδια σε δύο κύκλους, έναν που αναπαριστά τη σφαίρα πριν τη θέρμανσή της και έναν μεγαλύτερο που αναπαριστά τη σφαίρα μετά τη θέρμανσή της, όπου τα σωματίδια είναι σχεδιασμένα σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

►Η μελέτη των σχεδίων όλων των μαθητών/ριων επέτρεψε να διαπιστώσουμε:

Σε σύνολο 18 σχεδίων των παιδιών της **πειραματικής ομάδας πριν** τη διδασκαλία με το λογισμικό έχουμε μόνο μία σωστή αναπαράσταση ως προς τα χαρακτηριστικά: ποιότητα σωματιδίων, μέγεθος, πλήθος, πυκνότητα, και κατανομή σωματιδίων. Επίσης μία σωστή αναπαράσταση είχαμε και ανάμεσα στα 20 σχέδια των παιδιών της **A' τάξης**.

Στην **πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία** με το λογισμικό παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση εφόσον **περισσότεροι από τους μισούς (11/20), σχεδίασαν σωστές αναπαραστάσεις** (βλ. σχήμα 1), εν αντιθέσει με τα παιδιά της **B' τάξης** του 5^{ου} Γυμνασίου που διδάχθηκαν παραδοσιακά όπου ανάμεσα στα 19 σχήματα βρέθηκαν 3 ικανοποιητικές αναπαραστάσεις.

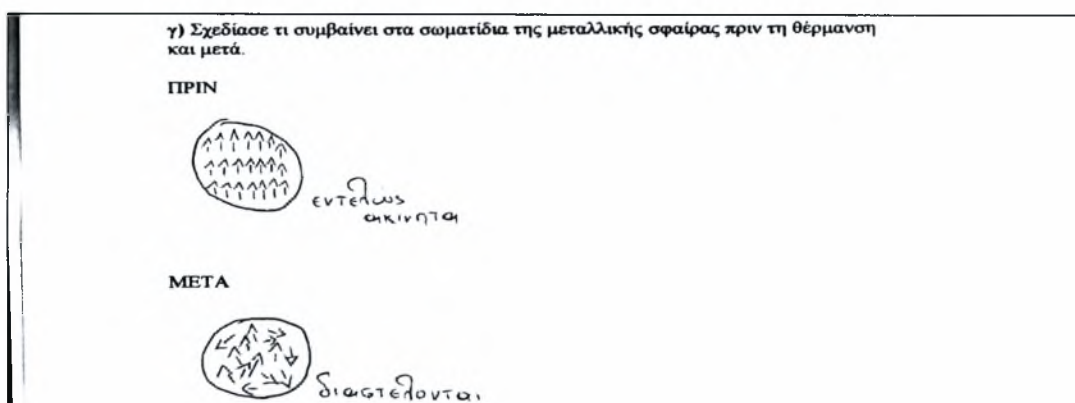
Οι παραπάνω συχνότητες δείχνουν ότι η επιπλέον διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού βοηθάει τα παιδιά να διαμορφώσουν σωστές αναπαραστάσεις για το φαινόμενο της διαστολής στο σωματιδιακό επίπεδο.



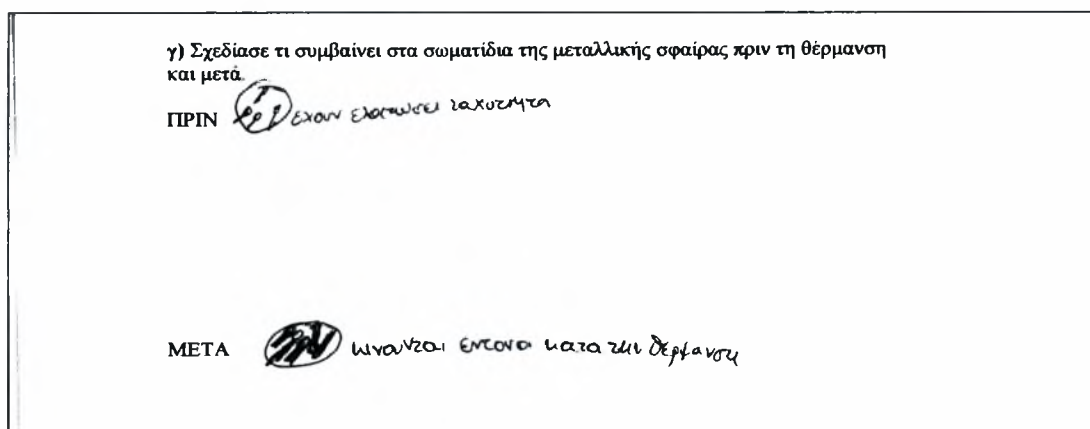
Σχήμα 1: Σωστή αναπαράσταση του φαινομένου της διαστολής μεταλλικής σφαίρας στο σωματιδιακό επίπεδο από μαθητή της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό

Αναλυτικότερα:

▪ Από την **ανάλυση των σχεδίων** που αφορούν την άποψη των παιδιών σχετικά με την **ποιότητα του σχήματος των σωματιδίων** παρατηρούμε, ότι από την πλειοψηφία των μαθητών/ριων σχεδιάζονται σαν μικρά σφαιρίδια εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις όπως δύο σχήματα στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία όπου τα σωματίδια σχεδιάστηκαν σαν βελάκια → (βλ.σχήμα 2), ή σαν «γυρίνου» (βλ. σχήμα 3).

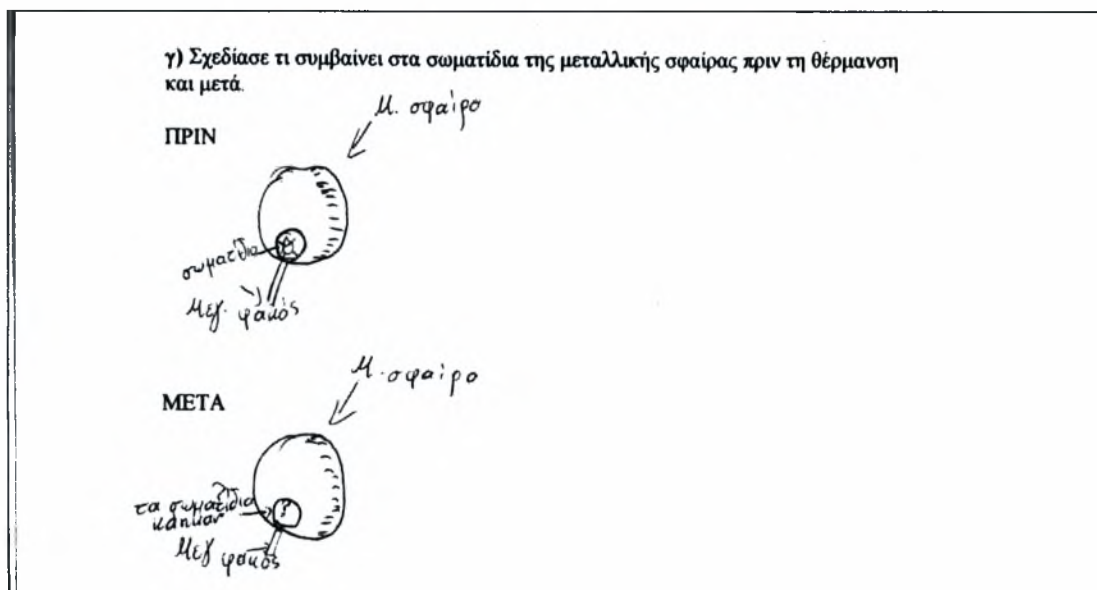


Σχήμα 2: Εναλλακτική αναπαράσταση των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας με μορφή βέλους από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό



Σχήμα 3: Εναλλακτική αναπαράσταση των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας με μορφή γυρίνου από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό

Ενδιαφέρον παρουσίασε μία αναπαράσταση σωματιδίου σαν μήκυτας από έναν μαθητή της Α΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου (βλ.σχήμα 4).



Σχήμα 4: Εναλλακτική αναπαράσταση σωματιδίου θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας ως μήκυτα από μαθητή της Α΄ τάξης Γυμνασίου

▪ Από την ανάλυση των σχεδίων ως προς το μέγεθος των σωματιδίων, τον αριθμό και την πυκνότητα τους παρουσιάζουμε στον Πίνακα 4 τις συχνότητες εμφάνισης των σχετικών χαρακτηριστικών από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας, πριν και μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό.

Πίνακας 4: Μέγεθος, αριθμός, πυκνότητα σωματιδίων σφαίρας πριν και μετά τη θέρμανσή της από τα σχέδια των παιδιών (Ερώτηση 1^η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
		Πριν Τη διδασκαλία (N=17)	Μετ ά Τη διδασκαλία (N=20)
Σχεδιάζεται:			
ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	Ίδιο μέγεθος πριν και μετά τη θέρμανση	11	18
	Μεγαλύτερο μέγεθος μετά τη θέρμανση	6	2
	Μικρότερο μέγεθος μετά τη θέρμανση		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	Ίδιος μετά τη θέρμανση	5	17
	Μεγαλύτερος μετά τη θέρμανση	3	1
	Μικρότερος μετά τη θέρμανση	5	1
	Απροσδιόριστος	4	1
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	Σωματίδια ζωγραφισμένα αραιότερα μετά την θέρμανση	7	17
	Σωματίδια ζωγραφισμένα πυκνότερα μετά την θέρμανση	3	
	Σωματίδια ζωγραφισμένα στις ίδιες αποστάσεις μετά την θέρμανση	7	3

1. Σχετικά με το μέγεθος των σωματιδίων

Ένδεκα στους 17 μαθητές/ριες της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό σχεδίασαν σωματίδια ίδιου μεγέθους πριν και μετά τη θέρμανση και περίπου ο ίδιος αριθμός παιδιών της Α΄ τάξης (13/20).

Μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό στην πειραματική ομάδα σχεδόν όλα τα παιδιά σχεδίασαν σωματίδια ίδιου μεγέθους πριν και μετά τη θέρμανση (18/20). Παρατηρούμε δηλαδή βελτίωση στις απόψεις των παιδιών, σε σχέση με τις απόψεις τους πριν τη διδασκαλία, αλλά και σε σχέση με τις απόψεις των μαθητών/ριών της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου από τους οποίους περίπου οι μισοί/ες (10 στους/ις 19) σχεδίασαν ίδιο μέγεθος στα σωματίδια. Αξιοσημείωτο είναι ότι μικρότερο μέγεθος σωματιδίων μετά τη θέρμανση δεν σχεδιάζουν οι μαθητές/ριες, εκτός από την περίπτωση του μαθητή της Α΄ Γυμνασίου που αντιλαμβάνεται το σωματίδιο ως μύκητα που με την θέρμανση καίγεται. Αντίθετα σχεδιάζουν μεγαλύτερο μέγεθος σωματιδίων μετά τη θέρμανση 6 στα 17 παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία, και περίπου ο ίδιος αριθμός (6/20) από τα παιδιά της Α΄ τάξης. Τα αποτελέσματα μετά τη διδασκαλία στην πειραματική ομάδα παρουσιάζονται βελτιωμένα εφόσον μόνο 2/20 παιδιά σχεδιάζουν μεγαλύτερα τα σωματίδια, βελτίωση που ενισχύεται συγκρίνοντας αυτές τις απαντήσεις με τις αντίστοιχες των παιδιών της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου όπου 9 στα 19 τα σχεδιάζουν μεγαλύτερα.

Από τις συχνότητες φαίνεται ότι **αρκετοί μαθητές θεωρούν ότι με την θέρμανση τα σωματίδια φουσκώνουν** (βλ. σχήμα 5) εναλλακτική ιδέα σύμφωνη με τη βιβλιογραφία (Brook, Briggs, et al. 1984, Anderson, 1990, Driver, et al. 1993, Σταυρίδου, 1995) που δεν επηρεάζεται και πολύ με την παραδοσιακή διδασκαλία, ενώ έχουμε καλύτερα αποτελέσματα με τη χρήση του λογισμικού.



Σχήμα 5: Εναλλακτική αναπαράσταση ως προς το μέγεθος των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας (μεγαλύτερο μέγεθος μετά την θέρμανση), από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία

2. Σχετικά με τον αριθμό των σωματιδίων

Στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία λίγοι μαθητές/ριες σχεδιάζουν τον ίδιο αριθμό σωματιδίων πριν τη θέρμανση της σφαίρας και μετά (5 στους 17). Επίσης μικρός αριθμός παιδιών της Α΄ Γυμνασίου του 5^{ου} Γυμνασίου (4 στους 20), σχεδιάζουν το ίδιο πλήθος σωματιδίων.

Μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού, τα αποτελέσματα **στην πειραματική ομάδα** διαφοροποιούνται εφόσον οι περισσότεροι μαθητές/ριες (17/20) σχεδιάζουν ίδιο αριθμό σωματιδίων, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο στους/στις μαθητές/ριες της Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που διδάχθηκαν παραδοσιακά, όπου μόνο οι 7 στους 20 διατηρούν το πλήθος των σωματιδίων πριν και μετά τη θέρμανση της σφαίρας.

Η σύγκριση των συχνοτήτων είναι ενθαρρυντική όσο αφορά την αποτελεσματικότητα της καινοτομικής διδασκαλίας με το λογισμικό, στην κατανόηση της μάζας ως άθροισμα των σωματιδίων από το οποίο αποτελείται το σώμα, και η διατήρησή της όταν το σώμα διαστέλλεται μέσω της διατήρησης του αριθμού των σωματιδίων.

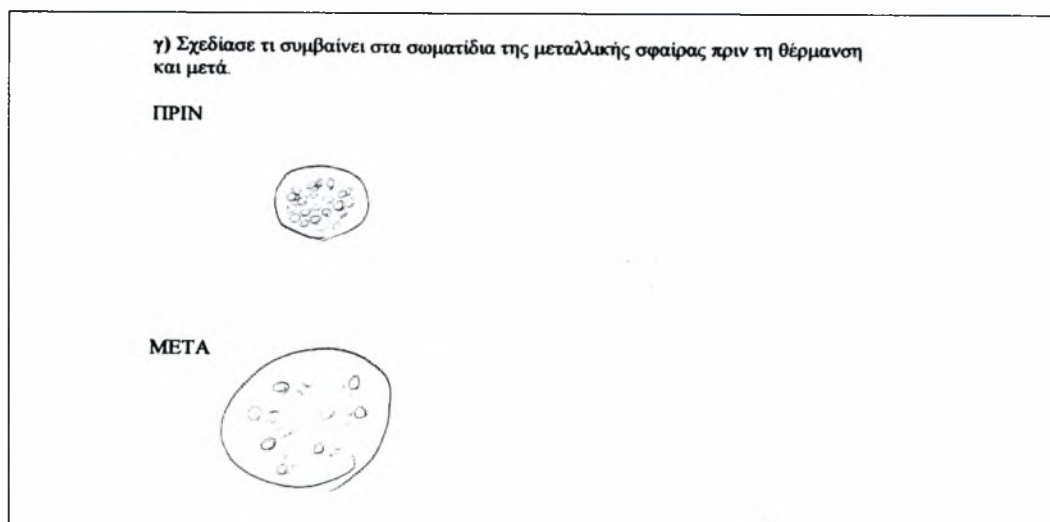
3. Σχετικά με την πυκνότητα των σωματιδίων

Στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία 7 μαθητές/ριες σε σύνολο 17 σχεδιάζουν τα σωματίδια μετά τη θέρμανση αραιότερα, ενώ **μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού** εμφανίζεται βελτίωση στα σχέδια εφόσον οι περισσότεροι μαθητές/ριες 17 σε σύνολο 20, τα σχεδιάζουν αραιότερα.

Από τους/ις 20 μαθητές της Α΄ τάξης που δεν είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα, οι 7 σχεδίασαν αραιότερα τα σωματίδια μετά την θέρμανση της σφαίρας, ενώ από τους 19 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου που διδάχθηκαν με τον παραδοσιακό τρόπο οι 10 τα σχεδίασαν αραιότερα, ένδειξη ότι η διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού βοηθά περισσότερο τους/ις μαθητές/ριες, να ερμηνεύσουν την αύξηση του όγκου στο σωματιδιακό επίπεδο.

Μελετώντας τα σχέδια των παιδιών διαπιστώσαμε ότι οι 7 μαθητές/ριες της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία, που σχεδιάζουν αραιότερα τα σωματίδια, δεν κρατούν σταθερό τον αριθμό των σωματιδίων (οι περισσότεροι σχεδίασαν μικρότερο πλήθος σωματιδίων μετά τη θέρμανση) (βλ. σχήμα 6) ενώ μετά τη

διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού και οι 17 που τα σχεδιάζουν αραιότερα κρατούν σταθερό τον αριθμό τους.



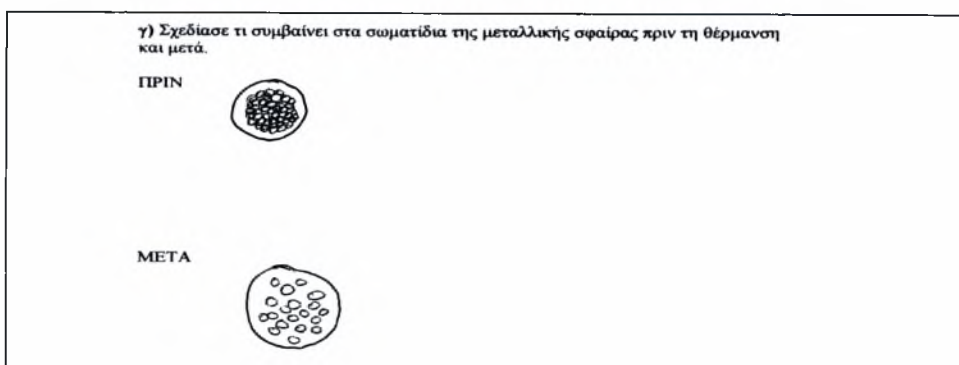
Σχήμα 6: Εναλλακτική αναπαράσταση ως προς το πλήθος των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας (λιγότερα σωματίδια μετά τη θέρμανση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία

Στο 5^ο Γυμνάσιο, από τους 7 μαθητές/ριες της **Α΄ Γυμνασίου** που σχεδίασαν αραιότερα τα σωματίδια, κανείς δεν κράτησε σταθερό αριθμό σωματιδίων μετά την θέρμανση της σφαίρας, και από τους/ις 10 μαθητές/ριες της **Β΄ Γυμνασίου** που τα σχεδίασαν αραιότερα, οι 8 δεν κράτησαν σταθερό τον αριθμό.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα παιδιά συνηθίζουν λανθασμένα ακόμα και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία, προκειμένου να δείξουν την αραιώση, να μεταβάλλουν το πλήθος των σωματιδίων.

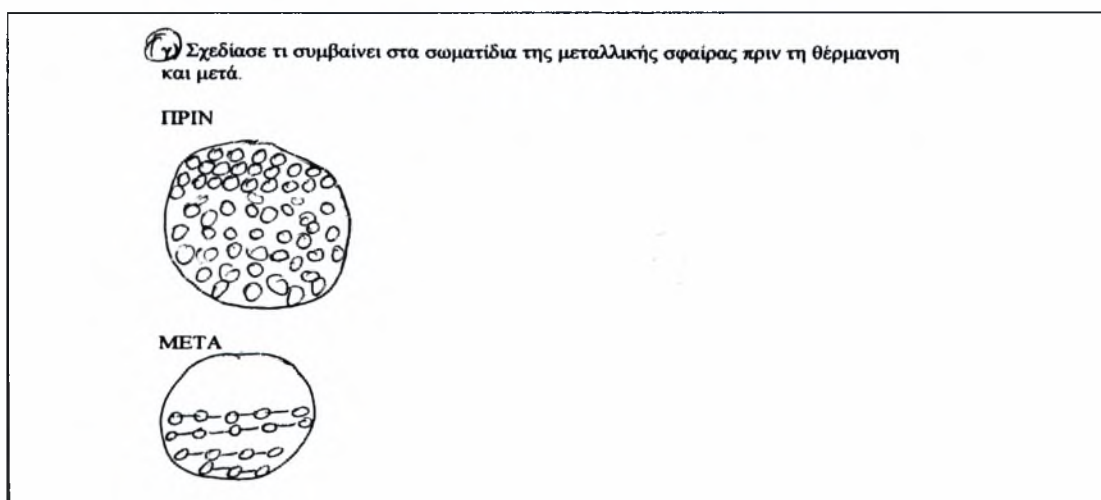
Οι συγκρίσεις των παραπάνω συχνοτήτων δείχνουν τη θετική επίδραση της χρήσης του λογισμικού σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας στη διόρθωση αυτής της εναλλακτικής αντίληψης.

- Από την ανάλυση των σχεδίων σχετικά με την κατανομή των σωματιδίων, διαπιστώσαμε ότι στην **πειραματική ομάδα, πριν τη διδασκαλία** στο σύνολο των 17 σχημάτων έχουμε 6 σχήματα όπου τα σωματίδια κατανέμονται ομοιόμορφα πριν και μετά τη θέρμανση ενώ στα υπόλοιπα έχουμε ποικιλία σχεδίασης, μεταξύ των οποίων σωματίδια σχεδιασμένα στο κέντρο πριν τη θέρμανση (βλ. σχήμα 7).



Σχήμα 7: Εναλλακτική αναπαράσταση ως προς την κατανομή των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας (σωματίδια συγκεντρωμένα στο κέντρο πριν τη θέρμανση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό

Συγκρίνοντας τα σχήματα των παιδιών της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με τα αντίστοιχα των μαθητών/ριων της Α΄ τάξης, σε σύνολο 20 σχημάτων, στα 14 έχουμε ομοιόμορφα κατανεμημένα σωματίδια πριν και μετά τη θέρμανση, και στα υπόλοιπα τα σωματίδια ζωγραφίζονται είτε στο κέντρο πριν και μετά τη θέρμανση, είτε στην περιφέρεια πριν και μετά τη θέρμανση (βλ. σχήμα 8).



Σχήμα 8: Εναλλακτική αναπαράσταση ως προς την κατανομή των σωματιδίων θερμαινόμενης μεταλλικής σφαίρας (σωματίδια συγκεντρωμένα σε μία πλευρά της σφαίρας μετά τη θέρμανση) από μαθητή της Α΄ τάξης Γυμνασίου

Μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού, στα περισσότερα (12/20) σχήματα τα σωματίδια ζωγραφίζονται ομοιόμορφα πριν και μετά, παρατηρούμε δηλαδή βελτίωση σε σχέση με τις απόψεις τους πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό.

Βελτίωση επίσης παρουσιάζεται σε σχέση με τα σχέδια των παιδιών της Β' τάξης που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά εφόσον μόνο τα 8/19 σχεδιάζουν ομοιόμορφα τα σωματίδια πριν και μετά τη θέρμανση.

Η σύγκριση των συχνοτήτων δείχνει ότι ενώ αρχικά αρκετοί/ες μαθητές/ριες έχουν διαισθητικά μία σωστή άποψη για την κατανομή των σωματιδίων η παραδοσιακή διδασκαλία δημιουργεί σύγχυση, ενώ η διδασκαλία με το λογισμικό τους βοηθά στην οικοδόμηση μίας σωστής αντίληψης.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1^ο

Πιστεύεις ότι τα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας πριν τη θέρμανση είναι: 1) εντελώς ακίνητα ή 2) κινούνται; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

➤ **Ως σωστή απάντηση θεωρούμε:** «Τα μόρια της σφαίρας πριν τη θέρμανσή της κινούνται».

Ως σωστή εξήγηση θεωρούμε: «Τα μόρια των σωμάτων στις τρεις καταστάσεις της ύλης κινούνται ανεξάρτητα της θέρμανσής τους. Ειδικότερα τα μόρια των στερεών εκτελούν ταλαντώσεις γύρω από συγκεκριμένες θέσεις».

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Απαντήσεις και εξηγήσεις παιδιών στην ερώτηση 1^ο του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΞΗΓΗΣΕΙΣ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
		Πριν Τη διδασκαλία	Μετ ά Τη διδασκαλία
Εντελώς ακίνητα Πριν N=9 Μετά N=2	Δεν κινούνται	2	
	Αν κινούνταν θα μεγάλωνε ή θα μίκραινε η σφαίρα	2	
	Εντελώς ακίνητα γιατί δεν θερμαίνονται	2	2
	Εντελώς ακίνητα γιατί οι δεσμοί είναι πολύ δυνατοί	1	
	Δεν γνωρίζω	2	
Κινούνται Πριν N=11 Μετά N=18	Τα μόρια των στερεών ταλαντώνονται ακόμα και αν δεν τα θερμάνουμε		11
	Τα μόρια του στερεού ταλαντώνονται	1	
	Κινούνται γιατί έχουν ενέργεια	2	
	Κινούνται με μικρότερη ταχύτητα ή πιο λίγο ή πιο αργά πριν τη θέρμανση και πιο γρήγορα μετά	2	4
	Κινούνται ελάχιστα	2	1
	Απλά κινούνται		1
	Αόριστες	4	1

Παρατηρώντας τον πίνακα 5 διαπιστώνουμε ότι **πριν τη διδασκαλία στην πειραματική ομάδα** από τους/ις 9 μαθητές/ριες που λανθασμένα απαντούν ότι τα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας πριν την θέρμανσή της **είναι εντελώς ακίνητα**, είτε δεν μπορούν να δώσουν καμιά εξήγηση είτε συσχετίζουν την κίνηση των σωματιδίων με τη θέρμανση είτε με τη μεταβολή στον όγκο.

Ανάλογες εναλλακτικές αντιλήψεις, παρουσιάζουν μαθητές/ριες της **Α΄ τάξης**, εφόσον 9 στα 20 παιδιά απαντούν λανθασμένα ότι τα σωματίδια της μεταλλικής

σφαίρας πριν τη θέρμανσή της είναι **εντελώς ακίνητα**, και είτε δεν μπορούν να δώσουν εξηγήσεις, είτε συνδέουν την κίνηση με τη μεταβολή στον όγκο, είτε συνδέουν την κίνηση με τη θέρμανση αφού γράφουν: «*στέκονται ακίνητα γιατί είναι ψυχρά*», είτε συνδέουν την κίνηση με το υλικό: «*η μπάλα είναι από στερεό μέταλλο, για αυτό τα σωματίδια δεν κινούνται*».

Όσον αφορά τη σωστή απάντηση **ότι τα σωματίδια κινούνται** πριν την θέρμανση της σφαίρας, από τις 11 σωστές απαντήσεις **στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία**, μόνο δύο εξηγήσεις μπορούν να θεωρηθούν αποδεκτές: «*κινούνται γιατί έχουν ενέργεια*. Τρία παιδιά δεν δίνουν ουσιαστικά εξήγηση και τα υπόλοιπα δίνουν αόριστες εξηγήσεις.

Ανάλογα 11 σωστές απαντήσεις ότι τα σωματίδια κινούνται πριν τη θέρμανση της σφαίρας έδωσαν τα παιδιά της **Α΄ τάξης**, με αόριστες ή λανθασμένες εξηγήσεις αφού για παράδειγμα αρκετά παιδιά αναφέρουν «*κινούνται ελάχιστα γιατί έχουμε ελαφρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος*», ενώ 4 παιδιά δεν δίνουν καμιά εξήγηση.

Μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό και την εμπλοκή των παιδιών της πειραματικής ομάδας με τις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας, μόνο 2 παιδιά εξακολουθούν να επιμένουν ότι τα σωματίδια είναι ακίνητα γιατί δεν θερμαίνονται, ενώ τα 18 στα 20 απαντούν σωστά ότι τα σωματίδια κινούνται πριν την θέρμανση με εξηγήσεις στην πλειοψηφία τους βελτιωμένες (15/18) (κίνηση των μορίων ανεξάρτητη της θέρμανσης).

Από τους/ις 20 μαθητές/ριες της **Β΄ Γυμνασίου που διδάχθηκαν παραδοσιακά**, οι 9 απάντησαν λανθασμένα ότι τα σωματίδια είναι εντελώς ακίνητα πριν τη θέρμανση της σφαίρας. Στις εξηγήσεις που έδωσαν, είτε συνδέουν την κίνηση με την θέρμανση καθώς 5 παιδιά γράφουν «*δεν θερμαίνονται για αυτό δεν κινούνται*», είτε ταυτολογούν «*είναι εντελώς ακίνητα γιατί απλά δεν μπορούν να κινηθούν*» (4/9).

Οι υπόλοιποι/ες 11 μαθητές/ριες απάντησαν σωστά ότι κινούνται τα σωματίδια. Στις εξηγήσεις όμως που δόθηκαν 3 μπορεί να θεωρηθούν αποδεκτές:

«*στα στερεά τα σωματίδια κινούνται γύρω από καθορισμένες θέσεις*» (1/11), «*υπάρχει εσωτερική ενέργεια*» (2/11). Τα 5/11 παιδιά περιγράφουν λανθασμένα, αυτό που νομίζουν ότι συμβαίνει στα σωματίδια όταν η σφαίρα θερμαίνεται ενώ τους ζητείται

τι συμβαίνει πριν τη θέρμανσή της, και τα υπόλοιπα 3 παιδιά κάνουν αναφορά στην κίνηση χωρίς να δίνουν εξήγηση, όπως: «απλά κινούνται», «κινούνται ελάχιστα».

Συγκρίνοντας τις παραπάνω συχνότητες παρατηρούμε ότι η συμπληρωματική διδασκαλία με το λογισμικό βοηθάει τα παιδιά να αντιληφθούν την κίνηση των μορίων ανεξάρτητα της θέρμανσης, και έτσι να δώσουν σωστές απαντήσεις και βελτιωμένες εξηγήσεις σε σχέση με τα παιδιά που διδάχθηκαν παραδοσιακά.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1^ε

Όταν θερμάνουμε τη σφαίρα τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στα σωματίδια:

➤ *Ως σωστή και πλήρη απάντηση θεωρούμε: «Όταν θερμαίνεται η σφαίρα τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα και αυξάνονται οι αποστάσεις μεταξύ τους»*

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Απαντήσεις παιδιών στην ερώτηση 1^ε του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ	
	Π ρ ι ν Την διδασκαλία (N=20)	Μ ε τ ά Την διδασκαλία (N=20)
1 ^η Κινούνται πιο γρήγορα και αυξάνονται οι αποστάσεις μεταξύ τους		10
2 ^η Απομακρύνονται το ένα από το άλλο ή αραιώνουν	3	
3 ^η Τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα ή πιο έντονα γιατί θερμαίνονται	5	8
4 ^η Σπάνε οι δεσμοί	3	
5 ^η Ήταν πριν ακίνητα και αρχίζουν να κινούνται	5	1
6 ^η Παραμένουν εντελώς ακίνητα	1	
7 ^η Διαστέλλονται	2	
8 ^η Αόριστη	1	1

Παρατηρούμε **στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία** 8 παιδιά έδωσαν σωστές αλλά όχι πλήρεις απαντήσεις (2^η, 3^η κατηγορία) δεδομένου ότι τα παιδιά αναφέρονται είτε στην πιο γρήγορη κίνηση των σωματιδίων είτε στην αραίωση τους, χωρίς όμως να κάνουν την απαραίτητη σύνδεση. Από τα υπόλοιπα παιδιά, 3/20 απάντησαν λανθασμένα αναφερόμενα στο σπάσιμο των δεσμών εκδηλώνοντας έτσι συγκεχυμένες απόψεις σχετικά με την ερμηνεία της διαστολής και της αλλαγής φάσης σε σωματιδιακό επίπεδο (4^η κατηγορία), 5/20 θεωρούν επίσης λανθασμένα ότι τα σωματίδια αρχίζουν με την θέρμανση να κινούνται (5^η κατηγορία), 2/20 αποδίδουν στα μικροσκοπικά σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες, εφόσον γράφουν ότι «διαστέλλονται» (7^η κατηγορία), 1 παιδί θεωρεί ότι τα σωματίδια παραμένουν ακίνητα (6^η κατηγορία) και 1 απαντά αόριστα (8^η κατηγορία).

Συγκρίνοντας αυτές τις απαντήσεις με τις αντίστοιχες των παιδιών της **Α΄ τάξης** παρατηρήσαμε ότι δεν διαφέρουν πολύ οι απόψεις τους, εφόσον 4/20 αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες γράφοντας «διαστέλλονται», άλλα 4/20 γράφουν «τα σωματίδια λιγοστεύουν», «τα σωματίδια πολλαπλασιάζονται» αναδεικνύοντας τη σύγκριση μάζας – όγκου, 5/20 συσχετίζουν την κίνηση με την θέρμανση, 2 παιδιά απαντούν ότι τα σωματίδια εξακολουθούν να παραμένουν ακίνητα ενώ εμφανίζονται 5/20 σωστές αλλά όχι πλήρεις απαντήσεις σε προτάσεις όπως «κινούνται πιο γρήγορα», «απομακρύνονται το ένα από το άλλο».

Στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία έχουμε 10 σωστές και πλήρεις απαντήσεις (1^η κατηγορία) και 8 σωστές αλλά όχι πλήρεις απαντήσεις (3^η κατηγορία). Υπάρχει εμφανής βελτίωση και σε σχέση με τις απαντήσεις των μαθητών/ριων της **Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά** όπου δεν έχουμε καμιά σωστή και πλήρη απάντηση, έχουμε όμως 8 σωστές απαντήσεις από τις οποίες οι 6 αναφέρουν: «τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα» και 2 ότι: «η κινητική ενέργεια αυξάνεται», σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο. Στις 11 υπόλοιπες απαντήσεις έχουμε ποικιλία εναλλακτικών απόψεων, ενώ ένα παιδί δεν δίνει απάντηση.

Η σύγκριση των συχνοτήτων δείχνει ότι η επιπρόσθετη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού οδήγησε τους μαθητές/ριες στη διατύπωση πιο ολοκληρωμένων απαντήσεων.

5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΟΜΑΔΑ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις των παιδιών για το φαινόμενο της τήξης του πάγου κλήθηκαν να απαντήσουν στα τρία σκέλη της δεύτερης ομάδας ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των απαντήσεων των παιδιών και των σχεδίων που ζωγράρισαν για κάθε σκέλος.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2^α

Φαντάσου ότι κάνεις ένα δεύτερο πείραμα : Τοποθετείς ένα κομμάτι πάγο σε δοχείο και το θερμαίνεις για αρκετή ώρα στο μάτι της κουζίνας. Τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσεις:

➤ **Ως σωστή απάντηση θεωρούμε:** «Όταν θερμαίνουμε τον πάγο λιώνει και μετατρέπεται σε νερό και αν η θέρμανση συνεχιστεί για πολύ το νερό θα μετατραπεί σε αέριο»

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Απαντήσεις παιδιών στην ερώτηση 2^α του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (N=20)	
	Π ρ ι ν Τη διδασκαλία	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία
1 ^η Ο πάγος θα αρχίσει να λιώνει	18	20
2 ^η Ο πάγος θα μετατραπεί σε υγρό και ύστερα το υγρό σε αέριο	2	

Όπως είναι φυσικό δεν υπάρχουν διαφορές **πριν και μετά τη διδασκαλία** καθώς όλοι/ες οι μαθητές/ριες αντιλαμβάνονται σωστά ότι αν θερμάνουμε τον πάγο, θα

λιώσει και θα μετατραπεί σε νερό και αν η θέρμανση συνεχιστεί για πολύ το νερό θα μετατραπεί σε αέριο. Στην ερώτηση δεν διευκρινίζουμε τον χρόνο θέρμανσης για αυτό όλες οι απαντήσεις θεωρούνται σωστές αλλά πιο ολοκληρωμένες αυτές της 2^{ης} κατηγορίας.

Διαφορές επίσης δεν υπάρχουν στις απαντήσεις των παιδιών της Α΄ και Β΄ τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου, που οι περισσότερες ανήκουν στην 1^η κατηγορία του πίνακα 7.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2^β

Έστω ότι μέσα στο δοχείο με τον πάγο τοποθετούμε και ένα θερμόμετρο. Όση ώρα το δοχείο είναι πάνω στο μάτι της κουζίνας, μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και να γίνει νερό, τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσουμε στο θερμόμετρο;

➤ **Ως ολοκληρωμένη απάντηση θεωρούμε:** «Στη στερεά κατάσταση πριν αρχίσει η τήξη, η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι κάτω από τους 0° C, κατά τη διάρκεια της τήξης η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι σταθερή στους 0° C, και μετά την τήξη η ένδειξη θα είναι πάνω από 0° C».

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Απαντήσεις παιδιών στην ερώτηση 2^β του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (N=20)	
	Π ρ ι ν Τη διδασκαλία	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία
1 ^η Στη στερεά κατάσταση πριν αρχίσει η τήξη (υπάρχει μόνο πάγος), η ένδειξη του θερμομέτρου θα είναι κάτω από 0° C, κατά τη διάρκεια της τήξης (όταν υπάρχει πάγος και νερό) το θερμοόμετρο θα είναι σταθερό στους 0° C, και μετά την τήξη (όταν υπάρχει μόνο νερό) η ένδειξη θα είναι πάνω από 0°C.	1	6
2 ^η Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μετατροπής του πάγου σε νερό θα είναι σταθερή στους 0° C	2	13
3 ^η Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μετατροπής του πάγου σε νερό θα είναι σταθερή. Όταν λιώσει όλος ο πάγος ανεβαίνει.	2	
4 ^η Η θερμοκρασία είναι σταθερή στους 100° C	2	
5 ^η Η θερμοκρασία αυξάνεται	6	1
6 ^η Η ένδειξη θα κατέβει	4	
7 ^η Αόριστες	2	
8 ^η Δεν γνωρίζω	1	

Παρατηρούμε ότι από τους/ις 20 μαθητές και μαθήτριες της **πειραματικής μας ομάδας πριν τη διδασκαλία** ένας μόνο δίνει μια σωστή και πλήρη απάντηση (1^η κατηγορία), εφόσον περιγράφει σωστά τις ενδείξεις του θερμομέτρου στις τρεις φάσεις – πριν την τήξη, κατά τη διάρκεια της τήξης, μετά την τήξη - ενώ 4 παιδιά απαντούν σωστά αλλά ελλιπώς, αφού αναφέρονται σε μία ή δύο φάσεις (2^η, 3^η, κατηγορίες). Τα υπόλοιπα παιδιά απαντούν λανθασμένα ή αόριστα.

Οι απαντήσεις αυτές συγκρινόμενες με αυτές των **μαθητών/ριων της Α΄ τάξης** εμφανίζονται ελάχιστα βελτιωμένες, εφόσον 12 από τα 20 παιδιά γράφουν

λανθασμένα ότι «η θερμοκρασία αυξάνεται», 6/20 διατυπώνουν απόψεις παρόμοιες με εκείνες της 4^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} κατηγορίας του Πίνακα 8, ενώ 2/20 μόνο διατυπώνουν μια σωστή απάντηση «αρχικά η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι τους $0^{\circ} C$, και μετά μένει σταθερή στους $0^{\circ} C$ ».

Στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία, η βελτίωση είναι εμφανής εφόσον 6/20 παιδιά δίνουν ολοκληρωμένες απαντήσεις (1^η κατηγορία του πίνακα 8) και 13/20 παιδιά δίνουν ελλιπείς μεν αλλά σωστές απαντήσεις αναφερόμενα στη σταθερότητα της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της τήξης (2^η κατηγορία) ενώ 1 μόνο παιδί επιμένει ότι η θερμοκρασία αυξάνεται.

Οι παραπάνω αυτές απαντήσεις εμφανίζονται πολύ βελτιωμένες συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες των παιδιών της Β' τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου που διδάχθηκαν παραδοσιακά. Από τους 20 μαθητές/ριες αυτού του τμήματος, 2 μόνο απάντησαν ελλιπώς αλλά σωστά «η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μετατροπής του πάγου σε νερό θα είναι $0^{\circ} C$ », 9/20 απάντησαν λανθασμένα ότι «η θερμοκρασία αυξάνεται», 2 παιδιά δεν έδωσαν καμιά απάντηση, και τα υπόλοιπα παιδιά είτε δεν προσδιόρισαν την ένδειξη του θερμομέτρου είτε έδωσαν απαντήσεις που ανήκουν στην 4^η και 5^η κατηγορία του Πίνακα 8.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2^γ

Καθώς το δοχείο με το κομμάτι του πάγου θερμαίνεται τι συμβαίνει κατά τη γνώμη σου στα σωματίδια του πάγου: Κάνε ένα σχήμα για να εξηγήσεις τις σκέψεις σου.

➤ **Ως ολοκληρωμένη απάντηση (σωστή και πλήρη) θεωρούμε:** «Αρχικά μέχρι τους $0^{\circ} C$, τα σωματίδια κινούνται εντονότερα. Όση ώρα λιώνει ο πάγος η ταχύτητά τους είναι η ίδια, και χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους».

➤ Τα σχήματα που ζωγράφισαν τα παιδιά για να εξηγήσουν τις σκέψεις τους αναλύθηκαν και κωδικοποιήθηκαν με κριτήρια :

A) Την εμφάνιση σχημάτων σε σωματιδιακό ή πειραματικό επίπεδο

B) Σχέδια σε μία, δύο ή τρεις φάσεις.

Σωστές αναπαραστάσεις θεωρούνται αυτές που περιλαμβάνουν δύο σχήματα που αντιστοιχούν σε δύο φάσεις (στερεά κατάσταση πριν την τήξη, υγρή μετά τη τήξη) ή στις τρεις φάσεις (περιλαμβάνουν στερεή και υγρή φάση κατά τη διάρκεια της τήξης), με σωστή απεικόνιση σωματιδίων ως προς το μέγεθος, το πλήθος, την πυκνότητα και την κατανομή. Έτσι, σε μία σωστή αναπαράσταση εμφανίζονται ίδιου μεγέθους και πλήθους σφαιρικά σωματίδια με εμφάνιση ή όχι δεσμών σε δύο τουλάχιστον σχήματα :

ι) στη στερεά κατάσταση να δημιουργούν πλέγμα και

ιι) στην υγρή κατάσταση ατάκτως τοποθετημένα αραιότερα ή πυκνότερα

Ελλιπείς θεωρούνται οι αναπαραστάσεις που περιλαμβάνουν ένα σχήμα με σωματίδια, που αναφέρεται σε μία μόνο φάση.

Εναλλακτικές θεωρούνται οι αναπαραστάσεις που περιλαμβάνουν σχήματα με σχεδίαση στο πειραματικό επίπεδο σε μία ή δύο φάσεις ή λανθασμένη απεικόνιση στο σωματιδιακό επίπεδο (π.χ. λάθη στο μέγεθος, στο πλήθος των σωματιδίων κ.λ.π).

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή καθώς και οι εξηγήσεις που δόθηκαν για τις απαντήσεις τους όπως προέκυψαν από την ανάλυση των σχεδίων που ζωγράφισαν φαίνονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Απαντήσεις παιδιών στην 2^η ερώτηση του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΞΗΓΗΣΕΙΣ Από τα σχέδια	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (N=20)	
		Π ρ ι ν Τη διδασκαλία	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία
<p>1^η Αρχικά μέχρι τους 0 ° C, τα σωματίδια κινούνται εντονότερα. Όση ώρα λιώνει ο πάγος (ή κατά τη διάρκεια της τήξης) η ταχύτητά τους είναι η ίδια, και χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους.</p> <p>(Μετά τη διδασκαλία N=8)</p>	<p>Σωστή απεικόνιση</p>		8
<p>2^η Κινούνται εντονότερα και κάποια στιγμή χαλαρώνουν οι δεσμοί</p> <p>(Μετά τη διδασκαλία N=5)</p>	<p>Σωστή απεικόνιση</p>		3
	<p>Στη στερεά κατάσταση πειραματική σχεδίαση και στην υγρή σωματιδιακή σχεδίαση</p> <p>Εναλλακτική αναπαράσταση</p>		1
	<p>Ελλιπή αναπαράσταση</p>		1
<p>3^η Κινούνται πιο ελεύθερα ή πιο άτακτα</p> <p>(Μετά τη διδασκαλία N=4)</p>	<p>Σωστή απεικόνιση</p>		2
	<p>Σωματιδιακή αναπαράσταση με λιγότερα σωματίδια στη υγρή φάση, σε σχέση με τη στερεά</p> <p>Εναλλακτική αναπαράσταση</p>		2
<p>4η Τα σωματίδια του πάγου έχουν κάποιους δεσμούς και όταν θερμαίνεται σπάνε</p> <p>(Πριν τη διδασκαλία N=7)</p>	<p>Σωματιδιακή αναπαράσταση με περισσότερα και μεγαλύτερα σωματίδια στη υγρή φάση, σε σχέση με τη στερεά</p> <p>Εναλλακτική αναπαράσταση</p>	4	1

Μετά τη διδασκαλία N=1)	Σωστή απεικόνιση	1	
	Ελλιπής αναπαράσταση	2	
5 ^η Κινούνται πιο έντονα ή πιο γρήγορα (Πριν τη διδασκαλία N=2)	Σωματιδιακή αναπαράσταση με περισσότερα σωματίδια στην υγρή φάση, σε σχέση με τη στερεά Εναλλακτική αναπαράσταση	1	
	Σχεδιασμένα δύο σωματίδια με μορφή «γυρίνου» σε δύο φάσεις Εναλλακτική αναπαράσταση	1	
6 ^η Γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο και το στερεό μετατρέπεται σε υγρό (Πριν τη διδασκαλία N=2)	Σωματιδιακή αναπαράσταση με περισσότερα σωματίδια στην υγρή φάση σε σχέση με τη στερεά Εναλλακτική αναπαράσταση	1	
	Στη στερεά κατάσταση πειραματική σχεδίαση και στην υγρή σωματιδιακή σχεδίαση Εναλλακτική αναπαράσταση	1	
7 ^η Στα σωματίδια αποδίδονται μακροσκοπικές ιδιότητες (Πριν τη διδασκαλία N=5 Μετά τη διδασκαλία N= 1)	Ποικιλία σχημάτων Εναλλακτικές αναπαραστάσεις	5	1
8 ^η Τα σωματίδια κινούνται (Πριν τη διδασκαλία N=3)	Ελλιπής αναπαράσταση	2	
	Χωρίς σχήμα	1	
9 ^η Δεν απαντούν (Πριν και μετά N=1)	Χωρίς σχήμα	1	1

Στον πίνακα παρουσιάζονται ιεραρχικά οι απαντήσεις από τις ολοκληρωμένες προς τις ελλιπέστερες.

Η 1η κατηγορία περιλαμβάνει ολοκληρωμένες απαντήσεις δηλαδή σωστή και πλήρη περιγραφή του τι συμβαίνει στα σωματίδια του πάγου σε τρεις φάσεις (τη στερεά κατάσταση πριν αρχίσει η τήξη – κατά τη διάρκεια της τήξης – στην υγρή κατάσταση μετά την τήξη), και ακολουθούν:

α) Κατηγορίες που περιλαμβάνουν αποδεκτές άλλα όχι πλήρεις απαντήσεις (ελλιπείς), που αναφέρονται συνήθως στις δύο πρώτες φάσεις χωρίς σαφή διαχωρισμό (2η, 3η, κατηγορίες).

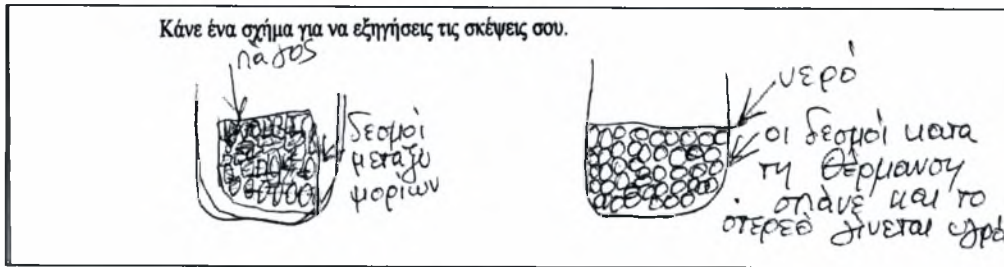
β) Κατηγορίες με εναλλακτικές απαντήσεις (4η, 5η, 6η, 7η) που αναφέρονται είτε σε μία φάση, είτε αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες.

γ) Μία κατηγορία που περιλαμβάνει αόριστες απαντήσεις (8^η κατηγορία).

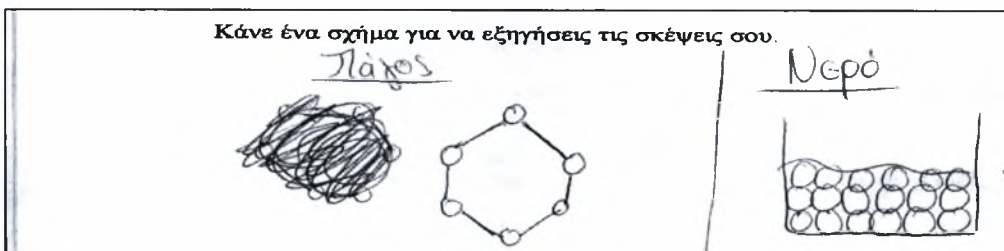
Σχολιάζοντας τις απαντήσεις και τις εξηγήσεις παρουσιάζουμε αντιπροσωπευτικά δείγματα από τις ζωγραφιές των παιδιών.

Παρατηρούμε ότι **στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία** 11 από τους/ις 20 μαθητές/ριες, δίνουν λανθασμένες απαντήσεις αναφερόμενοι μόνο σε μία φάση και πιο συγκεκριμένα οι 7 από αυτούς που θεωρούν ότι οι δεσμοί που έχουν τα σωματίδια του πάγου σπάνε όταν θερμαίνεται, αναφέρονται ουσιαστικά στο τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια της τήξης μόνο, 2 που θεωρούν ότι τα σωματίδια κινούνται πιο γρήγορα ή πιο έντονα αναφέρονται στην στερεά κατάσταση πριν να αρχίσει η τήξη και άλλοι 2 που θεωρούν ότι τα σωματίδια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο και το στερεό μετατρέπεται σε υγρό, απαντούν σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο, αναφερόμενοι ουσιαστικά στη υγρή φάση μετά την τήξη. Λανθασμένες απαντήσεις της μορφής «τα σωματίδια λιώνουν», «τα σωματίδια διαστέλλονται», «τα σωματίδια εξατμίζονται» δίνουν επίσης άλλοι/ες 5 μαθητές/ριες της πειραματικής ομάδας, αποδίδοντας στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες. Από τους υπόλοιπους 3 απαντούν αόριστα και 1 δεν απαντά καθόλου.

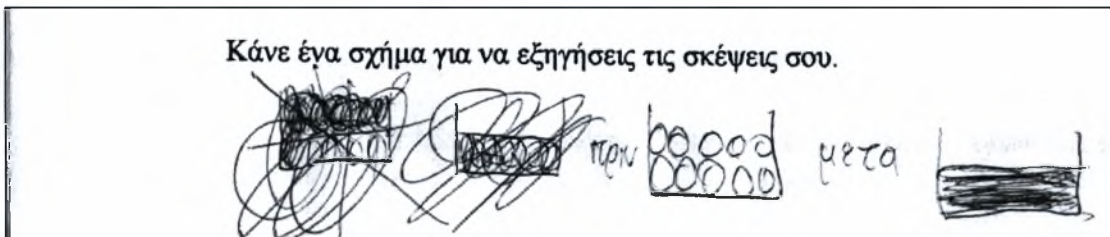
Όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 9, σε κάθε κατηγορία απάντησης τα παιδιά αυτά χρησιμοποιούν στην πλειοψηφία τους (13/20) εναλλακτικές αναπαραστάσεις. Τα συνηθισμένα λάθη στα σχήματα τους είναι η μη διατήρηση του πλήθους των σωματιδίων στην στερεή και υγρή φάση, η αλλαγή στο μέγεθος των σωματιδίων (βλ. σχήμα 9, σχήμα 10), πειραματική σχεδίαση σε μία ή δύο φάσεις (βλ. σχήμα 11, σχήμα, 12). Ελλιπείς αναπαραστάσεις χρησιμοποιούν 3/20 (βλ. σχήμα 13), 3 μαθητές/ριες δεν ζωγραφίζουν καθόλου και ένας μόνο χρησιμοποιεί μία σωστή αναπαράσταση.



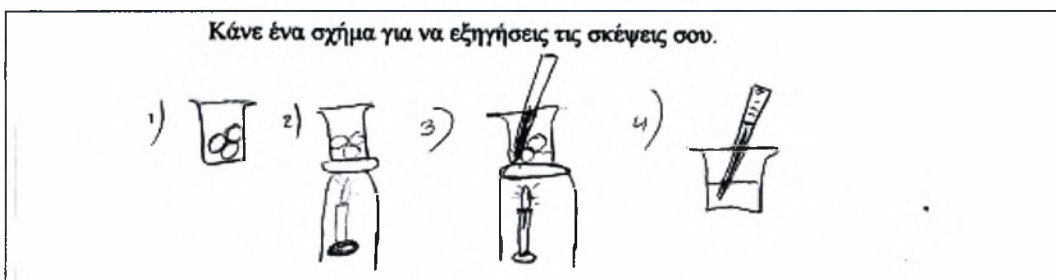
Σχήμα 9: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο ως προς το πλήθος και το μέγεθος των σωματιδίων (μεγαλύτερο πλήθος και μέγεθος στην υγρή φάση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία



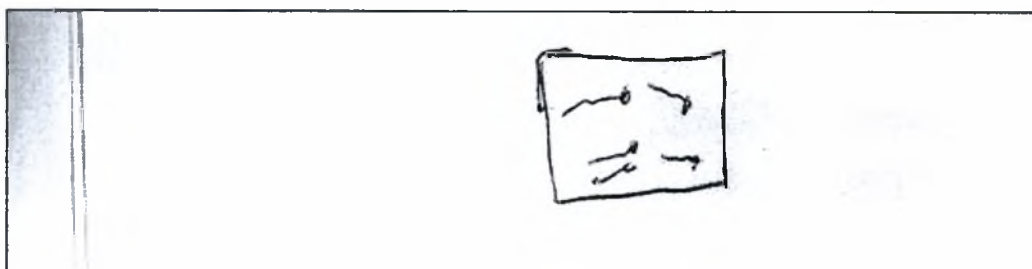
Σχήμα 10: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο ως προς το πλήθος και το μέγεθος των σωματιδίων (μεγαλύτερο πλήθος και μέγεθος στην υγρή φάση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία



Σχήμα 11: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (πειραματική σχεδίαση στην υγρή φάση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία



Σχήμα 12: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (μείωση του αριθμού των σωματιδίων και πειραματική σχεδίαση στην υγρή φάση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία



Σχήμα 13: Ελλιπής αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (ένα μόνο σχήμα χωρίς να καθορίζεται η φάση) από μαθητή της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία

Οι απαντήσεις των μαθητών/ριων της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό εμφανίζονται βελτιωμένες λόγω της παραδοσιακής διδασκαλίας που έχει προηγηθεί, **συγκρινόμενες με αυτές των παιδιών της Α΄ τάξης**, όπου συναντάμε πλήθος εναλλακτικών ιδεών. Τα 11 από αυτά τα 20 παιδιά αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Brook, Briggs, et al. 1984, Anderson, 1990, Driver, et al. 1993, Σταυρίδου, 1995)

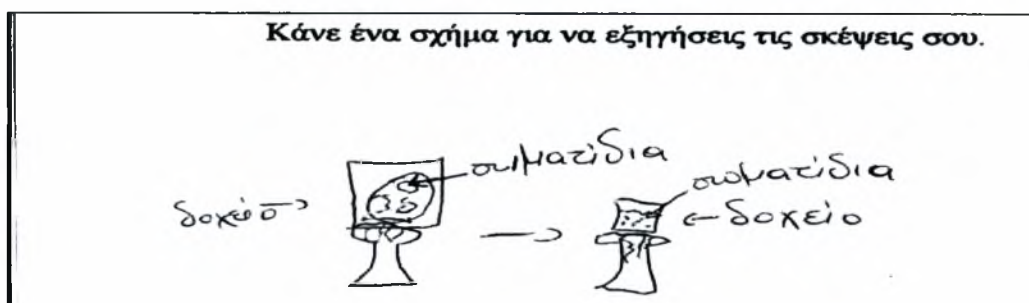
Ενδεικτικές απαντήσεις: «τα σωματίδια διαστέλλονται ή συστέλλονται», «τα σωματίδια λιώνουν», «τα σωματίδια υγροποιούνται», «τα σωματίδια εξατμίζονται».

Από τις υπόλοιπες απαντήσεις 2 αναφέρονται λανθασμένα στο φαινόμενο της ανώμαλης διαστολής του νερού, 2 αλλάζουν το πλήθος των σωματιδίων με απαντήσεις της μορφής «λιγοστεύουν επειδή εξαφανίζονται ή καταστρέφονται», 2 παιδιά απαντούν αόριστα και 3 δεν δίνουν απάντηση.

Τα σχέδια των παιδιών αυτών αποτελούν εναλλακτικές αναπαραστάσεις του μηχανισμού της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (είναι συνήθως ζωγραφιές πάγου και νερού στο πειραματικό επίπεδο ή μικτές ζωγραφιές πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου με λάθη στον αριθμό και το μέγεθος των σωματιδίων) (βλ. σχήμα 14, σχήμα, 15).



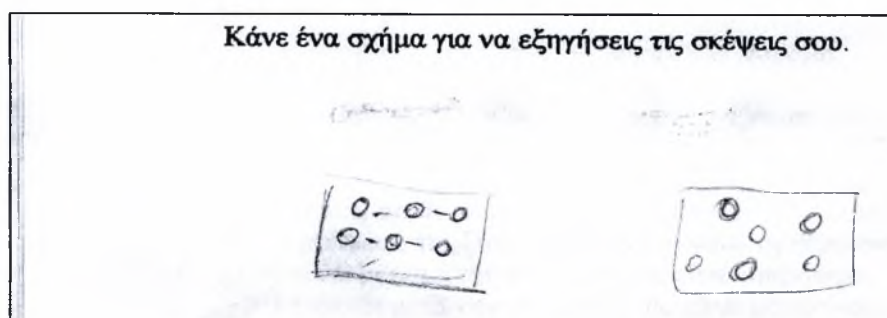
Σχήμα 14: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (μεικτή σχεδίαση –σωματιδιακή για τη στερεά κατάσταση, πειραματική για την υγρή) από μαθητή της Α΄τάξης Γυμνασίου



Σχήμα 15: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο ως προς το πλήθος και μέγεθος των σωματιδίων (περισσότερα σωματίδια μικρότερου μεγέθους στην υγρή φάση) από μαθητή της Α΄ Γυμνασίου

Οι απαντήσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού εμφανίζονται πολύ βελτιωμένες σε σχέση με πριν τη διδασκαλία εφόσον 8 στα 20 παιδιά δίνουν ολοκληρωμένες απαντήσεις στις οποίες περιγράφεται με ακρίβεια τι συμβαίνει στα σωματίδια πριν την τήξη αλλά και κατά τη διάρκεια της τήξης. Άλλα 9 επίσης από τα 20 παιδιά δίνουν αποδεκτές αλλά όχι πλήρεις απαντήσεις, στις οποίες τα 5 θεωρούν ότι τα σωματίδια κινούνται εντονότερα και κάποια στιγμή χαλαρώνουν οι δεσμοί και τα 4 θεωρούν ότι τα σωματίδια κινούνται πιο ελεύθερα ή πιο άτακτα (δεν διαχωρίζουν σαφώς τις δύο φάσεις). Από τα υπόλοιπα 3 παιδιά, 2 απαντούν λανθασμένα (1 παιδί αναφέρεται μόνο στην αλλαγή φάσης θεωρώντας ότι οι δεσμοί των σωματιδίων σπάνε όταν θερμαίνεται ο πάγος και ένα εξακολουθεί να αποδίδει στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες), ενώ 1 παιδί δεν απαντά καθόλου.

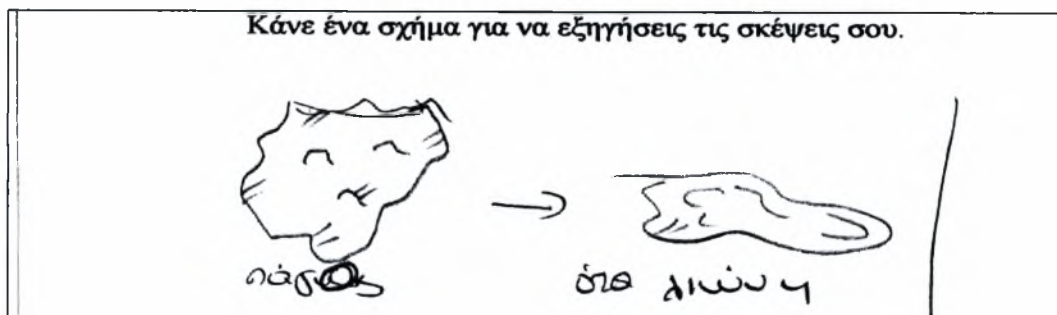
Τα σχέδια επίσης των παιδιών αυτών εν αντιθέσει με αυτά πριν την διδασκαλία, εμφανίζονται βελτιωμένα εφόσον παρουσιάζουν στην πλειοψηφία τους σωστές αναπαραστάσεις (13 στα 20), (βλ. σχήμα 16) έχουμε όμως και 5 λανθασμένες αναπαραστάσεις (μακροσκοπική σχεδίαση σε μία από τη δύο φάσεις, λάθη στο μέγεθος ή στο πλήθος των σωματιδίων σε μικροσκοπική αναπαράσταση σε δύο φάσεις), ένα παιδί σχεδίασε ελλιπώς και ένα δεν σχεδίασε καθόλου.



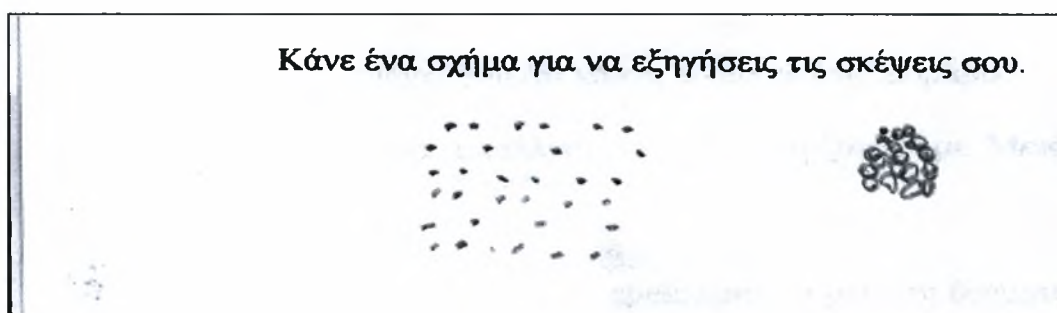
Σχήμα 16: Σωστή αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο από μαθητή της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού

Οι απαντήσεις και τα σχέδια των παιδιών αυτών εμφανίζονται επίσης βελτιωμένα συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα των παιδιών της **Β' τάξης του 5ου Γυμνασίου**, που έχουν διδαχθεί μόνο παραδοσιακά. Στις απαντήσεις τους τα μισά από τα παιδιά αυτού του τμήματος απαντούν λανθασμένα αναφερόμενα σε μία μόνο φάση (6 απο αυτά θεωρούν ότι τα σωματίδια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο σύμφωνα με το σχολικό εγχειρίδιο, 2 ότι σπάνε τα δεσμά τους και 2 ότι κινούνται έντονα), 5/20 εξακολουθούν να αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες, που συναντήσαμε και στα παιδιά της Α' τάξης, με απαντήσεις της μορφής «τα σωματίδια λιώνουν», «διαστέλλονται», «εξατμίζονται», 4/20 απαντούν «τα σωματίδια φεύγουν», «ανεβαίνουν προς τα πάνω», «χύνονται στο πάτωμα», και ένα παιδί δεν απαντά.

Όσον αφορά τα σχήματα που ζωγράφισαν τα παιδιά αυτά είναι στην πλειοψηφία τους λανθασμένα με κυρίαρχο χαρακτηριστικό τη σχεδίαση στο πειραματικό επίπεδο στη μία ή στις δύο φάσεις (βλ. σχήμα 17) ή λάθη στο πλήθος και στο μέγεθος των σωματιδίων με χρήση σωματιδιακού μοντέλου στις δύο φάσεις (βλ. σχήμα 18).



Σχήμα 17: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο (σχεδίαση πειραματικού επιπέδου στη στερεά και την υγρή φάση) από μαθητή της Β' τάξης Γυμνασίου που έχει διδαχθεί μόνο παραδοσιακά



Σχήμα 18: Εναλλακτική αναπαράσταση του φαινομένου της τήξης του πάγου στο σωματιδιακό επίπεδο ως προς το πλήθος και το μέγεθος των σωματιδίων (μεγαλύτερο μέγεθος και μικρότερο πλήθος σωματιδίων στην υγρή φάση) από μαθητή της Β' τάξης Γυμνασίου που έχει διδαχθεί μόνο παραδοσιακά

Τα παραπάνω στοιχεία είναι ενδεικτικά μίας ουσιαστικής βελτίωσης που μπορεί να επιφέρει η επιπρόσθετη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην πλήρη κατανόηση του μηχανισμού της τήξης του πάγου.

5.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΚΑΙ ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΡΩΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Προκειμένου να διερευνηθούν οι απόψεις των παιδιών για τις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία καθώς και αν τις διαφοροποιούν και με ποια αιτιολογία κλήθηκαν να απαντήσουν στη 3^η και 4^η ερώτηση του ερωτηματολογίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των απαντήσεων των παιδιών σε κάθε μία από τις ερωτήσεις αυτές χωριστά.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3^η

Τι είναι για σένα Θερμότητα και τι Θερμοκρασία:

➤ **Σωστές απαντήσεις για την έννοια της Θερμότητας θεωρούμε:** «*Η Θερμότητα είναι 'κάτι' που μπορεί να προκαλέσει: ι) διαστολή δηλαδή αύξηση του όγκου ενός σώματος ή αλλαγή φυσικής κατάστασης – πειραματικό επίπεδο, ιι) αύξηση της κινητικότητας των σωματιδίων με αποτέλεσμα την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ τους ή εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων των μορίων του σώματος – σωματιδιακό επίπεδο, ιιι) αύξηση του όγκου των στερεών λόγω της αύξησης της κινητικότητας των σωματιδίων με αποτέλεσμα την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ τους ή αλλαγή φυσικής κατάστασης εξαιτίας της εξασθένισης των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ των μορίων του σώματος – σύνδεση πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου*».

Σωστές απαντήσεις για την έννοια της Θερμοκρασίας θεωρούμε: «*ι) Με τη Θερμοκρασία μετράμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα – παραδοσιακή προσέγγιση, ιι) Η Θερμοκρασία δείχνει πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια – σωματιδιακό επίπεδο*».

➤ Οι απαντήσεις που δόθηκαν από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν και μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού στην ερώτηση αυτή φαίνονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Απαντήσεις παιδιών στην 3^η ερώτηση του ερωτηματολογίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ (N=20)	
	Π ρ ι ν Τη διδασκαλία	Μ ε τ ά Τη διδασκαλία
1 ^η Η Θερμότητα μπορεί να αυξήσει την κινητικότητα των σωματιδίων, να αυξηθούν οι αποστάσεις μεταξύ τους και έτσι να αυξηθεί ο όγκος ενός σώματος και επίσης μπορεί να αλλάξει τη φυσική κατάσταση ενός σώματος. Η Θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδιά του.		2
2 ^η Η Θερμότητα μπορεί να προκαλέσει διαστολή και αλλαγή φυσικής κατάστασης. Η Θερμοκρασία δείχνει πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια		3
3 ^η Η Θερμότητα είναι κάτι ή η ενέργεια ή η αιτία που μπορεί να προκαλέσει διαστολή δηλαδή αύξηση στον όγκο ενός σώματος ή αλλαγή στη φυσική του κατάσταση. Με τη Θερμοκρασία μετράμε πόσο κρύο ή ζεστό είναι ένα σώμα.		6
4 ^η Η Θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο και η θερμοκρασία δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα ή το περιβάλλον.	2	
5 ^η Η Θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο και η θερμοκρασία είναι το αποτέλεσμα της Θερμότητας.	1	
6 ^η Η Θερμότητα είναι ενέργεια και η θερμοκρασία μονάδα μέτρησης της Θερμότητας	2	
7 ^η Η Θερμότητα ταυτίζεται με τη θέρμανση και η θερμοκρασία μετρά πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα (ή το περιβάλλον)	6	
8 ^η Η Θερμότητα ταυτίζεται με τη θέρμανση και η θερμοκρασία ορίζεται με τον ίδιο όρο ή με τους βαθμούς Κελσίου που έχει ένα σώμα	3	3
9 ^η Η Θερμότητα είναι η ζέστη και η θερμοκρασία μετρά τη ζέστη	3	1
10 ^η Αόριστες	2	5
11 ^η Δεν απαντούν	1	

Παρατηρούμε στην **πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία** 5 παιδιά δίνουν ένα τυπικά σωστό ορισμό για την έννοια της Θερμότητας εφόσον χρησιμοποιούν την έννοια της ενέργειας σύμφωνα με τα σχολικά εγχειρίδια, και από αυτά τα 2 προσεγγίζουν μία σωστή αντίληψη για τη θερμοκρασία θεωρώντας την ότι δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα, ενώ τα άλλα 3 θεωρούν τη θερμοκρασία αποτέλεσμα της θερμότητας ή ότι είναι μονάδα μέτρησης θερμότητας.

Από τα υπόλοιπα παιδιά τα 12 συγχέουν την θερμότητα με τη θέρμανση και με τη ζέστη και από αυτά τα 6 προσεγγίζουν σωστά την έννοια της θερμοκρασίας θεωρώντας την ότι δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα, 3 θεωρούν λανθασμένα ότι η θερμοκρασία μετρά τη ζέστη και άλλα 3 χρησιμοποιούν ταυτολογία εφόσον γράφουν «*η θερμοκρασία ενός σώματος είναι η θερμοκρασία που έχει ή οι °C που έχει*».

Οι απαντήσεις αυτές παρουσιάζουν βελτίωση λόγω της παραδοσιακής διδασκαλίας που έχει προηγηθεί, **συγκρινόμενες με τις απαντήσεις των παιδιών της Α΄ τάξης**, στις οποίες συναντήσαμε πληθώρα εναλλακτικών ιδεών σύμφωνες με τη βιβλιογραφία (Thomaz, Malaquias et al., 1995, Driver, Squires et. al., 1998, Carlton, 2000, Wisser & Amin, 2001).

Αρκετά παιδιά (6/20) ορίζουν την Θερμότητα χρησιμοποιώντας λανθασμένα ή αόριστα την έννοια της ενέργειας γιατί γράφουν «*η θερμότητα είναι η ενέργεια που εκπέμπεται από κάτι*», «*η θερμότητα είναι η ενέργεια που ρέει σε ένα σώμα*», «*η θερμότητα είναι η ενέργεια που ρέει από ένα σωματίδιο σε ένα άλλο*», «*η θερμότητα είναι η ενέργεια που προκαλεί την θερμοκρασία*», «*η θερμότητα είναι η ενέργεια που επηρεάζει το κλίμα*». Τα ίδια παιδιά ορίζουν τη θερμοκρασία σαν την κλίμακα που μετράει τη θερμότητα και αυτό τους δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Πολλά παιδιά (9/20) ταυτίζουν τη θερμότητα με τη ζέστη και την θερμοκρασία με το ποσό της θερμότητας ενός σώματος ή με το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα ή το περιβάλλον, 2 παιδιά συγχέουν την θερμότητα με την θέρμανση ενώ για την θερμοκρασία θεωρούν ότι δείχνει πόσο ζεστό είναι ένα σώμα ή το περιβάλλον, 2 παιδιά ταυτίζουν την θερμότητα με τη θερμοκρασία γιατί γράφουν «*θερμότητα είναι η θερμοκρασία που υπάρχει σε ένα σώμα ή στο περιβάλλον*» και ένα παιδί θεωρεί ότι η θερμότητα είναι μία δύναμη που ασκείται στα αντικείμενα ενώ η θερμοκρασία χρησιμεύει για να μετράμε τη θερμότητα».

Στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού παρατηρούμε σημαντική βελτίωση σε σχέση με πριν τη διδασκαλία εφόσον έχουμε 11/20 σωστές απαντήσεις για τις έννοιες Θερμότητα – Θερμοκρασία. Τα 11 αυτά παιδιά περιγράφουν τη θερμότητα ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει διαστολή ενός σώματος ή αλλαγή στη φυσική κατάσταση (πειραματικό επίπεδο), ενώ 2 από αυτά τα παιδιά συνέδεσαν αυτές τις παρατηρήσεις και με κάποιες αλλαγές στο σωματιδιακό επίπεδο (1^η κατηγορία). Σχετικά με την έννοια της Θερμοκρασίας τα 5 από αυτά τα παιδιά δίνουν έναν σωστό ορισμό σε σωματιδιακό επίπεδο όπου την συσχετίζουν με την κινητικότητα των μορίων, ενώ τα άλλα 6 προσεγγίζουν σωστά αλλά πιο παραδοσιακά τη θερμοκρασία με την οποία θεωρούν ότι μετράμε πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα. Σε 4/20 παιδιά διατηρείται η σύγχυση για τις έννοιες Θερμότητας και Θερμοκρασίας και 5/20 απαντούν αόριστα.

Η παρατηρούμενη βελτίωση στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού ενισχύεται περισσότερο αν συγκρίνουμε τις απαντήσεις των παιδιών αυτών με αυτές των **παιδιών της Β΄ τάξης που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά**. Εδώ όπως και στην πειραματική ομάδα πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό, έχουμε χρήση της έννοιας της ενέργειας στην διαμόρφωση ενός τυπικά σωστού ορισμού για την Θερμότητα *«Θερμότητα μορφή ενέργειας που μεταφέρεται»* (5/20) και τα ίδια παιδιά έχουν την λανθασμένη αντίληψη ότι η θερμοκρασία είναι ένας τρόπος μέτρησης της Θερμότητας.

Στο τμήμα αυτό 11/20 παιδιά παρουσιάζουν συγκεχυμένες απόψεις και παρανοήσεις για τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία που φαίνεται καθαρά ότι προέρχονται από την αποστήθιση κανόνων των σχολικών εγχειριδίων που εμπλέκουν τα παιδιά με δυσνόητες έννοιες όπως της θερμικής ενέργειας. Αυτά τα παιδιά γράφουν *«με τη θερμότητα βλέπουμε αν κάτι είναι ζεστό ή ψυχρό, ενώ η θερμοκρασία είναι η ένδειξη σε ένα θερμόμετρο πόσους βαθμούς έχει»*, *«η θερμότητα δείχνει πόσο έντονα κινούνται τα σωματίδια και η θερμοκρασία πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα ή τη θερμική του κατάσταση «η θερμότητα δείχνει πόσο έντονα κινείται κάθε σωματίδιο χωριστά, ενώ η θερμοκρασία μας δείχνει πόσο έντονα κινούνται στο σύνολο»*. Έχουμε επίσης τρεις αόριστες απαντήσεις και ένα παιδί δεν απάντησε καθόλου.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4^η

Νομίζεις ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

➤ **Ως σωστή απάντηση και εξήγηση θεωρούμε:** «Η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, διότι παρατηρήσαμε κατά τη διάρκεια της τήξης του πάγου ενώ συνεχίζαμε να προσφέρουμε Θερμότητα η Θερμοκρασία παρέμενε σταθερή» - πειραματικό επίπεδο»

➤ Όλα τα παιδιά της πειραματικής ομάδας πριν τη διδασκαλία θεωρούν ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, τα 5 δεν το αιτιολογούν, 1 παιδί δικαιολογεί αόριστα την απάντησή του και τα υπόλοιπα 14 παιδιά για να δικαιολογήσουν την άποψή τους χρησιμοποιούν τους ορισμούς που έδωσαν στην προηγούμενη ερώτηση και έτσι μόνο 2 διαφοροποιούν σωστά τις δύο έννοιες (4^η κατηγορία του πίνακα 10).

Επίσης όλα τα παιδιά της Α΄ Γυμνασίου χρησιμοποιούν τους ορισμούς που έδωσαν στην 3^η ερώτηση για να δικαιολογήσουν την απάντησή τους ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, επαναλαμβάνοντας έτσι τις εναλλακτικές τους ιδέες.

Στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία έχουμε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις απαντήσεις τους πριν τη διδασκαλία εφόσον περισσότεροι από τους μισούς μαθητές/ριες (11/20) διαφοροποιούν σωστά τις δύο έννοιες. Τα ίδια 11 παιδιά που στην 3^η ερώτηση όρισαν τη Θερμότητα ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει διαστολή ή αλλαγή φυσικής κατάστασης, στην 4^η ερώτηση για να δικαιολογήσουν την απάντησή τους ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, στηρίχθηκαν στις παρατηρήσεις τους σε πειραματικό επίπεδο στο πείραμα της τήξης του πάγου, ότι δηλαδή ενώ αυξάνεται η Θερμότητα η Θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Από τους/ις υπόλοιπους/ες μαθητές/ριες οι 4 για να αιτιολογήσουν τη διαφορά στις δύο έννοιες, χρησιμοποίησαν τους ορισμούς που έδωσαν στην 3^η ερώτηση

επαναλαμβάνοντας έτσι τις συγκεκριμένες απόψεις τους, 2 παιδιά έδωσαν αόριστες εξηγήσεις και 3 δεν έδωσαν καθόλου εξήγηση .

Οι απαντήσεις αυτές εμφανίζονται βελτιωμένες συγκρινόμενες με τις **αντίστοιχες των μαθητών/ριών της Β΄ τάξης που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά**, εφόσον στην πλειοψηφία τους (17/20) τα παιδιά αυτά, προκειμένου να αιτιολογήσουν ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, χρησιμοποιούν τους ορισμούς που έδωσαν στην 3^η ερώτηση επαναλαμβάνοντας έτσι τις παρανοήσεις τους, ενώ 3 παιδιά δεν έδωσαν καμιά εξήγηση.

Οι συγκρίσεις των συχνοτήτων είναι ενδεικτικές της αποτελεσματικότητας του λογισμικού στην διαφοροποίηση των δύο εννοιών, αν λάβουμε υπόψη το μικρό χρονικό διάστημα που διήρκεσε η διδασκαλία (4 διδακτικές ώρες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά συζητούνται τα αποτελέσματα της έρευνας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που διαμορφώθηκαν με βάση τα αποτελέσματα και διατυπώνεται πρόταση για τη διδασκαλία των σχετικών θεμάτων με τη χρήση του λογισμικού.

6.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στόχος της πρώτης ομάδας των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ήταν να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με το φαινόμενο της θερμικής διαστολής μεταλλικής σφαίρας και πιο συγκεκριμένα αν μπορούν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν το φαινόμενο συνδέοντας αναπαραστάσεις από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο.

Από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούν στην εκτίμηση των ενδείξεων ζυγαριάς όταν τα παιδιά ζυγίσουν μεταλλική σφαίρα πριν και μετά τη θέρμανσή φαίνεται ότι τα πιο πολλά παιδιά που δεν είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα και αρκετά παιδιά που διδάχθηκαν παραδοσιακά θεωρούν ότι ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι μεγαλύτερη μετά τη θέρμανση της σφαίρας, δηλαδή θεωρούν ότι θα αυξηθεί η μάζα, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει σύγχυση στις έννοιες μάζας και όγκου, σύγχυση που όπως έχει αναφερθεί στο 1^ο κεφάλαιο έχει διαπιστωθεί από αρκετές έρευνες στο παρελθόν (Driver, Squires et al., 2000). Η ίδια σύγχυση παρατηρήθηκε και σε αρκετούς πρωτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες του Π.Τ.Δ.Ε. Θεσσαλίας που συμμετείχαν σε έρευνα γεγονός που ενισχύει την αναποτελεσματικότητα της παραδοσιακής διδασκαλίας (Σταυρίδου, 1995).

Αντίθετα, διαπιστώσαμε ότι μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό σχεδόν όλα τα παιδιά κατανόησαν ότι η μάζα διατηρείται με τη θέρμανση, εφόσον απάντησαν ότι το βάρος της σφαίρας δεν αλλάζει όταν αυτή θερμαίνεται.

Στην ίδια ερώτηση σχετικά με τις εξηγήσεις που δίνουν τα παιδιά στην απάντησή τους, διαπιστώσαμε ότι σε ό,τι αφορά την σωστή απάντηση (ίδια ένδειξη στη ζυγαριά) καθώς και μία ολοκληρωμένη εξήγησή της (σε πειραματικό και

σωματιδιακό επίπεδο), η διδασκαλία στην πειραματική ομάδα με τη χρήση του λογισμικού και τα κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα εργασίας, είχε επίσης πολύ καλύτερα αποτελέσματα, ενώ απο τα παιδιά που δεν διδάχθηκαν σχετικά θέματα ή διδάχθηκαν παραδοσιακά τα λίγα παιδιά που έδωσαν σωστή απάντηση (ίδια ένδειξη στη ζυγαριά) έδωσαν εξήγηση μόνο από τις παρατηρήσεις τους στο πειραματικό επίπεδο – συνηθισμένη απάντηση «η μάζα μένει η ίδια και αυξάνεται ο όγκος».

Όπως έχει ήδη αναφερθεί (παρ. 3.2), το κλειδί για την κατανόηση του μηχανισμού της διαστολής και την ερμηνεία του φαινομένου με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο είναι ο τρόπος εισαγωγής και χρήσης του σωματιδιακού μοντέλου για την ύλη. Είναι φανερό ότι τα καλύτερα αποτελέσματα της διδασκαλίας στην πειραματική ομάδα οφείλονται στη σωστή εισαγωγή και χρήση του σωματιδιακού μοντέλου με το λογισμικό. Στο νέο μαθησιακό περιβάλλον με τη χρήση του λογισμικού και την εμπλοκή τους στις δραστηριότητες του αντίστοιχου φύλλου εργασίας, δίνεται στα παιδιά η δυνατότητα να αποκτήσουν αναπαραστάσεις για το τι συμβαίνει στη μάζα και τον όγκο θερμαινόμενου στερεού στο πειραματικό επίπεδο και στο σωματιδιακό επίπεδο, αλλά και να κάνουν τη σύνδεση μεταξύ των αναπαραστάσεων από τα δύο επίπεδα που θεωρείται δύσκολη αλλά απαραίτητη διαδικασία για την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης που τους επιτρέπει να ερμηνεύσουν με νέους όρους τις πειραματικές παρατηρήσεις (Σολομωνίδου, 2001, Γραμμένος, 2002)

Από τη μελέτη των απαντήσεων των παιδιών που διδάχθηκαν παραδοσιακά διαπιστώσαμε ότι στην πλειοψηφία τους δεν υπάρχουν εξηγήσεις αλλά παρατηρήσεις σε πειραματικό επίπεδο που προφανώς οφείλονται στον παραδοσιακό τρόπο εισαγωγής και χρήσης του σωματιδιακού μοντέλου σαν αυθύπαρκτη οντότητα χωρίς να συνδέεται με την πραγματικότητα και χωρίς να ορίζονται οι ιδιότητές του και τα όρια εγκυρότητάς του (Σταυρίδου, 1995, Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000).

Όταν τα παιδιά σχεδιάζουν πως νομίζουν ότι είναι μία μεταλλική σφαίρα πριν και μετά την θέρμανσή της, σε πειραματικό επίπεδο, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η παρατήρηση του εικονικού πειράματος στο νέο μαθησιακό περιβάλλον με τη χρήση του λογισμικού και τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας βοηθά τους/ις μαθητές/ριες να κατανοήσουν καλύτερα το φαινόμενο της διαστολής (αύξηση του όγκου με την θέρμανση της σφαίρας) σε πειραματικό επίπεδο, κάτι που δεν επιτυγχάνεται με το παραδοσιακό μάθημα όπου η τυπική παράδοση της θεωρίας συνοδεύεται απλά από την επίδειξη του πειράματος.

Από τη μελέτη των σχεδίων των μαθητών/ριών που τους ζητείται να σχεδιάσουν τι νομίζουν ότι συμβαίνει στα σωματίδια της σφαίρας πριν και μετά την θέρμανσή της διαπιστώσαμε ότι τα περισσότερα παιδιά που δεν είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα, αλλά και τα παιδιά που είχαν διδαχθεί παραδοσιακά, δεν είχαν σωστές αναπαραστάσεις. Τα λάθη που ανιχνεύσαμε:

A) Δεν διατηρούν ίδιο το πλήθος των σωματιδίων πριν και μετά τη θέρμανση που σημαίνει ότι δεν αντιλαμβάνονται τη μάζα ως άθροισμα των σωματιδίων που αποτελείται το σώμα αλλά ούτε και τη διατήρησή της όταν το σώμα θερμαίνεται απόψεις που όπως αναφέραμε στο 1^ο κεφάλαιο έχουν διαπιστωθεί και με άλλες έρευνες και φαίνεται να συνδέονται με την συνεχή αναπαράσταση για τη δομή της ύλης (Driver, Squires et al., 1998).

B) Σχεδιάζουν μεγαλύτερα σωματίδια μετά τη θέρμανση δηλαδή θεωρούν ότι με τη θέρμανση τα σωματίδια φουσκώνουν, αποδίδουν δηλαδή στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες. Οι εναλλακτικές αυτές απόψεις έχουν διαπιστωθεί με πολλές έρευνες (Driver, et. al., 1993, Driver, Squires et al., 1998, Κόκκοτας, κ.ά., 2002).

Γ) Στην πλειοψηφία τους τα παιδιά δεν σχεδιάζουν τα σωματίδια στη σφαίρα μετά την θέρμανσή της αραιότερα, είναι δηλαδή φανερό ότι δεν μπορούν να ερμηνεύσουν τη διαστολή σε σωματιδιακό επίπεδο και όσα τα σχεδιάζουν αραιότερα συνήθως μεταβάλλουν το πλήθος τους.

Δ) Αρκετά παιδιά δεν ζωγραφίζουν ομοιόμορφα κατανεμημένα τα σωματίδια πριν και μετά τη θέρμανση της σφαίρας.

Οι περισσότερες από τις παραπάνω λανθασμένες αντιλήψεις παρατηρήθηκαν και σε φοιτητές/τριες του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που συμμετείχαν σε έρευνα, ενδεικτικό στοιχείο της αναποτελεσματικότητας της παραδοσιακής διδασκαλίας στην εισαγωγή και χρήση μοντέλων αναπαράστασης της σωματιδιακής δομής της ύλης (Σταυρίδου, 1995).

Τα παιδιά της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού παρουσιάζουν στην πλειοψηφία τους σωστές αναπαραστάσεις σε σωματιδιακό επίπεδο, γεγονός που φαίνεται να οφείλεται στη σωστή εισαγωγή και χρήση του δυναμικού σωματιδιακού μοντέλου από το λογισμικό που τους επιτρέπει επίσης τη σύνδεση αναπαραστάσεων πειραματικού και σωματιδιακού επιπέδου για τη μάζα και τον όγκο (Σταυρίδου, 1995, Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000).

Στα σχέδια τους διατηρούν τον ίδιο αριθμό σωματιδίων μετά τη θέρμανση, που σημαίνει έχουν κατανοήσει τη μάζα ως άθροισμα των σωματιδίων καθώς και τη διατήρησή της όταν το σώμα θερμαίνεται. Την αύξηση του όγκου την ερμηνεύουν σχεδιάζοντας τα σωματίδια αραιότερα.

Από τις απαντήσεις των παιδιών αναφορικά με το αν θεωρούν ότι κινούνται τα σωματίδια πριν τη θέρμανση της σφαίρας και στην ερμηνεία που δίνουν, διαπιστώσαμε ότι τα μισά περίπου από τα παιδιά που δεν έχουν διδαχθεί τα σχετικά θέματα αντιλαμβάνονται την κίνηση των σωματιδίων πριν την θέρμανση της σφαίρας, δεν μπορούν όμως να την εξηγήσουν.

Τα παιδιά που διδάχθηκαν παραδοσιακά ελάχιστα επηρεάστηκαν εφόσον περίπου ο ίδιος αριθμός (τα μισά) απαντούν σωστά και έχουμε δύο ή τρεις τυπικά σωστές εξηγήσεις, όπως «στα στερεά τα σωματίδια κινούνται γύρω από συγκεκριμένες θέσεις», «υπάρχει εσωτερική ενέργεια», που είναι σύμφωνες με τα σχολικά εγχειρίδια.

Τα υπόλοιπα παιδιά απαντούν λανθασμένα «δεν κινούνται τα σωματίδια γιατί δεν θερμαίνεται η σφαίρα», συνδυάζουν δηλαδή την κίνηση με τη θέρμανση.

Το γεγονός ότι τα μετά τη διδασκαλία στην πειραματική ομάδα σχεδόν όλα τα παιδιά έδωσαν σωστές απαντήσεις, ότι δηλαδή τα σωματίδια κινούνται πριν τη θέρμανση, και αποδεκτές ερμηνείες (αποδεσμεύουν τη κίνηση των μορίων από τη θέρμανση), οφείλεται προφανώς στη δυνατότητα οπτικοποίησης της κίνησης των μορίων σε διάφορες θερμοκρασίες (όταν είναι κρύο – πριν θερμανθεί, ζεστό, πολύ ζεστό) μέσω του δυναμικού σωματιδιακού μοντέλου του λογισμικού, κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα στην παραδοσιακή διδασκαλία όπου απαιτείται η ενεργοποίηση της φαντασίας των παιδιών. Όπως έχουμε αναφέρει θετικά αποτελέσματα της οπτικοποίησης με τη βοήθεια του υπολογιστή σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει άμμεση εποπτεία, όπως το μοντέλο του μικρόκοσμου διαπιστώθηκαν και με άλλες έρευνες (Wiser, Amin, 2001, Ιμβριώτη & Καλκάνης, 2004).

Τέλος ζητήθηκε από τα παιδιά να εκφράσουν τη γνώμη τους για το τι συμβαίνει στα σωματίδια της σφαίρας όταν αυτή θερμαίνεται. Με τη μελέτη των αποτελεσμάτων διαπιστώσαμε ότι οι απαντήσεις των παιδιών που δεν έχουν διδαχθεί τα σχετικά θέματα, καθώς και οι απαντήσεις των παιδιών που διδάχθηκαν μόνο παραδοσιακά, δεν διαφέρουν πολύ, εφόσον και στις δύο περιπτώσεις λιγότερα από τα μισά παιδιά έδωσαν σωστές αλλά όχι πλήρεις απαντήσεις αναφερόμενα είτε στην πιο γρήγορη κίνηση των σωματιδίων είτε στην αραιώσή τους χωρίς να τα συνδέουν. Στις απαντήσεις των πιο πολλών παιδιών ανιχνεύσαμε ποικιλία εναλλακτικών απόψεων,

που είναι σύμφωνες με τα ευρήματα ερευνών όπως παρουσιάστηκαν στο 1^ο κεφάλαιο ύστερα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Πιο συγκεκριμένα αναδείχθηκαν: ι) η σύγχυση μάζας και όγκου ιι) η σύνδεση της κίνησης με τη θέρμανση ιιι) οι δυσκολίες στη χρήση σωματιδιακού μοντέλου για την περιγραφή του μικρόκοσμου (πολλά παιδιά απέδωσαν μακροσκοπικές ιδιότητες στα μικροσκοπικά σωματίδια) και οι δυσκολίες στην ερμηνεία της διαστολής στο σωματιδιακό επίπεδο (Driver, Squires et al., 1998, Σταυρίδου, 1995).

Στην πειραματική ομάδα όμως, μετά τη διδασκαλία με τη χρήση του λογισμικού τα πιο πολλά παιδιά έδωσαν ολοκληρωμένες απαντήσεις, που σημαίνει ότι η εισαγωγή του δυναμικού σωματιδιακού μοντέλου του λογισμικού, όπου οπτικοποιείται ο μικρόκοσμος σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας, τα οδήγησε να αποκτήσουν σωστές αναπαραστάσεις σε σωματιδιακό επίπεδο και να ερμηνεύουν με αποδεκτό τρόπο το φαινόμενο της διαστολής σε αυτό το επίπεδο.

Στόχος της δεύτερης ομάδας των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ήταν να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με το φαινόμενο της τήξης του πάγου και πιο συγκεκριμένα αν μπορούν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν το φαινόμενο συνδέοντας αναπαραστάσεις από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο.

Από τη μελέτη των απαντήσεων των παιδιών αναφορικά με το τι πιστεύουν ότι θα παρατηρήσουν όταν θερμάνουν στο μάτι της κουζίνας ένα κομμάτι πάγο τοποθετημένο σε δοχείο, διαπιστώσαμε ότι όλα τα παιδιά είχαν μία σωστή άποψη ότι αν θερμάνουμε τον πάγο θα λιώσει και θα μετατραπεί σε νερό, κάποια παιδιά μάλιστα συμπλήρωσαν ότι αν η θέρμανση συνεχιστεί για περισσότερη ώρα το νερό θα μετατραπεί σε αέριο.

Ζητήθηκε από τα παιδιά να εκφράσουν τη γνώμη τους για το τι νομίζουν ότι θα παρατηρήσουν σε θερμόμετρο που τοποθετείται μέσα στο δοχείο με τον πάγο, για όση ώρα θερμαίνεται ο πάγος και μέχρι να γίνει όλος νερό.

Η πλειοψηφία των παιδιών που δεν διδάχθηκαν σχετικά θέματα διατύπωσαν εναλλακτικές απόψεις, όπως «η θερμοκρασία αυξάνεται», «η θερμοκρασία είναι σταθερή στους 100^ο C», απόψεις που έχουν διαπιστωθεί και με άλλες έρευνες (Driver, et al., 1993, Laburu, Niaz, 2002), ενώ κανένα παιδί δεν έδωσε σωστή και πλήρη απάντηση.

Οι απαντήσεις των παιδιών που διδάχθηκαν παραδοσιακά εμφανίζονται ελάχιστα βελτιωμένες, εφόσον λίγα παιδιά έδωσαν ελλιπείς μεν αλλά σωστές απαντήσεις του τύπου «η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μετατροπής του πάγου σε νερό θα είναι σταθερή στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ », αναφέρονται δηλαδή σωστά στο τι συμβαίνει σε μία φάση – κατά τη διάρκεια της τήξης, και που είναι πιθανόν να οφείλεται στην εργαστηριακή επίδειξη του αντίστοιχου πειράματος, ενώ ένα μόνο παιδί έδωσε ολοκληρωμένη απάντηση, περιγράφοντας σωστά τις ενδείξεις του θερμομέτρου στις τρεις φάσεις – πριν την τήξη, κατά την διάρκεια της τήξης, και μετά την τήξη.

Οι απαντήσεις όμως των παιδιών της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία εμφανίζονται αισθητά βελτιωμένες, εφόσον η πλειοψηφία δίνει ελλιπείς μεν αλλά σωστές απαντήσεις του τύπου «η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια μετατροπής του πάγου σε νερό θα είναι σταθερή στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ », και αυξάνεται ο αριθμός των παιδιών που δίνουν ολοκληρωμένες απαντήσεις (5 επιπλέον παιδιά σε σχέση με αυτά πριν τη διδασκαλία). Φαίνεται ότι η δυνατότητα του λογισμικού να δημιουργεί πολλαπλές αναπαραστάσεις από παρατηρήσεις πειραματικού επιπέδου – ενδείξεις θερμομέτρου και από το συμβολικό επίπεδο – σχεδίαση γραφικής παράστασης μεταβολής της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν τι συμβαίνει με την θερμοκρασία πριν να αρχίσει η τήξη, κατά τη διάρκεια της τήξης και αμέσως μετά.

Επίσης ζητήθηκε από τα παιδιά να εκφράσουν τη γνώμη τους για το τι συμβαίνει στα σωματίδια του πάγου, όσο αυτός θερμαίνεται και να την ερμηνεύσουν σχεδιάζοντας.

Τα παιδιά που δεν είχαν διδαχθεί τα σχετικά θέματα παρουσίασαν και σε αυτή την περίπτωση πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων παρόμοιες με αυτές στην περίπτωση θέρμανσης της σφαίρας, που σημαίνει δεν έχουν σωστές αναπαραστάσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο. Ανιχνεύσαμε τις παρακάτω εναλλακτικές ιδέες :

A) Αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες με απαντήσεις της μορφής «τα σωματίδια λιώνουν», «τα σωματίδια διαστέλλονται – συστέλλονται» (Driver, Squires et al., 1998).

B) Αλλάζουν το πλήθος των σωματιδίων με απαντήσεις της μορφής «τα σωματίδια λιγοστεύουν», «τα σωματίδια εξαφανίζονται», που σημαίνει ότι δεν έχουν κατανοήσει ότι η μάζα παραμένει σταθερή με τη θέρμανση, ή ακόμα και αν πιστεύουν θεωρητικά ότι η μάζα διατηρείται δεν έχουν σωστή αναπαράσταση για τη μάζα στο σωματιδιακό επίπεδο, δηλαδή δεν έχουν αντιληφθεί την μάζα ως άθροισμα

σωματιδίων, με αποτέλεσμα να αλλάζουν τον αριθμό τους (Driver, Squires et al., 1998).

Τα σχέδια αυτών των παιδιών είναι στην πλειοψηφία τους ζωγραφιές πάγου σε πειραματικό επίπεδο (σχ. 14, σχ. 15), που δεν ανταποκρίνονται στην απάντηση.

Οι απαντήσεις των παιδιών που διδάχθηκαν παραδοσιακά εμφανίζουν μικρή βελτίωση εφόσον λίγα μόνο παιδιά αποδίδουν στα σωματίδια μακροσκοπικές ιδιότητες, ενώ στην πλειοψηφία τους απαντούν λανθασμένα, αναφερόμενα σε μία φάση μόνο είτε κατά τη διάρκεια της τήξης με απαντήσεις της μορφής *«οι δεσμοί που έχουν τα σωματίδια του πάγου σπάνε όταν θερμαίνεται»*, είτε στην υγρή φάση μετά την τήξη με απαντήσεις του τύπου *«τα σωματίδια γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο»*, που συναντάμε συχνά στα σχολικά εγχειρίδια.

Από τα σχέδια αυτών των παιδιών, που στην πλειοψηφία τους ήταν λανθασμένα με κυρίαρχα χαρακτηριστικά ι) τη σχεδίαση σε πειραματικό επίπεδο σε μία ή δύο φάσεις (σχ.11, σχ.12, σχ.17, σχ.18) ιι) τη μη διατήρηση του πλήθους των σωματιδίων στη στερεή και την υγρή φάση ιιι) αλλαγή στο μέγεθος των σωματιδίων (σχ. 9, σχ. 10), διαπιστώθηκε ότι δεν έχουν σωστές αναπαραστάσεις στο σωματιδιακό επίπεδο, που φαίνεται να οφείλονται στο μη σωστό τρόπο εισαγωγής του σωματιδιακού μοντέλου στην παραδοσιακή διδασκαλία, όπως έχει διαπιστωθεί και με άλλες έρευνες (Σταυρίδου, 1995, Σταυρίδου, Σολομωνίδου, κ.ά., 2000).

Η βελτίωση μετά τη διδασκαλία στην πειραματική ομάδα είναι σημαντική εφόσον η πλειοψηφία των παιδιών (17/20), έδωσε απαντήσεις που δεν ήταν πλήρεις αλλά ήταν αποδεκτές ενώ 8 από τα 17 αυτά παιδιά έδωσαν ολοκληρωμένες απαντήσεις της μορφής *«αρχικά μέχρι τους 0 °C τα σωματίδια κινούνται εντονότερα, ενώ όση ώρα λιώνει ο πάγος η ταχύτητά τους είναι η ίδια, και χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους»*, περιέγραψαν δηλαδή με ακρίβεια τι συμβαίνει στα σωματίδια πριν την τήξη αλλά και κατά τη διάρκεια αυτής. Επίσης η πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία απεικονίζει σωστά το σωματιδιακό επίπεδο, σχεδιάζοντας συνήθως δύο σχήματα: ι) ένα για τη στερεά κατάσταση πριν την τήξη όπου σφαιρικά σωματίδια δημιουργούν πλέγμα και ιι) ένα για την υγρή κατάσταση όπου ίδιου μεγέθους και πλήθους σφαιρικά σωματίδια τοποθετούνται πιο άτακτα αραιότερα ή πυκνότερα (σχ. 16).

Είναι φανερό ότι η βελτίωση αυτή οφείλεται στη σωστή εισαγωγή και χρήση του δυναμικού σωματιδιακού μοντέλου του λογισμικού που σε συνδυασμό με τις

δραστηριότητες του φύλλου εργασίας επιτρέπει στα παιδιά να μπορούν να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της τήξης στο σωματιδιακό επίπεδο.

Στόχος της τρίτης ερώτησης του ερωτηματολογίου, ήταν να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των παιδιών για τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία.

Όπως ήταν αναμενόμενο τα παιδιά της Α΄ Γυμνασίου που δεν διδάχθηκαν σε αυτή τη φάση τα σχετικά θέματα αλλά τα είχαν διδαχθεί στο Δημοτικό, παρουσίασαν πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων και παρανοήσεων σύμφωνες με τη βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώσαμε σε αρκετά παιδιά μία καλύτερη προσέγγιση της έννοιας της θερμοκρασίας *«μετρά πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα»*, από την έννοια της θερμότητας, που τα πιο πολλά την ταύτιζαν με τη ζέστη, άποψη που έχει διαπιστωθεί και με άλλες έρευνες (Driver, Squires et al., 1998, Wisser & Amin, 2001, Paik, Kim et al., 2004), κάποια άλλα την προσέγγισαν με λανθασμένη ή αόριστη χρήση της έννοιας της ενέργειας, ενώ μερικά άλλα παιδιά ταύτιζαν τις δύο έννοιες, άποψη που έχει ανιχνευθεί και με άλλες έρευνες (Driver, Squires et al., 1998)

Από τους ορισμούς που έδωσαν τα παιδιά που διδάχθηκαν παραδοσιακά, διαπιστώσαμε ότι αρκετά παιδιά παρουσιάζουν συγκεχυμένες απόψεις και παρανοήσεις για τις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας που φαίνεται καθαρά ότι σε μεγάλο βαθμό προέρχονται από την αποστήθιση κανόνων των σχολικών εγχειριδίων που εμπλέκουν τα παιδιά με δυσνόητες έννοιες όπως της θερμικής ενέργειας. Αρκετά παιδιά επίσης, ενώ ταύτιζαν τη θερμότητα με τη θέρμανση και με τη ζέστη, προσέγγισαν σωστά την έννοια της θερμοκρασίας *«δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα»*. Επίσης παρατηρήσαμε ότι ενώ αρκετά παιδιά προσέγγισαν τυπικά σωστά την έννοια της Θερμότητας ως μορφή ενέργειας σύμφωνα με τα σχολικά εγχειρίδια, τα ίδια παιδιά παρουσίασαν λανθασμένη αντίληψη για την έννοια της θερμοκρασίας ως ένας τρόπος μέτρησης της θερμότητας.

Στην πειραματική ομάδα μετά τη διδασκαλία εμφανίζεται βελτίωση, εφόσον η πλειοψηφία των μαθητών/ριων (11/20) ορίζει τη θερμότητα ως «κάτι» που μπορεί να προκαλέσει διαστολή ενός σώματος ή αλλαγή στη φυσική κατάσταση (πειραματικό επίπεδο), ενώ 2 από αυτά τα παιδιά συνέδεσαν αυτές τις παρατηρήσεις και με κάποιες αλλαγές στο σωματιδιακό επίπεδο γράφοντας *«η θερμότητα μπορεί να αυξήσει την κινητικότητα των σωματιδίων, να αυξηθούν οι αποστάσεις μεταξύ τους και έτσι να αυξηθεί ο όγκος ενός σώματος και επίσης μπορεί να αλλάξει τη φυσική κατάσταση ενός σώματος»*.

Από τη μελέτη των απαντήσεων διαπιστώνουμε ότι ενώ τα παιδιά μπορούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα της διαστολής και της αλλαγής φάσης σε σωματιδιακό επίπεδο, στη συντριπτική πλειοψηφία τους για να ορίσουν την Θερμότητα, δεν χρησιμοποιούν σωματιδιακούς όρους. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα συναφών ερευνών στις οποίες αναφέρεται αφενός ότι οι μαθητές/ριες χρησιμοποιούν το σωματιδιακό μοντέλο μόνο σε μερικές απαντήσεις δηλαδή η χρήση του εξαρτάται από το περιεχόμενο της ερώτησης και αφετέρου ενώ το γνωρίζουν και είναι σε θέση να το χρησιμοποιούν, αν δεν τους ζητηθεί επιλέγουν καταρχήν να μην το χρησιμοποιήσουν (Redfors et al., 2003, Ιβριώτη & Καλκάνης, 2004). Εκτιμάμε επίσης ότι χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να εξοικειωθούν τα παιδιά με το σωματιδιακό μοντέλο, να το υιοθετήσουν και να το χρησιμοποιήσουν σε πολλές περιπτώσεις.

Σχετικά με την έννοια της Θερμοκρασίας, τα 5 από αυτά τα παιδιά δίνουν αποδεκτό ορισμό σε σωματιδιακό επίπεδο όπου την συσχετίζουν με την κινητικότητα των μορίων, «η θερμοκρασία δείχνει πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια», ενώ οι άλλοι/ες 6 προσεγγίζουν σωστά αλλά πιο παραδοσιακά την θερμοκρασία με την οποία θεωρούν ότι μετράμε πόσο θερμό ή ψυχρό είναι ένα σώμα.

Σύμφωνα με την προηγούμενη παρατήρηση και στην περίπτωση του ορισμού της θερμοκρασίας, ενώ η πλειοψηφία των παιδιών της πειραματικής ομάδας με τη χρήση του λογισμικού έχει συσχετίσει τη θερμοκρασία με την ταχύτητα της κίνησης των μορίων, όπως διαπιστώθηκε από τον επιτυχή τρόπο ερμηνείας των φαινομένων της διαστολής και της αλλαγής φάσης σε σωματιδιακό επίπεδο, λίγα παιδιά χρησιμοποίησαν αυτή την προσέγγιση στον ορισμό της θερμοκρασίας. Τα πιο πολλά παιδιά την προσεγγίζουν με όρους πειραματικού επιπέδου. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο εφόσον δεν ήταν στους στόχους της έρευνας η οικοδόμηση της έννοιας της θερμοκρασίας. Η γνώμη των παιδιών απλά ζητήθηκε γιατί σχετίζεται με την επόμενη ερώτηση.

Στόχος της τέταρτης ερώτησης του ερωτηματολογίου, ήταν να διερευνηθεί αν διαφοροποιούν τα παιδιά τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία. και πώς το αιτιολογούν.

Η πλειοψηφία των παιδιών που δεν διδάχθηκαν σχετικά θέματα αλλά και η πλειοψηφία των παιδιών που διδάχθηκαν παραδοσιακά θεωρούν ότι η θερμότητα και η θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο για να το αιτιολογήσουν όμως χρησιμοποιούν τους

ορισμούς που έδωσαν στην προηγούμενη ερώτηση επαναλαμβάνοντας έτσι εναλλακτικές ιδέες.

Στην πειραματική ομάδα όμως μετά τη διδασκαλία έχουμε καλύτερα αποτελέσματα εφόσον **περισσότερα από τα μισά παιδιά (11/20)** διαφοροποιούν σωστά σε πειραματικό επίπεδο τις δύο έννοιες. Τα ίδια 11 παιδιά που στην τρίτη ερώτηση όρισαν τη Θερμότητα ως «*κάτι που μπορεί να προκαλέσει διαστολή ή αλλαγή φυσικής κατάσταση*», στην τέταρτη ερώτηση για να δικαιολογήσουν την απάντησή τους ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία δεν είναι το ίδιο, στηρίχθηκαν στις παρατηρήσεις τους σε πειραματικό επίπεδο, και συγκεκριμένα στο πείραμα της τήξης του πάγου, ότι δηλαδή ενώ αυξάνεται η Θερμότητα η Θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι επιτεύχθηκαν οι τρεις πρώτοι στόχοι της έρευνας και ο τέταρτος στόχος κατά ένα μέρος.

Πιο συγκεκριμένα:

Τα παιδιά της πειραματικής ομάδας μετά τη διδασκαλία με το λογισμικό και τα ειδικά σχεδιασμένα φύλλα εργασίας :

1. Ανέπτυξαν σωστές αναπαραστάσεις σε πειραματικό επίπεδο για τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής σφαίρας και της τήξης του πάγου μέσα από τα αντίστοιχα εικονικά πειράματα, επαληθεύοντας την πρώτη υπόθεση της έρευνας (επίτευξη πρώτου στόχου της έρευνας).

Ειδικότερα:

A) Σχετικά με το φαινόμενο της θερμικής διαστολής σφαίρας, κατανόησαν τη διαφορά μάζας και όγκου πειραματικά, κατανόησαν ότι με τη θέρμανση η μάζα μένει σταθερή και αυξάνεται ο όγκος και έτσι περιέγραψαν την διαστολή σε πειραματικό επίπεδο με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο.

B) Σχετικά με το φαινόμενο της τήξης του πάγου κατανόησαν τις τρεις διαφορετικές φάσεις πριν την τήξη – στερεά φάση, κατά τη διάρκεια της τήξης – υγρή και στερεή φάση, υγρή – μετά την τήξη και τι ακριβώς συμβαίνει με τη θερμοκρασία σε κάθε μία, επικεντρώθηκαν στην παρατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης και απέκτησαν μια ολοκληρωμένη εικόνα του φαινομένου σε πειραματικό επίπεδο.

2. Απέκτησαν σωστές αναπαραστάσεις στο σωματιδιακό επίπεδο για τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής σφαίρας και της τήξης του πάγου με τη βοήθεια του δυναμικού σωματιδικού μοντέλου του λογισμικού, το οποίο αξιοποίησαν για την κατανόηση των δύο φαινομένων στο σωματιδιακό επίπεδο, επαληθεύοντας τη δεύτερη υπόθεση της έρευνας (επίτευξη δεύτερου στόχου της έρευνας).

Ειδικότερα:

A) Σχετικά με το φαινόμενο της θερμικής διαστολής σφαίρας, κατανόησαν τη διατήρηση του αριθμού των σωματιδίων πριν τη θέρμανση και μετά, συσχέτισαν τη θερμοκρασία με το βαθμό κίνησης των σωματιδίων και κατανόησαν ότι με τη θέρμανση αυξάνεται η κινητικότητα των σωματιδίων με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι αποστάσεις μεταξύ τους.

B) Σχετικά με το φαινόμενο της τήξης του πάγου, κατανόησαν τη διατήρηση του αριθμού των σωματιδίων πριν τη θέρμανση και μετά, κατανόησαν επίσης τον διαφορετικό τρόπο σύνδεσης και κίνησης των μορίων στο στερεό και στο υγρό σε διάφορες θερμοκρασίες, καθώς επίσης ότι κατά την αλλαγή φάσης η προσφερόμενη θερμότητα δεν χρησιμοποιείται για την αύξηση της κινητικότητας των μορίων αλλά για την εξασθένιση των ελαστικών δυνάμεων μεταξύ τους.

3. Συνέδεσαν τις παρατηρήσεις τους στο πειραματικό επίπεδο με τις αναπαραστάσεις τους στο σωματιδιακό επίπεδο και περιέγραψαν και ερμήνευσαν με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τα φαινόμενα της θερμικής διαστολής σφαίρας και της τήξης του πάγου, επαληθεύοντας την τρίτη υπόθεση της έρευνας (επίτευξη τρίτου στόχου της έρευνας).

Ειδικότερα :

A) Σχετικά με το φαινόμενο της θερμικής διαστολής σφαίρας, κατανόησαν τη μάζα ως άθροισμα σωματιδίων και ερμήνευσαν τη διατήρησή της όταν η σφαίρα θερμαίνεται μέσω της διατήρησης του αριθμού των σωματιδίων, όσο για την αύξηση του όγκου την ερμήνευσαν με την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των σωματιδίων.

B) Σχετικά με το φαινόμενο της τήξης του πάγου, κατανόησαν ότι:

ι) πριν να αρχίσει η τήξη όταν ακόμα έχουμε στερεό κομμάτι πάγου, τα σωματίδια κάνουν μικρές κινήσεις γύρω από συγκεκριμένες θέσεις, ιι) με τη θέρμανση αυξάνεται αρχικά η θερμοκρασία δηλαδή η κινητικότητα των σωματιδίων, από κάποια όμως χρονική στιγμή και μετά ενώ συνεχίζουμε να παρέχουμε θερμότητα η

θερμοκρασία παραμένει σταθερή δηλαδή δεν αυξάνεται η ταχύτητα των μορίων, αλλά εξασθενούν οι δυνάμεις μεταξύ τους, τα σωματίδια κινούνται πιο άτακτα και σιγά - σιγά ο πάγος μετατρέπεται σε νερό και iii) όταν όλος ο πάγος έγινε νερό άρχισε πάλι να αυξάνεται η θερμοκρασία.

4. Οικοδόμησαν την έννοια της θερμότητας σε πειραματικό επίπεδο και τη διαφοροποίησαν από την θερμοκρασία σε πειραματικό επίπεδο, επαληθεύοντας σε μεγάλο βαθμό την τέταρτη υπόθεση (επίτευξη του τέταρτου στόχου κατά ένα μέρος).

Η τελευταία αυτή υπόθεση δεν επαληθεύθηκε (ο τέταρτος στόχος δεν επιτεύχθηκε) ως προς την οικοδόμηση της έννοιας της θερμότητας σε σωματιδιακό επίπεδο, εφόσον μόνο δύο μόνο παιδιά την όρισαν σε σχέση με ότι συμβαίνει σε σωματιδιακό επίπεδο, αποτέλεσμα που συμφωνεί με αποτελέσματα συναφών ερευνών όπως ήδη αναφέραμε, στις οποίες διαπιστώθηκε ότι η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου εξαρτάται από την ερώτηση και ότι αν δεν ζητηθεί τα παιδιά αυθόρμητα απαντούν με μακροσκοπικούς όρους, που είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο ότι τα παιδιά δεν είναι εξοικειωμένα με τα σωματιδιακά μοντέλα και τη χρήση τους σε διάφορες περιπτώσεις (Redfors et al., 2003, Ιβριώτη & Καλκάνης, 2004).

Ειδικότερα τα παιδιά οικοδόμησαν την έννοια της θερμότητας ως «κάτι που μπορεί να προκαλέσει τη διαστολή στερεού ή την αλλαγή φάσης» και την διαφοροποίησαν από την θερμοκρασία επικεντρώνοντας στην παρατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης του πάγου σε νερό, ενώ αυξάνεται η θερμότητα.

Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι η χρήση των σεναρίων «Διαστολή στερεών – θερμική διαστολή μεταλλικής σφαίρας» και «Αλλαγή φυσικής κατάστασης – τήξη πάγου» σε συνδυασμό με ειδικά σχεδιασμένα φύλλα εργασίας, επιτρέπει στα παιδιά να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τα παραπάνω φαινόμενα συνδέοντας αναπαραστάσεις από το πειραματικό και σωματιδιακό επίπεδο καθώς και να οικοδομήσουν την έννοια της θερμότητας και να τη διαφοροποιήσουν από την έννοια της θερμοκρασίας σε πειραματικό επίπεδο.

Παρά τους περιορισμούς της έρευνας (μικρό δείγμα και μικρής διάρκειας διδακτική παρέμβαση), αποδεικνύεται ότι είναι αποτελεσματική μια διδακτική παρέμβαση για την οικοδόμηση της έννοιας της Θερμότητας και την διαφοροποίησή

της από την έννοια της Θερμοκρασίας με τη χρήση των προαναφερθέντων σεναρίων του λογισμικού επικοινωνητικού τύπου «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.».

Για το λόγο αυτό προτείνεται η χρήση του στη διδασκαλία των σχετικών θεμάτων συμπληρωματικά της παραδοσιακής διδασκαλίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85
- Arnold, M. & Millar, R. (1996). Learning the scientific story: a case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, 80(3), 249-281
- Astolfi, J.- P. & Drouin, A.- M. (1992). *La modelisation a l' ecole elementaire*. In J.- L. Martinand, J.-P. Astolfi et al., *Enseignement et apprentissage de la modelisation en sciences*, INRP, 55-117
- Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter. *Children's Learning in Science Project*. Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds
- Carlsson, H., Igglund, R. & Bernhard, J. (1998). Implementing computer based labwork in physics. *Practical Work in Science Education: the face of science in schools*, 20 contributions to the conference Copenhagen May 1998, p 153-162
- Carlton, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2), 101-105
- Clough, E., & Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Physics Education*, 20, 175-182
- Cohen, E. (1994). Restructuring the classroom: conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35
- Cotignola, M., Bordogna, C., Punte, G. & Cappannini, O. (2002). Difficulties in Learning Thermodynamic Concepts: Are They Linked to the Historical Development of this Field? *Science and Education*, 11(3), 279-291
- Delacote, G. (1996). *Savoir Apprendre/Les Nouvelles Methodes*. Paris: Odile Jacob
- Dow, W.M., Auld, J. & Wilson, D. (1978). *Pupils' concepts of gases, liquids and solids*, Dundee College of Education
- Driver, R. (1985/1993). Πέρα από τα φαινόμενα: η διατήρηση της μάζας σε φυσικούς και χημικούς μετασχηματισμούς. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien, (Eds.)

- Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ.μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 208-241
- Driver, R., Guesne E. & Tiberghien, A. (Eds).(1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ.μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 73 - 122
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1998/2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (ελλ. μετ.). Κόκκοτας, Π. επ. Αθήνα: Τυπωθήτω
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science: from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B.J. Fraser and K.G. Tobin (Eds.) *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.3-25
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230
- Erickson, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64(3), 323-336
- Erickson, G., & Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. In R. Driver, E. Guesne, and A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science* (pp.52-84). Philadelphia: Open University Press
- Gilbert, J.K., Justi, R.S. & Aksela, M. (2003). The visualization of models: A metacognitive competence in the learning of chemistry, *paper read to the ESERA conference "Research and the quality of science education"*, The Netherlands
- Giordan, A. & Martinand, J.-L. (1987). *Modeles et Simulations, Actes des 9es JIES, Chamonix*
- Greenbowe, T. & Meltzer, D. (2003). Students Learning of thermochemical concepts in context of solution calorimetry. *International Journal of Science Education*, 25(7), 779-800
- Harris, W.F. (1981). Heat in undergraduate education, or isn't it time we abandoned the theory of caloric? *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 9, 317-321
- Harrison, A., Grayson, D. & Treagust, D. (1999). Investigating a Grade 11 Student's Evolving Conceptions of Heat and Temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87
- Hatzinikita, V. & Kokkotas, P. (1994). Children's and undergraduate students' conceptions of the changes in the state of water. In A. Bargellini & P.E. Todesco

- (Eds) *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education*, Pisa, Italy, 247-253
- Hewson M.G. & Hamlyn, D. (1984). The influence of intellectual environment on conceptions of heat. *European Journal of Science Education*, 6(3), 245-262
<http://europa.eu.int/comm/education/indic/backen.html>. Ευρωπαϊκή Έκθεση για την Ποιότητα της Εκπαίδευσης
- Jonassen, D.H. (2000). *Computer as Mindtools for Schools*, PrenticeHall Inc, New York
- Kearney M., Treagust, D., Yeo S. & Zadnik, M. (2001). Student and Teacher Perceptions of the Use of Multimedia Supported Predict – Observe – Explain Tasks to Probe Understanding. *Research in Science Education*, 31, 589-615
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics- an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 85-106
- Laburu, C.E. & Niaz, M. (2002). A Lakatosian Frsmework to Analyze Situations of Cognitive Conflict and Controversy in Students' Understanding of Heat Energy and Temperature. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 211-219
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In Lakatos, I., and Musgrave, A. (Eds.) *Criticism and the Growth of knowledge*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp.91-96
- Martinand, J.- L. (1992). Presentation. In J. – L. Martinand, J. – P. Astolfi et al. (equipe INRP/LIREST) *Enseignement et apprentissage de la modelisation en sciences*. Paris, INRP, 7-22
- Maskill, R. & Perdosa de Jesus, H. (1997). Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education*, 19(2), 781-799
- McDermott, L.C. (1996). *Physics by inquiry*. New York:Wiley
- Niaz, M. (2000). A framework to understand students' differentiation between heat energy and temperature and its educational implications. *Interchange*, 31, 1-20
- Nussbaum, J. (1985/1993). Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien, (Eds) *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ.μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 180-207
- Osborne, R.J. & Gosgrove, M.M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-38

- Paik, S.- H., Kim, H. – N., Cho, B.- K. & Park, J.- W. (2004). K-8th grade Korean students' conceptions of 'changes of state' and 'conditions for changes of state'. *International Journal of Science Education*, 26(2), 207-224
- Pozo, R.M.D. (2001). Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23(4), 353-371
- Redfors, A. & Holgerson, L. (2003). On teacher students and the world of models in physics. Paper read to the *ESERA conference, Research and the quality of science education*. The Netherlands
- Russel D., Lucas K., & McRobbie, C. (2003). The Role of the Microcomputer-Based Laboratory Display in Supporting the Construction of New Understanding in Kinematics. *Research in Science Education*, 33, 217-243
- Solloway, E. (1993). Reading and writing in the 21th Century. *Communication of the ACM*, 5(36)
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82
- Stavy, R. & Berkovitz, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education*, 64(5), 679-692
- Taber, K. (2000). Finding the optimum level of simplification: the case of teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(5)
- Thomaz, M., Malaquias, I. & Valente, M. (1995). An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperature. *Physics Education*, 30(1), 19-26
- Thorton, R. (1997). Conceptual Dynamics: Changing Student Views of Force and Motion. In E. Ridish & J. Rigdan (Eds.) *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*. Wiley, NY, pp.241-266
- Tiberghien, A. (1979). Modes and conditions of Learning, an example: the learning of some aspects of the concept of heat. *Proceedings of an International Seminar on Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, Leeds, University of Leeds.
- Tiberghien, A. (1980). Un exemple de restructuration de l'organisation conceptuelle a l'occasion d'un enseignement concernant la notion de chaleur. In *Compte-rendus des Deuxiemes Journees sur l'Education Scientifiqu*, Chamonix, France

- Tiberghien, A. (1983). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years. *Proceedings of the first international workshop, 26 June-13 July, La Londe les Maures, France*, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1984, pp.75-90
- Tiberghien, A. (1993). Analysis of Learning in the Case of a Teaching on Heat and Temperature. Paper presented at *the Annual Meeting of the SRCD*
- Van Roon, P., Van Sprang, H. & Verdonk, A. (1994). Work and Heat: on a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16(2), 131-144
- Veiga, I., Pereira, D. & Maskill, R. (1989). Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas?. *International Journal of Science Education*, 16(4), 465-479
- Watts, D.M. & Gilbert, J.K. (1985). *Appraising the understanding of science concepts: heat*. Department of Educational Studies, University of Surrey, Guildford
- Wiser, M. (1988). The differentiation of heat and temperature: History of science and novice-expert shift. In Strauss, S.(Eds.) *Ontogeny, Phylogeny, and the Historical Development*. Ablex, Norwood, NJ, pp.28-48
- Wiser, M. & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.) *Mental models* (pp.267-298). Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum
- Wiser, 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

Ελληνική

- Αντωνιάδου, Π., Λεύκος, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε. & Ψύλλος, Δ. (2002). Η διδασκαλία της Θερμικής Ισορροπίας με τη Χρήση Εικονικού Εργαστηρίου. Στο Α. Δημητρακοπούλου (επιμ.) *Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 'Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση'*, Παν/μιο Αιγαίου, Ρόδος, 9ος/2002, 243-254
- Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκης, Α., Δημητριάδης, Π., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσιμίπα, Λ. (2000). *Φυσική Β' Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ, Αθήνα

- Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ. & Σάββας, Σ. (2003). *Ερευνώ και ανακαλύπτω (ΣΤ' Δημοτικού)*, ΟΕΔΒ, Αθήνα
- Γραμμένος, Σ., Σταυρίδου, Ε., Δημητριάδης, Σ. (2002). Το Εκπαιδευτικό Λογισμικό 'Το τετράδιο της πυκνότητας' στην Τάξη : Διαδικασίες Μάθησης και Μαθησιακά Αποτελέσματα. Στο Α. Δημητράκοπούλου (επιμ.) *Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 'Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση'*, Παν/μιο Αιγαίου, Ρόδος, 9ος/2002, 363-372
- Δαπόντες, Ν., Ραβάνης, Κ. (2003). Ο σχεδιασμός και η δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού για τη Φυσική: Το παράδειγμα του γνωστικού τομέα της Κινηματικής. *Διδασκαλία των Φυσικών επιστημών – Έρευνα και Πράξη*, 6, 28-36
- Ιμβριώτη, Δ. & Καλκάνης, Γ. (2004). Το μοντέλο του μικρόκοσμου ως κεντρική ενότητα στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών για τους φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης και ο έλεγχος της αξιοποίησής του στην ερμηνεία της ανώμαλης διαστολής του νερού. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.) *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου 'ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση'*, Αθήνα, 11ος/2004, 292-302
- Ιωαννίδου, Ι. (2004). Νέες Τεχνολογίες και Σχολική Πραγματικότητα. *Διδασκαλία των Φυσικών επιστημών – Έρευνα και Πράξη*, 8-9, 10-11
- Καρύδας, Α. & Κουμαράς, Π. (2003). Επιστημονικός & Τεχνολογικός αλφαριθμητισμός: Ιστορικές, κοινωνικές & σημασιολογικές προσεγγίσεις. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών – Έρευνα και Πράξη*, 6, 9-21
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φ.Ε.* Αθήνα
- Κόκκοτας, Π. (1999). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.* Αθήνα
- Κόκκοτας, Π. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.* Αθήνα: Γρηγόρη
- Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.* Αθήνα
- Κόκκοτας, Π., Ριζάκη, Α., Χαβιάρης, Π., Χατζή Μ. (2002). *Φυσικές Επιστήμες ΣΤ' τάξης.* Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- Κόλλιας Β., Βλασσά Μ., Μαμαλούγκος Ν. & Βοσνιάδου Σ. (2000). Μελέτη των μεταγνωσιακών και συνεργατικών χαρακτηριστικών ενός δικτυακού περιβάλλοντος μάθησης. Στο Β. Κόμης (επιμ.) *Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου*

- Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή 'Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση', Πάτρα, Οκτώβριος, 10ος/2000, 388-397*
- Μακράκης, Β. (2000). Επαναπροσδιορίζοντας την έννοια του λειτουργικού αλφαριθμητισμού στην κοινωνία της πληροφορίας, της γνώσης και της μάθησης. *Πρακτικά Β 'Πανελληνίου Συνεδρίου 'Η Πληροφορική στην Κοινωνία και τον Πολιτισμό', Αθήνα, 6ος/2000, 176-184*
- Μικρόπουλος, Τ. (2000). *Εκπαιδευτικό Λογισμικό*. Αθήνα: Κλειδάριθμος
- Μικρόπουλος, Τ. (2005). Ο κύκλος σχεδίασης και αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού. Από την θεωρία στην πράξη. Στο Ε. Σταυρίδου, Β. Βέμη, & Θ. Κάββουρα (επιμ.) *Πρακτικά Επιστημονικής Διημερίδας: «Βιβλία, Υλικά, Λογισμικά για την Εκπαίδευση: Από τη σχεδίαση στη διδακτική πράξη»*, Βόλος, 13-14 Δεκεμβρίου, 2003, 116-121
- Ξένου Ζ. & Καλκάνης, Γ. (2004). Μια πρόταση εκπαιδευτικού υλικού: Η χρήση της εικονοσκόπησης/βιντεοσκόπησης σε πειράματα προσδιορισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας στο σχολικό εργαστήριο Φυσικής. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.) *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου 'ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση', Αθήνα, 11ος/2004, 365-373*
- Ραβάνης, Κ. (2002). Από τη διδακτική στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Εμπόδια και Προοπτικές στην Ελλάδα. Στο Π. Κόκκοτας, Ι. Βλάχος, Π. Πήλιουρας & Α. Πλακίτση (επιμ.) *Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: «Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας»*, Αθήνα, 18-21 Απριλίου, 2002, σελ. 38-47
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2002). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορικής: Ολική προσέγγιση, Τόμος Α'.* Αθήνα
- Σκουμιάς, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για Θερμότητα, Θερμοκρασία και Θερμικά Φαινόμενα. *Επιθεώρηση Φυσικής, περ.Γ', τομ.Η', τ.31*, Φθινόπωρο 2000, σελ.58-71, Ε.Ε.Φ., Αθήνα
- Σκουμιάς, Μ. (2005). Διδακτική επεξεργασία εμποδίων για την εννοιολογική περιοχή της Θερμότητας. Διδακτορική διατριβή. Τόμος, Α'. Πάτρα

- Σολομωνίδου, Χ. (2000). Εποικοδομητική Διδακτική Προσέγγιση των Φ.Ε. και Αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών στην Προσχολική Ηλικία. *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φ.Ε. και την Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Λευκωσία, 1ος/2000, 159-173
- Σολομωνίδου, Χ. (2001/2003). *ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - Υπολογιστές και Μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας
- Σολομωνίδου, Χ. (2001/2004, 3^η εκδ.). *ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - Υπολογιστές και Μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας
- Σταυρίδου, Ε. (1995). *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης*. Αθήνα: Σαββάλας
- Σταυρίδου, Ε. (1999). Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου: ένα λογισμικό για τη διδασκαλία των μοντέλων της δομής της ύλης στο Δημοτικό Σχολείο και το Γυμνάσιο. Β' μέρος: Φαινόμενα θερμικής διαστολής. Στο Α.Τζιμογιάννης (επιμ.) *Πρακτικά Συνεδρίου 'Πληροφορική και εκπαίδευση'*, Ιωάννινα: ΣΚΠΗ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 254-264
- Σταυρίδου Ε., Σολομωνίδου Χ. & Παπαδημητρίου Β. (1999). Έννοιες Φυσικών Επιστημών Ι. Παν/μικές παραδόσεις για τους φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
- Σταυρίδου Ε., Σολομωνίδου Χ. & Χρηστίδης, Θ. (1999). Συμβολή στην οικοδόμηση των εννοιών της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας από δασκάλους και μαθητές. *Νέα Παιδεία*, 90, 115-133
- Σταυρίδου, Ε. (2000). Συνεργατική μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Μία εφαρμογή στο δημοτικό σχολείο. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας
- Σταυρίδου, Ε., Σολομωνίδου Χ., Σαμαράκου Μ., Γρηγοριάδου, Μ., Μητρόπουλος, Δ. & Ρηγούτσος, Α. (2000). Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη μελέτη και την μοντελοποίηση της θερμικής διαστολής και των αλλαγών της φυσικής κατάστασης. Στο Β. Κόμης (επιμ.) *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή 'Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση'*, Πάτρα, 10ος/2000, 489-498
- Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π, Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπίλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Λ., Πετρίδου, Ε. & Νικολαΐδης, Ι. (2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας - Θερμοδυναμικής. Στο Β. Κόμης (επιμ.) *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου*

*Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή 'Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της
Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση', Πάτρα, 10ος/ 2000, 331-340*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

«Θερμική διαστολή μεταλλικής σφαίρας»

Όνοματεπώνυμο:..... Σχολείο:.....


Τάξη:.....Ομάδα:..... Ημερομηνία:...../...../....., Βόλος

A. Οδηγίες χρήσης του λογισμικού

1. Κάνε κλικ στην πόρτα του εργαστηρίου της θερμότητας.
2. Επέλεξε από τον πίνακα: "Διαστολή στερεών".
3. Στην οθόνη που θα εμφανιστεί υπάρχουν στο ράφι, μεταξύ άλλων, ο τρίποδας με τον λύχνο θέρμανσης, η μεταλλική σφαίρα ,και το δαχτυλίδι που θα χρησιμοποιήσεις στο φύλλο εργασίας. Κάνοντας κλικ στα όργανα εμφανίζονται στο τραπέζι.
4. Μπορούμε να **αυξήσουμε** την **ένταση της φλόγας** με **δεξί κλικ** πάνω στο λύχνο και να την **ελαττώσουμε** με **αριστερό κλικ** (ένταση 0, 1, 2, 3).
5. Για να αρχίσουμε το πείραμα, αφού έχουμε φέρει τα όργανα στο τραπέζι, χρησιμοποιούμε το **χειριστήριο** του πειράματος στο οποίο βρίσκονται τα παρακάτω πλήκτρα:



1. Ανάβει η φλόγα
2. Πάγωμα πειράματος
3. Σβήνει η φλόγα
4. Επαναφορά πειράματος στην αρχική κατάσταση
5. Χρονόμετρο

6. Πατώντας το κουμπί "Δραστηριότητες" , εμφανίζεται στην οθόνη η ακριβής περιγραφή βήμα προς βήμα του πειράματος που πρέπει να εκτελέσουμε. Για διευκόλυνσή σας έχετε γραπτώς όλες τις οδηγίες στις δραστηριότητες που ακολουθούν.

7. Για την καλύτερη **κατανόηση των σχετικών εννοιών** πατώντας το πλήκτρο "Μοντέλα", εμφανίζεται το **αντίστοιχο δυναμικό σωματιδιακό μοντέλο**, όπου φαίνεται τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο όταν ζεσταθεί η σφαίρα λίγο, πολύ ή πάρα πολύ. Στην ίδια οθόνη πατώντας το πλήκτρο κάτω δεξιά, εμφανίζονται "Ερωτήσεις", σχετικά με το τι συμβαίνει στη μάζα και στον όγκο στερεού που


θερμαίνεται τόσο στο μακροσκοπικό όσο και στο μικροσκοπικό επίπεδο. Σε κάθε επιλογή για απάντηση υπάρχει η απόκριση του συστήματος.

8. Για να πετύχουμε τους στόχους αυτής της ενότητας σας παρακαλούμε να εκτελέσετε τις **Δραστηριότητες** σύμφωνα με τις οδηγίες που ακολουθούν.

B. Δραστηριότητες


1. ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ι). Στο λογισμικό , «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» μπειτε στο Εργαστήριο της Θερμότητας. Από τον πίνακα επιλέξτε ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΣΤΕΡΕΟΥ.

ιι). Ανοίξτε το ηχείο του Η/Υ, ακούστε προσεκτικά τις οδηγίες, παρατηρήστε το περιβάλλον και τα εργαλεία και **εκτελέστε εικονικά το πείραμα** , όπου θερμαίνεται η μεταλλική σφαίρα πατώντας το κουμπί "Δραστηριότητες"  ή ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Με κλικ επέλεξε τον τρίποδα, τον λύχνο θέρμανσης, τη μεταλλική σφαίρα και το δαχτυλίδι.

- Πριν ανάψεις το λύχνο, σύρε τη μεταλλική σφαίρα για να διαπιστώσεις ότι χωράει να περάσει από το δαχτυλίδι.

- Βάλε τη σφαίρα στον λύχνο, ρύθμισε την ένταση της φλόγας στο 2 (δεξί κλικ πάνω στο λύχνο), και πάτησε το κουμπί  του χειριστηρίου για να αρχίσει το πείραμα. Περίμενε λίγο να θερμανθεί η σφαίρα και σύρε την πάνω στο δαχτυλίδι.

2. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψε τι παρατηρείς

Αφησε λίγη ώρα τη σφαίρα πάνω στο δαχτυλίδι.

Πώς εξηγείς αυτά που βλέπεις;

3. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Επιλέξτε **Μοντέλο**. Αφού μελετήσετε καλά **τα σωματιδιακά μοντέλα** που σας παρουσιάζει το λογισμικό **συζητείστε στην ομάδα σας** τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων ως προς το πλήθος τους, το σχήμα, το μέγεθος, την κίνησή τους, τις αποστάσεις τους, κατά τη διάρκεια θέρμανσης της σφαίρας με διαφορετικές εντάσεις της φλόγας.

4. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

α. Στα σωματιδιακά μοντέλα που παρουσιάζει το λογισμικό, μέτρησε τα σφαιρικά σωματίδια και συμπλήρωσε τα κενά κουτάκια.

	ΚΡΥΟ	ΖΕΣΤΟ	ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΟ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ			

β. Στην προσομοίωση του σωματιδιακού μοντέλου για το στερεό που θερμαίνεται, παρατήρησε ότι υπάρχει ένα πλαίσιο γύρω από τα σωματίδια. Παρακολούθησε αν υπάρχουν αλλαγές στο μέγεθός του καθώς θερμαίνεται το σώμα.

Γράψε τις παρατηρήσεις σου και προσπάθησε να τις εξηγήσεις.

γ. Στα **σωματιδιακά μοντέλα** που παρουσιάζει το λογισμικό μελέτησε την κίνηση των σφαιρικών σωματιδίων, όταν η φλόγα δεν είναι αναμμένη – ένταση 0 (κρύο στερεό), όταν η φλόγα ανάβει στο 1 ή στο 2 (ζεστό στερεό) και όταν η ένταση της φλόγας δυναμώνει στο 3 (πολύ ζεστό στερεό).

Κατόπιν συμπλήρωσε τον πίνακα γράφοντας την κατάλληλη φράση στο αντίστοιχο πλαίσιο ανάλογα με το πόσο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια.

«κινούνται μέτρια», «κινούνται γρήγορα», «κινούνται πολύ γρήγορα»

ΚΡΥΟ	
ΖΕΣΤΟ	
ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΟ	

Σε τι συμπέρασμα καταλήγεις; Γράψε τη γνώμη σου.

Τι σχέση έχει η θερμοκρασία με την κίνηση των σωματιδίων;

5. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Στις παρακάτω ερωτήσεις που σας προτείνονται και από το λογισμικό, ύστερα από συζήτηση στην ομάδα σας, επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις πρώτα στο χαρτί και κατόπιν δουλέψτε τις στο πρόγραμμα.

Όταν μια μεταλλική σφαίρα θερμαίνεται :

- i) Μεγαλώνει η μάζα
- ii) Μεγαλώνει ο όγκος της
- iii) Μεγαλώνει και η μάζα και ο όγκος της
- iv) Δεν μεγαλώνει ούτε η μάζα ούτε ο όγκος της – κάτι άλλο
- v) Τα μόρια της πολλαπλασιάζονται
- vi) Τα μόριά της σιγά – σιγά διαστέλλονται και φουσκώνουν
- vii) Τα μόρια βρίσκονται όλο και σε μεγαλύτερη απόσταση το ένα από το άλλο
- viii) Τα μόριά της κινούνται γρηγορότερα και απομακρύνονται το ένα από το άλλο

6. ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

α) Σχολιάστε στην τάξη τις απαντήσεις στις ερωτήσεις σας σε σχέση με τις αποκρίσεις του λογισμικού.

β) Ποιά η σχέση της προσφερόμενης Θερμότητας, Θερμοκρασίας και κινητικής ενέργειας των σωματιδίων;

7. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α) Γράψε το συμπέρασμά σου για το τι συμβαίνει στη μάζα ενός σώματος που διαστέλλεται μετά από θέρμανση;

β) Πώς εξηγείς το φαινόμενο της διαστολής;

γ) Με βάση τα παραπάνω, τι ορισμό θα έδινες για τη Θερμότητα;

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

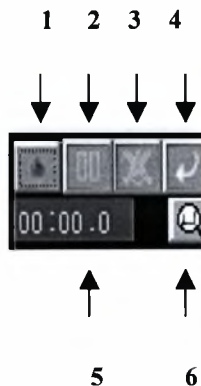
«Αλλαγή φυσικής κατάστασης πάγου σε νερό, με θέρμανση»

Όνοματεπώνυμο:..... Σχολείο:.....


Τάξη:..... Ομάδα:..... Ημερομηνία:...../...../....., Βόλος

A. Οδηγίες χρήσης του λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.»

1. Κάνε κλικ στην πόρτα του Εργαστηρίου της Θερμότητας.
2. Επέλεξε από τον πίνακα: "Αλλαγή φυσικής κατάστασης".
- 3 Στην οθόνη που θα εμφανιστεί υπάρχουν στο ράφι, τρίποδας με τον λύχνο θέρμανσης, και το δοχείο με τον πάγο. Κάνοντας κλικ στα όργανα εμφανίζονται στο τραπέζι.
4. Μπορούμε να **αυξήσουμε** την ένταση της φλόγας με **δεξί κλικ** πάνω στο λύχνο και να την **ελαττώσουμε** με **αριστερό κλικ** (ένταση 0, 1, 2, 3).
5. Για να αρχίσουμε το πείραμα, αφού έχουμε φέρει τα όργανα στο τραπέζι, χρησιμοποιούμε το **χειριστήριο** του πειράματος στο οποίο βρίσκονται τα παρακάτω πλήκτρα:



6. Ανάβει η φλόγα
7. Πάγωμα πειράματος
8. Σβήνει η φλόγα
9. Επαναφορά πειράματος στην αρχική κατάσταση
10. Χρονόμετρο
11. Πλήκτρο μεγέθυνσης (για να φαίνονται καλύτερα οι ενδείξεις του Θερμομέτρου)

6. Πατώντας το κουμπί "Δραστηριότητες" , εμφανίζεται στην οθόνη η ακριβής περιγραφή βήμα προς βήμα του πειράματος που πρέπει να εκτελέσουμε.

Για διευκόλυνσή σας έχετε γραπτώς όλες τις οδηγίες στις δραστηριότητες που ακολουθούν.

7. Για την καλύτερη **κατανόηση των σχετικών εννοιών** πατώντας το πλήκτρο "**Μοντέλα**", εμφανίζονται τα **δυναμικά σωματιδιακά μοντέλα** όπου φαίνεται τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο όταν ζεσταθεί ένα στερεό ένα υγρό ή ένα αέριο. Στην ίδια οθόνη πατώντας το πλήκτρο στο κάτω μέρος εμφανίζονται "**Ερωτήσεις**", σχετικά με το πείραμα της τήξης του πάγου. Σε κάθε επιλογή για απάντηση υπάρχει η απόκριση του συστήματος.


8. Σε αυτό το πείραμα πατώντας το πλήκτρο "**Γραφική παράσταση**", εμφανίζεται να σχεδιάζεται η γραφική παράσταση Θερμοκρασίας – Χρόνου, για τις αναγραφόμενες τιμές του θερμομέτρου και του χρονόμετρου.


9. Για να πετύχουμε τους στόχους αυτής της ενότητας σας παρακαλούμε να εκτελέσετε τις **Δραστηριότητες** σύμφωνα με τις οδηγίες που ακολουθούν.

B. Δραστηριότητες

1. ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ι). Στο λογισμικό , «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» μπειτε στο Εργαστήριο της Θερμότητας. Από τον πίνακα επιλέξτε ΑΛΛΑΓΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ιι). Ανοίξτε το ηχείο του Η/Υ, ακούστε προσεκτικά τις οδηγίες, παρατηρήστε το περιβάλλον και τα εργαλεία και **εκτελέστε εικονικά το πείραμα** , όπου θερμαίνεται πάγος πατώντας το κουμπί "**Δραστηριότητες**"  ή ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

- Με κλικ επέλεξε τον τρίποδα, τον λύχνο θέρμανσης, και το δοχείο με τον πάγο.
- Χρησιμοποίησε το πλήκτρο "**Μεγέθυνση**" του χειριστηρίου για να φαίνεται η κλίμακα του Θερμομέτρου.
- Πατώντας "**Γραφική παράσταση**", εμφανίζονται οι άξονες Θερμοκρασίας – Χρόνου, όπου με την έναρξη του πειράματος θα αρχίσει να σχεδιάζεται η γραφική παράσταση.
- Ρύθμισε την ένταση της φλόγας π.χ. στο 1 (δεξί κλικ πάνω στο λύχνο), και πάτησε το κουμπί  του χειριστηρίου για να αρχίσει το πείραμα και άφησέ το να εξελιχθεί μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και λίγο ακόμα.

2. ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

α) Παρατήρησε την Θερμοκρασία του πάγου καθώς θερμαίνεται.

Ποια είναι η αρχική του Θερμοκρασία;

β) Κάποια στιγμή ο πάγος αρχίζει να λιώνει.

Τι συμβαίνει με την Θερμοκρασία όση ώρα λιώνει ο πάγος;

γ) Μελέτησε την γραφική παράσταση.

Ένα τμήμα της παράστασης είναι ευθύγραμμο και ταυτίζεται για ορισμένο χρονικό διάστημα με τον οριζόντιο άξονα του χρόνου που αντιστοιχεί στους 0 °C.

Ποιο χρονικό διάστημα είναι αυτό; Τι σημαίνει για σένα αυτό το τμήμα της γραφικής παράστασης;

δ) Να επαναλάβεις το πείραμα χρησιμοποιώντας διαφορετική ένταση φλόγας.

Τι διαφορά παρατηρείς σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα;

ε) Γνωρίζεις ήδη από το προηγούμενο φύλλο εργασίας ότι η Θερμοκρασία αποτελεί ένα μέτρο της κινητικότητας των σωματιδίων. Αν συμπληρώναμε ότι ανάμεσα στα μόρια υπάρχουν ελκτικές δυνάμεις (δεσμοί) **πώς θα μπορούσες να εξηγήσεις τι συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο** και παρατηρείς τα παραπάνω.

3. ΟΜΑΔΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Στις παρακάτω ερωτήσεις που σας προτείνονται και από το λογισμικό, ύστερα από συζήτηση στην ομάδα σας, επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις πρώτα στο χαρτί και κατόπιν δουλέψτε τις στο πρόγραμμα.

Όταν θερμαίνουμε τον πάγο:

- ι) Για όσο χρόνο λιώνει, η Θερμοκρασία του αυξάνεται συνεχώς.
- ιι) Η Θερμοκρασία του αυξάνεται συνεχώς.
- ιιι) Για όσο χρόνο λιώνει, η Θερμοκρασία του μένει σταθερή.
- ιιιι) Η Θερμοκρασία του μειώνεται συνεχώς.

4. ΘΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

α) Σχολιάστε στην τάξη τις απαντήσεις στις ερωτήσεις σας σε σχέση με τις αποκρίσεις του λογισμικού.

β) Πώς χρησιμοποιείται η προσφερόμενη Θερμότητα κατά την διάρκεια τήξης του πάγου;

5. ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

α) Γράψε το συμπέρασμά σου για το τι συμβαίνει κατά την διάρκεια αλλαγής φάσης από πάγο σε νερό, όταν αυτός θερμαίνεται, και πώς αυτό ερμηνεύεται;

β) Με βάση τα παραπάνω, τι ορισμό θα έδινες για τη Θερμότητα;

γ) Κατά την άποψή σου η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο;
Εξήγησε γιατί

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σχολείο _____ Ημερομηνία _____

Τμήμα _____

Αγαπητή μαθήτριά και αγαπητέ μαθητή, οι παρακάτω ερωτήσεις δεν έχουν στόχο να σε αξιολογήσουν, γι' αυτό σε παρακαλούμε, να νιώσεις άνετα και να απαντήσεις σε όλες αφού τις διαβάσεις προσεκτικά.

Σε ευχαριστούμε για τη συνεργασία σου.

1. α) Φαντάσου ότι κάνεις το παρακάτω πείραμα:

Έχουμε μία μεταλλική σφαίρα και τη ζυγίζουμε. Μετά την θερμαίνουμε για αρκετή ώρα και την ξαναζυγίζουμε.

Τι πιστεύεις ότι θα συμβεί;

ι) Οι ενδείξεις της ζυγαριάς πριν και μετά τη θέρμανση θα είναι ίδιες;

ιι) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μικρότερη;

ιιι) Η ένδειξη μετά την θέρμανση θα είναι μεγαλύτερη;

ιiv) Άλλο (τι;)

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

β) Σχεδίασε τη μεταλλική σφαίρα πριν και μετά την θέρμανση.

ΠΡΙΝ

ΜΕΤΑ

γ) Σχεδίασε τι συμβαίνει στα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας πριν τη θέρμανση και μετά.

ΠΡΙΝ

ΜΕΤΑ

δ) Πιστεύεις ότι τα σωματίδια της μεταλλικής σφαίρας, πριν τη θέρμανση είναι:

ι) Εντελώς ακίνητα ή ιι) Κινούνται

Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

ε) Όταν θερμάνουμε τη μεταλλική σφαίρα, τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στα σωματίδια;

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

2. α) Φαντάσου ότι κάνεις ένα δεύτερο πείραμα:

Τοποθετείς ένα κομμάτι πάγο σε δοχείο και το θερμαίνεις για αρκετή ώρα στο μάτι της κουζίνας.

Τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσεις;

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

β) Έστω ότι μέσα στο δοχείο με τον πάγο τοποθετούμε και ένα θερμόμετρο. Όση ώρα το δοχείο είναι πάνω στο μάτι της κουζίνας, μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και να γίνει νερό, τι πιστεύεις ότι θα παρατηρήσουμε στο θερμόμετρο;

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

γ) Καθώς το δοχείο με το κομμάτι του πάγου θερμαίνεται τι συμβαίνει κατά την άποψή σου στα σωματίδια του πάγου;

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

Κάνε ένα σχήμα για να εξηγήσεις τις σκέψεις σου.

3. Τι είναι για σένα Θερμότητα και τι Θερμοκρασία;

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

4. Νομίζεις ότι η Θερμότητα και η Θερμοκρασία είναι το ίδιο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	
ΤΙΤΛΟΣ	
ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ
14-2-14	



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ**

Τηλ.: 24210 ~~74200-61~~ 06300-2



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

004000085052

