

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΤΗΣ ΓΝΩΣΙΑΚΗΣ ΜΑΘΗΤΕΙΑΣ
ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Χαράλαμπος Παμπουκίδης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2003

“Non scholae sed vitae discimus”
(Δεν μαθαίνουμε για το σχολείο, αλλά για την ζωή)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	6
1. Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....	7
1.1 Το θεωρητικό υπόβαθρο της πειραματικής προσέγγισης.....	7
1.1.1 Εποικοδομητισμός.....	7
1.1.2 Εγκαθιδρυμένη μάθηση.....	10
1.1.2.1 Οι ρίζες της εγκαθιδρυμένης μάθησης.....	11
1.1.2.2 Η έννοια της εγκαθιδρυμένης μάθησης.....	18
1.1.3 Γνωσιακή μαθητεία.....	23
1.1.4 Κριτική και απαντήσεις για την εγκαθιδρυμένη μάθηση και γνωσιακή μαθητεία.....	33
1.1.5 Η τεχνική της Αμοιβαίας διδασκαλίας.....	35
1.2 Ο Σχεδιασμός της διδακτικής μεθόδου της πειραματικής προσέγγισης.....	37
1.2.1 Ο καθορισμός της μαθησιακής απαίτησης.....	40
1.2.1.1 Το αναλυτικό πρόγραμμα-Το σχολικό βιβλίο.....	40
1.2.1.2 Το θέμα.....	41
1.2.1.3 Ιδέες μαθητών.....	42
1.2.1.4 Τρόπος προσέγγισης Φυσικού.....	45
1.2.1.5 Προς μια σύνθεση των παραγόντων που καθορίζουν τη μαθησιακή απαίτηση.....	46
2. Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ – ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ.....	55
2.1 Στάδιο μελέτης του θέματος.....	55
2.2 Στάδιο μελέτης των διδακτικών ενοτήτων που προκύπτουν από το θέμα.....	64
2.3 Στάδιο στοχασμού πάνω στις διαδικασίες που απαιτήθηκαν.....	72
3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	73
3.1 Το ερευνητικό ερώτημα.....	73
Οι μαθητές και η χρονική διάρκεια της διδακτικής σειράς.....	75
Πιλοτική διδασκαλία.....	76
Η ερευνητική μέθοδος.....	78
Η φύση και οι περιορισμοί της έρευνας.....	78
Τα στάδια της έρευνας και τα ερευνοούμενα αναπτυξιακά των μαθητών.....	79
Η μέθοδος άντλησης των ερευνητικών δεδομένων.....	79
Δομή, περιγραφή και αιτιολόγηση των ερευνητικών έργων.....	81
Η αξιολόγηση των ερευνητικών έργων.....	83
Περιγραφή της μεθόδου αξιολόγησης των ερευνητικών έργων.....	83
3.4.5.2 Τα ερευνητικά έργα και οι οδηγοί αξιολόγησης τους.....	86
4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	89
4.1 Η εργασία των μαθητών και η αξιολόγηση κάθε έργου.....	89
4.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	142
4.3 Αποτίμηση της διδακτικής σειράς και μια πρώτη απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα.....	157
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.....	162
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	167
Παράρτημα Α: Το θέμα του Θερμός.....	168
Παράρτημα Β: «Ναυσικά»: Το νερό ως θερμομόνωση.....	171
Παράρτημα Γ: Προσομοίωση «θερμότητα».....	172

Παράρτημα Δ:Φύλλα εργασίας της «Ναυσικάς».....	174
Παράρτημα Ε: Οδηγοί αξιολόγησης θεμάτων και βάσεις γνώσεων.....	185

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Φιλοδοξία κατά την πορεία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας ήταν να δημιουργηθεί μια διδακτική σειρά που η διδασκαλία της θα μπορούσε να ενταχθεί στο χώρο των κοινωνικών διδασκαλιών και θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μια πραγματική σχολική τάξη. Το εγχείρημα της επίτευξης της κοινωνικής διδασκαλίας δεν έδειχνε στην αρχή εύκολα πραγματοποιήσιμο. Κάποιες έννοιες όπως “enculturation”, “scaffolding” στην αρχή πρόβαλλαν ως πολύ ακαδημαϊκές και έπρεπε πρώτα να τις βιώσω για να αποκαλύψουν το πόσο σημαντικές είναι. Προκειμένου η πειραματική προσέγγιση που επιχειρήθηκε να είναι εφαρμόσιμη σε μια πραγματική σχολική τάξη χρησιμοποιήθηκε το υπάρχον σχολικό βιβλίο. Βέβαια, για να φανούν οι προοπτικές εφαρμογής στο σχολικό περιβάλλον πρέπει η πειραματική προσέγγιση να δοκιμαστεί σ’ αυτό και για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δ. Ψύλλο, την κ. Ι. Μπίμπου για τις επισημάνσεις που έκανε στην εργασία, αλλά και όλους τους δασκάλους και συναδέλφους μου στο μεταπτυχιακό για τις πολύτιμες ανταλλαγές απόψεων και τον καινούργιο κόσμο που μου άνοιξαν στη σκέψη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη μιας διδακτικής – μαθησιακής σειράς πάνω στο κεφάλαιο της θερμότητας και η διερεύνηση των αποτελεσμάτων που μπορεί να έχει στη γνωσιακή εξέλιξη των μαθητών Β΄ Γυμνασίου. Η διδακτική προσέγγιση η οποία υιοθετήθηκε στηρίχθηκε στα χαρακτηριστικά ενός ιδεατού περιβάλλοντος μάθησης σύμφωνα με τη μέθοδο της γνωσιακής μαθητείας. Για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας.

Η γνωσιακή μαθητεία ανήκει στο μεγάλο παράδειγμα του εποικοδομητισμού. Σύμφωνα με την εποικοδομητική οπτική η γνώση κατασκευάζεται ενεργά από το άτομο στη βάση των ήδη υπαρχόντων ιδεών του.

Πλαίσιο αρχών της γνωσιακής μαθητείας αποτελεί η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης. Η θεωρία αυτή, που έχει αναπτυχθεί από τους σύγχρονους ανθρωπολόγους, έχει τις ρίζες της κυρίως στη Βιγκοτσκική παράδοση. Βασικά συστατικά της θεωρίας είναι οι αυθεντικές δραστηριότητες, η έννοια της εισαγωγής στον πολιτισμό του ειδήμονα και η σύνδεση της γνώσης με το πλαίσιο που αυτή μαθαίνεται.

Η γνωσιακή μαθητεία αντλεί τις τεχνικές της από την παραδοσιακή μαθητεία. Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου της παραδοσιακής μαθητείας είναι η μοντελοποίηση των εργασιών από τον ειδικό, το κωουτσάρισμα του μαθητευόμενου και η σταδιακή απομάκρυνση των βοηθειών. Η γνωσιακή μαθητεία επεκτείνει τις τεχνικές αυτές, προκειμένου να είναι συμβατές με το σχολικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνει τρόπους με τους οποίους η σκέψη μπορεί να γίνει ορατή, όπως η άρθρωση των ιδεών και ο στοχασμός πάνω στη γνωσιακή διαδικασία.

Η αμοιβαία διδασκαλία λαμβάνει χώρα σε μια ομάδα μαθητών που συνεργάζονται υπό την καθοδήγηση του δασκάλου για την μελέτη ενός κειμένου, εναλλασσόμενοι στο ρόλο δασκάλου – μαθητή. Οι μαθητές εφαρμόζουν τέσσερις απλές στρατηγικές: τη διατύπωση ερωτήσεων, την αποσαφήνιση δυσκολιών, την κατασκευή σύνοψης και τη διατύπωση πρόβλεψης για το μελλοντικό περιεχόμενο του κειμένου.

Η διδακτική σειρά δομήθηκε πάνω σε ένα θέμα γνωστού σεναρίου στο δάσκαλο (συγκεκριμένα το «Θερμός» από τη βιβλιοθήκη της «Ναυσικάς») και στη συνέχεια αναπτύχθηκε με βάση το υπάρχον σχολικό βιβλίο. Συνολικά για το σχεδιασμό της διδακτικής μεθόδου ελήφθησαν υπόψη το θέμα, το αναλυτικό πρόγραμμα (ή το σχολικό βιβλίο), ο τρόπος που ένας Φυσικός προσεγγίζει τα θερμικά και γενικότερα τα φυσικά φαινόμενα και οι εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες των μαθητών. Η διαδικασία αυτή σχεδιασμού ορίστηκε ως ο καθορισμός της μαθησιακής απαίτησης.

Μετά τον καθορισμό της μαθησιακής απαίτησης έγινε ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων της διδακτικής – μαθησιακής σειράς, ο οποίος χωρίζεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο καταρχήν αντιμετωπίζονται οι βασικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μέσα από σταδιακά εφαρμοζόμενα μονοπάτια εννοιολογικής αλλαγής. Στη συνέχεια μελετώντας το θέμα του «Θερμός» ο δάσκαλος μοντελοποιεί τις τεχνικές της αμοιβαίας διδασκαλίας και ζητά από τους μαθητές να τις εφαρμόσουν κι αυτοί. Στο τέλος, με βάση τις άλυτες απορίες από τη μελέτη του θέματος, καθορίζονται οι διδακτικές ενότητες του σχολικού βιβλίου που χρειάζεται να μελετηθούν. Στο δεύτερο στάδιο η μελέτη των διδακτικών ενοτήτων του βιβλίου γίνεται με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, αλλά και με μοντελοποιήσεις της γνώσης από τον ίδιο το δάσκαλο, όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο. Στο τρίτο στάδιο οι μαθητές έρχονται να στοχαστούν πάνω στις διαδικασίες που προηγήθηκαν και αφορούν την γνωσιακή τους εξέλιξη, αλλά και τις στρατηγικές που εφαρμόστηκαν.

Ο ερευνητικός σχεδιασμός θέτει καταρχήν το ερευνητικό ερώτημα. Αυτό αφορά τα αποτελέσματα της σειράς στη βελτίωση της ικανότητας των μαθητών σε συγκεκριμένες συμπεριφορές: της περιγραφής και εξήγησης θερμικών φαινομένων,

της πρόβλεψης μελλοντικών γεγονότων στα θερμικά φαινόμενα, της επικοινωνίας με τους τρόπους της επιστήμης, της εφαρμογής του επιστημονικού συλλογισμού στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων και της γρήγορης ανάκλησης της απαιτούμενης γνώσης για την επίλυση των προβλημάτων.

Οι μαθητές που συμμετείχαν στην διδακτική-μαθησιακή σειρά ήταν ένα αγόρι και ένα κορίτσι 13 ετών, Α΄ Γυμνασίου και οι δύο (κατά το χρόνο που αυτή έγινε οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου είχαν ήδη διδαχθεί το κεφάλαιο της θερμότητας). Τα ερευνητικά έργα επιλύθηκαν από τους μαθητές πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της διδακτικής σειράς. Τα ερευνούμενα αναπτυξιακά επίπεδα των μαθητών αφορούσαν το πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο των μαθητών, όπως αυτό καθορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση των προβλημάτων και το επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από την επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια του δασκάλου. Για την καταγραφή των δεδομένων έγινε χρήση των γραπτών αλλά και των αποηχογραφημένων προφορικών απαντήσεων των μαθητών.

Η μέθοδος αξιολόγησης των έργων στηρίχθηκε:

- στον καθορισμό των προσδοκιών επίδοσης, αντίστοιχων των ερευνούμενων συμπεριφορών,
- στην κατασκευή βάσεων γνώσεων, που αποτελούν την ελάχιστη θεωρητική γνώση για να επιλυθεί κάποιο πρόβλημα και
- στην κατασκευή οδηγών αξιολόγησης για κάθε έργο ξεχωριστά με βάση ένα γενικό οδηγό αξιολόγησης. Ο κάθε οδηγός αξιολόγησης περιλαμβάνει μια κλίμακα 4 επιπέδων και κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης για κάθε επίπεδο.

Με δεδομένους τους περιορισμούς, τις αδυναμίες της έρευνας και την απειρία του δασκάλου στην πραγματοποίηση μιας τέτοιας κοινωνικής διδασκαλίας, τα αποτελέσματα κρίνονται αρκετά ικανοποιητικά για την προοπτική εφαρμογής της φιλοσοφίας της διδακτικής σειράς στο σχολικό περιβάλλον. Οι επιδόσεις των μαθητών από το πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο ακόμα ήταν ιδιαίτερα υψηλές. Στο επικείμενο επίπεδο, όπου καταγράφηκαν ενδιαφέρουσες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο δάσκαλο και τους μαθητές, οι μαθητές με ελάχιστη βοήθεια από το δάσκαλο εύκολα έφταναν στην επίλυση των προβλημάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διπλωματική εργασία αυτή αφορά την ανάπτυξη μιας διδακτικής – μαθησιακής σειράς πάνω στο κεφάλαιο της θερμότητας για μαθητές Β΄ Γυμνασίου. Η διδακτική προσέγγιση που επιχειρήθηκε, στηρίχθηκε στις αρχές της γνωσιακής μαθητείας. Για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας χρησιμοποιήθηκε κυρίως η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας. Η σειρά δομήθηκε πάνω σε ένα θέμα γνωστού σεναρίου στο δάσκαλο και για την ανάπτυξη της έγινε χρήση του υπάρχοντος σχολικού βιβλίου. Το πειραματικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε συντίθεται από τις προσομοιώσεις της «Ναυσικάς», από προσομοίωση που κατασκευάστηκε ειδικά για τη διδακτική σειρά και από πειράματα με απλά υλικά.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας οφείλονται στο ότι υπάρχουν ελάχιστες εφαρμογές της γνωσιακής μαθητείας, και μάλιστα με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, πάνω στις Φυσικές επιστήμες αφού το ενδιαφέρον στράφηκε κυρίως στο διάβασμα, στο γράψιμο και στα Μαθηματικά. Σχεδόν καμιά διδακτική σειρά δεν βρέθηκε πάνω στη Φυσική με την προσέγγιση της γνωσιακής μαθητείας. Ενδεικτικά, σε αναζήτηση στον Eric βρέθηκε μόνο μια διδακτική σειρά που αφορούσε τον τομέα της Αστρονομίας. Η έλλειψη αυτή πρέπει μάλλον να οφείλεται στη φύση της φιλοσοφίας της εγκαθιδρυμένης μάθησης, (που αποτελεί το πλαίσιο αρχών της γνωσιακής μαθητείας). Ειδικότερα, να επισημανθεί, ότι ένα από τα χαρακτηριστικά της γνωσιακής μαθητείας και της εγκαθιδρυμένης μάθησης, η διαδικασία εισαγωγής στην πρακτική του πολιτισμού του ειδήμονα είναι τέτοια που για να φανούν τα όποια αποτελέσματα απαιτείται ένα βάθος χρόνου. Έτσι, μπορεί μεν να βρεθούν κάποιες αναφορές σε τρόπους διδασκαλίας, βασισμένους στη γνωσιακή μαθητεία, αλλά αυτές είναι γενικόλογες καθώς αφορούν ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, συνήθως τουλάχιστον μια σχολική χρονιά όπως αυτή που επιχειρήθηκε από το Roth (1993, 1995).

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται σε τέσσερα κεφάλαια:

- Το πρώτο κεφάλαιο αφορά το σχεδιασμό της διδακτικής μεθόδου της πειραματικής προσέγγισης που επιχειρήθηκε, ενώ περιγράφεται και το θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίχθηκε η διδακτική μέθοδος.

- Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην ανάπτυξη της διδακτικής – μαθησιακής σειράς περιέχοντας τις δραστηριότητες του δασκάλου και των μαθητών που έλαβαν χώρα.

- Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τον ερευνητικό σχεδιασμό της πειραματικής προσέγγισης, που επιχειρήθηκε. Έτσι, καταρχήν τίθεται το ερευνητικό ερώτημα με τις υπό διερεύνηση συμπεριφορές. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη στους μαθητές που συμμετείχαν και στην πιλοτική διδασκαλία που χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός, έτσι ώστε να αποφευχθούν σημαντικά λάθη στη βασική διδασκαλία. Ακολούθως περιγράφεται η ερευνητική μέθοδος:

- Σημειώνονται οι περιορισμοί της έρευνας.
- Περιγράφεται η δομή των ερευνητικών έργων και αιτιολογείται ο σχεδιασμός και/ή η επιλογή τους.
- Αναφέρεται σε ποιο στάδιο της διδασκαλίας θα ενσωματωθούν τα ερευνητικά έργα και ποια γνωσιακά αναπτυξιακά επίπεδα των μαθητών πρόκειται να διερευνηθούν.
- Γίνεται σύντομη περιγραφή του τρόπου άντλησης των ερευνητικών δεδομένων και τέλος
- Αναλύεται η μέθοδος αξιολόγησης των ερευνητικών έργων.

- Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο καταρχήν μαζί με την καταγραφή των ερευνητικών δεδομένων, για μεγαλύτερη εποπτεία, γίνεται και η αξιολόγηση των ερευνητικών έργων. Η διπλωματική εργασία τελειώνει με την ανάλυση των αποτελεσμάτων και επιχειρείται μια πρώτη απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα.

1. Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Το κεφάλαιο αυτό αφορά το σχεδιασμό της διδακτικής μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική προσέγγιση. Πριν τον σχεδιασμό περιγράφονται η φιλοσοφία και οι παιδαγωγικές αρχές πάνω στις οποίες στηρίχθηκε και αναπτύχθηκε η πειραματική προσέγγιση.

1.1 ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Ο σχεδιασμός της διδακτικής μεθόδου στηρίχθηκε στη διδακτική προσέγγιση της γνωσιακής μαθητείας (cognitive apprenticeship), (Collins, Brown & Newman, 1989). Η γνωσιακή μαθητεία είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει παιδαγωγική εφαρμογή των αρχών της εγκαθιδρυμένης μάθησης (situated learning). Επειδή η γνωσιακή μαθητεία ανήκει στο μεγάλο παράδειγμα του εποικοδομητισμού (constructivism) στις επόμενες ενότητες γίνεται καταρχήν μια περιγραφή των βασικών αρχών του εποικοδομητισμού, στη συνέχεια περιγράφονται η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης, ξεκινώντας από τις ρίζες αυτής, για να γίνει μετά η περιγραφή των ιδεατών χαρακτηριστικών των περιβαλλόντων μάθησης σύμφωνα με τη γνωσιακή μαθητεία. Τέλος, δεδομένου ότι για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας, βασικό ρόλο ανέλαβε η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας (reciprocal teaching), (Brown & Palinscar, 1989), γίνεται μια σύντομη περιγραφή της τεχνικής αυτής.

1.1.1 ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΣΜΟΣ

Είναι αλήθεια ότι ο εποικοδομητισμός (constructivism) δεν είναι με κανένα τρόπο μια κίνηση με συνοχή, υπάρχουν πολλές παραλλαγές του όταν αυτός εφαρμόζεται. Η εποικοδομητική οπτική κυρίως αφορά μια συγκεκριμένη θεωρία της γνώσης καθώς και της διαδικασίας με την οποία αποκτάται η γνώση (μάθηση). Ο Duit (1994) αναφέρει στις διάφορες βασικές φιλοσοφικές οπτικές τη γενετική επιστημολογία του Piaget, τις νέες θεωρίες περί την επιστήμη που εμφανίστηκαν στις δεκαετίες του 60 και 70 με ονόματα όπως των Kuhn, Feyereabend, Lakatos και άλλων, τη νέα κοινωνιολογία της επιστήμης, μεταμοντέρνες απόψεις γύρω από την επιστήμη, τη θεωρία του Kelly για τις ατομικές κατασκευές, και τον κοινωνικό εποικοδομητισμό, ειδικά τη θεωρία της απόκτησης της γλώσσας από το Vygotsky. Ο κοινός εποικοδομητικός πυρήνας είναι η «οπτική της ανθρώπινης γνώσης ως μιας διαδικασίας προσωπικής γνωσιακής κατασκευής, ή επινόησης, η οποία αναλαμβάνεται από το άτομο που προσπαθεί για οποιοδήποτε σκοπό, να νοηματοδοτήσει το κοινωνικό και φυσικό του περιβάλλον (Taylor, 1993, παραπομπή από Duit, 1994). Με άλλα λόγια, η γνώση δεν θεωρείται σαν κάποιο είδος αντίγραφου του έξω κόσμου, αλλά ως η κατασκευή του ατόμου. Αυτός δε που μαθαίνει, δεν πρέπει να θεωρείται ως παθητικός δέκτης, αλλά ως ενεργός κατασκευαστής της γνώσης.

Οι συνέπειες, που απορρέουν από την εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία, προχωρούν πέρα από επιστημολογικά στοιχεία και στοιχεία απόκτησης της γνώσης και συχνά καλύπτονται από γενικούς τίτλους, όπως «εποικοδομητική διδασκαλία της επιστήμης».

Σύμφωνα με τον Duit (1994) τέσσερις είναι οι βασικές πλευρές της οπτικής του εποικοδομητισμού για τη γνώση:

- Ενεργός κατασκευή στη βάση των ήδη υπαρχόντων ιδεών των μαθητών.

Δεν υπάρχει δηλ. μάθηση από το μηδέν, ούτε η διαδικασία αυτή γίνεται με μια απλή μεταφορά γνώσεων από μια συγκεκριμένη πηγή προς το μαθητή. Οι εναλλακτικές ιδέες προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή παίζουν ένα καθοριστικό ρόλο στη δόμηση της γνώσης, αφού αυτές, όπως έχει αποδειχθεί δημιουργούν εμπόδια για τη μάθηση, αλλά και скаλοπάτια πάνω στα οποία αυτή μπορεί να δομηθεί. Όπως αναφέρει ο Ausubel (1968, παραπομπή από Duit, 1994): «Ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι τι γνωρίζει ήδη ο μαθητής. Εξακρίβωσε αυτό, και δίδαξε τον ανάλογα.»

Χαρακτηριστικά των ιδεών αυτών των μαθητών είναι ότι:

- ✓ Μπορεί να καθοδηγούν, ή ακόμα και να καθορίζουν τη διαδικασία αντίληψης και νοηματοδότησης, π.χ. την ερμηνεία αισθητηριακών δεδομένων (όπως οπτικών ή ακουστικών δεδομένων).
- ✓ Μπορεί να υπερπηδούν και να παραβλέπουν ακόμα και τις εμπειρικές αποδείξεις που παρουσιάζονται.
- ✓ Καθοδηγούν γενικότερα τη διαδικασία μάθησης εξαιτίας του διαφορετικού πλαισίου που χρησιμοποιούν από την επιστήμη. Πρώτον, η κατανόηση των εννοιών της επιστήμης σπάνια είναι μια απλή διαδικασία απομνημόνευσης και συνήθως απαιτεί αυτό που καλείται «εννοιολογική αλλαγή». Δεύτερον στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών περιλαμβάνονται και γενικότερα σχήματα σκέψης, όπως ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός, που μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά τη διαδικασία μάθησης (βλ. για παράδειγμα Viennot, 1993). Τρίτον, η μάθηση πρέπει να συμπεριλάβει και τη μάθηση περί επιστήμης, π.χ. τις απόψεις του κόσμου για το ρόλο της επιστήμης.

- Δοκιμαστική κατασκευή. Όλη η γνώση και οι ιδέες που κατασκευάζονται από κάποιο άτομο για τον κόσμο είναι δοκιμαστικές, όπως και της επιστήμης, με την έννοια ότι πιθανόν να υποστούν μικρότερες ή μεγαλύτερες αλλαγές όταν νέες αποδείξεις εμφανιστούν στο προσκήνιο.

- Βιωσιμότητα. Η γνώση και οι ιδέες που κατασκευάζονται πρέπει να είναι βιώσιμες, χρήσιμες για ένα άτομο ή μια ομάδα ατόμων. Οι μαθητές για παράδειγμα, μπορεί να κατασκευάζουν οποιεσδήποτε ιδέες, αλλά διατρέχουν τον κίνδυνο να μην γίνονται κατανοητοί από τους άλλους (για περισσότερη ανάλυση πάνω στην έννοια της βιωσιμότητας βλ. ενδεικτικά v. Glasersfeld, 1995).

- Κοινωνική κατασκευή. Παρόλο που κάθε άτομο πρέπει να κατασκευάσει τη γνώση μόνο του, η διαδικασία αυτή δόμησης της γνώσης έχει πάντα και ένα κοινωνικό συστατικό. Η γνώση δομείται πάντα μέσα σε ένα κοινωνικό περιβάλλον.

Στις κοινωνικές εποικοδομητικές προσεγγίσεις που έχουν εφαρμοσθεί στην εκπαίδευση η ιδέα της εγκαθιδρυμένης μάθησης παίζει ένα βασικό ρόλο (Duit. & Treagust, 1998). Η εγκαθιδρυμένη μάθηση βασικά προτείνει ότι η ουσιαστική μάθηση λαμβάνει χώρα σε πραγματικά πλαίσια. Είναι μια θεωρία μάθησης αφού αυτή βρίσκεται κάτω από την εποικοδομητική φιλοσοφική ομπρέλα. Ο Bruner (1966, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998) κάποιες φορές αναγνωρίζεται ότι έθεσε το πρωταρχικό δόγμα του εποικοδομητισμού: «Ο μαθητής κατασκευάζει το δικό του νόημα των εμπειριών του καθώς αυτός αλληλεπιδρά με τον κόσμο». Παρόλα αυτά ήταν πολύ αργότερα όταν ο Bruner και άλλοι άρχισαν να ολοκληρώνουν τις ιδέες του πολιτισμού και της κοινωνικά κατασκευασμένης γνώσης του Vygotsky. Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης του Bruner (1986) ουσιαστικά αναφέρει ότι γνώση είναι τοποθετημένη στα πλαίσια που αυτή μαθαίνεται μέσα από ένα σύνολο εμπειριών.

Η μάθηση από την εποικοδομητική προσέγγιση μπορεί να μελετηθεί με όρους μονοπατιών (paths) που ακολουθούν οι μαθητές από συγκεκριμένα μέρη της υπάρχουσας εννοιολογικής τους δομής προς τις επιστημονικές έννοιες (Duit, 1994, παραπομπή από Duit, 1994). Τα μονοπάτια αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες τα συνεχή ή εξελικτικά (continuous-evolutionary) και τα ασυνεχή ή επαναστατικά (discontinuous-revolutionary).

Τα συνεχή μονοπάτια προσπαθούν να αποφύγουν (ή να ξεπεράσουν) τη θεμελιακή επαναδόμηση, που είναι αναγκαία στην περίπτωση των ασυνεχών μονοπατιών. Ξεκινούν από όψεις των εννοιολογικών δομών του μαθητή, που είναι ήδη σύμφωνες με τις επιστημονικές ιδέες και επανερμηνεύουν τις ιδέες του μαθητή (βλ. για παράδειγμα, Dekkers & Thijs, 1997).

Τα ασυνεχή μονοπάτια προτιμώνται να χρησιμοποιηθούν όταν υπάρχει μια ισχυρή αντίθεση ανάμεσα στις ιδέες του μαθητή και της επιστήμης. Στην περίπτωση αυτή, για την εννοιολογική αλλαγή χρησιμοποιούνται συνήθως στρατηγικές γνωσιακής σύγκρουσης, αφού συνήθως ο δάσκαλος προσπαθήσει να δημιουργήσει τις συνθήκες δυσαρέσκειας του μαθητή με τις υπάρχουσες ιδέες του (βλ. για παράδειγμα, Ψύλλος κ.ά., 1993).

Αρκετές ομοιότητες στο διαχωρισμό αυτό, μπορούν να βρεθούν με αυτόν του Piaget, ανάμεσα στις έννοιες της αφομοίωσης (assimilation) και προσαρμογής (accommodation).

Η μεταφορά της ιδέας της μαθητείας σύμφωνα με τους Duit & Treagust, (1998) προσδίδει ένα διαφορετικό άρωμα στις προσεγγίσεις εννοιολογικής αλλαγής με συνεχή και ασυνεχή βήματα.

Όπως και να έχει όμως οι ιδέες της επιστήμης που θα παρουσιαστούν στους μαθητές πρέπει να είναι έτσι δομημένες ώστε να είναι κατανοητές, ευλογοφανείς και γόνιμες (Posner et al, 1982, παραπομπή από Duit, 1994).

Όσον αφορά τη συνύπαρξη ή μη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών με αυτές της επιστήμης, οι παραδοσιακές ιδέες που απαιτούσαν εκτόπιση των εναλλακτικών ιδεών φαίνεται να έχουν εγκαταλειφθεί. Η σημερινή οπτική συνύπαρξης των ιδεών θεωρεί ότι οι επιστημονικές έννοιες είναι πολύτιμες και γόνιμες για συγκεκριμένα πλαίσια, ενώ οι εναλλακτικές ιδέες επιτρέπουν μια ικανοποιητική (βιώσιμη) διαπραγμάτευση με τα φαινόμενα σε άλλα πλαίσια (βλ. ενδεικτικά τις απόψεις της Solomon, 1994).

Επίσης, σύμφωνα με τις σύγχρονες εποικοδομητικές προσεγγίσεις η διδασκαλία της επιστήμης πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε οι μαθητές να κατανοούν όχι μόνο τις επιστημονικές έννοιες και αρχές, αντί να αποστηθίζουν ορισμούς και τύπους, αλλά πρέπει να κατανοούν και με ποιους τρόπους η επιστημονική γνώση είναι χρήσιμη για τη ζωή τη δικιά τους και των συνανθρώπων τους. Γι' αυτό ο εποικοδομητισμός έγινε μέρος μιας ευρύτερης κίνησης στη διδασκαλία της επιστήμης, της «επιστήμης για όλους» (science for all) καθώς και άλλων κινημάτων, όπως του STS, που ασχολείται με την αλληλεπίδραση επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας (Fensham, 1986, 1991, παραπομπές από Duit, 1994).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί, ότι παρόλο που όλες οι μορφές του κοινωνικού εποικοδομητισμού αναφέρονται περισσότερο ή λιγότερο στην εργασία του Vygotsky, η φιλοσοφία της εγκαθιδρυμένης μάθησης και της γνωσιακής μαθητείας (που έχουν τις ρίζες τους στη βιγκοτσκική παράδοση) φαίνεται να ταιριάζουν περισσότερο με το παράδειγμα της κοινωνικοπολιτισμικής διαδικασίας της γνώσης (sociocultural cognition). Η παιδαγωγική της μορφής αυτής του εποικοδομητισμού σύμφωνα με τον Ernest (1995, p.471) στρέφεται στην κεντρική ιδέα της μαθητείας και της «νομιμοποιημένης περιφερειακής συμμετοχής» (Lave & Wenger, 1991).

Ο κοινωνικοπολιτισμικός εποικοδομητισμός εστιάζει στο πολιτισμικά εγκαθιδρυμένο πλαίσιο της γνώσης, έτσι ώστε οι συλλογικές δραστηριότητες να γίνονται το επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Η μάθηση είναι μια διαδικασία υιοθέτησης των πρακτικών μιας κοινότητας και η εστίαση της ανάλυσης είναι η συμμετοχή του ατόμου στις οργανωμένες πρακτικές του πολιτισμού της κοινότητας αυτής και στις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις.

1.1.2 ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΜΕΝΗ ΜΑΘΗΣΗ

Στα πρόσφατα χρόνια έχουν εκφραστεί έντονες αμφιβολίες για το κατά πόσον οι γνώσεις και οι δεξιότητες που αποκτούνται στο σχολείο είναι χρήσιμες για την κατοπινή ζωή. Ιδεατά η παροιμία «*Non scholae sed vitae discimus*» (Δεν μαθαίνουμε για το σχολείο, αλλά για την ζωή) θα έπρεπε να είναι αληθινή. Κάποιες κριτικές περιγράφουν το σχολείο αντιστρέφοντας την προαναφερθείσα παροιμία: Δεν μαθαίνουμε για τη ζωή, αλλά για το σχολείο.

Συγκεκριμένα έχει κριτικαριστεί έντονα, ειδικά στις Ηνωμένες Πολιτείες, ότι μια αφηρημένη μορφή διδασκαλίας οδηγεί τη γνώση πολύ συχνά να μείνει αδρανής (Bransford, Goldman & Vye, 1991 · Rumpf, 1987 · Wagenschein, 1968, παραπομπές από Mandl et al, 1996). Παρόμοια η Βοσνιάδου (1993β), θεωρεί ότι δύο φαινόμενα που σχετίζονται με την αποτυχία της σχολικής μάθησης είναι ιδιαίτερα σημαντικά: η αδρανής γνώση και οι παρανοήσεις. Ο όρος «αδρανής» γνώση, σύμφωνα με την Βοσνιάδου, χρησιμοποιήθηκε από τον Bereiter (1984) και τον Bransford et al. (1989), (παραπομπές από Βοσνιάδου, 1998β), για να περιγράψει τις καταστάσεις εκείνες όπου αποτυγχάνουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά που ξέρουμε όταν είναι σχετικά. Αδρανής θεωρείται ότι είναι η γνώση που είναι προσιτή μόνο σε περιορισμένες περιστάσεις, ενώ δυναμικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες. Συχνά αδρανής γνώση είναι η γνώση που αποκτάται στο σχολείο, αλλά δεν χρησιμοποιείται σε περιστάσεις της καθημερινής ζωής. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές που ξέρουν να λύνουν προβλήματα Φυσικής στο σχολείο αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους της τυπικής Φυσικής για να εξηγήσουν καθημερινά φαινόμενα. Κατά την Βοσνιάδου (1998β, σ.96) οι παρανοήσεις προκαλούνται από αρνητική μεταφορά γνώσεων, ενώ η αδρανής γνώση προκύπτει από αδυναμία μεταφοράς γνώσεων στα πλαίσια εφαρμογής τους. Στο ίδιο πρόβλημα οι Brown et al. (1989) επισημαίνουν το χάσμα ανάμεσα στη μάθηση και τη χρήση. Οι συγγραφείς θεωρούν ότι το χάσμα αυτό ανάμεσα στις δημοφιλείς κατηγορίες «γνωρίζω τι» και «γνωρίζω πως» είναι εν πολλοίς προϊόν της δομής και των πρακτικών του εκπαιδευτικού συστήματος.

Μια εντελώς διαφορετική εξήγηση της δυσκολίας για μάθηση στο σχολείο προσφέρει μια συλλογή απόψεων, γνωστή ως θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης. Το βασικό δόγμα της θεωρίας αυτής είναι ότι η συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης και της γνώσης, θα πρέπει να θεωρηθεί ως προϊόν αλληλεπιδράσεων μεταξύ κοινωνικών φορέων και φυσικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο αυτοί ζουν. Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης τονίζει την κατανομημένη φύση της γνωσιακής ικανότητας - το γεγονός ότι η γνώση εμπερικλείει δραστηριότητα στην οποία μετέχουν κι άλλοι, σ' ένα κοινωνικό πλαίσιο και σε πολιτισμικές καταστάσεις που απαιτούν τη χρήση των εργαλείων και συμβόλων του πολιτισμού.

Από τη σκοπιά της θεωρίας αυτής, η γνώση δεν είναι θεωρητικά ανεξάρτητη από τις καταστάσεις μέσα στις οποίες επιτυγχάνεται και χρησιμοποιείται, «αλλά κάτι αδιαχώριστο από τις δραστηριότητες μέσα στις οποίες η γνώση αναπτύσσεται και εκτυλίσσεται» (Brown et al., 1989). Θα μπορούσε να πει κανείς ότι οι καταστάσεις παράγουν γνώση μέσω της δραστηριότητας.

Στα πλαίσια της θεωρίας της εγκαθιδρυμένης μάθησης, η αποτυχία της σχολικής μάθησης μπορεί να εξηγηθεί ως το αποτέλεσμα της εγκαθίδρυσης τους στο πλαίσιο του σχολείου. Η σκέψη και η επίλυση προβλημάτων στην καθημερινή ζωή είναι σκόπιμες και κοινωνικές δραστηριότητες. Συμβαίνουν σε συγκεκριμένες καταστάσεις για να υλοποιήσουν συγκεκριμένους στόχους, σε συνεργασία με άλλους ανθρώπους, κάνοντας χρήση εργαλείων και συμβόλων που είναι κατάλληλα για τον συγκεκριμένο πολιτισμό. Η μάθηση στα καθημερινά πλαίσια αναπτύσσεται προοδευτικά μέσω πολιτισμικά σχετικών δραστηριοτήτων. Τουναντίον, η σχολική μάθηση είναι αξεδιάλυτα συνδεδεμένη με ένα πολιτισμό – τον σχολικό πολιτισμό, που διαφέρει πολύ από τον καθημερινό πολιτισμό, με τελικό αποτέλεσμα αυτό που μαθαίνεται στο σχολείο να έχει μικρή σχέση με την πολιτισμικά σχετική και αυθεντική δραστηριότητα της καθημερινής ζωής (Βοσνιάδου, 1993α).

1.1.2.1 ΟΙ ΡΙΖΕΣ ΤΗΣ ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΜΕΝΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Η αναζήτηση των ριζών της εγκαθιδρυμένης μάθησης είναι σίγουρα μια αρκετά περίπλοκη υπόθεση, αφού αυτές πρέπει να αναζητηθούν σε διάφορους χώρους. Έτσι, ο Clancey (1995) επισημαίνει ότι η εγκαθιδρυμένη μάθηση έχει μεν αναπτυχθεί τη σύγχρονη εποχή, αλλά θεωρεί ότι είναι μια παλιά ιδέα με καταγωγή από πολλά πεδία, συμπεριλαμβανομένων:

- Κοινωνιολογία της γνώσης (Sociology of knowledge: Marx, Durkheim, Mannheim)
- Λειτουργισμός (προσέγγιση ενάντια σε ένα παράδειγμα μάθησης που βασίζεται στις συνειρμικές συνδέσεις των ερεθισμών) (Functionalism (anti-associationism): Dewey, Barlett)
- Θεωρία δραστηριότητας (Activity theory: Vygotsky, Leontiev, Luria, Cole, Wertsch)
- Κυβερνητική και θεωρία συστημάτων (Cybernetics and systems theory: Bateson, von Foerster)
- Εθνομεθοδολογία (Ethnomethodology: Garfinkel)
- Οικολογική ψυχολογία (Ecological psychology: Gibson, Jenkins, Bransford, Neisser, Barker)

Ο VYGOTSKY ΚΑΙ Η ΘΕΩΡΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Παρά όλο που οι παρούσες ερμηνείες μπορεί να ποικίλουν, οι περισσότερες συγκλίνουν στο ότι η εγκαθιδρυμένη μάθηση (ή η εγκαθιδρυμένη γνώση, όπως επίσης ορίζεται) κατάγεται από την εργασία του Ρώσου ψυχολόγου και ασχολούμενου με θέματα παιδαγωγικής, Lev Vygotsky, η εργασία του οποίου κατά την διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών του 20^{ου} αιώνα ήλθαν σε αντίθεση με πολλές παραδοσιακές ιδέες σχετικά με την εκπαίδευση και την ανάπτυξη του παιδιού. Εκείνο που είναι το πιο σημαντικό αναφορικά με την συμβολή του Vygotsky είναι πως φθάνει να διατυπώσει την διαδικασία της μάθησης. Ως ψυχολόγος που ενδιαφερόταν να κατανοήσει την μάθηση, αποφάσισε να εστιάσει όχι μόνο στην γνωσιακή δραστηριότητα του ατόμου, το μοντέλο που υιοθετήθηκε από την παραδοσιακή, ατομικιστική, ανεξάρτητη και ανιστόρητη αντίληψη για το σχολείο, στην οποία η αξιολόγηση εστιάζει πάνω στην ασύνδετη ικανότητα του μαθητή να κυριαρχήσει πάνω στο χ ή ψ.

Όπως τονίζει ο Wertsch, (1995, p.160) η εργασία του Vygotsky πρέπει να γίνει κατανοητή με όρους τριών γενικών θεμάτων:

- 1) θεμελίωση πάνω στην γενετική (αναπτυξιακή) ανάλυση.
- 2) ο ισχυρισμός ότι οι υψηλότερες νοητικές λειτουργίες του ατόμου έχουν τις ρίζες τους στην κοινωνική ζωή,
- 3) ο ισχυρισμός ότι ο βασικός παράγοντας για την κατανόηση των ανθρώπινων κοινωνικών και ψυχολογικών διαδικασιών είναι τα εργαλεία και τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται ως μέσα για την επιτυχία των διαδικασιών αυτών.

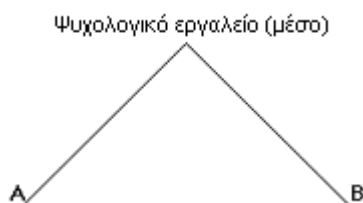
Όπως υποστηρίζουν και οι Steiner & Soubelman στο επιμύθιο του (Vygotsky 1997, σ.217), το πιο κεντρικό ίσως θέμα στην ιστορική πολιτισμική προσέγγιση του Vygotsky αποτελεί η έμφαση του στη μοναδική ποιότητα του είδους μας. Στα γραπτά του τόνιζε πάντα τους τρόπους που αντιλαμβανόμαστε ενεργητικά και αλλάζουμε ως ανθρώπινα όντα στα διάφορα πλαίσια του πολιτισμού και της ιστορίας. Υποστήριξε ότι ο κύριος λόγος που διαφοροποιεί τις ανθρώπινες ικανότητες από τις απλώς προσαρμοστικές ικανότητες των ζώων είναι οι ιστορικά δημιουργημένες και πολιτισμικά επεξεργασμένες διαστάσεις της ανθρώπινης ζωής που απουσιάζουν από την κοινωνική οργάνωση των ζώων.

Χαρακτηριστική είναι σχετική διατύπωση του, η οποία είναι γνωστή ως “γενικός γενετικός νόμος της πολιτισμικής ανάπτυξης”: « Κάθε λειτουργία που αφορά στην πολιτισμική ανάπτυξη του παιδιού εμφανίζεται δύο φορές: τη μια σε κοινωνικό

επίπεδο, και αργότερα σε ατομικό. Αρχικά λοιπόν εμφανίζεται μεταξύ των ατόμων (διαψυχολογική) και μετά μέσα στο παιδί (ενδοψυχολογική)...» (σ.104).

Ο Vygotsky έκανε την διάκριση ανάμεσα στις ανώτερες και κατώτερες ψυχολογικές λειτουργίες θεωρώντας κατώτερες ή στοιχειώδεις λειτουργίες αυτές που γενετικά κληρονομούνται, τις φυσικές ψυχολογικές μας λειτουργίες. Σε αντίθεση είδε τις ανώτερες ψυχολογικές λειτουργίες να αναπτύσσονται μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, κοινωνικά και πολιτισμικά διαμεσολαβημένες. Συνεχίζοντας λοιπόν τη διατύπωση του γενετικού νόμου πολιτισμικής ανάπτυξης υποστήριξε: «Αυτό ισχύει εξίσου και για την εκούσια προσοχή, τη λογική μνήμη και το σχηματισμό εννοιών. Όλες οι ανώτερες λειτουργίες ξεκινούν ως πραγματικές σχέσεις ανάμεσα στους ανθρώπους».

Σύμφωνα και με τους Cole & Scribner στην εισαγωγή του (Vygotsky, 1997, σσ.28-29), η θεωρία των Marx και Engels για την κοινωνία (γνωστή και ως ιστορικός υλισμός) έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη σκέψη του Vygotsky. Συγκεκριμένα, εκμεταλλεύτηκε την έννοια του εργαλείου, με ένα τρόπο που προέρχεται άμεσα από τον Engels (1940, παραπομπή από το κείμενο): «Η εξειδίκευση του χεριού συνεπάγεται το εργαλείο, και το εργαλείο συνεπάγεται εξειδικευμένη ανθρώπινη δραστηριότητα, τη μετασχηματιστική αντίδραση του ανθρώπου στη φύση». Ο Vygotsky επέκτεινε με αξιοθαύμαστο τρόπο την έννοια της διαμεσολάβησης στην αλληλεπίδραση ανθρώπου και περιβάλλοντος στη χρήση των σημείων και των εργαλείων. Όπως ακριβώς τα συστήματα των εργαλείων, έτσι και τα συστήματα σημείων (ή ψυχολογικά εργαλεία απλούστερα) δημιουργούνται από κοινωνίες. Η δημιουργία τους είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης ιστορίας, καθώς και των αλλαγών στη μορφή της κοινωνίας και το επίπεδο της πολιτισμικής ανάπτυξης. Τα παρακάτω μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν παραδείγματα των ψυχολογικών εργαλείων και των περίπλοκων συστημάτων τους: η γλώσσα, η γραφή, τα διάφορα συστήματα μέτρησης, οι μνημονικές τεχνικές, τα αλγεβρικά συμβολικά συστήματα, οι εργασίες της τέχνης, τα σχήματα, τα διαγράμματα, οι χάρτες, τα μηχανολογικά σχέδια, όλα τα είδη των συμβατικών σημάτων κ.τ.λ. Ο Vygotsky πίστευε ότι η εσωτερικέυση των πολιτισμικά παραχθέντων συμβολικών συστημάτων οδηγεί σε μετασχηματισμούς της συμπεριφοράς και γεφυρώνει τις πρώιμες με τις προχωρημένες μορφές ατομικής ανάπτυξης.



Αυτή η νέα μέθοδος της σκέψης για τις ανώτερες ψυχολογικές λειτουργίες, η διαμεσολάβηση των ψυχολογικών εργαλείων ορίστηκε ως η εργαλειακή μέθοδος. Το παραπάνω διάγραμμα (Vygotsky, 1997, σ.78), ήταν η διατύπωση του Vygotsky μιας εργαλειακής ενέργειας, όπου το A παριστάνει ένα ερέθισμα και το B την ανταπόκριση. Στην εργαλειακή μέθοδο του Vygotsky και το ερέθισμα και το εργαλείο θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως το ερέθισμα που επιδρά στην τελική ανταπόκριση. Όπως όμως υποστηρίζουν και οι Cole & Scribner στην εισαγωγή του (Vygotsky, 1997, σσ.38), ο Vygotsky δεν πρέπει να ερμηνευθεί ως ένας θεωρητικός της μάθησης που στηρίζεται στο «ερέθισμα -> ανταπόκριση». Εκείνο που ήθελε να μεταδώσει ήταν η ιδέα ότι στις ανώτερες μορφές της ανθρώπινης συμπεριφοράς το άτομο αλλάζει με τη δική του συμπεριφορά την κατάσταση του ερεθίσματος στη διαδικασία αντίδρασης του με αυτό. Δηλαδή, ένα ερέθισμα θα μπορούσε να παίξει το ρόλο ενός αντικειμένου κατά του οποίου μια ενέργεια της συμπεριφοράς θα μπορούσε να κατευθυνθεί.

Ο Vygotsky δηλ. σκέφτηκε ότι καθώς το παιδιά μεγαλώνουν, περνούν μέσα από μια διαδικασία, κατά την οποία τα παιδιά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα από την μεσολάβηση συγκεκριμένων κοινωνικοπολιτισμικών γεγονότων και ανθρωπίνων τεχνημάτων, τα οποία με την σειρά τους ρυθμίζουν και επηρεάζουν τη μάθηση. Επομένως, καθώς η ανθρώπινη ανάπτυξη και οι ανθρώπινες ανταλλαγές εξαρτώνται από τη χρήση και κατανόηση των πολιτισμικών τεχνημάτων, τουλάχιστον κάποιες όψεις της σχολικής διαδικασίας πρέπει να τίθενται σε τέτοια πλαίσια, που θα δίνουν την δυνατότητα στο μαθητή για περισσότερες ευκαιρίες αλληλεπιδραστικής μάθησης για την κατασκευή του νοήματος, είτε σε μια συγκεκριμένη κοινότητα, είτε στην κοινωνία σαν σύνολο.

Κεντρικό σημείο στην ιδέα της αλληλεπιδραστικής μάθησης είναι η ιδέα της «ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης» (zone of proximal development) (Vygotsky, 1997, σσ.144-155). Η ζώνη αυτή αντιστοιχεί στην απόσταση ανάμεσα στο πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο, όπως αυτό καθορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων, και στο επίπεδο της εν δυνάμει ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από την επίλυση προβλημάτων κάτω από την καθοδήγηση των ενηλίκων ή σε συνεργασία με πιο ικανούς συνομηλίκους (σ.147).

Έτσι, όπως συνοψίζεται και από το μαθητή και συνεργάτη του Vygotsky, Leontiev, «η συμμετοχή των παιδιών σε πολιτισμικές δραστηριότητες με την καθοδήγηση πιο επιδέξιων συντρόφων επιτρέπει στα παιδιά να εσωτερικεύσουν τα εργαλεία για σκέψη και για να κάνουν πιο ώριμες προσεγγίσεις στην επίλυση προβλημάτων» (παραπομπή από Rogoff, 1990, p.11). Επιπρόσθετα λοιπόν στο ότι η μάθηση είναι κοινωνικά θεμελιωμένη, αυτή εξαρτάται από την συγκεκριμένη σχέση διδασκαλίας-μάθησης, στην οποία ο ένας σύντροφος μπορεί να προσφέρει εμπειρία και βοήθεια στον άλλο ή στους άλλους. Με αυτό τον τρόπο, η μάθηση δεν είναι απλώς μόνο συνεργατική, αλλά καθορίζεται επίσης από μια προσπάθεια κατανόησης και επίλυσης προβλημάτων, τοποθετημένα μέσα και από ισοτιπούτα, τεχνήματα και κανόνες της κοινωνίας.

Αν και ο Vygotsky εστίασε το ενδιαφέρον του στο κοινωνικό πλαίσιο της μάθησης, κατανόησε επίσης την ανάγκη για θεωρητική θεμελίωση. Έτσι, αυτός στην θεματική του ενότητα «Η ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών στην παιδική ηλικία» με την διαφοροποίηση ανάμεσα στις αυθόρμητες (ή καθημερινές) έννοιες και στις επιστημονικές έννοιες, θεωρεί ότι υπάρχουν δύο τύποι αμοιβαία συντελεστικής και αλληλεπιδραστικής μάθησης (Vygotsky, 1987, pp.167-241). Αυθόρμητες θεωρούνται οι έννοιες που μαθαίνονται ασυνείδητα κατά τις κανονικές μέρα με την μέρα αλληλεπιδράσεις, ενώ επιστημονικές είναι οι επίσημες εκείνες έννοιες που έχουν την καταγωγή τους σε συγκεκριμένους κλάδους της επιστήμης, όπως η Φυσική, και μπορούν να μαθευτούν μέσω κάποιου είδους διαμεσολάβηση από τον δάσκαλο. Ο Vygotsky (p.169) λέει για τους δύο τύπους εννοιών:

Η αδυναμία των καθημερινών εννοιών έγκειται στην ανικανότητά τους για αφηρηματικότητα, στην αδυναμία του παιδιού να λειτουργήσει με ένα συνειδητό τρόπο. Όπου απαιτείται αυτή η θέληση, οι καθημερινές έννοιες γενικά χρησιμοποιούνται λανθασμένα. Σε αντίθεση, η αδυναμία των επιστημονικών εννοιών έγκειται στον βερμπαλισμό τους, στον ανεπαρκή διαποτισμό τους με το συγκεκριμένο. Αυτός είναι και ο βασικός κίνδυνος στην ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών. Η δύναμη των επιστημονικών εννοιών έγκειται στην δυνατότητα του παιδιού να τις χρησιμοποιήσει με ένα συνειδητό τρόπο, στην «ετοιμότητα τους για δράση». Ο βερμπαλισμός των επιστημονικών εννοιών αρχίζει να εξαφανίζεται, καθώς αυτές γίνονται όλο και πιο συγκεκριμένες. Αυτό έχει την επίδραση του και στις αυθόρμητες έννοιες επίσης. Τελικά, οι δύο αναπτυξιακές καμπύλες αρχίζουν να συγχωνεύονται.

Με άλλα λόγια, και οι δύο τύποι αυτών των εννοιών δεν ανακεφαλαιώνονται στην συνείδηση του παιδιού, δεν διαχωρίζονται η μία από την άλλη με κάποιο αδιαπέραστο εμπόδιο, δεν ρέουν κατά μήκος δύο παραλλήλων και απομονωμένων καναλιών, αλλά είναι στη διαδικασία μιας συνεχούς και ακατάπαυστης αλληλεπιδράσης, η οποία πρέπει να μαθαίνεται αναπόφευκτα σε καταστάσεις, όπου οι αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, να μπορούν να αποσπάσουν αλλαγές στη

δομή των αυθορμητών εννοιών. Η μάθηση δηλ. στην τάξη και σε κάποια περίσταση δεν είναι απλώς συμπληρωματικές, αλλά στην ουσία επαναεννοιολογικοποιούν η μία την άλλη. Επομένως, η ουσιαστική μάθηση συμβαίνει, όταν το επιστημονικό και το καθημερινό λειτουργούν σε συμφωνία μέσω μιας μεταφοράς ανάμεσα στα πλαίσια και όχι «η μάθηση των νεκρών και άδειων βερμπαλιστικών σχημάτων να υποκαθιστά την κυριαρχία της ζωντανής γνώσης» (p.170).

Η ΘΕΩΡΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Βασισμένοι στην εργασία του Vygotsky, οι συνεργάτες του, αλλά και πολλοί ψυχολόγοι από τις Σκανδιναβικές χώρες, ανέπτυξαν ένα σύνολο αρχών που είναι γνωστό ως Θεωρία Δραστηριότητας (Activity Theory).¹

Στη θεωρία αυτή μονάδα ανάλυσης, αντίθετα με τη Γνωσιακή ψυχολογία, δεν είναι το άτομο αλλά η δραστηριότητα.

Στην 1^η Γενιά της Θεωρίας δραστηριότητας, για τους ψυχολόγους που δούλευαν στην ανάπτυξη της θεωρίας αυτής, το τρίγωνο της εργαλειακής μεθόδου του Vygotsky ήταν ακόμη κοντά στο συμπεριφορισμό.

Έτσι, αυτοί πήραν την ιδέα του, του διαμεσολαβούντος τεχνήματος και της προσανατολισμένης προς το αντικείμενο δράσης και την επαναδιατύπωσαν, όπως παρακάτω:

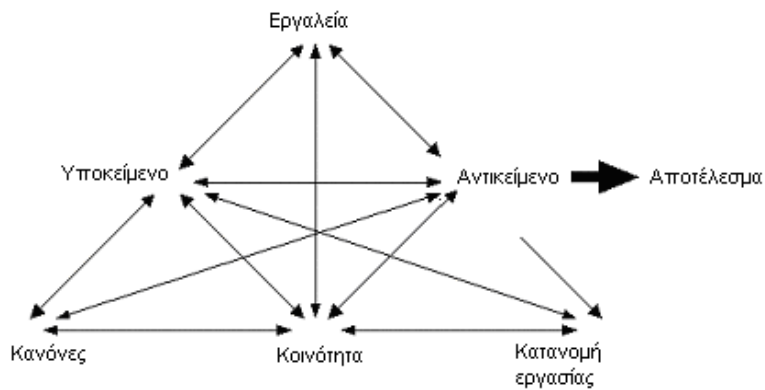


Σύμφωνα με το τρίγωνο αυτό, μια δραστηριότητα συντίθεται από ένα υποκείμενο και ένα αντικείμενο, διαμεσολαβούμενα από ένα εργαλείο. Το υποκείμενο είναι ένα πρόσωπο ή μια ομάδα που εμπλέκεται στη δραστηριότητα. Το αντικείμενο (με την έννοια του αντικειμενικού στόχου) καθορίζεται από το υποκείμενο και παρακινεί τη δραστηριότητα, δίνοντας της μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η διαμεσολάβηση μπορεί να συμβεί μέσω της χρήσης διαφορετικών εργαλείων, υλικών καθώς και νοητικών, συμπεριλαμβανομένων του πολιτισμού, των τρόπων σκέψης και της γλώσσας.

Στη 2^η Γενιά της Θεωρίας δράσης ο A.N. Leontiev επέκτεινε τη θεωρία προσθέτοντας αρκετά χαρακτηριστικά, προκειμένου να ικανοποιηθεί η ανάγκη να διαχωριστεί η ατομική δραστηριότητα από τη συλλογική.

Στη σημερινή του μορφή ένα σύστημα δραστηριότητας, που αποτελεί ένα τρόπο οπτικοποίησης της ολικής διαμόρφωσης μιας δραστηριότητας, είναι όπως παρακάτω:

¹ Βλ. ενδεικτικά «Cultural-Historical Activity Theory».



Στο σύστημα δραστηριότητας αυτό, που ήταν αποτέλεσμα της ανάγκης να μελετηθεί η μοιρασμένη σημασία της δραστηριότητας, η αρχική θεωρία επαναδιαμορφώθηκε με την πρόσθεση των κανόνων, της κοινότητας της κατανομής της εργασίας.

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, το υποκείμενο αναφέρεται στο άτομο ή στην ομάδα, των οποίων η οπτική τους λαμβάνεται υπόψη στην ανάλυση της δραστηριότητας. Το αντικείμενο (ή αντικειμενικός στόχος) είναι ο στόχος της δραστηριότητας μέσα στο σύστημα. Τα εργαλεία αναφέρονται στα εσωτερικά ή εξωτερικά διαμεσολαβόντα τεχνήματα που βοηθούν να επιτευχθούν τα αποτελέσματα της δραστηριότητας. Η κοινότητα αποτελείται από ένα ή περισσότερους ανθρώπους που μοιράζονται τον αντικειμενικό στόχο με το υποκείμενο. Οι κανόνες ρυθμίζουν τις αλληλεπιδράσεις μέσα στο σύστημα δραστηριότητας. Η κατανομή εργασίας συζητά το πώς οι εργασίες μοιράζονται οριζόντια ανάμεσα στα μέλη της κοινότητας, καθώς επίσης και στην κάθετη διαίρεση της εργασίας αναφορικά με τη δύναμη και ισχύ των μελών της κοινότητας.

Τέλος η 3^η γενιά της θεωρίας δραστηριότητας χρειάστηκε να αναπτύξει εννοιολογικά εργαλεία για να κατανοήσει το διάλογο, τις ποικίλες απόψεις και φωνές και τα δίκτυα των αλληλεπιδρόντων συστημάτων δραστηριότητας. Στον τρόπο αυτό της έρευνας, το βασικό μοντέλο επεκτάθηκε, έτσι ώστε να περιλαμβάνει δύο τουλάχιστον αλληλεπιδρόντα συστήματα δραστηριότητας.



ΤΟ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΚΙΝΗΜΑ ΤΗΣ REFORMPÄDAGOGIK

Μια διαφορετική και όχι τόσο γνωστή εκδοχή για τις ρίζες της εγκαθιδρυμένης μάθησης δίνουν οι Mandl, Gruber & Renki. (1996). Αυτοί θεωρούν –και φαίνεται να έχουν ως ένα βαθμό δίκιο– ότι παρόμοιες ιδέες με τις σημερινές εκφράστηκαν πολύ παλιότερα και αναπτύχθηκαν μάλιστα και εναλλακτικά μοντέλα διδασκαλίας από ένα παιδαγωγικό κίνημα που έμελλε να γίνει γνωστό ως Reformpädagogik. Η γερμανική Reformpädagogik (αναθεωρητική παιδαγωγική) άρχισε κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα. Παρ’ όλα αυτά, εξαιτίας του δημοκρατικού της δυναμικού οι περισσότεροι από τους οργανισμούς της διαλύθηκαν βίαια κατά την αρχή του 3^{ου} Ράιχ το 1933. Οι υποστηρικτές της Reformpädagogik έκαναν κριτική στο Buchschule (σχολείο βιβλίου: Kerschensteiner, 1912) κατά τον ίδιο τρόπο που αυτό αργότερα υπέστη την κριτική από τα κείμενα της θεωρίας της εγκαθιδρυμένης μάθησης. Η κεντρική ιδέα της γερμανικής Reformpädagogik ήταν το Arbeitsschule (σχολείο εργασίας). Ανάμεσα στους πλέον διακεκριμένους αντιπροσώπους της ήταν ο Georg Kerschensteiner (1854-1932) και ο Hugo Gaudig (1860-1923).

Ο Kerschensteiner κριτίκαρε τον διανοουμενισμό και την αφηρηματικότητα των τότε υπαρχόντων σχολείων. Αυτός ονόμασε τα σχολεία «σχολεία βιβλίου» με όλες τις αρνητικές σημασίες που ο όρος φέρει. Ειδικά, αυτός έδωσε έμφαση στην χειρωνακτική εργασία, η οποία θα έπρεπε να συνδεθεί με νοητική εργασία όσο το δυνατόν περισσότερο. Επιπρόσθετα ο Kerschensteiner δημιούργησε περιβάλλοντα δραστηριότητας, με τα οποία προσπαθούσε να αποφύγει το πρόβλημα του κομματιάσματος σε διαφορετικούς κλάδους της επιστήμης. Μια από τις πρώτες καινοτομίες του Kerschensteiner στα σχολεία του Μονάχου ήταν η εισαγωγή του Schulgartenunterricht (διδασκαλία σχολικού κήπου: Kerschensteiner, 1907). Βασισμένη σε αυθεντικές δραστηριότητες στον κήπο του σχολείου οι μαθητές μάθαιναν βιολογία, ζωολογία και βοτανική, αποφεύγοντας έτσι έναν τεχνητό διαχωρισμό ανάμεσα στην σχολική εργασία και στις δραστηριότητες του πραγματικού κόσμου (περισσότερο από 80 χρόνια αργότερα ο Brown, ο Collins και ο Duguid, (1989), εξέφρασαν μια παρόμοια ιδέα: *Όταν αυθεντικές δραστηριότητες μεταφέρονται στην τάξη, το πλαίσιο τους αναπόφευκτα αλλάζει μορφή: αυτές γίνονται θέματα της τάξης και κομμάτι της σχολικής κουλτούρας*).

Μια βασική αρχή του Kerschensteiner ήταν ο ισχυρισμός του, ότι οι διδακτικές ερωτήσεις δεν έπρεπε να τίθενται από τον δάσκαλο, αλλά μέσω ενός σχετικού προβλήματος που θα παρουσιαζόταν στην αρχή της διδακτικής σειράς. Το πρόβλημα θα έπρεπε να είναι μάλλον σύνθετο, έτσι ώστε να μην επιλύεται εύκολα με τις ήδη διαθέσιμες ρουτίνες. Με αυτόν τον τρόπο οι ερωτήσεις που θα εγείρονταν, θα κινητοποιούσαν τους μαθητές να ψάξουν για απαντήσεις.

Παρόλο που ο Kerschensteiner ήταν έντονα αντίθετος σε μεταμορφωμένες εκπαιδευτικές αντιλήψεις, όπως «άσε το παιδί να μεγαλώσει μόνο του», αυτός έδωσε έμφαση στην σημασία της αυτορρυθμιζόμενης δραστηριότητας του μαθητή.

Όταν μπαίνει στο παραδοσιακό σχολείο το παιδί ταξιδεύει σε ένα ersatzwelt (υποκατάστατο κόσμο), στον οποίο ersatz δραστηριότητες (υποκατάστατες δραστηριότητες) πρόκειται να εκτελεστούν (ο όρος «ersatz» δραστηριότητας χρησιμοποιήθηκε από τον Brown κ.ά., (1989), γεγονός το οποίο τέλεια απεικονίζει, ότι η γερμανική λέξη ersatz έχει βρει την θέση της στο αγγλικό λεξιλόγιο²). Ο υποκατάστατος αυτός κόσμος δεν παράγει σχεδόν καμιά σχέση με τον έξω (αυθεντικό) κόσμο. Αντιθέτως, στα σχολεία εργασίας του Kerschensteiner τα προβλήματα τοποθετούνται σε σχέση με την πραγματική ζωή του παιδιού έξω από το σχολικό πλαίσιο. Επιπρόσθετα στις συγκεκριμένες δεξιότητες και γνώσεις, προσδοκείται από τους μαθητές να αποκτήσουν κοινωνικά συνειδητές απόψεις και

²Ersatz: ● adj. substitute, imitation (esp. of inferior quality). ● n. an ersartz thing.[German, literally ‘replacement’ (Thompson, D., 1996. *The Oxford Compact English Dictionary*, Oxford: Oxford University Press, p.331)

μια αίσθηση υπευθυνότητας ως μέλη της κοινωνίας (αργότερα αποκαλούμενο *μάθηση κατά την εισαγωγή στον πολιτισμό της πρακτικής του ειδήμονα*, Collins, Brown & Newman, 1989). Ένα μέσο για την επίτευξη των στόχων αυτών είναι η ομαδική εργασία και η συνεργατική μάθηση. Ο ρόλος του δάσκαλου ήταν να εξασφαλίσει υποστήριξη, μόνο όταν αυτή κρίνονταν αναγκαία. Διαφορετικά αυτός έπρεπε να είναι αποτραβηγμένος όσο το δυνατόν περισσότερο κατά την διάρκεια της μαθησιακής σειράς.

Το σύγχρονο θέμα της σειράς των διδακτικών ενοτήτων έπαιξε επίσης ένα κεντρικό ρόλο στην προσέγγιση του Kerschensteiner. Ο Kerschensteiner (1914a) πρότεινε πέντε στάδια για την σύνθεση μιας διδακτικής σειράς: (1) Ένα περίπλοκο πρόβλημα του πραγματικού κόσμου θα έπρεπε να τεθεί για να δημιουργήσει ερωτήσεις που θα παρακινούσαν τους μαθητές, (2) οι μαθητές θα έπρεπε να παράγουν υποθέσεις έξω από τις προηγούμενες γνώσεις τους και τον ευρετικό συλλογισμό, (3) οι μαθητές δεν θα έπρεπε τυφλά να υιοθετήσουν την πρώτη υπόθεση που θα συναντούσαν, αλλά να έλεγχαν τις υποθέσεις μέσω ενεργούς εξερεύνησης και στοχασμού, (4) οι μαθητές θα έπρεπε να πιστοποιούν, που σημαίνει ότι έπρεπε να υπάρχει κάποιο «ορατό» αντικείμενο και (5) οι μαθητές θα έπρεπε κριτικά να αυτοεκτιμήσουν το προϊόν. Αυτή η εκτίμηση περιελάμβανε και το ορατό προϊόν και τις εσωτερικές νοητικές διαδικασίες.

Εκτός από την εκπαίδευση μαθητών Γυμνασίου και Δημοτικού ο Kerschensteiner ασχολήθηκε ιδιαίτερα με το πως το σχολείο προετοιμάζει για την επαγγελματική ζωή. Έτσι, αυτός έπαιξε ένα καθοριστικό ρόλο στην εκπαιδευτική θεμελίωση της γερμανικής επαγγελματικής εκπαίδευσης, που είναι γνωστή ως *δυναδικό σύστημα*. Το δυναδικό αυτό σύστημα είναι μια μορφή εξάσκησης συνδεδεμένης με τον χώρο εργασίας και με συμπληρωματική διδασκαλία στο υποχρεωτικό μερικής απασχόλησης επαγγελματικό σχολείο.

Η έννοια της εργασίας του Kerschensteiner άλλαξε κατά την πορεία του χρόνου. Μετά από την αρχική υπογράμμιση της χειρωνακτικής εργασίας ο Kerschensteiner χρησιμοποίησε αργότερα την ιδέα της εργασίας κύρια για να δηλώσει την νοητική αυτορυθμιστική σκέψη και τις μαθησιακές διαδικασίες. Αυτή η μεταστροφή ήταν μια συνέπεια της κριτικής του Hugo Gaudig, ο οποίος θεωρούσε, ότι η έννοια της εργασίας του Kerschensteiner έδινε πολύ έμφαση στην χειρωνακτική εργασία. Ο κύριος στόχος της εκπαιδευτικής προσέγγισης του Gaudig ήταν η ανάπτυξη της προσωπικότητας. Σύμφωνα με την αντίληψη του η προσωπικότητα συντίθεται και από την ατομικότητα και από την αναγνώριση των κανόνων της κοινωνίας.

Οι βασικότερες ιδέες της Reformpädagogik μπορούν περιληπτικά να περιγραφούν όπως παρακάτω. Η κεντρική ιδέα της κίνησης αυτής είναι ότι η μάθηση πρέπει να είναι προσανατολισμένη στο πρόβλημα. Η μάθηση πρέπει να λαμβάνει χώρα σε αυθεντικά πλαίσια, τα οποία με την σειρά τους πρέπει να εξασφαλίζουν στους μαθητές άφθονες ευκαιρίες για μελέτη του θέματος από διάφορες κατευθύνσεις. Ο μαθητής πρέπει να ενθαρρύνεται να μαθαίνει με ένα ενεργό και αυτορυθμιζόμενο τρόπο. Ένα σημαντικό βήμα στην μαθησιακή διαδικασία που πρέπει να τονιστεί είναι ο στοχασμός στις εσωτερικές νοητικές διαδικασίες, συγκρινόμενες με την «έξω άποψη» πάνω στο υπό μελέτη θέμα. Ο στοχασμός και η συζήτηση στα υπό μελέτη θέματα διεγείρονται ευκολότερα όταν οι μαθητές μαθαίνουν σε ομάδες. Ως συνέπεια αυτών των κοινωνικών όψεων της μάθησης η κίνηση της Reformpädagogik δεν σκόπευε μόνο στην διδασκαλία συγκεκριμένων γεγονότων και δεξιοτήτων, αλλά και να εκπαιδεύσει τους μαθητές να γίνουν υπεύθυνα μέλη της κοινωνίας. Έτσι η εισαγωγή στον πολιτισμό (enculturation) θεωρούνταν μια σημαντική λειτουργία της μάθησης.

1.1.2.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΜΕΝΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Η εγκαθιδρυμένη μάθηση (situated learning), σύμφωνα με τον Clancey (1995), αν και η καταγωγή της είναι από παλιά, πρόσφατα έχει συσταθεί σε θεωρία από τους γνωσιακούς ανθρωπολόγους (Lave, Scribner, Cole, Hutcins)

Έτσι η Scribner μελέτησε τα μαθηματικά που χρησιμοποιούνται από καθημερινούς Νεοϋρκέζους ανθρώπους, ο Cole το χαρακτήρα και τη λειτουργία της Λιβηριανής λογοτεχνίας, ενώ ο Hutcins: μελέτησε το λογικό συλλογισμό για τα δικαιώματα γης στα νησιά του Tiobriand.

Ανάμεσα στους πρωτοπόρους υπέρμαχους της εγκαθιδρυμένης μάθησης, οι J. Lave και E. Wenger (1991) χτίσανε το μοντέλο τους σε μεγάλο βαθμό πάνω στην εργασία του Vygotsky. Η εργασία τους που αποτελεί ένα ορόσημο στην θεμελίωση της εγκαθιδρυμένης μάθησης αντλεί τα στοιχεία της από μια εθνογραφική έρευνα πέντε παραδοσιακών και μη παραδοσιακών μαθητιών στο Μεξικό, στη Λιβερία και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Επεκτείνοντας τις βασικές κοινωνικοιστορικές προτάσεις του Vygotsky σε πραγματικά περιβάλλοντα εργασίας, ασχολήθηκαν με το πώς κοινότητες της πρακτικής τείνουν να αναπαράγουν τον εαυτό τους και πως αλλάζουν, καθώς αρχάριοι αργά με την βοήθεια των παλαιότερων, μετακινούνται από την περιφέρεια στο κέντρο της κοινωνίας: η νομιμοποιημένη περιφερειακή συμμετοχή (legitimate peripheral participation) αναφέρεται και στην ανάπτυξη πληροφορημένων επιδόσεων προσωπικοτήτων στην πρακτική και στην αναπαραγωγή και μεταφορά των κοινοτήτων της πρακτικής (p. 55). Με αυτόν τον τρόπο, η νομιμοποιημένη περιφερειακή συμμετοχή εκδηλώνεται σε μια κοινωνική αναπαραγωγή και αλλαγή, καθώς νεοφερμένα μέλη μαθαίνουν, επαναδημιουργούν και τελικά αντικαθιστούν τα έμπειρα μέλη από τα οποία έχουν μάθει.

Οι συγγραφείς εστίασαν το ενδιαφέρον τους στην απόκτηση των δεξιοτήτων και γνώσεων έξω από την παραδοσιακή σχολική διαδικασία, προτείνοντας ότι υπήρχε μια φυσική και ανεπιτήδευτη κατοικία για τη μάθηση της οποίας τη θέα είχαν χάσει οι εκπαιδευτικοί, απασχολημένοι με τη δόμηση εκπαιδευτικών ινστιτούτων. Αντί λοιπόν να ρωτάν πως, τώρα που έχουμε τους μαθητές στο σχολείο, μπορούμε να τους κάνουμε να μάθουν καλύτερα, αυτοί έψαξαν «να αναπτύξουν μια οπτική της μάθησης, η οποία θα έστεκε από μόνη της» (p.40). Αυτοί συμπέραναν ότι ενώ ένα τέτοιο κομμάτι μάθησης μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι εξαρτημένο από υπονοούμενη γνώση και το πολιτισμικό πλαίσιο της μάθησης, το σχολείο από την άλλη εμπεριέχει τον κίνδυνο της προσφοράς μιας ελάχιστης εμπειρίας, χρήσιμης για την μετέπειτα ζωή. Με την τοποθέτηση του θέματος προς μελέτη μέσα στις εξελισσόμενες εμπειρίες των μαθητών και δημιουργώντας ευκαιρίες γι' αυτούς να βιώσουν το θέμα μέσα στο πλαίσιο των προκλήσεων του πραγματικού κόσμου, η γνώση αποκτιέται και η μάθηση μεταφέρεται από την τάξη στο βασίλειο της πρακτικής. Οι Lave και Wenger εξηγούν ότι να «τοποθετήσεις» (situate) την μάθηση σημαίνει να βάλεις την σκέψη και την δράση σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο. Να «τοποθετήσεις» σημαίνει να εμπλέξεις άλλους μαθητές, το περιβάλλον και τις δραστηριότητες, ώστε να καταφέρεις να νοηματοδοτήσεις. Να «τοποθετήσεις» σημαίνει να εντοπίσεις σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον τις διαδικασίες σκέψης και δράσης των ειδημόνων να φέρουν εις πέρας θέματα δεξιοτήτων και γνώσης (p.41). Οι Lave και Wenger παράλληλα επισημαίνουν, ότι δεν τοποθετούν την μάθηση τους καλά όλες οι μαθητείες, μιλώντας κριτικά για κάποιες κοινότητες: «Στο βαθμό που η κοινότητα της πρακτικής ρουτινιάρικα απομονώνει τους νεοφερμένους, είτε απευθείας, όπως στα παραδείγματα της μαθητείας για τους κρεοπώλες ή με πιο λεπτούς και διαπεραστικούς τρόπους, όπως στα σχολεία, αυτοί οι νεοφερμένοι αποτρέπονται από τη περιφερειακή συμμετοχή» (p. 104).

Ένα άλλο πρόσωπο που έχει συμβάλει σημαντικά στη θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης και στην πρακτική είναι ο Yrjo Engestrom. Ασχολούμενος

με την σχέση ανάμεσα στην μάθηση στην εργασία και το σχολείο, οι εμπειρικές του μελέτες έχουν εστιάσει κύρια πάνω στη μάθηση σαν ένα κομμάτι ενός συστήματος δραστηριοτήτων, μια ιστορική ενσωμάτωση «και της παραγωγικής, προσανατολισμένης στο αντικείμενο παραγωγικής οπτικής και στο πρόσωπο προσανατολισμένης επικοινωνιακής οπτικής της ανθρώπινης δραστηριότητας» (1990, p.79, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998).

Ο Engestrom έχει χαρακτηρίσει την μάθηση ως μια συνεργατική, κοινωνικοιστορική διαδικασία εσωτερίκευσης και δημιουργίας: «Η μάθηση είναι με σημασία δόμηση και η δημιουργική δόμηση των γνωσιακών εργαλείων, των εσωτερικών νοητικών μοντέλων και των εξωτερικών εργαλείων. Η μάθηση είναι επίσης συμμετοχή, συνεργασία και διάλογος στις κοινότητες της πρακτικής. Τέλος, η μάθηση είναι επίσης η κριτική των δεδομένων, καθώς και οι καινοτομίες και η δημιουργία νέων ιδεών, τεχνημάτων και μορφών πρακτικής.»(1994, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998, p.1). Ορίζοντας το υψηλότερο επίπεδο της έρευνας της μάθησης ο ο Engestrom προτείνει, ότι η οργάνωση του περιεχομένου, η πρόοδος μέσω της μαθησιακής διαδικασίας, η κοινωνική αλληλεπίδραση και η κατάλληλη παρακίνηση, συγκεκριμένα αυτή που απορρέει από την πρόκληση των συγκρούσεων, των διλημάτων και των ανωμαλιών, δίνουν την δυνατότητα στο μαθητή να κάνει μια παύση «για να στοχαστεί πάνω στο πρόβλημα, να σχηματίσει μια υποθετική εξήγηση των αρχών που βρίσκονται πίσω από επιτυχημένες επιλύσεις»(p. 17). Όπως και άλλοι υπέρμαχοι της εγκαθιδρυμένης μάθησης ο Engestrom προτείνει ότι κερδίζουμε γνώση για τον κόσμο με το να είμαστε μέσα στον κόσμο.

Οι κεντρικές ιδέες της εγκαθιδρυμένης μάθησης σύμφωνα με τους Anderson, Reder & Simon (1997), είναι:

-Η μάθηση θεμελιώνεται στην συγκεκριμένη τοποθεσία που αυτή γίνεται, δηλ. η γνώση ή η απόκτηση δεξιοτήτων καθορισμένη από το πλαίσιο στο οποίο το προς μάθηση θέμα παρουσιάζεται.

-Η γνώση δεν μεταβιβάζεται ανάμεσα σε διαφορετικά θέματα, δηλ. όταν κάτι μαθευτεί σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ή τομέα, η γνώση δεν μπορεί και δεν θα μεταφερθεί σε άλλο τομέα, ειδικά σε καταστάσεις της πραγματικής ζωής.

-Εκπαίδευση με αφαίρεση είναι μικρής χρηστικής αξίας, το οποίο σημαίνει ότι π.χ. αφηρημένοι υπολογιστικοί κανόνες στα μαθηματικά δεν μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές στην επίλυση αριθμητικών προβλημάτων στην καθημερινή ζωή.

-Η διδασκαλία πρέπει να γίνεται σε περίπλοκα κοινωνικά περιβάλλοντα μιας και οι άνθρωποι περνούν τον περισσότερο τους χρόνο σε τέτοια κοινωνικά περιβάλλοντα και αναγκάζονται να επιλύσουν περίπλοκα προβλήματα.

Αυτές οι τέσσερις προτάσεις διαφοροποιούν την εγκαθιδρυμένη μάθηση από άλλες πειραματικές μορφές γνώσεις. Στην εγκαθιδρυμένη μάθηση οι μαθητές μαθαίνουν το περιεχόμενο μέσω δραστηριοτήτων και όχι να αποκτούν πληροφορίες από οργανωμένα πακέτα από τους δάσκαλους. Το περιεχόμενο είναι σύμφυτο στην εκτέλεση του θέματος και δεν διαχωρίζεται από τον θόρυβο, το μπέρδεμα και τις ομαδικές αλληλεπιδράσεις που επικρατούν στα περιβάλλοντα της πραγματικής εργασίας. Η μάθηση καθοδηγείται από το δίλημμα μάλλον παρά από το περιεχόμενο. Οι καταστάσεις που παρουσιάζονται είναι εκείνες που θα διεγείρουν τις νοητικές και ψυχοκινητικές δεξιότητες που οι μαθητές θα εφαρμόσουν στο σπίτι, στην κοινωνία και στον χώρο εργασίας.

Να σημειωθεί ότι οι Anderson, Reder & Simon είναι υποστηρικτές της θεωρίας επεξεργασίας πληροφοριών και ερευνούσαν τη συμβατότητα της με αυτήν της εγκαθιδρυμένης μάθησης.

Η πιο σημαντική κριτική για την εγκαθιδρυμένη μάθηση, η οποία αποτελεί και την μεγαλύτερη της δύναμη, η εξάρτηση από τον τομέα (domain specificity), αποτελεί συγχρόνως και την μεγαλύτερη της αδυναμία.

Παραδοσιακές εμπειριστικές και ορθολογιστικές περιγραφές υποθέτουν ότι η μεταβίβαση εκδηλώνεται μέσω «συμβολικών γνωσιακών απεικονίσεων που μαθαίνονται σε μια κατάσταση και εφαρμόζονται σε κάποια άλλη» (Greeno, Moore, Smith & The Institute for Research on Learning, 1993, p. 145, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998). Έτσι, όσο πιο αφηρημένη και γενικεύσιμη είναι η μάθηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα μεταβίβασης σε μια μεγάλη ποικιλία πλαισίων. Από την άλλη μεριά, μια μετα-ανάλυση ενός αριθμού γνωσιακών μελετών που συμπεραίνουν ότι επειδή η μεταβίβαση φαίνεται να εξαρτάται «από την απευθείας αντίληψη μιας περιγραφής» (p. 146), η εγκαθιδρυμένη μάθηση είναι πιο συντελεστική στη μάθηση. Επιπρόσθετα, επειδή το να είναι εγκαθιδρυμένη η γνώση «δεν είναι μια αμετάβλητη ιδιότητα ενός ατόμου, αλλά μάλλον είναι σχετική με τις καταστάσεις» (p. 99), η συμβολική διαμεσολάβηση πιθανόν να παρακωλύει την μεταβίβαση. Με άλλα λόγια, η μεταβίβαση σε ένα άλλο πλαίσιο, είναι πιο πιθανόν να διευκολυνθεί με απευθείας παρατήρηση των δύο πλαισίων. Γι' αυτό, αντί να υπάρχει ακόμη ένα επίπεδο «γραφειοκρατείας» που θα παρακωλύει τις διαδικασίες μεταβίβασης, αυτό δηλ. της συμβολικής απεικόνισης των στιγμών μάθησης στις παλιές και νέες καταστάσεις, ο μαθητής μπορεί να συγκρίνει απλώς μόνο τις ίδιες τις καταστάσεις.

Παρόμοια οι Choi & Hannafin (1995, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998) αναφέρουν, ότι η εξάρτηση της εγκαθιδρυμένης μάθησης από τα ζωντανά περιβάλλοντα διευκολύνει την μεταβίβαση πιο αποτελεσματικά από ότι τα σχετικά εξαντλημένα επίσημα μαθησιακά πλαίσια της παραδοσιακής τάξης. Άρα, η μεταβίβαση είναι πιθανή, όταν οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να έχουν πρόσβαση σε μια γενικεύσιμη κατάσταση, όπου υπάρχει πληθώρα ευκαιριών για εφαρμογή σε πολλαπλά περιβάλλοντα. Με αυτόν τον τρόπο, «όταν οι ειδήμονες αποκτούν την ικανότητα να κάνουν διακρίσεις ανάμεσα σε λεπτά χαρακτηριστικά με βάση την εμπειρία τους σε μια πλατιά σειρά καταστάσεων, αυτό είναι που προσφέρει και τις σχετικές αντιθέσεις».

Από την άλλη μεριά, αναγνωρίζοντας ότι η μεταβίβαση είναι μια προβληματική όψη της εγκαθιδρυμένης μάθησης εγγενώς, οι Brown, Collins & Duguid (1989) επέκτειναν τις παραμέτρους του παραδείγματος της εγκαθιδρυμένης μάθησης. Για τον λόγο αυτό, αντηχώντας τις ιδέες του Vygotsky, εννοιολογικοποίησαν την εγκαθιδρυμένη γνώση (situated cognition) εισάγοντας και το μοντέλο της γνωσιακής μαθητείας (cognitive apprenticeship) ως εκείνο που θα εξάλειφε αυτήν την διχοτόμηση.

Ο Brown et al επιχειρηματολογούν υπέρ του ότι η δραστηριότητα μέσα στην οποία η γνώση αναπτύσσεται και μαθαίνεται δεν είναι ούτε ξεχωριστή, ούτε ουδέτερη, ούτε βοηθητική στη μάθηση και τη γνωσιακή διαδικασία. Αυτή, θεωρούν, είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι του τι μαθαίνεται. Οι καταστάσεις δηλ. συμπαράγουν τη γνώση μέσω της δραστηριότητας. Η μάθηση επομένως και η γνωσιακή διαδικασία είναι ριζικά «τοποθετημένες».

Οι συγγραφείς θεωρούν ότι όλη η γνώση είναι όπως τη γλώσσα. Οι λέξεις αποκτούν νόημα μόνο μέσα από προτάσεις και τις καταστάσεις που χρησιμοποιούνται. Παρόμοια μια έννοια, για παράδειγμα, συνεχώς εξελίσσεται στις διαφορετικές χρήσεις της, καθώς νέες καταστάσεις, νέες διαπραγματεύσεις και δραστηριότητες αναπόφευκτα θα την ξαναδιαμορφώνουν με ένα πιο πυκνά πλεγμένο τρόπο.

Η εννοιολογική γνώση αντιμετωπίζεται από το Brown et al σαν κάτι ανάλογο με ένα σετ εργαλείων. Τα εργαλεία μοιράζονται αρκετά χαρακτηριστικά με τη γνώση. Μπορούν να γίνουν πλήρως κατανοητά μόνο μέσα από τη χρήση τους και αυτό συνεπάγεται και να αλλάξει ο χρήστης τον τρόπο που βλέπει τον κόσμο και να υιοθετήσει το σύστημα πεπιοθήσεων του πολιτισμού στον οποίο αυτά χρησιμοποιούνται.

Οι δραστηριότητες, οι έννοιες και ο πολιτισμός στον οποίο χρησιμοποιούνται είναι δηλ. διεξαρτημένα. Κανένα δεν μπορεί να γίνει κατανοητό χωρίς τα άλλα δύο. Η

μάθηση κατά κάποιο τρόπο είναι μια διαδικασία εισαγωγής στον πολιτισμό αυτό (enculturation).

Η εισαγωγή στον πολιτισμό πιθανότατα, με μια πρώτη ματιά να φαίνεται ότι δεν έχει πολλά να κάνει με τη μάθηση. Αλλά πράγματι έτσι συμβαίνει, σύμφωνα πάντα με το Brown et al. Αυτό συμβαίνει, όταν μαθαίνουμε να μιλάμε, να γράφουμε, ή όταν γινόμαστε μαθητές σχολείου, υπάλληλοι γραφείου, ερευνητές κ.τ.λ. Από την πρώιμη ηλικία και καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους οι άνθρωποι, συνειδητά ή ασυνείδητα, υιοθετούν τις συμπεριφορές και τα συστήματα πεποιθήσεων νέων κοινωνικών ομάδων. Δοσμένης της ευκαιρίας να παρατηρήσουν και να κάνουν πρακτική τις συμπεριφορές των μελών ενός πολιτισμού, οι άνθρωποι παπαγαλίζοντας και μιμούμενοι συμπεριφορές αρχικά, σταδιακά φτάνουν να ενεργούν σύμφωνα με τους κανόνες του. Πολύ συχνά, οι πρακτικές των σύγχρονων σχολείων δεν δίνουν τις ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν στον πολιτισμό του σχετικού τομέα, επειδή ο πολιτισμός δεν είναι εμφανής. Η σχολική δραστηριότητα συχνά τείνει να είναι υβριδική. Σιωπηλά σχηματίζεται από ένα πολιτισμό (της τρέχουσας σχολικής πρακτικής), αλλά φανερά αποδίδεται σε άλλο (του σχετικού τομέα). Εκείνο που προτείνουν οι συγγραφείς είναι οι μαθητές να εκτίθενται σε αυθεντικές δραστηριότητες, με τους δασκάλους να δρουν σαν πρακτικοί παλεύοντας με τα προβλήματα του κόσμου.

Ο Brown et al ορίζουν ως αυθεντικές δραστηριότητες απλά τις καθημερινές πράξεις των μελών του πολιτισμού. Στην προσπάθεια τους να διαχωρίσουν τις αυθεντικές δραστηριότητες από τις μη, χρησιμοποιούν τον όρο «ersartz» δραστηριότητες (δραστηριότητες κακής μίμησης). Έτσι, αυτοί θεωρούν τις σημερινές δραστηριότητες του σχολείου «ersartz» αφού αυτές δεν ανταποκρίνονται στις καθημερινές πρακτικές του πολιτισμού στον οποίο αναφέρονται. Για παράδειγμα, τα προβλήματα μαθηματικών που γίνονται στα σχολεία χρησιμοποιούν ένα λεξιλόγιο και μια σύνταξη που είναι όμοια μόνο με τα άλλα μαθηματικά προβλήματα. Αλλά τα προβλήματα του κόσμου που επιλύονται με τις αυθεντικές δραστηριότητες των μαθηματικών είναι το ίδιο ξένα με τα σχολικά προβλήματα, όπως και η μάθηση (μόνο) μέσα από λεξικά από τους αναγνώστες και συγγραφείς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα «ersartz» άσκησης από το χώρο της Φυσικής είναι η μελέτη του χρόνου που απαιτείται για να γεμίσεις με ένα κουβά από μια βρύση μια μεγάλη τρύπια λεκάνη. Στην πραγματική ζωή απλά φροντίζεις να αγοράσεις μια καινούργια λεκάνη! Ανάλογα, για τον Collins et al (1991) αυθεντικές δραστηριότητες είναι αυτές που αντανakλούν τη διαρκώς μεταβαλλόμενη φύση της εργασίας και της ζωής, π.χ. η κατανόηση περίπλοκων συστημάτων όπως των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ο Roth (1995, p. xiii) χαρακτηρίζει αυθεντικές της δραστηριότητες εκείνες που μοιράζονται βασικά χαρακτηριστικά με τους κόσμους τους οποίους διδάσκουν.

Παρόμοια η Goldman (1992, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998) αποφαινόμενη πάνω στο βασικό αξίωμα της εγκαθιδρυμένης μάθησης, ότι «η μάθηση συμβαίνει μέσω της συμμετοχής των μελών στην πρακτική της κοινότητας» (p.5), και από τις παρατηρήσεις της δύο τάξεων Φυσικής στις οποίες «κοινωνικοί, θέματος, διαδικαστικοί και εννοιολογικοί κόσμοι αλληλεπίδρασης διυφαίνονταν, επικαλύπτονταν και ήταν αμοιβαία συντελεστικοί» (p.6), πρότεινε ότι η τάξη θα έπρεπε να ενθαρρύνει τις «εννοιολογικές συζητήσεις μάθησης» (p.5). Γι' αυτό, καθώς η κοινότητα της Φυσικής «συντίθεται από τρόπους ομιλίας και δράσης μοιρασμένων πεποιθήσεων σχετικά με το τι είναι ενδιαφέρον ή σημαντικό» (p.5), η μάθηση την τάξη πρέπει παρομοίως να στηρίζεται σε «περιβάλλοντα με πολλαπλές πηγές, συνεργασία και συμμετοχή» (p.7). Με απλά λόγια δηλ. η συμβουλή της για τους εκπαιδευτικούς, που επιθυμούν να ενθαρρύνουν την αυθεντική μάθηση είναι ότι πρέπει να δημιουργήσουν ένα άνετο, αλληλεπιδραστικό περιβάλλον, όμοιο με αυτά που χαρακτηρίζουν τις κοινότητες μάθησης και πρακτικής του πραγματικού κόσμου.

Οι Brown et al μέσα από τη μελέτη των δραστηριοτήτων των μαθητών των πρακτικών και των καθημερινών ανθρώπων (JPF- Just Plain Folks) καταλήγουν να

προτείνουν τη μέθοδο της γνωσιακής μαθητείας, ως τρόπο εφαρμογής των αρχών της εγκαθιδρυμένης μάθησης στα σχολεία.

Εκτός από τη γνωσιακή μαθητεία, στα πρόσφατα χρόνια έχουν αναπτυχθεί και άλλες διδακτικές προσεγγίσεις που προσπαθούν να αποτρέψουν το πρόβλημα της αδρανούς γνώσης και βασίζονται και στην θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης. Αυτές (Mandl et al, 1996) αφορούν την αγκυροβολημένη διδασκαλία (anchored instruction), και τη διδασκαλία τυχαίας πρόσβασης (random-access instruction).

Προσέγγιση αγκυροβολημένης διδασκαλίας. Η προσέγγιση της αγκυροβολημένης διδασκαλίας έχει αναπτυχθεί στο πανεπιστήμιο του Vanderbilt (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992). Κυρίαρχο μέσο, για να αποφευχθεί η αδρανής γνώση μέσω της απόκτησης εύκολα εφαρμόσιμης γνώσης, είναι η δημιουργία περιβαλλόντων εγκαθιδρυμένης μάθησης, τα οποία ολοκληρώνουν γνώση και δράση σε ένα πλαίσιο προσανατολισμένο στο υπό μελέτη πρόβλημα. Στην αγκυροβολημένη διδασκαλία οι μαθητές (η αγκυροβολημένη διδασκαλία ασχολείται κυρίως με παιδιά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) έρχονται αντιμέτωποι με περίπλοκες ιστορίες που παρουσιάζονται με την χρήση video-disk τεχνολογίας. Το νόημα της αγκυροβολημένης διδασκαλίας (anchored instruction), όπως την αποκαλούν είναι να δημιουργήσουμε ρεαλιστικά προβλήματα, παρόμοια μ' αυτά που ασχολούνται οι επιστήμονες στην καθημερινή ζωή (π.χ. πώς να καθαρίσουμε τη θάλασσα από μια τεράστια κηλίδα που τη μολύνει), τα οποία απαιτούν για τη λύση τους πολύπλοκη σκέψη και συλλογισμούς. Οι ιστορίες προσφέρουν πολλές άγκυρες (ευκαιρίες) για την επίλυση προβλημάτων που εντοπίζονται κατά την διάρκεια της παρουσίασης. Η αναγκαία γνώση για την επίλυση προβλημάτων μπορεί να αποκτηθεί μέσα στο μαθησιακό περιβάλλον. Καθώς τα προβλήματα που παρουσιάζονται στους video δίσκους προέρχονται από τα φυσικά περιβάλλοντα των μαθητών, η αγκυροβολημένη διδασκαλία χρησιμοποιεί πλαίσια αυθεντικής μάθησης. Έτσι, πολλές ιδέες της εγκαθιδρυμένης μάθησης μπορούν να ανιχνευθούν μέσα στην προσέγγιση της αγκυροβολημένης διδασκαλίας: μάθηση προσανατολισμένη στο πρόβλημα, η χρήση αυθεντικών πλαισίων και η μελέτη των προβλημάτων από διαφορετικές κατευθύνσεις. Με την χρήση νέων τεχνολογιών, αυτές οι έννοιες καταλήγουν στην συνειδητοποίηση τους με ένα νέο τρόπο, ο οποίος πιθανόν να είναι το αντικείμενο των μελετών διδακτικής.

Προσέγγιση διδασκαλίας τυχαίας πρόσβασης. Η προσέγγιση με διδασκαλία τυχαίας πρόσβασης τονίζει την αναγκαιότητα της απόκτησης μιας εύκαμπτης, εφαρμόσιμης ικανότητας σε περίπλοκους τομείς (βλ. Spiro, Feltovich, Jacobson & Coulson, 1991, παραπομπή από Mandl et al, 1996). Αυτή ασχολείται κυρίως με προχωρημένη δόμηση γνώσης μέσα σε όχι τέλεια δομημένους τομείς γνώσης, όπως η ιατρική. Για τον λόγο αυτό, η διδασκαλία τυχαίας πρόσβασης ταιριάζει περισσότερο να απευθύνει προβλήματα στην πανεπιστημιακή διδασκαλία. Αυθεντικά πλαίσια στην μάθηση χρησιμοποιούνται για να αποφευχθεί η ανάπτυξη υπεραπλουστευμένων εννοιών, που μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένες εφαρμογές. Ο σπουδαστής πρέπει να βλέπει το περιεχόμενο διδασκαλίας σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, σε διαφορετικά πλαίσια και για διαφορετικούς σκοπούς, έτσι ώστε συστηματικά να επεκτείνει το φάσμα εφαρμογών της γνώσης. Οι ιδέες της εγκαθιδρυμένης μάθησης για αυθεντικά πλαίσια και για διαφορετικές κατευθύνσεις στην θεώρηση των προβλημάτων είναι τα πλέον σημαντικά στην διδασκαλία τυχαίας πρόσβασης. Ένα προτιμητέο μέσο για την συνειδητοποίηση αυτών των εννοιών είναι η χρήση της εκπαίδευσης που βασίζεται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο Spiro κ.ά. (1991, παραπομπή από Mandl et al, 1996) χρησιμοποιούν περιβάλλοντα μάθησης βασισμένα σε υπερκείμενα. Αυτά, ως μη γραμμικά μέσα, επιτρέπουν «σταυρωτό πέρασμα από τον χώρο», που σημαίνει μια κίνηση από όλες τις πλευρές του υπό μελέτη θέματος με την επάνοδο στο ίδια εννοιολογική θέση του «χώρου», σε διαφορετικές περιστάσεις και από διαφορετικές κατευθύνσεις.

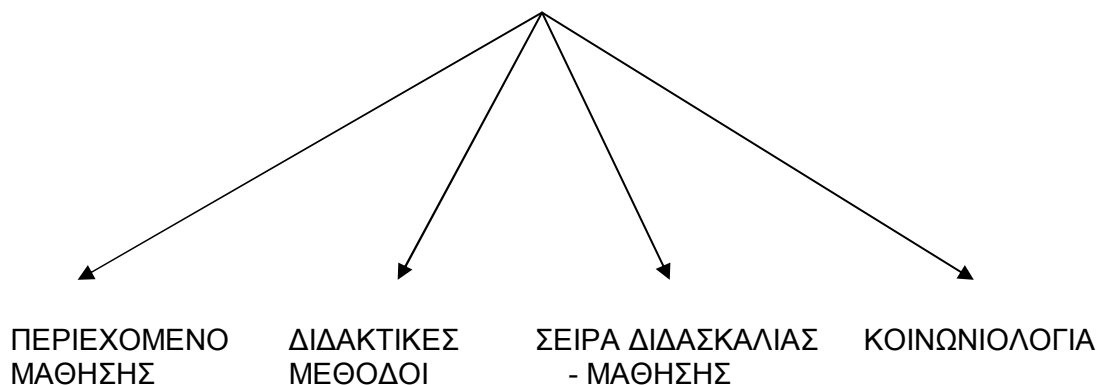
1.1.3 ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΜΑΘΗΤΕΙΑ

Το άρθρο των Brown et al (1989) αποτέλεσε ουσιαστικά τον προάγγελο των αρχών της γνωσιακής μαθητείας. Τις αρχές της γνωσιακής μαθητείας πρωτοπαρουσίασαν αναλυτικά οι Collins, A., Brown, J.S. & Newman, S.E., (1989), για να ακολουθήσουν αργότερα μια σειρά άρθρων από την ίδια ομάδα συγγραφέων πάνω στο θέμα αυτό (Collins, Brown & Holum 1991: Collins, Hawkins & Carver, 1991: Brown & Duguid, 1993: Collins, 1996)

Οι Collins et al, (1989), προσπάθησαν να επεκτείνουν το παράδειγμα της παραδοσιακής μαθητείας, έτσι ώστε αυτό να είναι συμβατό με τις υπάρχουσες σχολικές δομές. Αναφέρουν λοιπόν καταρχήν, ότι πριν από την επινόηση της σχολικής μάθησης, όλα διδάσκονταν με την μέθοδο της μαθητείας και η μάθηση ήταν εγκαθιδρυμένη στο πλαίσιο εργασίας. Αυτός ήταν ο πιο φυσικός τρόπος για να μάθεις. Τα βασικά συστατικά της μεθόδου της μαθητείας είναι η μοντελοποίηση από τον ειδικό, το κωουτσάρισμα του μαθητευόμενου και το ξεθώριασμα των βοηθειών, δηλ. πρώτα ο ειδικός δείχνει στον μαθητευόμενο τι να κάνει, μετά τον παρατηρεί και τον βοηθά καθώς αυτός προσπαθεί να κάνει την εργασία μόνος του και μετά απομακρύνει σταδιακά τις βοήθειες , καθώς αυτός αναλαμβάνει όλο και περισσότερη υπευθυνότητα.

Η γνωσιακή μαθητεία για τους συγγραφείς προσπαθεί να εφαρμόσει αυτήν την προσέγγιση στο σχολικό περιβάλλον για να διδάξει τους τρόπους σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Αλλά αντίθετα με τα είδη των δεξιοτήτων που διδάσκονται στην παραδοσιακή μαθητεία, η σκέψη δεν είναι ορατή. Έτσι, η σκέψη του δάσκαλου πρέπει να γίνει ορατή στους μαθητές και η σκέψη των μαθητών πρέπει να γίνει ορατή στο δάσκαλο. Αυτή είναι και η πιο σημαντική διαφορά της παραδοσιακής από τη γνωσιακή μαθητεία. Δεύτερον, στην παραδοσιακή μαθητεία τα θέματα προκύπτουν όπως ακριβώς εμφανίζονται στον κόσμο. Η μάθηση είναι εντελώς εγκαθιδρυμένη στους τόπους εργασίας. Στο σχολικό περιβάλλον όμως οι δάσκαλοι εργάζονται βάσει ενός Αναλυτικού Προγράμματος (Α. Π.), το οποίο επικεντρώνεται σε ένα τρόπο διδασκαλίας που είναι κατά μεγάλο μέρος πολύ διαφορετικό από αυτό που οι μαθητές και οι περισσότεροι ενήλικες κάνουν στη ζωή τους. Στη γνωσιακή μαθητεία επομένως η πρόκληση είναι να τοποθετηθούν τα αφηρημένα θέματα του Α. Π. σε πλαίσια που να έχουν νόημα για τους μαθητές. Τρίτον, στην παραδοσιακή μαθητεία οι δεξιότητες που πρέπει να μαθευτούν είναι σύμφυτες με το ίδιο το θέμα. Με άλλα λόγια είναι απίθανο οι μαθητευόμενοι να αντιμετωπίσουν καταστάσεις όπου η μεταβίβαση αυτών των δεξιοτήτων να απαιτείται. Στη γνωσιακή μαθητεία η πρόκληση είναι να παρουσιάσει μια πλατιά σειρά θεμάτων που να χαρακτηρίζονται και από συστηματικότητα αλλά και από ποικιλία , και να ενθαρρύνονται οι μαθητές να στοχαστούν και να διατυπώνουν τα στοιχεία εκείνα που είναι κοινά ανάμεσα στα θέματα. Τα χαρακτηριστικά των ιδεατών περιβαλλόντων μάθησης, σύμφωνα με την γνωσιακή μαθητεία είναι όπως παρακάτω:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΕΑΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΣΗΣ

ΓΝΩΣΗ ΤΟΜΕΑ

Περιλαμβάνει την σαφή εννοιολογική γνώση, την γνώση γεγονότων, φαινομένων και διαδικασιών που παραδοσιακά διδάσκονται όλοι οι μαθητές.

ΕΥΡΕΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ

Οι ευρετικές στρατηγικές είναι «τα κόλπα του επαγγέλματος» ή «οι εμπειρικές μέθοδοι» που βοηθούν τους ανθρώπους να περιορίσουν τα βήματα επίλυσης ενός προβλήματος. Οι ειδήμονες συνήθως συγκεντρώνουν ευρετικές στρατηγικές έμμεσα με την διαρκή επίλυση προβλημάτων. Κάποιες τουλάχιστον από τις ευρετικές αυτές στρατηγικές μπορούν να εκφραστούν με σαφήνεια σε μια διδάξιμη μορφή.

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Αυτές ελέγχουν την διαδικασία εκτέλεσης μιας δουλειάς (πως να διαλέξεις ανάμεσα σε διάφορες στρατηγικές, πότε χρειάζεται να αλλάξεις στρατηγική κ.τ.λ.).

Οι στρατηγικές ελέγχου δηλ. απαιτούν στοχασμό στην διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος για να καθοριστεί η πρόοδος των βημάτων.

Σαν συστατικά των στρατηγικών αυτών μπορούν να αναγνωριστούν :

- Ο έλεγχος προόδου Αυτός γίνεται με την χρήση κάποιου στάνταρντ κριτηρίου (π.χ. να μπορείς να αναφέρεις τα κυριότερα σημεία μιας παραγράφου).
- Η διάγνωση Αυτή αναφέρεται στις διαδικασίες με τις οποίες φθάνεις στην ανάλυση της φύσης ή των αιτιών των δυσκολιών (π.χ. να μη μπορείς να καταλάβεις κάτι, επειδή δεν γνωρίζεις κάποια λέξη).

Το επίπεδο της διαγνωστικής ανάλυσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως πόσο κρίσιμη για την όλη κατανόηση είναι η δυσκολία, το επίπεδο της διορθωτικής πράξης κ.τ.λ.

- Η θεραπεία Αναφέρεται στις μαθησιακές δραστηριότητες και διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων που θα οδηγήσουν έξω από την δυσκολία με την εισαγωγή νέας γνώσης ή με διαφορετικό «πιάσιμο» του προβλήματος (π.χ. εφόσον οι μαθητές αναγνωρίσουν ότι η δυσκολία τους είναι με συγκεκριμένη λέξη, μπορούν να ψάξουν για σχετικές λέξεις ή να συνεχίσουν το διάβασμα έχοντας κατά νου να επιστρέψουν στο σημείο δυσκολίας).

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Ουσιαστικά αυτές είναι οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την μάθηση των προηγούμενων ειδών, πως δηλ. ένας ειδήμονας μαθαίνει νέες έννοιες, γεγονότα, διαδικασίες (π.χ. προκειμένου οι μαθητές να ελέγξουν την κατανόηση κάποιου κειμένου θα πρέπει να συζητήσουν με κάποιον άλλο, αν θέλουν να γράφουν καλύτερα θα χρειασθεί να βρουν ανθρώπους να διαβάσουν τα κείμενα τους ή να μάθουν να αναλύουν τα κείμενα άλλων για πιθανές δυνατότητες και αδυναμίες).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Βασικός στόχος των διδακτικών μεθόδων είναι να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν γνωσιακές και μεταγνωσιακές στρατηγικές για την χρήση, διαχείριση και εξερεύνηση της γνώσης.

Η απόκτηση και χρήση αυτών των στρατηγικών εξαρτάται κατά πολύ από τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις τρέχουσες γνώσεις και πεποιθήσεις του ατόμου, το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον όπου η επίλυση του προβλήματος λαμβάνει χώρα καθώς και από τις τοπικές λεπτομέρειες του προβλήματος όπως αυτές ξεδιπλώνονται.

Η προσπάθεια του δάσκαλου θα πρέπει να επικεντρωθεί στο να απευθύνει ρητά και με σαφήνεια αυτές τις στρατηγικές και δεξιότητες που είναι η βάση της πρακτικής του ειδήμονα. Οι στρατηγικές αυτές είναι συνήθως υπονοούμενες αλλά και όταν ακόμη γίνονται εμφανείς, η κατανόηση της χρήσης τους εξαρτάται κυρίως από την κατανόηση του τρόπου που αυτές είναι εμφυτευμένες στο πλαίσιο της

πραγματικής επίλυσης προβλημάτων. Έτσι, οι διδακτικές μέθοδοι πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να παρατηρούν, εμπλέκονται, εφευρίσκουν και ανακαλύπτουν τις στρατηγικές του ειδήμονα στο σχετικό πλαίσιο. Μια τέτοια προσέγγιση θα τους ενεργοποιήσει να δουν πως αυτές οι στρατηγικές συνταιριάζουν με την εννοιολογική γνώση τους και την γνώση γεγονότων και πως αυτές υπαινίσσονται και χρησιμοποιούν μια μεγάλη ποικιλία πηγών του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος.

Οι παρακάτω έξι διδακτικές μέθοδοι διαχωρίζονται ουσιαστικά σε τρεις ομάδες: οι πρώτες τρεις (η μοντελοποίηση, το κωουτσάρισμα και η σκαλωσιά) αποτελούν τον πυρήνα της γνωσιακής μαθητείας, σχεδιασμένης έτσι ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν ένα ολοκληρωμένο σύνολο γνωσιακών και μεταγνωσιακών δεξιοτήτων μέσω των διαδικασιών της παρατήρησης, καθοδηγητικής και υποστηρικτικής πρακτικής. Οι επόμενες δύο (η άρθρωση και ο στοχασμός) είναι μέθοδοι σχεδιασμένες για να βοηθήσουν τους μαθητές και για να εστιάσουν τις παρατηρήσεις τους στην επίλυση προβλημάτων από τον ειδήμονα και για να κερδίσουν πρόσβαση (και έλεγχο) των δικών τους στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων. Η τελευταία μέθοδος (η εξερεύνηση) στοχεύει στο να ενθαρρύνει την αυτονομία του μαθητή, όχι μόνο στην εκτέλεση των διαδικασιών επίλυσης προβλημάτων, αλλά και στον καθορισμό ή στην διατύπωση των προβλημάτων που πρέπει να επιλυθούν.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ (Modeling)

Αυτή αφορά την εκτέλεση της δουλειάς από τον ειδήμονα, έτσι ώστε οι μαθητές να παρατηρούν και να χτίζουν ένα εννοιολογικό μοντέλο των διαδικασιών που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί η εργασία. Στους γνωσιακούς τομείς αυτό απαιτεί την εξωτερίκευση των συνήθως εσωτερικών γνωσιακών διαδικασιών και δραστηριοτήτων (ευρετικές στρατηγικές και στρατηγικές ελέγχου) π.χ. ο δάσκαλος μπορεί να μοντελοποιήσει το διάβασμα ενός κειμένου διαβάζοντας το δυνατά με μια φωνή και συγχρόνως χρησιμοποιώντας μια άλλη χροιά φωνής για να προφορικοποιήσει την σκέψη του για το κείμενο.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΗΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ (Coaching)³

Αυτή συντίθεται από την επιλογή των καταλλήλων δραστηριοτήτων, την παρατήρηση των μαθητών ενώ τις εκτελούν και της χορήγησης, όπου απαιτείται, νύξεων, υπαινιγμών, ανατροφοδοτήσεων, στοιχείων υπενθύμισης, σκαλωσιών και νέων εργασιών που στόχο έχουν να φέρουν πιο κοντά την απόδοση των μαθητών με αυτήν του ειδήμονα. Το κωουτσάρισμα πιθανόν να εξυπηρετεί στο να κατευθύνει την προσοχή των μαθητών σε πλευρές της δουλειάς που δεν έχουν τονισθεί επαρκώς προηγουμένως ή απλώς να θυμίσει κάποιες γνωστές πλευρές που έχουν παραβλεφθεί. Το κωουτσάρισμα εστιάζει στην αναπαράσταση και ολοκλήρωση των δεξιοτήτων στην υπηρεσία ενός στόχου που έχει καλά κατανοηθεί μέσω μιας ιδιαίτερα υψηλού επιπέδου αλληλεπίδρασης και ανατροφοδότησης από το πλαίσιο δουλειάς, καθώς και προτάσεων δηλ. το περιεχόμενο της αλληλεπίδρασης του κωουτσαρίσματος συσχετίζεται κατευθείαν (την ίδια χρονική στιγμή) με τα συγκεκριμένα γεγονότα και προβλήματα που εμφανίζονται καθώς ο μαθητής προσπαθεί να εκτελέσει την εργασία-στόχο, π.χ. στο διάβασμα το κωουτσάρισμα πιθανόν να αποτελείται από το να κατευθύνει ο δάσκαλος τις προσπάθειες των μαθητών να δίνουν περιλήψεις διαφορετικών κειμένων. Τότε λοιπόν ο δάσκαλος στον ρόλο του κώουτς πιθανόν να επιλέγει κείμενα με ενδιαφέρουσες δυσκολίες, πιθανόν να χρειασθεί να υπενθυμίσει στους μαθητές για μια σύνοψη απαιτείται να ολοκληρώσεις το όλο κείμενο σε μια-δύο προτάσεις, πιθανόν να προτείνει πως να

³ Ο ρόλος του “coach” δεν έχει την ακριβή του μετάφραση στο ελληνικό λεξιλόγιο και γι’ αυτό καταχρηστικά και η μετάφραση της λέξης “coaching” που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η λέξη “κωουτσάρισμα”.

αρχίσεις να δομείς μια σύνοψη, πιθανόν να εκτιμήσει την σύνοψη που έκανε κάποιος μαθητής με στόχο την βελτίωση της ή ακόμη να ζητήσει από κάποιον άλλο μαθητή να το κάνει αυτό.

ΒΟΗΘΕΙΕΣ (Scaffolding)⁴

Οι βοήθειες αναφέρονται στις υποστηρίξεις που δίνει ο δάσκαλος στους μαθητές για την επίλυση των προβλημάτων. Αυτές οι βοήθειες μπορεί να είναι απλώς επικουρικές ή ακόμα να παίρνουν και την μορφή προτεινόμενων λύσεων (Palinscar & Brown's Reciprocal Teaching), φυσικών υποστηρίξεων (κάρτες νύξεων Scardamalia et al's (1984)), διαδικασίες διευκόλυνσης κ.τ.λ. Όταν οι βοήθειες προσφέρονται από τον δάσκαλο, απαιτείται από αυτόν να εκτελέσει τα μέρη εκείνα της δουλειάς που ο μαθητής δεν μπορεί να διαχειριστεί. Αυτό συνεπάγεται ένα είδος προσπάθειας συνεργατικής επίλυσης του προβλήματος στην οποία ο επείγων σκοπός είναι να αναλάβει ο μαθητής μόνος του όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κομμάτι και μάλιστα όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Προαπαιτούμενο για τις βοήθειες αυτές είναι η ακριβής, ορθή διάγνωση του τρέχοντος επιπέδου δεξιοτήτων η δυσκολιών του μαθητή και η διαθεσιμότητα ενός ενδιάμεσου βήματος καταλλήλου επιπέδου δυσκολίας για την εκτέλεση της δραστηριότητας-στόχου.

Το ξεθώριασμα (fading) συνίσταται στην βαθμιαία απομάκρυνση των υποστηρίξεων μέχρι οι μαθητές να τα καταφέρνουν από μόνοι τους.

ΑΡΘΡΩΣΗ (Articulation)

Η Άρθρωση περιλαμβάνει οποιαδήποτε μέθοδο που καταφέρνει και πείθει τους μαθητές να αρθρώσουν, εκφράσουν με σαφήνεια την γνώση τους, τον συλλογισμό τους, ή τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν για την επίλυση ενός προβλήματος. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να επιτευχθούν τα παραπάνω. Πρώτον, η ερευνητική διδασκαλία (Collins & Stevens 1982,1983), είναι μια στρατηγική του να ρωτάς τους μαθητές με τέτοιο τρόπο, ώστε να διατυπώσουν και συγχρόνως να εκλεπτύνουν τις «πρωτοθεωρίες» τους σχετικά με τα τέσσερα είδη γνώσης που προαναφέρθηκαν στο περιεχόμενο μάθησης. Έτσι, π.χ. ένας δάσκαλος ερευνητικής διδασκαλίας στο διάβασμα πιθανόν να ζητά συστηματικά από τους μαθητές να διατυπώνουν τους λόγους που αυτοί θεωρούν γιατί μια σύνοψη κάποιου κειμένου είναι καλύτερη από κάποια άλλη, έτσι ώστε αυτοί να φτάσουν να σχηματίσουν ένα σαφές και ρητό μοντέλο μιας καλής σύνοψης. Δεύτερον, οι δάσκαλοι πιθανόν να ενθαρρύνουν τους μαθητές να εκφράζουν τις σκέψεις τους καθώς αυτοί εκτελούν την επίλυση κάποιου προβλήματος (Scardamalia et al (1984)). Τρίτον, πιθανόν να αναθέτουν στους μαθητές τον ρόλο του κριτικού ή αυτού του καθοδηγητή στις συνεργατικές δραστηριότητες και σαν αποτέλεσμα αυτού να τους οδηγήσουν στο να διατυπώσουν και να εκφράσουν την γνώση τους για την επίλυση προβλημάτων και των διαδικασιών ελέγχου.

ΣΤΟΧΑΣΜΟΣ (Reflection)

Ο Στοχασμός ενεργοποιεί τους μαθητές να συγκρίνουν τις δικές τους διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων με αυτές ενός άλλου μαθητή, ενός ειδήμονα και τελικά ενός εσωτερικού γνωσιακού μοντέλου βαθιάς γνώσης και πείρας. Ο στοχασμός μπορεί να αυξηθεί με την χρήση διαφόρων τεχνικών για την αναπαραγωγή ή ξανπαίξιμο των παρουσιάσεων ενός ειδήμονα και του αρχαρίου, π.χ. η ανάλυση της σειράς της παρουσίασης ενός ειδήμονα και των αποτελεσμάτων της μπορεί να εξυπηρετήσει σαν στόχος για στοχαστική σύγκριση με ανάλογες παρουσιάσεις των μαθητών. Εναλλακτικά, διάφορες κατηγορίες καταγραφής (μαγνητόφωνα, βίντεο, Η/Υ), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαραγωγή

⁴ Η ακριβής μετάφραση της λέξης "scaffolding" είναι σκαλωσιά (το υλικό της). Η μετάφραση που έγινε και θα χρησιμοποιείται είναι "βοήθειες", υπονοώντας και την κλιμάκωση των βοηθειών αυτών.

της παρουσίασης αρχαρίου και ειδήμονα. Το επίπεδο των λεπτομερειών, πιθανόν να ποικίλει εξαρτώμενο από το στάδιο μάθησης του μαθητή, αλλά συχνά είναι επιθυμητή κάποια μορφή «αφαιρετικού ξαναπαιξίματος» στην οποία να τονίζονται τα καθοριστικά χαρακτηριστικά της απόδοσης του ειδήμονα και του μαθητή.

ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ (Exploration)

Η εξερεύνηση συνεπάγεται να ωθήσεις τους μαθητές στο να επιλύουν τα προβλήματα μόνοι τους. Το να ωθεί ο δάσκαλος τους μαθητές να εξερευνούν είναι κρίσιμο, εφόσον το επιθυμητό είναι να κατασκευάζουν ερωτήματα ή προβλήματα τα οποία είναι ενδιαφέροντα και να μπορούν να τα επιλύουν. Η εξερεύνηση είναι η φυσική καλλιέργεια του ξεθωριάσματος των υποστηρίξεων. Αυτό συνεπάγεται όχι μόνο όχι μόνο το ξεθώριασμα στην επίλυση προβλημάτων αλλά επίσης και το ξεθώριασμα στο στήσιμο των προβλημάτων. Οι μαθητές όμως δεν γνωρίζουν εκ των προτέρων πως να εξερευνούν ένα τομέα παραγωγικά. Έτσι, οι στρατηγικές εξερεύνησης χρειάζεται να διδαχθούν γενικότερα σαν κομμάτι των στρατηγικών μάθησης.

Η εξερεύνηση ως μέθοδος διδασκαλίας θέτει γενικούς στόχους για τους μαθητές και κατόπιν τους ενθαρρύνει να εστιάσουν σε συγκεκριμένους υποστόχους που τους ενδιαφέρουν ή ακόμη να αναθεωρήσει τους γενικούς στόχους, αν αυτοί συναντήσουν ξαφνικά πάνω στην αναζήτηση τους κάτι πιο ενδιαφέρον να τους έλξει. Για παράδειγμα στο διάβασμα ο δάσκαλος πιθανόν να στείλει τους μαθητές στην βιβλιοθήκη να ανακαλύψουν ποιος πρόεδρος πέθανε στο γραφείο σαν αποτέλεσμα ενός ταξιδιού στην Αλάσκα, ή να εξερευνήσουν τις διάφορες θεωρίες γιατί το χρηματιστήριο κατέρρευσε το 1929. Στο γράψιμο, οι μαθητές πιθανόν να ενθαρρυνθούν να γράψουν μια έκθεση υπερασπιζόμενοι την πλέον εξωφρενική θέση που αυτοί μπορούν να επινοήσουν ή να διατηρήσουν ένα ημερολόγιο με τις καλύτερες ιδέες τους ή με τις πιο τραυματικές εμπειρίες τους. Στα Μαθηματικά πιθανόν να δοθεί στους μαθητές μια βάση δεδομένων από εφήβους με λεπτομέρειες για αυτούς η εργασία των μαθητών πιθανόν να είναι να αναλύσουν αυτήν την βάση για να βρουν και να ελέγξουν υποθέσεις που θα κάνουν για το πως διαφορετικές ομάδες εφήβων περνούν τον χρόνο τους και πως ξοδεύουν τα χρήματα τους. Ο στόχος είναι να βρεθούν γενικά θέματα ενδιαφέροντα για τους μαθητές, που θα τους παρακινήσουν να τα επιλύσουν, αφού βέβαια πρώτα αυτοί αποκτήσουν κάποιες βασικές δεξιότητες εξερεύνησης.

ΣΕΙΡΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ-ΜΑΘΗΣΗΣ

Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στις ανάγκες μάθησης των μαθητών καθώς αυτές αλλάζουν στα διάφορα στάδια της απόκτησης δεξιοτήτων και συνεπώς και στην σειρά διδασκαλίας-μάθησης που θα σχεδιασθεί, στα κατάλληλα υλικά και στις κατάλληλες δραστηριότητες για αυτά τα στάδια. Παρακάτω αναπτύσσονται τρεις βασικές διαστάσεις ή αρχές που αποτελούν οδηγό για την σειρά διδασκαλίας των μαθησιακών δραστηριοτήτων, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των βαθιάς γνώσης δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων.

ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΗ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑ (Increasing complexity)

Αυτή αναφέρεται στην κατασκευή μιας σειράς εργασιών ή περιβαλλόντων εργασίας ή μικρόκοσμων, όπου όλο και περισσότερες δεξιότητες, αναγκαίες για την παρουσίαση ενός ειδήμονα θα απαιτούνται. Βέβαια δεν είναι πιθανόν να δομηθεί μια τέτοια σειρά δεξιοτήτων και εργασιών, έτσι ώστε να υφίσταται μια ομαλά αυξανόμενη μεταβολή στην πολυπλοκότητα. Το πιθανότερο είναι, ότι θα υπάρχουν άλματα στην πολυπλοκότητα, καθώς θα απαιτείται από τους μαθητές όχι απλώς να μαθαίνουν και να ολοκληρώνουν το μη συσχετιζόμενο σύνολο δεξιοτήτων-αναγκαίο για να εκτελέσουν ένα ενδιαφέρον θέμα (ακόμη και ένα σχετικά απλό), αλλά επίσης να διαχειριστούν και να κατευθύνουν αυτές τις δραστηριότητες.

Υπάρχουν δύο μηχανισμοί για να βοηθηθούν οι μαθητές να διαχειριστούν την αυξανόμενη πολυπλοκότητα: Πρώτον, με το να κατευθύνονται οι προσπάθειες στην δόμηση και έλεγχο της πολυπλοκότητας της σειράς. Δεύτερον, ο άλλος βασικός μηχανισμός για να βοηθήσει τους μαθητές να διαχειριστούν την πολυπλοκότητα είναι η σκαλωσιά, η οποία ενεργοποιεί και επιτρέπει στους μαθητές να επεξεργαστούν, από την αρχή ακόμη, με την βοήθεια του δάσκαλου ή κάποιου άλλου βοηθού, το περίπλοκο σύνολο δραστηριοτήτων που απαιτείται για να εκτελεσθεί οποιαδήποτε ενδιαφέρουσα δουλειά.

Κατά τα φαινόμενα, στους περισσότερους τομείς, η πολυπλοκότητα μιας δουλειάς είναι πιθανόν να διαφέρει στην ανάπτυξη της σε διάφορες διαστάσεις, π.χ. για το διάβασμα η αύξηση της πολυπλοκότητας μπορεί να διαφέρει στις διαστάσεις του συντακτικού, λεξιλογίου, επιχειρηματολογίας κ.τ.λ.

ΑΥΞΑΝΟΜΕΝΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑ (Increasing diversity)

Αυτή αναφέρεται στην δόμηση μιας σειράς εργασιών στην οποία μια όλο και πλατύτερη ποικιλία στρατηγικών και δεξιοτήτων θα απαιτείται. Παρ'όλο που είναι σημαντικό να γίνεται πρακτική μιας νέας στρατηγικής ή δεξιότητας επαναληπτικά σε μια σειρά (αυξανόμενης πολυπλοκότητας) εργασιών, καθώς έτσι η δεξιότητα μαθαίνεται καλύτερα, γίνεται φανερό ότι είναι σημαντικό επίσης ότι οι εργασίες αυτές απαιτούν μια ποικιλία στρατηγικών και δεξιοτήτων να εισαχθούν, έτσι ώστε οι μαθητές να μάθουν να διακρίνουν τις καταστάσεις κάτω από τις οποίες αυτές εφαρμόζονται. Επιπλέον, καθώς οι μαθητές μαθαίνουν να εφαρμόζουν τις δεξιότητες σε μεγαλύτερη ποικιλία προβλημάτων και καταστάσεων, οι στρατηγικές τους απελευθερώνονται από τα δεσμά των πλαισίων (ή ίσως ορθότερα, αποκτούν ένα πλουσιότερο δίκτυο συνδέσεων ανάμεσα στα διάφορα πλαίσια) και έτσι γίνονται πιο εύκολα διαθέσιμες για χρήση σε μη οικεία ή νέα προβλήματα. Για το διάβασμα π.χ. η ποικιλία των εργασιών πιθανόν να πραγματοποιείται με την ανάμιξη ανάγνωσης για ευχαρίστηση, για καλλιέργεια της μνήμης (μελέτη), ή ανάγνωση για να ανακαλυφθεί κάποια συγκεκριμένη πληροφορία στο πλαίσιο κάποιας άλλης δουλειάς. Η ποικιλία στο γράψιμο πιθανόν να επιτυγχάνεται με το να θέτονται διαφορετικά ρητορικά προβλήματα, όπως το γράψιμο από κάποια οπτική γωνία για να πείσεις κάποιο κοινό σε αντιπαραβολή με ένα περιγραφικό ή διδακτικό κείμενο, ή με το να εισάγονται συγκεκριμένοι περιορισμοί, όπως το γράψιμο για συγκεκριμένο κοινό, ή κάτω από διαφορετικούς χρονικούς περιορισμούς.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ (Global before local skills)

Στην μαθητεία της Lave για την ραπτική οι μαθητές μαθαίνουν πάντα στην αρχή να συνταιριάζουν ένα ρούχο από ήδη έτοιμα κομμένα κομμάτια υφάσματος, πριν ακόμα μάθουν να σχεδιάζουν ή να κόβουν αυτά τα κομμάτια. Αυτή η σειρά των δραστηριοτήτων δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να χτίσουν ένα εννοιολογικό μοντέλο του πως όλα τα κομμάτια του ρούχου ταιριάζουν, πριν προσπαθήσουν να παράγουν αυτά καθαυτά τα κομμάτια. Για τους γνωσιακούς τομείς αυτό σημαίνει μια τέτοια σειρά μαθημάτων, έτσι ώστε οι μαθητές να έχουν την ευκαιρία να εφαρμόσουν ένα σύνολο δεξιοτήτων στην κατασκευή ενός ενδιαφέροντος προβλήματος, πριν ακόμη τους ζητηθεί να επινοήσουν ή να θυμηθούν αυτές τις δεξιότητες. Αυτό απαιτεί βέβαια κάποια μορφή σκαλωσιάς. Η σκαλωσιά μπορεί βέβαια να εφαρμοστεί σε διαφορετικές όψεις της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος, π.χ. για να διαχειριστεί και να ελέγξει την διαδικασία επίλυσης του προβλήματος, ή σε υποδιαδικασίες που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η όλη δουλειά. Γενικές πριν από τοπικές δεξιότητες σημαίνει ότι στην σειρά των μαθημάτων υπάρχει μια προκατάληψη για υποστήριξη του χαμηλότερου επιπέδου συνθετικών δεξιοτήτων τις οποίες οι μαθητές πρέπει να τοποθετήσουν μετά μαζί για να εκτελέσουν μια σύνθετη δουλειά. Στην άλγεβρα για παράδειγμα, οι μαθητές πρέπει να απελευθερωθούν από την εκτέλεση χαμηλού επιπέδου υπολογισμών, για τους οποίους πιθανόν να μην έχουν τις απαιτούμενες δεξιότητες, και να συγκεντρωθούν στους υψηλού επιπέδου

συλλογισμούς και στρατηγικές που απαιτούνται για να επιλυθεί ένα ενδιαφέρον πρόβλημα.

Το κύριο αποτέλεσμα αυτής της αρχής διαμόρφωσης σειρών διδασκαλίας-μάθησης είναι ότι επιτρέπει στους μαθητές να χτίσουν ένα εννοιολογικό χάρτη, πριν ακόμα ασχοληθούν με όλες τις λεπτομέρειες της περιοχής. Γενικά, με το να βάζεις τους μαθητές να χτίζουν ένα εννοιολογικό μοντέλο των δεξιοτήτων ή διαδικασιών-στόχων (το οποίο επίσης ενθαρρύνεται από την μοντελοποίηση του δάσκαλου), κατορθώνονται δύο πράγματα: Πρώτον, ακόμη και εάν ο μαθητής μπορεί να εκτελέσει μόνο ένα κομμάτι της δουλειάς, έχοντας διαθέσιμο ένα ξεκάθαρο εννοιολογικό μοντέλο της όλης δραστηριότητας τον βοηθά και να νοηματοδοτήσει τα κομμάτια τα οποία εκτελεί και συγχρόνως του δίνει και ένα σαφή στόχο για τον οποίο πρέπει να αγωνιστεί καθώς αυτός ασχολείται και ολοκληρώνει όλο και περισσότερα από αυτά τα κομμάτια της δουλειάς. Δεύτερον, η παρουσία ενός ξεκάθਾਰου εννοιολογικού μοντέλου του στόχου της εργασίας μπορεί να δράσει σαν οδηγός για την παρουσίαση του μαθητή, δηλ. βελτιώνοντας την ικανότητα του να ελέγξει την πρόοδο του και να αναπτύξει τις ακόλουθες δεξιότητες αυτοδιόρθωσης. Ένα τέτοιο μοντέλο λοιπόν βοηθά τους μαθητές να αποφύγουν να αναπτύξουν «παράσιτα» στην απόκτηση των ατομικών συνθετικών δεξιοτήτων. Η κατανόηση του σκοπού των διαφόρων δεξιοτήτων μπορεί να βοηθήσει στην αποσαφήνιση των συνθηκών κάτω από τις οποίες αυτές εφαρμόζονται, τι συνεπάγεται από αυτές τις δεξιότητες, οι σχέσεις τους με άλλες διαδικασίες κ.τ.λ.

ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΑ

Η τελευταία διάσταση σε αυτό το πλαίσιο αφορά την κοινωνιολογία του μαθησιακού περιβάλλοντος, μια κρίσιμη διάσταση που συχνά αγνοείται στις αποφάσεις για το αναλυτικό πρόγραμμα και την παιδαγωγική πρακτική. Στην ανάλυση της για την μαθητεία στην ραπτική η Lave συζητά κάποια καθοριστικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος κοινωνικού πλαισίου και τους τρόπους που αυτά επηρεάζουν την μάθηση. Για παράδειγμα, αυτή σημειώνει ότι οι μαθητευόμενοι δεν μαθαίνουν ραπτική σε κάποιο εξειδικευμένο κατά τμήματα μαθησιακό περιβάλλον, αλλά σε ένα πολυάσχολο μαγαζί ραπτικής. Αυτοί περιβάλλονται από δασκάλους και άλλους μαθητές και όλοι, με διάφορα επίπεδα εμπειρίας και γνώσης, εμπλέκονται στην διαδικασία για τις δεξιότητες-στόχο. Αναμένεται δε από αυτούς, ακόμη και από την αρχή, να εμπλακούν στις δραστηριότητες που συμβάλουν απευθείας για την παραγωγή των πραγματικών ρούχων, προχωρώντας προοδευτικά στην ανεξάρτητη από βοήθειες παραγωγή. Αυτοί συνεχώς βλέπουν τις δεξιότητες που μαθαίνουν να χρησιμοποιούνται με ένα τρόπο που ξεκάθαρα μεταφέρει το πως αυτές έχουν ολοκληρωθεί σε πρότυπα γνώσης του ειδήμονα, και την αποτελεσματικότητα και αξία τους μέσα στην υποκοουλτούρα. Προοδεύοντας δε στην απόκτηση των δεξιοτήτων, οι μαθητευόμενοι όλο και αυξάνουν την συμμετοχή τους στην κοινότητα, γινόμενοι και οι ίδιοι ειδήμονες δικαιωματικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά, η γρήγορη διαθεσιμότητα προς χρήση των μοντέλων του ειδήμονα, η παρουσία σαφών προσδοκιών και μαθησιακών στόχων και η τελική ολοκλήρωση των δεξιοτήτων μετά από πολλές βελτιώσεις, καθώς και η κοινωνική αμοιβή, βοηθούν στην παρακίνηση και στην θεμελίωση της μάθησης.

Επιπλέον, συγκεκριμένες πλευρές της κοινωνικής οργάνωσης της μαθητείας μπορούν να ενθαρρύνουν παραγωγικές πεπαιθήσεις σχετικά με την φύση της μάθησης και της γνώσης του ειδήμονα, που αυτές με την σειρά τους είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την παρακίνηση του μαθητή, για την αυτοπεποίθηση του και κυρίως για τον προσανατολισμό τους στα προβλήματα που συναντούν καθώς αυτοί μαθαίνουν. Για παράδειγμα, η παρουσία και άλλων μαθητών δίνει στους μαθητευόμενους τα απαραίτητα εκείνα στάνταρντς για σύγκριση με την δικιά τους πρόοδο, βοηθώντας τους να αναγνωρίσουν τις δυνατότητες και αδυναμίες τους και έτσι να γνωρίζουν που να εστιάσουν τις προσπάθειες τους για βελτίωση. Η διαθεσιμότητα δε, των πολλαπλών δασκάλων πιθανόν να βοηθά τους μαθητές να

συνειδητοποιήσουν ότι ακόμη και οι ειδήμονες έχουν διαφορετικούς στυλ και τρόπους για να κάνουν πράγματα και διαφορετικές ειδικές ικανότητες. Μια τέτοια πεποίθηση ενθαρρύνει τους μαθητές στο να κατανοήσουν την μάθηση σαν μια χρήση πολλαπλών πηγών στο κοινωνικό πλαίσιο που θα τους προσφέρει σκαλωσιά και ανατροφοδότηση.

Η δόμηση του κοινωνικού πλαισίου που ενθαρρύνει την ανάπτυξη των παραγωγικών αυτών πεποιθήσεων βάζει τα θεμέλια για την ανάπτυξη των συνεργατικών τρόπων μάθησης. Σε σχετική μελέτη για τα σύγχρονα κλαμπ Η/Υ ο Levin (1982) ανακάλυψε ότι οι μη ειδήμονες χρησιμοποιούσαν τις γνώσεις τους για τους υπολογιστές, χωρίς να προβαίνουν σε τακτική πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου γνώσεις, αλλά απλώς συγκεντρώνοντας τα κομμάτια των γνώσεων τους και χρησιμοποιώντας τους φίλους τους σαν πηγή σκαλωσιάς για να εκτελέσουν τα προγράμματα τους. Αυτός ο διαχωρισμός της εμπειρίας της μάθησης από μια «αυθεντία», ενθαρρύνει την ανεξάρτητη και αυτοκατευθυνόμενη μάθηση. Επιπλέον, η συναίσθηση της διανεμημένης φύσης της συνολικής ανθρώπινης γνώσης αποτελεί το θεμέλιο της επιτυχούς συνεργασίας σε όλους τους τομείς. Μερικές φορές και εξ αιτίας αυτής της βασικής πίστης –ότι η γνώση δεν μπορεί να συγκεντρωθεί σε ένα μόνο πρόσωπο- οι επιδέξιοι συνεργάτες είναι συνήθως πιο ανοικτοί και επιζητούν την βοήθεια και συνεισφορά άλλων. Σαν αποτέλεσμα, αυτοί είναι πιο ικανοί να επωφεληθούν περισσότερο από τις αλληλεπιδράσεις αυτές και να δομήσουν καλύτερες και πιο ικανοποιητικές λύσεις σε περίπλοκα προβλήματα.

Παρακάτω αναπτύσσονται πέντε κρίσιμα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την κοινωνιολογία της μάθησης.

ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΜΕΝΗ ΜΑΘΗΣΗ (Situated learning)

Ένα κρίσιμο στοιχείο για την καλλιέργεια της μάθησης είναι οι μαθητές να εκτελούν τις εργασίες και να επιλύουν προβλήματα σε ένα περιβάλλον το οποίο να αντανάκλα τις πολλαπλές χρήσεις στις οποίες οι γνώσεις τους θα τοποθετηθούν στο μέλλον. Η εγκαθιδρυμένη μάθηση εξυπηρετεί αρκετά διαφορετικούς σκοπούς. Πρώτον, οι μαθητές κατανοούν τους σκοπούς και τις χρήσεις της γνώσης που μαθαίνουν. Δεύτερον, μαθαίνουν ενεργά χρησιμοποιώντας την γνώση, αντί να την δέχονται παθητικά. Τρίτον μαθαίνουν τις διαφορετικές καταστάσεις κάτω από τις οποίες η γνώση τους μπορεί να εφαρμοστεί. Οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν πότε να χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη στρατηγική και πότε όχι (οι συνθήκες εφαρμογής της γνώσης τους). Τέταρτον, η μάθηση σε πολλαπλά πλαίσια επιφέρει την αφηρημενοποίηση της γνώσης και έτσι οι μαθητές αποκτούν την γνώση σε διπλή μορφή, και δεμένη με τα πλαίσια των χρήσεων της και ανεξάρτητη από οποιοδήποτε συγκεκριμένο πλαίσιο. Αυτό το μη δέσιμο της γνώσης με ένα συγκεκριμένο πλαίσιο βοηθά μετά την μεταφορά της σε νέα προβλήματα και τομείς.

Η εγκαθιδρυμένη μάθηση ευνοείται σίγουρα με μάθηση μέσα από projects από ότι από μεμονωμένα προβλήματα, καθώς οι μαθητές μπορούν να κατασκευάζουν τα δικά τους προβλήματα, καθοδηγημένα αφενός από γενικότερους στόχους που τίθενται και αφετέρου από ενδιαφέροντα φαινόμενα και δυσκολίες που ανακαλύπτουν κατά την αλληλεπίδραση τους με το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον.

Η ανάγνωση και το γράψιμο πιθανόν θα μπορούσαν να τεθούν στο πλαίσιο ενός ηλεκτρονικού συστήματος μηνυμάτων, όπου οι μαθητές στέλνουν ο ένας στον άλλο ερωτήσεις και συμβουλές. Ο Dewey δημιούργησε ένα μαθησιακό περιβάλλον σε πλαίσιο, με το να έχει τους μαθητές να σχεδιάζουν και να χτίζουν ένα κλαμπ Η/Υ, μια δουλειά που δίνει έμφαση στις αριθμητικές δεξιότητες και αυτές του σχεδιασμού.

Η ΚΟΥΛΤΟΥΡΑ ΤΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΗΜΟΝΑ (Culture of expert practice)

Αυτή αναφέρεται στην δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος, στο οποίο οι συμμετέχοντες ενεργά θα επικοινωνούν και θα εμπλέκονται στις ασκήσεις που οδηγούν στις γνώσεις ενός ειδήμονα, όπου οι γνώσεις του ειδήμονα γίνονται κατανοητές ως η πρακτική του να επιλύει προβλήματα και να εκτελεί τις δουλειές

ενός τομέα. Η κουλτούρα της πρακτικής του ειδήμονα βοηθά στην τοποθέτηση σε κάποιο πλαίσιο και την υποστήριξη της μάθησης με πολλούς τρόπους. Πρώτον, μια κουλτούρα, που εστιάζει στην πρακτική του ειδήμονα, προμηθεύει τους μαθητές με γρήγορα διαθέσιμα μοντέλα βαθιάς εμπειρίας και γνώσης προς χρήση. Η διαθεσιμότητα τέτοιων μοντέλων βοηθά τους μαθητές να κτίσουν ένα εννοιολογικό μοντέλο της δουλειάς που προσπαθούν να εκτελέσουν. Παρ' όλα αυτά, ένα περιβάλλον στο οποίο οι ειδήμονες απλώς επιλύουν προβλήματα και εκτελούν τις δουλειές και οι μαθητές απλώς παρατηρούν, κρίνεται ανεπαρκές για να προμηθεύσει αποτελεσματικά μοντέλα για μάθηση, και μάλιστα στους γνωσιακούς τομείς όπου οι διαδικασίες και τα συμπεράσματα είναι υπονοούμενα και κρυφά. Έτσι, αν η μοντελοποίηση του ειδήμονα πρόκειται να είναι αποτελεσματική στο να βοηθήσει τους μαθητές να εσωτερικεύσουν χρήσιμα εννοιολογικά μοντέλα, οι ειδήμονες πρέπει να είναι ικανοί να αναγνωρίσουν και να παρουσιάσουν στους μαθητές τις γνωσιακές διαδικασίες που αυτοί εμπλέκονται κατά την επίλυση προβλημάτων. Το να σύρεις τον μαθητή στην πρακτική του ειδήμονα στους γνωσιακούς τομείς συνεπάγεται να τους διδάξεις πως να «σκέφτονται σαν ειδήμονες». Ακόμη και χωρίς διόλου θεωρητική κατανόηση και έκφραση των διαδικασιών του ειδήμονα τέτοιες διαδικασίες όπως η ομαδική επίλυση προβλημάτων είναι βοηθητικές στην εξωτερίκευση των σχετικών διαδικασιών και του συλλογισμού, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να τις παρατηρούν και αναπαριστούν. Έτσι λοιπόν, η δημιουργία μιας κουλτούρας της πρακτικής του ειδήμονα θα έπρεπε να κατανοηθεί έτσι, ώστε να συμπεριλάβει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους μαθητές και τους ειδήμονες για τον σκοπό της επίλυσης προβλημάτων και της εκτέλεσης των εργασιών.

Δραστηριότητες που σκοπό έχουν να παράγουν την κουλτούρα της πρακτικής του ειδήμονα για το διάβασμα, πιθανόν να εμπλέκουν τους μαθητές και τον δάσκαλο σε διάβασμα και συζήτηση για το πως ερμηνεύουν και χρησιμοποιούν αυτά που διαβάζουν για μια ποικιλία σκοπών, συμπεριλαμβανομένων των αναγκών μάθησης, όπως αυτές εμφανίζονται σε άλλες τάξεις ή τομείς.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΠΑΡΑΚΙΝΗΣΗ (Intrinsic motivation)

Σχετική με το θέμα της εγκαθιδρυμένης μάθησης και της δημιουργίας της κουλτούρας της πρακτικής του ειδήμονα είναι η ανάγκη να προωθηθεί η εσωτερική παρακίνηση για μάθηση. Είναι ιδιαίτερα μεγάλη η σημασία να δημιουργούνται μαθησιακά περιβάλλοντα στα οποία οι μαθητές θα εκτελούν τις δουλειές, όχι για κάποιο εξωτερικό λόγο, όπως το να πάρουν καλό βαθμό ή να ευχαριστήσουν τον δάσκαλο, αλλά επειδή είναι εσωτερικά συσχετισμένες με κάποιο ενδιαφέρον ή τουλάχιστον με κάποιον λόγο με συνοχή. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι όταν κάποια εξωτερική αμοιβή δίνεται για να εκτελεστεί κάποια δουλειά, όπως το διάβασμα, οι μαθητές είναι λιγότερο πιθανόν να το κάνουν από μόνοι τους. Γενικά, οι μέθοδοι της μοντελοποίησης, κωουτσαρίσματος και ξεθωριάσματος, καθώς και αυτές προωθούν την απόκτηση ολοκληρωμένων δεξιοτήτων στην υπηρεσία μιας συνολικής δραστηριότητας, είναι υποστηρικτικές της εσωτερικής παρακίνησης. Εξ ίσου σημαντικό είναι το ότι οι μαθητές προσπαθούν να εκτελέσουν ρεαλιστικές εργασίες στο πνεύμα και τους σκοπούς που χαρακτηρίζουν την πρακτική του ειδήμονα. Στο διάβασμα για παράδειγμα, η εσωτερική παρακίνηση πιθανόν να κατορθώνεται με το επικοινωνούν οι μαθητές με ένα άλλο κομμάτι του κόσμου με email ή παίζοντας ένα παιχνίδι που απαιτεί πολύ διάβασμα.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΟΙΝΗΣ ΔΡΑΣΗΣ (Exploiting cooperation)

Αυτή αναφέρεται στο να εργάζονται οι μαθητές μαζί με ένα τρόπο που καλλιεργεί την ομαδική επίλυση προβλημάτων. Μάθηση μέσω συνεργατικής επίλυσης προβλημάτων είναι ένα ισχυρό κίνητρο και μηχανισμός για να διευρυνθούν οι μαθησιακές πηγές. Η συνεργατική μάθηση και επίλυση προβλημάτων προμηθεύει τους μαθητές με μια επιπρόσθετη πηγή βοήθειας στην μορφή της γνώσης και των διαδικασιών που είναι μοιρασμένα σε όλη την ομάδα. Μια κρίσιμη πλευρά της

κατανεμημένης γνώσης αφορά τους πολλαπλούς ρόλους που ένας επιλυτής προβλημάτων πρέπει να παίζει για να εκτελέσει μια περίπλοκη δουλειά και που ένας μόνο μαθητής πιθανόν να είχε δυσκολίες στην ολοκλήρωση της. Με το να αλλάζουν ρόλους στο γράψιμο και στο διάβασμα του γραπτού του άλλου, οι μαθητές μπορούν να ασκηθούν και στους δύο ρόλους. Επιπλέον, καθώς οι μαθητές μαθαίνουν περίπλοκες διαδικασίες θα πιάνουν διαφορετικές όψεις του προβλήματος και των μεθόδων που απαιτούνται για να επιλυθεί. Η συνεργατική επίλυση προβλημάτων τους δίνει την δυνατότητα να μοιραστούν τις γνώσεις και δεξιότητες τους, δίνοντας στους μαθητές επιπλέον ευκαιρίες να πιάσουν τις σχετικές εννοιολογικές όψεις της όλης διαδικασίας. Επιπρόσθετα, οι μαθητές έχουν συχνά την δυνατότητα να βοηθούν ο ένας τον άλλο να συλλάβει το νόημα του προβλήματος ή να διακρίνει τα χαρακτηριστικά κάποιων νέων εννοιών ή δεξιοτήτων. Οι μαθητές πιθανότατα αποκτούν έτσι, ένα καλύτερο εσωτερικό μοντέλο των δυσκολιών των άλλων μαθητών και πως να τις απευθύνουν, επειδή είχαν και οι ίδιοι την ίδια ή παρόμοια δυσκολία. Τέλος, η συνεργατική μάθηση βοηθά στην καλλιέργεια της διατύπωσης των διαδικασιών και εννοιών σε πλαίσια, καθώς βοηθά τους μαθητές να κερδίσουν συνειδητή πρόσβαση και έλεγχο στις γνωσιακές και μεταγνωσιακές διαδικασίες και τους τρόπους που αυτές χρησιμοποιούν την γνώση εννοιών και γεγονότων.

Στο διάβασμα π.χ. δραστηριότητες πιθανόν να θέτουν ανά ζεύγη τους μαθητές, όπου ο ένας μαθητής θα διατυπώνει την διαδικασία σκέψης του καθώς διαβάσει και ο άλλος μαθητής θα τον ρωτά γιατί έβγαλε διαφορετικά συμπεράσματα.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΝΑΓΩΝΙΣΜΟΥ (Exploiting competition)

Αυτή αναφέρεται στην στρατηγική του να δίνεις στους μαθητές την ίδια δουλειά να εκτελέσουν και μετά να γίνεται σύγκριση σε ότι παράγει ο καθένας. Μέσω της σύγκρισης αυτής, οι μαθητές με την αποκάλυψη των δυνατοτήτων και αδυναμιών τους γνωρίζουν που πρέπει να εστιάσουν την προσοχή και τις προσπάθειες τους. Παρόλα αυτά, για να είναι ο ανταγωνισμός αποτελεσματικός, η σύγκριση δεν πρέπει να γίνεται ανάμεσα στα προϊόντα της επίλυσης προβλημάτων από τους μαθητές, αλλά ανάμεσα στις διαδικασίες που αυτοί χρησιμοποιούν, και αυτό σπανίως είναι που γίνεται. Επιπλέον, παρόλο που ο ανταγωνισμός είναι ένα ισχυρό κίνητρο και τρόπος οργάνωσης της μάθησης για κάποιους μαθητές, παρουσιάζει μια σειρά από ακανθώδη ζητήματα για τους δασκάλους. Για παράδειγμα, υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις ότι πολλοί μαθητές νοιώθουν να εμποδίζεται η προσπάθεια τους, παρά να παρακινείται, σε ανταγωνιστικές καταστάσεις. Ο ανταγωνισμός εγείρει δύσκολα συναισθηματικά ζητήματα για κάποιους μαθητές με την εισαγωγή κάποιων παραγόντων που δημιουργούν σύγχυση στις αλληλεπιδράσεις της τάξης. Κάποιοι δε άνθρωποι πιστεύουν ότι ο ανταγωνισμός ενθαρρύνει συμπεριφορές και στάσεις που είναι κοινωνικά ανεπιθύμητες, ακόμη και ανήθικες.

Τουλάχιστον, κάποια από τα άσχημα αποτελέσματα του ανταγωνισμού έχουν να κάνουν με τις στάσεις και πεποιθήσεις που επικρατούν για τα λάθη. Εάν οι μαθητές πιστεύουν, ότι το να κάνουν λάθη, να επιλέγουν λανθασμένες διαδικασίες, τους κάνει ηλιθίους, τότε οι ανταγωνιστικές καταστάσεις είναι σίγουρα έντονα αποθαρρυντικές για τους πιο αδύνατους μαθητές. Ένας άλλος παράγοντας, που κάνει τον ανταγωνισμό να φαίνεται προβληματικός, είναι ότι κάτω από ορισμένες μορφές διδασκαλίας οι μαθητές δεν έχουν τα μέσα για την κατανόηση των ευρετικών στρατηγικών, των στρατηγικών ελέγχου και γενικά των διαδικασιών που βρίσκονται κάτω από την επίλυση προβλημάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, το κίνητρο για βελτίωση, που πιθανόν να γεννάται από τον ανταγωνισμό, μπλοκάρεται αφήνοντας τους μαθητές απογοητευμένους και αποθαρρυσμένους.

Πιθανότατα, κάποια τουλάχιστον από τα προηγούμενα ανεπιθύμητα αποτελέσματα θα μπορούσαν να μειωθούν με την ανάμιξη συνεργασίας και ανταγωνισμού. Για παράδειγμα, τα άτομα μπορεί να εργάζονται μαζί σε ομάδες και να ανταγωνίζονται άλλες ομάδες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι μαθητές επωφελούνται από τις αλληλοβοήθειες και δυναμώνουν την παρουσίαση τους.

1.1.4 ΚΡΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΘΙΔΡΥΜΕΝΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΜΑΘΗΤΕΙΑ

Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης αλλά και η γνωσιακή μαθητεία έχουν υποστεί ισχυρή κριτική κυρίως από τη μεριά της Γνωσιακής Ψυχολογίας, της οποίας κυρίαρχο παράδειγμα μέχρι τελευταία ήταν η θεωρία της τεχνητής νοημοσύνης (artificial intelligence) ή όπως αλλιώς ονομάζεται θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών (information processing). Μια βασική υπόθεση της θεωρίας αυτής είναι, ότι ο νους είναι ένα σύστημα που κατασκευάζει και χειρίζεται σύμβολα σε ποικίλες γνωσιακές διεργασίες. Η υπόθεση αυτή, όμως, αμφισβητείται από τη θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης.

Σύμφωνα με τη Βοσνιάδου (1993γ), οι διαφορές μεταξύ της Γνωσιακής Ψυχολογίας και της εγκαθιδρυμένης μάθησης αφορούν ως επί το πλείστον στο ρόλο των νοητικών αναπαραστάσεων και συμβόλων. Σύμφωνα μ' αυτήν την άποψη, τα σύμβολα και οι αναπαραστάσεις αποτελούν μια σημαντική πλευρά των καταστάσεων στις οποίες παίρνουν μέρος οι άνθρωποι, αλλά συνιστούν μόνο ένα μέρος των φαινομένων που πρέπει να εξηγήσει μια θεωρία γνωσιακής δραστηριότητας, κι όχι τα κεντρικά φαινόμενα (Greeno, 1993, παραπομπή από Βοσνιάδου, 1993γ).

Οι διαφορές ουσιαστικά δηλ. εστιάζονται στον τρόπο που η αφηρημένη μαθαίνεται και στις δυνατότητες μεταβίβασης της ανάμεσα σε διαφορετικά πλαίσια.

Στην κριτική τους οι Anderson et al., (1997) υποστηρίζουν ότι η εγκαθιδρυμένη μάθηση εστιάζει σε μερικά καλά τεκμηριωμένα φαινόμενα της γνωσιακής ψυχολογίας και αγνοεί πολλά άλλα: Ενώ η γνωσιακή διαδικασία είναι μερικώς εξαρτημένη από το πλαίσιο, είναι και μερικώς ανεξάρτητη. Ενώ η διδασκαλία σε πλαίσια βοηθάει, και η διδασκαλία αφηρημένων εννοιών επίσης βοηθάει. Ενώ κάποιες επιδόσεις μαθητών ωφελούνται από την εκπαίδευση σε ένα κοινωνικό πλαίσιο, άλλες όχι.

Παρόμοια ο Bereiter (1997, παραπομπή από Wolfson & Willinsky, 1998) αναφέρει, ότι όταν η αναγκαία πληροφορία μπορεί να ενταχθεί σε συγκεκριμένες κατηγορίες (να τοποθετηθεί σε κάποιο πλαίσιο) και να γίνει κατανοητή με όρους κανόνων, τότε η εγκαθιδρυμένη μάθηση επιτυγχάνει, αλλά σε σχέση με πιο δημιουργικά, αφηρημένα πρότυπα αναγνώρισης, δεν επιτρέπει τη συνδυαστική ανάκτηση των προτύπων που καταλήγουν στο αγκάλιασμα των αναλογιών και μεταφορών.

Οι Brown και Duguid (1992) απαντούν ότι η εξήγηση και η αφηρημενοποίηση είναι από μόνες τους «τοποθετημένες» κοινωνικές πρακτικές. Έχουν αναπτυχθεί στη διαδικασία της διαρκώς εξελισσόμενης δραστηριότητας ως η μία να είναι είδος της άλλης. Τοποθετώντας το πιο γενικά θεωρούν ότι οι αφηρημένες έννοιες γίνονται προβληματικές όταν οι ιστορικές και κοινωνικές τους τοποθεσίες που εφαρμόζονται αγνοούνται.

Ανάλογης μορφής είναι και οι απαντήσεις που δίνει ο Clancey (1992). Αυτός θεωρεί, ότι οι Brown κ.ά. (1988) επιχειρηματολογούν ακολουθώντας την Lave, ότι μια εγκαθιδρυμένη θεωρία της γνώσης προκαλεί την πλατιά εδραιωμένη πεποίθηση, ότι η αφηρημενοποίηση της γνώσης από τα πλαίσια εφαρμογής της είναι το κλειδί της δυνατότητας μεταβίβασης της γνώσης. Λέγοντας αυτό, δεν επιχειρηματολογούν βέβαια υπέρ του ότι η αφηρημενοποίηση της γνώσης από πολλαπλά πλαίσια πρέπει να αποφεύγεται, αφού η θεωρία της γνωσιακής μαθητείας ασχολείται έντονα με την ανάπτυξη εννοιολογικών μοντέλων μέσω ανατροφοδότησης και στοχασμού (Collins et al., 1986, p.4). Δεν επιχειρηματολογούν επίσης, υπέρ του ότι η μάθηση δεν είναι γενικεύσιμη, αφού δίνουν έμφαση στην σημασία των μεταγνωσιακών δεξιοτήτων, το οποίο σημαίνει πρότυπα συλλογισμού που υπερβαίνουν συγκεκριμένες καταστάσεις προβλημάτων. Εκείνο που αυτοί επιθυμούν να του δώσουν έμφαση είναι πως οι αφηρημένες έννοιες πρέπει να διδάσκονται.

Ο Clancey ξαναθυμίζει τη βασική ιδέα της γνωσιακής μαθητείας: «... η εννοιολογική γνώση, η γνώση γεγονότων και φαινομένων γίνονται παράδειγμα και εγκαθιδρύονται

στα πλαίσια της χρήσης τους» (Collins et al., 1986) και υποστηρίζει ότι η εγκαθιδρυμένη μάθηση εστιάζει σε μια νέα θεωρία της γνώσης. Η θεωρία ασχολείται με το πώς η μάθηση συμβαίνει κάθε μέρα. Δεν είναι μια σύσταση ότι πρέπει να είναι «τοποθετημένη» ή «σχετική». Η διαδικασία της γνώσης (knowing) δεν είναι η κατοχή απεικονίσεων (γεγονότων, κανόνων, αλγορίθμων κ.τ.λ.) Η δυνατότητα μεταβίβασης ανάμεσα σε διαφορετικές καταστάσεις είναι πιθανή, όχι εξαιτίας του ότι ο μαθητής έχει απομνημονεύσει αφηρημένες έννοιες, αλλά επειδή αυτές έχουν γίνει τρόποι να αντιμετωπίζονται και να συντονίζονται με την δραστηριότητα.

Ο Clancey προκειμένου να αντιληφθούμε την λογική του Brown και των υπολοίπων, προτείνει κατά την ανάγνωση των κειμένων τους να αντικαθίσταται η λέξη «knowledge» (γνώση) με την λέξη «knowing» (γιγνώσκειν). Δηλ. αυτός θέλει να αναδείξει, ότι ουσιαστικά ο Brown κ.ά. μας προτρέπουν να εστιάσουμε στην διαδικασία για να αποκτήσουμε την γνώση σαν αντίθετο του να εστιάζουμε στην γνώση σαν απεικονίσεις, που είναι αποθηκευμένες και μηχανικά εφαρμόζονται.

Τα τελευταία χρόνια διεξάγεται μια πιο γόνιμη και δημιουργική συζήτηση ανάμεσα στα δύο φαινομενικά τουλάχιστον αντίθετα αυτά ρεύματα σκέψης.

Έτσι η Βοσνιάδου (1993γ) τονίζει, ότι η θεωρία της εγκαθίδρυσης έστρεψε την προσοχή των γνωσιακών ψυχολόγων στο γεγονός ότι η γνωσιακή λειτουργία λαμβάνει χώρα όχι μόνο μέσα στον εγκέφαλο αλλά και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων στο κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον. Η Βοσνιάδου παραδέχεται ότι, από αντίδραση στο μπιχεβιορισμό, η Γνωσιακή Ψυχολογία έδωσε υπερβολική σημασία στις εσωτερικές νοητικές λειτουργίες αγνοώντας ότι ήταν έξω από τον εγκέφαλο. Προτείνει λοιπόν την επαναφορά του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος στη μελέτη της γνωσιακής λειτουργίας, χωρίς όμως να λησμονούνται τα επιτεύγματα της Γνωσιακής Ψυχολογίας.

Σ' ένα συμφιλωτικό άρθρο η Resnick (1994) προσπαθεί να συνδυάσει την θεωρία της εγκαθίδρυσης με την η άποψη περί εξειδίκευσης ανά τομείς (domain specificity). Προτείνει ένα συνδυασμό και των δύο απόψεων, σύμφωνα με τον οποίο η μάθηση είναι προϊόν και βιολογικής ετοιμότητας (που είναι κυρίαρχη κατά τη διάρκεια των πρώτων μηνών και χρόνων της ζωής)⁵ και κοινωνικο-πολιτισμικών επιδράσεων, που αποκτούν μεγαλύτερη σημασία αργότερα στη ζωή. Η Resnick χρησιμοποιώντας τον όρο «εννοιολογικός ορθολογισμός» από την άποψη περί εξειδίκευσης ανά τομείς και τον όρο «εγκαθιδρυμένη γνώση» από την θεωρία της εγκαθίδρυσης επινοεί τον όρο «εγκαθιδρυμένος ορθολογισμός». Στόχος της είναι να καταδείξει ότι οι ορθολογιστικές και οι εγκαθιδρυμένες απόψεις μοιράζονται σημαντικές επιστημολογικές υποθέσεις και αντί λοιπόν να θεωρούνται αντιθετικές, μπορούν να συνδυαστούν για την δημιουργία μιας νέας γνωσιακής θεωρίας.

Σε ένα ανάλογο πνεύματος άρθρο συναντώνται οι Anderson, Greeno et al. (2000), στο οποίο αναγνωρίζονται αρκετά σημεία συμφωνίας ανάμεσα στην εγκαθιδρυμένη μάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη: (α) Ατομικές και κοινωνικές οπτικές είναι και οι δύο σημαντικές για την εκπαίδευση, (β) Η μάθηση μπορεί να είναι γενική, και οι αφηρημένες έννοιες αποτελεσματικές, αλλά μερικές φορές όχι, (γ) Εγκαθιδρυμένες και γνωσιακές προσεγγίσεις μπορούν να ρίξουν φως σε διαφορετικές όψεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας και (δ) Εκπαιδευτικές καινοτομίες πρέπει να πληροφορούνται από τη διαθέσιμη βάση επιστημονικής γνώσης.

⁵ Η άποψη περί εξειδίκευσης ανά τομείς είναι ένα κίνημα αμφισβήτησης της ύπαρξης ενιαίου γνωσιακού συστήματος. Ο Chomsky (1988, παραπομπή από Βοσνιάδου, 1998α) υποστήριξε ότι ο νους είναι βιολογικά προετοιμασμένος, ώστε να αποκτά ορισμένους τύπους γνώσεων σε ορισμένους τομείς. Σύμφωνα με αυτήν την εξήγηση ο νους αποτελείται από ξεχωριστά συστήματα (γλωσσικό, αριθμητικό κ.τ.λ.) ανάλογα με τα όργανα του σώματος, όπως το συκώτι και την καρδιά και τα οποία συστήματα διέπονται από τις δικές τους αρχές λειτουργίας και ανάπτυξης (Βοσνιάδου, 1998α, 1998β).

1.1.5 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΑΜΟΙΒΑΙΑΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Η εμπλοκή στη μαθησιακή διαδικασία μαθητών με διαφορετικά υπόβαθρα, δεξιότητες, ενδιαφέροντα και κίνητρα είναι κάτι δύσκολο. Το να τους βοηθήσεις ώστε να μπορούν να μαθαίνουν από μόνοι τους και να σκέφτονται ανεξάρτητα είναι μια αληθινή πρόκληση για το δάσκαλο. Η αμοιβαία διδασκαλία (reciprocal teaching) προσφέρει την απάντηση. Η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας αναπτύχθηκε ως μια διαδικασία διδασκαλίας ανάγνωσης από τις A. Brown και A. Palinscar (1982, παραπομπή από Brown & Palinscar, 1989).

Η αμοιβαία διδασκαλία λαμβάνει χώρα σε μια ομάδα από μαθητές που συνεργάζονται και τη χαρακτηρίζει η καθοδηγούμενη πρακτική στην εφαρμογή απλών συγκεκριμένων στρατηγικών για την κατανόηση του θέματος του κειμένου. Όπως αναφέρουν οι Brown και Palinscar (1989), η βασική διαδικασία είναι απλή. Οι συζητήσεις ακολουθούν μια ελεύθερη σειρά, αλλά τέσσερις στρατηγικές εφαρμόζονται συνέχεια: η *διατύπωση ερωτήσεων (questioning)*, η *αποσαφήνιση (clarifying)*, η *κατασκευή σύνοψης (summarizing)* και η *πρόβλεψη (predicting)*. Η τεχνική ονομάζεται αμοιβαία διδασκαλία επειδή οι μαθητές εναλλάσσονται στο ρόλο του δασκάλου και μαθητή.

Αναλυτικότερα, η διαδικασία είναι όπως παρακάτω: Ο δάσκαλος και οι μαθητές διαβάζουν μια παράγραφο σιωπηλά. Ο καθοδηγητής του διαλόγου αρχίζει τη συζήτηση ρωτώντας μια ερώτηση πάνω στο κυρίως περιεχόμενο και καταλήγει συνοψίζοντας τα βασικά σημεία του κειμένου. Εάν υπάρχει ασυμφωνία, η ομάδα ξαναδιαβάζει και συζητά εν δυνάμει υποψήφια για ερωτήσεις και σύνοψη προτάσεις, μέχρι να φτάσει σε μια συμφωνία. Η δημιουργία σύνοψης προσφέρει ένα μέσο με το οποίο η ομάδα μπορεί να ελέγξει την πρόοδο της, να σημειώσει σημεία συμφωνίας και ασυμφωνίας. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να γίνεται η σύνοψη στο τέλος της συζήτησης, καθώς αυτό βοηθάει τους μαθητές να είναι έτοιμοι να χειριστούν ένα νέο κομμάτι του κειμένου. Οι προσπάθειες να αποσαφηνιστούν τα όποια προβλήματα κατανόησης, τα οποία ανακύπτουν, είναι επίσης ένα αναπόσπαστο μέρος των συζητήσεων. Και τελικά, ζητά τις προβλέψεις για το μελλοντικό περιεχόμενο του κειμένου. Καθ' όλη τη διάρκεια ο δάσκαλος δίνει βοήθειες και ανατροφοδοτεί τις συζητήσεις, σύμφωνα με τις ανάγκες του καθοδηγητή της συζήτησης και των μαθητών. Αρχικά, ο δάσκαλος βέβαια πρέπει να μοντελοποιήσει τη διαδικασία και σταδιακά αυτή να αναληφθεί από τους μαθητές.

Να σημειωθεί πάντως, ότι οι Brown και Palinscar (1989) τονίζουν ότι οι στρατηγικές της αμοιβαίας διδασκαλίας πρέπει να εφαρμόζονται σε κάποιο κατάλληλο πλαίσιο, κατά τη διάρκεια της μελέτης. Δηλ. δεν πρέπει οι στρατηγικές αυτές να διδάσκονται σαν απομονωμένες ασκήσεις δεξιοτήτων στους μαθητές και μετά αυτοί να τις εφαρμόζουν, όπου νομίζουν ότι ταιριάζουν.

Οι Collins et al (1989, p.460) εκτιμούν ότι η αμοιβαία διδασκαλία εφαρμόζει στην πράξη πολλά από τα χαρακτηριστικά της γνωσιακής μαθητείας. Θεωρούν δε, ότι η επιτυχία της μεθόδου αυτής οφείλεται σε μια σειρά λόγων.

- Πρώτον, η μέθοδος αυτή εμπλέκει τους μαθητές σε ένα σύνολο δραστηριοτήτων, που τους βοηθά να σχηματίσουν ένα εννοιολογικό μοντέλο του θέματος που μελετούν.
- Δεύτερον, αυτές οι δραστηριότητες ενεργοποιούν τους μαθητές στη χρήση στρατηγικών ανάγνωσης και μεταγνωσιακών δεξιοτήτων, αναγκαίων σε ένα έμπειρο αναγνώστη. Συγκεκριμένα:

Η διατύπωση ερωτήσεων είναι μια στρατηγική δραστηριότητα για την κατανόηση δύσκολων κειμένων, καθώς αυτή αποτελεί τη βάση για να ελεγχθεί κατά πόσο το κείμενο κατανοείται (αυτοέλεγχος). Η διατύπωση ερωτήσεων που απεικονίζουν τις κύριες ιδέες του κειμένου, μερικές φορές οδηγεί και σε ερωτήσεις που το κείμενο εγείρει, αλλά δεν απαντά.

Η κατασκευή σύνοψης, όπως και η διατύπωση ερωτήσεων, αποτελεί ένα γενικό τεστ κατανόησης και έτσι διαμορφώνει τη βάση για τον έλεγχο της κατανόησης. Είναι η προκαταρκτική φάση της αυτοδιάγνωσης. Οι μαθητές μαθαίνουν, αν δεν μπορούν να κατασκευάσουν μια καλή σύνοψη ότι δεν έχουν κατανοήσει το κείμενο και θα πρέπει ο καθένας να ξαναδιαβάσει το κείμενο ή να προσπαθήσουν να εντοπίσουν τις δυσκολίες τους.

Η αποσαφήνιση είναι μια βασική δραστηριότητα για τον έλεγχο της κατανόησης, αφού συνεπάγεται λεπτομερή αυτοδιάγνωση, κατά την οποία οι μαθητές προσπαθούν να απομονώσουν και να διατυπώσουν συγκεκριμένες δυσκολίες τους στην κατανόηση του κειμένου. Παρόλο που η κατασκευή σύνοψης αποτελεί ένα γενικό τεστ κατανόησης, συνήθως εφαρμοσμένο σε επίπεδο παραγράφου, η αποσαφήνιση προσπαθεί να φωτίσει τα σκοτεινά σημεία εστιάζοντας σε επίπεδο νοήματος λέξεων ή φράσεων.

Η πρόβλεψη συνεπάγεται τη δημιουργία υποθέσεων για το τι ο συγγραφέας ή το κείμενο είναι πιθανόν να λέει μετά. Για να το πετύχουν οι μαθητές αυτό, θα πρέπει να ενεργοποιήσουν την προηγούμενη γνώση που ήδη κατέχουν σε σχέση με το θέμα. Οι μαθητές έχουν ένα σκοπό κατά την ανάγνωση: να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν τις υποθέσεις τους. Επί πλέον, στους μαθητές προσφέρεται η ευκαιρία να συνδέσουν τη νέα γνώση που αργότερα θα συναντήσουν με αυτήν που ήδη κατέχουν. Η στρατηγική της πρόβλεψης επίσης βοηθά στη χρήση της δομής του κειμένου, καθώς οι μαθητές βλέπουν ότι οι επικεφαλίδες, υποκεφαλίδες και οι ερωτήσεις που βρίσκονται στο κείμενο, είναι ένας καλός τρόπος στο να βοηθήσει στην ανάπτυξη της προσδοκίας του τι θα συμβεί μετά.

- Ο τρίτος κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία της αμοιβαίας διδασκαλίας είναι ότι ο δάσκαλος μοντελοποιεί στρατηγικές ειδημόνων σε ένα πλαίσιο προβλήματος, που το μοιράζεται απευθείας και άμεσα με τους μαθητές. Η οργάνωση της αλληλεπίδρασης αυτής του δασκάλου-μαθητή ενθαρρύνει τους μαθητές πρώτα να εστιάζουν στις παρατηρήσεις τους και μετά να στοχαστούν πάνω στη δικιά τους επίδοση σε σχέση με αυτό που έκανε ο δάσκαλος κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης.

- Τέταρτον, η τεχνική του να προσφέρεις βοήθειες (scaffolding) και να δουλεύεις ουσιαστικά στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης των μαθητών είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την επιτυχία της αμοιβαίας διδασκαλίας για πολλούς λόγους. Το πιο σημαντικό είναι ότι αποσυνθέτει το θέμα τόσο έτσι ώστε να μπορεί να διεκπεραιωθεί από τους μαθητές, και έτσι να δουν πως μπορούν να προχωρήσουν λεπτομερώς παρά πέρα.

- Η τελευταία σημαντική όψη της αμοιβαίας διδασκαλίας είναι ότι οι μαθητές παίζουν ένα διπλό ρόλο, αυτό του παραγωγού και αυτό του κριτή. Οι μαθητές δεν μαθαίνουν μόνο να κατασκευάζουν καλές ερωτήσεις και περιλήψεις, αλλά μαθαίνουν επίσης να εκτιμούν και τις ερωτήσεις και περιλήψεις των άλλων συμμαθητών τους. Αυτή η γνώση, ουσιαστικά προωθεί μεταγνωσιακές δεξιότητες, αφού μπορούν αργότερα να τη χρησιμοποιήσουν και μόνοι τους όταν προσπαθούν να κατανοήσουν ένα κείμενο που διαβάζουν εφαρμόζοντας τις στρατηγικές της αμοιβαίας διδασκαλίας.

1.2 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Ο σχεδιασμός της διδακτικής μεθόδου της πειραματικής προσέγγισης έγινε με βάση την έννοια της μαθησιακής απαίτησης (learning demand), (Leach & Scott, 2000,2001). Η φιλοσοφία του σχεδιασμού στηρίζεται στη μέθοδο της γνωσιακής μαθητείας (cognitive apprenticeship), (Collins, Brown & Newman, 1989). Για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας βασικό εργαλείο αποτέλεσε η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας (reciprocal teaching), (Brown & Palinscar, 1989). Στοιχεία από εποικοδομητικές προσεγγίσεις, όπως η εννοιολογική σύγκρουση, χρησιμοποιήθηκαν, χωρίς να αποτελούν τα κυρίαρχα της εννοιολογικής αλλαγής. Η όλη διδακτική σειρά δομήθηκε πάνω σε ένα θέμα γνωστού σεναρίου στο δάσκαλο («Το θερμός», από τον τεχνολογικό φάκελο της βιβλιοθήκης της «Ναυσικά») και αναπτύχθηκε με βάση το υπάρχον σχολικό βιβλίο Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α). Παρακάτω αναλύονται οι επιλογές αυτές.

Κατά τους Brown, Collins & Duguid, (1989), «Στους μαθητές πρέπει να εκτίθεται η χρήση των εννοιολογικών εργαλείων του τομέα σε αυθεντική δραστηριότητα, ενώ οι δάσκαλοι πρέπει να ενεργούν ως πρακτικοί και να χρησιμοποιούν αυτά τα εργαλεία παλεύοντας με τα προβλήματα του κόσμου.» Οι συγγραφείς, στο ίδιο άρθρο υιοθετούν την οπτική της Lave (1988b, παραπομπή στο άρθρο) για την διάκριση της συμπεριφοράς των μαθητών σε σχέση με αυτήν των πρακτικών και των JPFs (just plain folks)-των συνηθισμένων ανθρώπων δηλ., όπως αυτοί προσπαθούν να δώσουν λύσεις και εξηγήσεις στα καθημερινά τους προβλήματα. Κατά την Lave οι μαθητές εισερχόμενοι στο σχολείο, καλούνται να αντιμετωπίσουν πλήρως καθορισμένα προβλήματα (well-defined problems) σε αντίθεση με την συμπεριφορά των πρακτικών που αντιμετωπίζουν συνήθως όχι πλήρως καθορισμένα προβλήματα (ill-defined problems) και αυτήν των JPFs (που έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με την συμπεριφορά των πρακτικών), που αντιμετωπίζουν αναδυόμενα προβλήματα και διλήμματα.

Τέτοια πραγματικά και περίπλοκα προβλήματα όμως δύσκολα και σπάνια συναντώνται στο σχολικό περιβάλλον. Οι δάσκαλοι συνήθως τα αποφεύγουν, άλλοτε δικαιολογημένα και άλλοτε αδικαιολόγητα. Δικαιολογημένα γιατί υπάρχει ένα σχολικό σύστημα που τους πιέζει για την κάλυψη συγκεκριμένης ύλης, ενώ ουσιαστικά (παρά τα συνήθως αντίθετα λεγόμενα) με τις συγκεκριμένου είδους απαιτήσεις των εξετάσεων δεν ευνοεί την σε βάθος κατανόηση του διδακτικού περιεχομένου. Αδικαιολόγητα όμως, γιατί φοβούμενοι μην κατηγορηθούν για ανεπάρκεια αποθαρρύνουν τους μαθητές να θέσουν προς συζήτηση στην τάξη «άγνωστα» προβλήματα. Το αποτέλεσμα αυτής της πρακτικής είναι οι δάσκαλοι να μην προβαίνουν σε έκθεση προς τους μαθητές του τρόπου σκέψης τους, του πως αυτοί θα ενεργούσαν σε ένα τέτοιο πρόβλημα. Θα πρέπει να γίνει σαφές στους μαθητές από τους δασκάλους ότι κανείς δεν υπάρχει που να κατέχει όλο το εύρος των γνώσεων και ότι ακόμα και τα λάθη είναι αναπόφευκτο κομμάτι της επιστημονικής δραστηριότητας. «Ο δάσκαλος δεν πρέπει να θεωρείται πλέον ως ο μοναδικός ειδικός στην τάξη, ο ρόλος του γίνεται αυτός του διευκολυντή και καθοδηγητή, παρά αυτός να θεωρείται σαν αποθήκη γνώσεων.», (Wolfson, & Willinsky, 1998). Τέτοια προβλήματα, που όταν υλοποιούνται, είναι γνωστά ως “projects”, συνήθως επιλέγονται εθελοντικά από τους μαθητές και ως εκ τούτου λειτουργούν απλώς επικουρικά στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Αντί λοιπόν των όχι πλήρως καθορισμένων προβλημάτων αλλά και των πλήρως καθορισμένων προβλημάτων που ουσιαστικά τα τελευταία αντιστοιχούν σε μια σειριακή, βάσει του βιβλίου ή του Αναλυτικού Προγράμματος, διδασκαλία η πρόταση μου περιλαμβάνει την δόμηση της διδασκαλίας πάνω στην “ελεύθερη” επιλογή ενός θέματος από τους μαθητές από τον τεχνολογικό, περιβαλλοντικό, κ.τ.λ. χώρο. Η επιλογή του θέματος γίνεται από μια “τράπεζα θεμάτων” που έχει διαθέσει ο

δάσκαλος στους μαθητές και αφορούν τον υπό διδασκαλία τομέα. Το θέμα είναι γνωστό στον δάσκαλο, είναι δηλ. από αυτήν την άποψη πλήρως καθορισμένο, αλλά παρουσιάζει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους μαθητές και λόγω της προσωπικής τους επιλογής αλλά και επειδή ανατρέπει την παραδοσιακή διδασκαλία κατά την οποία ο δάσκαλος απλά ανακοινώνει στους μαθητές τις έννοιες και τα φαινόμενα που θα διδαχθούν. Η ανατροπή της σειράς της διδασκαλίας καλό είναι βέβαια να είναι σε ένα βαθμό ελεγχόμενη, να μην εισάγεται δηλ. πληθώρα εννοιών και φαινομένων, προαπαιτούμενων για την κατανόηση του θέματος. Έτσι για την περίπτωση π.χ. της θερμότητας σε πρώτη φάση τα θέματα που θα τεθούν στην διάθεση των μαθητών καλό είναι να μην περιέχουν μεταβολές καταστάσεων της ύλης και φαινόμενα διαστολής-συστολής. Μια τέτοια προσέγγιση φαίνεται να διευκολύνεται από το λογισμικό της «Ναυσικά» όπου από τα θέματα που υπάρχουν στην «βιβλιοθήκη» της, μπορούν να επιλεγούν εκείνα που θα τοποθετηθούν στο «θρανίο» για την ελεύθερη διάθεση τους στους μαθητές. Αντί λοιπόν οι δάσκαλοι να ενεργούν ως πρακτικοί και να χρησιμοποιούν τα εννοιολογικά εργαλεία του τομέα σε αυθεντικές δραστηριότητες παλεύοντας με τα προβλήματα του κόσμου, θα μπορούσαν αρχικά να δείξουν στους μαθητές αυτά τα εργαλεία και να τα μοιραστούν μαζί τους σε τέτοιες απλές δραστηριότητες που έχουν νόημα για τους μαθητές- και από αυτήν την άποψη θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν αυθεντικές (βλ. και Roth, 1995, σ. xiii). Η δόμηση της διδασκαλίας πάνω σε ένα θέμα και η βοήθεια της μοντελοποίησης από τον δάσκαλο προμηθεύει τους μαθητές με ένα εννοιολογικό μοντέλο του στόχου του θέματος και των ενεργειών που απαιτούνται για την εκτέλεση του (Collins, Brown & Newman, 1989, pp. 456, 461, 485). Η δημιουργία ενός τέτοιου εννοιολογικού μοντέλου σημαίνει, όπως ήδη αναφέρθηκε⁶, μια τέτοια σειρά μαθημάτων, που στην αρχή της είναι απαλλαγμένη από τις χαμηλότερου επιπέδου δεξιότητες. Επίσης, το γεγονός ότι οι μαθητές (και ο δάσκαλος) στην διδακτική μας σειρά καλούνται για «need to know» αναζήτηση πληροφοριών και ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων φαίνεται να είναι και πιο κοντά στην πρακτική των JPFs να επιλύουν τα προβλήματα μέσα στο περιβάλλον του θέματος που τα γεννά και να ανταποκρίνονται σ' αυτά σε «πραγματικό χρόνο», (Brown, Collins & Duguid, 1989).

Εκείνο που πρέπει να ληφθεί όμως υπόψη, είναι ότι μέσα στο μαθησιακό περιβάλλον και στην σχέση του δάσκαλου και μαθητή ο κάθε ένας φέρνει το δικό του σύνολο ικανοτήτων. Το σύνολο των ικανοτήτων του δάσκαλου είναι τυπικά ευρύτερο από αυτό του μαθητή. Η λέξη ευρύτερο δεν υπονοεί ότι το σύνολο ικανοτήτων του μαθητή είναι μικρότερης σημασίας. Αυτές οι διαφορές στο σύνολο ικανοτήτων δημιουργούν μια ενδιαφέρουσα δυναμική στο μαθησιακό περιβάλλον. Είναι σημαντικό για τον δάσκαλο να συνειδητοποιήσει ότι οι εμπειρίες και ικανότητες του μαθητή δεν είναι ούτε οι ίδιες, ούτε είναι παρόμοιας ποιότητας. Από αυτήν την άποψη, ο δάσκαλος πρέπει κατάλληλα να απευθυνθεί στην βάση ικανοτήτων του μαθητή και στην ουσία να μειώσει και προσαρμόσει το επίπεδο ικανοτήτων του και την κατανόηση του υπό μελέτη θέματος και να τα συσχετίσει με τον μαθητή. Ο δάσκαλος πρέπει να αναγνωρίσει τι ικανότητες κατέχει ο μαθητής έτσι ώστε να εξασφαλίσει μια σχετικά ομαλή μεταφορά στο μαθησιακό περιβάλλον και μέσω αυτού (Palmer, 1998).

Οι διαφορές ικανοτήτων ανάμεσα στο δάσκαλο και στους μαθητές ουσιαστικά μπορούν να αντιστοιχηθούν στις διαφορές ανάμεσα στην κοινωνική γλώσσα της σχολικής επιστήμης και στην κοινωνική γλώσσα που οι μαθητές φέρνουν στην τάξη. Όπως επισημαίνει ο Vygotsky (1966, σ.3,10), είναι λάθος να αντιμετωπίζονται η λέξη και η σκέψη σαν δύο ανεξάρτητα και απομονωμένα στοιχεία και ότι η «σκέψη με λέξεις» προκύπτει από την εξωτερική ένωση αυτών των στοιχείων. Η σκέψη δεν εκφράζεται με λέξεις αλλά αποκτά την ύπαρξη της μέσω αυτών. Σύμφωνα με τους Leach & Scott (2000) τρεις τρόποι έχουν αναγνωριστεί με τους οποίους αυτές οι διαφορές ανάμεσα στις δύο κοινωνικές γλώσσες εμφανίζονται:

⁶ βλ. κεφ. 1.1.3, σ. 28 «Γενικές πριν από τις τοπικές δεξιότητες».

-Διαφορές στα εννοιολογικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα οι μαθητές κατά την διδασκαλία της πίεσης του αέρα καταφεύγουν στην καθημερινή έννοια της αναρρόφησης για να εξηγήσουν τα φαινόμενα, ενώ η επιστημονική όψη βασίζεται στις διαφορές στην πίεση του αέρα. Σε πολλές περιπτώσεις επίσης οι μαθητές καταφεύγουν λανθασμένα σε γενικευμένους κανόνες συλλογισμού, όπως «όσο περισσότερο το (α), τόσο περισσότερο το (β)».

-Διαφορές στις επιστημολογικές βάσεις που αυτά τα εννοιολογικά εργαλεία χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα ο τρόπος του να εξηγείς τα φαινόμενα χρησιμοποιώντας επιστημονικά μοντέλα και θεωρίες, ο οποίος θεωρείται αυτονόητος στην σχολική επιστήμη δεν αποτελεί μέρος της κοινωνικής γλώσσας πολλών μαθητών. Έτσι για παράδειγμα, αυτοί είναι πιθανόν να ανατρέξουν στην επιστημονική θεωρία για να εξηγήσουν την συμπεριφορά ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος, αλλά να επιλέξουν διαφορετικά μοντέλα για να εξηγήσουν την συμπεριφορά άλλων κυκλωμάτων. Οι μαθητές απ' ότι φαίνεται δεν καταφεύγουν στην επιστημολογική αρχή της συνέπειας, που είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της σχολικής επιστήμης.

-Διαφορές στην οντολογία που αυτά τα εννοιολογικά εργαλεία χρησιμοποιούνται. Οντότητες των οποίων η ύπαρξη θεωρείται δεδομένη στον χώρο της σχολικής επιστήμης δεν φαίνεται να αναφέρονται παρόμοια στην κοινωνική γλώσσα των μαθητών. Έτσι, π.χ. πολλοί μαθητές των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μαθαίνοντας για την ανακύκλωση της ύλης στα οικοσυστήματα, δεν σκέφτονται τα ατμοσφαιρικά αέρια σαν μια δυναμική πηγή της ύλης για τις χημικές διαδικασίες των οικολογικών συστημάτων.

Για τους Leach & Scott (2000,2001), το αρχικό σημείο για τον σχεδιασμό μιας διδακτικής σειράς είναι η αναγνώριση της μαθησιακής απαίτησης για την συγκεκριμένη διδακτική ενότητα. Η έννοια της μαθησιακής απαίτησης κατά τους συγγραφείς προσφέρει ένα τρόπο για να εκτιμηθούν οι διαφορές ανάμεσα στην σχολική επιστήμη που πρόκειται να διδαχθεί (όπως αυτή καθορίζεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα ή από τα σχολικά βιβλία) και στο είδος των ιδεών που οι μαθητές φέρουν και πιθανόν να αναπτύσσουν μέσω μαθημάτων Φυσικής.

Εκφραστής όμως της σχολικής επιστήμης που πρόκειται να διδαχθεί είναι ο δάσκαλος Φυσικής. Κατ' αρχήν η εισαγωγή στον πολιτισμό ενός πρακτικού είναι ένα διαφορετικό ζήτημα από τις όποιες καταγεγραμμένες ιδέες του επαγγέλματος. Η διαφοροποίηση δε, ανάμεσα στην σχολική επιστήμη και στην επιστήμη αυτή καθαυτή είναι αναγκαία για πολλούς λόγους που αφορούν την εστίαση της πρώτης σε συγκεκριμένες έννοιες και τρόπους σκέψης, είτε εξαιτίας πολιτικών και κοινωνικών πιέσεων, είτε από την ανάγκη απλοποίησης του περιεχομένου προς διδασκαλία (που πολλές φορές οδηγεί σε παραμόρφωση του επιστημονικού περιεχομένου)⁷. Συχνά μάλιστα τα σχολικά βιβλία φαίνεται να ενισχύουν τις ιδέες των μαθητών, αντί να εισάγουν ένα διαφορετικό μοντέλο σκέψης.⁸ Ο ρόλος λοιπόν του δάσκαλου Φυσικής γίνεται περισσότερο καταλυτικός, καθώς αυτός εκτός από εκφραστής της σχολικής επιστήμης είναι και εκφραστής της «πραγματικής» επιστήμης .

Έτσι, για τον σχεδιασμό της διδακτικής σειράς που εφάρμοσα σε μέρος του κεφαλαίου της Θερμότητας επέκτεινα την έννοια της μαθησιακής απαίτησης, όπως αυτή προηγουμένως αναφέρθηκε, με βάση και την διδακτική πρόταση μου για δόμηση της διδασκαλίας πάνω σε ένα επιλεγμένο από τους μαθητές θέμα, λαμβάνοντας υπόψη συγχρόνως και την έννοια της εισαγωγής στον πολιτισμό

⁷ Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση του θέματος της θερμικής ακτινοβολίας, όπου η χρησιμοποίηση της έννοιας της θερμότητας δεν είναι ορθή, αφού η ενέργεια που εκπέμπει ένα σώμα με την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γίνεται ανεξάρτητα από το αν υπάρχει άλλο σώμα που να την απορροφά. Ο ορισμός όμως της θερμότητας ως γνωστόν, αναφέρεται και το θεωρεί σαν προϋπόθεση ενεργειακής μεταφοράς τη διαφορά θερμοκρασιών ανάμεσα σε δύο σώματα. Βλ. Μπάρμπας & Ψύλλος (1993, σσ.74-75)

⁸ Βλ. ενδεικτικά Βλάχος(2000)

(enculturation) ενός πρακτικού (στην περίπτωση μας του Φυσικού). **Δηλαδή, η μαθησιακή απαίτηση καθορίζεται από τις ιδέες των μαθητών, τον τρόπο που ένας Φυσικός προσεγγίζει τα πράγματα, από το περιεχόμενο του υπό μελέτη θέματος και από το Αναλυτικό Πρόγραμμα.**

Στις τέσσερις αυτές παραμέτρους που καθορίζουν την μαθησιακή απαίτηση, στηρίχθηκε και έγινε η ανάπτυξη και υλοποίηση των δραστηριοτήτων της διδακτικής-μαθησιακής σειράς.

1.2.1 Ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ

1.2.1.1 ΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ-ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟ

Η εισήγηση του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για το Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Ε.Π.Π.Σ., 1998) περιγράφει τις αρχές, τους γενικούς σκοπούς της εκπαίδευσης, τους ειδικούς σκοπούς και στόχους διδασκαλίας κάθε συγκεκριμένου γνωστικού αντικείμενου για κάθε τάξη και μορφή σχολείου (από το Δημοτικό μέχρι το Λύκειο). Περιέχει οδηγίες για την κατανομή των ωρών διδασκαλίας, τον τρόπο και τις μεθόδους διδασκαλίας και τις διαδικασίες αξιολόγησης κάθε ενότητας. Αναφέρεται στις θεματικές περιοχές και τους άξονες των περιεχομένων κάθε μαθήματος.

Αναλυτικά και για κάθε τάξη, από το Δημοτικό μέχρι την Β΄ Γυμνασίου, στο μάθημα της Φυσικής, στην θεματική περιοχή της θερμότητας είναι καταγεγραμμένοι οι παρακάτω άξονες:

Δημοτικό σχολείο

Τάξη

- Γ΄ -Θερμόμετρο και θερμοκρασία
- Δ΄ -Μεταβολές στην κατάσταση των σωμάτων λόγω αλλαγής της θερμοκρασίας τους
- Ε΄ -Επανάληψη και εμβάθυνση της ύλης των προηγούμενων τάξεων
- ΣΤ΄ -Διάδοση της θερμότητας
 - Καλοί και κακοί αγωγοί θερμότητας
 - Φαινόμενο διαστολής και συστολής

Γυμνάσιο

- Β΄ -Θερμοκρασία
 - Θερμικά φαινόμενα
 - Θερμότητα και διάδοση της

Τα προγράμματα και τα βιβλία θα γίνονται με βάση το Ε.Π.Π.Σ . Δεδομένου, ότι κατά την στιγμή συγγραφής της παρούσας εργασίας δεν είχε εκδοθεί πρόγραμμα σπουδών για την Φυσική της Β΄ Γυμνασίου, οδηγό για την διδακτέα ύλη και τους στόχους της θεματικής ενότητας της θερμότητας θα αποτελέσουν τα σχολικά βιβλία.

Στο βιβλίο Φυσικής των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α) η θερμότητα είναι το δεύτερο κεφάλαιο και περιλαμβάνει τις παρακάτω διδακτικές ενότητες:

2.ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- 2.1 Θερμότητα και μέτρηση θερμοκρασίας
- 2.2 Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας
- 2.3 Πως μετράμε την θερμότητα
- 2.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος
- 2.5 Θερμική διαστολή και συστολή
- 2.6 Αλλαγές κατάστασης
- 2.7 Εξάτμιση και συμπύκνωση
- 2.8 Πως άγεται η θερμότητα
- 2.9 Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς
- 2.10 Θερμότητα και ακτινοβολία

Οι στόχοι που θέτει ο οδηγός του καθηγητή στο αντίστοιχο βιβλίο (Αντωνίου κ.ά., 2000β, σσ. 44, 52), είναι :

1. Κατανόηση της θερμοκρασίας σαν μεγέθους που προσδιορίζεται αντικειμενικά με χρήση θερμομέτρων.
2. Περιγραφή και χρήση των κλιμάκων θερμοκρασίας Κελσίου και Κέλβιν.
3. Κατανόηση ότι η θερμότητα είναι μορφή μεταφερόμενης ενέργειας.
4. Κατανόηση της ειδικής θερμότητας. Δυνατότητα υπολογισμού της μεταφερόμενης θερμότητας.
5. Εφαρμογή της διατήρησης της ενέργειας κατά τη μεταφορά θερμότητας
6. Κατανόηση μέσω της μικροσκοπικής περιγραφής του χαρακτήρα της θερμοκρασίας και της θερμικής ενέργειας.
7. Διάκριση θερμοκρασίας, θερμικής ενέργειας και θερμότητας.
8. Κατανόηση της διαδικασίας αποκατάστασης θερμικής ισορροπίας και της προϋπόθεσης ύπαρξης της κατά τη μέτρηση της θερμοκρασίας.
9. Διάκριση θερμικής και εσωτερικής ενέργειας.

(διδασκτικές ενότητες 2.1-2.4)

10. Κατανόηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η γραμμική διαστολή των στερεών. Αντικατάσταση του μήκους από τον όγκο σε στερεά, υγρά, αέρια.
11. Μελέτη της θερμικής διαστολής σε μοριακό επίπεδο.
12. Εφαρμογές και προβλήματα που οφείλονται στη θερμική διαστολή.
13. Συνειδητοποίηση ότι κατά την διάρκεια των αλλαγών κατάστασης συνυπάρχουν οι δύο καταστάσεις και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.
14. Ορισμός των θερμοτήτων τήξης και βρασμού, κατανόηση της διαδικασίας αλλαγής της κατάστασης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Κατανόηση της αιτίας σταθερότητας της θερμοκρασίας.
15. Κατανόηση ότι οι θερμοκρασίες τήξης και βρασμού αποτελούν φυσικές σταθερές των καθαρών ουσιών και είναι ανάλογες με τη μάζα του σώματος.
16. Κατανόηση των διαφορών μεταξύ βρασμού και εξάτμισης.
17. Μελέτη των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η ταχύτητα εξάτμισης.
18. Να αντιληφθούν οι μαθητές ότι κατά την εξάτμιση-συμπύκνωση παρατηρείται ψύξη-θέρμανση αντίστοιχα.
19. Κατανόηση των τρόπων διάδοσης της θερμότητας. Αγωγή-ρεύματα στην ύλη χωρίς με μετακίνηση ύλης-Ακτινοβολία στο κενό.
20. Ανάπτυξη των εφαρμογών που συνδέονται με τη διάδοση της θερμότητας.

(διδασκτικές ενότητες 2.5-2.9)

1.2.1.2 ΤΟ ΘΕΜΑ

Για λόγους απλούστευσης της καταγραφής της διδακτικής σειράς, το «ελεύθερο» θέμα πάνω στο οποίο θα δομηθεί η διδακτική σειρά θα είναι το «Θερμός»⁹ από τον χώρο της τεχνολογίας. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει, ότι μια άλλη επιλογή θέματος από τον ίδιο χώρο, όπως «Η κεντρική θέρμανση», θα είχε μια ριζικά διαφορετική αντιμετώπιση. Το μόνο, που πιθανόν θα άλλαζε εν μέρει, θα ήταν το περιεχόμενο της ύλης που θα καλυπτόταν καθώς και οι ανάλογες συνοδευουσες διδακτικές δραστηριότητες. Η φιλοσοφία της διδακτικής προσέγγισης θα παρέμεινε η ίδια.

Διαφορετικά ζητήματα όμως θα εισάγονταν αν το θέμα προερχόταν από τον ιστορικό ή περιβαλλοντικό χώρο. Τότε, στοιχεία όπως η πορεία ανάπτυξης της επιστήμης και κοινωνικά προβλήματα θα θέτονταν εντονότερα προς επεξεργασία. Τέτοια στοιχεία αποτελούν επίσης βασικές παραμέτρους για την εισαγωγή στον πολιτισμό του Φυσικού. Η έννοια της εισαγωγής στον πολιτισμό ενός πρακτικού αποτελεί ευρύτερη έννοια και περιλαμβάνει αυτό που οι Lave & Wenger (1991, παραπομπή από Brown & Duguid, 1992) αναγνώρισαν σαν «κοινότητες της

⁹ Βλ. Παράρτημα Α

πρακτικής» (communities of practice). Οι κοινότητες αυτές, πέραν της σύγχρονης πρακτικής του επαγγέλματος, εμπεριέχουν και το ιστορικό και κοινωνικό πλαίσιο που αυτή η πρακτική αναπτύσσεται.

1.2.1.3 ΙΔΕΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ

Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των περισσότερων ειδών της καθημερινής κατανόησης (συμπεριλαμβανομένης και της «καθημερινής επιστήμης») είναι η απουσία ξεκάθαρων ορισμών, η ανεκτικότητα στην ασάφεια και έλλειψη συνοχής, και το υψηλό επίπεδο της εξάρτησης από το πλαίσιο. Καθώς η καθημερινή γνώση είναι βαθιά εμπειρική, προσανατολισμένη στην πράξη και φτιαγμένη για συγκεκριμένα πλαίσια, υπάρχει μικρή ανάγκη για την εγκαθίδρυση εννοιολογικών σχέσεων ανάμεσα στα πλαίσια. Σαν συνέπεια η καθημερινή γνώση τείνει να περιλαμβάνει μια κομματιαστή και ad hoc συλλογή περιγραφικών και επεξηγηματικών στοιχείων, παρά ένα σύνολο θεωριών με συνοχή και ειρμό. Η ορθολογική βάση της καθημερινής γνώσης δεν είναι βέβαια η αυστηρή μελέτη και κριτική των «σκληρών αποδείξεων», αλλά η αμοιβαία κατανόηση των κοινών εμπειριών μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Ο ρόλος της γνώσης αυτής είναι κυρίως να επιτρέψει την επικοινωνία, και εφόσον αυτή η λειτουργία ικανοποιείται επαρκώς, οι περισσότερες ασυνέπειες αγνοούνται. Πράγματι, η χρήση της είναι συχνά εξαρτημένη πολύ από το πλαίσιο, οι ασυνέπειες μένουν συχνά μη αναγνωρίσιμες, όταν δε αναγνωρίζονται, μένουν ασημείωτες. (Hodson, D. & Hodson, J., 1998a).

Από την γέννηση μας λοιπόν εμβαπτιζόμαστε σε μια καθημερινή κοινωνική γλώσσα. Είναι η γλώσσα που εξασφαλίζει τα μέσα για την επικοινωνία με τους άλλους, εξασφαλίζει ένα τρόπο ομιλίας και σκέψης για όλα αυτά που μας περιβάλλουν. Με μια απόλυτη έννοια, η καθημερινή γλώσσα δρα έτσι ώστε να σχηματίσει τον τρόπο που βλέπουμε το περιβάλλον μας, μας επισείει την προσοχή σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και παρουσιάζει αυτά τα χαρακτηριστικά με συγκεκριμένους τρόπους. Οι ανεπίσημες ή αυθόρμητες έννοιες σύμφωνα με τον Vygotsky, που συγκροτούν την καθημερινή κοινωνική γλώσσα εμπεριέχουν πολλά από τα χαρακτηριστικά από αυτές που αναφέρονται στην βιβλιογραφία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών ως «εναλλακτικές ιδέες». Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών (οι οποίες καθορίζονται ως προς την επιστήμη) είναι και προϊόν της σχολικής μάθησης της επιστήμης. Μια νέα κοινωνική γλώσσα αναδύεται ανάμεσα στους μαθητές των Φυσικών Επιστημών, που αντλεί στοιχεία και από την κοινωνική γλώσσα της σχολικής επιστήμης και από την καθημερινή κοινωνική γλώσσα, αλλά είναι διαφορετική και από τις δύο.

Σε μια ανασκόπηση της ελληνικής πραγματικότητας για τις απόψεις που επικρατούν για την θερμότητα (Βλάχος, 2000), καταγράφηκαν κάποιες από αυτές, που αποτελούν ανασταλατικό παράγοντα μάθησης. Αναφέρεται κατ' αρχήν ότι τα παιδιά αρχίζουν την φοίτηση τους στο σχολείο (Δημοτικό), φέρνοντας από την καθημερινή τους εμπειρία μια σειρά σχετικών λέξεων και εννοιών. Κυρίαρχες έννοιες είναι αυτές του κρύου και της ζέστης μαζί με τα αντίστοιχα ρήματα κρυώνω και ζεσταίνω-ομαι. Από τις εκφράσεις που έχουν καταγραφεί, φαίνεται ότι το κρύο και η ζέστη χρησιμοποιούνται αλλού ως ουσιαστικά-προσδίδοντας τους υλική υπόσταση, ενώ σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ως επίθετα-χαρακτηρίζοντας την ιδιότητα ενός σώματος να είναι ζεστό ή κρύο. Τα βιβλία του Δημοτικού φαίνεται να ενισχύουν τις ιδέες αυτές των μαθητών και τις εμποτίζουν με καινούργιες λέξεις, όπως η θερμότητα. Οι μαθητές από τις εκφράσεις του βιβλίου, εύλογα μάλλον, ταυτίζουν την θερμότητα με την ζέστη. Η χρήση δε, των αντιθέτων ρημάτων θερμαίνονται και ψύχονται μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην αποδοχή των αντιθέτων ουσιαστικών «ζέστης» και «κρύου»:

Θερμαίνονται σημαίνει παίρνουν θερμότητα (=ζέστη).

Ψύχονται σημαίνει παίρνουν ψύχος (=κρύο).

Παρόμοια είναι και η χρήση και υιοθέτηση των αντιθέτων του θερμού και ψυχρού, με την πιθανή ερμηνεία των παιδιών:

Το θερμό περιέχει θερμότητα (=ζέστη).

Το ψυχρό περιέχει ψύχος (=κρύο).

Η κατάσταση αυτή συνεχίζεται και στο Γυμνάσιο (Β' τάξη), με καινούργιες λέξεις, όπως ψύξη, αλλά η αντίθεση παραμένει: θέρμανση-ψύξη.

Ποιοι είναι όμως οι παράγοντες εκείνοι που διαμορφώνουν τις αντιλήψεις των παιδιών; Σύμφωνα με την Driver κ.ά. (1993, σσ. 273-278) κάποια χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των παιδιών είναι:

Η σκέψη που κυριαρχείται από την αισθητηριακή αντίληψη

Οι μαθητές, όταν είναι αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, έχουν την τάση να βασίζονται στους συλλογισμούς τους σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα αποδίδουν σε ένα σώμα την ιδιότητα του θερμού ή ψυχρού εξαιτίας της αίσθησης που τους δημιουργείται κατά την επαφή τους με το σώμα.

Η περιορισμένη εστίαση

Τα παιδιά συνηθίζουν να επικεντρώνουν την προσοχή τους σε περιορισμένες όψεις μιας κατάστασης. Άμεση συνέπεια αυτής της τάσης τους είναι να εξηγούν τα φαινόμενα περισσότερο με όρους απόλυτων ιδιοτήτων ή ποιοτήτων που αποδίδονται στα αντικείμενα παρά με όρους αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα στοιχεία κάποιου συστήματος. Για παράδειγμα, πιθανότατα θα επιλέξουν ένα σιδερένιο δοχείο για να διατηρήσουν τον πάγο κρύο για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, εξαιτίας των ειδικών ιδιοτήτων του σιδήρου που οι ίδιοι αντιλαμβάνονται (π.χ. είναι στερεό ή είναι φυσικά κρύο). Αυτό εξηγείται με την τάση τους να μην σκέφτονται το πρόβλημα από την άποψη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον πάγο, στο δοχείο και στον περιβάλλοντα αέρα.

Η εστίαση περισσότερο σε αλλαγές, παρά σε σταθερές καταστάσεις

Αυτή η τάση των παιδιών, που μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας τύπος περιορισμένης εστίασης, οφείλεται στο ότι επικεντρώνονται σε ακολουθίες γεγονότων ή σε μεταβολές με τον χρόνο. Αυτό σημαίνει, ότι ενδιαφέρονται περισσότερο για παροδικές καταστάσεις ενός συστήματος παρά για καταστάσεις ισορροπίας. Το ενδιαφέρον αυτό των παιδιών είναι ίσως κατανοητό αναφορικά με αυτό που νομίζουν οι ίδιοι, ότι είναι αναγκαίο να εξηγήσουν. Αντανακλά μια σημαντική πλευρά του αιτιακού συλλογισμού των παιδιών, ότι δηλ. η αλλαγή χρειάζεται μια εξήγηση, απαιτεί απ' αυτά να αναζητήσουν ένα μηχανισμό, οπωσδήποτε απλό, που να συνδέει τις διαφορετικές καταστάσεις ενός συστήματος στον χρόνο. Οι καταστάσεις ισορροπίας, επειδή δεν υπάρχει αλλαγή με τον χρόνο δεν απαιτούν εξήγηση-είναι «όπως έχουν τα πράγματα».

Έτσι για παράδειγμα, οι μαθητές δεν μπαίνουν καν στον κόπο να εξετάσουν αν ένα σώμα σταθερής θερμοκρασίας ανταλλάσσει ενέργεια με τον περιβάλλοντα χώρο.

Ο γραμμικός αιτιακός συλλογισμός

Όταν τα παιδιά εξηγούν τις αλλαγές, οι συλλογισμοί τους τείνουν να ακολουθούν μια γραμμική αιτιακή ακολουθία. Υιοθετούν μια αιτία που παράγει μια αλυσίδα αποτελεσμάτων ως μια ακολουθία εξαρτώμενη από τον χρόνο. Αυτή η τάση να σκέφτονται τις εξηγήσεις με βάση προτιμώμενες κατευθύνσεις στις αλυσίδες των γεγονότων, σημαίνει ότι οι μαθητές μπορεί να έχουν προβλήματα όταν εκτιμούν τη συμμετρία στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστημάτων. Για παράδειγμα, εξετάζοντας τη θέρμανση ενός δοχείου, σκέφτονται τη διαδικασία με όρους κατεύθυνσης, με την πηγή να παρέχει θερμότητα σε ένα υποδοχέα, ενώ από επιστημονική άποψη η κατάσταση είναι συμμετρική, με δύο συστήματα να αλληλεπιδρούν, το ένα από τα οποία κερδίζει ενέργεια και το άλλο την χάνει. Παρόμοια οι Brook κ.ά. (1990), αναφέρουν ότι τα παιδιά φαίνεται να πιστεύουν ότι η αίσθηση της ζέστης ή του κρύου οφείλεται στο ότι κάτι φεύγει από το ζεστό ή το κρύο αντικείμενο και εισέρχεται στο σώμα τους. Μια άλλη συνέπεια αυτής της τάσης των παιδιών να σκέφτονται αλυσιδωτά και να έχουν μια προτιμώμενη κατεύθυνση, όταν αιτιολογούν τα γεγονότα, είναι ότι οι διαδικασίες, που ένας επιστήμονας βλέπει ως αντιστρεπτές, δεν

αντιμετωπίζονται απαραίτητα μ' αυτόν τον τρόπο από τους μαθητές. Για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν να καταλάβουν ότι μια απορρόφηση ενέργειας μπορεί να αλλάξει ένα στερεό σε υγρό, όταν όμως το υγρό μετατρέπεται σε στερεό είναι πολύ πιο δύσκολο να εκτιμηθεί.

Οι έννοιες που δεν διαχωρίζονται

Οι μαθητές κατέχουν ορισμένες έννοιες, που δύσκολα τις διαφοροποιούν (όπως π.χ. η θερμότητα και η θερμοκρασία), με αποτέλεσμα να διολισθαίνουν από την μια σημασία στην άλλη χωρίς αναγκαστικά να το συνειδητοποιούν. Για παράδειγμα, η λέξη αγωγός ή μονωτής μπορεί να χρησιμοποιείται για να σημαίνει και «να ζεσταίνεται γρήγορα ή αργά) και το «να κρατά την ζέστη ή το κρύο». Η καθημερινή λέξη «ζέστη» επίσης, όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να δημιουργήσει τέτοιες καταστάσεις: «Σήμερα έχει ζέστη», το οποίο σημαίνει ότι σήμερα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλότερη από ότι άλλες μέρες ` «Κλείσε το παράθυρο, μην μπει ζέστη», το οποίο διολισθαίνοντας σε άλλη σημασία, αναφέρεται στην διάδοση της θερμότητας.

Οι έννοιες που κατέχουν οι μαθητές μπορεί να εμπεριέχουν ένα σύνολο από δευτερεύουσες σημασίες που συχνά είναι σημαντικά διαφορετικές και πιο εκτεταμένες από εκείνες του επιστήμονα. Έτσι, οι ιδέες των παιδιών για το βάρος συχνά περιλαμβάνουν δευτερεύουσες σημασίες, όπως ο όγκος, η πίεση και η πυκνότητα. Ο «αέρας» τείνει να έχει μια ευρύτερη σημασία από εκείνη των επιστημόνων και μπορεί π.χ. να θεωρηθεί σαν απαραίτητο μέσο για τη μεταβίβαση της θερμότητας.

Η εξάρτηση από το πλαίσιο

Ενώ διάφορες επιστημονικές έννοιες μπορεί να μην είναι διαφοροποιημένες στη σκέψη των παιδιών, αντίστροφα τα παιδιά χρησιμοποιούν διαφορετικές ιδέες για να ερμηνεύσουν καταστάσεις που ένας επιστήμονας θα εξηγούσε με τον ίδιο τρόπο. Έτσι, ένας μαθητής πιθανότατα θα επιλέξει ένα δοχείο αλουμινίου για να διατηρήσει τη σουππα ζεστή, επειδή «τα δοχεία του καφέ διατηρούν τη θερμότητα καλά, το αλουμίνιο διατηρεί τη θερμότητα καλά», ενώ ο ίδιος για να επιλέξει ένα δοχείο στο οποίο το ζεστό νερό θα παραμείνει ζεστό για λίγο χρόνο πιθανόν να πάρει ένα μεταλλικό δοχείο, γιατί «είναι αγωγός...η θερμότητα του ζεστού νερού θα πάει πάνω στις πλευρές,... μετά θα περάσει».

Όταν τα παιδιά ερωτώνται για την θερμότητα και την θερμοκρασία οι ιδέες τους είναι συνήθως ότι:

- Η θερμότητα εκπέμπεται από θερμά σώματα (πηγές θερμότητας)
- Η θερμότητα (ή το κρύο) είναι μια ουσία που βρίσκεται μέσα στα σώματα και μπορεί να μετακινείται από το ένα στο άλλο
- Η θερμοκρασία είναι η αιτία της θερμότητας
- Η θερμοκρασία είναι μέτρο της θερμότητας
- Η θερμοκρασία είναι ιδιότητα των σωμάτων
- Η θερμοκρασία έχει σχέση με κρύα και θερμά σώματα, η θερμότητα μόνο με θερμά
- Η σύγκριση ανάμεσα στην θερμότητα και την θερμοκρασία σπανίως γίνεται με όρους εξάρτησης από την μάζα της ουσίας (εκτατικότητα, εντατικότητα)
- Διαφορετική αίσθηση κατά το άγγιγμα των αντικειμένων, σημαίνει διαφορετικές θερμοκρασίες

Βέβαια το θέμα της θερμότητας συνδέεται στενά με την δομή της ύλης, όπου οι μαθητές αναπτύσσουν ένα μεγάλο εύρος εναλλακτικών ιδεών, που είναι δύσκολο να καταγραφούν στην παρούσα εργασία. Οι σημαντικότερες όμως από αυτές αφορούν την αδυναμία τους να αντιληφθούν την ύπαρξη κενού καθώς και την απόδοση ιδιοτήτων και σχέσεων του μακρόκοσμου στον μικρόκοσμο.

1.2.1.4 ΤΡΟΠΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ

Εάν η διδασκαλία της Φυσικής είναι ένα θέμα εισαγωγής πολιτισμού στις πεπαιθώσεις, πρακτικές, αξίες και στο είδος του λόγου της κοινωνίας των επιστημόνων του κλάδου, τότε οι μαθητές πρέπει να έχουν τις ευκαιρίες να εργασθούν δίπλα και να πάρουν βοήθεια, ενθάρρυνση, υποστήριξη από κάποιον που ήδη έχει ο ίδιος επιτυχώς εισαχθεί στον πολιτισμό της επιστήμης αυτής.

Ένας δάσκαλος Φυσικής, ο οποίος και ο ίδιος έχει επιτυχώς εισαχθεί στον πολιτισμό της επιστήμης του, είναι κάτοχος και της επιστημονικής γνώσης και των επιστημονικών μεθόδων. Επιπλέον, κατέχει μια συνολική γνώση της ιστορικής ανάπτυξης της επιστήμης, του κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντολογικού αντίκτυπου της, καθώς και των κοινωνικών, ηθικών και δεοντολογικών ζητημάτων που αυτή εγείρει για τα άτομα και την κοινωνία.

Η μάθηση της επιστήμης, η μάθηση πώς να κάνεις επιστήμη και η μάθηση περί της επιστήμης, απαιτεί μια κατανόηση και ικανότητα του πώς να χρησιμοποιείς κατάλληλα ένα σύνολο πολιτισμικά καθορισμένων μεθόδων για την διεξαγωγή ερευνών και ένα σύνολο συμβάσεων και λόγου για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Έτσι, ο Φυσικός κατά την εμπλοκή του σε θέματα Φυσικής γενικότερα, έχει ένα συγκεκριμένο τρόπο που βλέπει και χειρίζεται τα πράγματα, όπως ότι:

- Στηρίζεται σε ένα περίπλοκο δίκτυο εννοιών και εννοιολογικών σχέσεων στο οποίο είναι καταμετρημένη όλη η επιστημονική του γνώση. Σε αυτό το δίκτυο οι νόμοι έχουν καθολική ισχύ στο πεδίο που αναφέρονται.

Οι έννοιες στην επιστήμη είναι τοποθετημένες μέσα σε εννοιολογικές δομές, οι οποίες έχουν συγκεκριμένες συσχετίσεις με άλλες δομές. Ενώ οι επιστημονικοί όροι είναι προσεκτικά και σαφώς καθορισμένοι, η πραγματική τους σημασία εντοπίζεται στον ρόλο που αυτοί παίζουν στις εννοιολογικές δομές (θεωρίες και μοντέλα), ένας ρόλος που είναι διαφορετικός σε διαφορετικές θεωρίες.

Η μάθηση της επιστήμης δεν είναι απλά ένα θέμα νοηματοδότησης του κόσμου με οποιουδήποτε όρους ή για οποιοδήποτε λόγο ικανοποιεί αυτόν που μαθαίνει. Η μάθηση της επιστήμης συνεπάγεται εισαγωγή στον κόσμο των εννοιών, ιδεών, κατανόησης των θεωριών που οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει και συσσωρεύσει (δηλ. τι η επιστήμη γνωρίζει). Επιστημονική γνώση σημαίνει κάτι περισσότερο από προσωπικές πεποιθήσεις ενισχυμένες από προσωπικές επιβεβαιώσεις που συλλέγονται από παρατηρήσεις. Είναι μια προσπάθεια να εξηγηθεί και να περιγραφεί η πραγματική φύση του σύμπαντος (η επιστήμη έχει ρεαλιστικούς στόχους), άσχετα αν αυτό «έχει σημασία» στην καθημερινή σημασία αυτής της έκφρασης.

- Στηρίζει την σκέψη του σε ένα ιδιαίτερο ορθολογισμό που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν κατά την γέννηση και επικύρωση των επιστημονικών ισχυρισμών.

Τι είναι αυτός ο ορθολογισμός και πώς επηρεάζεται από κοινωνικούς, οικονομικούς, πολιτικούς, ηθικούς και δεοντολογικούς παράγοντες, είναι κάτι το συζητήσιμο. Τέτοια θέματα, μαζί με τις συνέπειες τους για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσα και για μια πολυεθνική κοινωνία, έχουν συζητηθεί επαρκώς αλλού και δεν θα μας απασχολήσουν εδώ. Αρκεί να πούμε, ότι η μάθηση σχετικά με την φύση της επιστήμης δεν είναι απλά ένα ζήτημα να μάθεις να εκτελείς πειράματα για την επαλήθευση ή διάψευση κάποιας υπόθεσης που προκύπτει από κάποια παρατήρηση, ή για να διαπιστωθεί η εφαρμοσιμότητα κάποιας θεωρίας. Δεν είναι επίσης μόνο ένα ζήτημα να πραγματοποιείς σωστούς ελέγχους με την συστηματική αλλαγή των μεταβλητών με σκοπό να ικανοποιήσεις κάποιον για μια συγκεκριμένη πεποίθηση. Η διαδικασία της μάθησης περιλαμβάνει την εισαγωγή σε εγκαθιδρυμένες τεχνικές, στρατηγικές, στάνταρντς και κριτήρια της επιστήμης (δηλ. πώς η επιστήμη γνωρίζει). Αυτό περιλαμβάνει κριτική εκτίμηση της φύσης της επιστημονικής απόδειξης, κατανόηση του ρόλου και της θέσης της επιστημονικής γνώσης (συμπεριλαμβανομένου και της κρίσιμης διάκρισης ανάμεσα σε μοντέλα εφαρμογής και ρεαλιστικές θεωρίες) και αναγνώριση της κοινωνικής τοποθεσίας και επομένως της πολιτισμικής εξάρτησης του επιστημονικού εγχειρήματος.

Βέβαια η επιστημονική γνώση υπόκειται σε εξουχιστική έρευνα από τα μέλη της κοινότητας των επιστημόνων και έχει επιβιώσει, χρησιμοποιώντας οποιοσδήποτε μεθόδους και κριτήρια θεωρούνται κατάλληλα για να διασφαλίσουν τον αναγκαίο βαθμό εγκυρότητας και αξιοπιστίας. Με άλλα λόγια, αυτή είναι και προσωπικά και κοινωνικά κατασκευασμένη.

- Κάνει σαφή διάκριση ανάμεσα στα θεωρητικά αντικείμενα της επιστήμης (έννοιες, αρχές και θεωρίες) και στα πραγματικά αντικείμενα, υλικά, γεγονότα και φαινόμενα, που μελετά και είναι ικανός να τα μελετήσει καλύτερα και πιο παραγωγικά, εξαιτίας της αφηρημένης και μαθηματικής φύσης της επιστημονικής σκέψης και του ορθολογισμού του βασισμένου στην κοινότητα των επιστημονικών μεθόδων της έρευνας.

Ενώ τα στάνταρτς της εγκυρότητας για την καθημερινή κατανόηση ικανοποιούνται εύκολα από την συγκεκριμένη σημασία που δίνεται σε μια πρακτική ενέργεια, η επιστήμη αναζητά περισσότερη γενική σημασία μέσω της αφηρημένης γνώσης. Η επιστήμη δεν απλώς η προσωπική νοηματοδότηση του κόσμου, είναι η προσπάθεια παραγωγής αντικειμενικής γνώσης για τον κόσμο για να μπορούν οι άνθρωποι να χρησιμοποιούν αυτήν την γνώση.

- Χρησιμοποιεί την γλώσσα της επιστήμης του σαν εργαλείο σκέψης και αυτό δεν σημαίνει απλώς ότι κατέχει ένα σύνολο εξειδικευμένων όρων και σκόπιμα κατασκευασμένων λεξιλογικών στοιχείων.

Η γνώση της γλώσσας της επιστήμης συνεπάγεται την εισαγωγή και εξοικείωση με αυτό που ο Lemke (1990, παραπομπή από Hodson & Hodson, 1998b) αποκαλεί «θεματικά πρότυπα» της επιστήμης- τους τρόπους με τους οποίους οι έννοιες και οι ιδέες συσχετίζονται μέσα σε ένα πλατύτερο δίκτυο ενδοεξαρτημένων νοημάτων. Αυτό επίσης συνεπάγεται την ύπαρξη κάποιων άλλων διακριτών χαρακτηριστικών της επιστημονικής γλώσσας, όπως:

- η τάση για την χρησιμοποίηση γενικότερων παρά συγκεκριμένων νοημάτων
- η χρήση τεχνικών όρων και συμβόλων κατά προτίμηση αντί της καθημερινής γλώσσας
- η χρήση των καθημερινών οικείων λέξεων σε περιορισμένες και ειδικές περιπτώσεις

Η γλώσσα της επιστήμης μπορεί να ειπωθεί σαν μια ροή λόγου που προχωρά με λογικά και με συνοχή βήματα, καθένα κτισμένο πάνω στο ότι έχει γίνει προηγουμένως. Οι επιστημονικές αναφορές είναι διακριτές, όταν αυτές εκτίθενται, αναλυτικές και διαπροσωπικές και κάνουν μικρή χρήση ή καθόλου της μεταφορικής και απεικονιστικής γλώσσας. Εισαγωγή στον πολιτισμό της επιστήμης συνεπάγεται την ικανότητα της χρήσης της γλώσσας κατάλληλα για την παρουσίαση ιδεών και ευρημάτων στα διακριτά είδη όπου αναπαρίσταται η επιστήμη, δηλ. στα επιστημονικά κείμενα, στις αναφορές στο εργαστήριο ή στον χώρο εργασίας.

1.2.1.5 ΠΡΟΣ ΜΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΑΠΑΙΤΗΣΗ

Το θέμα και το σχολικό βιβλίο

Το να θέσεις τους κατάλληλους μαθησιακούς στόχους για μια διδακτική σειρά, αναπόφευκτα συνεπάγεται την λήψη αποφάσεων. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να αντιμετωπισθεί, είναι ποιο περιεχόμενο είναι το κατάλληλο προς διδασκαλία.

Έτσι, με μια ανάγνωση του θέματος του θερμός γίνεται γρήγορα αντιληπτό, ότι δεν είναι δυνατή η κατανόηση του από τους μαθητές χωρίς αυτοί να ανατρέξουν και σε πρόσθετες πηγές πληροφοριών. Αν θεωρηθεί το σχολικό βιβλίο ως η βασική πηγή των απαιτούμενων αυτών γνώσεων, τότε η κρίση για το ποιες διδακτικές ενότητες πρέπει να καλυφθούν είναι ως ένα βαθμό υποκειμενική. Διαχωρίζω λοιπόν κατ' αρχήν το περιεχόμενο διδασκαλίας σε εν δυνάμει διδακτική ύλη, με την έννοια ότι αυτή μπορεί να προσφέρει μια σχετικά πλήρη σε έκταση κατανόηση του θέματος του θερμός και σε ελάχιστη διδακτική ύλη, με την έννοια ότι θα υπάρξει μια επαρκής στα βασικότερα σημεία του θέματος του θερμός κατανόηση.

Υποκειμενικά λοιπόν κρίνοντας (κάτι που θα μπορούσε να υπάρξει και προϊόν συνδιαπραγμάτευσης με τους μαθητές) η ελάχιστη διδακτική ύλη προς κατανόηση του θέματος του θερμός από το σχολικό βιβλίο (Αντωνίου κ.ά., 2000α)

είναι οι διδακτικές ενότητες 2.1, 2.8, 2.9, 2.10, η 2.2 χωρίς την αναφορά λεπτομερώς στην κλίμακα Kelvin και η 2.4 χωρίς αναφορά στην παράγραφο για την εσωτερική ενέργεια. Η εν δυνάμει διδακτική ύλη συμπεριλαμβάνει όλη την ενότητα 2.2, 2.4 και την 2.3. Οι υπόλοιπες διδακτικές ενότητες θα μπορούσαν να καλυφθούν με παρόμοιο τρόπο με επιλογή άλλων θεμάτων.

Οι στόχοι από τον οδηγό του καθηγητή (Αντωνίου κ.ά., 2000β), που θα επιδιωχθεί η επίτευξη τους είναι οι υπ' αριθμ. (1), (2) χωρίς αναφορά στην κλίμακα Kelvin, (3), (5), (6), (7), (8), (19) και (20).¹⁰

Ο τρόπος προσέγγισης του Φυσικού και οι ιδέες των μαθητών

Οι διαφορές ανάμεσα στην γλώσσα της επιστήμης και στην κοινωνική γλώσσα των μαθητών, όπως φαίνεται από τα προηγούμενα ή όπως αρκετά περιεκτικά εκφράσανε οι Leach & Scott (2000) είναι εννοιολογικού, επιστημολογικού και οντολογικού χαρακτήρα .

Εννοιολογικές διαφορές

Ένα από τα κυρίαρχα ενδιαφέροντα του δάσκαλου Φυσικής είναι να δημιουργήσει για το μαθητή ένα μικρό εννοιολογικό δίκτυο, από το οποίο αυτός θα μπορεί να αντλεί αφηρημένη γνώση για να την εφαρμόζει στα διάφορα προβλήματα που θα κληθεί να αντιμετωπίσει. Ένα τέτοιο ρόλο μπορεί να παίξει η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, και ιδιαίτερα η κατασκευή της σύνοψης που μπορεί να θεωρηθεί μια καταρχήν «αποθήκη» για το σκοπό αυτό. Πρώτα, όμως ο δάσκαλος θα πρέπει να καταπολεμήσει τις βασικές δυσκολίες του μαθητή.

Η αφηρημενοποίηση βέβαια της γνώσης και η απεξάρτηση της από το πλαίσιο δεν είναι συνήθως μια τόσο εύκολη υπόθεση. Δεν υπάρχουν μαγικοί τρόποι και απλώς η λύση είναι η μάθηση της γνώσης σε πολλαπλά πλαίσια, έτσι ώστε οι μαθητές να αποκτούν την γνώση σε διπλή μορφή, και δεμένη με τα πλαίσια των χρήσεων της και ανεξάρτητη από οποιοδήποτε συγκεκριμένο πλαίσιο (Collins, Brown & Newman, 1989, p. 487). Είναι δύσκολο να θυμάσαι αφηρημένες έννοιες, αν αυτές δεν είναι θεμελιωμένες σε περιστατικά που είναι δυνατόν να επαναφέρεις στην μνήμη. Η διαδικασία δε, που απαιτείται για να μάθουν τα παιδιά να φορούν τα «νοητικά γυαλιά» του επιστήμονα, να δουν φαινόμενα και πειραματικές καταστάσεις με ιδιαίτερους τρόπους, είναι μια σύνθετη και μακρόχρονη διαδικασία.

Ένας βασικός παράγοντας που διαμορφώνει τις αντιλήψεις των μαθητών είναι η καθημερινή κοινωνική γλώσσα με κυρίαρχο τον δυαδισμό των λέξεων ζεστό-κρύο και όλων κατόπιν των παράγωγων και «συνώνυμων» λέξεων. Ενισχυτικός παράγοντας στις ιδέες αυτές των μαθητών είναι η αισθητηριακές τους αντιλήψεις που στην περίπτωση της θερμότητας κύριο κανάλι αντίληψης είναι η αίσθηση της αφής.

Ο Φυσικός από την άλλη που χρησιμοποιεί την κοινωνική γλώσσα της επιστήμης του, που σημαίνει μια συνεκτική εννοιολογική δομή, πρέπει για να μπορέσει να συνδιαλλαγεί με τους μαθητές να προσαρμόσει το επίπεδο της γλώσσας και ικανοτήτων του με αυτά του μαθητή.

Προτείνεται λοιπόν για μεν την περίπτωση της θερμοκρασίας, ο δάσκαλος να ξεκινήσει από αυτήν την αντίληψη των μαθητών για ζεστό-κρύο και σταδιακά, με συνεχή αλλά και ασυνεχή μονοπάτια εννοιολογικής αλλαγής να καταλήξει στην επιστημονική προσέγγιση που αντιμετωπίζει τη θερμοκρασία ενός σώματος ως μία μακροσκοπική παράμετρο που εκφράζει την κατάσταση άτακτης κίνησης των σωματιδίων. Για την περίπτωση της θερμότητας, με ανάλογο τρόπο, από την αντίληψη των μαθητών, ότι υπάρχει κάτι (θερμότητα, κρύο) που ρέει ανάμεσα στα σώματα στην αντίληψη ότι αυτό είναι η θερμότητα και τελικά στην επιστημονική ότι δηλ. η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που ρέει ανάμεσα σε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, από αυτό της υψηλότερης θερμοκρασίας προς αυτό της χαμηλότερης θερμοκρασίας, όταν αυτά έρχονται σε επαφή. Η ερμηνεία των όποιων

¹⁰ Βλ. για τις διδακτικές ενότητες και τους στόχους σσ. 40-41.

κειμένων και λόγου να γίνεται πάντα με όρους της εκάστοτε συναποφασισμένης γλώσσας.^{11 12} Η μείωση της γλωσσικής περιπλοκότητας, είναι ένας από τους τρόπους που προτείνουν και οι Hodson & Hodson (1998b), σαν μέθοδο επιτυχημένου scaffolding.

Συγχρόνως όμως απαντήσεις πρέπει να δοθούν στους μαθητές και για την αίσθηση του ζεστού-κρύου, που τους προκύπτει κατά το άγγιγμα αντικειμένων. Καθοριστικοί παράγοντες για την αισθητηριακή αυτή αντίληψη των μαθητών είναι (Sciarreta et. al, 1990; Driver κ.ά. ,1993, σ.σ. 273-278):

- η σταθερότητα της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος
- η σκέψη με γραμμική μονή κατεύθυνση από τα αντικείμενα προς το ανθρώπινο σώμα
- η περιορισμένη εστίαση σε «εμφανείς» ιδιότητες των σωμάτων παρά στις θερμικές αλληλεπιδράσεις
- ο παράγοντας του χρόνου που δεν γίνεται αντιληπτός από τους μαθητές (ενώ γίνεται αντιληπτός στις υπόλοιπες περιπτώσεις) με άμεση συνέπεια η κατάσταση να μην γίνεται αντιληπτή ως δυναμική, αλλά μάλλον ως σταθερή.

Οντολογικές διαφορές

Πιθανότατα βέβαια η αιτία να είναι και οντολογικής φύσης, ότι δηλ. οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν το ανθρώπινο σώμα σαν ένα σώμα που αλληλεπιδρά με άλλα σώματα, αλλά απλώς του αποδίδουν τον ρόλο ενός γρήγορου θερμομέτρου (το οποίο επίσης δεν αναγνωρίζουν ότι είναι ένα σώμα που αλληλεπιδρά θερμικά με τα άλλα).

Εκτός από την αισθητηριακή αντίληψη των μαθητών που πρέπει να αντιμετωπίσει ο δάσκαλος Φυσικής λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που την επηρεάζουν, ένα άλλο θέμα, οντολογικής φύσεως, είναι ο αέρας, πως τον αντιλαμβάνονται τα παιδιά. Δεν είναι σίγουρο, ότι τα παιδιά λαμβάνουν πάντα υπόψη τους τον αέρα σαν ένα σώμα που μπορεί να αλληλεπιδρά θερμικά, ενώ αντιστρόφως συχνά τον θεωρούν ως απαραίτητο μέσο για την διάδοση της θερμότητας.

Επιστημολογικές διαφορές

Ο δάσκαλος πρέπει να εισάγει τους μαθητές στον ιδιαίτερο ορθολογισμό των Φυσικών Επιστημών. Να επιμένει συστηματικά στην εφαρμογή της μοντελοποιημένης γνώσης. Η πρόβλεψη, το πείραμα, η παρατήρηση, η μέτρηση, η

¹¹ Για παράδειγμα το παρακάτω απόσπασμα από το σχολικό βιβλίο (Αντωνίου κ.ά., 2000α): *Παρόμοια θερμαίνουν χωρίς να φωτίζουν το ζεστό σώμα του καλοριφέρ (...)* θα έπρεπε να «μεταφράζεται» από τους μαθητές: *Παρόμοια θερμαίνουν χωρίς να φωτίζουν το υψηλότερης θερμοκρασίας από το περιβάλλον σώμα του καλοριφέρ (...)*

¹² Ο Βλάχος (2000) για τον χαρακτηρισμό της θερμικής κατάστασης των σωμάτων προτείνει να μη χρησιμοποιούνται οι γνωστές καθημερινές λέξεις (ζεστό, καυτό, κρύο, παγωμένο κ.τ.λ.), αλλά να χρησιμοποιείται η θερμοκρασία (πολύ χαμηλή, χαμηλή, υψηλή, πολύ υψηλή κ.τ.λ.)

Επειδή δε, όπως φάνηκε από την εργασία του τα παιδιά ταυτίζουν ευκολότερα την θερμότητα με την ζέστη, να χρησιμοποιείται η ενέργεια για την μεταβολή της θερμικής κατάστασης των σωμάτων αντί της θερμότητας. Έτσι, προτείνει εκφράσεις όπως

«η θερμότητα ζεσταίνει το σώμα»

ή «όταν ένα σώμα ψύχεται, συστέλλεται»

να αντικατασταθούν αντίστοιχα με τις παρακάτω:

«όταν δίνεται ενέργεια σε ένα σώμα, η θερμοκρασία του αυξάνει»

«όταν αφαιρείται ενέργεια από ένα σώμα, τότε η θερμοκρασία του μειώνεται και το σώμα συστέλλεται».

Η διαπίστωση μου είναι πρώτον, ότι εστιαστικά δεν μπορούν να καταργηθούν λέξεις από οποιοδήποτε λεξιλόγιο (είτε το καθημερινό, είτε το επιστημονικό) και μόνο ερμηνευτικά πλαίσια μπορούν να τίθενται. Η δεύτερη παρατήρηση μου αφορά, ότι ενώ μεν για την περίπτωση της θερμοκρασίας γενικά συμφωνώ, οι τελευταίες δύο προτάσεις του για την θερμότητα δεν είναι σωστές, καθώς πρέπει να καθορίσουν και την διαδικασία ενεργειακής μεταφοράς, δηλ. της θερμότητας.

σύγκριση και η καταγραφή των δεδομένων στα επιστημονικά πλαίσια, η επισήμανση της κατεύθυνσης των δεδομένων, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες επιστημονικές έννοιες, μπορούν όλα να μοντελοποιηθούν από τον δάσκαλο προσέχοντας να εστιάσει στα ουσιαστικά τους χαρακτηριστικά. Η μοντελοποίηση από τον δάσκαλο σε μια αυθεντική εξερεύνηση (βασισμένη στο εργαστήριο, στο χώρο εργασίας, στην βιβλιογραφία ή στα ηλεκτρονικά μέσα) μπορεί να παίξει ένα κρίσιμο ρόλο στο είδος των διαδικασιών εισαγωγής στον πολιτισμό της κοινότητας.

Ο δάσκαλος πρέπει να δείχνει στους μαθητές, όποτε του δίνεται η ευκαιρία, τις ρίζες και τα όρια της επιστήμης. Να επισημαίνει τις ραγδαίες εξελίξεις στον χώρο των Φυσικών Επιστημών, που έχουν σαν αποτέλεσμα το «προσωρινό» των θεωριών αλλά και τις διαδικασίες με τις οποίες επικυρώνεται η γνώση και επιβιώνει στο βάθος του χρόνου. Να κρίνει τα αποτελέσματα των πειραμάτων (πραγματικών ή μέσω προσομοιώσεων) με βάση τα αναμενόμενα από την θεωρία. Να τροφοδοτεί με εργασίες κοινωνικού ή ιστορικού περιεχομένου της υπό μελέτης θεματικής ενότητας.

Η γλώσσα

Για όλα τα παραπάνω είναι η φύση της γλώσσας που χρησιμοποιείται από τον δάσκαλο κατά την διάρκεια αυτών των ανταλλαγών με τους μαθητές που εγκαθιστά το ερμηνευτικό πλαίσιο, με την μετατόπιση πίσω και μπροστά ανάμεσα στην καθημερινή και επιστημονική γλώσσα. Μέσα σ' αυτό το ερμηνευτικό πλαίσιο οι μαθητές γίνονται ικανοί να δώσουν επιστημονικό νόημα σε οτιδήποτε μελετάται και τους καθιστά ικανούς να κάνουν την κρίσιμη μεταφορά από απλές περιγραφικές παρατηρήσεις «*Το σίδερο είναι ψυχρό*» σε βασισμένες στις έννοιες προτάσεις και συλλογισμούς της επιστήμης.

Βέβαια στον διάλογο δασκάλου-μαθητών πάντα θα τίθεται το θέμα μιας σωστής καθηγητικής κρίσης για ισορροπία ανάμεσα σε δύο καταστάσεις: ούτε να επιβληθεί η σημασία, ούτε να επιτραπεί στους μαθητές να κατασκευάσουν οποιαδήποτε σημασία συμβαίνει να τους ταιριάζει, για οποιουσδήποτε λόγους.

Ο λόγος του δάσκαλου είναι ένας τρόπος για την εισαγωγή νέων ιδεών και ορολογίας, προσεκτικά, συστηματικά και με ευαισθησία. Έτσι, αυτός πρέπει να μοντελοποιήσει την κατάλληλη χρήση της γλώσσας, να κάνει σαφή αναφορά στα διακριτά της χαρακτηριστικά, να προμηθεύσει με δραστηριότητες γλώσσας τους μαθητές που εστιάζουν σε αυτά τα χαρακτηριστικά, να δημιουργήσει ευκαιρίες για τους μαθητές να ενεργήσουν ως αυτόνομοι χρήστες της γλώσσας και να εξασφαλίσει κριτική ανατροφοδότηση της επιτυχίας τους ή μη να ενεργούν έτσι. Χρειάζεται επίσης πολύ μετα-λόγος (λόγος για τον λόγο), με τον οποίον ο δάσκαλος θα εξηγήσει γιατί υιοθετεί μια συγκεκριμένη φόρμα γλώσσας. Οι μαθητές χρειάζεται να μάθουν, ότι ενώ η καθημερινή γλώσσα είναι επαρκής σε κάποιες περιστάσεις, η γλώσσα της επιστήμης είναι αναγκαία σε άλλες. Οι μαθητές πρέπει να γνωρίσουν τις περιπτώσεις στις οποίες διαφορετικοί κώδικες είναι εφαρμόσιμοι και χρειάζονται πολύ πρακτική για να μπορούν να εναλλάσσονται μεταξύ αυτών. Έτσι, αν αναζητούσαμε την εξήγηση στο προηγούμενο παράδειγμα του «ψυχρού» σιδήρου, τότε η ανάλυση θα έπρεπε να μεταφερθεί από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο, ότι δηλ. η θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της σωματιδιακής αναταραχής, ενώ η θερμότητα αναφέρεται στην μεταφορά κινητικής ενέργειας από τα σωματίδια της υψηλότερης σωματιδιακής αναταραχής προς αυτά της χαμηλότερης δηλ. από αυτά του ανθρώπου προς αυτά του σιδήρου.

Το αναλυτικό πρόγραμμα και ο τρόπος προσέγγισης του Φυσικού

Το Ε.Π.Π.Σ., (1998, σ.11), προτείνει ότι κατά τον σχεδιασμό των προγραμμάτων σπουδών θα πρέπει να μένουν πλαίσια, ώστε να δίνουν την ευχέρεια αλλαγής ή τροποποίησης του περιεχομένου κατά τις ανάγκες, κατά τις συνθήκες και σε κάθε περίπτωση «μετά λόγου». Προτείνει λοιπόν τα προγράμματα να είναι ευέλικτα και όχι πολύ αναλυτικά (διατηρώντας βέβαια κάποιες «σταθερές»), αναφέροντας χαρακτηριστικά ότι η λεπτομερής αναλυτικότητα γίνεται δεσμευτική για

τον δάσκαλο, με κίνδυνο ή αυτός να μην ακολουθήσει το πρόγραμμα ή να χάσει το σκοπό και τους μαθητές που δεν θα μπορούν να παρακολουθήσουν. Το Ε.Π.Π.Σ. επομένως προσφέρει ελευθερία κινήσεων στο δάσκαλο για να οργανώσει κατάλληλα τη διδασκαλία του.

Συγχρόνως λοιπόν με τον καθορισμό του περιεχομένου προς διδασκαλία και των στόχων του, μπαίνουν για το δάσκαλο και μια σειρά από άλλα ζητήματα, που έχουν να κάνουν με το τι και πως οι μαθητές θα έπρεπε να μάθουν. Τα ζητήματα αυτά αφορούν συχνά την ανάγκη ισορροπίας ανάμεσα σε δύο επιθυμητά αλλά ασυμβίβαστα στοιχεία (trade-offs). Ο Collins (1996, pp.349-350) ανέπτυξε τα κόστη και οφέλη που απορρέουν από τα στοιχεία κάποιων trade-offs που αφορούν τους μαθησιακούς στόχους. Ανάμεσα στα trade-offs που αναφέρει ο συγγραφέας είναι:

- Απομνημόνευση έναντι εμπάθουσας

Κάποια από τα κόστη της απομνημόνευσης είναι, ότι αυτή οδηγεί σε όχι ευέλικτη χρήση της γνώσης που έχει απομνημονευτεί και χρησιμοποιείται σε ασκήσεις και πρακτικές που δεν παρέχουν κίνητρα στους μαθητές. Το κύριο όφελος της απομνημόνευσης είναι ότι βοηθά τους μαθητές να κάνουν κάποιες εργασίες γρήγορα και εύκολα απελευθερώνοντας το μυαλό για σκέψη σε πιο περίπλοκα προβλήματα του θέματος.

Όπως μπορεί να φανεί, από τους στόχους που θα επιδιωχθούν από το σχολικό βιβλίο, αυτοί προκρίνουν μάλλον την εμπάθουσα έναντι της απομνημόνευσης (παρά τον συνήθως αντίθετο τρόπο αξιολόγησης των μαθητών στο σχολείο). Στο μαθησιακό περιβάλλον που θα εφαρμόσω οι μαθητές θα έχουν ελεύθερη πρόσβαση σε οποιαδήποτε πηγή πληροφορίας είναι δυνατή. Οι απαιτούμενες γνώσεις προς απομνημόνευση θα αποκτηθούν μέσω της μοντελοποίησης τους από τον δάσκαλο και της επαναλαμβανόμενης χρήσης τους από τους μαθητές σε δραστηριότητες που στόχο θα έχουν την εμπάθουσα τους, έτσι ώστε να αντανakλούν τις πιθανές χρήσεις τους για τα προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

- Ολόκληρο το θέμα έναντι συστατικών μερών

Το trade-off αυτό αναφέρεται στο να ζητείται από τους μαθητές να παρουσιάσουν ολόκληρα θέματα που απαιτούν την ολοκλήρωση μιας ποικιλίας δεξιοτήτων έναντι στο να ζητείται από αυτούς να παρουσιάσουν απλοποιημένα θέματα που εστιάζουν σε συγκεκριμένες υποδεξιότητες. Τα κόστη από το να δίνεις στους μαθητές ολόκληρα θέματα είναι ότι καθίσταται δύσκολο να εστιάσεις σε συγκεκριμένες αδυναμίες που πιθανόν αυτοί έχουν, είναι δύσκολο να διαχειριστείς την συνολική διαδικασία με μιας και πάντα υπάρχει η πιθανότητα αποτυχίας όταν το θέμα είναι ιδιαίτερα περίπλοκο. Τα οφέλη από ολόκληρα θέματα είναι ότι είναι εύκολο να παρατηρηθεί ο στόχος της άσκησης, είναι δυνατόν να γίνει πρακτική στις δεξιότητες που απαιτούνται προς ολοκλήρωση και είναι απίθανο κάποιος να αναπτύξει στρατηγικές, που είναι αντιπαραγωγικές προς το θέμα σαν σύνολο.

Φαίνεται καθαρά, ότι η επικέντρωση σε υποδεξιότητες είναι κάποτε ιδιαίτερα παραγωγική, αλλά ιδανικά αυτό θα έπρεπε να συμβαίνει όταν γίνεται διάγνωση μιας αδυναμίας. Για τους μαθητές καθοριστικό σημείο για τις δυσκολίες κατανόησης που αντιμετωπίζουν στο κεφάλαιο της θερμότητας είναι οι ιδέες που αναπτύσσουν από την αισθητηριακή τους αντίληψη που προέρχεται από το άγγιγμα «θερμών», «ψυχρών» αντικειμένων, καθώς και από την καθημερινή γλώσσα. Κατ' αρχήν λοιπόν, πριν από την μελέτη του θέματος του «Θερμός» πρέπει να σχεδιασθούν δραστηριότητες που να αντιμάχονται αυτές τις αντιλήψεις τους. Όσον αφορά την περιπλοκότητα του θέματος για μείωση του κινδύνου αποτυχίας, αναφέρθηκε ήδη ότι η συλλογή των θεμάτων προς επιλογή από τους μαθητές από μια σχετική «τράπεζα θεμάτων» δεν πρέπει να εισάγει υπερβολικά πολλές ενότητες προς διερεύνηση.

Η παροχή βοηθειών επιτρέπει ακόμη και σε αδύνατους μαθητές να εκτελέσουν τα ολόκληρα θέματα από την αρχή. Η στρατηγική του πειραματικού

προγράμματος περιλαμβάνει την προσφορά βοηθειών στο «ολόκληρο θέμα» του «Θερμός» και κατόπιν να δίνονται, όποτε κρίνεται αναγκαίο, βοήθειες στα «συστατικά θέματα» (μελέτη των ενοτήτων του βιβλίου, εκτέλεση πειραμάτων, σχεδιασμός γραφικής παράστασης κ.τ.λ.)

- Πλάτος γνώσης έναντι βάθους γνώσης

Το θέμα εδώ είναι κατά πόσον επιθυμούμε οι μαθητές να μαθαίνουν λίγο για πολλά πράγματα, να βγάλουμε δηλ. επιστημονικά εγγράμματος πολίτες ή αυτοί να κατανοήσουν λίγα θέματα αλλά βαθιά.

Τα κόστη του πλάτους είναι ότι οι μαθητές δεν παίρνουν καμιά αυθεντική αίσθηση για κανένα θέμα και ότι η απαίτηση για πλάτος συχνά μετατρέπεται σε αξιώσεις να μάθουν συγκεκριμένα πράγματα. Πάντως, το καινούργιο βιβλίο Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α) φαίνεται να έχει μειώσει σημαντικά την διδακτέα ύλη. Τα οφέλη του πλάτους περιλαμβάνουν την επιστημονική γραμματοσύνη η οποία είναι κρίσιμη για τους ανθρώπους ώστε να καταλάβουν ο ένας τον άλλο. Οι μαθητές εκτίθενται επίσης σε διαφορετικές ιδέες και έτσι μπορούν να κάνουν επιλογές με γνώση αναφορικά με τους στόχους που επιδιώκουν. Τελικά το πλάτος επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα σε διαφορετικούς κλάδους της επιστήμης, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν νέα και βαθιά γνώση.

Ένας συμβιβασμός ανάμεσα στο πλάτος και στο βάθος πιστεύω ότι γίνεται με την πρόταση μου του πειραματικού προγράμματος για την δόμηση της διδασκαλίας πάνω σε ένα θέμα που είναι γνωστό στον δάσκαλο (άρα όχι τόσο χρονοβόρο) και το οποίο στην ανάπτυξη του μπορεί να καλύψει μια πλατιά ποικιλία διδακτικών ενοτήτων. Στην διάρκεια ανάπτυξης αυτών των μαθημάτων περισσότερο ενδιαφέρον θα επικεντρωθεί στις κύριες συστατικές ενότητες του «θέματος», που στην περίπτωση του Θερμός εκτός από τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας ειδική ανάπτυξη πρέπει να γίνει για το φαινόμενο της Ακτινοβολίας. Όσον αφορά το επίπεδο εμπάνθουσης των ενοτήτων, αλλά και μετασχηματισμού του καθαρά επιστημονικού περιεχομένου σε σχολικό επιστημονικό περιεχόμενο θα υιοθετηθεί αυτό του σχολικού βιβλίου. Κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο αν τα μαθησιακά περιβάλλοντα θα πρέπει να υποστηρίζουν και τους δύο στόχους του σχολείου, ότι δηλ. κάποιοι μαθητές θα πρέπει να γίνουν ειδικοί και κάποιοι θα χρειασθούν απλώς γενικές γνώσεις για την ζωή τους. Εξαίρεση θα γίνει μόνο αν το ίδιο το «θέμα» απαιτεί περισσότερη εμπάνθουση (κάτι που μάλλον δεν χρειάζεται για το θέμα του «Θερμός») ή αν οι μαθητές οι ίδιοι θέσουν τέτοιο ζήτημα. Το τελευταίο είναι πολύ πιθανόν, όπου κατά το στάδιο κατασκευής ερωτήσεων μπορεί π.χ. να τεθεί η ερώτηση από τους μαθητές: *Γιατί τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας;* Μια τέτοια ερώτηση δεν μπορεί να απαντηθεί από το σχολικό βιβλίο, καθώς το μοντέλο της σωματιδιακής ύλης που προτείνει είναι ιδιαίτερα απλό και δεν κάνει καμιά αναφορά στα ηλεκτρόνια.

- Ποικίλη έναντι ομοιόμορφης γνώσης

Τα περισσότερα σχολεία προσπαθούν να διασφαλίσουν ότι όλοι οι μαθητές θα μάθουν τα ίδια πράγματα. Μια εναλλακτική προσέγγιση προβλέπει για τους μαθητές να αποκτούν ποικίλη γνώση. Η διαφορά αυτή μπορεί να έχει βαθιά αποτελέσματα για την οργάνωση της μάθησης. Ένα κόστος της ποικίλης γνώσης είναι η απώλεια της κοινωνίας της μοιρασμένης γνώσης, όπου οι μαθητές μπορούν να συζητούν θέματα έχοντας παρόμοιες υποδομές. Ένα άλλο κόστος είναι ότι οι δάσκαλοι δεν μπορούν να εκτιμούν πλέον τους μαθητές με τους ίδιους όρους. Τα οφέλη είναι ότι οι μαθητές μπορούν να εξειδικευτούν σε ότι τους ενδιαφέρει και αυτό τους προσφέρει το συναίσθημα της περηφάνιας της κατοχής γνώσης και δεξιοτήτων. Μπορεί επίσης να ειπωθεί σαν όφελος το γεγονός ότι οι δάσκαλοι δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν μια απλή μετρητική μέθοδο του είδους πόσο ειδικό περιεχόμενο έχουν αποκτήσει οι μαθητές, αλλά ότι πρέπει να τους κρίνουν βάσει των προϊόντων και προσπαθειών τους.

Η πρόταση μου του πειραματικού προγράμματος στην περίπτωση που εφαρμοζόταν σε μια πραγματική σχολική τάξη πιθανότατα να προέβλεπε την διαχείριση διαφορετικών «θεμάτων» από ομάδες μαθητών, εφόσον κάτι τέτοιο μπορούσε να είναι εφαρμόσιμο. Στόχος όμως θα ήταν οι διδακτικές ενότητες προς διερεύνηση να συγκλίνουν, έτσι ώστε να υπάρχει μια κοινωνία μοιρασμένης γνώσης. Εξ άλλου στο τέλος κάθε ομάδα μαθητών θα μπορούσε να ανακοινώνει τα αποτελέσματα της ενασχόλησης της με το δικό της θέμα. Μια άλλη λύση για παροχή περισσότερων ελευθεριών στους μαθητές είναι το βασικό περιεχόμενο προς μελέτη να είναι δεδομένο και οι μαθητές να έχουν την δυνατότητα της επιλογής εφαρμογών της θεωρίας. Κάτι τέτοιο διευκολύνεται από το σχολικό βιβλίο, όπου οι εφαρμογές (μαζί με ιστορικά στοιχεία κ.ά.) βρίσκονται σε διακριτό χώρο αυτού, με τον τίτλο «Δείτε κι' αυτό» και προτείνονται προαιρετικά στους μαθητές. Η προσέγγιση αυτή θα χρησιμοποιηθεί και στο πειραματικό πρόγραμμα που θα εφαρμόσουμε με δυνατότητα επιλογής εφαρμογών των μαθητών από τον χώρο αυτό, εκτός από κάποιες που ο δάσκαλος κρίνει ως απαραίτητες να μελετηθούν.

- Γνωσιακή έναντι φυσικής εξάσκησης

Καθώς δημιουργούμε προσομοιωμένα περιβάλλοντα το κρίσιμο ερώτημα που αναδεικνύεται αφορά την ισορροπία ανάμεσα στην ανάπτυξη φυσικών χειριστικών δεξιοτήτων έναντι της ανάπτυξης γνωσιακών δεξιοτήτων. Το κόστος της επικέντρωσης σε γνωσιακή εξάσκηση είναι ότι οι μαθητές πιθανόν να μην μπορούν να αναγνωρίζουν συγκεκριμένες καταστάσεις του πραγματικού κόσμου, επειδή αυτές φαίνονται διαφορετικές από την προσομοίωση. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι σημαντικές χαρτογραφήσεις που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση ενός συστήματος πιθανόν να χάνονται. Αυτό σημαίνει, ότι οποιαδήποτε προσομοίωση που πετά σημαντικό κομμάτι της χαρτογράφησης της πραγματικότητας διακινδυνεύει να πετάξει και σημαντικά συστατικά στα οποία οι άνθρωποι στηρίζονται. Το όφελος από τις προσομοιώσεις είναι ότι αυτές καθιστούν δυνατή την εστίαση σε προεξέχοντες όψεις της κατάστασης, έτσι ώστε οι μαθητές να μην χάνονται στην περιπλοκότητα. Επιπλέον οι προσομοιώσεις κοστίζουν συνήθως λιγότερο και απασχολούν λιγότερο χρόνο. Μια λύση θα ήταν να αρχίσουμε με γνωσιακή εξάσκηση έτσι ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν μια γενική εικόνα και να μετακινηθούμε μετά σε φυσική εξάσκηση. Μια άλλη λύση θα ήταν ο συμβιβασμός της προσομοίωσης και της πραγματικότητας, κάτι που επιτυγχάνεται με την χρήση των M.B.Ls (Microcomputer Based Laboratories)¹³.

Στην ανάπτυξη της διδακτικής σειράς της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις της «Ναυσικάς», μια προσομοίωση που κατασκευάστηκε ειδικά για τη διδακτική σειρά, ενώ έγιναν και πραγματικά πειράματα με απλά υλικά.

Η χρήση προσομοιώσεων περισσότερο αντί πραγματικών πειραματικών περιβαλλόντων στην παρούσα εργασία δεν σημαίνει ότι συνηγορώ υπέρ της αποκλειστικής χρήσης αυτών. Αυτή υπαγορεύτηκε απλώς από λόγους εξοικονόμησης χρόνου, εξαιτίας του χώρου και επομένως της διαθεσιμότητας πειραματικών υλικών. Βέβαια, εκείνο τουλάχιστον που πρέπει να αναλύεται στους μαθητές κατά την χρήση τους είναι το πως λειτουργούν οι προσομοιώσεις σε σχέση με τα πραγματικά πειράματα και σε σχέση με τα αναμενόμενα από την θεωρία.

Ένα άλλο trade-off που αναφέρει ο συγγραφέας και αφορά τα μαθησιακά πλαίσια είναι αυτό της τυχαίας έναντι της ευθείας μάθησης

- Τυχαία έναντι ευθείας μάθησης

¹³ Η προσωπική μου εμπειρία και εκτίμηση που απορρέει από αυτήν είναι ότι τα M.B.Ls βρίσκονται ακόμη σε στάδιο ανάπτυξης και ουσιαστικά οφέλη από την χρήση τους μπορούν να προκύψουν μόνο για τις μεγαλύτερες τάξεις, αυτές του Λυκείου.

Όταν οι μαθητές ευρίσκονται στο περιβάλλον ενός θέματος, ότι αυτοί μαθαίνουν πιθανόν να διδάσκεται ευθέως από το θέμα ή και τυχαία. Τα κόστη της τυχαίας μάθησης είναι μια ιδιαίτερα λεπτή υπόθεση και έχουν να κάνουν με την αυθεντικότητα. Στον βαθμό που κάποιος διδάσκει όχι ευθέως είναι πιθανόν να προωθήσει τα λάθος μαθήματα. Αυτός ήταν εξ άλλου και ένας βασικός λόγος για την επιλογή της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας. Πέραν της ιδιαίτερης αξίας της τεχνικής αυτής όπως ήδη αναφέρθηκε, αυτή βοηθά στον σχεδιασμό της διδακτικής-μαθησιακής σειράς και στην καταγραφή μέσω αυτής της φιλοσοφίας της εγκαθιδρυμένης μάθησης και των αρχών της γνωσιακής μαθητείας. Σίγουρα ο Winn (1994, παραπομπή από Wolfson, & Willinsky, 1998) έχει εν μέρει δίκιο όταν στην κριτική του για την εγκαθιδρυμένη μάθηση καταλήγει στο συμπέρασμα, ότι αυτή αναγκάζεται να λειτουργεί χωρίς πλάνο εξαιτίας της διαισθητικότητας της και της εξάρτησης της από το πλαίσιο. Παρόμοια οι Hodson & Hodson (1998b) επισημαίνουν, ότι οι δάσκαλοι πρέπει να σκέφτονται «στο πόδι», για να αποφασίσουν ποια είναι η κατάλληλη ενέργεια στις διαρκώς εξελισσόμενες καταστάσεις. Το όφελος της τυχαίας μάθησης είναι ότι το θέμα είναι πιθανόν να είναι ενδιαφέρον και έτσι οι μαθητές να αφιερώνουν πολύ χρόνο σ' αυτό. Η πρότασή μου είναι να θέτουμε προς μελέτη ένα ενδιαφέρον θέμα το οποίο να αντανakλά τις χρήσεις της γνώσης που μαθαίνεται και να αφήσουμε τα όποια φαινόμενα, έννοιες κ.τ.λ. να μαθαίνονται εν μέρει τυχαία από το θέμα. Η οργάνωση κατάλληλα ενός πακέτου θεμάτων προς μελέτη, μπορεί να καλύψει όλες τις απαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες, καθώς και την θεματική ενότητα (στην περίπτωση μας το κεφάλαιο της θερμότητας).

Επίσης, ένας άλλος λόγος για την επιλογή της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας είναι, ότι γενικά με την διδασκαλία και μάθηση που βασίζεται στο μοντέλο της εισαγωγής στον πολιτισμό του δάσκαλου φυσικής δημιουργείται πρόβλημα εξαιτίας του ότι αυτό το μοντέλο είναι χρονοβόρο, απαιτεί περισσότερο κόστος και αν επιθυμούμε να λειτουργήσει αποτελεσματικά, χρειάζεται μικρό μέγεθος τάξης. Η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, σαν μια προσέγγιση που βασίζεται στην ομάδα, φαίνεται να επιλύει, έστω και μερικώς, το πρόβλημα της εφαρμογής αυτού του μοντέλου σε μια συνηθισμένου μεγέθους τάξη.

Γενικά τα προβλήματα και οι κριτικές που γίνονται κατά την εφαρμογή των τεχνικών οποιασδήποτε διδακτικής φιλοσοφίας προέρχονται κατά ένα μεγάλο μέρος από την άκαμπτη και αυστηρή υλοποίηση τους. Ως εκ τούτου, δεν προτείνω την μέθοδο της αμοιβαίας διδασκαλίας ως την μοναδική τεχνική για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας. Μια διαρκής επανάληψη της μεθόδου αυτής θα καταντούσε κουραστική για τους μαθητές, παρά το αρχικό ενδιαφέρον που πιθανόν να προκαλούσε. Δεν θεωρώ επίσης, ότι μπορεί να εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε σημείο της διδασκαλίας.

Ακόμη, η εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας δεν είναι απαραίτητο να γίνεται με θρησκευτική ευλάβεια και αυστηρή διαδοχή των δραστηριοτήτων. Οι μαθητές μπορούν να προχωρήσουν σε απευθείας επίλυση προβλημάτων, εφαρμογή στρατηγικών και τεχνικών, όταν κριθεί ότι το στάδιο της μοντελοποίησης από τον δάσκαλο δεν είναι αναγκαίο. Σε μια τέτοια περίπτωση ο ρόλος του δασκάλου περιορίζεται στην παροχή καταλλήλων βοηθειών (scaffolding) προς τους μαθητές. Ειδικότερα, για την μέθοδο της αμοιβαίας διδασκαλίας από ένα σημείο και μετά η πρώτη περίοδος της μοντελοποίησης των στρατηγικών της από τον δάσκαλο δίνει την θέση της σε μια φάση στην οποία οι μαθητές παίζουν τον ρόλο του δασκάλου απέναντι στους υπόλοιπους μαθητές (Hodson & Hodson, 1998b). Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι ο δάσκαλος δεν επεμβαίνει όποτε ο ίδιος κρίνει αναγκαίο για την μοντελοποίηση εννοιών, εκτέλεση πειραμάτων κ.τ.λ.

Η μοντελοποίηση επίσης, δεν πρέπει να θεωρείται ως μια στατική διαδικασία, που γίνεται άπαξ ή όταν απαιτείται η εκμάθηση νέων στρατηγικών, δεξιοτήτων, αλλά και κατά την διάρκεια του κωουτσαρίσματος, όταν οι συνθήκες απαιτούν μερική ή ολική επανεφαρμογή αυτής.

Για τον σχεδιασμό του μαθησιακού περιβάλλοντος προτίθεται να χρησιμοποιήσω τα δύο είδη μοντελοποίησης που αναφέρει ο Collins(1991, παραπομπή από Collins, 1996, p.356) και είναι: (α) η μοντελοποίηση των φυσικών διαδικασιών που αποτελούν την βάση των φαινομένων που επιθυμούμε οι μαθητές να κατανοήσουν, και (β) η μοντελοποίηση της διαδικασίας σκέψης που αποτελεί την βάση της επίδοσης του ειδήμονα στην περίπτωση μας δηλ. του Φυσικού. Τα οφέλη αυτής της διαδικασίας είναι ότι οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τις συνήθως αόρατες διαδικασίες και μετά να αρχίσουν να ολοκληρώνουν το τι συμβαίνει με το γιατί συμβαίνει.

Για το επίπεδο των βοηθειών που πρέπει να δίνεται στους μαθητές και για το πότε πρέπει να δίνονται αυτές, δηλ. για τον καθορισμό της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης (Z.E.A.) των μαθητών έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι.¹⁴ Πεποίθησή μου είναι ότι ο καθορισμός της Z.E.A. του μαθητή είναι κυρίως εμπειρικός και εξαρτάται εκτός από την ηλικία, από το θέμα, τον μαθητή κ.τ.λ. Βέβαια, καλό είναι να αναγνωρίζεται η προέλευση της δυσκολίας των μαθητών, αν αυτή αφορά χειρισμό αντικειμένων, εννοιολογικό πρόβλημα κ.τ.λ.¹⁵

Τέλος, να επισημάνω ότι για την εισαγωγή του επιστημονικού μοντέλου θα υιοθετήσω μια «παραγωγική» προσέγγιση, δηλ. θα εισάγεται πρώτα π.χ. το μοντέλο της μετάδοσης της θερμότητας και μετά θα ελέγχεται κατά πόσον αυτό το μοντέλο ταιριάζει με τα πειράματα, τις παρατηρήσεις, τις μετρήσεις κ.τ.λ.

¹⁴ Βλ. ενδεικτικά Conati. & VanLehn, (2001).

¹⁵ Για μια ευρετική μέθοδο αλληλεπίδρασης του δασκάλου με τους μαθητές βλ. Welzel et al.,(1999, p.315).

2. Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ-ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ

Μετά τον καθορισμό της μαθησιακής απαίτησης μπορεί να γίνει και ο σχεδιασμός της διδακτικής-μαθησιακής σειράς, στον οποίο υπάρχουν τρία διακριτά στάδια: (α) το στάδιο μελέτης του θέματος του «Θερμός» στο οποίο κατ' αρχήν εστιάζουμε σε σημαντικές δυσκολίες των μαθητών (βήματα 1,2), (β) το στάδιο μελέτης της ελάχιστης διδακτικής ύλης προς κατανόηση του θέματος του «Θερμός» και τέλος (γ) το στάδιο στοχασμού πάνω στις διαδικασίες που απαιτήθηκαν για την κατανόηση του θέματος.

2.1 ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Βήμα 1

Εκμείευση των ιδεών των μαθητών των μαθητών

Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να αναφέρουν λέξεις, που τους έρχονται στο μυαλό, για την έννοια της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Οι αναμενόμενες απαντήσεις πιθανότατα θα είναι όπως παρακάτω:

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ
Θερμόμετρο	Ζέστη
Κρύο (ψυχρό)	Ήλιος
Ζέστη (θερμό)	Θερμάστρα
Πυρετός	Ηλεκ. Κουζίνα
100°C	Παλτό
20°C	Καλοκαίρι
0°C	Φωτιά
	Καυτό νερό

Οι μαθητές δηλ. έχουν την τάση να συνδέουν την θερμοκρασία με «θερμά» και «κρύα» σώματα και ανάλογες καταστάσεις, ενώ την θερμότητα μόνο με «θερμά» σώματα και ανάλογες καταστάσεις.¹⁶

Βήμα 2

Προοδευτικό κτίσιμο πάνω στην ιδέα ότι υπάρχει κάτι που ρέει από ένα ζεστό προς ένα ψυχρό σώμα.

Αναφέρονται καταρχήν από τον δάσκαλο εφόσον δεν έχουν ειπωθεί από τους μαθητές προηγουμένως και θερμοκρασίες πάνω από 100°C, αρνητικές θερμοκρασίες και επισημαίνεται το κατώτερο όριο θερμοκρασίας. Για να πεισθούν οι μαθητές ότι όλα τα σώματα μπορεί να έχουν θερμοκρασίες και κάτω από τους 0°C χρησιμοποιείται κάποιο πρόσφορο παράδειγμα, π.χ. το εύρος της θερμοκρασίας που είναι σημειωμένο πάνω σε ένα καταψύκτη (-30°C έως -18°C).

Ο δάσκαλος συζητώντας με τους μαθητές τους ρωτά για ποιο λόγο επέλεξαν τις συγκεκριμένες λέξεις, τι είναι εκείνο που τους κάνει να αποδώσουν σε ένα σώμα τον χαρακτηρισμό του θερμού ή ψυχρού. Ο διάλογος περιστρέφεται γύρω από ένα υποθετικό πείραμα όπου ένα μικρό δοχείο με νερό 20°C τοποθετείται μέσα σε ένα άλλο μεγαλύτερο που περιέχει νερό 80°C και φυσικά το μικρό δοχείο θερμαίνεται. Οι μαθητές που καλούνται να βρουν ποιο είναι το «ψυχρό» και ποιο το «θερμό» δεν έχουν φυσικά πρόβλημα. Το υποθετικό πείραμα συνεχίζεται και με ποσότητες νερών άλλων θερμοκρασιών (π.χ. μεγάλο δοχείο με νερό 20°C και μικρό δοχείο με νερό 10°C) μέχρι η συζήτηση να φτάσει σε ένα μεγάλο δοχείο με πάγο 0°C και ένα μικρό δοχείο με πάγο -10°C. Οι μαθητές που πριν από λίγο αποδίδανε εύκολα τους χαρακτηρισμούς «θερμό», «ψυχρό», τώρα πρέπει να αρχίσουν να προβληματίζονται.

¹⁶ Βλ.σ. 42 «Ιδέες μαθητών».

Συγχρόνως οι μαθητές ερωτώνται αν πιστεύουν ότι υπάρχει κάτι που ρέει ανάμεσα στα σώματα και ποια εκτιμούν ότι θα είναι η τελική θερμική κατάσταση των σωμάτων (ποιο δοχείο θα θερμανθεί). Ο δάσκαλος στη συνέχεια επισημαίνει τη δυσκολία καθορισμού της κατάστασης του σώματος με τη χρήση των καθημερινών αυτών λέξεων «θερμό», «ψυχρό». Αναζητώντας ένα σημείο αναφοράς για τον δυαδισμό αυτό, αναφέρεται στους μαθητές ότι αυθαίρετο θα ήταν να ορίζαμε ως «ψυχρά» αυτά που είναι κάτω από 0 °C, καθόσον αυτή η θερμοκρασία αφορά το σημείο πήξης του νερού και διαφορετικά σώματα π.χ. το λάδι έχουν διαφορετικούς βαθμούς που στερεοποιούνται. Στους μαθητές δίνεται και ένα παράδειγμα για το ότι ακόμα και η ανθρώπινη θερμοκρασία (37 °C) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν τέτοιο σημείο αναφοράς αφού οι αισθήσεις δεν δίνουν πάντα ασφαλείς πληροφορίες. Το παράδειγμα μπορεί να είναι ποια αίσθηση θα τους δημιουργηθεί αν από ένα ψυχρό εξωτερικό περιβάλλον, (έστω -10°C), μπουν σε ένα σπίτι χωρίς θέρμανση, που είναι λίγο ψυχρό (έστω 0°C). Προκειμένου να λυθεί η δυσαρμονία προτείνεται στους μαθητές να εγκαταλειφθούν οι έννοιες «ψυχρό», «θερμό» και να αντικατασταθούν με μια κλίμακα «παρά πολύ λίγο θερμό -πολύ λίγο θερμό- λίγο θερμό- θερμό- πολύ θερμό- παρά πολύ θερμό». Η εισαγωγή της κλίμακας αυτής πιθανόν να διευκολύνει και την εισαγωγή της έννοιας της θερμότητας, ως αυτού του «κάτι» που ρέει ανάμεσα σε ένα π.χ. «πολύ θερμό σώμα» και ένα «λίγο θερμό σώμα».

Ο αισθητηριακός παράγοντας της αφής είναι όμως είναι καθοριστικός και για τις ιδέες που μπορεί να έχουν οι μαθητές για τη θερμική ισορροπία ενός κλειστού συστήματος. Σε πρώτη φάση λοιπόν, για να εξωτερικεύσουν οι μαθητές τις απόψεις τους καλούνται να αγγίξουν αντικείμενα του άμεσου περιβάλλοντος τους και να πουν με όρους της κοινά συναποφασισμένης γλώσσας αν θεωρούν κάποια «θερμά», κάποια «λίγο θερμά» κ.τ.λ. Σε δεύτερη φάση προκειμένου να δημιουργηθεί εννοιολογική σύγκρουση στους μαθητές καλούνται να συμμετάσχουν σε ένα πείραμα ανάλογο με αυτό της εικόνας 2.1 του σχολικού βιβλίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α, σ.35).

Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο κατασρόλες. Μια με ζεστό («παρά πολύ θερμό») και μια με κρύο («παρά πολύ λίγο θερμό»). Οι μαθητές βουτάν από ένα χέρι σε κάθε κατασρόλα για λίγο χρόνο και μετά βουτάν τα χέρια τους σε μια τρίτη κατασρόλα με νερό από τη βρύση. Για το νερό της κατασρόλας αυτής οι μαθητές βρίσκονται σε αδυναμία να χαρακτηρίσουν την θερμική του κατάσταση. Τους επισημαίνεται λοιπόν ότι η αίσθηση που είχαν για τα αντικείμενα του περιβάλλοντος που άγγιζαν δεν ήταν ασφαλής για να τους πληροφορήσει κατά πόσο θερμά ήταν αυτά. Για την καταρχήν επίλυση της δυσαρμονίας που δημιουργήθηκε οι μαθητές καλούνται στο προσομοιωμένο εργαστηριακό περιβάλλον της «Ναυσικά» σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (π.χ. 20°C) να εισάγουν διάφορα αντικείμενα διαφόρων θερμοκρασιών και να προβλέψουν και να παρατηρήσουν την εξέλιξη της θερμοκρασίας τους. Ο δάσκαλος βέβαια πρέπει πρώτα να μοντελοποιήσει τις δεξιότητες χειρισμού της προσομοίωσης με την εισαγωγή ενός-δύο αντικειμένων. Στο σημείο αυτό εύλογο θεωρείται να εγκαταλειφθεί η κλίμακα από «παρά πολύ λίγο θερμό» έως «παρά πολύ θερμό», αφού ήδη αυτή πρέπει να έχει καταστεί δύσχρηστη. Στη θέση της, να εισαχθεί το θερμόμετρο ως το μόνο αξιόπιστο όργανο για την εκτίμηση της θερμικής κατάστασης ενός σώματος. Η θερμική κατάσταση ενός σώματος θα εκτιμάται πλέον με σύγκριση του με κάποιο άλλο μέσω της κλίμακας Κελσίου. Όση ώρα λοιπόν διαρκεί η εξέλιξη του πειράματος ο δάσκαλος μπορεί να μοντελοποιήσει τη διαδικασία εξήγησης του φαινομένου για ένα σώμα, π.χ. το μόλυβδο, δίνοντας έμφαση στα διακριτά βήματα σκέψης ενός Φυσικού (αναγνώριση σωμάτων που αλληλεπιδρούν, περιγραφή της κατάστασης των σωμάτων με βάση την θερμοκρασία τους, σύγκριση θερμοκρασιών, εφαρμογή του ότι η θερμότητα μεταδίδεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας, επισήμανση του «άπειρου» του περιβάλλοντος σε σχέση με το μόλυβδο). Στη μοντελοποίηση αυτή δεν θεωρείται απαραίτητο να γίνει αναφορά στο ότι η θερμότητα αποτελεί μορφή ενέργειας.

Στη συνέχεια ζητείται από τους μαθητές να εφαρμόσουν το μοντέλο αυτό και για άλλα αντικείμενα που έχουν εισάγει.

Οι μαθητές παρόλο που είδαν ότι όλα αντικείμενα σε ένα κλειστό περιβάλλον έχουν την ίδια θερμοκρασία, δεν θα έχουν αποβάλλει τον αισθητηριακό παράγοντα, αφού δεν έχει γίνει καμιά αναφορά στον παράγοντα χρόνο. Εξηγείται λοιπόν στους μαθητές (πάντα μέσα από παραδείγματα), ότι η θερμότητα ταξιδεύει πιο εύκολα (πιο γρήγορα) σε κάποια υλικά και πιο δύσκολα (πιο αργά) σε κάποια άλλα. Για να πεισθούν καλούνται να παρακολουθήσουν ένα πείραμα Φυσικής με απλά υλικά. Συγκεκριμένα σε δύο γκαζάκια θερμαίνονται μέχρι βρασμού ίδιες ποσότητες νερού σε δύο μπρίκια από χαλκό το ένα και ορείχαλκο το άλλο και ίδιων λοιπών χαρακτηριστικών. Ο δάσκαλος μοντελοποιεί την εξήγηση πάλι, όπως στο μόλυβδο συμπληρώνοντας στο τέλος ότι η θερμότητα ταξιδεύει πιο γρήγορα στο χαλκό απ' ότι στον ορείχαλκο. Από τους μαθητές ζητείται κατόπιν να αγγίξουν από ένα αντικείμενο του άμεσου περιβάλλοντος τους (π.χ. ένα σιδερένιο αντικείμενο ο ένας μαθητής και ένα ξύλινο ο άλλος) και να εφαρμόσουν το μοντέλο που μόλις παρακολούθησαν. Το απλό μακροσκοπικό μοντέλο (όπως θα ονομάζεται) είναι έτοιμο:

Απλό μακροσκοπικό μοντέλο θερμότητας

Γιατί αισθανόμαστε ένα σιδερένιο σώμα ψυχρό;

-Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το ανθρώπινο σώμα και το σιδερένιο σώμα.

(Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.)

-Το σιδερένιο σώμα έχει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος π.χ. 20°C .

-Το ανθρώπινο σώμα έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία, κατά προσέγγιση 37°C .

(Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.)

-Το ανθρώπινο σώμα έχει επομένως μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτήν του σιδερένιου σώματος.

(Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.)

-Κατά συνέπεια θα έχουμε ροή θερμότητας από το χέρι μας προς το σιδερένιο σώμα.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα μεταδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας.)

-Ο χρόνος διάδοσης της θερμότητας θα είναι μικρός, επειδή ο σίδηρος είναι καλός αγωγός της θερμότητας.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ότι σ' ένα μονωτή .)

Στο τέλος, ο δάσκαλος δεν θα πρέπει να παραλείψει να εξηγήσει στους μαθητές τον τρόπο που λειτουργούν οι προσομοιώσεις και τις πιθανές διαφορές τους από ένα πραγματικό πειραματικό περιβάλλον.

Βήμα 3

Επιλογή θέματος από τους μαθητές

Η ελεύθερη επιλογή θέματος από μια τράπεζα θεμάτων που θα ορίσει ο δάσκαλος, μπορεί να λειτουργήσει θετικά στην εσωτερική παρακίνηση των μαθητών να εμπλακούν ενεργά στην διαδικασία της μάθησης. Για λόγους όμως καταγραφής της παρούσας εργασίας, όπως ήδη προαναφέρθηκε, το θέμα που θα επιλεγεί είναι το «Θερμός» από την βιβλιοθήκη του λογισμικού της «Ναυσικάς».

Βήμα 4

Μοντελοποίηση μελέτης (ηλεκτρονικού) κειμένου Φυσικής

Ο δάσκαλος και οι μαθητές μελετούν την ενότητα «Θερμός». Ο δάσκαλος στην συνέχεια, προσαρμόζοντας το επίπεδο γνώσεων και ικανοτήτων του στο επίπεδο των μαθητών, παρουσιάζει (μοντελοποιεί) στους μαθητές τον τρόπο μελέτης ενός τέτοιου κειμένου. Η πορεία που ακολουθεί ο δάσκαλος είναι η παρακάτω:

-Διάγνωση Δυσκολιών

Οι δυσκολίες κατανόησης εντοπίζονται κατ' αρχήν στις άγνωστες λέξεις και εκφράσεις, που μπορεί να εμπεριέχει ένα οποιοδήποτε κείμενο. Κάποιοι όμως από αυτές τις λέξεις (όπως αγωγή, μεταφορά, ακτινοβολία) συνήθως εκφράζουν έννοιες της Φυσικής και χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής. Πέραν των άγνωστων λέξεων όμως, επισημαίνονται και «γνωστές» λέξεις (όπως θερμότητα, θερμοκρασία), αφού ήδη έχει γίνει σαφές στους μαθητές, ότι η κοινωνική γλώσσα που αυτοί φέρουν είναι συχνά πολύ διαφορετική από αυτήν της επιστήμης.

-Θεραπεία Δυσκολιών

Σε ένα ηλεκτρονικό κείμενο ο πρώτος τρόπος αντιμετώπισης των δυσκολιών είναι να αναγνωστούν τα υπερκείμενα και υπερμέσα που πιθανόν αυτό να περιέχει. Στην ενότητα του «Θερμός» υπάρχει υπερκείμενο συνδεδεμένο με την λέξη «θερμική ισορροπία» και υπερμέσα συνδεδεμένα με τις λέξεις «αγωγή», «μεταφορά», «ακτινοβολία». Βέβαια και αυτά με την σειρά τους μπορεί να γεννούν άλλες δυσκολίες, όπως η λέξη «σύστημα» στο υπερκείμενο «θερμική ισορροπία», που έχει μια ιδιαίτερη σημασία στον χώρο των Φυσικών Επιστημών. Εννοείται ότι, η μελέτη του περιεχομένου ενός ηλεκτρονικού κειμένου δεν περιλαμβάνει μόνο το γραπτό κείμενο, αλλά και όποιο πολυμεσικό υλικό (βίντεο, εικόνα) πιθανόν να περιέχει αυτό.

Ο επόμενος απλός τρόπος για να υπερκερασθεί μια δυσκολία κατανόησης είναι η καταφυγή σε κάποιο ερμηνευτικό λεξικό. Οι ερμηνείες που υπάρχουν πρέπει όμως να αντιμετωπίζονται με ιδιαίτερη προσοχή και επιφύλαξη, καθόσον μιλάμε για κείμενο Φυσικής, για να επιλεγεί αυτή που ενδιαφέρει (αν φυσικά αυτή συμπεριλαμβάνεται στο λεξικό).

Συχνά η απάντηση στις δυσκολίες κατανόησης βρίσκεται σε προηγούμενα κείμενα. Στην περίπτωση μας εφόσον το «Θερμός» είναι το πρώτο κείμενο, φυσικά δεν υπάρχουν προηγούμενα που μπορούν να διευκολύνουν.

Η άλλη λύση είναι να κρατήσει ο αναγνώστης τις απορίες του και να διαβάσει το παρακάτω κείμενο, μήπως και αυτές απαντώνται σ' αυτό.

Εφόσον ούτε και στο υπόλοιπο κείμενο δεν επιλύονται οι δυσκολίες, τότε πρέπει να αναζητηθούν άλλες πηγές, όπως η συμβουλή από ένα ειδικό (Φυσικό).

Μια σύγχρονη πηγή πληροφοριών αποτελεί επίσης και το διαδίκτυο. Το πρόβλημα βέβαια που υπάρχει, είναι ότι για μια εκτενή αναζήτηση απαιτείται η γνώση της Αγγλικής γλώσσας, που σε μικρή ηλικία οι μαθητές συνήθως δεν την κατέχουν ικανοποιητικά. Στο λογισμικό της «Ναυσικά», υπάρχει μια «υδρογείος σφαίρα», που διευκολύνει την πρόσβαση των μαθητών σε σχετικά με την Θερμότητα sites. Στην «βιβλιοθήκη» της «Ναυσικά» υπάρχει επίσης πλούσιο υλικό, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή πληροφοριών για τους μαθητές.

Ο πλέον συνηθισμένος για να επιλυθεί μια δυσκολία κατανόησης είναι η καταφυγή σε ειδικά βιβλία, που για την περίπτωση των μαθητών το κατ' αρχήν βιβλίο που πρέπει να μελετήσουν είναι το σχολικό. Οι ενότητες του βιβλίου που θα μελετηθούν προέρχονται από τις άγνωστες λέξεις και από αυτές για τις οποίες υπάρχει αμφιβολία για την σημασία τους. Το περιεχόμενο της ύλης προς μελέτη είναι επίσης πιθανόν να διαμορφωθεί και κατά το στάδιο κατασκευής ερωτήσεων. « Ο σχηματισμός ερωτήσεων που απεικονίζουν τις κύριες ιδέες του κειμένου, μερικές φορές οδηγεί σε ερωτήσεις που το κείμενο εγείρει, αλλά δεν απαντά» (Collins, Brown & Newman, 1989, p. 461). Να σημειωθεί, ότι η απάντηση κυρίως αυτών των ερωτήσεων (που δεν απαντώνται από το κείμενο) μπορεί να μείνει «ανοικτή» για μελέτη στο απώτερο μέλλον, εφόσον αξιολογηθεί ως μη άμεσα αναγκαία για την κατανόηση του κειμένου.

Τέλος ένας οικείος τρόπος στον χώρο των Φυσικών επιστημών για να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητα μιας θεωρίας ή η αλήθεια μιας υπόθεσης είναι το πείραμα. Οι μαθητές μπορούν να το χρησιμοποιήσουν επομένως είτε για να ελέγξουν το αληθές των προτάσεων του κειμένου, είτε για να ελέγξουν και τις δικές τους ιδέες που πιθανόν έχουν για το θέμα. Η εκτέλεση πειραμάτων είτε με πραγματικό υλικό, είτε με την χρήση προσομοιώσεων, αποτελεί μια περίπλοκη και πρωτόγνωρη

διαδικασία για τους μαθητές και γι' αυτό προαπαιτεί την μοντελοποίηση της από τον δάσκαλο. Τα έτοιμα πειράματα που υπάρχουν στην «Ναυσικά», διευκολύνουν μια τέτοια προσέγγιση, διότι συνήθως χωρίζονται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος του πειράματος επομένως θα μπορούσε να εκτελεσθεί από τον δάσκαλο και το δεύτερο από τους μαθητές.

Βήμα 5

Μοντελοποίηση κατανόησης κειμένου Φυσικής

-Δημιουργία ερωτήσεων

Η κατασκευή ερωτήσεων στηρίζεται στην χρήση ερωτηματικών λέξεων, όπως: «Πότε», «Πως», «Ποιος», «Πόσο», «Που», «Γιατί». Ερωτήσεις χωρίς την χρήση ερωτηματικών λέξεων, ουσιαστικά αποτελούν προτάσεις που απαιτούν την επαλήθευση ή διάψευση τους και γι' αυτό απαντώνται με ένα «Ναι» ή «Όχι».

Η χρήση ερωτηματικών λέξεων έχει μια ιδιαίτερη σημασία στον χώρο των Φυσικών Επιστημών. Έτσι, ερωτήσεις στον χώρο αυτό όπως: «Που οφείλεται...», «Ποιο είναι το αποτέλεσμα...», «Ποιοι είναι οι βασικοί τρόποι με τους οποίους...», αποτελούν συνήθεις πρακτικές, αφού οδηγούν σε διαδικασίες αναζήτησης αιτιών και αποτελεσμάτων ενός φαινομένου, σε διαδικασίες ταξινόμησης κ.τ.λ. Ειδικότερα, ερωτήσεις όπως: «Τι θα συμβεί αν...», αποτελούν τον πυρήνα των Φυσικών Επιστημών, που είναι η πρόβλεψη, η υπόθεση και ουσιαστικά το πείραμα. Στην Φυσική όμως δεν ενδιαφέρει μόνο η περιγραφή των φαινομένων, αλλά και η ερμηνεία τους. Στην ερμηνεία των φαινομένων οδηγούν ερωτήσεις, που ξεκινούν με την λέξη «Γιατί», που στην περίπτωση των θερμικών φαινομένων παραπέμπουν στον μικρόκοσμο, στην δομή της ύλης.

Είναι χαρακτηριστικό, ότι και μόνο από τον ορισμό της θερμότητας, που εμπριέχεται στην ενότητα του «Θερμός»¹⁷, προκύπτει μια πλειάδα ερωτήσεων, που είναι καθοριστικές για την θεμελίωση της έννοιας αυτής:

Τι συμβαίνει όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρχονται σε επαφή;

Πότε έχουμε ροή θερμότητας ανάμεσα σε δύο σώματα;

Προς τα που ρέει η θερμότητα (ή ποια είναι η κατεύθυνση της ροής της θερμότητας) όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρχονται σε επαφή;

Για πόσο χρόνο ρέει θερμότητα (ή μέχρι πότε έχουμε ροή θερμότητας) όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρχονται σε επαφή;

Πιθανές ερωτήσεις, που μπορούν να κατασκευασθούν, δεν απαντώνται από το κείμενο και ανοίγουν νέα πεδία αναζήτησης:

Γιατί όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρχονται σε επαφή, θερμότητα ρέει από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα;

Πόση θερμότητα (ή ορθότερα, ποιο είναι το ποσό της θερμότητας), που ρέει ανάμεσα σε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, όταν αυτά έρχονται σε επαφή;

ή με διαφορετική διατύπωση:

Από τι εξαρτάται το ποσό της θερμότητας, που ρέει ανάμεσα σε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας, όταν αυτά έρχονται σε επαφή;

Ερωτήσεις θα μπορούσαν να προκύψουν και από το υπόλοιπο κείμενο, όπως:

Πως θα μπορούσαμε να διατηρήσουμε την θερμοκρασία ενός σώματος περίπου σταθερή;

Με ποιους τρόπους διαδίδεται η θερμότητα;

Τι είναι το θερμός;

Οι ερωτήσεις των οποίων η απάντηση βρίσκεται στο κείμενο προτείνεται να απαντηθούν από τους μαθητές, με τις αναγκαίες βοήθειες (scaffolding) από τον δάσκαλο.

¹⁷ Βλ. Παράρτημα Α

-Κατασκευή σύνοψης

Η σύνοψη είναι η «κεντρική ιδέα», ο «στόχος» του κειμένου. Αυτή μπορεί να αναφέρεται σε μια ενότητα ή απλώς σε μια παράγραφο. Η σύνοψη κατασκευάζεται με όσο το δυνατόν λιγότερες λέξεις, από συνδυασμό προτάσεων ή μπορεί να υπάρχει σαν συμπερασματική πρόταση μέσα στο κείμενο, συνήθως στο τέλος του. Όταν υπάρχει ένα «παράδειγμα» στο τέλος, τότε συνήθως αυτό αποτελεί και το στόχο του κειμένου και εκεί πρέπει να αναζητηθεί η σύνοψη. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλ. υπάρχουν πολλά παραδείγματα, η κεντρική ιδέα πρέπει να αναζητηθεί στο κείμενο που προηγείται αυτών. Καθοριστικός για τον στόχο του κειμένου είναι ο τίτλος του και γι' αυτό κατά την κατασκευή της σύνοψης, όταν αυτή δεν αναφέρεται σε μια ή περισσότερες παραγράφους αλλά σε ολόκληρη την ενότητα, ο τίτλος πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη.

Αν λοιπόν την σύνοψη την ορίσουμε σαν την «κεντρική ιδέα» του κειμένου, τότε οι περισσότερες από τις άλλες προτάσεις του κειμένου προσπαθούν να φέρουν αποδείξεις για αυτήν την κεντρική ιδέα, είτε αποσαφηνίζοντας αυτήν, είτε επεκτείνοντας αυτήν. Κάποιες προτάσεις εξηγούν την κεντρική ιδέα χρησιμοποιώντας παραδείγματα ή εικόνες: αυτές αποσαφηνίζουν την κεντρική ιδέα. Κάποιες προτάσεις εξηγούν την κεντρική ιδέα λεπτομερώς: αυτές επεκτείνουν την κεντρική ιδέα (Mayer, 1992, p.101).

Σύνοψη της ενότητας «Θερμός» προτείνεται η τελευταία πρόταση: *Μια διάταξη που επιβραδύνει την διάδοση της Θερμότητας είναι το θερμός*¹⁸.

-Πρόβλεψη του κειμένου που ακολουθεί

Η πρόβλεψη του περιεχομένου του κειμένου που ακολουθεί (όταν αυτή είναι δυνατή) στηρίζεται στην κατανόηση του προηγούμενου και στις προσδοκίες που αυτό δημιουργεί. Διευκολυντικός παράγοντας για την πρόβλεψη του κειμένου που ακολουθεί είναι ο τίτλος του (όταν αυτό αναφέρεται σε ολόκληρη ενότητα) και μπορεί να δίνεται και να προτείνεται στους μαθητές, όταν υπάρχει δυσκολία δημιουργίας πρόβλεψης ή όταν αντικειμενικά η πρόβλεψη είναι αδύνατη χωρίς αυτόν.

Στην ενότητα του «Θερμός» η μοναδική αναφορά στο θερμός εντοπίζεται στην τελευταία πρόταση του (που προτάθηκε και ως σύνοψη) και το περιγράφει ως μια διάταξη που επιβραδύνει την διάδοση της θερμότητας. Ήδη, έχει υπάρξει ένας ορισμός για την θερμότητα και έχουν αναφερθεί οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας. Συνεπώς, εκείνο που αναμένεται από την επόμενη ενότητα είναι να επεξηγηθεί πως καταφέρνει το θερμός να δυσκολέψει τους τρόπους αυτούς διάδοσης της θερμότητας. Μια τέτοια ερμηνεία διευκολύνεται και από τον τίτλο της επόμενης ενότητας, που είναι «Αρχή Λειτουργίας» και βέβαια σημαίνει πως δουλεύει το θερμός και όχι απλά πως είναι κατασκευασμένο.

Βήμα 6

Εφαρμογή μελέτης κειμένου Φυσικής

Οι μαθητές εφαρμόζουν τις μεθόδους που μοντελοποίησε ο δάσκαλος για την μελέτη κειμένου Φυσικής προηγουμένως για τις επόμενες ενότητες του «Θερμός»: «Αρχή Λειτουργίας» και «Γιατί ο ζεστός καφές κρυώνει ή η παγωμένη πορτοκαλάδα ζεσταίνεται, ακόμα και μέσα στο θερμός;». Ο δάσκαλος παρέχει τις κατάλληλες βοήθειες στους μαθητές, είτε για την δόμηση της διάγνωσης και θεραπείας των δυσκολιών, είτε για να επισημάνει μεγάλης σημασίας δυσκολίες και τρόπους θεραπείας που δεν αναγνωρίστηκαν από τους μαθητές.

¹⁸ Βλ. Παράρτημα Α

Βήμα 7

Εφαρμογή κατανόησης κειμένου Φυσικής

Παρόμοια, οι μαθητές εφαρμόζουν τις τεχνικές που προηγουμένως μοντελοποιήθηκαν για την κατανόηση κειμένου για τις επόμενες ενότητες του «θερμός», εναλλασσόμενοι στον ρόλο δασκάλου-μαθητή. Ο δάσκαλος πάλι επεμβαίνει είτε στο στάδιο κατασκευής ερωτήσεων, απαντήσεων, σύνοψης, πρόβλεψης είτε στο τέλος για να επισημάνει π.χ. ερωτήσεις που ο ίδιος θεωρεί σημαντικές και δεν ετέθησαν από τους μαθητές.

Βήμα 8

Καθορισμός διδακτικών εννοιών για παραπέρα μελέτη

Με βάση τις δυσκολίες που εντοπίστηκαν, αλλά και τα αναπάντητα ερωτήματα που δημιουργήθηκαν κατά την μελέτη του θέματος του «Θερμός», ο δάσκαλος από κοινού με τους μαθητές καθορίζουν τις διδακτικές ενότητες από το σχολικό βιβλίο που απαιτούνται για μια επαρκή κατανόηση του θέματος.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα βήματα του σταδίου μελέτης του θέματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 Εδώ

2.2. ΣΤΑΔΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΟ ΘΕΜΑ

Η ανάγκη για παραπέρα μελέτη είναι εύλογο αποτέλεσμα της διεξοδικής εξερεύνησης του θέματος του «Θερμός». Οι διδακτικές ενότητες που θα μελετηθούν αντιστοιχούν στην ελάχιστη διδακτική ύλη προς κατανόηση του θέματος. Οι μαθητές εφαρμόζοντας τις τεχνικές της αμοιβαίας διδασκαλίας κατά την μελέτη κειμένων εναλλάσσονται στον ρόλο δασκάλου μαθητή, κριτή-κρινόμενου. Ο δάσκαλος κωουτσάρει και μοντελοποιεί διαδικασίες, όποτε αυτός κρίνει αναγκαίο. Η τελική σύνοψη που κατασκευάζουν οι μαθητές περιλαμβάνει και τις όποιες μοντελοποιήσεις έγιναν από το δάσκαλο. Ουσιαστικά, η τελική σύνοψη αντιστοιχεί στις βάσεις γνώσεων κάθε μιας θεματικής ενότητας, που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των μαθητών στα ενδιάμεσα και τελικά έργα.¹⁹ Κατά την επίλυση των ασκήσεων ο δάσκαλος επαναληπτικά και επίμονα κάνει την επίκληση στους μαθητές να σκέφτονται σαν Φυσικοί και να μην αφήνονται στην επήρεια της καθημερινής σκέψης.²⁰

Στις δραστηριότητες που περιγράφονται παρακάτω ανά διδακτική ενότητα θα καταγράφονται επί πλέον και ο πιθανός διδακτικός μετασχηματισμός που είναι διαφορετικός από την προσέγγιση του σχολικού βιβλίου καθώς και δραστηριότητες που δεν συμπεριλαμβάνονται σ' αυτό.

(α) Διδακτική ενότητα 2.1: Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας. (εκτός της απόλυτης κλίμακας θερμοκρασιών)

Τα θερμόμετρα και η μέτρηση θερμοκρασίας έχουν καλυφθεί σε μεγάλο βαθμό στις αρχικές δραστηριότητες και δεν προβλέπεται να μας απασχολήσουν ιδιαίτερα. Από τον χώρο «Δείτε κι' αυτό» θα μελετηθεί «Η ιστορία του θερμομέτρου». Εδώ ανάμεσα σε άλλα, τίθεται το ζήτημα της βαθμολόγησης των θερμομέτρων, κάτι που επίσης μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση της αντίληψης των μαθητών για «θερμά» και «ψυχρά» σώματα. Από τον ίδιο χώρο οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν ακόμη ένα θέμα που τους προκαλεί το ενδιαφέρον. Από τις ασκήσεις του βιβλίου θα γίνουν οι 3 και 5 (σ.39). Στη σύνοψη των μαθητών θα συμπεριληφθούν το απλό μακροσκοπικό μοντέλο και οι ερμηνείες που γίνονται από την καθημερινή στην επιστημονική γλώσσα:

Θερμό σώμα= σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας από κάποιο άλλο σώμα/σύστημα, που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς.

Ψυχρό σώμα= σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας από κάποιο άλλο σώμα/σύστημα, που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς.

Το σώμα Α θερμαίνεται= αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος Α.

Το σώμα Α ψύχεται= μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος Α

Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Οι μαθητές ήδη έχουν διδαχθεί το απλό μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας.

Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Δεν υπάρχουν.

¹⁹ Βλ. Παράρτημα Ε.

²⁰ Ανάμεσα στους ρόλους που καλείται να παίξει ένας δάσκαλος Φυσικής θα πρέπει βέβαια να είναι και η προτροπή και ενθάρρυνση των μαθητών να μην αφεθούν στην επήρεια των καθημερινών αντιλήψεων αλλά να χρησιμοποιήσουν συνειδητά την επιστημονική σκέψη. Όπως αναφέρει ο Vygotsky (1987, p.169) : *Ο συνειδητός έλεγχος της επιστημονικής σκέψης είναι προϊόν αυτής καθ' αυτής της διδακτικής διαδικασίας. ... Το πλεονέκτημα των επιστημονικών εννοιών έγκειται στην δυνατότητα του παιδιού να τις χρησιμοποιήσει με ένα συνειδητό τρόπο, στην «ετοιμότητα τους για δράση». Αντίθετα, αδυναμία των καθημερινών εννοιών είναι , η δυσχέρεια που δημιουργούν στο παιδί να λειτουργήσει σ' αυτές με ένα τέτοιο τρόπο, η έλλειψη δυνατότητας τους για αφηρηματική σκέψη.*

(β) Διδακτική ενότητα 2.2: Θερμότητα, μια μορφή ενέργειας.

Πάντα με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας οι μαθητές μελετούν και την ενότητα «θερμότητα μια μορφή ενέργειας». Το κωουτσάρισμα του δασκάλου είναι πάντα αναγκαίο π.χ. θα χρειασθεί η παρέμβαση του για αναζήτηση πληροφοριών στα προηγούμενα για την λέξη «ενέργεια» και θα πρέπει να παραπέμψει τους μαθητές για σχετική μελέτη στην ενότητα 1.3 (σ.13). Μια διαδικασία που έχει κάποια αξία να μοντελοποιήσει ο δάσκαλος είναι αυτή της διαδοχικής σειράς γεγονότων, μιας δομής κειμένου που συχνά χρησιμοποιείται στα βιβλία Φυσικής (Mayer, 1992). Η παρουσίαση θα γίνει στο παράδειγμα του μπόουλινγκ και θα επισημανθούν τα διαδοχικά στάδια μεταφοράς και μετατροπής της ενέργειας. Συγχρόνως βέβαια μοντελοποιείται και η έννοια της ενέργειας. Οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν τα όσα έχουν παρατηρήσει στην επόμενη παράγραφο που περιγράφει την εκτίναξη βέλους από τόξο. Στην πειραματική προσέγγιση που επιχειρείται, η ενέργεια θεωρείται από τις μεγάλες ιδέες της επιστήμης. Γι' αυτό, εκτός από τη δυναμική και κινητική ενέργεια (που αναφέρει το βιβλίο), εισάγονται επί πλέον και η θερμική ενέργεια, η φωτεινή ενέργεια, η ηλεκτρική ενέργεια και η χημική ενέργεια. Η μοντελοποίηση των εννοιών αυτών γίνεται σε κάποια καθημερινά παραδείγματα με εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ενέργειας. Στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, προστίθεται η εξήγηση ότι η ενέργεια στο τέλος συνήθως καταλήγει στο περιβάλλον με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους.

Επίσης απαραίτητη κρίνεται η μοντελοποίηση της έννοιας της θερμότητας, μιας και εισάγεται ένα καινούργιο στοιχείο, αυτό της θερμότητας ως μορφής ενέργειας. Η μοντελοποίηση μπορεί να γίνει σε κάποια από τις προηγούμενες εφαρμογές π.χ. την ελεύθερη ψύξη μολύβδου. Η νέα, κοινά συναποφασισμένη με τον δάσκαλο γλώσσα των μαθητών έχει αλλάξει και έχει λάβει την τελική της μορφή για το επίπεδο του μακρόκοσμου: *Ο μόλυβδος έχει θερμοκρασία 50 °C. Το περιβάλλον έχει θερμοκρασία 20 °C. Δηλ. ο μόλυβδος έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το περιβάλλον. Άρα, ενέργεια με την μορφή θερμότητας μεταφέρεται από το μόλυβδο προς το περιβάλλον μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.*

Η μοντελοποίηση θα γίνει με ταυτόχρονη εκτέλεση του πειράματος 7.1Α της «Ναυσικάς», όπου και θα χρησιμοποιηθεί και το οργανωμένο φύλλο εργασίας²¹ που προτείνεται. Η μοντελοποίηση επίσης θα εστιάσει σε καινούργια πράγματα της προσομοίωσης (κατασκευή και χειρισμός γραφικής παράστασης), καθώς και τον τρόπο συμπλήρωσης ενός φύλλου εργασίας. Η συμπλήρωση του φύλλου εργασίας γίνεται από τον δάσκαλο αλλά και από τους μαθητές, σε όποιο σημείο κρίνεται ότι κάτι τέτοιο μπορούν να το πετύχουν μόνοι τους ή με μικρή βοήθεια.

Στη συνέχεια ζητείται από τους μαθητές να επεκτείνουν το «απλό μακροσκοπικό μοντέλο» και να το αναφέρουν πλέον σκέτα ως «μακροσκοπικό μοντέλο». Το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνεται στη σύνοψη:

Μακροσκοπικό μοντέλο θερμότητας

Γιατί αισθανόμαστε ένα σιδερένιο σώμα ψυχρό;

-Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το ανθρώπινο σώμα και το σιδερένιο σώμα.

(Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.)

-Το σιδερένιο σώμα έχει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος π.χ. 20°C .

-Το ανθρώπινο σώμα έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία, κατά προσέγγιση 37°C .

(Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.)

-Το ανθρώπινο σώμα έχει επομένως μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτήν του σιδερένιου σώματος.

(Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.)

-Κατά συνέπεια θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από το χέρι μας προς το σιδερένιο σώμα.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που διαδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας.)

-Ο χρόνος διάδοσης της θερμότητας θα είναι μικρός, επειδή ο σίδηρος είναι καλός αγωγός της θερμότητας.

²¹ Βλ. Παράρτημα Δ

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ό,τι σ' ένα μονωτή .)

Από τις «Ερωτήσεις-Ασκήσεις» της διδακτικής ενότητας θα γίνουν οι 1, 2, 3, 4 και 7. Η άσκηση 8 θα μοντελοποιηθεί από τον δάσκαλο, καθόσον οι μαθητές δεν έχουν εμπειρία γραφικών παραστάσεων.

Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Εισάγονται επί πλέον οι έννοιες της θερμικής, φωτεινής, ηλεκτρικής και χημικής ενέργειας.

Στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, προστίθεται η εξήγηση ότι η ενέργεια στο τέλος συνήθως καταλήγει στο περιβάλλον με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας τους.

Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Η παρακολούθηση της μοντελοποίησης που έγινε από το δάσκαλο για τις ενέργειες που δεν περιέχονται στο βιβλίο. Παρακολούθηση της μοντελοποίησης πειράματος και συμπλήρωσης φύλλου εργασίας από την προσομοίωση της «Ναυσικάς».

(γ) Διδακτική ενότητα 2.4: Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος. (εκτός από την εσωτερική ενέργεια)

Εκείνο που πρέπει να ληφθεί υπόψη από τον δάσκαλο σ' αυτήν την διδακτική ενότητα είναι οι ιδέες που φέρουν οι μαθητές για την σωματιδιακή φύση της ύλης. Ανάμεσα σε άλλα, οι βασικότερες εναλλακτικές ιδέες αφορούν την αδυναμία αντίληψης της ύπαρξης κενού ανάμεσα στα σωματίδια της ύλης και την απόδοση ιδιοτήτων του μακρόκοσμου στον μακρόκοσμο (π.χ. συχνά καταφεύγουν στην ερμηνεία ότι τα μόρια διαστέλλονται ή συστέλλονται).

Εκείνο λοιπόν που πρέπει να καταστεί σαφές στους μαθητές είναι, ότι για τον μικρόκοσμο, που αποτελεί την βάση εξήγησης των θερμικών φαινομένων, χρησιμοποιείται ένας διαφορετικός κώδικας γλώσσας. Αυτή η νέα γλώσσα πρέπει να μοντελοποιηθεί κατάλληλα από τον δάσκαλο σε αντιστοιχία με την γλώσσα που χρησιμοποιείται για τον μακρόκοσμο. Σύμφωνα με τους Μπάρμπα & Ψύλλο (1993, σ.16), εκτός από τις ιδέες των μαθητών που πρέπει να ληφθούν υπόψη, θα πρέπει επίσης να γίνει διάκριση ανάμεσα: (1) στα στοιχεία της περιγραφής, που προκύπτουν από τη μακροσκοπική εξέταση ενός φαινομένου, (2) στις παραδοχές του σωματιδιακού μοντέλου για τη δομή της ύλης, που χρησιμοποιούνται και (3) στον τρόπο που συσχετίζονται τα στοιχεία της μακροσκοπικής εξέτασης και οι παραδοχές του μοντέλου.

Ανάμεσα στις παραδοχές για το σωματιδιακό μοντέλο του σχολικού βιβλίου που θα μελετηθούν (δεν θα μελετηθεί για την παρούσα εργασία η παράγραφος για την εσωτερική ενέργεια των σωμάτων) και επομένως θα χρησιμοποιηθούν είναι: (1) η μοριακή/ ασυνεχής δομή της ύλης, (2) η συνεχής άτακτη κίνηση των μορίων και (3) η συσχέτιση της θερμοκρασίας με την συνεχή και άτακτη κίνηση των μορίων ή σε άλλο σημείο του βιβλίου με την κινητική ενέργεια κάθε μορίου. Σχολιάζοντας τις παραδοχές αυτές έχουμε να παρατηρήσουμε ότι πρώτον δεν γίνεται στο περιεχόμενο προς μελέτη αναφορά σε δυνάμεις μεταξύ των μορίων. Η απαιτούμενη αιτιολόγηση δίνεται από προτάσεις, όπως ότι τα μόρια των αερίων (...) *κινούνται συνεχώς και ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση κατακλύζοντας το χώρο που τους διατίθεται*, στα υγρά (...) *τα μόρια επίσης κινούνται άτακτα «γλιστρώντας» ωστόσο το ένα επάνω στο άλλο*, ενώ στα στερεά (...) *τα μόρια τους κινούνται ελάχιστα γύρω από καθορισμένες θέσεις*. Δεύτερον, η θερμοκρασία συνδέεται με την κινητική ενέργεια ενός μορίου ή ορθότερα με την κινητική ενέργεια κάθε μορίου. Δεν γίνεται δηλ. έντεχνα αναφορά σε μέση κινητική ενέργεια των μορίων. Αναφορά για διαφορετική κινητική ενέργεια των μορίων γίνεται στην ενότητα (2.7) «Εξάτμιση και συμπύκνωση». Ο τρόπος που το σχολικό βιβλίο αντιστοιχεί μακρόκοσμο και μικρόκοσμο για την περίπτωση της αγωγής είναι, ότι η μεταφορά κινητικής ενέργειας μεταξύ των μορίων μέσω συγκρούσεων

αντιστοιχεί στην μεταφορά θερμότητας μεταξύ των σωμάτων.²²

Η αλλαγή κώδικα γλώσσας που θα χρησιμοποιηθεί από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο για την περίπτωση της αγωγής μεταξύ δύο σωμάτων είναι όπως παρακάτω:

Το σώμα A έχει χ θερμοκρασία. \longrightarrow *Κάθε μόριο του σώματος A έχει περίπου χ ' κινητική ενέργεια.*

Το σώμα B έχει ψ θερμοκρασία. \longrightarrow *Κάθε μόριο του σώματος B έχει περίπου ψ ' κινητική ενέργεια.*

Το σώμα A έχει επομένως μεγαλύτερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του σώματος B. \longrightarrow *Κάθε μόριο του σώματος A έχει επομένως μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από κάθε μόριο του σώματος B .*

Άρα θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με την μορφή θερμότητας από το σώμα A προς το σώμα B. \longrightarrow *Άρα θα έχουμε μεταφορά κινητικής ενέργειας των μορίων του σώματος A μέσω συγκρούσεων προς τα μόρια του σώματος B.*

Η μεταφορά ενέργειας με την μορφή θερμότητας θα σταματήσει όταν τα σώματα A και B αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. \longrightarrow *Η μεταφορά κινητικής ενέργειας μεταξύ των μορίων του σώματος A και B θα σταματήσει όταν κάθε μόριο του σώματος A και κάθε μόριο του σώματος B θα έχουν περίπου την ίδια κινητική ενέργεια.*

Για την μοντελοποίηση της διαδικασίας που εξηγεί τα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας μεταξύ δύο στερεών διαφορετικής θερμοκρασίας θα χρησιμοποιηθεί προσομοίωση επίδειξης (τύπου βίντεο)²³ που έχει κατασκευασθεί ειδικά για τη διδακτική σειρά με το όνομα «Θερμότητα».

Σ' αυτήν τα μόρια κάθε σώματος θα παριστάνονται σαν άνθρωποι πιασμένοι χέρι –χέρι που κουνούν το σώμα τους δεξιά-αριστερά, έχοντας τα πόδια τους σε σταθερή θέση. Το πιάσιμο των χεριών δείχνει αν όλα τα μόρια έχουν την ίδια περίπου κινητική ενέργεια. Για να αναδειχθεί ότι η θερμότητα είναι εκτατικό μέγεθος ενώ η θερμοκρασία εντατικό, το σώμα με την μεγαλύτερη θερμοκρασία (οι άνθρωποι κινούνται με πιο γρήγορο ρυθμό) αποτελείται από μικρότερο αριθμό μορίων (ανθρώπων). Κατά την επαφή των δύο σωμάτων μετά από κάποιο χρόνο και οι δύο παρέες ανθρώπων κινούνται με τον ίδιο ρυθμό. Στην ίδια προσομοίωση υπάρχει και δύο σύνολα κοντρός για βίντεο και για ήχο. Το αρχείο ήχου αναλύει την διαδικασία διάδοσης της θερμότητας ανάμεσα δύο σώματα με ταυτόχρονη εξήγηση σε δύο επίπεδα, του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου. Για την εξήγηση σε επίπεδο μακρόκοσμου ακούγεται μια αντρική φωνή, ενώ για το μικρόκοσμο ακούγεται μια γυναικεία φωνή. Είναι γνωστό, ότι έμπειροι δάσκαλοι αλλάζουν την χροιά της φωνής τους αντίστοιχα, όταν επιχειρούν να μιλήσουν σε δύο επεξηγηματικά επίπεδα όπως

²² Η ενοποιητική θέση για μεταφορά κινητικής ενέργειας των μορίων μέσω συγκρούσεων βέβαια δεν είναι αληθής: Στα αέρια και σε ένα βαθμό στα υγρά μπορούμε να πούμε ότι η οφείλεται στις συγκρούσεις μεταξύ ταχέων και βραδέων μορίων, αποτέλεσμα των οποίων είναι η μεταφορά κινητικής ενέργειας από τα ταχύτερα προς τα βραδύτερα. Στα στερεά ο μηχανισμός της θερμικής αγωγιμότητας είναι περισσότερο σύνθετος, ...είναι μεταφορά της ενέργειας ταλάντωσης μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα του στερεού. ... Στα μέταλλα όμως υπάρχει κι ένας πρόσθετος παράγοντας: ... Τα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας συμπεριφέρονται με ένα τρόπο παρόμοιο προς τον τρόπο των μορίων ενός αερίου και έχουν την τάση να διαχέονται μέσα στο μέταλλο ... μεταφέροντας ενέργεια κατά τις συγκρούσεις τους στα άλλα ηλεκτρόνια και τα ιόντα του πλέγματος, στην ψυχρότερη περιοχή. (FIN, Α. Θεμελιώδης Πανεπιστημιακή Φυσική, αναφορά από Μπάρμπα & Ψύλλο, 1993, υποσημείωση (9),σ.22).

²³ Βλ. Παράρτημα Γ

προηγούμενως, ή όταν επιλύουν μια άσκηση και συγχρόνως φανερώνουν τον τρόπο σκέψης τους για την επίλυση. Οι μαθητές μπορούν κατόπιν να «παιξουν» την διάδοση της θερμότητας αναλαμβάνοντας ο ένας το ρόλο του μικρόκοσμου και ο άλλος το ρόλο του μικρόκοσμου. Το αρχείο βίντεο (Διάδοση της θερμότητας) είναι από τη Ναυσικά και η παράθεση του αποσκοπεί στην μοντελοποίηση της διαδικασίας διάδοσης της θερμότητας στο ίδιο το σώμα σε επίπεδο μακρόκοσμου. Για να καταφανεί όμως το τρισδιάστατο των σωμάτων δίνεται ακόμη μια προσομοίωση επίδειξης, όπου σε τρισδιάστατο χώρο τα μόρια παριστάνονται με σφαίρες που ταλαντώνονται γύρω από μια σταθερή θέση. Για την αντίστοιχη μοντελοποίηση που εξηγεί την συμπεριφορά των αερίων κατά την θέρμανση τους θα χρησιμοποιηθεί πάλι προσομοίωση επίδειξης ενός κλειστού δοχείου, που περιέχει κάποιο αέριο και θερμαίνεται. Τα μόρια παριστάνονται πάλι με ορατές σφαίρες που κινούνται αδιάκοπα. Κατά την διάρκεια της θέρμανσης η ταχύτητα των μορίων (σφαιρών) αυξάνεται.

Η προσομοίωση θα ενταχθεί λειτουργικά κατά τη μελέτη της ενότητας με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας. Στους μαθητές ζητείται να επεκτείνουν το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας και να το αντιστοιχήσουν με το μικροσκοπικό. Το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνεται στη σύνοψη:

Μακροσκοπικό-Μικροσκοπικό μοντέλο θερμότητας

Γιατί αισθανόμαστε ένα σιδερένιο σώμα ψυχρό;

-Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το ανθρώπινο σώμα και το σιδερένιο σώμα.

(Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.)

-Το σιδερένιο σώμα έχει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος π.χ. 20°C .

-Κάθε μόριο του σιδερένιου σώματος έχει περίπου χ Joule κινητική ενέργεια.

-Το ανθρώπινο σώμα έχει περίπου σταθερή θερμοκρασία, κατά προσέγγιση 37°C .

-Κάθε μόριο του ανθρώπινου σώματος έχει περίπου ψ Joule κινητική ενέργεια.

(Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.)

(Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο μέση κινητική ενέργεια των μορίων.)

-Το ανθρώπινο σώμα έχει επομένως μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτήν του σιδερένιου σώματος.

(Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.)

-Κάθε μόριο του ανθρώπινου σώματος έχει επομένως μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από κάθε μόριο του σιδερένιου σώματος.

(Σύγκριση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων των δύο συστημάτων.)

-Κατά συνέπεια θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από το χέρι μας προς το σιδερένιο σώμα.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που διαδίδεται από μια περιοχική υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχική χαμηλότερης θερμοκρασίας.)

-Αρα θα έχουμε μεταφορά ενέργειας μέσω συγκρούσεων από τα μόρια του ανθρώπινου σώματος προς τα μόρια του σιδερένιου σώματος.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω συγκρούσεων των μορίων, όταν δύο σώματα είναι σε επαφή δίδεται από το σώμα που κάθε μόριο του έχει μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από κάθε μόριο του άλλου σώματος.)

-Ο χρόνος διάδοσης της θερμότητας θα είναι μικρός, επειδή ο σίδηρος είναι καλός αγωγός της θερμότητας.

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ότι σ' ένα μονωτή .)

(Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση της ενέργειας αυτής γίνεται μέχρι κάθε μόριο του ενός σώματος να αποκτήσει την ίδια κινητική ενέργεια με κάθε μόριο του άλλου σώματος και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά.)

Από τον χώρο «Δείτε κι' αυτό» θα μελετηθεί «Η αταξία των μορίων και η υποβάθμιση της ενέργειας» (έτσι ώστε οι μαθητές να πάρουν μια αίσθηση για θέματα βαθύτερης κατανόησης), ενώ από τις «Ερωτήσεις-Ασκήσεις» θα γίνουν η (1), (2), (4), και (7). Αντί της άσκησης (6) σχεδιάζεται άλλη στη θέση της.

Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Δεν υπάρχει.

Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Η παρακολούθηση της προσομοίωσης «Θερμότητα».

(δ) Διδακτική ενότητα 2.8: Πως άγεται η θερμότητα.

Πριν από την μελέτη της ενότητας καλό είναι να αναφερθεί μια περίπτωση, όπου γίνεται σχετικά εύκολα αντιληπτή η συνύπαρξη των τριών τρόπων μετάδοσης της θερμότητας, π.χ. η μετάδοση θερμότητας από ένα σώμα κεντρικής θέρμανσης.

Ήδη από τις πρώτες δραστηριότητες έχουμε μιλήσει για αγωγούς και μονωτές, η δε προηγούμενη ενότητα (2.8) εστιάζει στο φαινόμενο της αγωγής, και γι' αυτό αναμένονται λιγότερα προβλήματα στην μελέτη αυτής της ενότητας. Σε περίπτωση που οι μαθητές θέσουν το ερώτημα γιατί τα μέταλλα έχουν μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από τα υπόλοιπα στερεά σώματα θα επεκταθεί το μοριακό μοντέλο που έχει περιγραφεί προηγουμένως.

Για την αξιοποίηση του πίνακα 2.5 του σχολικού βιβλίου, που έχει ταξινομημένες τις θερμικές αγωγιμότητες διαφόρων υλικών, θα τεθούν στους μαθητές αυθεντικά προβλήματα της καθημερινής ζωής, όπως για ποιο λόγο κατασκευάζουν πόρτες με διπλά τζάμια, τι υλικό θα επιλέγανε για να τυλίξουν ένα κομμάτι πάγου για να μην λιώσει κ.τ.λ.

Πιθανόν να υπάρχει μια αδυναμία των μαθητών να αντιληφθούν ότι τα υγρά και αέρια μπορούν να λειτουργούν ως μονωτές. Έτσι, καλό είναι το απλό πείραμα της εικόνας 2.46 του σχολικού βιβλίου για τον αέρα ως μονωτή, να εκτελεσθεί και όχι απλώς να μελετηθεί, ενώ για τα υγρά οι μαθητές μπορούν να παρακολουθήσουν το εντυπωσιακό πείραμα επίδειξης της «Ναυσικάς» «Το νερό ως θερμομόνωση».²⁴

Από τις «Ερωτήσεις-Ασκήσεις» θα γίνουν οι 1, 2, 3, 4 και 5. (σ. 71).

Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Δεν υπάρχει.

Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Παρακολούθηση του πειράματος επίδειξης της «Ναυσικάς» «Το νερό ως θερμομόνωση».

(ε) Διδακτική ενότητα 2.9: Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς.

Επειδή η διάδοση της θερμότητας με μεταφορά έχει μάλλον την μικρότερη σχέση με το θέμα του «Θερμός», δεν θα γίνουν επί πλέον της μελέτης του περιεχομένου του βιβλίου (πάντα με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας) δραστηριότητες.

Το πείραμα από το «Μικρό εργαστήριο» είναι αρκετά ενδιαφέρον, αφού εκτός από της βοήθειας που παρέχει στο να αντιληφθούν οι μαθητές τον τρόπο αυτό διάδοσης της θερμότητας έχει και την πρακτική του χρήση ως μέθοδος πυρανίχνευσης.

Από τους χώρους «Δείτε κι' αυτό» και «Ερωτήσεις-Ασκήσεις» δεν θα γίνουν αντίστοιχα μόνο τα «Ρεύματα μεταφοράς και τοπικοί άνεμοι» και η ερώτηση (5).²⁵

Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Δεν υπάρχει.

Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Δεν υπάρχουν.

(στ) Διδακτική ενότητα 2.10: Θερμότητα και ακτινοβολία.

Η «Θερμότητα και ακτινοβολία» είναι η κατ' εξοχήν ενότητα που έχει την μεγαλύτερη σχέση με το θέμα του «Θερμός» και γι' αυτό τον λόγο θα επικεντρωθούμε περισσότερο σ' αυτήν. Τα προβλήματα όμως και τα αναπάντητα ερωτήματα που θα προκύψουν από το κείμενο αναμένεται να δημιουργήσουν ένα μικρό πρόβλημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μοντέλο του μακρόκοσμου και φυσικά και του μικρόκοσμου για την θερμότητα, που έχουν μάθει οι μαθητές δεν μπορεί να εφαρμοσθεί επακριβώς εδώ. Έτσι, πιθανόν να υπάρχει μια αδυναμία απάντησης και από τον ίδιο τον δάσκαλο σε ερωτήματα όπως:

Γιατί τα σώματα ακτινοβολούν;

²⁴ Βλ. Παράρτημα Β

²⁵ Η κατανόηση τους προϋποθέτει γνώσεις για την θερμοχωρητικότητα των υλικών και επομένως την διδασκαλία της ενότητας 2.3, που δεν εμπεριέχεται στην ελάχιστη διδακτική ύλη.

Για ποιο λόγο όταν η θερμοκρασία ενός σώματος γίνει ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του, η ανταλλαγή θερμικής ακτινοβολίας μεταξύ σώματος δεν σταματά, αλλά συνεχίζεται;

Για να προλάβουμε τέτοιες πιθανές ερωτήσεις των μαθητών, πρέπει το μοντέλο της θερμικής ακτινοβολίας να μετασχηματιστεί κατάλληλα για το σχολικό επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά της θερμικής ακτινοβολίας σύμφωνα και με τις παραδοχές του βιβλίου είναι:

- Κάθε σώμα (θερμοκρασίας μεγαλύτερης των -273°C) εκπέμπει/ απορροφά προς/ από το περιβάλλον ενέργεια με την μορφή αόρατης ακτινοβολίας.
- Η εκπομπή/ απορρόφηση ενός σώματος θερμικής ακτινοβολίας προκαλεί πτώση/ ανύψωση της θερμοκρασίας του.
- Η ακτινοβολία δεν προϋποθέτει την ύπαρξη ύλης για την μετάδοσης της.
- Σε ένα σώμα σταθερής θερμοκρασίας ο ρυθμός με τον οποίο εκπέμπει θερμική ακτινοβολία είναι ίσος με τον ρυθμό με τον οποίο απορροφά ακτινοβολία (εφ' όσον δεν λαμβάνει χώρα κάποιοι άλλου είδους μεταβολή ενέργειας μέσα στο σώμα).
- Το ποσόν της θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας του (δηλ. το χρώμα, την υφή, το εμβαδόν) και από τη θερμοκρασία του. Το ποσόν της θερμικής ακτινοβολίας που απορροφάται από ένα σώμα εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας του (δηλ. το χρώμα, την υφή, το εμβαδόν) και από τη θερμοκρασία του σώματος από το οποίο προέρχεται η ακτινοβολία. Γενικά ένα σώμα που ακτινοβολεί έντονα, απορροφά επίσης έντονα.

Προκειμένου τα χαρακτηριστικά αυτά να γίνουν συμβατά με το μοντέλο της θερμότητας, η μοντελοποίηση από τον δάσκαλο θα γίνεται με δύο σώματα (συστήματα), από τα οποία το ένα θα είναι το υπό μελέτη σώμα και το άλλο συνήθως μπορεί να είναι ο περιβάλλον χώρος. Έτσι, θεωρώντας την ακτινοβολία σαν ένα τρόπο διάδοσης της θερμότητας, μπορεί να διατυπωθεί, ότι ένα σώμα με θερμοκρασία υψηλότερη/ χαμηλότερη του περιβάλλοντος εκπέμπει/ απορροφά θερμότητα με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας. Το γεγονός ότι ένα σώμα σταθερής θερμοκρασίας ανταλλάσσει θερμική ακτινοβολία με το περιβάλλον μπορεί να αγνοηθεί, αφού η ενεργειακή κατάσταση του σώματος παραμένει η ίδια. Στη συνέχεια αναλύονται οι παράγοντες (χρώμα, υφή, εμβαδόν και διαφορά θερμοκρασίας του σώματος με το περιβάλλον), που καθορίζουν το πόσο πολύ εκπέμπει ή απορροφά θερμότητα το σώμα με μορφή ακτινοβολίας.

Αναλυτικά το μοντέλο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, που θα συμπεριληφθεί στη σύνοψη είναι όπως παρακάτω:

- Μοντέλο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία:
 - Ελέγχεται αν το υπό μελέτη σώμα έχει μεγαλύτερη η μικρότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του (ή σε σχέση με κάποιο άλλο σώμα/σύστημα) για να καθοριστεί αν το σώμα προσφέρει ή απορροφά θερμότητα με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας.
 - Το ποσό της θερμότητας που προσφέρει/απορροφά το σώμα εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας του (δηλ. το χρώμα, την υφή, το εμβαδόν) και από τη διαφορά θερμοκρασίας του με το περιβάλλον (ή το άλλο σώμα):
 - όσο μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας του σώματος με το περιβάλλον του (ή το άλλο σώμα) τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά το σώμα.
 - όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.
 - όσο πιο σκούρα είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.
 - όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.

Τα υπόλοιπα θέματα για την ακτινοβολία θα μελετηθούν με τη μέθοδο της αμοιβαίας διδασκαλίας.

Το μοντέλο αυτό θα εφαρμοσθεί από τον δάσκαλο, πριν από την μελέτη του κειμένου του δάσκαλου σε μια- δυο εφαρμογές π.χ. στην εκπομπή ακτινοβολίας από τον ήλιο και από κάποιο σκοτεινό σώμα. Ο δάσκαλος μπορεί επίσης να

μοντελοποιήσει την διαδικασία μιλώντας για το χρώμα των ρούχων των Εσκιμώων και να ζητήσει από τους μαθητές να κάνουν το ίδιο για το χρώμα των ρούχων των Βεδουϊνών. Στην συνέχεια οι μαθητές θα μελετήσουν το κείμενο του σχολικού βιβλίου με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας και την βοήθεια του δασκάλου θα προσπαθήσουν να εφαρμόσουν το μοντέλο αυτό στα παραδείγματα που υπάρχουν σ' αυτό αλλά και στους χώρους «Δείτε κι' αυτό» και «Ερωτήσεις-Ασκήσεις». Για το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα χρειασθεί να δοθεί στους μαθητές η πρόσθετη πληροφορία ότι οι ηλιακές ακτίνες κατά την πρόσπτωση τους στην γη αλλάζουν μορφή.

Η μοντελοποίηση από το δάσκαλο για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ποσό της θερμότητας με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας, θα θέσει το ζήτημα της επιβεβαίωσης τους. Οι μαθητές λοιπόν με το κατάλληλο κωουτσάρισμα από τον δάσκαλο θα εκτελέσουν τα πειράματα 6.1B και 6.2B της «Ναυσικάς» με την χρήση οργανωμένων φύλλων εργασίας.²⁶ Τα πειράματα 6.1A και 6.2A και η συμπλήρωση των φύλλων εργασίας τους θα μοντελοποιηθούν από το δάσκαλο. Φυσικά και σε όποιο κομμάτι αυτών κρίνεται ότι μπορούν να τα καταφέρουν οι μαθητές θα τους δίνεται η ευκαιρία να το κάνουν.

Τα όποια αναπάντητα ερωτήματα θα μείνουν προς διερεύνηση για το απώτερο μέλλον. Ίσως έτσι να είναι και καλό, για να αντιληφθούν οι μαθητές, ότι η εισαγωγή στην κουλτούρα μιας κοινότητας είναι μια μακρόχρονη και συχνά επίπονη διαδικασία.

Στο τέλος θα γίνει μια ανασκόπηση των διακριτών χαρακτηριστικών των τριών τρόπων μετάδοσης της θερμότητας:

- Στην διάδοση θερμότητας με αγωγή δεν υπάρχει μεταφορά ύλης.
 - Στην διάδοση θερμότητας με μεταφορά υπάρχει μεταφορά ύλης.
 - Στην διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία δεν είναι προϋπόθεση ή ύπαρξη ύλης
- Διδακτικός μετασχηματισμός διαφορετικός του σχολικού βιβλίου: Η εφαρμογή της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία από/προς ένα σώμα γίνεται πάντα σε σχέση με κάποιο άλλο σώμα (συνήθως το περιβάλλον).
- Επιπλέον δραστηριότητες της διδακτικής ενότητας του βιβλίου: Πειράματα μέσω προσομοιώσεων από τη «Ναυσικά» και συμπλήρωση φύλλων εργασίας.

²⁶ Βλ. Παράρτημα Δ

2.3 ΣΤΑΔΙΟ ΣΤΟΧΑΣΜΟΥ ΠΑΝΩ ΣΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΗΘΗΚΑΝ

Στο τέλος της διδασκαλίας οι μαθητές θα επιστρέψουν στο θέμα του «Θερμός» για να το επαναμελετήσουν από θέση ισχύος αυτήν την φορά και στην ουσία να στοχαστούν πάνω στις διαδικασίες που προηγήθηκαν. Αυτοί θα συγκρίνουν τις ιδέες που είχαν για την θερμότητα πριν από την διδασκαλία και πως σκέφτονται τώρα. Θα φέρουν στην μνήμη τους, ότι χρησιμοποιώντας αφηρημένες έννοιες έχτισαν εννοιολογικά μοντέλα που είχαν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών. Θα θυμηθούν επίσης ότι αυτά τα μοντέλα πρέπει να εφαρμόζονται με συνέπεια αν επιδιώκουμε την σωστή απάντηση στο πρόβλημα που αναζητούμε την λύση του. Θα συγκρίνουν την γλώσσα που χρησιμοποιούσαν και την νέα γλώσσα της Φυσικής και θα περιγράψουν τις περιπτώσεις που μπορεί κάθε μια να εφαρμοστεί. Άλλη περίπτωση είναι η απλή επικοινωνία: *Μην καίτε πολύ ρεύμα* και άλλη περίπτωση όταν προσπαθούμε να εξηγήσουμε τους λόγους ενός φαινομένου ή γεγονότος: *Που οφείλεται ο υψηλός λογαριασμός της Δ.Ε.Η που μου ήρθε;* Άλλο είναι να λες: *Κλείσε το παράθυρο μη μπει το κρύο μέσα* και άλλη περίπτωση είναι όταν ο μηχανικός προσπαθεί να υπολογίσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου.

Θα συζητήσουν με τον δάσκαλο πως η θεωρία και οι ανακαλύψεις της Φυσικής έχουν εξελιχθεί και έχουν επικυρωθεί, για να φτάσουν στην σημερινή τους μορφή. Θα συγκρίνουν αυτήν την εξέλιξη με την αλλαγή στον δικό τους τρόπο σκέψης. Θα αναλογιστούν πάνω στους τρόπους μάθησης. Θα συνειδητοποιήσουν ότι ένας τρόπος μάθησης είναι η συνεργασία με κάποιον άλλο, αλλά κάποιες μέθοδοι της συνεργατικής μάθησης μπορούν εν μέρει να εφαρμοσθούν και ατομικά. Η σύνοψη, η πρόβλεψη του κειμένου που ακολουθεί είναι κάποιες από τις μεθόδους που μπορούν να ελέγξουν την κατανόηση του υπό μελέτη θέματος και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε ατομική μελέτη. Θα δουν ότι ερωτήσεις μπορούμε να θέτουμε και στον ίδιο τον εαυτό μας, όχι μόνο για να ελέγξουμε την πρόοδο μας μέσω μιας απάντησης αλλά και για να κατανοήσουμε καλύτερα το θέμα που μελετάμε. Θα κάνουν μια αναδρομή στις απαιτούμενες ενέργειες για την εξερεύνηση του θέματος. Πρώτα πρέπει να εντοπίσουμε τις δυσκολίες κατανόησης, πράγμα που δεν είναι ιδιαίτερα απλό και μετά να αναζητήσουμε τους τρόπους για την επίλυση τους. Θα αναλογιστούν πόσος χρόνος καταναλώθηκε για την κατανόησης μιας σελίδας και πόσο μακρόχρονη διαδικασία είναι επομένως η εισαγωγή στον πολιτισμό μιας συγκεκριμένης κοινωνίας.

3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1 ΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Το ερευνητικό ενδιαφέρον της παρούσας εργασίας ουσιαστικά αναζητεί τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει στην γνωσιακή εξέλιξη των μαθητών Β΄ Γυμνασίου η διδακτική μέθοδος της γνωσιακής μαθητείας όταν αυτή εφαρμόζεται στη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων.

Εξειδικεύοντας περισσότερο, η τεχνική που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή των αρχών της γνωσιακής μαθητείας είναι αυτή της αμοιβαίας διδασκαλίας. Η διδακτική σειρά δομείται πάνω σε κάποιο θέμα το οποίο γνωρίζει την εξέλιξη του ο δάσκαλος και θεωρείται ότι επιλέγεται από τους μαθητές. Οι απαιτούμενες πληροφορίες για την κατανόηση του θέματος αντλούνται κύρια από το σχολικό βιβλίο.

Θεωρώντας, σύμφωνα με την Βιγκοτσική αντίληψη, τη γλώσσα αναπόσπαστο μέρος της σκέψης, οι βασικές συμπεριφορές των μαθητών που θα ερευνηθούν κατά την αντιμετώπιση από αυτούς των θερμικών φαινομένων είναι:

- Η περιγραφή: η χρήση της επιστημονικής γνώσης για σκοπούς ταξινόμησης και για την ορθή ονομασία των φυσικών φαινομένων.
- Η επικοινωνία στην επιστήμη (λέξεις, γραφικές παραστάσεις, πίνακες, εξισώσεις, κ.τ.λ.).
- Η πρόβλεψη: η χρήση της επιστημονικής γνώσης για τη δημιουργία προβλέψεων σε μελλοντικά γεγονότα.
- Η εξήγηση: η χρήση της επιστημονικής γνώσης για την εξήγηση φυσικών φαινομένων.
- Η εφαρμογή του επιστημονικού συλλογισμού στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων.²⁷
- Η αφομοίωση της γνώσης, η οποία συνίσταται στη γρήγορη ανάκληση της διαδικαστικής και δηλωτικής γνώσης²⁸ από τη μνήμη για εφαρμογή της στο πρόβλημα.

Οι ερευνούμενες συμπεριφορές θα περιοριστούν βεβαίως στις διαδικασίες που έχουν μοντελοποιηθεί κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς (π.χ. δεν μπορεί να

²⁷ Ο περιορισμός της έρευνας στις παραπάνω συμπεριφορές, δεν σημαίνει κατ' ανάγκη, ότι οι μαθητές κατά την διάρκεια της διδακτικής σειράς δεν έρχονται σε επαφή και με άλλες βασικές συμπεριφορές των επιστημόνων. Οι συμπεριφορές αυτές όμως, όπως η αναγνώριση των δυνατοτήτων και περιορισμών της επιστήμης και τεχνολογίας, ή η διαδικασία πειραματισμού που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, είναι τέτοιας φύσης, όπου για να φανούν ουσιαστικά αποτελέσματα απαιτείται από τους μαθητές να εντρυφήσουν περισσότερο στο χώρο των Φυσικών Επιστημών. Οι μαθητές στη Β΄ Γυμνασίου, έρχονται για πρώτη φορά μετά το Δημοτικό, με μια προσέγγιση βέβαια διαφορετικού επιπέδου, σε επαφή με το χώρο των Φυσικών Επιστημών και ξεκινούν μάλιστα με τη θεματική ενότητα της θερμότητας. Έτσι π.χ., παρόλο που οι μαθητές διδάχθηκαν τον τρόπο που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν το πείραμα, πραγματοποίησαν πειράματα κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς, αλλά επιλέχθηκε ως η πλέον κατάλληλη μια παραγωγική προσέγγιση (τα πειράματα αποτελούσαν επιβεβαίωση της ήδη διδαχθείσας θεωρίας). Οι επιστήμονες όμως ως γνωστό χρησιμοποιούν συνήθως μια πιο περίπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει τον καθορισμό του προβλήματος, τη διατύπωση μιας υπόθεσης, τον έλεγχο της υπόθεσης με το σχεδιασμό και διεξαγωγή καταλλήλων πειραμάτων, μέσω παρατηρήσεων που καταγράφονται και ερμηνεύονται. Επίσης, δεν πρόκειται να ερευνηθούν στρατηγικές μάθησης ή ελέγχου κατανόησης, παρόλο που διδάσκονται, αφού δεν αποτελούν στόχο, αλλά μέσο της διδακτικής διαδικασίας.

²⁸ Διαδικαστική γνώση (Procedural knowledge) είναι η γνώση του πώς να κάνεις κάτι. Δηλωτική γνώση (Declarative knowledge) είναι η γνώση εννοιών και γεγονότων.

ζητηθεί από τους μαθητές η επικοινωνία με βάση εξισώσεις, αφού δεν έχει μοντελοποιηθεί αυτή). Παρόμοια, δεν αναμένεται από τους μαθητές να επιτύχουν πλήρη διαφοροποίηση ανάμεσα στις έννοιες της θερμότητας, της θερμικής ενέργειας και της θερμοκρασίας, αφού κάτι τέτοιο συνεπάγεται εκτός της ύλης που εμπεριέχεται στη διδακτική σειρά και τη διδασκαλία τουλάχιστον των εννοιών που αναφέρονται στη θερμοχωρητικότητα και στην αλλαγή καταστάσεων της ύλης.²⁹

Το ερευνητικό ερώτημα διαμορφώνεται λοιπόν ως εξής:

Σε ποιο βαθμό οι μαθητές Β΄ Γυμνασίου μπορούν να ανακαλούν από τη μνήμη και να χρησιμοποιούν την επιστημονική γλώσσα για να επικοινωνούν, να περιγράφουν, να εξηγούν τα θερμικά φαινόμενα, να προβλέπουν την εξέλιξη τους, να εφαρμόζουν αυτήν τη γλώσσα στην αντιμετώπιση καθημερινών προβλημάτων, όταν η διδασκαλία έχει γίνει με τη μέθοδο της γνωστικής μαθητείας και ειδικότερα με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, δομημένη σε ένα θέμα γνωστού σεναρίου στο δάσκαλο, με βάση το υπάρχον σχολικό βιβλίο;

²⁹ Σύμφωνα με τις Wisser & Carey (1983), κεντρικό σημείο στη σύγχρονη οπτική είναι η θερμική ισορροπία. Η έννοια της θερμικής ισορροπίας, αναφέρουν οι συγγραφείς, απαιτεί την πλήρη διαφοροποίηση των εννοιών της θερμότητας και θερμοκρασίας, οι οποίες στην σύγχρονη οπτική είναι πράγματι πλήρως διαφοροποιημένες. Η θερμοκρασία είναι μια εντακτική μεταβλητή, που μετριέται με το θερμόμετρο. Μετριέται σε κάποιο σημείο του σώματος και έχει την ίδια τιμή σε όλα τα σημεία του (εάν το σώμα είναι σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον του). Εάν δύο ποσότητες νερού θερμοκρασίας η κάθε μία 50° C αναμιχθούν, τότε το συνολικό νερό θα είναι πάλι θερμοκρασίας 50° C, ως μια ιδιότητα των εντακτικών φυσικών μεταβλητών.

Η θερμότητα όμως είναι μια εκτακτική μεταβλητή και έτσι μιλάμε για ποσό ή ποσότητα της θερμότητας. Εάν ένα φλιτζάνι βραστού νερού λιώνει 100gr χιονιού, τότε δύο φλιτζάνια νερού θα λιώνουν 200gr χιονιού, ως μια ιδιότητα των εκτακτικών φυσικών μεταβλητών.

Η θερμότητα και η θερμοκρασία, υποστηρίζουν οι συγγραφείς δεν είναι απλώς δύο διαφορετικά είδη φυσικών οντοτήτων, δεν είναι καν πλήρως συσχετισμένες. Δηλ. δεν είναι αλήθεια, ότι προσφέροντας συγκεκριμένη ποσότητα θερμότητας σε οποιαδήποτε ουσία, αποφέρει συγκεκριμένη αύξηση της θερμοκρασίας. Πρώτον, διαφορετικές ουσίες έχουν διαφορετικές ειδικές θερμότητες. Δεύτερον, ακόμα και στην ίδια ουσία αυτή η συσχέτιση σπάζει κατά την διάρκεια των αλλαγών φάσης. Τέλος, σύμφωνα με τη σύγχρονη θερμοδυναμική, η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας, ενώ η θερμοκρασία είναι η μέση κινητική ενέργεια των μορίων της ουσίας.

Η διαφοροποίηση επίσης της θερμικής ενέργειας (και κατ' επέκταση της εσωτερικής ενέργειας) ενός σώματος και της θερμότητας απαιτεί την κατανόηση από τους μαθητές του ότι στην ουσία η θερμότητα είναι ένας τρόπος για την μέτρηση της ενέργειας (κάτι ανάλογο με την έννοια του έργου) που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας. Η θερμική ενέργεια αντιθέτως αποτελεί την αποθηκευμένη ενέργεια, η οποία είναι και δύσκολο βέβαια να μετρηθεί απευθείας.

3.2 ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ Η ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ

Η πειραματική διδασκαλία έλαβε χώρα σε δύο φάσεις την πιλοτική και την κύρια. Δύο αγόρια ηλικίας 14 ετών (Β΄ Γυμνασίου) συμμετείχαν στην πιλοτική φάση ενώ στην κύρια φάση εφαρμογής του πειραματικού μαθησιακού περιβάλλοντος συμμετείχαν ένας μαθητής και μια μαθήτρια ηλικίας 13 ετών (Α΄ Γυμνασίου). Η επιλογή μαθητών μικρότερης ηλικίας για την κύρια φάση οφειλότανε στο γεγονός ότι κατά το χρονικό διάστημα εφαρμογής της οι μαθητές Β΄ Γυμνασίου είχαν ήδη διδαχθεί το κεφάλαιο της θερμότητας. Οι μαθητές διδάχθηκαν μέρος του κεφαλαίου της θερμότητας, που κανονικά διδάσκεται στην Β΄ Γυμνασίου. Το μοναδικό κριτήριο επιλογής για τους μαθητές ήταν η επιθυμία τους να συμμετέχουν στη διδακτική σειρά και η συγκατάθεση των γονέων τους. Όλοι οι μαθητές φοιτούσαν σε σχολεία της ίδιας αστικής περιοχής και προέρχονταν από οικογένειες μέσου οικονομικού επιπέδου. Οι μαθητές δεν ρωτήθηκαν για την επίδοσή τους (τρέχουσα ή προγενέστερη) στα μαθήματα του σχολείου τους.

Η συνολική διάρκεια της διδακτικής σειράς της κύριας φάσης ήταν 8 διδακτικές ώρες (1 διδακτική ώρα= 45 λεπτά) και καθορίστηκε με βάση τις διδακτικές ενότητες που επιλέχθηκαν προς διδασκαλία από την μαθησιακή απαίτηση και επαναπροσδιορίστηκε μετά την πιλοτική διδασκαλία. Ο χρόνος που προβλέπεται από το σχολικό βιβλίο (δεν έχει εκδοθεί ακόμα Ωριαίο Αναλυτικό Πρόγραμμα) για τη διδασκαλία των αντιστοιχών ενοτήτων είναι 6 ώρες. Η υπέρβαση του προβλεπόμενου χρόνου στη διδακτική σειρά οφείλεται κατά κύριο λόγο στο χρόνο που καταναλώθηκε για την κατανόηση της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας και στην εκμάθηση του χειρισμού των προσομοιώσεων.

Στις ώρες αυτές δεν συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος που καταναλώθηκε για την απάντηση των αρχικών και τελικών έργων.

Ειδικά για τους μαθητές της κύριας φάσης που ήταν και μαθητές Α΄ Γυμνασίου αφιερώθηκε μια διδακτική ώρα επί πλέον. Η διδακτική αυτή ώρα αφορούσε την (επανα)μύηση των μαθητών στον χώρο των Φυσικών Επιστημών, καθόσον είχαν να διδαχθούν Φυσική από το Δημοτικό και ήταν η πρώτη φορά που την διδάσκονταν σε επίπεδο Γυμνασίου. Έτσι, πριν από την διδασκαλία των θεμάτων της θερμότητας έγινε μια συζήτηση των μαθητών με τον δάσκαλο που αφορούσε τους σκοπούς και το αντικείμενο διδασκαλίας της Φυσικής, μια σύντομη ιστορική αναδρομή του κλάδου καθώς και τις επιστημονικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την μελέτη της φύσης. Στην ίδια διδακτική ώρα εξηγήθηκαν περιληπτικά οι στόχοι και οι μέθοδοι του πειραματικού προγράμματος που θα εφαρμοζόταν. Εκτενής συζήτηση έγινε πάνω στην γλώσσα της επιστήμης, στην γλώσσα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για θέματα επιστήμης, και γενικότερα στις γλώσσες που χρησιμοποιούνται από άλλες ομάδες (κοινότητες) ανθρώπων.

3.3 ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Σκοπός της πιλοτικής διδασκαλίας ήταν να δοκιμαστούν η διδακτική προσέγγιση συνολικά, αλλά και οι επί μέρους δραστηριότητες της. Λαμβάνοντας υπόψη τα λάθη και τις αδυναμίες της διδασκαλίας αυτής έγιναν οι κατάλληλες βελτιώσεις στη διδακτική σειρά, έτσι ώστε τα προβλήματα και οι δυσκολίες αυτές να μειωθούν στη φάση της κύριας διδασκαλίας.

Καταρχήν, αναφορικά με τον τρόπο που αναπτύχθηκε η διδακτική σειρά, δομημένη δηλ. πάνω σε ένα θέμα («Το Θερμός»), η άποψη των μαθητών ήταν πολύ θετική. Οι μαθητές δεν φάνηκε να συναντούν δυσκολίες στην αντιμετώπιση αυτής της μη σειριακής διδασκαλίας, αντίθετα τους φάνηκε ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα: «Είναι διαφορετικά, από αυτό που έχουμε συνηθίσει από τους καθηγητές μας: Σήμερα έχουμε μάθημα για...», «Είναι καλό να προσπαθείς να μάθεις αυτά που χρειάζεσαι και όχι παραπανίσια πράγματα...».

Μη αναμενόμενη δυσκολία εμφανίστηκε στην εφαρμογή της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας. Οι ερωτήσεις που κατασκεύαζαν οι μαθητές δεν ήταν τόσο ενδιαφέρουσες έτσι ώστε να εστιάζουν στα βασικά σημεία του υπό μελέτη κειμένου. Συνηθισμένοι μάλιστα σε ένα διαφορετικό ρόλο μέχρι τώρα, κατά το στάδιο κατασκευής ερωτήσεων μερικές φορές προσπαθούσαν να κατασκευάσουν απάντηση αντί για ερώτηση! Κατά την δημιουργία σύνοψης συχνά δεν εστίαζαν στα σημαντικότερα σημεία των παραγράφων που μελετούσαν, καταφεύγοντας έτσι σε άσκοπους πλατειασμούς. Ελάχιστη επιτυχία σημείωσαν επίσης, στις λίγες φορές που ζητήθηκε να κάνουν πρόβλεψη του κειμένου που ακολουθεί. Η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας φάνηκε μάλιστα να τους κουράζει ειδικά μετά από ανεπιτυχείς εφαρμογές της. Σημαντική πρόοδο στον τρόπο αυτό διδασκαλίας άρχισαν να εμφανίζουν οι μαθητές στις τελευταίες διδακτικές ώρες.

Προκειμένου λοιπόν να μην εμφανιστούν ανάλογες δυσκολίες και στην κύρια διδασκαλία έγιναν μερικές απλές αλλαγές. Έτσι, οι μαθητές δεν καλούνταν να κατασκευάσουν μια ερώτηση, αλλά μια «ενδιαφέρουσα» ερώτηση. Αποφασίστηκε η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας να μην εφαρμόζεται αδιακρίτως, αλλά μόνο σε παραγράφους του σχολικού βιβλίου που περιείχαν αφηρημένη γνώση, από τις οποίες έτσι κι αλλιώς οι μαθητές θα έπρεπε να αντλήσουν δεδομένα για να δημιουργήσουν ενδιαφέρουσες ερωτήσεις, αλλά και τη σύνοψη. Η διαδικασία της πρόβλεψης κειμένου που ακολουθεί, υποβαθμίστηκε και χρησιμοποιήθηκε μόνο στις περιπτώσεις που υπήρχαν πιθανότητες επιτυχίας.

Από τις δραστηριότητες που είχαν προβλεφθεί, κάποιες αφαιρέθηκαν ή τροποποιήθηκαν, επειδή δεν υπήρχαν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, μια δραστηριότητα που υπήρχε στον αρχικό σχεδιασμό και αφαιρέθηκε ήταν η προσομοίωση από τη «Ναυσικά» με θέρμανση Μολύβδου από λύχνο σε περιβάλλον μεγαλύτερης και μικρότερης θερμοκρασίας. Η δραστηριότητα αυτή, που αναφέρεται στην κατανόηση της θερμικής ισορροπίας και ως μιας δυναμικής κατάστασης, παρουσιάστηκε ιδιαίτερα προβληματική για τους μαθητές. Για την κατανόηση της άσκησης, που αποδείχθηκε ιδιαίτερα χρονοβόρα, απαιτήθηκε μάλιστα και η χρήση αναλογίας³⁰. Επομένως είναι αμφισβητήσιμη η σκοπιμότητα της συμπερίληψης τέτοιων έργων στη διδακτική σειρά.

³⁰ Βλ. Arnold, M. & Millar, R. (1994).

Από την άλλη, δραστηριότητες και έργα που δεν είχαν προβλεφθεί, δημιουργήθηκαν και συμπεριλήφθηκαν στην φάση της κύριας διδασκαλίας. Για παράδειγμα οι μαθητές δεν φάνηκε να πείθονται για το ότι διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικούς ρυθμούς διάδοσης της θερμότητας (διαφορετικές αγωγιμότητες). Έτσι, γρήγορα στήθηκε ένα πείραμα με απλά υλικά. Το πείραμα αυτό συνέκρινε τους χρόνους που απαιτούνται, για να βράσουν δυο ίδιες ποσότητες νερού σε δύο μπρίκια από διαφορετικό υλικό με ίδια λοιπά χαρακτηριστικά. Στη δραστηριότητα αυτή, που αν και συμπεριλήφθηκε στον τελικό σχεδιασμό, θα πρέπει να τονισθεί ο ρόλος του δάσκαλου που πρέπει να είναι άμεσα ανταποκριτικός στις αναδυόμενες δυσκολίες των μαθητών και τις ανάγκες της διδασκαλίας. Η επισήμανση αυτή γίνεται, διότι και ο καλύτερος σχεδιασμός είναι μάλλον αδύνατον να προβλέψει τα πάντα.

Μια άλλη υποχρέωση του δασκάλου στον ίδιο ρόλο του κώουτς, που θεωρήθηκε αυτονόητη και δεν της δόθηκε η πρέπουσα προσοχή, είναι η ενθάρρυνση των μαθητών. Έτσι, κάποιες αποτυχίες του ενός μαθητή στην τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας φάνηκε να του δημιουργούν προς στιγμή κάποια δυσφορία (έστω και μη διατυπωμένη) για τον τρόπο διδασκαλίας. Η έλλειψη ενθάρρυνσης στις προσπάθειες του έγινε στο χρονικό εκείνο σημείο ιδιαίτερα αισθητή. Αντίθετα, όταν αργότερα σε επιτυχημένες προσπάθειες του ίδιου μαθητή εκφράστηκαν επαινετικά λόγια από το δάσκαλο, έγινε φανερή η αίσθηση ικανοποίησης στην έκφραση του.

Όσον αφορά τη γλώσσα των Φυσικών Επιστημών οι μαθητές φάνηκε να κατανοούν τη σημασία της γλώσσας, όχι μόνο ως ενός συνόλου εξειδικευμένων λέξεων, αλλά και ως ενός τρόπου για να δρας, να προσεγγίζεις και να αναλύεις τα φαινόμενα μέσα από τον τρόπο της συγκεκριμένης κοινότητας των Φυσικών. Είναι χαρακτηριστική η συζήτηση που είχα με τον ένα μαθητή, ο οποίος ασχολείται ιδιαίτερα με το άθλημα της καλαθοσφαίρισης. Ο μαθητής προσπαθώντας να μου εξηγήσει ένα σύστημα επίθεσης, που το ονόμαζε «οκταράκια», κατέληξε να μου πει ότι «πρέπει να το παίξουμε για να το καταλάβεις»!

Μετά το τέλος της διδακτικής σειράς και την αποηχογράφιση των πρώτων ωρών της διδασκαλίας (μιας διδασκαλίας μάλιστα που φιλοδοξία της ήταν να χαρακτηριστεί ότι εντάσσεται στο χώρο των κοινωνικών προσεγγίσεων), εκείνο που προς έκπληξη διαπιστώθηκε είναι, ότι οι μαθητές μιλούσαν λίγο και χαμηλόφωνα! Η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, παρά την αρχική δυσκολία που δημιουργεί στην εφαρμογή της, σίγουρα έχει να προσφέρει πολλά στον τομέα αυτό, καθώς ενεργοποιεί τους μαθητές να δράσουν αυτόνομα και να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση.

Γενικά τα αποτελέσματα ήταν πολύ ικανοποιητικά και στα τελικά και στα ενδιάμεσα έργα. Στα ενδιάμεσα έργα, όταν οι μαθητές δεν κατάφερναν να επιλύσουν μια άσκηση, με λίγη βοήθεια από το δάσκαλο φθάνανε στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

3.4 Η ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

3.4.1 Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο αριθμός των μαθητών είναι πολύ μικρός για την εξαγωγή αβίαστα γενικεύσιμων συμπερασμάτων. Η ερευνητική μέθοδος επομένως για την απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος δεν μπορεί παρά να είναι ποιοτικού χαρακτήρα. Έτσι, εκτός από τα ερευνητικά έργα που θα σχεδιαστούν, αποτελέσματα μπορούν να προκύψουν και από την προσωπική αίσθηση της επιτυχίας της διδακτικής σειράς από τον δάσκαλο. Ο μικρός αριθμός των μαθητών από την άλλη αποτελεί και πλεονέκτημα, αφού επιτρέπει έρευνα σε βάθος της γνωσιακής τους εξέλιξης. Τα αποτελέσματα όμως μπορούν να θεωρηθούν ότι δείχνουν μόνο μια εξελικτική τάση, με δεδομένους τους περιορισμούς της έρευνας. Εκτός από το δείγμα των μαθητών, που βέβαια σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι μπορεί να εκπροσωπήσει τον συνολικό πληθυσμό των μαθητών της Β΄ Γυμνασίου, υπεισέρχεται και μια σειρά άλλων παραγόντων που μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Η χρονική διάρκεια της διδακτικής σειράς για παράδειγμα, και επομένως και η διδακτέα ύλη που καλύπτεται, μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα. Η φιλοσοφία της διδακτικής σειράς στηρίζεται κατά πολύ στη φιλοσοφία της εισαγωγής στον πολιτισμό, την κοινότητα του ειδήμονα, στην προκειμένη περίπτωση του Φυσικού. Μια τέτοια διαδικασία όμως είναι χρονοβόρα και τα ουσιαστικά αποτελέσματα επομένως δεν αναμένεται να αναδυθούν από μια ευκαιριακή διδασκαλία λίγων ωρών. Ανάλογα και οι τεχνικές της αμοιβαίας διδασκαλίας, και γενικότερα η φιλοσοφία της γνωσιακής μαθητείας απαιτούν την εμπειρία όλων των συμμετεχόντων στη διδακτική σειρά.

Ένας άλλος λοιπόν βασικός παράγοντας είναι ο δάσκαλος, ο οποίος θα εφαρμόσει τη διδακτική-μαθησιακή σειρά. Η εμπειρία του, η γνωστική του επάρκεια στη θεματική περιοχή που διδάσκεται, η διδακτική του φιλοσοφία είναι όλα παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Να σημειωθεί, ότι ο γράφων εκτός από το ρόλο του ερευνητή, έχει και τον ρόλο του δάσκαλου με ότι περιορισμούς για την έρευνα μπορεί να συνεπάγεται αυτό. Μια σειρά λοιπόν από διαστάσεις διαφορετικής προσέγγισης από τον δάσκαλο πρέπει να ληφθούν υπόψη. Τέτοιες είναι ο τρόπος που ανταποκρίνονται στις αναδυόμενες ανάγκες της διδασκαλίας, ο τρόπος μοντελοποίησης της γνώσης που θα γίνει, οι δραστηριότητες που θα επιλεχθούν να γίνουν στο μαθησιακό περιβάλλον κ.τ.λ., η ικανότητα δηλ. γενικότερα του δασκάλου να ανταποκριθεί στον ρόλο του κώουτς.

Τέλος, ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετική εξέλιξη την διδακτική σειρά και επομένως και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από αυτήν, είναι η επιλογή του θέματος πάνω στο οποίο θα δομηθεί η διδακτική σειρά. Επιλογή θέματος δηλ. διαφορετικού από το «Θερμός» σημαίνει πιθανότατα, διαφορετικές ενότητες που θα διδαχθούν, διαφορετικές δραστηριότητες που θα αναπτυχθούν, διαφορετική πιθανόν φιλοσοφία προσέγγισης (π.χ. αν το θέμα προέρχεται από τον ιστορικό χώρο) και άρα και διαφορετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Με δεδομένη λοιπόν την μεταβλητότητα όλων αυτών των παραγόντων, εκείνο που μπορεί να επιδιωχθεί, είναι απλά να γίνει μια προσπάθεια για μια πρώτη απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος. Η τελική του απάντηση μπορεί να προκύψει μόνο μετά από μακροχρόνια εφαρμογή της φιλοσοφίας της διδακτικής σειράς μέσα σε πραγματικές σχολικές τάξεις.

3.4.2 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΕΥΝΟΥΜΕΝΑ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Τα ερευνητικά έργα και τα αντίστοιχα ερευνητικά δεδομένα που αντλούνται από αυτά, μπορεί να θεωρηθεί ότι εντάσσονται σε τρία διακριτά στάδια, πριν την έναρξη της διδακτικής σειράς, κατά τη διάρκεια της και μετά το πέρας αυτής. Τα έργα ονομάζονται αντίστοιχα αρχικά, ενδιάμεσα και τελικά.

Παράλληλα, ερευνώνται δύο αναπτυξιακά επίπεδα των μαθητών:

Το ένα είναι το πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο των μαθητών, όπως αυτό καθορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων. Η αξιολόγηση του επιπέδου αυτού αφορά και τα τρία στάδια άντλησης ερευνητικών δεδομένων.

Το άλλο είναι το επίπεδο της εν δυνάμει ανάπτυξης, η αλλιώς επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από την επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια του δασκάλου. Για την αξιολόγηση του επιπέδου αυτού λαμβάνεται υπόψη το πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή πριν την αλληλεπίδραση με το δάσκαλο, η τελική κατάσταση του μαθητή μετά την αλληλεπίδραση, καθώς και οι βοήθειες που προσφέρονται από τον τελευταίο. Δεδομένου ότι η αλληλεπίδραση δασκάλου μαθητών γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, το επίπεδο αυτό θα ερευνηθεί μόνο στα ενδιάμεσα έργα.

3.4.3 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την άντληση δεδομένων εξαρτάται από τον τρόπο που έχει ζητηθεί από τους μαθητές να ανταποκριθούν στα ερευνητικά έργα. Ο τρόπος αυτός διαφοροποιείται ανάλογα με το στάδιο της έρευνας. Κοινός τρόπος χρησιμοποιείται για τα αρχικά και τελικά έργα (1^ο και 3^ο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας αντίστοιχα). Ο τρόπος ανταπόκρισης όμως των μαθητών είναι διαφορετικός στα ενδιάμεσα έργα (2^ο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας).

α. Αρχικά και Τελικά έργα.

Στα έργα αυτά ζητείται καταρχήν οι μαθητές να σχεδιάσουν ή να διατυπώσουν γραπτά την απάντησή τους. Στη συνέχεια ο δάσκαλος επεμβαίνει με διευκρινιστικές ερωτήσεις, όπου αυτές κρίνονται αναγκαίες, στους μαθητές, προσέχοντας να μην επηρεάσει την απάντησή τους. Τελική απάντηση των μαθητών θα θεωρείται, η σύνθεση της γραπτής απάντησης και των προφορικών διευκρινήσεων που αυτοί δίνουν. Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγονται παρερμηνείες από το δάσκαλο που μπορεί να οφείλονται σε

εκφραστικές αδυναμίες των μαθητών ή άλλες παραλείψεις αυτών, ενώ παράλληλα οι μαθητές δεν μπορούν να καταφύγουν εύκολα σε τυποποιημένες απαντήσεις, αλλά αναγκάζονται να αναδιπλώσουν πλήρως τη σκέψη τους. Ειδικότερα για τα τελικά έργα, οι διευκρινήσεις που ζητήθηκαν από τους μαθητές ήταν λιγοστές και προσεγγισμένες, έτσι ώστε να μην μετατραπούν σε βοήθειες προς αυτούς. Χρόνος επίλυσης τίθεται μόνο για τα τελικά έργα. Αποφεύχθηκε κάτι τέτοιο για τα αρχικά έργα, αφενός για να διευκολυνθούν οι μαθητές να εκφράσουν πιο αβίαστα τις ιδέες τους και αφετέρου για να μην δημιουργηθεί άσχημο κλίμα ανάμεσα στο δάσκαλο και τους μαθητές από την αρχή. Στο ίδιο πνεύμα, έγινε προσπάθεια να γίνει κατανοητό στους μαθητές ότι γενικά όλα τα έργα δεν έχουν σκοπό να αξιολογήσουν τη δικιά τους προσπάθεια, αλλά τη συγκεκριμένη διδακτική μέθοδο.

β. Ενδιάμεσα έργα.

Το χαρακτηριστικό των ενδιάμεσων έργων είναι ότι αποτελούν μέρος της διδασκαλίας, όπου οι μαθητές καλούνται να ενεργήσουν ως αυτόνομοι χρήστες της επιστημονικής γνώσης με το σταδιακό ξεθώριασμα των βοηθειών του δασκάλου. Προκειμένου λοιπόν να μην επηρεαστεί ο ρυθμός της διδασκαλίας, ο τρόπος ανταπόκρισης των μαθητών στα έργα είναι πιο ελεύθερος. Καταρχήν δεν τίθεται χρόνος επίλυσης των έργων. Όσον αφορά τον τρόπο ανταπόκρισης αυτός καθορίζεται ανάλογα με το έργο. Έτσι, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν γραπτά ή προφορικά ή και με συνδυασμό γραπτού και προφορικού λόγου, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ροή της διδασκαλίας. Ο μικρός αριθμός των μαθητών που συμμετέχουν στη πειραματική διδασκαλία όχι μόνο προσφέρει τη χρονική πολυτέλεια για μια τέτοια προσέγγιση αλλά συγχρόνως με τις προφορικές απαντήσεις συχνά γίνεται και εξοικονόμηση χρόνου. Μετά και από τις διευκρινιστικές ερωτήσεις του δασκάλου, οι οποίες σε πρώτη φάση δεν έχουν στόχο να επηρεάσουν την απάντηση του μαθητή καταγράφεται η άποψη του, η οποία μπορεί να είναι μόνο γραπτή, μόνο προφορική ή συνδυασμός και των δύο. Για τη σύνθεση της άποψης του μαθητή λαμβάνονται και εδώ, όπως στα αρχικά και τελικά έργα οι ενδεχόμενες διευκρινίσεις που δίνονται. Οι απαντήσεις που καταγράφονται με αυτόν τον τρόπο αντιστοιχούν στο πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή.

Όντας μέρος της διδασκαλίας τα ενδιάμεσα έργα, ο δάσκαλος κωουτσάροντας τους μαθητές και δουλεύοντας ουσιαστικά στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης τους (Vygotsky, (1998, σ.147), προσφέρει σ' αυτούς τις αναγκαίες βοήθειες για την επίλυση των προβλημάτων. Το κωουτσάρισμα (coaching) όμως και η κλιμάκωση των προσφερόμενων βοηθειών (scaffolding) στους μαθητές αποτελούν βασικά συστατικά της διδακτικής σειράς. Θα είχε επομένως ενδιαφέρον να καταγραφούν στη συνέχεια, ο αριθμός και το είδος των βοηθειών του δασκάλου που απαιτούνται για να φθάσουν οι μαθητές στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Η καταγραφή των βοηθειών αυτών και η τελική γνωσιακή κατάσταση των μαθητών χαρακτηρίζουν το άλλο διερευνούμενο αναπτυξιακό επίπεδο, το εν δυνάμει επίπεδο ανάπτυξης.

Προφανώς όμως, για να διερευνηθεί το εν δυνάμει αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή, θα πρέπει να προϋπάρχει επιτυχές κωουτσάρισμα από το δάσκαλο. Επιτυχές λοιπόν θα θεωρείται το κωουτσάρισμα, όταν ο δάσκαλος διαγνώσει τις αδυναμίες και το εν δυνάμει αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή. Ο δάσκαλος τότε πρέπει να δώσει τις κατάλληλες βοήθειες στο μαθητή, έτσι ώστε ο ίδιος να οδηγηθεί στην επίλυση του προβλήματος. Ανεπιτυχές θεωρείται το

κωουτσάρισμα, όταν δεν γίνονται αντιληπτές οι αδυναμίες του μαθητή και/ ή όταν ο ίδιος ο δάσκαλος επιλύει ο ίδιος το πρόβλημα, αντί να καθοδηγήσει το μαθητή προς την επίλυση του. Τέτοιου είδους ανοικτή βοήθεια προς το μαθητή θα θεωρείται αποδεκτή, μόνο όταν αφορά γνώση που αυτός δεν έχει διδαχθεί και αναπόφευκτα δεν θα υπάρχει άλλος τρόπος καθοδήγησης του. Μερικώς επιτυχές θα θεωρείται το κωουτσάρισμα του μαθητή αν ο δάσκαλος καθοδηγεί σωστά το μαθητή και/ή αναγνωρίζει τις αδυναμίες του αλλά μόνο σε ένα μέρος του προς επίλυση προβλήματος. Για τις ανάγκες της αξιολόγησης του μαθητή, σε περίπτωση ανεπιτυχούς κωουτσαρίσματος (όπως αυτό ορίσθηκε παραπάνω) το εν δυνάμει αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή θα θεωρείται ίδιο με το πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο. Στην περίπτωση μερικώς επιτυχούς κωουτσαρίσματος το επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης του μαθητή θα είναι μεν μεγαλύτερο του πραγματικού, αλλά μικρότερο του άριστα (4).

Η μέθοδος καταγραφής των ερευνητικών δεδομένων εκτός από τα γραπτά των μαθητών περιλαμβάνει ηχογράφηση όλης της διδακτικής σειράς και τήρηση ημερολογίου από το δάσκαλο. Το ημερολόγιο, εκτός από τις γενικότερες εντυπώσεις που δημιουργήθηκαν κατά τη διδασκαλία, σκοπό έχει να καταγράψει και πιθανόν δεδομένα, που δεν εμπεριέχονται στα γραπτά των μαθητών ή στην ηχογράφηση της διδασκαλίας. Η πρακτική σε όλα τα έργα, η άποψη των μαθητών να συντίθεται από τα γραπτά έργα και τις διευκρινίσεις που δίνονται είναι σύμφωνη και με το είδος των ερευνούμενων συμπεριφορών. Εάν ως δεδομένα θεωρούνταν μόνο τα γραπτά των μαθητών, τότε στις ερευνούμενες συμπεριφορές θα έπρεπε να συμπεριληφθεί και η ικανότητα των μαθητών στο γραπτό λόγο.

3.4.4 ΔΟΜΗ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Όλα τα έργα έχουν σχεδιαστεί ή επιλεγεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικά των θεματικών περιοχών που διαπραγματεύεται η διδακτική σειρά. Παρακάτω περιγράφεται και αιτιολογείται η επιλογή και σχεδιασμός των έργων στα τρία στάδια της ερευνητικής διαδικασίας.

1^ο Στάδιο (Αρχικά έργα):

Σκοπός του σχεδιασμού των αρχικών έργων είναι να καταγραφεί το αρχικό γνωσιακό προφίλ των μαθητών. Το περιεχόμενο των έργων αυτών ανταποκρίνεται πλήρως στη Φυσική που έχουν διδαχθεί οι μαθητές από τα βιβλία της Ε΄ Δημοτικού (Δασκαλάκης κ.α., 2000) και ΣΤ΄ Δημοτικού (Αλεξόπουλος κ.α., 1994). Όλα τα έργα εκτός από το 1^ο θέμα (Α1) προέρχονται από το χώρο της θερμότητας.

Το έργο Α1 προέρχεται από το χώρο του μικρόκοσμου, ζητά δηλ. από τους μαθητές να καταγράψουν τις γνώσεις τους σχετικά με τη δομή της ύλης. Η επιλογή της περιγραφής απλώς της σωματιδιακής φύσης της ύλης έγινε επειδή στο Δημοτικό τα θερμικά φαινόμενα αναλύονται μόνο σε επίπεδο μακρόκοσμου, σε αντίθεση με τη Β΄ Γυμνασίου που η ανάλυση γίνεται και σε επίπεδο μικρόκοσμου. Ενδιαφέρουν επομένως οι αρχικές ιδέες των μαθητών τουλάχιστον για τη δομή της ύλης που έχουν διδαχθεί.

Όλα τα αρχικά έργα έχουν σχεδιαστεί, έτσι ώστε να αντανakλούν τις ερευνούμενες συμπεριφορές. Στο σχεδιασμό τους βάρος δόθηκε να ανταποκρίνονται αυτά σε καθημερινά προβλήματα, έτσι ώστε να είναι σύμφωνα και με τη φιλοσοφία της διδακτικής σειράς. Στην ίδια λογική, η διατύπωση των έργων είναι τέτοια, ώστε να μοιάζουν με μικρές «ιστορίες». Αναπόφευκτα λοιπόν περιέχουν και δεδομένα, που δεν είναι απαραίτητα για την επίλυση τους. Εξάιρεση αποτελεί πάλι το έργο A1 που από τη φύση του δεν μπορούσε να επιτευχθεί κάτι τέτοιο.

2^ο Στάδιο (Ενδιάμεσα έργα):

Όλα σχεδόν τα ενδιάμεσα έργα προέρχονται από το σχολικό βιβλίο της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α). Τα ενδιάμεσα έργα αποτελούν καταρχήν μέρος της διδακτικής-μαθησιακής διαδικασίας και κατόπιν βέβαια χρησιμοποιούνται και ως μέσο αξιολόγησης. Η επιλογή τους από το υπάρχον σχολικό βιβλίο είναι σύμφωνη και με την όλη φιλοσοφία της διδακτικής σειράς που έχει δομηθεί πάνω σ' αυτό. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι και το σχολικό βιβλίο ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στη διδακτική προσέγγιση που επιχειρήθηκε. Αναλυτικότερα, οι ασκήσεις του βιβλίου που έχουν επιλεγεί μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αποτελεί έργα «λόγου», όπου δίνονται στους μαθητές κάποιες λέξεις από τη γλώσσα της Φυσικής και ζητείται από τους μαθητές να σχηματίσουν ελεύθερα τις δικές τους προτάσεις με μόνο περιορισμό να χρησιμοποιήσουν αυτές τις λέξεις. Με δεδομένο ότι η επικοινωνία μέσα στην επιστήμη και η περιγραφή φυσικών (θερμικών) φαινομένων παίζει ένα καθοριστικό ρόλο για την εισαγωγή στην πρακτική του πολιτισμού του Φυσικού, τα έργα αυτά μπορούν να βοηθήσουν προς την κατεύθυνση αυτή. Οι άλλες δύο κατηγορίες αποτελούνται από έργα, όπου η επιστημονική σκέψη εφαρμόζεται σε δύο διαφορετικά πλαίσια. Η δεύτερη καταρχήν κατηγορία είναι έργα, στα οποία ζητείται από τους μαθητές να εξηγήσουν και/ή να περιγράψουν θερμικά φαινόμενα που είναι εφαρμοσμένα όμως σε καθημερινά προβλήματα. Η τρίτη κατηγορία αφορά «θεωρητικά» έργα, προβλήματα δηλ. στα οποία οι μαθητές καλούνται να παράγουν νέα (για τους ίδιους) αφηρημένη γνώση, σύμφωνα με το δίκτυο εννοιών που ενυπάρχει σ' αυτούς. Παρουσιάζει λοιπόν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη διδακτική σειρά να μελετηθεί, πώς οι μαθητές ανταποκρίνονται στα δύο αυτά διαφορετικά πλαίσια εφαρμογής της επιστημονικής σκέψης. Από τις ασκήσεις του βιβλίου έχουν αποφευχθεί εκείνες που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ερωτήσεις «αποστήθησης», ερωτήσεις δηλ. των οποίων η απάντηση εύκολα μπορεί να βρεθεί αυτούσια στο βιβλίο. Ο αποκλεισμός τέτοιων ασκήσεων είναι σύμφωνος και με τη φιλοσοφία της διδακτικής σειράς, όπου η απομνημόνευση των όποιων γνώσεων γίνεται είτε με τη διαδικασία της μοντελοποίησης (από το δάσκαλο ή με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας), είτε με την εφαρμογή της μοντελοποιημένης αυτής γνώσης σε όσο το δυνατόν διαφορετικά και περισσότερα πλαίσια (προβλήματα). Επίσης, ασκήσεις που προϋποθέτουν γνώση που δεν διδάχθηκε αποκλείονται.

Τα ενδιάμεσα έργα συμπληρώνονται με δύο ακόμα, που συνίστανται στη συμπλήρωση φύλλων εργασίας που συμπεριλαμβάνονται στην προσομοίωση της «Ναυσικάς». Η επιλογή των συγκεκριμένων έργων έγινε με το σκεπτικό να εξοικειωθούν οι μαθητές με τις νέες τεχνολογίες, αλλά και με διαδικασίες πειραματισμού.

Αρκετά από τα ενδιάμεσα έργα έχουν τροποποιηθεί σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό από την αρχική τους μορφή, έτσι ώστε να είναι συμβατά με τη διδακτική παρέμβαση που επιχειρήθηκε στο σχολικό βιβλίο, αλλά και τη μοντελοποίηση της γνώσης που έγινε.

3^ο Στάδιο (Τελικά έργα):

Η μόνη διαφοροποίηση των τελικών έργων σε σχέση με τα αρχικά έργα είναι στο 1^ο θέμα. (T1). Το έργο T1 αναφέρεται στη διαδικασία της θερμότητας, αλλά μέσα από την οπτική του μικρόκοσμου. Από αυτήν την άποψη το έργο T1 μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχο του A1, με το σκεπτικό όμως ότι δεν ενδιαφέρει απλά ο μικρόκοσμος, αλλά πώς αυτός μπορεί να εξηγήσει και/ή να περιγράψει θερμικά φαινόμενα. Τα άλλα τελικά έργα είναι τα ίδια, αφού το περιεχόμενο των υπόλοιπων (του μικρόκοσμου) θεματικών περιοχών του γυμνασιακού βιβλίου που καλύπτει η διδακτική σειρά είναι ίδιο με αυτό του βιβλίου του Δημοτικού σχολείου.

Τα τελικά έργα αποτελούν προφανώς την τελευταία καταγραφή μιας συνολικής γνωσιακής κατάστασης των μαθητών. Τα αποτελέσματα των μαθητών στα έργα αυτά συγκρινόμενα με τα αποτελέσματα που έχουν καταγράψει στα αρχικά, αλλά και τα ενδιάμεσα μπορούν να δώσουν πληροφορίες για το πραγματικό, αλλά και το επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης των μαθητών.

3.4.5 Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.4.5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Για την αξιολόγηση³¹ μιας σειράς ερευνητικών έργων θα πρέπει να δημιουργηθούν και αντίστοιχοι οδηγοί αξιολόγησης. Ένας οδηγός αξιολόγησης συντίθεται από μια κλίμακα (αριθμητική, ποιοτική), κάποιων βαθμών που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα επίπεδα επίδοσης. Τα επίπεδα επίδοσης αυτά απαιτούν να δημιουργηθούν και κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης που θα αντανakλούν το συγκεκριμένο επίπεδο.

Η σύνταξη κατευθυντηρίων γραμμών αξιολόγησης δημιουργείται κατ' αρχήν λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές συμπεριφορές που θα ερευνηθούν και οι οποίες συνιστούν ουσιαστικά και τις γενικές προσδοκίες επίδοσης του μαθητή. Ο δεύτερος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι οι βάσεις γνώσεων οι οποίες αποτελούν το γνώμονα με τον οποίο θα αξιολογηθούν οι μαθητές. Οι βάσεις γνώσεων αυτές εξαρτώνται από το περιεχόμενο που έχει η συγκεκριμένη θεματική ενότητα που διδάσκεται και αφορά το συγκεκριμένο ερευνητικό έργο (ή μια ομάδα ερευνητικών έργων της θεματικής ενότητας), αλλά και από τη μοντελοποίηση της γνώσης που έγινε στην τάξη. Οι βάσεις γνώσεων θα μπορούσαν να θεωρηθούν ότι αποτελούν τις προϋποθέσεις ενός εγγράμματος επιστημονικά πολίτη.

Ο τρόπος αξιολόγησης θα μπορούσε να είναι γενικός ή εξειδικευμένος στο θέμα. Ένας γενικός τρόπος αξιολόγησης είναι αυτός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλαπλά θέματα, ενώ ο εξειδικευμένος στο θέμα τρόπος αξιολόγησης είναι κατάλληλος μόνο για το συγκεκριμένο θέμα. Με δεδομένο, ότι σκοπός της αξιολόγησης που θα γίνει είναι να παρατηρηθεί η πορεία της επίδοσης των μαθητών περισσότερο, παρά η επίδοση τους ανά θέμα, επιλέγεται ο γενικός τρόπος αξιολόγησης και συντάσσεται ένας γενικός οδηγός αξιολόγησης. Για την αξιολόγηση κάθε θέματος συντάσσεται οδηγός αξιολόγησης θέματος προσαρμοσμένος όμως στο γενικό οδηγό αξιολόγησης (ίδια κλίμακα και κατευθυντήριες γραμμές που αφορούν το θέμα αλλά είναι προσαρμοσμένες σε αυτές του γενικού οδηγού αξιολόγησης). Εναλλακτικά ή σε συνδυασμό με την ορολογία κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης του θέματος χρησιμοποιείται η ορολογία κριτήριο αξιολόγησης.

Οι κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης στο γενικό τρόπο αξιολόγησης (και στον εξειδικευμένο στο θέμα) θα μπορούσαν να είναι αναλυτικές ή ολιστικές. Οι **ολιστικές κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης** βασίζονται συνήθως σε μια κλίμακα κάποιων βαθμών, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα επίπεδα επίδοσης τα οποία όμως αντανakλούν μια συνολική εικόνα επίδοσης του μαθητή για όλες τις ερευνούμενες συμπεριφορές της εργασίας του. Αντιθέτως, οι **αναλυτικές κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης** προσφέρουν ξεχωριστές βαθμολογήσεις, σε μια παρόμοια πάλι κλίμακα για τις διάφορες συμπεριφορές που εκδηλώνονται κατά την εργασία του μαθητή. Προφανώς η αναλυτική βαθμολόγηση προσφέρει πιο συγκεκριμένη και πιο λεπτομερή ανατροφοδότηση απ' ό,τι η ολιστική. Για να επιτευχθούν όμως οι στόχοι της αναλυτικής αξιολόγησης απαιτούνται ειδικά σχεδιασμένα θέματα, που θα μπορούν να ανιχνεύουν τις ερευνούμενες συμπεριφορές του μαθητή. Με δεδομένο ότι τα θέματα πάνω στα οποία θα μελετηθούν οι συμπεριφορές των μαθητών προέρχονται κυρίως από το σχολικό τους βιβλίο και επομένως δεν είναι ειδικά κατασκευασμένα για να μελετηθούν συγκεκριμένες συμπεριφορές των μαθητών επιλέγονται οι ολιστικές κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης. Οι προσδοκίες επίδοσης δηλ. θα θεωρηθούν κοινές για όλα τα ερευνητικά έργα. Το αποτέλεσμα επομένως της αξιολόγησης με ολιστικές κατευθυντήριες γραμμές δεν μπορεί παρά να αντανakλά μια συνολική εντύπωση των εργασιών του μαθητή για τις μελετούμενες συμπεριφορές.

³¹ Βασική πηγή για τον τρόπο αξιολόγησης ήταν οι ιστοσελίδες του PALS

Η κλίμακα αξιολόγησης αντιστοιχεί σε ένα εύρος από 0 έως 4 βαθμούς, ενώ προβλέπεται και ξεχωριστό επίπεδο για την έλλειψη απάντησης με την ονομασία «Κενό». Η δημιουργία ξεχωριστού επιπέδου για την έλλειψη απάντησης κρίθηκε επιβεβλημένη από το γεγονός, ότι η άρνηση απάντησης ενός μαθητή δεν πρέπει απαραίτητα να ταυτίζεται με το επίπεδο 0, αλλά μπορεί να αντιστοιχεί σε οποιοδήποτε άλλο επίπεδο της κλίμακας αξιολόγησης. Απλώς, ο μαθητής για τους δικούς του λόγους κάθε φορά αρνείται να μπει στη διαδικασία απάντησης. Για το λόγο αυτό, σε έργα που δίνονται στους μαθητές και αποτελούνται από υποερωτήματα, δεν θα δίνεται βαθμολογία για όλο το έργο όταν σε κάποιο υποερώτημα δεν υπάρχει κανενός είδους απάντηση, αλλά θα γίνεται ξεχωριστή αξιολόγηση για κάθε υποερώτημα. Επίσης, ο λόγος επιλογής μιας αριθμητικής κλίμακας αντί μιας ποιοτικής οφείλεται στην προηγούμενη επιλογή των ολιστικών κατευθυντηρίων γραμμών αξιολόγησης. Μια ποιοτική κλίμακα (π.χ. «ανεπαρκής περιγραφή» έως το υψηλότερο επίπεδο επίδοσης «άριστη περιγραφή»), θα έπρεπε να συμπεριλάβει και όλες τις άλλες ερευνούμενες συμπεριφορές, με αποτέλεσμα να είναι δυσανάγνωστη και τελικά δύσχρηστη. Η επιλογή του εύρους της συγκεκριμένης κλίμακας δεν σημαίνει ότι λειτουργεί δεσμευτικά για όλα τα ερευνητικά έργα, αλλά βέβαια πάντα σε κάθε έργο πρέπει να γίνεται προσαρμογή στη συγκεκριμένη κλίμακα. Για παράδειγμα, σε κάποιο ερευνητικό έργο που είναι της μορφής «Σωστό-Λάθος» οι κατηγορίες επίδοσης θα είναι μόνο οι 4 και 0.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ένας γενικός τρόπος αξιολόγησης για διαφορετικά στην κατασκευή τους θέματα με ολιστικές κατευθυντήριες γραμμές που ερευνούν διαφορετικής φύσης συμπεριφορές, πιθανότατα να δημιουργεί κάποια προβλήματα για μια αντικειμενική αξιολόγηση.

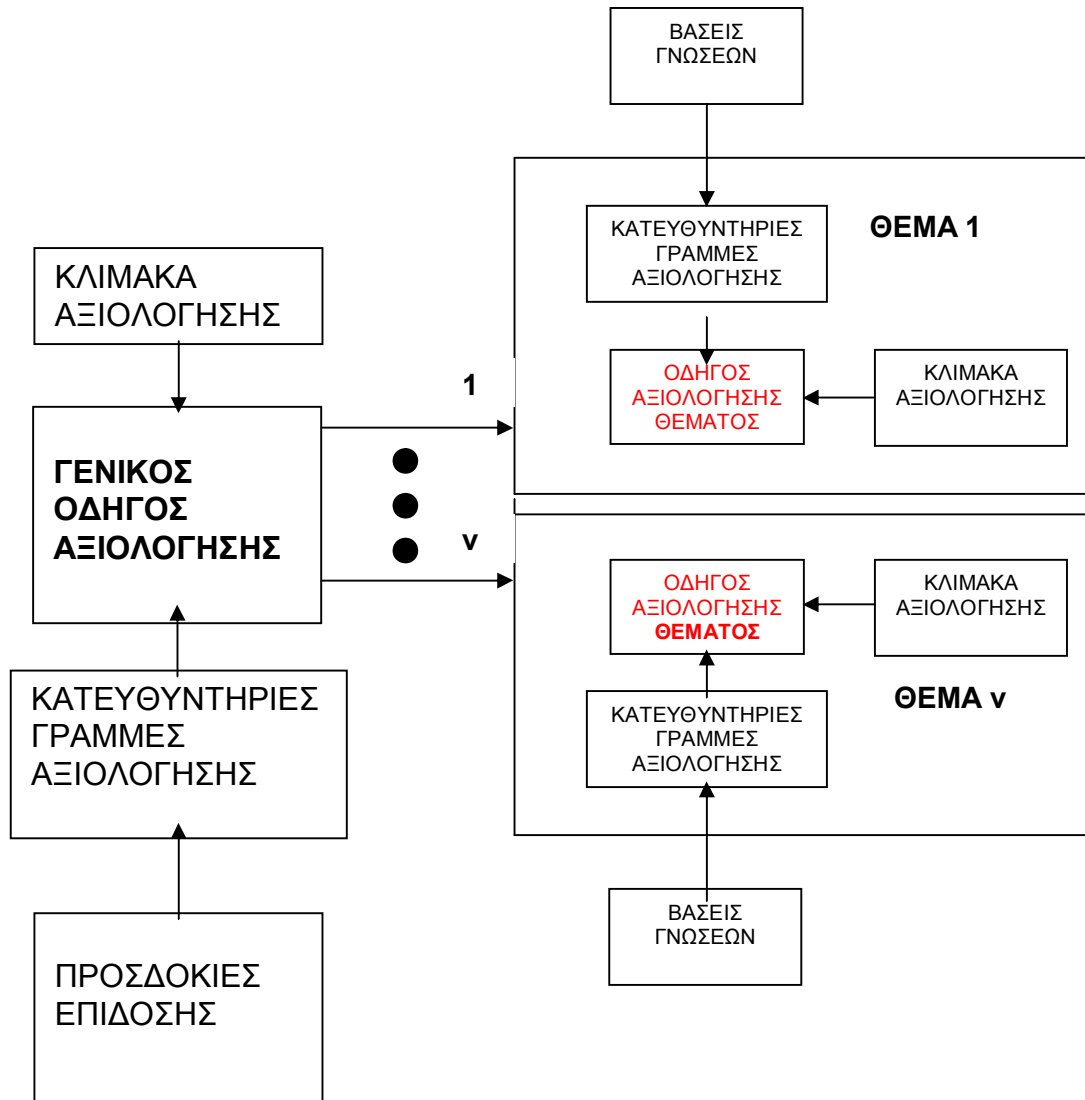
Παρόλα αυτά, προσπάθεια καταβλήθηκε ώστε η αξιολόγηση να είναι:

- 1. Συνεχής:** Η ποιοτική διαφορά από κατηγορία επίδοσης στην αμέσως επόμενη πρέπει να παραμένει σταθερή. Για παράδειγμα, η διαφορά ανάμεσα στις κατηγορίες 4 και 3 πρέπει να είναι ίδια με αυτήν ανάμεσα στις κατηγορίες 2 και 1.
- 2. Συνεκτική:** Η αξιολόγηση πρέπει να εστιάζει στους ίδιους στόχους επίτευξης κατά μήκος κάθε ερευνητικού έργου, παρόλο που κάθε επίπεδο επίδοσης καθορίζει διαφορετικούς βαθμούς επίτευξης του στόχου. Για παράδειγμα, εφόσον ένας από τους στόχους της αξιολόγησης είναι να μετρήσει την εξήγηση των θερμικών φαινομένων, τότε κάθε κατηγορία επίδοσης θα πρέπει να συνδέεται με τους διαφορετικούς βαθμούς εξήγησης και όχι κάποια κατηγορία επίδοσης να συνδέεται π.χ. με την ικανότητα των μαθητών να οργανώνουν ένα πείραμα σχετικό με τη θερμότητα.
- 3. Έγκυρη:** Η αξιολόγηση επιτρέπει έγκυρα συμπεράσματα στο βαθμό που ότι βαθμολογείται είναι αυτό που είναι κεντρικό στην επίδοση, όχι αυτό που είναι εύκολο να παρατηρηθεί ή να βαθμολογηθεί. Οι διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα επίδοσης του μαθητή έγινε προσπάθεια
 - i) να αντανakλούν τα βασικά συστατικά της επίδοσης του και όχι να επηρεάζονται από προκαταλήψεις (π.χ. αυτός είναι καλός μαθητής),
 - ii) να περιγράφουν κυρίως ποιοτικές διαφορές και όχι τόσο ποσοτικές διαφορές στην επίδοση και
 - iii) να μην συγχέουν απλώς συγγενικές διαφορές με τους γνήσιους δείκτες επίτευξης του στόχου. Για παράδειγμα εφόσον οι στόχοι της αξιολόγησης δεν συμπεριλαμβάνουν δεξιότητες, όπως π.χ. το χειρισμό υπολογιστή, δεν πρέπει να συγχέεται για παράδειγμα, η κρίση της αποτελεσματικότητας του μαθητή στην εξήγηση των αποτελεσμάτων ενός πειράματος μιας προσομοίωσης με την ικανότητα να χειρίζεται ο μαθητής το πρόγραμμα της προσομοίωσης.
- 4. Αξιόπιστη:** Ένα κριτήριο για την αξιοπιστία μιας αξιολόγησης είναι να για να θεωρείται αυτή αξιόπιστη πρέπει να συμπεριλαμβάνει

τουλάχιστον δύο κριτές που όταν αξιολογούν την επίδοση του μαθητή σε συγκεκριμένο θέμα να αποδίδουν την ίδια βαθμολογία.
 Για τον σκοπό αυτό άλλος ένας έμπειρος καθηγητής Φυσικής ως δεύτερος αξιολογητής, εκτός από το γράφοντα, βαθμολόγησε την επίδοση των μαθητών σε όλα τα ερευνητικά έργα.

Σχηματικά ο τρόπος αξιολόγησης μπορεί να παρασταθεί όπως παρακάτω:

Γενικός Τρόπος Αξιολόγησης με Ολιστικές Κατευθυντήριες Γραμμές



3.4.5.2 ΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΚΑΙ ΟΙ ΟΔΗΓΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥΣ

Για την αξιολόγηση κάθε ερευνητικού έργου έχουν συνταχθεί :

- Προσδοκίες επίδοσης. Αυτές εκφράζουν τις ερευνούμενες συμπεριφορές και επομένως θα θεωρηθούν κοινές για όλα τα έργα.

- Γενικός οδηγός αξιολόγησης. Ο οδηγός αυτός περιλαμβάνει μια κλίμακα με 6 επίπεδα επίδοσης (κενό & 0-4) και κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης ανά επίπεδο, που αντανakλούν τους διαφορετικούς βαθμούς επίτευξης των προσδοκιών επίδοσης. Με βάση τον οδηγό αυτό συντάσσονται οι επί μέρους οδηγοί αξιολόγησης των θεμάτων.

- Βάσεις γνώσεων. Αυτές περιλαμβάνουν την ελάχιστη θεωρητική γνώση που απαιτείται για να επιλυθεί κάποιο πρόβλημα από τους μαθητές. Για τη διαμόρφωση τους στα ενδιάμεσα και τελικά έργα λαμβάνονται υπόψη το περιεχόμενο του υπάρχοντος σχολικού βιβλίου της Β΄ Γυμνασίου (Αντωνίου κ.ά., 2000α), ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης που επιχειρείται από το βιβλίο, καθώς και η μοντελοποίηση της γνώσης που έκανε ο δάσκαλος κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Με δεδομένο ότι τα ενδιάμεσα έργα έχουν επιλεγεί από τις ασκήσεις που υπάρχουν στο τέλος κάθε θεματικής ενότητας του βιβλίου της Β΄ Γυμνασίου, η ομάδα ασκήσεων κάθε θεματικής ενότητας θα έχει κοινές βάσεις γνώσεων. Οι βάσεις γνώσεων αυτές δηλ. μπορεί να θεωρηθούν αντίστοιχες με τη σύνοψη που καλούνται οι μαθητές να κατασκευάσουν στο τέλος κάθε θεματικής ενότητας του βιβλίου. Οι βάσεις γνώσεων όμως ακολουθούν την σειρά του βιβλίου. Αυτό συνεπάγεται ότι η νέα γνώση λειτουργεί ή απλώς προσθετικά στην προηγούμενη με την εισαγωγή νέων γνώσεων ή τροποποιεί και επεκτείνει την προηγούμενη γνώση (π.χ. το απλό μακροσκοπικό μοντέλο επεκτείνεται στο «μικροσκοπικό μοντέλο σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό»). Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι όταν χρησιμοποιούνται κάποιες βάσεις γνώσεων θα υπονοείται ότι συμπεριλαμβάνουν και μέρος των προηγούμενων συνταχθέντων βάσεων γνώσεων.

Για τα τελικά έργα που χρησιμοποιούν ίδιες βάσεις γνώσεων με τα ενδιάμεσα θα σημειώνονται κωδικοποιημένες οι βάσεις γνώσεων των ενδιάμεσων έργων (B1-B6).

Στα αρχικά έργα, αφού φυσικά δεν μπορεί να είναι γνωστή η όποια μοντελοποίηση γνώσης που έγινε στο Δημοτικό, η σύνταξη των βάσεων γνώσης θα στηριχθεί αποκλειστικά στο περιεχόμενο των βιβλίων της Ε΄ (Δασκαλάκης κ.α., 2000) και ΣΤ΄ τάξης (Αλεξόπουλος κ.α., 1994) που έχουν διδαχθεί οι μαθητές, με βάση το διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης που υπάρχει σ΄ αυτά.

- Οδηγός αξιολόγησης θέματος. Συντάσσεται ξεχωριστός για κάθε θέμα με βάση το ίδιο το θέμα, το γενικό οδηγό αξιολόγησης και τις βάσεις γνώσεων του θέματος. Εναλλακτικά ή και σε συνδυασμό με τον οδηγό αυτό χρησιμοποιείται το κριτήριο αξιολόγησης.

Προσδοκίες επίδοσης
για όλα τα θέματα)

(κοινές

Ο μαθητής περιγράφει τα θερμικά φαινόμενα με ορθή χρήση της επιστημονικής γλώσσας. Χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση (θεωρίες, μοντέλα), την οποία ανακαλεί ταχύτατα, για την εξήγηση των θερμικών φαινομένων. Στηρίζει τις προβλέψεις του για την εξέλιξη μελλοντικών γεγονότων σχετικών με τα θερμικά φαινόμενα στην επιστημονική γνώση. Ανακοινώνει τις σκέψεις του, συνδιαλέγεται και μελετά τα θερμικά φαινόμενα με τους τρόπους επικοινωνίας των Φυσικών Επιστημών, υπερασπιζόμενος τα επιστημονικά επιχειρήματα. Εφαρμόζει τον επιστημονικό τρόπο σκέψης στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων θερμότητας.

Γενικός οδηγός αξιολόγησης

(κοινός για όλα τα θέματα)

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής εκπληρώνει όλα τα σημαντικά συστατικά μέρη του θέματος και επικοινωνεί χρησιμοποιώντας την επιστημονική γλώσσα με σαφήνεια.• Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των σχετικών εννοιών και/ή διαδικασιών.• Όπου είναι αναγκαίο ο μαθητής δίνει σε βάθος ερμηνείες ή κάνει τις κατάλληλες επεκτάσεις (γενικεύσεις, εφαρμογές, αναλογίες).• Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη

	ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής εκπληρώνει τα πιο σημαντικά συστατικά μέρη του θέματος και επικοινωνεί χρησιμοποιώντας την επιστημονική γλώσσα με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιδεικνύει κατανόηση των πιο σημαντικών εννοιών, παρόλο που αυτός παραβλέπει ή παρανοεί κάποιες λιγότερο σημαντικές ιδέες ή λεπτομέρειες. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής εκπληρώνει κάποια σημαντικά συστατικά μέρη του θέματος και επικοινωνεί διατυπώνοντας αυτά με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες.
ΚΕΝΟ	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Βάσεις γνώσεων - Οδηγοί αξιολόγησης θεμάτων

Αναλυτικά όλα τα θέματα, οι βάσεις γνώσεων και οι οδηγοί αξιολόγησης τους περιέχονται στο Παράρτημα Ε

4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

4.1 Η ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΘΕ ΕΡΓΟΥ

Στο κείμενο που ακολουθεί τα ερευνητικά έργα είναι ομαδοποιημένα σε τρεις κατηγορίες (αρχικά, ενδιάμεσα και τελικά) και καταγράφονται για κάθε ερευνητικό έργο (θέμα):

- Οι γραπτές, προφορικές απαντήσεις των μαθητών, οι ενδεχόμενες διευκρινήσεις που δίνονται από αυτούς και το κωουτσάρισμα που γίνεται από το δάσκαλο (όπου αυτό απαιτείται).
- Η αξιολόγηση του πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου κάθε μαθητή. Στο βαθμό που δεν υπάρχουν οι αναγκαίες διευκρινήσεις, ο μαθητής βαθμολογείται με βάση τα υπάρχοντα προφορικά ή γραπτά δεδομένα.
- Η αξιολόγηση του εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου κάθε μαθητή. Για την αξιολόγηση αυτού του επιπέδου, εκτός από τη βαθμολόγηση, καταγράφεται και το πλήθος και είδος των βοηθειών που δίνονται από το δάσκαλο. Σε περίπτωση ανεπιτυχούς κωουτσαρίσματος, το εν δυνάμει αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή θεωρείται ίδιο με το πραγματικό. Σε περίπτωση μερικώς επιτυχούς κωουτσαρίσματος ο βαθμός που παίρνει ο μαθητής είναι μικρότερος από το άριστα (βαθμός 4).
- Σχόλια των απαντήσεων των μαθητών τα οποία θα συνεκτιμηθούν στην απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος. Στα τελικά έργα δεν υπάρχουν σχόλια μετά από κάθε έργο, αφού αυτά θα καταγραφούν αναλυτικά και συνολικά στην τελική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

A) Αρχικά έργα (Θέματα A1-A7)

Θέμα A1

α. Αν μπορούσες να δεις τα μόρια ενός αερίου, ενός υγρού και ενός στερεού σώματος πως θα τα σχεδιάζες; Ζωγράφισε τα μόρια στα κουτάκια που είναι παρακάτω και παριστάνουν ένα μικρό μέρος από το κάθε σώμα. Υπάρχει τίποτε ανάμεσα στα μόρια; Αν πιστεύεις ότι υπάρχει κάτι σχεδίασε το. Αν θεωρείς πάλι ότι δεν υπάρχει τίποτε απλώς μη σχεδιάζεις τίποτε.

β. Τι πιστεύεις για την κίνηση των μορίων κάθε σώματος; Κινούνται συνέχεια ή είναι σταθερά; Για τα μόρια εκείνα που πιστεύεις ότι κινούνται περιέγραψε την κίνηση τους.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση και σχέδια του ΜΑ:

<p>Αέριο</p>	<p>Τα μόρια... του... Αερίου... κινούνται... και... κινούνται... το... ένα... μακριά... από το... άλλο...</p>
<p>Υγρό</p>	<p>Και... τα... μόρια... του... Υγρού... πιστεύω... ότι δυναμικά... και... κινούνται... αυτό... το... ένα μακριά... από... το... άλλο... ούτε... και... πολλά από... το... ένα... μέτα... ή... άλλο...</p>
<p>Στερεό</p>	<p>Τα... μόρια... του... Στερεού... κινούνται... και... μακριά... το... ένα... δίπλα... στο... άλλο...</p>

Τα μόρια του αερίου κινούνται και κινούνται το ένα μακριά από το άλλο.

Και τα μόρια του υγρού πιστεύω ότι κινούνται ούτε το ένα μακριά από το άλλο ούτε το ένα κοντά με το άλλο.

Τα μόρια του στερεού κινούνται και μάλιστα το ένα δίπλα στο άλλο.

Διευκρινήσεις:

(Στους μαθητές δίνεται η οδηγία κατά τη σχεδίαση των μορίων να μην γεμίσουν όλα το τετράγωνο αν σκοπεύουν να το κάνουν κατά μήκος κάθε τετραγώνου με τον ίδιο τρόπο.)

Δ: Εντάξει, κατάλαβα παιδιά, και οι δύο έχετε πολύ ενδιαφέρουσες απόψεις και φαντασία μπορώ να πω. Καταρχήν βλέπω ότι όλα τα έχετε τακτοποιημένα. Πιστεύεις ότι...

ΜΑ: Όχι, δεν είναι τακτοποιημένα, απλώς τώρα το 'κανα .

Δ: Α, για να τα γεμίσεις. Δεν έχει καμιά σημασία δηλ. η τακτοποίηση...

ΜΑ: Ναι.

Δ: Το άλλο το ενδιαφέρον που βλέπω ότι κάνεις είναι ότι στο αέριο, τα μόρια τα έχεις αφήσει τα έχεις αφήσει άσπρα, στο στερεό τα έχεις βάψει μαύρα, και το άλλο το υγρό... τα έχεις γκριζάρει λίγο. Τι θέλεις να δείξεις μ' αυτό; Θέλεις να δείξεις κάτι;

ΜΑ: Βασικά, αυτά τα δύο... καταλαβαίνετε πως τα σκέφτηκα, δηλ. ο αέρας δεν φαίνεται, ενώ κάποιο στερεό φαίνεται.

Δ: Γιατί; Το υγρό δεν φαίνεται;

ΜΑ: Φαίνεται αλλά είναι διαφανές.

Δ: Υπάρχουν και υγρά που δεν είναι διαφανή, αν πάρεις υδράργυρο για παράδειγμα δεν θα βλέπεις από μέσα- αλλά το νερό σκέφτηκες μάλλον-

ΜΑ: Ναι.

Δ: Σκέφτηκες κάποιο άλλο υγρό εκτός από το νερό;

ΜΑ: Όχι.

Δ: Ενδιαφέρουσα άποψη! Για τις αποστάσεις δεν έχεις... αλλά βλέπω τα βάζεις ίδιες αποστάσεις.

(Στους μαθητές δίνεται η οδηγία να προχωρήσουν στην απάντηση του (β) ερωτήματος. Μετά από λίγο ο Δάσκαλος διαβάζει τις απαντήσεις του ΜΑ.)

Δ: Στο στερεό πιστεύεις ότι κινούνται το ένα δίπλα στο άλλο, στα υγρά κινούνται αλλά λίγο πιο μακριά και στο αέριο κινούνται αλλά ακόμα πιο μακριά. Όταν τα ζωγράφισες όμως δεν τα ζωγράφισες σε διαφορετικές αποστάσεις. Γιατί; Τη μια έτσι, την άλλη αλλιώς...

ΜΑ: Ε, το σκέφτηκα τώρα...

Δ: Α, όταν μιλήσαμε για την κίνηση είπες ότι μπορεί να έχουν διαφορετική απόσταση.

ΜΑ: Ναι.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση και σχέδια της ΜΒ:

<p>Αέριο</p> 	<p>Κινούνται... Η κίνησή τους είναι κυματική...</p>
<p>Υγρό</p> 	<p>Κινούνται... Η κίνησή τους είναι ακανόνιστη...</p>
<p>Στερεό</p> 	<p>Κινούνται... αργά... και δεν έχουν ελευθερία κίνησης...</p>

Αέρια: Κινούνται. Η κίνηση τους είναι κυματοειδής.

Υγρά: Κινούνται. Η κίνηση τους είναι ακανόνιστη.

Στερεά: Κινούνται αργά και δεν έχουν σταθερή κατεύθυνση.

Διευκρινήσεις:

Δ: Και συ βλέπω... είναι αρκετά ενδιαφέρουσα η άποψη σου... Εσύ βλέπω στο υγρό τα έχεις κάνει σαν σταλαγματιές τα μόρια...

MB: Ε... όχι...

Δ: Για ποιο λόγο έχεις κάνει έτσι το σχήμα τους;

MB: Επειδή το υγρό, ας πούμε είναι... ρέει... δεν είναι σαν το στερεό, που είναι στερεό... θέλω να δείξω δηλ. ότι έχουν διαφορετικό σχήμα τα μόρια του

Δ: Δηλ. αυτά... εμένα σταγόνες από νερό μου θυμίζουν...

MB: Δεν το σκέφτηκα εγώ έτσι πάντως...

Δ: Απλά ήθελες να δείξεις ότι... ρέει...

MB: Για να μην τα ξανακάνω πάλι έτσι...

Δ: Στο στερεό τα έχεις βάλει πάλι πολύ κοντά.

MB: Ναι.

Δ: Δηλ. στο στερεό πιστεύεις ότι είναι πολύ κοντά, ενώ στο αέριο και το υγρό είναι περίπου ίδια...

MB: Ναι.

(Στους μαθητές δίνεται η οδηγία να προχωρήσουν στην απάντηση του (β) ερωτήματος. Μετά από λίγο ο Δάσκαλος διαβάζει και τις απαντήσεις της MB.)

MA: Εγώ δεν έγραψα για την απόσταση βασικά, γιατί πιστεύω ότι...

Δ: Εντάξει. Γράφεις «Η κίνηση τους είναι κυματοειδής» στα αέρια. Τι σε κάνει να σκεφτείς έτσι;

MB: Από το δελτίο καιρού.

Δ: Τι λέει στο δελτίο καιρού;

MA: Όταν δείχνει ας πούμε εκείνα τα βαρομετρικά...

Δ: Α, μάλιστα. Τα υγρά θεωρείς ακανόνιστη την κίνηση τους. Γιατί;

MB: Γιατί... Δεν ξέρω... δεν νομίζω ότι έχουν κάποια... κίνηση...

Δ: Ναι. Τα στερεά λες δεν έχουν σταθερή κατεύθυνση. Δηλ. πώς τα φαντάζεσαι να κινούνται;

MB: Ε, άλλοτε όπως τα αέρια ας πούμε... μπορεί να κινούνται και... δεν ξέρω...

Δ: Σταθερή κατεύθυνση δεν έχουν. Θα αλλάζουν και θέση; Μετακινούνται όμως μέσα στο στερεό;

MB: Ε... ναι.

Δ: Ε;

MB: Ναι.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA, MB: 1 (Από τα ζητούμενα του θέματος οι μαθητές αναγνωρίζουν μόνο την ύπαρξη γενικά κίνησης των μορίων και την ύπαρξη κενού ανάμεσα σ' αυτά.)

Σχόλια: Από τις απαντήσεις των μαθητών γίνεται φανερό, ότι αποδίδουν στα μόρια ιδιότητες του μακρόκοσμου. Έτσι, τα μόρια σχεδιάζονται από διαφανή μέχρι αδιαφανή (MA), ή έχουν τέτοια μορφή στα υγρά ώστε να μπορούν να ρέουν (MB). Αξιοσημείωτος είναι και ο ρόλος της τηλεόρασης που μπορεί να παίξει στις ιδέες των μαθητών (τα μόρια κατά την MB κάνουν κυματοειδή κίνηση όπως στους χάρτες με τα βαρομετρικά στα μετεωρολογικά δελτία). Τέλος, οι μαθητές, όπως οι περισσότεροι της ηλικίας, τείνουν να υπερμεγεθύνουν τις αποστάσεις στα μόρια των υγρών σε σχέση με αυτές των στερεών.

Θέμα Α2

Σκέψεις στο σπίτι....

Αυτό που ακούω είναι σίγουρα το αυτοκίνητο του πατέρα. **Τι φρενάρισμα...θα πήρε φωτιά η ασφαλτος!** Ας βάλω όμως **στην πρίζα την τοστιέρα** να φτιάξω ένα τoστ και **στην άλλη πρίζα τον αποχυμωτή να στύψω** δύο πορτοκάλια. **Ας ανάψω και το φως** γιατί σκοτεινίασε.... Α να, ακούγεται και **το ανσασέρ που ανεβαίνει**, θα έρχεται ο πατέρας... Κρύο...ευτυχώς μόλις **άναψε το καλοριφέρ** της πολυκατοικίας...

Στην παραπάνω καθημερινή ιστορία συμβαίνουν διάφορες ενεργειακές μετατροπές. Μια απ'αυτές, για παράδειγμα, είναι η εξής:
"Το ανσασέρ που ανεβαίνει" : Ηλεκτρική -----> Κινητική
Να καταγραφούν, με τον ίδιο τρόπο, και οι υπόλοιπες.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

- β) Ηλεκτρική -----> Θερμική
- γ) Ηλεκτρική -----> Κινητική
- δ) Ηλεκτρική -----> Φωτεινή-Θερμική
- ε) Χημική -----> Θερμική

Διευκρινήσεις:

ΜΑ: Αυτά τα κάνουμε και στην Τεχνολογία.

Δ: Ναι;

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

- α) Κινητική -----> Θερμική
- β) Κινητική -----> Θερμική

Διευκρινήσεις:

ΜΒ: Τα άλλα... δεν τα κατάλαβα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ:

- 1^η πρόταση: Κενό
- 2^η πρόταση: 4
- 3^η πρόταση: 4
- 4^η πρόταση: 4
- 5^η πρόταση: 4

Τελική βαθμολογία ΜΒ:

- 1^η πρόταση: 4
- 2^η πρόταση: 2
- 3^η πρόταση: Κενό
- 4^η πρόταση: Κενό
- 5^η πρόταση: Κενό

Σχόλια: Αξιοπρόσεκτη είναι η σχεδόν απόλυτη επιτυχία του ΜΑ με τη διδασκαλία μιας ώρας στο σχολείο στο μάθημα της Τεχνολογίας.

Θέμα Α3

α. Μια μέρα που αποφάσισες να πάρεις το ποδήλατο από την αποθήκη του σπιτιού σου διαπιστώνεις ότι τα χερούλια και τη σέλα του, όταν τα αγγίζεις τα

αισθάνεσαι λιγότερο ψυχρά από το γυμνό (μεταλλικό) μέρος του ποδηλάτου. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

β. Αν άγγιζες για αρκετό χρόνο με το ένα χέρι κάποιο κομμάτι από το μεταλλικό μέρος του ποδηλάτου και με το άλλο κάποιο πλαστικό κομμάτι του, θα είχες την ίδια αίσθηση (θερμού-ψυχρού) ή διαφορετική στα δύο σου χέρια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

α) Ίσως επειδή το μεταλλικό μέρος είναι γυμνό δηλαδή δεν περιβάλλεται από πλαστικό όπως η σέλλα και μπορεί να ψύχεται πιο εύκολα από το πλαστικό γιατί το πλαστικό απορροφά τη θερμότητα ή το κρύο.

β) Ίσως αν τα κρατήσω για πολλή ώρα θα συνηθίσουν τη θερμοκρασία τα χέρια και έτσι δεν θα καταλαβαίνω ψυχρό ή θερμό.

Διευκρινήσεις:

Δ: *Λες ότι... επειδή δεν περιβάλλεται από πλαστικό –εντάξει πιθανόν να είναι σκέτο πλαστικό- να πάρουμε κάτι άλλο, αυτό που είναι δέρμα και αυτό που είναι... (Ο δάσκαλος δείχνει μια μεταλλική καρέκλα με δερμάτινα μέρη) Τι θα απαντούσες;*

ΜΑ: *Δηλ. επειδή αυτό... είναι... δεν μπορεί να απορροφήσει τόσο γρήγορα όσο το δέρμα, τη θερμοκρασία, έτσι... θα κρυώσει πιο εύκολα...*

Δ: *Ναι. Στο (β) λες ότι θα συνηθίσουν τα χέρια μας.*

ΜΑ: *Ναι.*

Δ: *Είναι θέμα δηλ.... ότι συνηθίζεις απλώς, και δεν καταλαβαίνεις αν είναι θερμό ή ψυχρό.*

ΜΑ: *Ναι, αυτό πιστεύω.*

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

α) Νομίζω πως αυτό συμβαίνει επειδή τα δύο μέρη του ποδηλάτου έχουν διαφορετική υλική σύνθεση.

β) Αν άγγιζα το σίδερο θα κρύωνε το χέρι μου πιο πολύ ενώ αν το άγγιζα το πλαστικό λιγότερο. Αν όμως το χέρι μου ήταν ζεστό θα μετέδιδε τη θερμοκρασία στο μέταλλο.

Διευκρινήσεις:

Δ: *Γράφεις ότι έχουν διαφορετική υλική σύνθεση, τι νόημα έχει;*

ΜΒ: *Το πλαστικό έχει την ιδιότητα να είναι πιο ζεστό, να κρατάει τη θερμοκρασία, ενώ το μέταλλο..*

Δ: *Από τη φύση τους λες...*

ΜΒ: *Ναι.*

Δ: *Για πολλή ώρα λέω αν τα κρατάς. Το πρόσεξες αυτό στο (β) ερώτημα;*

ΜΒ: *Αν ήταν ζεστό το χέρι μου αυτό, εννοώ όταν άγγιζα το μέταλλο θα...*

Δ: *Πες μαζί, και τα δύο τα χέρια έχουν την ίδια τη θερμοκρασία.*

ΜΒ: *Α!*

Δ: *Δηλ. αγγίζεις με το ένα χέρι αυτό και με το άλλο αυτό. (Ο δάσκαλος αγγίζει το μέταλλο και το δέρμα της καρέκλας)*

ΜΒ: *Πιστεύω ότι στο σίδερο θα μετέδιδε τη θερμότητα το χέρι μου αν το κρατούσα πολλή ώρα και μετά το σημείο που έπιανα το σίδερο θα ήταν ζεστό, πιο ζεστό από πριν.*

Δ: *Θα αισθανόσουν πιο ζεστό το σίδερο από το δέρμα (της καρέκλας) ενώ στην αρχή το αισθάνεσαι ψυχρό.*

ΜΒ: *Ναι, αυτό συμβαίνει τουλάχιστον όταν αγγίζω κάτι.*

Δ: Μάλιστα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου
Τελική βαθμολογία MA, MB: 0

Σχόλια: Οι απαντήσεις των μαθητών είναι ανάλογες με τις πολλές που είναι καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία. Έτσι, χρησιμοποιούν αδιακρίτως τις λέξεις θερμότητα και θερμοκρασία. Θεωρούν το «κρύο» ως την αντίθετη οντότητα της θερμότητας. Οι εξηγήσεις γίνονται είτε με όρους ιδιοτήτων των σωμάτων (να είναι θερμά ή ψυχρά από τη φύση τους, να κρατάνε τη θερμότητα ή τη θερμοκρασία), είτε απλά βασίζονται στον αισθητηριακό παράγοντα (τα χέρια συνηθίζουν τη θερμοκρασία). Επίσης, δεν υπάρχει καμιά συνέπεια στις εξηγήσεις τους (κατά τη MB το πλαστικό έχει την ιδιότητα να είναι πιο ζεστό, αλλά στο τέλος θα νοιώθει το μέταλλο πιο ζεστό).

Θέμα A4

Κατοικείς σε μια πολυκατοικία με οροφδιαμερίσματα, όπου όλοι χρησιμοποιούν ατομικές θερμάνσεις (π.χ. θερμάστρες πετρελαίου). Μια χειμωνιάτικη μέρα νοιώθεις το σπίτι σου το σπίτι σου λιγότερο ζεστό από τις άλλες μέρες, παρόλο που η θερμάστρα έχει κάψει τις ίδιες ώρες ως συνήθως και ο καιρός δεν έχει αλλάξει. Ρωτώντας αργότερα διαπιστώνεις ότι ένας συγγάτοικος στην πολυκατοικία έχει φύγει ταξίδι. Δεν θυμάσαι σίγουρα σε ποιο διαμέρισμα μένει, στον επάνω ή στον κάτω όροφο από το δικό σου διαμέρισμα από το δικό σου σπίτι. Μπορείς να πεις ποιος είναι ο πιθανότερος όροφος; Γιατί σκέφτηκες έτσι;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Πιστεύω πως θα είναι ο πάνω γιατί μπορεί να εξαπλωθεί μέσα στην οικοδομή πιο γρήγορα το κρύο που θα βγαίνει από την πόρτα, γιατί πιστεύω ο αέρας θα κατέβει πιο γρήγορα από ότι θα ανέβει.

Διευκρινήσεις:

Δ: Γιατί;

MA: Ναι, γιατί ο ζεστός αέρας είναι πιο ελαφρύς, ο κρύος είναι πιο βαρύς και θα πέσει.

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Ο συγγάτοικος μένει στον από κάτω όροφο, επειδή όταν ο αέρας σ' ένα χώρο είναι θερμός κάνει ανοδικές κινήσεις ανεβαίνει στο πάνω μέρος του χώρου και αν είναι ψυχρός μένει στο κάτω μέρος. Αν λοιπόν η θερμάστρα δεν καίει ο αέρας δε θα είναι ζεστός ώστε να ανεβεί επάνω και να ζεστάνει το πάτωμα του διαμερίσματος μου.

Διευκρινήσεις:

Δ: Ο ζεστός αέρας ανεβαίνει πάνω. Γιατί το λες αυτό;

MB: Γιατί γίνεται ελαφρύτερος.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Ο MA αναγνωρίζει τον κύριο μηχανισμό της θερμότητας και τον κατανοεί ως ένα βαθμό. Δεν λαμβάνει όμως υπόψη όλα τα συστήματα που αλληλεπιδρούν θερμικά και κάνει τον αυθαίρετο συλλογισμό ότι ο ψυχρός αέρας κατεβαίνει πιο γρήγορα απ' ότι ανεβαίνει ο θερμός.)

Τελική βαθμολογία MB: 4

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές αναγνωρίζουν τον αέρα ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας.

Θέμα A5

Επιστρέφεις ένα χειμωνιάτικο πρωινό στο σπίτι σου από ταξίδι, και διαπιστώνεις ότι το σπίτι είναι πολύ κρύο. Φτιάχνεις τσάι για να ζεσταθείς. Πριν χύσεις το τσάι στο φλιτζάνι θυμάσαι ότι η θερμάστρα πετρελαίου είναι άδεια και πρέπει να πας να αγοράσεις πετρέλαιο. Έχεις δύο ίδια φλιτζάνια, ένα χρώματος μαύρου και ένα χρώματος άσπρου. Έχει καμιά σημασία που θα χύσεις το τσάι, για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό, για τη λίγη ώρα που θα λείπεις από το σπίτι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Έχει γιατί το μαύρο φλιτζάνι θα διώξει τη θερμότητα ενώ το άσπρο θα την κρατήσει.

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Στο μαύρο φλιτζάνι, επειδή το μαύρο έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία υψηλότερη.

Διευκρινήσεις από MA και MB:

Δ: Γιατί;

MA: Το άσπρο θα κρατήσει πιο πολύ τη θερμότητα.

Δ: Για ποιο λόγο; Τι γίνεται με το άσπρο δηλ. ;

MA: ...

MB: (Παίρνει το λόγο από τον MA) Στα χρώματα ίσα-ίσα, που το άσπρο τα αντανakλά όλα αυτά.

MA: Σωστά.

Δ: Όχι, δεν λέω ποιο είναι το σωστό, μην χαιρόσαστε. Που τα κάνατε αυτά για τις ανακλάσεις;

MB: Στο Δημοτικό.

MA: Πέρσι.

Δ: Τι ανακλά; Το άσπρο δηλ., τι θυμάστε;

MA: Ας πούμε τα χρώματα, στο μάτι...

Δ: Μιλάμε για θερμότητα και...

(Απευθυνόμενος στη MB) Γράφεις ότι στη φύση του μαύρου είναι να διατηρεί τη θερμοκρασία.

MB: Όταν κάνει κρύο φοράμε μαύρα ρούχα γιατί κρατάει την ακτινοβολία του ήλιου και δεν την ανακλά, γι' αυτό.

MA: Σήμερα όμως έχει συννεφιά.

Δ: Βλέπω ότι προσπαθείς να θυμηθείς από πέρσι και δεν γράφεις την άποψή σου πιο ξεκάθαρα

MA: Προσπαθώ να συνδυάσω τα περσινά με τη δική μου άποψη.

Δ: Ναι, ωραία.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Επιλέγει το σωστό φλιτζάνι. Η αιτιολόγηση του όμως στηρίζεται σε όρους ιδιοτήτων του άσπρου να κρατάει τη θερμότητα.)

Τελική βαθμολογία MB: 0 (Λάθος επιλογή. Χρησιμοποιεί ανάλογη αιτιολόγηση με τον MA, με χρήση όμως αυτήν τη φορά της έννοιας της θερμοκρασίας αντί της θερμότητας.)

Σχόλια: Η MB δίνει απαντήσεις βασισμένες περισσότερο στην καθημερινή εμπειρία και γλώσσα (το μαύρο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία). Ο MA προσπαθεί να απαντήσει λαμβάνοντας υπόψη εκείνα που έχει διδαχθεί στο Δημοτικό, αλλά εύκολα μπορεί να αλλάξει και γνώμη, όταν του δοθούν καινούργια δεδομένα (το άσπρο ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία). Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι το βιβλίο του Δημοτικού αναπτύσσει μόνο την εκπομπή ακτινοβολίας από ένα σώμα (προκειμένου μάλλον να δώσει βαρύτητα θεωρώντας την απορρόφηση ακτινοβολίας πιο κατανοητή από τους μαθητές).

Θέμα Α6

Στο προηγούμενο πρόβλημα, αν είχες δύο φλιτζάνια, από το ίδιο υλικό, το ίδιο χρώμα, αλλά διαφορετικού μεγέθους θα είχε σημασία που θα έχυνες το τσάι για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό; Στο μεγαλύτερο (πιο φαρδύ) ή στο μικρότερο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή Α (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Εγώ πιστεύω ότι το μικρότερο θα κρατήσει την πιο πολύ τη θερμότητα γιατί στο φαρδύ θα μπορέσει η θερμοκρασία επειδή η επιφάνεια θα είναι πιο μεγάλη να φύγει πιο γρήγορα.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Στο μικρότερο φλιτζάνι επειδή όσο πιο «συγκεντρωμένο» μένει το υγρό τόσο πιο ζεστό θα διατηρηθεί.

Διευκρινήσεις:

Δ: Όσο πιο «συγκεντρωμένο», τι εννοείς;

MB: Όσο πιο κοντά.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Επιλέγει το σωστό φλιτζάνι. Στην αιτιολόγηση του όμως συγχέει τις έννοιες της θερμότητας και θερμοκρασίας.)

Τελική βαθμολογία MB: 1 (Επιλέγει το σωστό φλιτζάνι. Στην αιτιολόγηση της όμως απλώς επαναδιατυπώνει τα δεδομένα του προβλήματος.)

Σχόλια: Ο ρόλος που παίζει η επιφάνεια ενός σώματος στην ψύξη του φαίνεται να είναι πιο κοντά (σε σχέση με το χρώμα) στους αισθητηριακούς παράγοντες και γι' αυτό απαντιέται σωστά από τους μαθητές.

Θέμα Α7

Όταν βάζεις τα χέρια σου δίπλα σε μια αναμμένη ξυλόσομπα τα αισθάνεσαι να ζεσταίνονται. Όταν τα βάζεις πάνω από την ξυλόσομπα (σε ίδια περίπου απόσταση πάλι) η αίσθηση του θερμού είναι πιο έντονη, ενώ όταν την ακουμπάς η αίσθηση αυτή γίνεται φυσικά εντονότερη. Τι διαφορετικό υπάρχει στα τρία φαινόμενα;

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Αυτό μπορεί να συνδεθεί και με το προηγούμενο γιατί ο ζεστός αέρας ανεβαίνει πιο γρήγορα προς τα πάνω. Όταν το χέρι σου είναι στα πλάγια θα περιμένεις να εξαπλωθεί στο χώρο η θερμότητα και μετά να ζεσταθείς, αυτά βέβαια γίνονται σε κλάσματα δευτερολέπτου. Όταν τα χέρια μας είναι λίγο πιο πάνω από τη σόμπα θα νοιώσεις τη θερμοκρασία στα χέρια σου πιο γρήγορα, ενώ όταν τα έχεις πάνω στη σόμπα τα χέρια σου είναι πιο κοντά στη φωτιά.

Διευκρινήσεις:

- Δ: Στα πλάγια λες θα περιμένει να εξαπλωθεί η θερμότητα. Πως εξαπλώνεται η θερμότητα δηλ. ;
- ΜΑ: Σύμφωνα και με τα μόρια ας πούμε είναι πιο αραιά και επειδή αν είναι πιο μεγάλος χώρος πρέπει να εξαπλωθούν παντού.
- Δ: Δεν σου μιλάω να κάθεσαι μακριά. Δίπλα να κάθεσαι και να βάζεις τα χέρια σου έτσι. Έτσι και έτσι. (Κίνηση που κάνουμε όταν βάζουμε τα χέρια δίπλα και πάνω σε μια σόμπα.)
- ΜΑ: Ο αέρας που πηγαίνει πιο πάνω.
- Δ: Στο πλάι όμως που τα βάζουμε, πώς ζεσταίνονται;
- ΜΑ: Στη φωτιά.
- Δ: Και αν ανάψουμε το ηλεκτρικό μάτι;
- ΜΑ: Πιο κοντά στη θερμότητα.
- Δ: Μάλιστα. Η απόσταση είναι δηλ. που έχει σημασία.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Στο πρώτο φαινόμενο τα χέρια μου τα αισθάνομαι λιγότερο ζεστά επειδή είναι δίπλα στη σόμπα. Σύμφωνα με το δεύτερο φαινόμενο τα χέρια μου είναι πιο ζεστά επειδή είναι από πάνω και η σόμπα βγάζει μεγαλύτερη θερμότητα. Στο τρίτο φαινόμενο τα χέρια μου είναι πιο ζεστά από τις προηγούμενες περιπτώσεις επειδή ακουμπάνε πάνω στη σόμπα και η θερμότητα μεταδίδεται κατ' ευθείαν στα χέρια μου.

Διευκρινήσεις:

- Δ: Όταν είναι πάνω, λες ότι είναι πιο ζεστά. Η θερμότητα δηλ. πιστεύεις ταξιδεύει προς τα πάνω;
- ΜΒ: Ναι.
- Δ: Στην τρίτη περίπτωση...
- ΜΒ: Επειδή είναι δίπλα...
- Δ: Πάει κατευθείαν λες. Στις άλλες περιπτώσεις πώς πάει δηλ. ;
- ΜΒ: Όσο πάει ελαττώνεται νομίζω και έτσι δεν...
- Δ: Ελαττώνεται, που ελαττώνεται δηλ. ;
- ΜΒ: Όσο τα χέρις πιο μακριά, τα χέρια είναι πιο μακριά, ενώ όσο τα χέρις...
- Δ: Μάλιστα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ, ΜΒ: 1 (Αναγνωρίζουν μόνο τη διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς αέρα.)

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές θεωρούν την ύπαρξη του αέρα ως απαραίτητα προϋπόθεση για τη διάδοση της θερμότητας.

B) Ενδιάμεσα έργα (Θέματα Ε1-Ε23)

Θέμα Ε1

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.39 από το σχολικό βιβλίο)

Να σχηματίσετε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:
θερμοκρασία, βαθμονόμηση, κλίμακα Κελσίου, απόλυτο μηδέν (-273°C).

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Για να μετρήσουμε αξιόπιστα τη θερμοκρασία χρησιμοποιούμε το θερμόμετρο.

Κάτω από το απόλυτο μηδέν δεν μπορεί να ζήσει κανένας οργανισμός.

Η βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου είναι απαραίτητη.

Στην καθημερινή μας ζωή και όχι μόνο, χρησιμοποιούμε την κλίμακα Κελσίου.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Λοιπόν...πρώτη πρόταση... σωστή.

Δ: Δεύτερη πρόταση. Κάτω από το απόλυτο μηδέν δεν μπορεί να ζήσει κανένας οργανισμός. Πότε το είπαμε αυτό; Είπαμε ότι το απόλυτο μηδέν είναι η μικρότερη θερμοκρασία.

ΜΑ: Δηλ. μπορεί να ζήσει;

Δ: Καταρχήν απόλυτο μηδέν... δεν μπορούμε να πετύχουμε και στο εργαστήριο τέτοια θερμοκρασία. Στη θερμοκρασία αυτή, υποτίθεται ότι δεν κινούνται καθόλου τα μόρια. Είναι μια πολύ περίεργη περίπτωση. Όχι, ότι είναι λάθος, αλλά είναι δικιά σου...

Δ: Λοιπόν, τρίτη πρόταση... Η βαθμονόμηση ενός θερμομέτρου είναι απαραίτητη. Απαραίτητη γιατί;

ΜΑ: Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

Δ: Ωραία, ναι.

Τέταρτη πρόταση, σωστό κι αυτό.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Το απόλυτο μηδέν είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να φτάσει κάτι (ένα σώμα).

Βαθμονόμηση είναι ο χωρισμός μιας επιστημονικής κλίμακας σε ίσα μέρη.

Η κλίμακα Κελσίου είναι η πιο συνηθισμένη κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας.

Για να μετρήσουμε με ακρίβεια τη θερμοκρασία χρησιμοποιούμε τα θερμόμετρα.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Πρώτη πρόταση... ναι σωστή.

Δεύτερη πρόταση. Βαθμονόμηση είναι ο χωρισμός μιας επιστημονικής κλίμακας σε ίσα μέρη. Δεν είναι απαραίτητο να είναι ίσα τα μέρη. Υπάρχουν και περιέργες κλίμακες, λογαριθμικές κ.τ.λ. Βέβαια, αυτό είναι θέμα Μαθηματικών, δεν θα μπορούσες να το ξέρεις...

Τρίτη, τέταρτη πρόταση.... Ωραία!

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 3

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 1 (Γράφει για θερμοκρασία κάτω από το απόλυτο μηδέν. Σύμφωνα με τις βάσεις γνώσεων δεν υπάρχει τέτοια θερμοκρασία.)

3^η πρόταση: 4

4^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 3

Τελική βαθμολογία MB: 4

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 2 (Βαθμονόμηση είναι η χάραξη βαθμών σε μετρητικό όργανο. Ο χωρισμός σε κάποια μέρη μιας κλίμακας προϋποθέτει δύο σημεία αναφοράς μεταξύ των οποίων θα γίνει η χάραξη των βαθμών. Τα παραπάνω δεν γράφονται, ούτε διευκρινίζονται κατά το διάλογο με το δάσκαλο.)

3^η πρόταση: 4

4^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 4

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. Δεν επισημαίνεται η λέξη «κάτω», ούτε καθοδηγείται ο μαθητής να επιλύσει το πρόβλημα ο ίδιος.

MB: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. Ο δάσκαλος εστιάζει σε δευτερευούσης σημασίας αδυναμία του μαθητή («...υπάρχουν και άλλες κλίμακες...») και όχι στο τι είναι η βαθμονόμηση και πως αυτή γίνεται σε ένα όργανο μέτρησης.

Σχόλια: Οι απαντήσεις του MA είναι από εφαρμογές της θεωρίας, ενώ της MB είναι πιο γενικές, πιο θεωρητικές.

Θέμα E2

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ.39 από το σχολικό βιβλίο)

Γιατί αγγίζοντας το μέτωπο σας δεν μπορείτε να διαπιστώσετε ότι έχετε πυρετό, δηλαδή ότι η θερμοκρασία του σώματος σας είναι υψηλότερη από την κανονική;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

(Καμιά ανταπόκριση)

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

(Καμιά ανταπόκριση)

Κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Να σας προτείνω κάτι, το οποίο μάλλον το ξεχάσατε. Είδαμε ένα μοντέλο για τη θερμότητα, το ονομάσαμε μάλιστα απλοποιημένο μοντέλο της θερμότητας και είπαμε σχεδόν σε όλα τα θερμικά φαινόμενα το εφαρμόζουμε.... και εφαρμόζοντας το λύνεται το πρόβλημα. Το θυμάστε;

MB: Όχι, δεν είμαι σίγουρη τι κάνουμε...

Δ: Μπορείτε να το διαβάσετε.... θα αλλάξετε απλώς τα σώματα που αλληλεπιδρούν.

(Μετά από λίγο)

ΜΑ: Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το μέτωπο μας και το χέρι μας. Το μέτωπο μας έχει 40° C, όπως και το χέρι μας, γιατί υπάρχει παντού η ίδια θερμοκρασία... Δηλ. είναι ίδια η θερμοκρασία και στα δύο σώματα. Οπότε, δεν έχουμε ροή από κάποιο σώμα σε κάποιο άλλο...

Δ: Ροή θερμότητας.

ΜΑ: Ναι, ... (νεύμα ότι επιλύθηκε το πρόβλημα)

Δ: και δεν μπορούμε να το αισθανθούμε φυσικά αν δεν υπάρχει ροή θερμότητας.

ΜΒ: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή, είναι το χέρι μας και το μέτωπο. Το μέτωπο έχει θερμοκρασία 40° C. Το χέρι μας έχει θερμοκρασία 37° C. Εε...

Δ: Με ρώτησες ξανά αν έχει την ίδια θερμοκρασία παντού και σου απάντησα ναι.

ΜΒ: 39-40° C ας πούμε. Το χέρι μας έχει 39-40° C. Επομένως... έχουμε ροή θερμότητας...

Δ: Έχουμε;

ΜΒ: Ε ναι.. από το...

Δ: Πότε έχουμε;

ΜΒ: Το χέρι δεν είναι λίγο πιο...

Δ: Όχι, είπαμε ίδια θα τα πάρουμε.

ΜΒ: Εντάξει, δεν υπάρχει ροή θερμότητας εφόσον τα δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία, άρα.. γι αυτό.

Δ: Ναι, αν κάτι δεν είναι διαφορετικής θερμοκρασίας δεν μπορούμε να το αισθανθούμε διαφορετικό.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: Κενό

Τελική βαθμολογία ΜΒ: Κενό

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη** (να διαβάσει το μοντέλο της θερμότητας)

ΜΒ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 2 βοηθειών:

- **Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη** (να διαβάσει το μοντέλο της θερμότητας).
- **Παρότρυνση για αυστηρή εφαρμογή της υπάρχουσας γνώσης – δηλωτικής και διαδικαστικής.** (Η ΜΒ επίμονα προσπαθούσε να υποστηρίξει το διαφορετικό της θερμοκρασίας στο χέρι και το μέτωπο, για να καταλήξει οπωσδήποτε στο ότι υπάρχει ροή θερμότητας.)

Σχόλια: Στο θέμα αυτό είναι φανερή η δυσκολία ανάκλησης από τη μνήμη των μαθητών μοντελοποιημένης γνώσης και η έλλειψη εμπειρίας στην εφαρμογή της σε κάποιο καθημερινό πρόβλημα. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η στάση της ΜΒ: Η έλλειψη ευελιξίας στην εφαρμογή

του μοντέλου της θερμότητας και το γεγονός πως τα δεδομένα δεν ταίριαζαν με τις αντιλήψεις της, την οδηγούσαν επίμονα στην αλλαγή των δεδομένων.

Θέμα Ε3

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να σχηματίσετε 3 προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:

*Κινητική ενέργεια,
δυναμική ενέργεια,
θερμότητα.*

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας

Το τέντωμα της χορδής από ένα έγχορδο όργανο αποτελεί τη δυναμική ενέργεια.

Όμως καθώς παίζουμε την χορδή η ενέργεια θα μετατραπεί σε κινητική ενέργεια.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας.

Καθώς μια μπάλα προσκρούει σ' ένα αντικείμενο μεταφέρει κινητική ενέργεια απ' αυτή στο σώμα, που ήταν πριν ακίνητο.

Δυναμική ενέργεια έχει ένα σώμα όταν βρίσκεται σε κάποιο ύψος πάνω από το έδαφος ή όταν έχει παραμορφωθεί.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 4

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 4

3^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 4

Τελική βαθμολογία ΜΒ: 4

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 4

3^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 4

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές επιλέγουν μια θεωρητική διατύπωση για τη θερμότητα. Ο ΜΑ επιλέγει δύο εφαρμογές για τις άλλες δύο μορφές ενέργειας, ενώ η ΜΒ μια θεωρητική διατύπωση πάλι και μια εφαρμογή.

Θέμα Ε4

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα είναι δυνατόν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας:

- α. ένα πιάτο ζεστή σούπα κρυώνει πάνω στο τραπέζι
- β. παγάκια λιώνουν μέσα σε ένα ποτήρι πορτοκαλάδα
- γ. ζεσταίνουμε τα χέρια μας τρίβοντας τα μεταξύ τους
- δ. αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο νερό

ε. σβήνουμε με γομολάστιχα και η γομολάστιχα ζεσταίνεται.
Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ

(α), (β), (δ).

Προφορική απάντηση ΜΑ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο

Δ: Γιατί επέλεξες αυτά;

ΜΑ: Γιατί όπως λέει μέσα το βιβλίο με μεταφορά θερμότητας μπορούμε να περιγράψουμε την τήξη, τη θερμότητα (*εννοεί τη θέρμανση*) και διάφορα άλλα. Το (γ) και (ε) δεν μπορούν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας.

Δ: Ναι αλλά μέσα στο βιβλίο έχει κάποια παραδείγματα... εμείς πώς είπαμε θα ελέγχουμε; Τι θα κάνουμε για να επιλύουμε τα προβλήματα;

ΜΑ: Θα εφαρμόζουμε το μοντέλο.

Δ: Εφάρμοσε το στο πρώτο.

ΜΑ: Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το ζεστό πιάτο σούπας και το τραπέζι.

Δ: Το περιβάλλον

ΜΑ: Ναι, το περιβάλλον. Ας πούμε ότι η σούπα έχει 40°C και το περιβάλλον 20°C . Θα μεταφερθεί θερμότητα από το πιο θερμό στο πιο ψυχρό...

Δ: Από το υψηλότερης θερμοκρασίας στο χαμηλότερης θερμοκρασίας.

ΜΑ: Από το υψηλότερης θερμοκρασίας στο χαμηλότερης θερμοκρασίας. (*Επαναλαμβάνει συγχρόνως με το δάσκαλο*).

Δ: Ενέργεια με μορφή θερμότητας να λέμε καλύτερα, για να μην ξεχνάμε ότι είναι ενέργεια.

ΜΑ: Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι η πορτοκαλάδα και τα παγάκια. Τα παγάκια έχουν 0°C και η πορτοκαλάδα 10°C . Επομένως, θερμότητα με μορφή ενέργειας...

Δ: Ενέργεια με μορφή θερμότητας

ΜΑ: Ναι...θα μεταφερθεί από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας προς το...

Δ: Ωραία... Το (γ).

ΜΑ: Δεν υπάρχει ενέργεια με μορφή θερμότητας.

Δ: Για ποιο λόγο; Εφάρμοσε το μοντέλο.

ΜΑ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν, είναι τα χέρια μας. Το δεξί χέρι και το αριστερό χέρι. Την ίδια θερμοκρασία έχουν και τα δύο, 37°C . Άρα δεν έχουμε ροή θερμότητας.

Δ: Το άλλο.

ΜΑ: (*Αναφέρεται στο (ε)*). Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι η γομολάστιχα και το χαρτί. Έχουν την ίδια θερμοκρασία, τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και έτσι...δεν θα υπάρξει ροή θερμότητας.

Δ: Απλώς η κινητική ενέργεια που δίνουμε αυξάνει τη θερμοκρασία... Το (δ).

ΜΑ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι το ζεστό και το κρύο νερό.

Δ: Το υψηλότερης και χαμηλότερης θερμοκρασίας.

ΜΑ: Άρα, ενέργεια με μορφή θερμότητας...

Δ: Ο.Κ.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ

(γ), (ε).

Προφορική απάντηση ΜΑ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο

ΜΒ: Δεν κατάλαβα...το 'κανα.

Δ: Έχεις διαλέξει τα χέρια και τη γομολάστιχα. Αυτά περιγράφονται με μεταφορά θερμότητας;

ΜΒ: Δεν κατάλαβα τι εννοεί με μεταφορά θερμότητας.

Δ: Αν υπάρχει θερμότητα σ' αυτή τη διαδικασία.

ΜΒ: Ε, υπάρχει.

Δ: Υπάρχει;

ΜΒ: Εγώ χρησιμοποίησα και δεν ξέρω αν είναι σωστό, το παράδειγμα με το μίξερ. Αυτό....;

Δ: Τι είπαμε; Θα χρησιμοποιούμε παραδείγματα;

ΜΒ: Αυτήν την περίπτωση κατάλαβα εγώ, και όχι όταν δύο σώματα...

Δ: Το μοντέλο της θερμότητας το εφαρμόσες;

ΜΒ: Μμμ... ναι.

Δ: Για εφαρμόσες το στο (γ).

ΜΒ: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή είναι τα χέρια μας... Έχουν την ίδια θερμοκρασία μεταξύ τους. Άρα, δεν έχουμε μεταφορά θερμότητας. Άρα, χμμ... (πονηρό χαμόγελο).

Δ: Θέλεις να ξαναδείς τις απαντήσεις;

ΜΒ: Ναι, θέλω.

(Μετά από λίγο χρόνο η ΜΒ έχει αντιστρέψει τις επιλογές της και είναι έτοιμη να τις δικαιολογήσει).

Δ: Ποια διάλεξες τελικά;

ΜΒ: Τα (α), (β), (δ).

Δ: Δηλ. τα ανάποδα απ' ότι είχες διαλέξει. Λοιπόν...

ΜΒ: Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το πιάτο...

Δ: Ναι, το σύστημα πιάτο-σούπα.

ΜΒ: ...ναι, και το τραπέζι.

Δ: Όχι απαραίτητα το τραπέζι.

ΜΒ: Το περιβάλλον.

Δ: Ναι, το περιβάλλον... με το τραπέζι βέβαια έρχεται σε μεγαλύτερη επαφή, αλλά...

ΜΒ: Το πιάτο έχει 40° C. Το περιβάλλον 30° C.

Δ: Το καλοκαίρι δηλ. διάλεξες για να φας σούπα.

(γέλια).

ΜΒ: Θα έχουμε ροή θερμότητας από τη ζεστή σούπα....

Δ: Πάμε στο παρακάτω...

ΜΒ: Τα δύο σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα παγάκια και η πορτοκαλάδα. Τα παγάκια έχουν -10° C

Δ: «Κρύα παγάκια».

MB: Επομένως θα έχουμε ροή θερμότητας από την πορτοκαλάδα προς τα παγάκια.

Δ: Ωραία.

MB: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το ζεστό και το κρύο νερό. Το ζεστό νερό έχει ως πούμπε 30° C και το κρύο νερό 0° C, όχι 0, 15° C.

Δ: Ναι, γιατί τότε θα ήταν πάγος.

MB: Ναι. Έτσι θα έχουμε μεταφορά θερμότητας από το ζεστό νερό, το νερό υψηλότερης θερμοκρασίας προς το νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Δ: Για τη γομολάστιχα.

MB: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή είναι η γομολάστιχα και το χαρτί. Η γομολάστιχα έχει θερμοκρασία 30° C...

Δ: Καλοκαιράκι.

MB: ...το χαρτί έχει 30° C. Ε... από το... δεν θα έχουμε ροή θερμότητας.

Δ: Δεν θα έχουμε ροή θερμότητας, δεν ισχύει το μοντέλο της θερμότητας. Απλώς η κινητική ενέργεια γίνεται..

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 2

(Επιλέγει τα σωστά θέματα αλλά δεν εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας. Η αιτιολόγηση του στηρίζεται στη χρήση περιπτώσεων από το βιβλίο.)³²

Τελική βαθμολογία MB: 0

(Επιλέγει τις λάθος προτάσεις προσπαθώντας ανεπιτυχώς να κάνει μεταφορά γνώσης από παραδείγματα.)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA, MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.**
(Εφάρμοσες το μοντέλο της θερμότητας;)

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές προσπαθούν να κάνουν μεταφορά γνώσης από παραδείγματα, περιπτώσεις του βιβλίου. Η αποτυχία της MB οφείλεται στο ότι σε αυτήν τη μεταφορά δεν εστιάζει στον τρόπο εφαρμογής της μοντελοποιημένης γνώσης στο αρχικό παράδειγμα που θεωρεί ότι θα τη βοηθήσει, αλλά στο να θυμηθεί απλώς το ίδιο το παράδειγμα. Η σχετική επιτυχία του MA δεν έχει επίσης κάποια ιδιαίτερη αξία, αφού η τεχνική του στηρίζεται αποκλειστικά στη ικανότητα απομνημόνευσης, κάτι που σταδιακά φθίνει με τον χρόνο.

Θέμα E5

(Ερώτηση – Άσκηση 3, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να περιγράψετε με την έννοια της μεταφοράς θερμότητας τι συμβαίνει όταν:

A. λιώνει ένα παγωτό

B. σε ένα σύννεφο οι υδρατμοί ψύχονται και υγροποιούνται.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

³² Ο αξιολογητής Β' έδωσε βαθμολογία 3 : «Επιλέγει τις σωστές προτάσεις, αλλά δεν εφαρμόζει συνειδητά το μοντέλο της θερμότητας.»

Προφορική απάντηση MA και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MA: Έκανα μόνο το πρώτο.
 Δ: Ακούω.
 MA: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το παγωτό και η ατμόσφαιρα.
 Δ: Ναι, το περιβάλλον.
 MA: Το περιβάλλον (*συμφωνεί*). Το παγωτό έχει 15°C και το περιβάλλον 45°C .
 Δ: Ναι, στην Αφρική.
 MA: Θα υπάρξει ροή θερμότητας με τη μορφή ενέργειας (γελάει και διορθώνει), ροή ενέργειας με τη μορφή θερμότητας που θα γίνει από την ατμόσφαιρα προς το παγωτό.
 Δ: Το δεύτερο είπες ότι δεν μπορείς να το κάνεις. Να σε βοηθήσω. Ψύχεται ένα σώμα τι σημαίνει;
 MA: Πέφτει η θερμοκρασία του.
 Δ: Δηλ. στους υδρατμούς μειώνεται η θερμοκρασία τους. Το ίδιο μοντέλο που είπες προηγουμένως δεν μπορείς να το εφαρμόσεις κ' εδώ; Καταρχήν υδρατμοί να πούμε ότι είναι το νερό που έγινε αέριο.
 MA: ...
 Δ: Ποια είναι τα σώματα που αλληλεπιδρούν;
 MA: Το σύννεφο και το περιβάλλον.
 Δ: Ποιο έχει τη μεγαλύτερη θερμοκρασία;
 MA: Το σύννεφο... Άρα θα δοθεί ενέργεια με μορφή θερμότητας από τους υδρατμούς προς το περιβάλλον.
 Δ: Μέχρι πότε θα γίνεται αυτό;
 MA: Μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.
 Δ: ... ναι, μέχρι να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία και φυσικά για να συμβεί αυτό θα πρέπει οι υδρατμοί να γίνουν βροχή, να υγροποιηθούν.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Προφορική απάντηση MB και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

(*Η MB είναι έτοιμη να απαντήσει αμέσως με το που βλέπει το πρόβλημα*).

MB: Τα σώματα που έρχονται σε επαφή είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, το περιβάλλον ας πούμε και το παγωτό. Το περιβάλλον έχει 30°C και το παγωτό -10°C
 Δ: (*Μορφασμός, όχι απόλυτης συμφωνίας*)
 MB: Τέλος πάντων.
 Έτσι, θα έχουμε ροή θερμότητας από το περιβάλλον προς το παγωτό. Και έτσι λειώνει το παγωτό.
 Δ: Καλύτερα να λες θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με τη μορφή θερμότητας. Να λέμε καλύτερα και τη λέξη ενέργεια, όχι ότι είναι λάθος, απλώς το πρώτο μοντέλο χρησιμοποιείς.
 MB: Τα δύο σώματα που έρχονται σε επαφή είναι το περιβάλλον και οι τα σύννε..., οι υδρατμοί. Το περιβάλλον έχει θερμοκρασία 37°C . Οι υδρατμοί έχουν θερμοκρασία...

Δ: Το νερό που έγινε υδρατμός. Άρα τι θερμοκρασία πρέπει να έχει;

MB: Μεγάλη.

Δ: Ναι, ας πούμε.

MB: Έχει 45 ° C.

Δ: 45 ° C; Εξαρτάται βέβαια και από άλλα πράγματα. Τέλος πάντων... Οι υδρατμοί, τι θα κάνουν εφόσον λέει ότι ψύχονται; Τι σημαίνει ψύχεται; Το μετέφρασες το «ψύχεται»;

MB: ...

Δ: Ένα σώμα «ψύχεται», ένα σώμα «θερμαίνεται» τι είπαμε θα λέμε; Πώς θα το ερμηνεύουμε «ένα σώμα ψύχεται»;

MB: Έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία.

Δ: Τι κάνει η θερμοκρασία όταν ψύχεται;

MB: Μειώνεται, πέφτει.

Δ: Εφόσον μειώνεται η θερμοκρασία τι σημαίνει;

MB: Ότι θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από τους υδρατμούς στο περιβάλλον...

Δ: Πολύ ωραία.

MB: Με αποτέλεσμα να πέσει βροχή.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: Υποερώτημα (α): 4
Υποερώτημα (β): Κενό

Τελική βαθμολογία MB: 3

Υποερώτημα (α): 4

Υποερώτημα (β): 2 (Δεν ερμηνεύει το «ψύχεται» με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζει δυσκολίες στην επίλυση του προβλήματος.)

Μέσος όρος: 3

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA, MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελικός βαθμός 4. (Υποερώτημα (β): 4,
Μέσος όρος
υποερωτημάτων: 4)

Χρήση 1 βοήθειας:

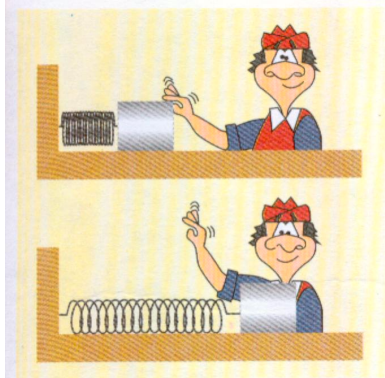
- Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης. (το "ψύχεται" το μετέφρασες;)

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές εφαρμόζουν το μοντέλο της θερμότητας στο (α) ερώτημα με επιτυχία, έχοντας ήδη αποκτήσει εμπειρία από προηγούμενες εφαρμογές του. Το (α) ερώτημα αναφέρεται στη διαδικασία της τήξης και παρόλο που δεν έχουν διδαχθεί οι μαθητές τη σχετική ενότητα, δεν συναντούν δυσκολίες αφού νοιώθουν αρκετά οικεία με τη λέξη «λιώνει». Το (β) ερώτημα είναι αφενός αντίστροφη διαδικασία και αφετέρου αναφέρεται σε μετασχηματισμό διαφορετικών μορφών της ύλης. Έτσι, παρόλο που υπάρχει η βοηθητική λέξη «ψύχεται», οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα. Αυτά οφείλονται δηλ. στο γεγονός ότι η θέρμανση είναι μια διαδικασία πιο προσιτή σ' αυτούς (πιο εύκολα τουλάχιστον προσαρμόσιμη στο μοντέλο θερμότητας) και η υγραποίηση δεν είναι μια διαδικασία που ανήκει στο φάσμα των αισθητηριακών τους εμπειριών.

Θέμα Ε6

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να περιγράψετε την κίνηση του σώματος της εικόνας χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας όταν ο άνθρωπος της εικόνας σπρώχνει το σώμα της εικόνας μέχρι την επαναφορά του σώματος.



Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Προφορική απάντηση ΜΑ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΑ: Λοιπόν, η χημική του σώματος μετατρέπεται σε κινητική στο χέρι του ανθρώπου.

Δ: Ναι.

ΜΑ: Η κινητική μεταφέρεται στο βαρίδιο.

Δ: Ναι.

ΜΑ: Και πάλι μετατρέπεται σε κινητική.

Δ: Ναι.

ΜΑ: Η κινητική μετατρέπεται σε δυναμική.

Δ: Ναι, όταν όλη η κινητική γίνει δυναμική είναι το τέρμα συμπιεσμένο ας πούμε.

ΜΑ: Η δυναμική μετά μετατρέπεται σε κινητική και η κινητική στο τέλος καταλήγει να γίνει θερμική.

Δ: Ναι, να αυξήσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Προφορική απάντηση ΜΒ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΒ: Η χημική ενέργεια του ανθρώπου μετατρέπεται σε κινητική.

Δ: Σε κινητική πού; Στο βάρος ή στο σώμα του ανθρώπου;

ΜΒ: (Με φυσικότητα). Στο χέρι του ανθρώπου....και έτσι σπρώχνει το βάρος.

Δ: Το «σπρώχνει το βάρος» πώς το λέμε σαν ενέργεια;

ΜΒ: Δυ... ε... κινητική.

Δ: Η κινητική...

ΜΒ: Η κινητική μετατρέπεται σε δυναμική.

Δ: Σε ποιο σώμα μεταβιβάζεται;

ΜΒ: Στο ελατήριο, το οποίο εκείνη τη στιγμή (δείχνει την εικόνα όπου το ελατήριο είναι τελείως συμπιεσμένο) έχει δυναμική ενέργεια, εφόσον παραμορφώνεται.

Δ: Ωραία.

ΜΒ: Το αφήνω και έχει πάλι κινητική ενέργεια.

Δ: Η δυναμική;

MB: Η δυναμική μετατρέπεται σε κινητική και το ελατήριο ουσιαστικά επανέρχεται στην προηγούμενη του θέση.

Δ: Στην αρχική του θέση, ναι. Μαζί με το βάρος, ε;
Ουσιαστικά η δυναμική του ελατηρίου γίνεται κινητική του βάρους. Από το σώμα στο άλλο...

Στο τέλος τι γίνεται;

MB: Στο τέλος; (Με ύφος απορίας, που υπονοεί «δεν τελειώσαμε;»)

Δ: Τι είπαμε στο τέλος γίνεται η ενέργεια;

MB: (Γρήγορα και με σιγουριά) Α! η ενέργεια η κινητική μετατρέπεται σε θερμική και θερμαίνει το περιβάλλον.

Δ: Ναι.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου **Τελική βαθμολογία MA: 4**

Τελική βαθμολογία MB: 3

(Δεν αναφέρει την τελική μορφή ενέργειας, θερμική)³³

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελικός βαθμός 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.** («Τι είπαμε γίνεται στο τέλος η ενέργεια;»)

Σχόλια: Με δεδομένο τον αυστηρό τρόπο βαθμολόγησης, η επιτυχία και των δύο μαθητών στο χειρισμό της έννοιας της ενέργειας και των διαδικασιών της, θεωρείται πολύ μεγάλη.

Θέμα Ε7

(Ερώτηση – Άσκηση 7 σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να συμπληρώσετε τις επόμενες προτάσεις:

Η θερμότητα είναι μορφή Μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο λόγω.....

Απάντηση Μαθητή Α (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Στο πρώτο κενό συμπλήρωσε «ενέργειας»

Στο δεύτερο κενό δεν συμπλήρωσε τίποτε.

Κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Στο διάλογο με το δάσκαλο που έγινε παρουσία και των δύο μαθητών δεν πήρε το λόγο.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Γραπτή απάντηση MA:

Στο πρώτο κενό συμπλήρωσε «ενέργειας»

³³ Ο αξιολογητής Β' έδωσε βαθμολογία 4 (Θεωρεί την ερώτηση του δάσκαλου στη μαθήτρια για την τελική μορφή της ενέργειας διευκρινιστική και όχι βοήθεια.)

Στο δεύτερο κενό δεν συμπλήρωσε τίποτε.

Κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MB: Μήπως είναι η ενέργεια;

Δ: Το μοντέλο το εφαρμόσατε; (εννοώντας της θερμότητας) Μήπως σας βρει καμιά λύση.

MB: ...

MA: ...

Δ: Ακόμα μια βοήθεια. Πότε ισχύει και δεν ισχύει το μοντέλο της θερμότητας; Αυτό ρωτάει η άσκηση. Στις προηγούμενες ασκήσεις που είδαμε πότε... ;

MB: (ο MA συμφωνώντας με κίνηση του κεφαλιού συγχρόνως). Όταν δεν είχαν την ίδια...

Δ: Γράψτε λοιπόν...

Ο MA συμπληρώνει στο δεύτερο κενό: « του ότι τα σώματα δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία».

Η MB συμπληρώνει: «του ότι τα σώματα έχουν διαφορετική θερμοκρασία».

Δ: Τι γράψατε; (διαβάζει τα γραπτά) Λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Εντάξει, το ίδιο είναι.

MB: Επειδή όμως είναι και μορφή ενέργειας;

Δ: Ορίστε;

MB: Μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο, επειδή δεν τελειώνει ποτέ.

Δ: Η θερμότητα αναφέρεται στην ανταλλαγή όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας.

MB: Όχι δηλ. στην ενέργεια.

Δ: Είναι ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο όταν έχουν διαφορά θερμοκρασίας. Αυτό κάνουμε συνέχεια και ελέγχουμε. Αυτό το πράγμα λέμε θερμότητα. Τίποτε άλλο.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA, MB: Υποερώτημα (α): 4
Υποερώτημα (β): Κενό

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA, MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. **Τελική βαθμολογία 4.** (Υποερώτημα (β): 4, Μέσος όρος υποερωτημάτων: 4)

Χρήση 2 βοηθειών:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.** (Εφάρμοσες το μοντέλο της θερμότητας;)
- **Παρότρυνση για μεταφορά γνώσης από εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης σε άλλα προβλήματα.** (Πότε ισχύει και δεν ισχύει το μοντέλο της θερμότητας; Στις προηγούμενες ασκήσεις που είδαμε πότε... ;)

Σχόλια: Το θέμα αυτό έχει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, ότι απαιτεί την εφαρμογή μιας μοντελοποιημένης, αφηρημένης γνώσης, για να επιλυθεί ένα επίσης θεωρητικό και όχι πρακτικό πρόβλημα. Είναι χαρακτηριστικό, ότι κανείς από τους μαθητές (και της πιλοτικής διδασκαλίας) δεν μπόρεσε να συμπληρώσει το (β) κενό. Η αφηρημενοποίηση επομένως της γνώσης έξω από τα πλαίσια (πρακτικής) εφαρμογής της δεν είναι μια τόσο απλή διαδικασία για τους μαθητές αυτής της ηλικίας. Να προσεχθεί, ότι η επίλυση του προβλήματος κατά τη διάρκεια του κωουτσαρίσματος δίνεται, όχι από την απευθείας εφαρμογή της μοντελοποιημένης γνώσης, αλλά από τη μεταφορά του τρόπου εφαρμογής της σε άλλα καθημερινά προβλήματα.

Θέμα Ε8

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Γράψε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας σωστά καθένα από τους παρακάτω όρους:

μόριο

κίνηση μορίων και όγκος αερίου

κίνηση μορίων υγρού και σχήμα υγρού

κίνηση μορίων στερεού

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Τα σώματα έχουν χιλιάδες μόρια.

Η κίνηση των μορίων δεν είναι καθορισμένη. Όσο πιο πολύ χώρο τους δώσεις τόσο θα εξαπλωθούν.³⁴

Η κίνηση των μορίων του νερού είναι άτακτη, το ένα πάνω στο άλλο.

Η κίνηση των μορίων είναι συγκεκριμένη και σε πολύ μικρό χώρο.

Διευκρινήσεις και κωουτσαρίσμα από το δάσκαλο:

Δ: Στο πρώτο γράφεις τα σώματα έχουν χιλιάδες μόρια. Θα μπορούσαν να έχουν και εκατομμύρια και δισεκατομμύρια και τρισεκατομμύρια μόρια. Εξαρτάται από το πόσο μεγάλο είναι το σώμα. Καλύτερα να έγραφες μεγάλο αριθμό μορίων.

Το (4): «Η κίνηση των μορίων είναι συγκεκριμένη και σε πολύ μικρό χώρο». Για διάβασε το μοντέλο των στερεών.

ΜΑ: *(Διαβάζει το μοντέλο των στερεών).* Κινούνται ελάχιστα γύρω από καθορισμένες θέσεις.

Δ: Πέρα-δώθε δηλ. «Η κίνηση των μορίων είναι συγκεκριμένη» τι σημαίνει; και σε πολύ μικρό χώρο; Θα μπορούσες να πεις πως καταλαμβάνουν συγκεκριμένο χώρο και έχουν συγκεκριμένο σχήμα αλλά... κίνηση συγκεκριμένη και σε συγκεκριμένο χώρο... προφανώς έχει καταλάβει, αλλά δεν το έχεις διατυπώσει σωστά.

Το (3) αναφέρεται στα υγρά;

ΜΑ: *(Νεύμα κατάφασης)*

Δ: «Η κίνηση των μορίων είναι άτακτη και το ένα πάνω στο άλλο».

ΜΑ: γλιστρά πάνω στο...

Δ: Ξέχασες να το γράφεις, εντάξει. Τα άλλα...σωστά.

³⁴ Ενδιαφέρον παρουσιάζει «αναλογία» που κατασκεύασε για τα μόρια του αέρα ο μαθητής, την οποία έσβησε, πιθανότατα μην θεωρώντας αυτήν επιστημονική, ή επειδή δεν μπορούσε να βρει το ανάλογο του όγκου: *Η κίνηση των μορίων του αέρα είναι σαν παιδιά που παίζουν σε μια αλάνα και τρέχουν σε όλο τον χώρο.*

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Η κίνηση των μορίων των στερεών είναι αργή και σταθερή. Όταν το μόριο βρεθεί σε θερμοκρασία απόλυτου μηδέν έχει ελάχιστη κινητική ενέργεια. Η κίνηση μορίων υγρού είναι άτακτη και το ένα γλιστράει πάνω στο άλλο. Το σχήμα υγρού αλλάζει ανάλογα με το δοχείο στο οποίο θα το μεταγγίσουμε. Η κίνηση των μορίων των αερίων είναι ελεύθερη και τα μόρια καταλαμβάνουν τον χώρο που τους διατίθεται. Ο όγκος των αερίων αλλάζει ανάλογα με το χώρο που τους διατίθεται.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΒ: Στα στερεά δεν είμαι σίγουρη...

Δ: «Στα στερεά τα σώματα κινούνται ελάχιστα γύρω από καθορισμένες θέσεις. Για σταθερή δεν είπαμε τίποτε.

ΜΒ: Θέλω να πω είναι συγκεκριμένη, δεν κινούνται ελεύθερα ή άτσαλα.

Δ: Θα μπορούσες να το γράψεις με περισσότερα λόγια: Πέρα-δώθε, γύρω από καθορισμένες θέσεις ή δεν αλλάζουν θέση. Η κίνηση είναι σταθερή...εγώ τώρα όπως περπατάω... (ο Δάσκαλος περπατάει αργά με σταθερή ταχύτητα) κοίταξε.. περπατάω με μια σταθερή κίνηση... και σηκώνομαι και φεύγω. Άλλο το « πέρα-δώθε, κινούνται γύρω από κάποια συγκεκριμένη θέση» και άλλο το «σταθερή κίνηση».

ΜΒ: Να αλλάξω πρόταση;

Δ: Όχι, εντάξει, απλώς συζητάμε.

Εδώ είναι και η διαφορά του γραπτού από τον προφορικό λόγο παιδιά. Στον γραπτό λόγο –να το έχετε υπόψη όταν γράφετε διαγωνίσματα- ότι γράφεις παραμένει. Στον προφορικό –εσύ άλλο εννοούσες από αυτό που έγραψες- αλλά στο γραπτό γράφεις κάτι που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 2

1^η πρόταση: 2 (Αναφέρει τάξη μεγέθους για τον αριθμό μορίων και χρησιμοποιεί τη λέξη «έχουν», αντί του ορθότερου «αποτελούνται από».)

2^η πρόταση: 2 (Ορθή πρόταση, αλλά δεν χρησιμοποιεί τις λέξεις «όγκος αερίου».)

3^η πρόταση: 2 (Χρησιμοποιεί τη λέξη «νερό» αντί της γενικότερης «υγρό» και δεν αναφέρει τις λέξεις «σχήμα υγρού».)

4^η πρόταση: 2 (Δεν περιγράφει με σαφήνεια, χρησιμοποιώντας γενικόλογες λέξεις και εκφράσεις: «συγκεκριμένη κίνηση», «σε πολύ μικρό χώρο».)

Μέσος όρος: 2

Τελική βαθμολογία ΜΒ: 4

1^η πρόταση: 2 (Δεν περιγράφει με σαφήνεια χρησιμοποιώντας γενικόλογη έκφραση: «σταθερή κίνηση». Στις προφορικές διευκρινήσεις δεν είναι επίσης σαφής, μιλώντας για «συγκεκριμένη» κίνηση.)

2^η πρόταση: 4

3^η πρόταση: 4

4^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 4

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ: Μερικώς επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 3.

- 1^η πρόταση: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. Δεν καθοδηγείται στην ορθή σύνταξη της πρότασης με ερωτήσεις όπως «αυτό το σώμα πόσα μόρια λες να έχει;», «Τι άλλο έχει εκτός από μόρια ένα σώμα;».
- 2^η πρόταση: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. Δεν επισημαίνεται η έλλειψη των λέξεων «όγκος αερίου».
- 3^η πρόταση: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. Δεν επισημαίνεται η έλλειψη των λέξεων «σχήμα υγρού».
- 4^η πρόταση: Επιτυχές κωουτσάρισμα. **Βαθμολογία 4. Χρήση 2 βοηθειών:**

- **Ανάκληση γνώσης από την περίληψη** (το μοντέλο των στερεών).
- **Εξήγηση του αδόκιμου των λέξεων που χρησιμοποίησε** (αποδεκτή βοήθεια λόγω έλλειψης διαφορετικού τρόπου καθοδήγησης).

Μέσος όρος: 3

ΜΒ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

4^η πρόταση: Επιτυχές κωουτσάρισμα. **Βαθμολογία 4. Χρήση 2 βοηθειών:**

- **Ανάκληση γνώσης από το δάσκαλο** (το μοντέλο των στερεών).
- **Μεταφορά γνώσης από το δάσκαλο (Εξήγηση του αδόκιμου των λέξεων που χρησιμοποίησε)**.

Μέσος όρος: 4

Σχόλια: Η ΜΒ είναι περισσότερο σαφής στις προτάσεις της από το ΜΑ και δεδομένου της θεωρητικής φύσης αυτών, αυτό πιθανότατα σημαίνει μεγαλύτερες δυνατότητες ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη.

Θέμα Ε9

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Από τα έξι σώματα που περιγράφονται στον πίνακα α) ποια δεν μπορεί να έχουν υπόσταση και β) ποια μπορεί να είναι αέρια

Σώμα	Περιγραφή
Α	τα μόρια κατακλύζουν όλο το γύρω τους χώρο
Β	τα μόρια κινούνται πέρα δώθε χωρίς να αλλάζουν θέση
Γ	έχει σταθερό σχήμα και όγκο και τα μόρια κινούνται ελεύθερα
Δ	έχει σταθερό όγκο αλλά όχι και σχήμα
Ε	τα μόρια του κινούνται άτακτα
Ζ	έχει σταθερό σχήμα και τα μόρια γλιστρούν το ένα στο άλλο

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

- α) Β, Ζ, Γ, Δ.
β) Α, Ε.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Είχαμε κάνει κάποια μοντέλα, για τα στερεά, τα υγρά, τα αέρια. Δεν ξέρω αν τα θυμάσαι. Πάντως γενικά είπαμε, όταν λύνουμε ασκήσεις αυτά που κάναμε σαν μοντέλα σαν θεωρία να τα εφαρμόζουμε συνειδητά. Λοιπόν,

έχεις βάλει Β, Ζ, Γ, Δ, τέσσερα έχεις βάλει, ότι αυτά δεν μπορεί να υπάρχουν σαν σώματα δηλ., έτσι δεν είναι; αυτό ζητούσε η ερώτηση, αυτό δεν απάντησες;

ΜΑ: Ναι.

Δ: Λοιπόν το (Β): «Τα μόρια κινούνται πέρα-δώθε χωρίς να αλλάζουν θέση». Υπάρχει τέτοιο σώμα;

ΜΑ: ...

Δ: Αέριο μπορεί να είναι;

ΜΑ: Όχι.

Δ: Υγρό μπορεί να είναι;

ΜΑ: Όχι.

Δ: Στερεό μπορεί να είναι;

ΜΑ: Ναι.

Δ: Γιατί το έβαλες τότε; Δεν τα πήρες ένα-ένα να δεις αν υπάρχει τέτοιο σώμα;

ΜΑ: ...

Δ: Το (Ζ) μετά: «έχει σταθερό σχήμα και τα μόρια γλιστρούν το ένα στο άλλο». Σε ποιο σώμα γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο;

ΜΑ: Στο νερό.

Δ: Στα υγρά γενικά.

ΜΑ: Όχι.

Δ: Όχι. Άρα αυτό το απάντησες σωστά.

Το (Γ): «Έχει σταθερό σχήμα και όγκο και τα μόρια κινούνται ελεύθερα». Σε ποιο σώμα είναι σταθερά το σχήμα και ο όγκος;

ΜΑ: Στα στερεά.

Δ: Στα στερεά. Τα μόρια κινούνται ελεύθερα;

ΜΑ: (Νεύμα άρνησης)

Δ: Όχι, πέρα-δώθε είπαμε γύρω από συγκεκριμένες θέσεις, άρα και αυτό σωστό.

Το (Δ): «Έχει σταθερό όγκο, αλλά όχι και σχήμα». Τα στερεά είπαμε έχουν σταθερό όγκο και σταθερό σχήμα. Τα αέρια ούτε σταθερό όγκο, ούτε σταθερό σχήμα.

ΜΑ: (Παίρνει το λόγο μόνος του) Τα υγρά.

Δ: Τα υγρά. Γιατί το έβαλες όμως τότε; Ξέρεις γιατί το έβαλες; Γιατί δεν εφάρμοσες πιστά ότι υπάρχει αυτό το μοντέλο και το εφαρμόζω εδώ πάνω. Δηλ. δεν απαντούμε αυθόρμητα, σύμφωνα με τη σκέψη μας ή το μυαλό μας –αυτό είναι η Φυσική, εφαρμόζουμε μοντέλα. Αυτό κάνουμε εδώ... περισσότερο. Προσπαθούμε να μάθουμε τη γλώσσα της Φυσικής και εφαρμόζουμε συνειδητά τη γλώσσα της Φυσικής.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

α) Γ, Ζ.

β) Α, Ε.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 2

1^ο υποερώτημα: 1 (Τσεκάρει 2 σωστές και 2 λάθος επιλογές.)

2^ο υποερώτημα: 4

Μέσος όρος: 3

Τελική βαθμολογία MB: 4

1^ο υποερώτημα: 4

2^ο υποερώτημα: 4

Μέσος όρος: 4

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

1^ο υποερώτημα: : Επιτυχές κωουτσάρισμα. Βαθμολογία 4.

Χρήση 2 βοηθειών:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης**
(τα μοντέλα των σωμάτων).
- **Εφαρμογή ευρετικής τεχνικής** (μέθοδος σε άτοπο απαγωγής)

Μέσος όρος: 4

Σχόλια: Το ερώτημα (α) απαιτούσε μια πιο συστηματική και επίπονη προσπάθεια για την απάντηση του, αφού έπρεπε να εξεταστούν και οι τρεις μορφές της ύλης, γεγονός μάλλον που εμπόδισε το MA στην ορθή επίλυση του.

Θέμα E10

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Πώς συμπεραίνουμε ότι τα μόρια των στερεών και των υγρών είναι κοντά το ένα στο άλλο;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Καμιά ανταπόκριση.

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Καμιά ανταπόκριση.

Κωουτσάρισμα από το δάσκαλο των MA και MB:

Δ: Να σας δώσω την πρώτη βοήθεια. Το μοντέλο των στερεών και των υγρών το εφαρμόσατε; το σκεφτήκατε; το θυμάστε;

MA: Ναι.

MB: (Νεύμα συμφωνίας με το MA)

Μετά από λίγο χρόνο...

Δ: Δεν βλέπετε να βοηθάει;

Νεύμα άρνησης και από τους δύο μαθητές.

Δ: Δεύτερη βοήθεια λοιπόν. Έχετε σκεφθεί τα δύο μοντέλα. Τι κοινό έχουν αυτά τα δύο μοντέλα; γιατί στην ουσία η ερώτηση αυτό λέει. Τα μόρια στα στερεά και στα αέρια απέχουν το ίδιο, δεν απέχουν πολύ. Τι κοινό έχουν τα δύο μοντέλα; Εκεί να αναζητήσετε την απάντηση.

Καμιά αντίδραση από τους μαθητές για αρκετό χρόνο.

Δ: Αν δεν μπορείτε να βρείτε τι κοινό έχουν, αυτό σημαίνει ότι δεν θυμάστε τα δύο μοντέλα. Να κοιτάξετε την περίληψη, να δείτε τι κοινό έχουν. Όποιος το βρει πρώτος να μου το δείξει απλώς, να μην το πει.

Οι μαθητές διαβάζουν τα δύο μοντέλα από την περίληψη και ο MA μου κάνει νόημα ότι το βρήκε. Δείχνει στο κείμενο του μοντέλου τις λέξεις «σταθερός όγκος»

- Δ: Αυτό απαντάει στην ερώτηση;
 ΜΑ: Ναι.
 Δ: ΜΒ βρήκες τι κοινό έχουν;
 ΜΒ: Ο όγκος.
 Δ: Αυτό απαντάει στην ερώτηση;
 ΜΒ: Ναι.
 Δ: Γράψτε την απάντηση.
 Ο ΜΑ γράφει: «Επειδή και τα 2 έχουν συγκεκριμένο όγκο».
 Η ΜΒ γράφει: «Επειδή ο όγκος τους δεν αλλάζει».

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ, ΜΒ: Κενό

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ, ΜΒ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 3 βοηθειών:

- Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης. (Το μοντέλο των στερεών και υγρών το εφαρμόσατε;)
- Εφαρμογή ευρετικής τεχνικής. (Όταν το πρόβλημα ερωτά για κοινά σημεία, αναζητούμε κοινά σημεία στα μοντέλα.)
- Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη (να διαβάσουν τα μοντέλα των στερεών και υγρών).

Σχόλια: Το θέμα αυτό είναι ένα θεωρητικό πρόβλημα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτό είναι ανάλογης φύσης με το θέμα Ε7. Η επίλυση του είναι όμως πιο δύσκολη, αφού δεν μπορεί να γίνει με μεταφορά τρόπου εφαρμογής μοντελοποιημένης γνώσης από κάποιο άλλο πρόβλημα. Η επίλυση του απαιτεί την εφαρμογή μιας συνδυαστικής λογικής ανάμεσα σε θεωρητικές κατασκευές. Ο τρόπος αυτός σκέψης δεν φαίνεται να ήταν αναπτυγμένος τουλάχιστον στους μαθητές που μετέχουν στη διδακτική σειρά.

Θέμα Ε11

(αντί της Ερώτησης – Άσκησης 6, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)
 Επάνω σε μια ηλεκτρική εστία θέρμανσης βράζει μια κατσαρόλα με νερό. Να εξηγήσετε τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας (σε επίπεδο μικρόκοσμου) από την εστία προς τον πυθμένα της κατσαρόλας.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Προφορική απάντηση ΜΑ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΑ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι η κατσα..., ο πυθμένας της κατσαρόλας και η εστία. Η εστία θα έχει μεγαλύτερη κινητική ενέργεια.

Δ: Ναι, ας πούμε 0,000....500joule. Ο πυθμένας 0,000...

ΜΑ: ...300joule. Επομένως από το σώμα που έχει...

Δ: Να αναφέρεσαι σε ποιο σώμα...

ΜΑ: που έχει 500joule.

Δ: Τη μεγάλη...

ΜΑ: Ναι, τη μεγάλη κινητική ενέργεια.

Δ: που κάθε μόριο του έχει...

- MA: Ναι, το κάθε μόριο, ...θα μεταδοθεί... μορφή ενέργειας (διορθωτικός τόνος φωνής) με συγκρούσεις σε κάθε μόριο του... άλλου σώματος.
- Δ: Ποιανού;
- MA: Που έχει μικρότερη κινητική ενέργεια.
- Δ: Ποιανού; Για συγκεκριμένα σώματα μιλάμε, όχι γενικά.
- MA: Που έχει 300joule.
- Δ: Ποιο σώμα; εδώ στο θέμα μας.
- MA: Του πυθμένα της κατσαρόλας.
- Δ: Ωραία.
- MA: Ε... θα σταματήσει να μεταδίδεται κινητική ενέργεια, όταν τα μόρια των δύο σωμάτων...
- Δ: (Ο MA διακόπτεται) Όταν κάθε μόριο της κατσαρόλας και κάθε μόριο της εστίας θα αποκτήσει την ίδια κινητική ενέργεια.
- MA: (Επαναλαμβάνει τα τελευταία λόγια της προηγούμενης πρότασης μαζί με τον δάσκαλο)
- Δ: Ποια κινητική ενέργεια θα αποκτήσουν, μια μέση, τον μέσο όρο ή πιστεύεις ότι...
- MA: Της εστίας.
- Δ: Έτσι, εφόσον έχει σταθερή θερμοκρασία, εφόσον δίνουμε...
Ναι, εντάξει.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

- Προφορική απάντηση MB και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:
Μετά από δισταγμούς των παιδιών και παροτρύνσεις από το δάσκαλο η MB αποφασίζει να απαντήσει πρώτη στο θέμα.
- MB: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι εστία και ο πυθμένας. Η εστία, το σώμα Α έχει χ τόνους³⁵ κινητική ενέργεια. Ο πυθμένας το Β σώμα...
- Δ: (Η MB διακόπτεται) Μπορείς να λες και δικά σου νούμερα αν σε διευκολύνει, σε Joule, δεν είναι απαραίτητο να λες αυτό που λέω 10^{-20} Joule, απλά για να θυμάσαι...
- MB: Δηλ. αν πω χ , ψ τόνους δεν είναι σωστό;
- Δ: Εντάξει, όπως σε διευκολύνει, απλώς με τα γράμματα δεν θυμάσαι ποιο είναι το μεγαλύτερο...
- MB: ... έχει ψ τόνους κινητική ενέργεια, (αναφέρεται προφανώς στον πυθμένα) άρα θα έχουμε... μεταφορά κινητικής ενέργειας μέσω συγκρούσεων από τα σώματα... από τα μόρια του Α σώματος προς τα μόρια του Β σώματος.
- Δ: Ποιο είναι το Α, ποιο είναι το Β;
- MB: Δεν θα λες Α, Β, θα λες...
- Δ: Ναι, από την εστία προς τον πυθμένα.
- MB: Η μεταφορά της κινητικής της ενέργειας από τα μόρια (διορθώνει...), από κάθε μόριο της εστίας προς κάθε μόριο του πυθμένα...
- Δ: (Η MB διακόπτεται) Από τα μόρια της εστίας προς τα μόρια του πυθμένα.
- MB: Ναι, ... θα γίνεται μέχρι...ε να... και τα δύο σώματα και η εστία και ο πυθμένας να έχουν την ίδια θερμο.. να έχουν την ίδια ποσότητα κινητικής ενέργειας... τα μόρια των..

³⁵ Η μαθήτρια έλεγε χ τόνους, (υπονοώντας ότι οι «τόνοι» είναι μονάδες κινητικής ενέργειας) αντί για χ τόνος (χ') χωρίς να γίνει αντιληπτό από το δάσκαλο την ώρα της διδασκαλίας.

- Δ: μέχρι κάθε μόριο.
 ΜΒ: ...της εστίας και του πυθμένα να έχουν την ίδια κινητική ενέργεια.
 Δ: Και προφανώς της εστίας.
 ΜΒ: Ναι.
 Δ: Γιατί η εστία έχει σταθερή θερμοκρασία.
 Πως είπαμε γίνεται η μεταφορά της ενέργειας;
 ΜΒ: Με τις συγκρούσεις.
 Δ: Ναι, εντάξει.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 2

(Αναμιγνύει γλώσσα μακρόκοσμου και μικρόκοσμου: «Η εστία θα έχει μεγαλύτερη κινητική ενέργεια». Δεν περιγράφει με σαφήνεια τις θερμοκρασίες σε γλώσσα μικρόκοσμου: «τα μόρια των δύο σωμάτων» αντί του ορθότερου «κάθε μόριο της εστίας και κάθε μόριο του πυθμένα της κατασάρολας».)

Τελική βαθμολογία ΜΒ: 2

(Αναμιγνύει γλώσσα μακρόκοσμου και μικρόκοσμου και χρησιμοποιεί λάθος «μονάδες» για την ενέργεια: «Η εστία, το σώμα Α έχει χ τόνους κινητική ενέργεια». Δεν περιγράφει με σαφήνεια τις θερμοκρασίες σε γλώσσα μικρόκοσμου: «τα μόρια της εστία και του πυθμένα» αντί του ορθότερου «κάθε μόριο της εστίας και κάθε μόριο του πυθμένα της κατασάρολας».)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ: Μερικώς επιτυχές κωουτσάρισμα. **Τελική βαθμολογία 3.** (κατ' εκτίμηση)

(Δεν εντοπίζεται και δεν επισημαίνεται επομένως η ανάμιξη του μικροσκοπικού και μακροσκοπικού μοντέλου. Καθυστερημένα εντοπίζεται η χρήση όχι απόλυτα σωστής γλώσσας μικρόκοσμου για τη θερμοκρασία.)

Χρήση 1 βοήθειας:

- **ανάκληση γνώσης από το δάσκαλο** (μέρη του μικροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας).

ΜΒ: Μερικώς επιτυχές κωουτσάρισμα. **Τελική βαθμολογία 3.** (κατ' εκτίμηση)

(Δεν εντοπίζεται και δεν επισημαίνεται επομένως η ανάμιξη του μικροσκοπικού και μακροσκοπικού μοντέλου, καθώς και η χρήση λανθασμένων «μονάδων» ενέργειας. Καθυστερημένα εντοπίζεται η χρήση όχι απόλυτα σωστής γλώσσας μικρόκοσμου για τη θερμοκρασία.)

Χρήση 1 βοήθειας:

- **ανάκληση γνώσης από το δάσκαλο** (μέρη του μικροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας).

Σχόλια: Κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης της γνώσης οι δύο μαθητές εναλλάσσονταν επιτυχώς μιλώντας τη γλώσσα του μικρόκοσμου και μακρόκοσμου. Στο θέμα αυτό οι μαθητές καλούνται να μιλήσουν τη γλώσσα του μικρόκοσμου, έχοντας όμως κατά νου την άλλη γλώσσα του μακρόκοσμου (χωρίς βέβαια τίποτα να τους απαγορεύει να μιλήσουν και τις δύο γλώσσες ταυτόχρονα). Η ταυτόχρονη σκέψη των μαθητών σε δύο επίπεδα δεν ήταν ιδιαίτερα επιτυχής, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι κάτι τέτοιο δεν βρίσκεται στο επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης τους. Μια τέτοια τεχνική, απλώς πιθανότατα να χρειαστεί επανάληψη της μοντελοποίησης από το δάσκαλο, και περισσότερες προσπάθειες από τους μαθητές. Να σημειωθεί, ότι η τεχνική αυτή δεν περιορίζεται μόνο στο θέμα, αλλά έχει μια ιδιαίτερη σημασία, αφού αν γίνει κτήμα των μαθητών μπορεί να τους βοηθήσει γενικότερα, όπως π.χ. να επιλύουν ένα πρόβλημα και ταυτόχρονα να εκφράζουν τον τρόπο σκέψης τους στην επίλυση του προβλήματος.

Θέμα Ε12

(Ερώτηση – Άσκηση 7, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Προφορική απάντηση ΜΑ:

Δ: Έχεις σκεφτεί την απάντηση;

ΜΑ: Ψάχνω, την αιτιολόγηση ψάχνω.

Δ: Από πού θα ξεκινήσεις; Ποια θα είναι η λογική για να λύσεις την άσκηση;

ΜΑ: Να δω καταρχήν τι είναι θερμική ενέργεια.

Δ: Ναι. Ξέρεις;

ΜΑ: Ναι, πιστεύω δηλ.... Το σύνολο της κινητικής ενέργειας που έχουν όλα τα μόρια ενός σώματος.

Δ: Ωραία. Τώρα είναι δυνατόν...;

ΜΑ: Αν είναι ίδια, όχι, αν είναι περισσότερο το νερό...

Δ: Ποιο νερό;

ΜΑ: Το ζεστό νερό...πάλι όχι, αλλά αν είναι περισσότερο το κρύο νερό είναι δυνατόν.

(Μορφασμός ικανοποίησης)

Δ: Ωραία.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Προφορική απάντηση ΜΒ και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΒ: Η ποσότητα στο ζεστό και στο κρύο νερό είναι ίδια;

Δ: Γενικά λέει αν μπορεί να συμβεί αυτό. Προφανώς δεν το καθορίζει η άσκηση αν είναι ίδιες ή όχι. Μπορείς να το καθορίσεις εσύ.

Μετά από λίγο χρόνο...

ΜΒ: (Μιλώντας με σιγουριά) Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη...

Δ: (Διακόπτεται η ΜΑ) Γιατί;

ΜΒ: Γιατί μπορεί η μία από τις δύο ποσότητες, ας πούμε το ζεστό νερό να είναι περισσότερο και το κρύο νερό λιγότερο.

Δ: Το ανάποδο δεν γίνεται;

MB: Ναι και το ανάποδο, απλώς...τα μόρια του... όταν η ποσότητα θα είναι μεγαλύτερη θα υπάρχουν και περισσότερα μόρια.

Δ: Σε ποιο;

MB: Ανάλογα.

Δ: Δώσ' μου ένα παράδειγμα.

MB: Αν ας πούμε είναι μεγαλύτερη η ποσότητα του ζεστού νερού θα έχει περισσότερα μόρια από την ποσότητα του κρύου νερού που είναι λιγότερη.

Δ: Ναι.

MB: και το αντίθετο.

Δ: και επομένως τι θα γίνει με τη θερμική ενέργεια

MB: Τι; *(Με ύφος αιφνιδιασμού)*

Δ: Τι ονομάζουμε θερμική ενέργεια ενός σώματος;

MB: Μμμ...

Δ: Σε επίπεδο μικρόκοσμου.

MB: ...

Δ: Θερμοκρασία είναι η κινητική ενέργεια του κάθε μορίου. Θερμική τι είναι;

MB: ...

Δ: Μπορείς να το δεις... αν θέλεις...
Μετά από λίγο χρόνο..
Η MB εντοπίζει στην περίληψη τι είναι θερμική ενέργεια και το διαβάζει:

MB: «Θερμική ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια που έχουν συνολικά τα μόρια ενός σώματος».

Δ: Άρα μπορείς να απαντήσεις; Είναι δυνατόν να είναι μικρότερη η θερμική ενέργεια στο ζεστό νερό απ' ότι στο κρύο;

MB: Και ναι και όχι.

Δ: Το ναι ζητάει η άσκηση, πότε;

MB: Ναι;

Δ: Ναι. Πότε είναι δυνατόν να συμβεί αυτό. Είναι δυνατόν; Αυτό ζητάει.

MB: Είναι δυνατόν να είναι η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού, αν η ποσότητα του ζεστού νερού είναι μικρότερη.

Δ: Το λάθος σου ήταν ότι δεν ξεκίνησες από το τι είναι θερμική ενέργεια, ενώ ο ΜΑ ξεκίνησε. Δηλ. όταν πάς να λύσεις κάτι, ξεκινάς, *(με πιο έντονη φωνή οι επόμενες λέξεις)* το μοντέλο, τι είναι αυτό;

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου **Τελική βαθμολογία ΜΑ: 4**

Τελική βαθμολογία MB: 1 (Δεν έχει αποσαφηνίσει τι είναι θερμική ενέργεια)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη (να διαβάσει τι είναι θερμική ενέργεια).**

Σχόλια: Μέρος της αποτυχίας της MB οφείλεται μάλλον στην προσπάθεια της να θυμηθεί σχετικό παράδειγμα, εστιάζοντας μόνο σ' αυτό και όχι στον τρόπο που η μοντελοποιημένη γνώση εφαρμόζεται στο παράδειγμα.

Θέμα E13

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Σχηματίστε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες:

Θερμικός αγωγός, θερμικός μονωτής, θερμική αγωγιμότητα.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Θερμικός αγωγός είναι ένα σώμα στο οποίο μεταδίδεται γρήγορα η θερμότητα ενώ θερμικός μονωτής είναι ένα σώμα στο οποίο η θερμότητα μεταδίδεται με αργούς ρυθμούς.

Θερμική αγωγιμότητα είναι η τιμή ενός σώματος, δηλαδή πόσο γρήγορα μεταδίδεται η θερμότητα π.χ. σίδηρος 25.000

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: (Ο δάσκαλος διαβάζει τις απαντήσεις του μαθητή) «Θερμική αγωγιμότητα είναι η τιμή ενός σώματος...». Τα σώματα δεν έχουν τιμή. Μπορεί να έχουν τιμή, όταν τα πουλάμε... στα μαγαζιά. Τιμή πώλησης, σκέτο τιμή δεν... Αντί λοιπόν να γράψεις «η τιμή ενός σώματος» θα μπορούσες να γράψεις «είναι το φυσικό μέγεθος που καθορίζει» που καθορίζει «πόσο γρήγορα η θερμότητα διαδίδεται...»

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Η θερμική αγωγιμότητα του υαλοβάμβακα είναι 1.

Όλα τα μέταλλα είναι θερμικοί αγωγοί.

Θερμικό μονωτή ονομάζουμε ένα αντικείμενο που δυσκολεύει τη διάδοση της θερμότητας.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MB: Η θερμική αγωγιμότητα είναι 1% ή 1...;

Δ: Θυμόσουν ότι η θερμική αγωγιμότητα του υαλοβάμβακα είναι 1;

MB: Ναι, ήταν το μόνο που θυμόμουν...

MA: Κ' εγώ το θυμόμουν.

Δ: Μπράβο! Εγώ δεν το θυμόμουν.

MB: Ναι, αλλά σε τι το μετράμε;

Δ: Τις μονάδες δεν τις λέμε ακόμα. Δεν τις λέει το βιβλίο, οπότε δεν έχει νόημα να τις πώ κι' εγώ.

(Ο δάσκαλος διαβάζει τις απαντήσεις της μαθήτριας)

Ναι, ωραία, απλώς αντί για αντικείμενο θα προτιμούσα σώμα.

MB: Α, ναι. (Συμφωνεί)

Δ: ...γιατί όταν λέμε για αντικείμενο συνήθως υπάρχει και ένα υποκείμενο που δρα πάνω στο αντικείμενο...περισσότερο με τη γλώσσα της Φυσικής να μιλάμε. Το σώμα είναι πιο γενικό.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 3

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 4

3^η πρόταση: 2 (Χρησιμοποιεί τον προσδιορισμό «τιμή σώματος» αντί του «φυσικό μέγεθος».)

Μέσος όρος: 3

Τελική βαθμολογία MB: 4

1^η πρόταση: 4

2^η πρόταση: 4

3^η πρόταση: 4

Μέσος όρος: 4

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

3^η πρόταση: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Βαθμολογία 4. Χρήση 1 βοήθειας:

- **Μεταφορά γνώσης από το δάσκαλο (Εξήγηση του αδόκιμου των λέξεων που χρησιμοποιήσε).**

Μέσος όρος: 4

Σχόλια: Οι προτάσεις των μαθητών μάλλον ως θεωρητικές διατυπώσεις μπορούν να χαρακτηριστούν. Οι τιμές θερμικής αγωγιμότητας, που θυμόντουσαν οι μαθητές, έχει ίσως κάποια σημασία, για το που μπορεί να εστιάζουν την προσοχή τους. Ο πίνακας με τις θερμικές αγωγιμότητες του βιβλίου, κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης, δεν παρουσιάστηκε για να απομνημονευθεί βέβαια, αλλά έγινε χρήση του για την επίλυση προβλημάτων.

Θέμα Ε14

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Όταν μια χειμωνιάτικη μέρα αγγίζουμε συγχρόνως ένα κλαδί και μια μεταλλική κολώνα, αισθανόμαστε το κλαδί θερμότερο από την κολώνα.

Ποια από τις δύο προτάσεις που ακολουθούν ερμηνεύει σωστά αυτό το εμπειρικό μας δεδομένο;

α) Η θερμοκρασία του κλαδιού είναι υψηλότερη από της κολώνας διότι το ξύλο είναι θερμικός μονωτής ενώ το μέταλλο είναι θερμικός αγωγός.

β) Οι θερμοκρασίες του κλαδιού και της κολώνας είναι ίσες. Ωστόσο από το χέρι μας-του οποίου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη- μεταφέρεται θερμότητα ευκολότερα στην κολώνα παρά στο κλαδί, γιατί η πρώτη είναι θερμικός αγωγός ενώ το τελευταίο μονωτής.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Διευκρινήσεις:

ΜΑ: Αυτό που ξέρουμε τώρα ή αυτό που νομίζαμε παλιά.

Δ: Όχι, όχι την πρόταση που θεωρείς σωστή.

ΜΑ: Ααα... (γέλια)

Δ: ...φυσικά

ΜΑ: Λέω κι εγώ...

Δ: ...δεν θέλω να μου κυκλώσεις το λάθος (γέλια), θέλω να μου απαντήσεις σαν Φυσικός.

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Ο μαθητής κυκλώνει την σωστή πρόταση (β).

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Η μαθήτρια κυκλώνει την σωστή πρόταση (β).

Διευκρινήσεις:

- ΜΒ: (Αφού κύκλωσε την πρόταση και μετά) *Είναι όπως το δέρμα και το μέταλλο... που μας είπατε;* (Η μαθήτρια αναφέρεται σε σχετική μοντελοποίηση που έγινε από το δάσκαλο, όταν αγγίζουμε το μέταλλο μιας καρέκλας και το δέρμα της)
- Δ: *Ναι. Κατ' αρχήν πρέπει να παρατηρήσουμε ότι είναι ίδιες οι θερμοκρασίες γιατί υπάρχει θερμική ισορροπία στο περιβάλλον. Περίπου, πάνω- κάτω, όλα τα σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία σε ένα κλειστό σύστημα. Δηλ. εδώ μέσα όλα πάνω-κάτω έχουν την ίδια θερμοκρασία. Έξω στο περιβάλλον, όλα πάνω-κάτω έχουν την ίδια θερμοκρασία.*³⁶

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 4

Τελική βαθμολογία ΜΒ: 4

Σχόλια: Αξιοπρόσεκτη είναι η «απορία» του ΜΑ, που βαθύτερα πιθανόν να υπονοεί ότι δεν έχει εγκαταλείψει τον «κόσμο» της προηγούμενης γλώσσας του. Να σημειωθεί πάντως, ότι οι προτάσεις, ανάμεσα στις οποίες καλούνται να επιλέξουν οι μαθητές τη σωστή, είναι και οι δύο προσεκτικά διατυπωμένες και θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν προσπάθειες επιστημονικής εξήγησης. Η πρώτη (η λανθασμένη) ανήκει στο χώρο των ιδεών που αναπτύσσουν οι μαθητές μετά τη διδασκαλία.

Θέμα Ε15

(Ερώτηση – Άσκηση 3, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Όταν σε ένα κομμάτι πάγο ακουμπήσουμε το άκρο ενός σύρματος, μετά από λίγο, αισθανόμαστε ότι το άλλο άκρο κρυώνει. Ποια από τις επόμενες ερμηνείες του φαινομένου αυτού είναι σωστή;

Το άκρο κρυώνει διότι διαμέσου του σύρματος:

- α) από το χέρι μας θερμότητα μεταφέρεται στον πάγο.
- β) από τον πάγο θερμότητα μεταφέρεται στο χέρι μας.
- γ) από τον πάγο ψύχος μεταφέρεται στο χέρι μας.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Ο ΜΑ κυκλώνει τη σωστή πρόταση (α).

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Ο δάσκαλος ζητάει από τον ΜΑ να εφαρμόσει το μοντέλο της θερμότητας και ο ΜΑ το εφαρμόζει με επιτυχία.

³⁶ Μία ολοκληρωμένη απάντηση θα έπρεπε να συμπεριλάβει στην αιτιολόγηση της και το ότι η κολώνα και το κλαδί είναι από το ίδιο υλικό και άρα έχουν την ίδια θερμοχωρητικότητα. Οι μαθητές δεν έχουν διδαχθεί όμως την σχετική ενότητα.

Δ: Το (γ) γιατί το διάλεξες στην αρχή και μετά το 'σβησες; (Υπήρχε μία μουντζούρα στην πρόταση (γ))

ΜΑ: ...γιατί μπερδεύτηκα με το... δεν εφάρμοσα το ...τέτοιο...

Δ: Το μοντέλο.

ΜΑ: Το μοντέλο.

Δ: ...και είπαμε στη Φυσική δεν απαντάμε με τις σκέψεις και τις αισθήσεις μας. Εντάξει, αυτά καλά είναι για να δίνουμε κάποιες ερμηνείες στην καθημερινή μας ζωή. Πιάνεις τον πάγο και λές πω-πω!.. τι κρύο μου έδωσε ο πάγος. Αλλά αν θέλεις να το ερμηνεύσεις σαν Φυσικός δεν γίνεται αυτό.

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Η ΜΑ κύκλωσε λάθος πρόταση, την (γ).

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Το μοντέλο της θερμότητας το εφάρμοσες;

ΜΒ: Μμμ... ναι.

Δ: Για εφάρμοσε το και εδώ.

ΜΒ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι ο πάγος... μμ... το σύρμα και το χέρι μας.

Δ: Ωραία.

ΜΒ: Ο πάγος έχει 0°C, το σύρμα 20°C και το χέρι μας 37°C. Άρα θα μεταδοθεί θερμότητα από το χέρι μας ... στο σύρμα... και από το σύρμα στον πάγο.

Δ: Μέχρι να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία.

ΜΒ: Ναι.

Δ: Αυτό που έχεις κυκλώσει είναι αυτό που είπες;

ΜΒ: Όχι. Όχι, αλλά...

Δ: Όχι, αλλά;

Δ: Όχι το (α) είναι. (Με σιγουριά στον τόνο φωνής)

Δ: Γιατί κύκλωσες εκείνο; Γιατί αυτό έχεις συνηθίσει μέχρι τώρα.

ΜΒ: Ναι.

Δ: Δεν εφάρμοσες συνειδητά το μοντέλο, που είπαμε να εφαρμόζουμε συνειδητά τα μοντέλα... και να μην απαντούμε... έτσι, με σκέψεις γενικές και το πώς αισθανόμαστε...

ΜΒ: Να το κυκλώσω;

Δ: Όχι, δεν χρειάζεται... ή μάλλον πες μου ποιο είναι;

ΜΒ: Το (α).

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία ΜΑ: 4

Τελική βαθμολογία ΜΒ: 0

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΒ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.**
(Εφάρμοσες το μοντέλο της θερμότητας;)

Σχόλια: Εντύπωση πιθανόν να προκαλεί η λανθασμένη επιλογή της ΜΒ μετά από αρκετές εφαρμογές του μοντέλου της θερμότητας. Την ίδια όμως λανθασμένη επιλογή είχε και ένας μαθητής της πιλοτικής διδασκαλίας. Η συμπεριφορά της ΜΒ μπορεί να εξηγηθεί, αν αναλογιστεί κανείς τον τρόπο που είναι διατυπωμένες οι προτάσεις προς επιλογή του θέματος. Υπάρχει μια ποιοτική διαφορά του θέματος αυτού από το προηγούμενο Ε14, ως προς τον

τρόπο κατασκευής των προτάσεων προς επιλογή. Στο θέμα E14 οι μαθητές έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε «επιστημονικές» κατασκευές, πράγμα που τους οδηγεί να σκεφτούν συνειδητά. Στο παρόν θέμα, οι προτάσεις είναι απλές, κοντά στην καθημερινή γλώσσα, κάτι που αυθόρμητα οδήγησε τη MB στην επιλογή (γ), που αντιστοιχεί περισσότερο στον καθημερινό τρόπο σκέψης της.

Θέμα E16

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Γιατί το χιόνι που καλύπτει τους αγρούς προστατεύει τους νεαρούς βλαστούς από τον κρύο αέρα;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Προφορική απάντηση και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MA: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι το χιόνι, οι νεαροί βλαστοί και ο κρύος αέρας.

Δ: Ναι.

MA: Το χιόνι έχει -10°C ...

Δ: (Ο MA διακόπτεται από τον δάσκαλο) Κατ' αρχήν αυτά τα «κρύος» πως είπαμε θα τα μεταφράζουμε;

MA: Υψηλό... χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Δ: Χαμηλότερης θερμοκρασίας, εντάξει;

MA: Ναι.

Δ: Δεν θα στεκόμαστε εμείς, στο πως το γράφει. Θα πρέπει αμέσως την καθημερινή γλώσσα να την αλλάζουμε. Λοιπόν, εντάξει, λέγε...

MA: Το χιόνι έχει -10°C , οι νεαροί βλαστοί έχουν 10°C και ο κρύος αέρας έχει 5°C

Δ: Αμ πως είναι κρύος; Όταν λέει κρύος, είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας, χαμηλότερης θερμοκρασίας ακόμα κι απ' το χιόνι.

MA: Ααα... -15 ;...τόσο.

Δ: Ναι.

MA: Πολύ το κρύο τώρα. (γέλια)

Δ: Ναι, τέλος πάντων θα μπορούσες να πεις 0° το χιόνι και -10 ο αέρας.

MA: Αυτό βασικά δεν είναι σαν το ιγκλού; Όπως το παράδειγμα του ιγκλού;

Δ: Ναι, εντάξει το ίδιο είναι, πάλι τρία σώματα έχουμε. Λοιπόν, τι γίνεται;

MA: Εφόσον οι νεαροί βλαστοί έχουν τη μεγαλύτερη θερμοκρασία, την υψηλότερη θερμοκρασία θα... μεταδοθεί προς το χιόνι το οποίο το καλύπτει, αλλά επειδή το χιόνι είναι μονωτής θα μεταδοθεί με πιο αργούς ρυθμούς. Γι' αυτό προστατεύονται οι νεαροί βλαστοί, δεν φτάνουν πολύ γρήγορα... να πιάσουν τη θερμοκρασία του αέρα... τους -10°C .

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Προφορική απάντηση και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MB: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι το... οι νεαροί βλαστοί, το χιόνι και ο κρύος αέρας. Οι νεαροί βλαστοί έχουν θερμοκρασία 10°C . Το χιόνι 0°C και ο κρύος αέρας -5°C .

Δ: Ναι.

MB: Επομένως θα μεταδοθεί... θα έχουμε μετάδοση ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από τα... από τους νεαρούς βλαστούς προς το χιόνι και από το χιόνι προς τον κρύο αέρα. Οπότε αυτή η μετάδοση θα συνεχίζεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.

Δ: Άρα;...

MB: Άρα...

Δ: Ναι, συνέχισε...

MB: Ο αέρας ο κρύος θα ανεβάσει θερμοκρασία... Άρα θα έχουμε θερμική ισορροπία.

Δ: *Λίγο χρόνο ακόμα να το σκεφθείς. Μέχρι εδώ, ωραία τα είπες.*

MB: *Ναι.*

Μετά από 2-3 λεπτά...

Δ: Το μοντέλο κάτι άλλο έλεγε στο τέλος. Διάβασε και το θέμα, τι ζητάει; Διάβασες το θέμα; Τον ουρανό κοιτάς.

MB: *Ναι.*

Δ: *Τι ζητάει;*

MB: Γιατί το χιόνι που καλύπτει τους αγρούς προστατεύει τους νεαρούς βλαστούς από τον κρύο αέρα.

Δ: Είπες τα σώματα που αλληλεπιδρούν... θα πάει θερμότητα... κ.τ.λ. Τι μας ενδιαφέρει τώρα εμάς; ...στο θέμα μας. Μας ενδιαφέρει... το χιόνι, τι ρόλο παίζει. Έτσι δεν είναι;

MB: *Ναι... Είναι μονωτής. (Μιλάει σιγά)*

Δ: *Ξαναπέστο.*

MB: *Το χιόνι είναι μονωτής και...*

Δ: *Άρα;*

MB: *Άρα δεν αφήνει... τον κρύο αέρα ας πούμε... την θερμό...*

Δ: *Αυτό είναι που είπες προηγουμένως;*

MB: *Ναι.*

Δ: *Τι δεν αφήνει;*

MB: *Τον κρύο αέρα...*

Δ: *Αυτά είπες προηγουμένως;*

MB: Δεν αφήνει τη θερμότητα από τους νεαρούς βλαστούς να... μέσω του χιονιού... να διαδοθεί...

Δ: *(Η MB διακόπτεται από το δάσκαλο, όταν γίνεται αντιληπτό ότι βρήκε την απάντηση)* Το χιόνι είναι μονωτής. Καθυστερεί... πιο αργά διαδίδεται η θερμότητα μέσα από αυτό.

MB: *Ναι.*

Δ: Πάντως, βλέπεις πόσο εύκολα μπορείς από τη μια γλώσσα, από την επιστημονική γλώσσα, να φτάσεις στην καθημερινή γλώσσα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 2

(Δεν ερμηνεύει το «κρύος αέρας» με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζει δυσκολίες στην επίλυση του προβλήματος.)

Τελική βαθμολογία MB: 2

(Αδυναμία ταυτόχρονης εστίασης στα χαρακτηριστικά του θέματος και της αντίστοιχης μοντελοποιημένης γνώσης (του μοντέλου της θερμότητας))

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA: *Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελικός βαθμός 4.*

Χρήση 2 βοηθειών:

- *Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης. (τι λέει το μοντέλο της θερμότητας στο τέλος;)*

MB: *Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελικός βαθμός 4*

Χρήση 1 βοήθειας:

- *Παρότρυνση για ταυτόχρονη εστίαση σε χαρακτηριστικά του θέματος και της αντίστοιχης μοντελοποιημένης γνώσης.*

Σχόλια: Η διαφορά του θέματος αυτού από προηγούμενα, που απαιτούσαν την εφαρμογή του μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας, έγκειται στο ότι τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι τώρα τρία αντί δύο. Αυτό σημαίνει, ότι οι μαθητές έχουν να χειριστούν περισσότερες μεταβλητές, κάτι που τους δημιουργεί κάποια προβλήματα στον ταυτόχρονο έλεγχο τους.

Θέμα Ε17

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Το χειμώνα φοράμε μάλλινα ρούχα για να μην κρυώνουμε.

Εξηγείστε γιατί.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Προφορική απάντηση και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

ΜΑ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα μάλλινα ρούχα, το κρύο... που υπάρχει έξω...

Δ: (Ο ΜΑ διακόπτεται από τον δάσκαλο) Ποιο;

ΜΑ: Το... κρύο (Ο ΜΑ δείχνει να αιφνιδιάζεται από την ερώτηση)

Δ: Ποιο κρύο;

ΜΑ: του...χειμώνα.

Δ: Το κρύο που υπάρχει έξω; Τι είναι το κρύο που υπάρχει έξω;

ΜΑ: Η ατμόσφαιρα. (Διορθωτικός τόνος φωνής)

Δ: Το περιβάλλον.

ΜΑ: Το περιβάλλον.

Δ: Το περιβάλλον χαμηλότερης θερμοκρασίας.

ΜΑ: και... το σώμα μας.

Δ: (Ο ΜΑ διακόπτεται από τον δάσκαλο) Να προσπαθούμε να απαντάμε σαν Φυσικοί δηλ., μην τα γυρνάμε, ε;....

ΜΑ: Το σώμα μας έχει...

Δ: (Ο ΜΑ διακόπτεται πάλι από τον δάσκαλο) Αν το 'γραφες αυτό, θα 'γραφες το κρύο που υπάρχει έξω; Τι θα 'γραφες;

ΜΑ: (Χαμόγελο) Το σώμα μας έχει 37°, τα μάλλινα ρούχα έχουν 20°, το περιβάλλον έχει 10°. Εε... τα μάλλινα ρούχα επειδή όπως είπαμε πιο πριν έχουν μέσα εγκλωβισμένο αέρα που δεν... μετακινείται, και ο αέρας είναι μονωτής...εε... η θερμότητα... θα μεταδοθεί από εμάς προς τα μάλλινα, αλλά επειδή όπως είπαμε ο αέρας είναι μονωτής...

Δ: Το μάλλινο ρούχο γενικά με τον εγκλωβισμένο αέρα.

ΜΑ: Ναι... θα μεταδοθεί θερμότητα προς τα έξω.

Δ: Πως θα μεταδοθεί; Δεν σ' άκουσα, για ξαναπέστο. Απάντησες στην ερώτηση;... Γιατί φοράμε μάλλινα ρούχα;

ΜΑ: Επειδή και το κρύο... Ωχ! πάλι αυτό δεν είναι σωστό... Ε, ναι, κι από τα μάλλινα ρούχα θα μεταδοθεί προς το περιβάλλον.

Δ: Ωραία. Λοιπόν; Απάντησες στην ερώτηση; Δηλ. λέτε το μοντέλο και ξεχνάτε το θέμα. Ή λέτε μόνο το θέμα χωρίς να εφαρμόζετε μοντέλο. Και τα δυό μαζί πρέπει να τα συνδυάζουμε. Πέστα όλα από την αρχή.

ΜΑ: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι το σώμα μας, τα μάλλινα ρούχα και το περιβάλλον. Το σώμα μας έχει 37°, τα μάλλινα ρούχα 20, και το περιβάλλον 10. Λόγω του ότι τα μάλλινα ρούχα περιέχουν...

Δ: (Ο ΜΑ διακόπτεται από τον δάσκαλο) Θα σε διακόψω λιγάκι. Όταν αναφέρεις τέτοια δικά σου παραδείγματα, λέμε... του χρόνου που θα κάνετε μάθημα... μπορείς να λες τη λέξη «έστω». Έστω ότι... το σώμα μας έχει 37°C, δεν χρειάζεται να πούμε έστω. Το μάλλινο ρούχο έστω ότι έχει 20°, και το περιβάλλον έστω ότι έχει... Είναι κάτι που το ορίζω εγώ.

- MA: Εε...
- Δ: Ναι, συνέχισε σε δέκοψα... τον ειρμό της σκέψης
- MA: Τα μάλλινα ρούχα έχουν αέρα...
- Δ: Ακίνητο...
- MA: Ακίνητο. Και επειδή ο αέρας είναι μονωτής η θερμότητα που θα... η θερμότητα θα μεταδοθεί από το σώμα μας προς τα μάλλινα ρούχα και από τα μάλλινα ρούχα προς το περιβάλλον.
- Παύση
- Δ: Το μοντέλο το εφάρμοσες μια χαρά. Ή σχεδόν μια χαρά... Πού; Σε ποιο πράγμα εστιάζει στην ερώτηση;
- MA: Γιατί φοράμε μάλλινα ρούχα.
- Δ: Στο μάλλινο ρούχο, τι κάνει το μάλλινο ρούχο. Το είπες είναι μονωτής, επειδή έχει και τον αέρα. Άρα;
- MA: ...
- Δ: Κάτι σου λείπει από το μοντέλο μάλλον. Κάτι δεν είπες από το μοντέλο...
- MA: ...
- Δ: Πάνε και διάβασε το μοντέλο και θα το βρεις.
- MA: (Δείχνει στο δάσκαλο το επίμαχο σημείο και ο δάσκαλος διαβάζει)
- Δ: Ο χρόνος διάδοσης της θερμότητας θα είναι...
- MA: μεγάλος...
- Δ: ...επειδή είναι κακός αγωγός της θερμότητας, επειδή είναι μονωτής.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Προφορική απάντηση και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

- MB: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι το σώμα μας, τα μάλλινα ρούχα και το περιβάλλον, το κρύο. Το περιβάλλον έχει -10°C , τα μάλλινα ρούχα έχουν 40°C .
- Δ: Ναι.
- MB: Παραπάνω από...
- Δ: Γιατί; Τα βάλαμε κοντά σε καμιά σόμπα;
- MB: (Γέλια) ...έχουν $20... 30^{\circ}\text{C}$ και το σώμα μας 37°C . Εεε... θα μεταδοθεί θερμό... , άρα έτσι θα έχουμε μετάδοση ενέργειας με τη μορφή θερμότητας από το σώμα μας προς τα μάλλινα ρούχα και από τα μάλλινα ρούχα προς το... προς το περιβάλλον. Τα μάλλινα ρούχα όμως είναι μονωτές και έτσι... δεν θα.. η μετάδοση θερμότητας από το σώμα μας προς το κρύο περιβάλλον θα γίνει με πιο αργούς ρυθμούς.
- Δ: Γιατί τα μάλλινα ρούχα είναι μονωτές; Εκτός από το μαλλί, δηλ. την ύλη του μαλλιού τι άλλο ιδιαίτερο έχει το μάλλινο ρούχο; Αυτή η μπλούζα ως πούμε η πλεκτή που έχεις...
- MB: Μμμ...
- Δ: ...τι άλλο έχει;
- MB: Να εγκλωβίζει τον αέρα.
- Δ: Α να μπράβο! Οπότε εκτός από το μάλλινο είναι και ο αέρας.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 2

Δεν αναγνωρίζει όλα τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά: «Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα μάλλινα ρούχα, το κρύο... που είναι έξω». Δεν θυμάται μέρος του μοντέλου θερμότητας: «Ο χρόνος διάδοσης της θερμότητας...».

Τελική βαθμολογία MB: 4

Η παρέμβαση του δάσκαλου («Βάλαμε τα ρούχα κοντά σε καμιά σόμπα;») εκτιμάται ότι δεν επηρεάζει καθοριστικά την επίλυση του προβλήματος από την ίδια τη μαθήτριά, απλά βοηθάει στην επίσπευση της επίλυσης του.

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

ΜΑ: Επιτυχές κωουτσάρισμα. **Τελική βαθμολογία 4.**

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Υπαινιγμός για χρήση καθημερινής γλώσσας αντί της επιστημονικής.** (Τι είναι το κρύο που υπάρχει έξω;)
- **Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη** (να διαβάσει μέρος του μοντέλου της θερμότητας που αναφέρεται στο χρόνο διάδοσης της θερμότητας.).

Σχόλια: Το θέμα αυτό είναι ουσιαστικά ίδιο με το προηγούμενο E16. Το κωουτσάρισμα του δάσκαλου στο ΜΑ, σύμφωνα με τον τυπικό ορισμό που του δόθηκε, χαρακτηρίζεται ως επιτυχές. Μια πιο σφαιρική όμως αντιμετώπιση του ρόλου του δάσκαλου ως κώουτς, δεν καταδεικνύει κάτι τέτοιο. Η επίλυση του συγκεκριμένου θέματος έγινε στο τέλος της συνεδρίας και η κούραση του ΜΑ ήταν φανερή. Αντί λοιπόν ο δάσκαλος να εστιάζει στα βασικά σημεία του θέματος για την γρήγορη επίλυση του, «βομβάρδιζε» το μαθητή με καινούργιες επουσιώδεις πληροφορίες («καλύτερα να λες τη λέξη 'έστω'»). Ενώ λοιπόν ο μαθητής αδυνατούσε να εστιάσει την προσοχή του σε όλες τις μεταβλητές του προβλήματος, ο δάσκαλος με τη συμπεριφορά του καθιστούσε την επίλυση ακόμη δυσκολότερη.

Θέμα E18

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.74 από το σχολικό βιβλίο)

Σχηματίστε προτάσεις χρησιμοποιώντας της έννοιες:

ρεύματα μεταφοράς αέρα και

ρεύματα μεταφοράς νερού.

Απάντηση Μαθητή Α (ΜΑ)

Γραπτή απάντηση ΜΑ:

Καθώς το νερό θερμαίνεται, διαστέλλεται και η πυκνότητα του μειώνεται. Έτσι με ρεύματα μεταφοράς η ύλη υψηλότερης θερμοκρασίας υψώνεται και η ύλη χαμηλότερης θερμοκρασίας πέφτει.

Οι πιλότοι των ανεμοπτέρων για να βρουν ρεύματα μεταφοράς αέρα για να τα κρατάνε ψηλά, πετάνε πάνω από οργωμένα χωράφια και δίπλα από βουνά και λόφους.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Εκεί που έγραψες τη λέξη «ύλη», έψαχνες μάλλον τη λέξη «μάζα», ε; (Υπήρχε μια μουντζουρωμένη λέξη στο κείμενο του μαθητή και στη θέση της ήταν γραμμένη η λέξη «ύλη»)

ΜΑ: Ναι.

Απάντηση Μαθήτριάς Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

Οι πιλότοι των ανεμόπτερων πετούν σε περιοχές με θερμά ρεύματα μεταφοράς αέρα.

Η λειτουργία των καλοριφέρ βασίζεται στα ρεύματα μεταφοράς νερού.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 4

Σχόλια: Η MB επιλέγει δύο εφαρμογές για να χρησιμοποιήσει τις λέξεις του προβλήματος. Ο MA επιλέγει μία εφαρμογή και την περιγραφή ουσιαστικά του μοντέλου θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς.

Θέμα E19

Ποια είναι η βασική διαφορά του μηχανισμού της διάδοσης της θερμότητας με αγωγή και με ρεύματα μεταφοράς;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Με την αγωγή τα μόρια των σωμάτων μένουν ακίνητα ενώ με τη μεταφορά τα μόρια κινούνται.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Ναι, με τη μόνη διαφορά, ότι στην αγωγή δεν μένουν ακίνητα, κινούνται, κινούνται πέρα-δώθε. Δεν έχουμε δηλ. μετακίνηση ύλης... να πάνε δηλ. από τη μια περιοχή στην άλλη...

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Η βασική διαφορά είναι ότι στο μηχανισμό της διάδοσης της θερμότητας με αγωγή δεν έχουμε μεταφορά ύλης ενώ στο μηχανισμό με ρεύματα μεταφοράς έχουμε.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Γράφει ότι στην αγωγή τα μόρια μένουν ακίνητα αντί «αμετακίνητα» και στη μεταφορά κινούνται αντί «μετακινούνται».)

Τελική βαθμολογία MB: 4

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MA: Ανεπιτυχές κωουτσάρισμα. (Ο Δάσκαλος δεν διευκρινίζει τι εννοεί ο μαθητής, όταν χρησιμοποιεί τις λέξεις «ακίνητα» και «κινούνται», (πιθανόν εννοεί αμετακίνητα και μετακινούνται) και δεν τον καθοδηγεί στην ορθή επιλογή των λέξεων.

Σχόλια: Το θέμα αυτό αποτελεί ένα ακόμη θεωρητικό πρόβλημα. Οι μαθητές δηλ. με τη χρήση μοντελοποιημένης γνώσης καλούνται να βγάλουν θεωρητικά συμπεράσματα. Ενώ η MB επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, δεν γίνεται δυστυχώς σαφής ο τρόπος σκέψης του MA.

Θέμα E20

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ.77 από το σχολικό βιβλίο)

Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι δυνατό να μένει σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. Πώς είναι δυνατό να συμβαίνει αυτό; Να αναπτύξετε ένα σχετικό παράδειγμα.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι δυνατό να μένει σταθερή ακόμα και όταν ακτινοβολεί γιατί θα έχει την ίδια θερμοκρασία με το περιβάλλον οπότε όση ακτινοβολία εκπέμπει τόση θα απορροφά.

Για παράδειγμα ένας χυμός έχει την ίδια θερμοκρασία με το περιβάλλον. Οπότε καθώς θα ακτινοβολεί ο χυμός ταυτόχρονα τόσο θα απορροφά.

Διευκρινήσεις:

Δ: Μπροστά το χυμό είχαμε, το χυμό είπαμε. (γέλια)

MA: Αυτό μου ήρθε, αυτό είχα μπροστά μου. (Ο χυμός ήταν εκτός ψυγείου όταν προσφέρθηκε, δηλ. σε θερμοκρασία περιβάλλοντος)

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Αυτό είναι δυνατό να συμβαίνει, επειδή όσο το σώμα ακτινοβολεί προς το περιβάλλον τόσο απορροφά θερμότητα από αυτό. Αυτό συμβαίνει και με ένα μολύβι. Έστω ότι το περιβάλλον ενός δωματίου έχει θερμοκρασία 20°C και το μολύβι έστω ότι έχει 20°C . Όσο το μολύβι θα εκπέμπει ακτινοβολία τόση θα δέχεται από το περιβάλλον.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

MB: (Πριν η MB αρχίσει να γράφει) Τι εννοεί παράδειγμα;

Δ: Να αναφέρεις ένα σώμα στο οποίο συμβαίνει αυτό. Αυτό σε δυσκόλεψε τόση ώρα;

MB: Στο παράδειγμα να πούμε και πόσο θερμοκρασία θα έχει το...;

Δ: ...το σώμα

MB: και το...

Δ: Αν θέλεις να αναφέρεις δεν είναι λάθος. Πες «έστω». Όταν θες να αναφέρεις παράδειγμα για κάτι στη Φυσική... χρησιμοποιούμε τη λέξη «έστω». Έστω ότι το τάδε σώμα έχει θερμοκρασία τόσο. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσε να έχει... Εγώ λέω ότι αυτήν τη στιγμή έχει τόσο.

Αφού έχει απαντήσει η MB:

Δ: Είπες ότι όσο ακτινοβολεί τόσο θα απορροφά «θερμότητα». (Τονίζεται η λέξη θερμότητα) Είπαμε θερμότητα να ονομάζουμε... όταν αλλάζει η θερμοκρασία ενός σώματος, για να ταιριάζει με το μοντέλο της θερμότητας. Το γεγονός ότι ένα σώμα, αυτό το σώμα, (Ο Δάσκαλος δείχνει το μολύβι) ότι όσο ακτινοβολεί τόσο δέχεται δεν ταιριάζει με το μοντέλο της θερμότητας μας. Θερμότητα τι λέγαμε; Πρέπει να υπάρχει ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας και ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας για να έχουμε... Επομένως θερμότητα δεν έπρεπε να γράψεις. Να έγραφες «ακτινοβολία» ή «ενέργεια» Δηλ. τη θερμότητα να την αναφέρουμε όταν

αλλάζει η θερμοκρασία του σώματος, όταν παραμένει σταθερή, να μην την αναφέρουμε.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 2 (Χρησιμοποιεί την έννοια της θερμότητας, για σώμα σταθερής θερμοκρασίας, κάτι που δεν είναι συμβατό ούτε με το μοντέλο της θερμότητας, ούτε με τη μοντελοποιημένη γνώση για την ακτινοβολία. Στο παράδειγμα που αναπτύσσει παρόλα αυτά σωστά δεν χρησιμοποιεί την έννοια της θερμότητας.)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 1 βοήθειας:

- **Ανάκληση μοντελοποιημένης γνώσης από το δάσκαλο.** (Είπαμε θερμότητα να ονομάζουμε όταν αλλάζει η θερμοκρασία...)

Σχόλια: Η δυσκολία της MB να κατανοήσει τι σημαίνει παράδειγμα, δείχνει πόσο «ξένη» με την καθημερινή τους ζωή θεωρούν συχνά οι μαθητές την Επιστήμη. (Για ποιο λόγο άραγε ένας μαθητής θα πρέπει να αναρωτηθεί αν ένα μολύβι σταθερής θερμοκρασίας, όση ακτινοβολία εκπέμπει, τόσο δέχεται;)

Θέμα E21

(Ερώτηση – Άσκηση 6, σ.77 από το σχολικό βιβλίο-τροποποιημένη)

Επάνω σε μια ηλεκτρική εστία θέρμανσης βράζει (μέρος δηλ. του νερού μετατρέπεται σε υδρατμούς) μια κατσαρόλα με νερό. Να αναγνωρίσετε τους βασικούς μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας:

- α) από την εστία προς τον πυθμένα και τα τοιχώματα της κατσαρόλας.
- β) από τον πυθμένα της κατσαρόλας προς την επιφάνεια του νερού.
- γ) από την επιφάνεια του νερού προς τον αέρα του δωματίου.
- δ) από τα θερμά τοιχώματα της κατσαρόλας προς αντικείμενα του περιβάλλοντος.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

- (α) Αγωγή
- (β) Μεταφορά
- (γ) Μεταφορά
- (δ) Ακτινοβολία

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

Δ: Για πες έβαλες το πρώτο αγωγή, γιατί;

MA: Γιατί είναι στερεά.

Δ: Γιατί είναι στερεά και είναι σε επαφή. Το δεύτερο το έχεις βάλει μεταφορά, γιατί;

MA: Γιατί;... εε...μεταφορά θερμότητας, γιατί είναι πιο ζεστό και το περιβάλλον είναι πιο κρύο...χαμηλότερης θερμοκρασίας, οπότε γίνεται μεταφορά θερμό...

Δ: Πώς γίνεται με μεταφορά, πώς;

MA: ...

- Δ: Το υψηλότερης, χαμηλότερης θερμοκρασίας ισχύει για όλους τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας. Δηλ. και στην ακτινοβολία που είχαμε ένα πρόβλημα, τα σώματα που εκπέμπουν και απορροφούν όταν έχουν σταθερή θερμοκρασία, προσπαθήσαμε να το κάνουμε να ταιριάζει με το μοντέλο της θερμότητας που ξέρουμε. Το μακροσκοπικό μοντέλο ισχύει για όλα. Ότι ψάχνουμε δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας και θερμότητα πάει απ' το ένα στο άλλο. Δεν είναι δηλ. ορισμός για τη μεταφορά που προσπαθείς να μου δώσεις. Εσύ πως το σκέφτηκες και έβαλες μεταφορά;
- ΜΑ: Από την επιφάνεια του νερού που είναι υψηλότερης θερμοκρασίας...
- Δ: ...μεταφέρεται τι; Το νερό; Προς τα πάνω;
- ΜΑ: Η θερμοκρασία του νερού... υπό μορφή... υδρατμούς (χαμηλόφωνα)
- Δ: Όταν λέμε θερμότητα με ρεύματα μεταφοράς τι λέμε; η θερμοκρασία μεταφέρεται;
- ΜΑ: Όχι, η θερμότητα.
- Δ: Κατ' αρχήν το 'χεις πει αυτό και πιο μπροστά. Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι η θερμοκρασία και το ...τέτοιο. Να προσέχεις λιγάκι, στην... όταν... μιλάς Φυσική. Πρόσεξες εδώ που λέει ότι το νερό βράζει;
- ΜΑ: Ναι.
- Δ: Τι σημαίνει ότι βράζει; Ότι κάποιο μέρος γίνονται υδρατμοί. Άρα θα ανεβαίνουν πάνω. Είναι μεν σωστό μεταφορά, αλλά η αιτιολόγηση σου είναι λιγάκι περίεργη... Αν δεν υπήρχαν οι υδρατμοί, ο βασικός τρόπος θα ήταν η ακτινοβολία μετά... αν δεν γινόταν υδρατμοί το νερό... γιατί και ο αέρας είναι μονωτής και έτσι και με αγωγή θα ήταν μικρό το... Και το (4): για ποιο λόγο έβαλες ακτινοβολία;
- ΜΑ: Γιατί δεν μπορούν να το κάνουν με ...μεταφορά, γιατί δεν αλληλεπιδρούν τα δύο σώματα.
- Δ: Ναι. Δεν αλληλεπιδρούν. Αλληλεπιδρούν. Θερμικά αλληλεπιδρούν για θερμική αλληλεπίδραση μιλάμε ανάμεσα στα σώματα.
- ΜΑ: Γιατί...
- Δ: Να τα πάρουμε ένα-ένα. Αγωγή μπορεί να είναι;
- ΜΑ: Όχι.
Με τα άλλα αντικείμενα δεν είναι σε επαφή κι ούτε αγωγή μπορεί να γίνει μέσω του αέρα, γιατί και ο αέρας είναι μονωτής. Με μεταφορά μπορεί να γίνει;
- ΜΑ: Όχι.
- Δ: Όχι, γιατί η μεταφορά είναι από κάτω προς τα πάνω και αφορά τα υγρά και αέρια. Δεν αφορά στερεά.
- ΜΑ: Και γιατί ακτινοβολεί... θερμότητα.
- Δ: Ναι, κάθε αντικείμενο εκπέμπει και... Ναι, εφόσον έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία θα εκπέμπει...

Απάντηση Μαθήτριας Β (ΜΒ)

Γραπτή απάντηση ΜΒ:

- (α) Αγωγή
- (β) Αγωγή
- (γ) Μεταφορά (ρεύματα μεταφοράς)
- (δ) Ακτινοβολία

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

- Δ: Μπορείς να μου πεις γιατί διάλεξες το (α); Όχι, ότι είναι λάθος, απλώς θέλω να δω τον τρόπο που σκέφτηκες.
- ΜΒ: Γιατί... θερμότητα από την εστία μεταφέρεται προς τον πυθμένα...
- Δ: Αυτό γίνεται σε όλους τους τρόπους μετάδοσης της θερμότητας. Έχουμε μεταφορά από σώμα ή περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς σώμα ή περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας. Αυτό είναι γενικά. Και για τους τρεις

- τρόπους ισχύει. Ο τρόπος είναι διαφορετικός. Τι χαρακτηριστικό έχουν η εστία και ο πυθμένας.
- MB: Είναι δίπλα-δίπλα.
- Δ: Ακουμπάνε, είναι σε επαφή και είναι και στερεά.
- MB: Ναι.
- Δ: Οπότε σωστά το 'γραψες... Το (β) τώρα. Από τον πυθμένα της κατσαρόλας προς την επιφάνεια. Από κάτω-κάτω το νερό δηλ. μέχρι πάνω. Έχεις βάλει αγωγή.
- MB: Επειδή...
- Δ: Από κάτω δηλ. το νερό μέχρι πάνω το νερό ζεσταίνεται με αγωγή;
- MB: ...
- Δ: Τι είναι το νερό; θερμικός αγωγός ή μονωτής;
- MB: Μονωτής.
- Δ: Άρα;
- MB: ...
- Δ: Μπορεί να ζεσταθεί από κάτω μέχρι πάνω με αγωγή;
- MB: Εε... Όπως συμβαίνει ας πούμε και με ένα κομμάτι σύρμα. Αν θερμάνουμε τη μία..
- Δ: Το νερό όμως είναι μονωτής.
- MB: Ναι.
- Δ: Θυμάσαι το παράδειγμα που το νερό έβραζε από πάνω και κάτω υπήρχαν τα παγάκια;
- MB: Μεταφορά... πρέπει να είναι.
- Δ: Μεταφορά επομένως έπρεπε να πεις.
Το (γ). Από την επιφάνεια του νερού προς τον αέρα του δωματίου. Πώς το σκέφτηκες αυτό;
- MB: Το νερό αφού λέει ένα μέρος εξατμίζεται...
- Δ: Όχι εξατμίζεται.
- MB: Βράζει, δηλ. γίνεται... μετατρέπεται σε υδρατμούς.
- Δ: Ωραία. Και το (δ).
- MB: Επειδή τα αντικείμενα με την κατσαρόλα δεν βρίσκονται σε επαφή και..
- Δ: Ναι, ωραία.
- MB: Να διορθώσω το δεύτερο;
- Δ: Όχι, δεν θα πάρεις... κανένα βαθμό. Από αυτήν την εργασία μόνο εγώ θα πάρω βαθμό... (Γέλια)

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 3 (Στο (β) επιλέγει «αγωγή», αντί του ορθού «μεταφορά».)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MB: Επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 4.

Χρήση 2 βοηθειών:

- Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης. (Τι είναι το νερό, αγωγός ή μονωτής;)
- Παρότρυνση για μεταφορά γνώσης από εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης σε άλλα προβλήματα. (Θυμάσαι το παράδειγμα που το νερό έβραζε από πάνω και κάτω υπήρχαν τα παγάκια;)

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές ακόμη και χωρίς συνειδητό τρόπο σκέψης, φαίνεται ότι σε γενικές γραμμές μπορούν να διακρίνουν τους μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας.

Θέμα E22

(Απόσπασμα από το φύλλο έργου του πειράματος 6.1B της «Ναυσικάς»)³⁷

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τα τρία αυτά **διαφορετικού μεγέθους** δοχεία(επομένως και διαφορετικής **εξωτερικής επιφάνειας**), που περιέχουν την **ίδια ποσότητα κρύου νερού**, στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 5 °C να θερμανθούν (ζεσταθούν) ελεύθερα στο περιβάλλον (60 °C), πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι τρεις ίδιες ποσότητες κρύου νερού στα τρία δοχεία θα ζεσταθούν :

ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο

- Αν πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα τρία δοχεία, θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

και σε ποιο αργότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

Γιατί;

.....
.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

(Ο MA επιλέγει τις ορθές προβλέψεις: «σε διαφορετικό χρόνο», «των 650ml» και «των 100 ml» αντίστοιχα με το φύλλο εργασίας).

Γραπτή εξήγηση: Τα 2 σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα δοχεία και το περιβάλλον. Το περιβάλλον έχει 40°C, ενώ το δοχείο 5°C, οπότε μεταφορά θα γίνει από το περιβάλλον προς το δοχείο και όποιο έχει τη μεγαλύτερη επιφάνεια θα ζεσταθεί πιο γρήγορα.

Διευκρινήσεις:

MA: Είναι με ακτινοβολία.

Δ: Ναι.

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

(Η MB επιλέγει τις ορθές προβλέψεις: «σε διαφορετικό χρόνο», «των 650ml» και «των 100 ml» αντίστοιχα με το φύλλο εργασίας).

Γραπτή εξήγηση: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι το περιβάλλον και τα δοχεία. Το περιβάλλον έχει 40°C, ενώ το δοχείο 5°C. Άρα θα έχουμε μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον προς τα δοχεία. Ωστόσο θα ζεσταθεί πρώτο το δοχείο με τη μεγαλύτερη επιφάνεια, επειδή όσο μεγαλύτερη επιφάνεια τόσο περισσότερη ακτινοβολία απορροφά από το περιβάλλον.

³⁷ Για όλο το φύλλο αξιολόγησης βλ. Παράρτημα Δ

Διευκρινήσεις:

Δ: *Ναι. Όσο περισσότερη ακτινοβολία τόσο περισσότερη θερμότητα με τη μορφή ακτινοβολίας, εντάξει;*

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 4

Σχόλια: *Και οι δύο μαθητές ολοκληρώνουν με επιτυχία και τις υπόλοιπες δραστηριότητες του φύλλου εργασίας.*

Θέμα E23

(Απόσπασμα από το φύλλο έργου του πειράματος 6.2.B της «Ναυσικάς»)³⁸



Αν αφήσεις τις δυο ίσες αυτές ποσότητες νερού, που βρίσκονται στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 85 °C και περιέχονται σε ίδιου μεγέθους αλλά διαφορετικού χρώματος δοχεία, να ψυχθούν (κρυώσουν) ελεύθερα στο περιβάλλον (-10 °C), πιστεύεις ότι θα κρυώσουν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι δυο ίδιες ποσότητες νερού θα κρυώσουν :
ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο
- Αν πιστεύεις ότι θα κρυώσουν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα δυο δοχεία, το νερό θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;
στο άσπρο στο μαύρο

Γιατί;

.....

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

(Ο MA επιλέγει τις ορθές προβλέψεις: «σε διαφορετικό χρόνο» και «στο μαύρο» αντίστοιχα με το φύλλο εργασίας).

Γραπτή εξήγηση: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι το περιβάλλον και τα δοχεία. Το περιβάλλον έχει θερμοκρασία -10°C, ενώ το δοχείο 85°C. Θα μεταδοθεί θερμότητα από το περιβάλλον προς το δοχείο. Οπότε επειδή το μαύρο εκπέμπει ή απορροφά θερμότητα γρηγορότερα από το άσπρο, τότε το μαύρο θα ψυχθεί γρηγορότερα.

Διευκρινήσεις:

Δ: *Το σώμα μας τι κάνει εκπέμπει ή απορροφά, το μαύρο; γιατί έγραψες εκπέμπει ή απορροφά*

MA: *Απο...εε.. εκπέμπει (διορθωτικός τόνος φωνής στο «εκπέμπει»).*

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

(Η MBA επιλέγει τις ορθές προβλέψεις: «σε διαφορετικό χρόνο και «στο μαύρο» αντίστοιχα με το φύλλο εργασίας).

³⁸ Για όλο το φύλλο αξιολόγησης βλ. Παράρτημα Δ.

Γραπτή εξήγηση: Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι το περιβάλλον και τα δοχεία. Το περιβάλλον έχει -10°C , και τα δοχεία 85°C . Επειδή όμως τα δοχεία είναι μικρά σε σχέση με (το δωμάτιο) το περιβάλλον θα έχουμε ροή «ψυχρότητας» από το περιβάλλον στα δοχεία. Πρώτο θα ψυχθεί στο μαύρο δοχείο, επειδή το μαύρο δοχείο απορροφά σε μεγαλύτερο βαθμό την ακτινοβολία από το άσπρο.

Διευκρινήσεις και κωουτσάρισμα από το δάσκαλο:

- Δ: *ΜΒ τι είναι αυτά που γράφεις; Ποιο μοντέλο εφαρμόζεις;*
ΜΒ: *Εεεε, αυτό δεν μπορούσα να το καταλάβω από εδώ, τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα δοχεία και το περιβάλλον.*
- Δ: *Ωραία.*
ΜΒ: *Το περιβάλλον έχει -10*
Δ: *Ναι.*
ΜΒ: *Το περιβάλλον έχει -10°C και τα δοχεία 85°C .*
Δ: *Ναι. Άρα θα έχουμε....*
ΜΒ: *Εε... ροή θερμότητας από τα... κανονικά, από τα δοχεία προς το περιβάλλον.*
Δ: *Ναι. Ενέργεια δηλαδή με μορφή ακτινοβολίας.*
ΜΒ: *Ναι.*
Δ: *... και η μεταφορά θερμότητας θα διαρκέσει μέχρι να αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.*
ΜΒ: *Ναι αλλά...*
Δ: *Στην συνέχεια τι λες; Τι λέμε για μοντέλο της ακτινοβολίας; Τι εξετάζουμε;*
ΜΒ: *...*
Δ: *Ποιο δηλαδή θα εκπέμπει ή απορροφά περισσότερο το άσπρο ή το μαύρο;*
ΜΒ: *Το μαύρο.*
Δ: *Το μαύρο εκπέμπει ή απορροφά περισσότερο.*
ΜΒ: *Ναι.*
Δ: *Επομένως στην περίπτωση μας τι θα κάνει;*
ΜΒ: *Θα αυξηθεί...*
Δ: *Θα εκπέμπει περισσότερο ακτινοβολία.*
ΜΒ: *Ναι.*
Δ: *Πιο γρήγορα, άρα...*
ΜΒ: *...*
Δ: *Το μαύρο θα ψυχθεί πιο γρήγορα.*
ΜΒ: *Ναι.*
Δ: *αυτό που έγραψες για περιβάλλον μεγάλο χώρο και τέτοια...*
ΜΒ: *Επειδή... Όμως... δε... Από το... Επειδή τα δοχεία...*
Δ: *Δηλαδή έχεις και κάτι ας πούμε που... Ροή ψυχρότητας*
ΜΒ: *Εεεε επειδή ας πούμε...*
Δ: *Πότε αναφέραμε εμείς την λέξη ψυχρότητα;*
ΜΒ: *Εεεε γι' αυτό την έβαλα μέσα σε ... αυτό σε εισαγωγικά για να... γιατί νόμιζα ότι επειδή τα δοχεία είναι μικρά σε σχέση με το αυτό...*
Δ: *Μέσα σε εισαγωγικά θα βάζεις όταν γράφεις για λογοτεχνικό κείμενο. Τι εισαγωγικά; Δεν υπάρχουν εισαγωγικά στην Φυσική. Δεν υπάρχει η λέξη ψυχρότητα στην Φυσική.*
Δεν έχω καταλάβει και τι ακριβώς γράφεις...
ΜΒ: *Εεε δεν μπόρεσα να το εξηγήσω, ενώ κατάλαβα ότι θα...*
Δ: *Ξέρεις ποιο είναι το λάθος σου; Λες ότι το μαύρο απορροφά.*
ΜΒ: *Ναι.*
Δ: *Λοιπόν, εσύ είσαι συνηθισμένη να ξέρεις ότι το μαύρο απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία, είσαι συνηθισμένη στην λέξη απορροφάει δεν είσαι συνηθισμένη στο ότι το μαύρο μπορεί και να εκπέμπει περισσότερο την ακτινοβολία. Το μαύρο όχι μόνο απορροφάει εκπέμπει και ακτινοβολία στην περίπτωση μας...*
ΜΒ: *...εκπέμπει*

Δ: εκπέμπει ακτινοβολία, εκείνο είναι που σε έχει μπερδέψει. Γι' αυτό έψαχνες για λέξεις όπως ψυχρότητα και τέτοια. Γιατί απορροφάει τι θα μπορούσε να απορροφάει; Το λάθος σου δηλαδή προήρθε από την από εδώ.. από το απορροφάει. Είναι δηλαδή αυτό που σας έλεγα: η καθημερινή γλώσσα, στην γλώσσα της Φυσικής. Η καθημερινή γλώσσα έχει σχέση με τις εμπειρίες μας, ότι το μαύρο απορροφάει, λέμε στα καθημερινά ότι το μαύρο εκπέμπει ακτινοβολία; Δεν το λέμε δεν το χρησιμοποιούμε, δεν μας χρειάζεται ίσως... αλλά έτσι γίνεται, το μαύρο όχι μόνο απορροφά ακτινοβολία έντονα, εκπέμπει και έντονα.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 1 (Ενώ προβλέπει σωστά και αρχικά εφαρμόζει σωστά το μοντέλο θερμότητας στην συνέχεια χρησιμοποιώντας αυθαίρετους συλλογισμούς επανέρχεται στην καθημερινή γλώσσα.)

Αξιολόγηση εν δυνάμει αναπτυξιακού επιπέδου

MB: Μερικώς επιτυχές κωουτσάρισμα. Τελική βαθμολογία 3. (κατ' εκτίμηση)

(Ο Δάσκαλος αφήνει μικρά περιθώρια αυτενέργειας στην μαθήτριά, αναλαμβάνοντας μεγάλο μέρος της επίλυσης του προβλήματος.)

Χρήση 2 βοηθειών:

- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.** (Ποιο μοντέλο εφαρμόζεις;)
- **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.** (Στην συνέχεια τι λέμε για μοντέλο της ακτινοβολίας;)

Σχόλια: Και οι δύο μαθητές ολοκληρώνουν με επιτυχία τις υπόλοιπες δραστηριότητες του φύλλου εργασίας.

Γ) Τελικά έργα

(Θέματα T1-T7)

Θέμα T1

Τοποθετούμε το ένα άκρο ενός μεταλλικού κουταλιού στην αναμμένη εστία μιας ηλεκτρικής κουζίνας. Αγγίζουμε το άλλο άκρο και μετά από λίγο χρόνο το αισθανόμαστε θερμό. Να εξηγήσετε (σε επίπεδο μικρόκοσμου) τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας ανάμεσα στην εστία και στο χέρι μας. Στην εξήγησή σας αγνοείτε την ύπαρξη του αέρα και γενικά όλου του υπόλοιπου περιβάλλοντος.

Απάντηση Μαθητή Α (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι η εστία, το μεταλλικό κουτάλι και το χέρι μας. Η εστία έχει 50°C, το σίδερο 20 και το χέρι μας 37. Οπότε θα ζεσταθεί η άκρη του κουταλιού. Η μεταφορά θα γίνει με αγωγή μέσω συγκρούσεων των μορίων ώσπου να είναι όλο το σίδερο στην ίδια θερμοκρασία.

Διευκρινήσεις:

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Τα σώματα που αλληλεπιδρούν θερμικά είναι η αναμμένη εστία, το κουτάλι και το χέρι μας. Τα μόρια της εστίας έχουν χ τόνους κινητική ενέργεια, τα μόρια του κουταλιού ψ τόνους κινητική ενέργεια και το χέρι μου ω τόνους κινητική ενέργεια (χ μεγαλύτερο ψ μεγαλύτερο ω). Οπότε θα έχουμε ροή κινητικής ενέργειας μέσω συγκρούσεων από τα μόρια της εστίας προς τα μόρια του κουταλιού και απ' αυτά στα μόρια (κύτταρα) του χεριού μου. Αυτό θα συμβαίνει μέχρι τα μόρια της εστίας, τα μόρια του κουταλιού και τα μόρια του χεριού μου να έχουν περίπου τα ίδια ποσά τόνων κινητικής ενέργειας. Ο χρόνος που θα χρειασθεί για να γίνει αυτό θα είναι μικρός αφού το μέταλλο από το οποίο είναι φτιαγμένο το κουτάλι και γενικά όλα τα μεταλλεύματα είναι καλοί αγωγοί.

Διευκρινήσεις:

Δ: Οι χ τόνους κινητικής ενέργειας που λες τι είναι;

MB: Έτσι δεν λέγαμε; Μονάδες...

Δ: Όταν λες ότι τα μόρια της εστίας έχουν χ κινητική ενέργεια, εννοείς όλα μαζί ή το κάθε ένα;

MB: Αφού δεν γράφω όλα μαζί... το κάθε ένα... η θερμοκρασία.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Ο μαθητής αναφέρεται μόνο στον τρόπο διάδοσης της θερμότητας σε επίπεδο μικροκόσμου (συγκρούσεις μορίων). Συγχέει τις δύο γλώσσες μικρόκοσμου και μακρόκοσμου.)

Τελική βαθμολογία MB: 3 (Η μαθήτρια χρησιμοποιεί λάθος «μονάδες» ενέργειας και χρησιμοποιεί τον όρο «μετάλλευμα» αντί του «μέταλλο».)

Θέμα T2

Σκέψεις στο σπίτι....

Αυτό που ακούω είναι σίγουρα το αυτοκίνητο του πατέρα. **Τι φρενάρισμα...θα πήρε φωτιά η άσφαλτος!** Ας βάλω όμως **στην πρίζα την τοστιέρα** να φτιάξω ένα τοστ και **στην άλλη πρίζα τον αποχυμωτή να στύψω** δύο πορτοκάλια. **Ας ανάψω και το φως** γιατί σκοτείνιασε.... Α να, ακούγεται και **το ανσασέρ που ανεβαίνει**, θα έρχεται ο πατέρας... Κρύο...ευτυχώς μόλις **άναψε το καλοριφέρ** της πολυκατοικίας...

Στην παραπάνω καθημερινή ιστορία συμβαίνουν διάφορες ενεργειακές μετατροπές. Μια απ'αυτές, για παράδειγμα, είναι η εξής:
"Το ανσασέρ που ανεβαίνει" : Ηλεκτρική -----> Κινητική
Να καταγραφούν, με τον ίδιο τρόπο, και οι υπόλοιπες.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

- α) Κινητική -----> Θερμική
- β) Ηλεκτρική -----> Θερμική
- γ) Ηλεκτρική -----> Κινητική
- δ) Ηλεκτρική -----> Φωτεινή
- ε) Χημική -----> Θερμική

Διευκρινήσεις:

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

- α) Κινητική -----> Θερμική
- β) Ηλεκτρική -----> Θερμική
- γ) Ηλεκτρική -----> Δυναμική
- δ) Ηλεκτρική -----> Φωτεινή-Θερμική
- ε) Ηλεκτρική -----> Θερμική

Διευκρινήσεις:

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

- 1^η πρόταση: 4
- 2^η πρόταση: 4
- 3^η πρόταση: 4
- 4^η πρόταση: 4
- 5^η πρόταση: 4
- Μέσος όρος: 4

Τελική βαθμολογία MB: 3

- 1^η πρόταση: 4
- 2^η πρόταση: 2
- 3^η πρόταση: 2
- 4^η πρόταση: 4
- 5^η πρόταση: 2
- Μέσος όρος: 3

Θέμα T3

α. Μια μέρα που αποφάσισες να πάρεις το ποδήλατο από την αποθήκη του σπιτιού σου διαπιστώνεις ότι τα χερούλια και τη σέλα του, όταν τα αγγίζεις τα αισθάνεσαι λιγότερο ψυχρά από το γυμνό (μεταλλικό) μέρος του ποδηλάτου. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

β. Αν άγγιζες για αρκετό χρόνο με το ένα χέρι κάποιο κομμάτι από το μεταλλικό μέρος του ποδηλάτου και με το άλλο κάποιο πλαστικό κομμάτι του, θα είχες την ίδια αίσθηση (θερμού-ψυχρού) ή διαφορετική στα δύο σου χέρια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

α) Τα σώματα που αλληλεπιδρούν είναι τα χέρια μας (Α), το μεταλλικό μέρος (Β) και το πλαστικό μέρος (Γ) Το (Α) έχει 37 το Β 20 και το Γ 20. Οπότε θα γίνει διάδοση θερμότητας από το χέρι μας προς το μέταλλο. Ο χρόνος διάδοσης στο μέταλλο θα είναι γρηγορότερος γιατί είναι καλός αγωγός ενώ το πλαστικό είναι μονωτής και θα γίνει πιο αργά η διάδοση της θερμότητας.

β) Θα έχω την ίδια αίσθηση γιατί τα δύο σώματα εφόσον έχουν μικρότερη θερμοκρασία από το σώμα μου θα μεταδοθεί θερμότητα ώσπου να υπάρξει θερμική ισορροπία.

Διευκρινήσεις:

Δ: Δεν έχεις γράψει για το πλαστικό. Διάδοση θερμότητας πιστεύεις ότι γίνεται μόνο όταν αγγίζουμε το μεταλλικό μέρος;

MA: Δεν το έγραψα;... Γίνεται, πιο αργά όμως.

Απάντηση Μαθήτριας Β (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

α) Αυτό συμβαίνει επειδή το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα τα χερούλια και η σέλα μπορεί να διατηρείται θερμό περισσότερο απ' το μεταλλικό μέρος του ποδηλάτου.

β) Θα είχα την ίδια αίσθηση επειδή θα είχε επέλθει θερμική ισορροπία ανάμεσα στα χέρια μου και στα αντικείμενα που θα άγγιζα.

Διευκρινήσεις:

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 2 (Η μαθήτρια εφαρμόζει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας μόνο στο (β) ερώτημα και με επιτυχία.)

Θέμα T4

Κατοικείς σε μια πολυκατοικία με οροφδιαμερίσματα, όπου όλοι χρησιμοποιούν ατομικές θερμάνσεις (π.χ. θερμάστρες πετρελαίου). Μια χειμωνιάτικη μέρα νοιώθεις το σπίτι σου λιγότερο ζεστό από τις άλλες μέρες, παρόλο που η θερμάστρα έχει κάψει τις ίδιες ώρες ως συνήθως και ο καιρός δεν έχει αλλάξει. Ρωτώντας αργότερα διαπιστώνεις ότι ένας συγκατοικος στην πολυκατοικία έχει φύγει ταξίδι. Δεν θυμάσαι σίγουρα σε ποιο διαμέρισμα μένει, στον επάνω ή στον κάτω όροφο από το δικό σου διαμέρισμα από το δικό σου σπίτι. Μπορείς να πεις ποιος είναι ο πιθανότερος όροφος; Γιατί σκέφτηκες έτσι;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Ο πιθανότερος όροφος είναι ο πάνω γιατί ο χαμηλότερης θερμοκρασίας αέρας μπορεί να πέσει πιο γρήγορα από τον υψηλότερης θερμοκρασίας αέρα.

Διευκρινήσεις:

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Ο όροφος που μένει ο συγκάτοικος νομίζω πως είναι ο από κάτω. Σκέφτηκα έτσι επειδή αν το περιβάλλον ενός δωματίου είναι ζεστό τότε ο αέρας που βρίσκεται σ' αυτό θα έχει ανοδικές τάσεις και αφού τώρα το περιβάλλον του είναι κρύο- επειδή η θερμάστρα δεν καίει- ο αέρας δεν ανεβαίνει προς τα πάνω για να ζεστάνει το δικό μου διαμέρισμα.

Διευκρινήσεις:

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 1 (Ο MA αναγνωρίζει τον κύριο μηχανισμό της θερμότητας και τον κατανοεί ως ένα βαθμό. Δεν λαμβάνει όμως υπόψη όλα τα συστήματα που αλληλεπιδρούν θερμικά και κάνει τον αυθαίρετο συλλογισμό ότι ο ψυχρός αέρας κατεβαίνει πιο γρήγορα απ' ότι ανεβαίνει ο θερμός.)

Τελική βαθμολογία MB: 4

Θέμα T5

Επιστρέφεις ένα χειμωνιάτικο πρωινό στο σπίτι σου από ταξίδι, και διαπιστώνεις ότι το σπίτι είναι πολύ κρύο. Φτιάχνεις τσάι για να ζεσταθείς. Πριν χύσεις το τσάι στο φλιτζάνι θυμάσαι ότι η θερμάστρα πετρελαίου είναι άδεια και πρέπει να πας να αγοράσεις πετρέλαιο. Έχεις δύο ίδια φλιτζάνια, ένα χρώματος μαύρου και ένα χρώματος άσπρου. Έχει καμιά σημασία που θα χύσεις το τσάι, για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό, για τη λίγη ώρα που θα λείπεις από το σπίτι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Έχει σημασία γιατί το άσπρο εμποδίζει στο να ψυχραθεί το τσάι λόγω του χρώματος, γιατί το άσπρο επιβραδύνει την απορρόφηση ή εκπομπή θερμότητας.

Διευκρινήσεις:

Δ: Δεν διευκρινίζεις τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας.

MA: Με ακτινοβολία.

Δ: Στην συγκεκριμένη περίπτωση τι γίνεται απορρόφηση ή εκπομπή ακτινοβολίας από το φλιτζάνι με το τσάι;

MA: Εκπομπή.

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Ναι έχει σημασία γιατί αν βάλω το τσάι στο μαύρο φλιτζάνι θα διατηρηθεί περισσότερη ώρα ζεστό αφού το μαύρο φλιτζάνι έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμότητα του υγρού που θα βάλουμε μέσα.

Διευκρινήσεις:

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 3 (Ο μαθητής αναφέρεται στα πιο σημαντικά από το μοντέλο διάδοσης της θερμότητας με ακτινοβολία αναφορικά με το χρώμα του σώματος. Δεν κάνει αναγνώριση σωμάτων που αλληλεπιδρούν θερμικά.)

Τελική βαθμολογία MB: 0 (Λάθος επιλογή και εξήγηση με όρους ιδιοτήτων του σώματος να διατηρεί τη θερμότητα.)

Θέμα T6

Στο προηγούμενο πρόβλημα, αν είχες δύο φλιτζάνια, από το ίδιο υλικό, το ίδιο χρώμα, αλλά διαφορετικού μεγέθους θα είχε σημασία που θα έχυνες το τσάι για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό; Στο μεγαλύτερο (πιο φαρδύ) ή στο μικρότερο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Έχει σημασία γιατί στο φαρδύ γίνεται γρηγορότερα η εκπομπή ακτινοβολίας.

Διευκρινήσεις:

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Στο μικρότερο, γιατί όσο πιο μικρή είναι η επιφάνεια του φλιτζανιού τόσο πιο δύσκολα και αργά θα κρυώσει το υγρό.

Διευκρινήσεις:

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 3 (Ο μαθητής αναφέρεται στα πιο σημαντικά από το μοντέλο διάδοσης της θερμότητας με ακτινοβολία αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. Δεν κάνει αναγνώριση σωμάτων που αλληλεπιδρούν θερμικά.)

Τελική βαθμολογία MB: 2 (Σωστή επιλογή, αναφέρεται όμως μόνο στο ρόλο που παίζει η επιφάνεια και καθόλου στην ακτινοβολία.)

Θέμα T7

Όταν βάζεις τα χέρια σου δίπλα σε μια αναμμένη ξυλόσομπα τα αισθάνεσαι να ζεσταίνονται. Όταν τα βάζεις πάνω από την ξυλόσομπα (σε ίδια περίπου απόσταση πάλι) η αίσθηση του θερμού είναι πιο έντονη, ενώ όταν την ακουμπάς η αίσθηση αυτή γίνεται φυσικά εντονότερη. Τι διαφορετικό υπάρχει στα τρία φαινόμενα;

Απάντηση Μαθητή A (MA)

Γραπτή απάντηση MA:

Όταν τα βάζεις πλάι τα χέρια σου η μεταφορά θερμότητας γίνεται με ακτινοβολία. Όταν είναι από επάνω γίνεται με μεταφορά και όταν τα ακουμπάς γίνεται με αγωγή.

Διευκρινήσεις:

Απάντηση Μαθήτριας B (MB)

Γραπτή απάντηση MB:

Στη γ' περίπτωση η αίσθηση θερμότητας είναι φυσικά εντονότερη επειδή τα χέρια μου ακουμπούν στη σόμπα και έτσι η θερμότητα μεταφέρεται κατευθείαν στα χέρια μου με αγωγή. Στη β' περίπτωση η αίσθηση του θερμού είναι έντονη επειδή ο αέρας που βρίσκεται πάνω από τη σόμπα είναι πιο ζεστός από την α' περίπτωση (δίπλα) επειδή όταν ο αέρας ζεσταίνεται ανεβαίνει προς τα πάνω.

Διευκρινήσεις:

Δ: Στην πρώτη περίπτωση τα χέρια μας ζεσταίνονται πάλι από τον αέρα;

MB: Και απ' τον αέρα, αλλά πιο πολύ με ακτινοβολία.

Αξιολόγηση πραγματικού αναπτυξιακού επιπέδου

Τελική βαθμολογία MA: 4

Τελική βαθμολογία MB: 4

Η αξιοπιστία της αξιολόγησης

Τελειώνοντας την αξιολόγηση των μαθητών, να σημειωθεί ότι αναφορικά με το κριτήριο της αξιοπιστίας της αξιολόγησης με την χρήση και ενός ακόμα αξιολογητή, δεν υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα και η αξιολόγηση θεωρείται αξιόπιστη. Ο αξιολογητής Β' διαφώνησε με διαφορά μόνο ενός βαθμού, μόνο στο θέμα Ε4. Η διαφωνία του στο θέμα Ε6 δεν αφορά την αξιολόγηση, αλλά κατά πόσο η απάντηση του ενός μαθητή έχει προκύψει από βοήθεια από το δάσκαλο ή όχι.

4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για την αξιολόγηση της επιτυχίας της διδακτικής σειράς και κατ' επέκταση για την απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος θα επιχειρηθεί καταρχήν μία σύγκριση των αποτελεσμάτων που έχουν σημειώσει οι μαθητές στα αρχικά και τελικά έργα.

Στον παρακάτω πίνακα³⁹ σημειώνονται οι επιδόσεις των μαθητών στα αρχικά έργα:

Πίνακας 4.1: Επιδόσεις μαθητών στα αρχικά έργα

α.α. Έργου Μαθητής	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
MA	1	K,4,4,4,4	0	1	1	1	1
MB	1	4,2,K,K,K	0	4	0	1	1

Από τον πίνακα αυτόν, καταρχήν παρατηρείται, ότι σε ελάχιστα έργα, η ανταπόκριση των μαθητών μπορεί να χαρακτηριστεί τελείως λανθασμένη ή άσχετη. Οι απόψεις των μαθητών, όπως μπορεί να φανεί και από τις απαντήσεις τους αποτελούν μια σύνθεση των καθημερινών αντιλήψεων και της διδασκαλίας που τους έγινε στο Δημοτικό, συστήνοντας στην ουσία μια νέα γλώσσα. Στη νέα αυτή γλώσσα, ιδιότητες του μακρόκοσμου αποδίδονται στον μικρόκοσμο. Θερμότητα και θερμοκρασία χρησιμοποιούνται αδιακρίτως. Οι εξηγήσεις δίνονται με όρους ιδιοτήτων των

³⁹ Στο έργο A2 η κωδικοποίηση σημαίνει π.χ. για την MB ότι στο πρώτο υποερωτήμα του θέματος βαθμολογήθηκε με 4, στο δεύτερο με 2, ενώ στα τρία τελευταία υποερωτήματα δεν ανταποκρίθηκε καθόλου και το επίπεδο βαθμολόγησης ήταν Κενό (K).

σωμάτων, και όχι με όρους αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωμάτων ή συστημάτων, αλλά και με βάση τις αισθητηριακές αντιλήψεις των μαθητών. Κρίνοντας τις μεταξύ των μαθητών διαφορές, αυτές είναι μάλλον ελάχιστες και εντοπίζονται στα έργα A2 και A4. Στο A2, ένα θέμα για την ενέργεια, ο MA έχει διδαχθεί σχετικά σε άλλο μάθημα του σχολείου του και απαντάει επιτυχώς, ενώ και η MB δεν αποτυγχάνει εντελώς. Στο θέμα A4 (ρεύματα μεταφοράς) και οι δύο μαθητές αντιλαμβάνονται τον κύριο μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας, αλλά η MB αναγνωρίζει επιτυχώς και τα αλληλεπιδρώντα θερμικά συστήματα, ενώ ο MA καταφεύγει και σε αυθαίρετους συλλογισμούς. Πάντως, και οι δύο μαθητές δεν φαίνεται (A7) να αναγνωρίζουν άλλο μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας, παρά μόνο με ρεύματα μεταφοράς αέρα.

Στον επόμενο πίνακα καταγράφεται η επίδοση των μαθητών στα τελικά έργα:

Πίνακας 4.2: Επιδόσεις μαθητών στα τελικά έργα

α.α. Έργου Μαθητής	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
MA	1	4	4	1	3	3	4
MB	3	3	2	4	0	2	4

Από μια πρώτη ακόμα ματιά, φαίνεται ότι υπάρχει μια καλύτερη πορεία του MA έναντι της MB, κάτι που μπορεί να φανεί και από την απευθείας σύγκριση των αρχικών και τελικών έργων για κάθε μαθητή (ο MA έχει στα τελικά έργα μέσο όρο περίπου 3 ενώ η MB περίπου 2,5).

Στον επόμενο πίνακα καταγράφεται η επίδοση του MA στα αρχικά και τελικά έργα:

Πίνακας 4.3: Σύγκριση επιδόσεων Αρχικών – Τελικών Έργων MA

α.α. Έργου Ομάδα έργων	A1/T1	A2/T2	A3/T3	A4/T4	A5/T5	A6/T6	A7/T7
Αρχικά έργα (Ai)	1	K,4,4,4,4	0	1	1	1	1
Τελικά έργα (Ti)	1	4	4	1	3	3	4

Κρίνοντας την γνωσιακή εξέλιξη του MA από τα έργα αυτά, εκείνο που μπορεί να παρατηρηθεί, είναι ότι υπάρχει μια πολύ μεγάλη βελτίωση σε όλα τα έργα εκτός των T1 και T4.

Στα έργα A1/T1 τα προβλήματα που παρουσιάζονται για τον MA είναι με μια πρώτη ματιά ανάλογα. Δηλ. και στα δύο έργα ο μαθητής συγχέει τη γλώσσα του μακρόκοσμου με αυτήν του μικρόκοσμου. Τα δύο έργα όμως είναι διαφορετικά (τα μοναδικά διαφορετικά ανάμεσα στα αρχικά και τελικά έργα). Η φανερό διαφορά τους είναι ότι το μεν A1 είναι ουσιαστικά η περιγραφή του μικρόκοσμου, ενώ το δεύτερο είναι η εφαρμογή του

μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας στον κόσμο των μορίων. Αυτό πρακτικά σημαίνει, ότι στην πρώτη περίπτωση ο μαθητής πρέπει να ανακαλέσει κάποια δηλωτική γνώση από τη μνήμη και όταν βέβαια αυτή δεν υπάρχει λογικό είναι η περιγραφή να διανθιστεί με στοιχεία του μακρόκοσμου. Στη δεύτερη περίπτωση όμως ο μαθητής αναγκαστικά θα πρέπει να ξεκινήσει την εξήγηση του από τον μακρόκοσμο, που του είναι πιο προσιτός και διδάχθηκε εξάλλου και πρώτος, και μετά να καταλήξει στον μικρόκοσμο. Η επιστημονική προσέγγιση βέβαια συχνά ακολουθεί μια αντίθετη πορεία καταρχήν, που μπορεί να γίνει κατανοητή από το παράδειγμα με τις γλώσσες προγραμματισμού των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (H/Y). Πρώτα κατασκευάζονται οι γλώσσες χαμηλότερου επιπέδου και μετά οι γλώσσες υψηλότερου επιπέδου. Οι γλώσσες υψηλότερου επιπέδου είναι πιο απλές, καθόσον στόχος τους είναι πιο κατανοητές και εύχρηστες, καθώς επίσης και μέσω αυτών να γίνεται ευκολότερη η κατανόηση και η παρέμβαση στο χαμηλότερο επίπεδο. Η διαδικασία αυτή δεν είναι όμως σίγουρο ότι είναι τόσο κατανοήσιμη από τους μαθητές (το ανάλογο με τους H/Y αναφέρθηκε και στους μαθητές με όσο το δυνατόν απλά λόγια). Κρίνοντας λοιπόν εκ των υστέρων τον σχεδιασμό της T1, εκείνο που μπορεί να ειπωθεί, είναι ότι θα υπήρχαν καλύτερα αποτελέσματα στην απάντηση της αν ήταν απλούστερη σ' αυτά που ζητούσε. Έτσι, σε πρώτη φάση (π.χ. στο παρόμοιο ενδιάμεσο έργο E11) θα μπορούσε να υπάρχει η μια γλώσσα του μικρόκοσμου και να ζητηθεί από τους μαθητές να συμπληρώσουν τη γλώσσα του μακρόκοσμου. Σε επόμενο έργο θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές η αντίστροφη διαδικασία. Σε δεύτερη φάση (π.χ. στο τελικό έργο) θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές να μιλήσουν μόνο τη γλώσσα του μικρόκοσμου θέτοντας όμως το πρόβλημα ως απαγορευτική τη χρήση των λέξεων «θερμότητα» και «θερμοκρασία». Όσον αφορά το άλλο έργο T4 η αποτυχία του μαθητή δεν αποτέλεσε έκπληξη. Η διδακτική σειρά δεν έδωσε ιδιαίτερο βάρος στη διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς, με αποτέλεσμα να μην έχουν οι μαθητές πολλές ευκαιρίες να δράσουν αυτόνομα σε τέτοια προβλήματα.

Η βαθμολογία του MA στα υπόλοιπα έργα (T2, T5, T6, T7) μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα της επιτυχούς μαθητείας του κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς. Ο μαθητής δηλ. εφαρμόζοντας με απόλυτα (T2, T7) ή λιγότερο (T5, T6) συνειδητό τρόπο τη μοντελοποιημένη γνώση απέκλεισε την ανάδυση πιθανόν εναλλακτικών ιδεών του. Η όχι απόλυτα επιτυχής απάντηση των έργων T5 και T6 μπορεί να αποδοθεί στην προσωπικότητα του

συγκεκριμένου μαθητή (όπως και πολλών αγοριών της ηλικίας του) να αναφέρεται στα πιο σημαντικά ενός θέματος και όχι σε όλα. Η συμπεριφορά του αυτή είναι φανερή σε όλα σχεδόν τα έργα που πραγματοποίησε, όπου οι απαντήσεις του (προφορικές ή γραπτές) ήταν πάντα λιτές και ολιγόλογες. Η τακτική αυτή βέβαια άλλοτε αποδίδει καρπούς και άλλοτε όχι. Να σημειωθεί επίσης, ότι στα δύο αυτά έργα δεν ζητήθηκαν διευκρινίσεις, αφού αυτές θα μπορούσαν να εκληφθούν και ως βοήθειες. Γενικά πάντως, η στάση του μαθητή απέναντι στην Επιστήμη μπορεί να χαρακτηριστεί θετική. Αυτό γίνεται φανερό στο έργο Α5, όταν αυτός κατηγορήθηκε άδικα από το δάσκαλο, ότι χρησιμοποιεί γνώση που γνωρίζει ότι δεν κατανοεί και η απάντησή του ήταν: «Προσπαθώ να συνδυάσω τα περσινά με τη δική μου άποψη».

Οι απαντήσεις της ΜΒ η αλήθεια είναι δεν ήταν καταρχήν αναμενόμενες, αλλά μια πιο προσεκτική ανάλυση μπορεί να αιτιολογήσει την μικρότερη του αναμενόμενου, όπως αυτή καταγράφηκε στα τελικά έργα, πρόοδο της.

Ο πίνακας παρακάτω παρουσιάζει συγκριτικά τις επιδόσεις της ΜΒ στα αρχικά και τελικά έργα:

Πίνακας 4.4: Σύγκριση επιδόσεων Αρχικών – Τελικών Έργων ΜΒ

α.α. Έργου Ομάδα έργων	A1/T1	A2/T2	A3/T3	A4/T4	A5/T5	A6/T6	A7/T7
Αρχικά έργα (Ai)	1	4,2,K,K,K	0	4	0	1	1
Τελικά έργα (Ti)	3	3	2	4	0	2	4

Απ' ότι φαίνεται από τον πίνακα η ΜΒ δεν δείχνει να έχει σημειώσει καμιά πρόοδο στο έργο Τ5 και Τ6, ενώ στο Τ3 η πρόοδος δεν είναι η προσδοκώμενη. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εξηγήσεις που η μαθήτριά δίνει στο (α) ερώτημα του Τ3, καθώς και στο θέμα Τ5. Στο Τ3 γράφει για τα χερούλια και τη σέλα του ποδηλάτου ότι είναι φτιαγμένα από «υλικό που μπορεί να διατηρείται θερμό». Στο Τ5 γράφει ότι «το μαύρο φλιτζάνι έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμότητα του υγρού». Και στις δύο εξηγήσεις της δηλ. η αιτιολόγηση γίνεται με όρους ιδιοτήτων του υλικού και όχι με όρους αλληλεπίδρασης μεταξύ σωμάτων ή συστημάτων. Κυρίαρχο και στις δύο απαντήσεις της είναι το ρήμα «διατηρεί», «διατηρείται». Ανάλογες απαντήσεις έχουν καταγραφεί και στα αντίστοιχα αρχικά έργα. Στο Α3 γράφει ότι «το πλαστικό έχει την ιδιότητα να είναι πιο ζεστό, να κρατάει τη θερμοκρασία». Στο Α5 επίσης γράφει ότι «Στο μαύρο φλιτζάνι, επειδή το μαύρο έχει την ικανότητα να διατηρεί τη θερμοκρασία υψηλότερη». Στα έργα όμως αυτά χρησιμοποιεί την έννοια της θερμοκρασίας, αντί της θερμότητας. Η ΜΒ δηλ. από το εναλλακτικό προς την επιστήμη εννοιολογικό μοντέλο που είχε στην αρχή για «το υλικό που διατηρεί τη θερμοκρασία» φαίνεται να έχει

προχωρήσει στο εναλλακτικό εννοιολογικό μοντέλο για «το υλικό που διατηρεί τη θερμότητα». Η πρόοδος όμως αυτή, που συνεπάγεται την ως ένα βαθμό διαφοροποίηση των εννοιών της θερμότητας και θερμοκρασίας δεν κρίνεται ικανοποιητική. Είναι φανερό, ότι η μαθήτρια δεν έχει διαφοροποιημένες τις έννοιες της θερμότητας και θερμικής ενέργειας. Κάτι τέτοιο μπορεί να ανιχνευθεί και στα ενδιάμεσα έργα E4, E7 και E12. Συγκεκριμένα στο E4 η μαθήτρια επιλέγει το τρίψιμο των χεριών και το σβήσιμο με τη γομολάστιχα ως περιπτώσεις θερμότητας, ενώ εκείνο που φυσικά συμβαίνει είναι η αύξηση της θερμικής ενέργειας των σωμάτων που αλληλεπιδρούν. Στο E7 έργο, που αναζητά την απάντηση στο ότι η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που μεταδίδεται από ένα σώμα σε άλλο λόγω «διαφοράς θερμοκρασίας», η MB θέλει να προσθέσει στην αιτιολόγηση και την αρχή διατήρησης της ενέργειας. Η συμπεριφορά της αυτή είναι επηρεασμένη από σχετικές μοντελοποιήσεις πάνω στην αρχή διατήρησης της ενέργειας και πιθανόν και από το προηγούμενο έργο E6, όπου μια μορφή αποθηκευμένης ενέργειας, μετατρέπεται σε μια άλλη μορφή και μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο. Η MB δεν μπορεί δηλ. να κατανοήσει γιατί όλες οι άλλες μορφές ενέργειας είναι αποθηκευμένες, ενώ η θερμότητα πρέπει να είναι κάποια ενδιάμεση. Δυσκολίες αντιμετωπίζει και στο θέμα E12 η μαθήτρια, στο να εκφράσει τι είναι η θερμική ενέργεια. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει απαραίτητα να ερμηνευθεί ότι είναι θέμα μνήμης, αλλά μάλλον κατανόησης της έννοιας αυτής, αφού σε πολλά έργα η MB έχει επιδείξει αξιοζήλευτες ικανότητες απομνημόνευσης. Η έλλειψη διαφοροποίησης ανάμεσα στις έννοιες της θερμότητας και θερμικής ενέργειας οφείλεται βέβαια και στο ότι στις προς διδασκαλία ενότητες δεν περιέχεται και αυτή της θερμομετρίας. Με τη διδασκαλία της ενότητας αυτής μπορεί να γίνει κατανοητό, ότι η θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο και μπορεί εύκολα να μετρηθεί, έτσι ώστε να βοηθήσει στην εκτίμηση της αύξησης ή μείωσης της θερμικής ενέργειας ενός σώματος. Η διδασκαλία επίσης της έννοιας του έργου θα μπορούσε να βοηθήσει τη MB στην παραπέρα διάκριση των αδιαφοροποίητων εννοιών. Ευθύνη όμως πρέπει να καταλογιστεί και στο δάσκαλο, αφού αυτός δεν επέδειξε την πρέπουσα ευαισθησία στις εναλλακτικές ιδέες της μαθήτριας δίνοντας περισσότερο βάρος στην αντιμετώπισή τους. Ο δάσκαλος δηλ. στο ρόλο του κώουτς δεν πρέπει να ενδιαφέρεται στενά για την επίλυση κάποιου προβλήματος, αλλά να αντιμετωπίζει σφαιρικά και συνολικά τις μαθησιακές δυσκολίες.

Οι εναλλακτικές ιδέες βέβαια της MA παρουσίαζαν μια ιδιαίτερη ανθεκτικότητα στη διδασκαλία και η μαθήτρια είχε αρκετή εφευρετικότητα για να τις υποστηρίξει. Έτσι για παράδειγμα, στο E2 προσπαθούσε να αλλάξει τα δεδομένα για να ταιριάζουν με τις ιδέες της. Στο E23 επινόησε την ορολογία «ροή 'ψυχρότητας'», πιστεύοντας ότι με τη χρήση εισαγωγικών στη λέξη ψυχρότητα ικανοποιεί και την Επιστήμη. Ειδικότερα για το έργο αυτό που είναι παρόμοιο με το T5, την άποψη της για το μαύρο που μόνο απορροφά την ακτινοβολία την υποστήριξε μέχρι το τέλος. Ατυχώς βέβαια στο θέμα E23 και το κωουτσάρισμα δεν ήταν και τελείως επιτυχές. Στη διδασκαλία της ακτινοβολίας επίσης πολύς χρόνος δαπανήθηκε σε άλλες δεξιότητες, που αφορούν στο χειρισμό της προσομοίωσης και στη συμπλήρωση των φύλλων εργασίας. Είναι πάντως φανερό, ότι στο θέμα αυτό η μαθήτρια χρειαζόταν περισσότερες ευκαιρίες για την εφαρμογή από την ίδια του μοντέλου της ακτινοβολίας.

Παρόλα αυτά, η MB στη διάρκεια των ενδιάμεσων έργων κατέγραψε μια πολύ αξιόλογη πορεία, εφαρμόζοντας επιτυχώς τη μοντελοποιημένη γνώση στην επίλυση προβλημάτων ανάλογης δυσκολίας με αυτών των τελικών έργων ή και συχνά δυσκολότερων. Είναι για παράδειγμα περίεργο πως πριν λίγη ώρα επιλύει άριστα το E22 έργο και μετά δεν τα καταφέρνει σε ένα παρόμοιο έργο, το T6. Επομένως, το γεγονός ότι στα τελικά έργα δεν κατέγραψε μια ανάλογη πορεία θα πρέπει να αναζητηθεί και αλλού.

Συνοπτικά, οι λόγοι αυτοί οφείλονται στη φύση των τελικών έργων και στις όχι άριστες συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτά συμπληρώθηκαν:

- Τα τελικά έργα, που τα περισσότερα σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να αντανakλούνται μέσα στα καθημερινά προβλήματα, ήταν διανθισμένα με «θορύβους», με δεδομένα δηλ. που δεν ήταν απαραίτητα για την επίλυση τους. Υπήρχε δηλ. μια ποιοτική διαφορά και επομένως μια επί πλέον δυσκολία σε σχέση με τα ενδιάμεσα έργα του βιβλίου. Καλό θα ήταν λοιπόν, κάποια έργα τέτοιας φύσης, να συμπεριλαμβάνονται στα βιβλία Φυσικής, έτσι ώστε αυτά να ανταποκρίνονται και στις συνθήκες της πραγματικής ζωής.

- Τα τελικά έργα συμπληρώθηκαν στο τέλος της συνεδρίας, όταν οι μαθητές ήταν ήδη κουρασμένοι.

- Η τελευταία αυτή συνεδρία απείχε 8 ημέρες από την προηγούμενη. Αυτό είχε σαν συνέπεια, ο μιν MA να μην μπορεί να θυμηθεί το μικροσκοπικό μοντέλο, η δε MA εκτιμάται ότι δεν θυμόταν το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας, αλλά μάλλον είχε απομακρυνθεί από την πρακτική των επιστημόνων που λέει ότι πρέπει να σκεφτόμαστε συνειδητά με μοντέλα, θεωρίες στις εξηγήσεις που δίνουμε.

- Η έλλειψη της φυσικής παρουσίας του δάσκαλου και το γεγονός ότι ήταν το τέλος της διδακτικής σειράς. Συγκεκριμένα, ο δάσκαλος αποτραβήχτηκε από το τραπέζι που γράφανε οι μαθητές, αφήνοντας αυτούς ελεύθερους να γράψουν τις απόψεις τους, αφού τους διευκρινίστηκε ότι στα έργα αυτά δεν πρόκειται να τους δοθεί καμιά βοήθεια. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι ήταν το τέλος της διδακτικής σειράς, κάτι που επέφερε μια χαλάρωση, οδήγησε πιθανότατα τη MB στο να θεωρήσει τον εαυτό της πλέον εκτός της «κοινότητας των Φυσικών».

Όσον αφορά τώρα τα υπόλοιπα έργα που επιτυχώς ολοκλήρωσε η MB έχουν να παρατηρηθούν τα παρακάτω:

- Στο T1 η MB σημείωσε σημαντική επιτυχία, δεδομένης της δύσκολης γλώσσας που χρησιμοποιείται στο μικρόκοσμο. Το θέμα αυτό δείχνει τις ικανότητες απομνημόνευσης της MB. Εκτιμάται όμως, ότι η επιτυχία της μαθήτριας οφείλεται και στο γεγονός ότι στο θέμα αυτό δεν υπήρχε από μέρους της εναλλακτικό εννοιολογικό μοντέλο να αντιπαρατεθεί στο επιστημονικό.

- Στο T2 η MB τα πήγε αρκετά καλά, ενώ ο MA τελειοποίησε την αρχική του επίδοση. Ανάλογη επιτυχία έχουν σημειώσει και οι μαθητές σε μια άλλη σχετική έρευνα για τη διδασκαλία της Φυσικής στη Β΄ Γυμνασίου (Κολοβός & Τσοβόλας, 1995) σε παρόμοια έργα, γεγονός που συνηγορεί ότι η διδασκαλία της ενέργειας μπορεί και πρέπει να γίνεται στην τάξη αυτή, ανεξάρτητα και από το Αναλυτικό Πρόγραμμα.

- Στο (β) ερώτημα του T3 η μαθήτρια απάντησε σωστά και δεν βασίστηκε στις αισθητηριακές αντιλήψεις της, όπως στο αρχικό έργο A3, πράγμα που δείχνει τη μείωση τουλάχιστον της επιρροής τέτοιων παραγόντων στις εξηγήσεις που επιχειρεί να δώσει.

- Στο T4 η MB απλώς επανέλαβε την επιτυχία της στο A4 και βέβαια δεν τίθεται θέμα βελτίωσης.

- Από το έργο T7 φαίνεται, ότι η MB όπως και ο MA μπορούν πλέον να διακρίνουν τους τρεις τρόπους διάδοσης της θερμότητας.

Για να φανεί η γνωσιακή εξέλιξη όμως των μαθητών αλλά και για να εξαχθούν παραπέρα συμπεράσματα στους επόμενους πίνακες καταγράφεται η επίδοση για κάθε μαθητή στο Πραγματικό Επίπεδο Ανάπτυξης (Π.Ε.Α.) και στο εν δυνάμει επίπεδο ανάπτυξης ή άλλως Επικείμενο Επίπεδο Ανάπτυξης (Ε.Ε.Α.). Για το Ε.Ε.Α. εκτός από τη βαθμολόγηση σημειώνονται κωδικοποιημένα και το πλήθος και είδος των βοηθειών ή Scaffolding (S_i) που προσφέρθηκαν από το δάσκαλο προς τους μαθητές.

Τα είδη των βοηθειών από το δάσκαλο προς τους μαθητές που έχουν καταγραφεί και η αντίστοιχη κωδικοποίηση που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

- S1: **Παρότρυνση για ανάκληση γνώσης από την περίληψη** (π.χ. να διαβάσει το μοντέλο της θερμότητας)
- S2: **Ανάκληση γνώσης από το δάσκαλο** (π.χ. υπενθυμίζονται στο μαθητή, μέρη του μικροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας)
- S3: **Υπαινιγμός για μη εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης.** (π.χ. *Εφαρμοσες το μοντέλο της θερμότητας;*)
- S4: **Παρότρυνση για μεταφορά γνώσης από εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης σε άλλα προβλήματα.** (π.χ. *Πότε ισχύει και δεν ισχύει το μοντέλο της θερμότητας; Στις προηγούμενες ασκήσεις που είδαμε πότε... ;*)
- S5: **Εφαρμογή ευρετικής τεχνικής** (π.χ. η μέθοδος της σε άτοπο απαγωγής)
- S6: **Μεταφορά γνώσης από το δάσκαλο** (π.χ. επεξήγηση του αδόκιμου των λέξεων που χρησιμοποίησε ο μαθητής)
- S7: **Παρότρυνση για αυστηρή εφαρμογή της υπάρχουσας γνώσης – δηλωτικής και διαδικαστικής.** (π.χ. όταν η μαθήτρια προσπαθούσε επίμονα να θεωρεί διαφορετική τη θερμοκρασία δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούσαν θερμικά, για να καταλήξει οπωσδήποτε στο ότι υπάρχει ροή θερμότητας.)
- S8: **Παρότρυνση για ταυτόχρονη εστίαση σε χαρακτηριστικά του θέματος και της αντίστοιχης μοντελοποιημένης γνώσης.**
- S9: **Υπαινιγμός για χρήση καθημερινής γλώσσας αντί της επιστημονικής.** (π.χ. Τι είναι το κρύο που υπάρχει έξω;)

Πίνακας 4.5: Επιδόσεις μαθητών στα ενδιάμεσα έργα (Π.Α.Ε., Ε.Ε.Α. & βοήθειες S_i)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	Π.Α.Ε. MA	Ε.Ε.Α. MA	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MA	Π.Α.Ε. MB	Ε.Ε.Α. MB	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MB
E1	3	3	-	4	-	-
E2	K	4	S1	K	4	S1, S7
E3	4	-	-	4	-	-
E4	2	4	S3	0	4	S3
E5	4,K	4	S3	3	4	S3
E6	4	-	-	3	4	S3
E7	4,K	4	S3, S4	4,K	4	S3, S4
E8	2	3	S1, S6	4	4	S1, S6
E9	2	4	S3, S5	4	-	-

E10	K	4	S3, S5, S1	K	4	S3, S5, S1
E11	2	3	S2	2	3	S2
E12	4	-	-	1	4	S1
E13	3	4	S6	4	-	-
E14	4	-	-	4	-	-
E15	4	-	-	0	4	S3
E16	2	4	S3	2	4	S8
E17	2	4	S9, S1	4	-	-
E18	4	-	-	4	-	-
E19	1	1	-	4	-	-
E20	4	-	-	2	4	S2
E21	4	-	-	3	4	S3, S4
E22	4	-	-	4	-	-
E23	4	-	-	1	3	S3, S3

Αναλύοντας τώρα τον παραπάνω πίνακα, μπορούν να παρατηρηθούν τα εξής:

- Οι επιδόσεις των μαθητών ακόμα και στο Π.Ε.Α. είναι αρκετά υψηλές. Το γεγονός αυτό συνηγορεί για την επιτυχία της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας και των όποιων μοντελοποιήσεων της γνώσης έγιναν από το δάσκαλο. Συγκεκριμένα από τα 23 έργα ο MA δεν έχει βαθμολογηθεί σε κανένα με 0, έχει αφήσει τελείως αναπάντητα (K) μόνο 2 έργα, ενώ έχει σημειώσει άριστα σε 10 έργα. Αντίστοιχα, η MB έχει βαθμολογηθεί με 0 μόνο σε 2 έργα, τελείως αναπάντητα (K) έχει μόνο 2 έργα και έχει σημειώσει άριστα (4) σε 10 έργα.

- Όσον αφορά τη βαθμολογία του Ε.Ε.Α. και τις βοήθειες του δασκάλου, όσο προχωρούν σε αύξοντα αριθμό τα έργα ελαχιστοποιούνται οι βοήθειες από το δάσκαλο. Αυτό είναι βέβαια συνέπεια του ότι όσο προχωρούν τα έργα, όλο και περισσότερο οι επιδόσεις των μαθητών στο Π.Ε.Α. είναι στο άριστα ή κοντά σ' αυτό, οπότε δεν τίθεται θέμα μελέτης Ε.Ε.Α. ή οι βοήθειες είναι ελάχιστες. Εκτιμάται, ότι συνολικά για ένα μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, στο βαθμό που και τα έργα ήταν ομοειδή, θα υπήρχε μια πιο ομαλή μείωση των βοηθειών. Η εξέλιξη αυτή, το σταδιακό δηλ. ξεθώριασμα των βοηθειών (fading) είναι προσδοκώμενη και καταμαρτυρά την επιτυχία της διδασκαλίας μέσω της φιλοσοφίας της Γνωσιακής Μαθητείας και μπορεί να εξηγηθεί από τη Θεωρία της Εγκαθιδρυμένης μάθησης: Οι «μαθητευόμενοι» με τη διαδικασία της εισαγωγής στον πολιτισμό του ειδικού, όπως υποστηρίζουν και οι Lave & Wenger (1991) προχωρούν σταδιακά από την περιφέρεια της κοινότητας του ειδικού προς το κέντρο.

- Σχετικά με το πλήθος και είδος των βοηθειών, η βοήθεια μεγαλύτερης σημασίας, όπως μπορεί να φανεί από τη συχνότητα που έχει χρησιμοποιηθεί αυτή, είναι η S3. Η βοήθεια αυτή, ο υπαινιγμός δηλ. προς τους μαθητές ότι δεν έχουν εφαρμόσει στην επίλυση του προβλήματος τη σχετική μοντελοποιημένη γνώση, έχει χρησιμοποιηθεί συνολικά 15 φορές, 6 φορές για το MA και 9 φορές για τη MB. Η βοήθεια αυτή, που ουσιαστικά αποτελεί την παρότρυνση προς τους μαθητές να σκεφτούν συνειδητά, σύμφωνα με τα εννοιολογικά μοντέλα της επιστήμης, που μπορούν να ανακαλέσουν από τη μνήμη τους, αλλά και από άλλες πηγές, αποτελεί όπως φαίνεται και τη μεγαλύτερη δυσκολία των μαθητών αυτής της ηλικίας. Η

διαδικασία αυτή, που για ένα επιστήμονα φαντάζει απόλυτα φυσική, δεν είναι το ίδιο απλή και για τους μαθητές, που δεν έχουν συνηθίσει σε ένα τέτοιο τρόπο σκέψης.

Το άλλο είδος βοήθειας, που επίσης έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές, είναι η ανάκληση γνώσης που δεν υπάρχει πια στη μνήμη των μαθητών. Το είδος της βοήθειας αυτής αφορά τη βοήθεια S1, την ανάκληση γνώσης δηλ. από την περίληψη που κατασκεύασαν οι μαθητές και τη βοήθεια S2 την ανάκληση γνώσης δηλ. απευθείας μέσω του δασκάλου. Η διαφοροποίηση των δύο αυτών βοηθειών που βέβαια αμφότερες αφορούν τρόπους ανάκλησης γνώσης που υπήρχε (;) στη μνήμη των μαθητών και έχει απολεσθεί έχει τη σημασία της. Είναι περισσότερο ουσιαστικό για την παραπέρα αφομοίωση της γνώσης να αναγκάζονται οι ίδιοι οι μαθητές να αναζητήσουν την απαραίτητη γνώση, παρά αυτή να τους δίνεται «έτοιμη» από το δάσκαλο. Συνολικά οι δύο βοήθειες χρησιμοποιήθηκαν 11 φορές, 8 φορές η S1 και 3 φορές η S2. Ο MA χρειάστηκε το είδος της βοήθειας αυτής 5 φορές (4 φορές χρησιμοποιήθηκε η S1 και 1 φορά η S2), ενώ η MB 6 φορές (4 φορές χρησιμοποιήθηκε η S1 και 2 φορές η S2). Να σημειωθεί, ότι οι ευκαιρίες που είχαν οι μαθητές για να απομνημονεύσουν τις απαιτούμενες γνώσεις δίνονταν μόνο κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης της γνώσης με την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας ή μέσω του δασκάλου. Όλη η αφηρημένη γνώση σε όσο το δυνατόν μοντελοποιημένη μορφή, συμπεριλαμβανόταν στην περίληψη που κατασκεύαζαν οι μαθητές με τη βοήθεια του δασκάλου. Δεν ζητήθηκε δηλ. από τους μαθητές να προσπαθήσουν να απομνημονεύσουν τίποτα με παραπέρα μελέτη στο σπίτι. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο με το σκεπτικό, ότι η όποια προσπάθεια απομνημόνευσης αφηρημένης γνώσης έξω από τα πλαίσια εφαρμογής της θα είχε μόνο προσωρινά ή καθόλου οφέλη. (Οι μαθητές δεν είχαν καν τα βιβλία Φυσικής σπίτι τους.)

Οι βοήθειες S4, S5 και S6 χρησιμοποιήθηκαν με την ίδια συχνότητα, από 3 φορές η κάθε μία.

Η S4 αφορούσε το μεγάλο θέμα της μεταφοράς της γνώσης από το ένα πλαίσιο εφαρμογής της σε κάποιο άλλο. Από τη διδακτική σειρά μπορούν να βγουν κάποια συμπεράσματα για το θέμα αυτό, που θα μπορούσαν να ισχύουν βέβαια μόνο για τη συγκεκριμένη ηλικία των μαθητών. Καταρχήν παρατηρήθηκε, ότι οι μαθητές καταφεύγουν συχνά στην τακτική αυτή (βλ. για παράδειγμα το έργο E16 όταν ο MA ρωτάει: «Αυτό δεν είναι σαν το παράδειγμα με το ιγκλού;»). Οι περιπτώσεις που καταφεύγουν από μόνοι τους στην τακτική αυτή, αφορά θέματα όπου το αρχικό πλαίσιο εφαρμογής (θέμα) είναι της ίδιας φύσης με το θέμα που προσπαθούν να επιλύσουν. Η εστίαση τους όμως μερικές φορές δεν επικεντρώνεται στον τρόπο εφαρμογής της μοντελοποιημένης γνώσης στο αρχικό αυτό θέμα, αλλά σε στενά χαρακτηριστικά αυτού του θέματος, όπως στην εκφώνηση του, ή ποιο ήταν το αποτέλεσμα της επίλυσης του (βλ. για παράδειγμα την προσπάθεια απάντησης της MB στο έργο E4), ή στην καλύτερη περίπτωση ποιο φάσμα ανάλογων προβλημάτων καλύπτει το αρχικό αυτό πλαίσιο (βλ. για παράδειγμα την απάντηση του MA στο ίδιο έργο E4). Γενικά όμως, από ένα σημείο και μετά εφαρμόζουν με επιτυχία την τεχνική αυτή. (Να σημειωθεί ότι τα μοντέλα της θερμότητας (μακροσκοπικό, μικροσκοπικό), που εφαρμόζανε οι μαθητές για την επίλυση των θεμάτων και είχαν συμπεριληφθεί και στην περίληψη, δεν ήταν σε κάποια θεωρητική μορφή αλλά εφαρμοσμένα σε κάποιο παράδειγμα.) Ακόμα και στις περιπτώσεις που υπήρχε αύξηση των μεταβλητών (βλ. έργα E16 και E17) οι μαθητές κατέφευγαν πάλι στη μέθοδο αυτή, με μεγαλύτερη ή μικρότερη επιτυχία. Δεν φάνηκε όμως να κάνουν το ίδιο, όταν το αρχικό και τελικό πλαίσιο εφαρμογής ήταν διαφορετικής φύσης. Η περίπτωση του έργου E7 είναι χαρακτηριστική, όταν και για πρώτη φορά παροτρύνθηκαν οι μαθητές να καταφύγουν στη τεχνική αυτή (βοήθεια S4). Το έργο E4 ήταν ένα θεωρητικό έργο, που εύκολα θα μπορούσε να επιλυθεί με τη διατύπωση του μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας. Οι μαθητές μέχρι εκείνη τη στιγμή εφάρμοζαν το μοντέλο, αλλά μόνο σε καθημερινά προβλήματα. Έπρεπε τελικά για να επιλύσουν το θέμα οι μαθητές αρχικά να υπαινιχθεί ο δάσκαλος ότι δεν έχουν εφαρμόσει το μοντέλο της θερμότητας (βοήθεια S3), αλλά και να τους παροτρύνει να καταφύγουν σε άλλα

προβλήματα για να εντοπίσουν ανάλογα χαρακτηριστικά (βοήθεια S4). Συμπερασματικά, λοιπόν μπορεί να ειπωθεί, ότι μεταφορά γνώσης από ένα πλαίσιο σε κάποιο άλλο, ακόμα και όταν το τελευταίο απαιτεί χειρισμό περισσότερων μεταβλητών, είναι κάτι που γίνεται εκουσίως από τους μαθητές. Η τεχνική αυτή λοιπόν εύκολα μπορεί να ενταχθεί στο Π.Ε.Α. των μαθητών. Όταν τα δύο πλαίσια μεταφοράς της γνώσης είναι διαφορετικής φύσης, πάλι οι μαθητές με τις κατάλληλες βοήθειες μπορούν να εφαρμόσουν την τεχνική αυτή και ουσιαστικά να την εντάξουν στο Ε.Ε.Α. τους.

Η βοήθεια S5 συνίσταται στην εκμάθηση ευρετικών τεχνικών στους μαθητές κατά τη διάρκεια του κωουτσαρίσματος. Δόθηκε 2 φορές και στους δύο μαθητές στο έργο E8 και μία φορά στο MA στο έργο E3. Στη φιλοσοφία της διδακτικής σειράς είναι να διδάσκονται ρητά και με σαφήνεια οι όποιες ευρετικές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων αναδύονται κατά τη διδασκαλία. Καλό θα ήταν επομένως, σε μια πραγματική τάξη τέτοιες στρατηγικές (όπως και άλλες, στρατηγικές μάθησης, κατανόησης, κ.τ.λ.) να καταγράφονται κάπου από τους μαθητές, ώστε να είναι διαθέσιμες για επόμενες χρήσεις.

Η βοήθεια S6 είναι απλώς μεταφορά γνώσης από το δάσκαλο και αφορά γνώση που δεν έχει συμπεριληφθεί στη διάρκεια της μοντελοποίησης της γνώσης. Προφανώς η S6 είναι μια χαμηλή ποιοτικά βοήθεια, ανάλογη με την S2, αφού ελάχιστα ενεργοποιούνται οι μαθητές για την επίλυση του προβλήματος. Τα συμπεράσματα λοιπόν για τη χρήση της S2 ισχύουν και εδώ. Η S6 δόθηκε 2 φορές στο MA και 1 φορά στη MB.

Οι υπόλοιπες βοήθειες S7, S8 και S9 (όπως και η S3) μπορούν να χαρακτηριστούν ως «παρεκτροπές» από τον τρόπο σκέψης ενός επιστήμονα. Οι βοήθειες αυτές δόθηκαν από 1 φορά.

Η S7 αναφέρεται στο ότι οι επιστημονικές θεωρίες, μοντέλα, αλλά και τα δεδομένα του προβλήματος πρέπει να εφαρμόζονται όχι κατά το δοκούν στην επίλυση προβλημάτων, αλλά αυστηρά. Οι μαθητές δεν είναι βέβαιοι συνηθισμένοι σε μια τέτοια πρακτική, αφού και τα δικά τους εννοιολογικά μοντέλα τα ερμηνεύουν και τα εφαρμόζουν πότε έτσι και πότε αλλιώς (βλ. για παράδειγμα την απάντηση και τις διευκρινίσεις που δίνει η MB στο έργο A3).

Η χρήση των άλλων δύο βοηθειών S8 και S9 κατέστη αναγκαία σε έργα που έγιναν προς το τέλος της συνεδρίας, όταν οι μαθητές ήταν κουρασμένοι.

Η βοήθεια S8 ήταν αποτέλεσμα του ότι η MB αδυνατούσε να ελέγξει όλες τις υπό μελέτη μεταβλητές, με αποτέλεσμα να αναφέρεται πότε στη μοντελοποιημένη γνώση και πότε στο θέμα, αλλά να αδυνατεί να συνδυάσει και τα δύο. Η περιορισμένη εστίαση είναι όντως ένα πρόβλημα για τη συγκεκριμένη ηλικία.

Από το έργο που δόθηκε η βοήθεια S9 φαίνεται πόσο εύκολα, όταν επιδράσουν κάποιοι παράγοντες, όπως η κούραση, μπορούν οι μαθητές να μεταπέσουν από την επιστημονική γλώσσα στην καθημερινή που τους είναι πολύ πιο οικεία.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε μια ερευνοούμενη συμπεριφορά ξεχωριστά είναι δύσκολο βέβαιο να γίνει, από τη στιγμή που στον τρόπο αξιολόγησης έχουν επιλεγεί οι ολιστικές κατευθυντήριες γραμμές. Έτσι, κάποιες συμπεριφορές, όπως η ανάκληση γνώσης από τη μνήμη, η περιγραφή φυσικών φαινομένων και η επικοινωνία με τους τρόπους της Επιστήμης, ενυπάρχουν σε όλα τα ερευνητικά έργα.

Παρακάτω κωδικοποιούνται οι ερευνοούμενες Συμπεριφορές (Σι) και στον επόμενο πίνακα σημειώνονται (τσεκάρονται) για κάθε έργο το σύνολο των συμπεριφορών που ενυπάρχουν σ' αυτό.

- Σ1: **Περιγραφή:** η χρήση της επιστημονικής γνώσης για σκοπούς ταξινόμησης και για την ορθή ονομασία των φυσικών φαινομένων.

- Σ2: **Επικοινωνία στην επιστήμη** (λέξεις, γραφικές παραστάσεις, πίνακες, εξισώσεις, κ.τ.λ.).
- Σ3: **Πρόβλεψη:** η χρήση της επιστημονικής γνώσης για τη δημιουργία προβλέψεων σε μελλοντικά γεγονότα.
- Σ4: **Εξήγηση:** η χρήση της επιστημονικής γνώσης για την εξήγηση φυσικών φαινομένων.
- Σ5: **Εφαρμογή του επιστημονικού συλλογισμού στην επίλυση καθημερινών προβλημάτων.**
- Σ6: **Ανάκληση της διαδικαστικής και δηλωτικής γνώσης από τη μνήμη** για εφαρμογή της στο πρόβλημα.

Πίνακας 4.6: Ερευνούμενες συμπεριφορές σε κάθε έργο.

Συμπεριφορές Έργα	Σ1	Σ2	Σ3	Σ4	Σ5	Σ6
A1	X	X				X
A2/T2	X	X			X	X
A3 /T3	X	X	X	X	X	X
A4/T4	X	X	X	X	X	X
A5/T5	X	X	X	X	X	X
A6/T6	X	X	X	X	X	X
A7/T7	X	X			X	X
T1	X	X		X	X	X
E1	X	X				X
E2	X	X		X	X	X
E3	X	X				X
E4	X	X		X	X	X
E5	X	X		X	X	X
E6	X	X			X	X
E7	X	X				X
E8	X	X				X
E9	X	X				X
E10	X	X		X		X
E11	X	X		X	X	X
E12	X	X		X	X	X
E13	X	X				X
E14	X	X		X	X	X
E15	X	X		X	X	X
E16	X	X		X	X	X
E17	X	X		X	X	X
E18	X	X				X
E19	X	X		X		X
E20	X	X		X	X	X
E21	X	X			X	X
E22	X	X	X	X	X	X

E23	X	X	X	X	X	X
-----	---	---	---	---	---	---

Όσον αφορά τώρα τις δυνατότητες ανάκλησης γνώσης των μαθητών η συμπεριφορά αυτή έχει ήδη μελετηθεί, αφού αδυναμίες ανάκλησης από τη μνήμη εντοπίζονται στα έργα που έχουν δοθεί οι βοήθειες S1 και S2.

Ο επόμενος πίνακας αποτελεί μια μερική ομαδοποίηση του πίνακα 4.5, που περιέχει τα έργα, που δόθηκαν οι βοήθειες S1 και S2:

Πίνακας 4.7: Επιδόσεις μαθητών στα ενδιάμεσα έργα (Π.Α.Ε., Ε.Ε.Α. & βοήθειες Si), όπου υπάρχουν οι βοήθειες S1 και S2

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	Π.Α.Ε. MA	Ε.Ε.Α. MA	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MA	Π.Α.Ε. MB	Ε.Ε.Α. MB	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MB
E2	K	4	S1	K	4	S1, S7
E8	2	3	S1, S6	4	4	S1, S6
E10	K	4	S3, S5, S1	K	4	S3, S5, S1
E11	2	3	S2	2	3	S2
E12				1	4	S1
E17	2	4	S9, S1	4	-	-
E20				2	4	S2

Μερικά συμπληρωματικά στοιχεία για τα έργα του προηγούμενου πίνακα:

Στο έργο E2 για πρώτη φορά οι μαθητές εφαρμόζανε το απλό μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας.

Στο έργο E8 για πρώτη φορά οι μαθητές εφαρμόζανε μοντελοποιημένη γνώση για το μικρόκοσμο.

Το έργο E10 ήταν ένα θεωρητικό έργο, που η κύρια δυσκολία που αντιμετώπιζαν οι μαθητές στην επίλυση του, εκτιμάται ότι δεν ήταν η αδυναμία ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη, αλλά η εφαρμογή της κατάλληλης ευρετικής τεχνικής.

Στο έργο E11 για πρώτη φορά οι μαθητές εφαρμόζανε το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας.

Στο έργο E12 για πρώτη φορά οι μαθητές εφαρμόζαν την έννοια της θερμικής ενέργειας σε επίπεδο μικρόκοσμου. Βέβαια υπήρχε και το γνωστό πρόβλημα της MB με την έλλειψη διαφοροποίησης ανάμεσα στην έννοια αυτή και τη θερμότητα.

Στο έργο E20 για πρώτη φορά οι μαθητές εφαρμόζαν την αντίστοιχη μοντελοποιημένη γνώση του πώς ένα σώμα σταθερής θερμοκρασίας μπορεί να ακτινοβολεί συνεχώς.

Συμπερασματικά λοιπόν η αδυναμία ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη των μαθητών εντοπίστηκε σε λίγα έργα. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν κυρίως έργα στα οποία η μοντελοποιημένη γνώση εφαρμόζεται για πρώτη φορά. Το αποτέλεσμα αυτό είναι σύμφωνο με τη φιλοσοφία της Γνωσιακής Μαθητείας, η οποία βέβαια δεν υπόσχεται θαύματα, αλλά θεωρεί ότι η αφομοίωση της γνώσης από τους μαθητές μπορεί να έλθει κυρίως από την εφαρμογή από τους ίδιους της αφηρημένης γνώσης σε πολλά καθημερινά προβλήματα.

Όσον αφορά τελικά έργα, δεν μπορούν να βγουν ασφαλή συμπεράσματα, αφού δεν υπήρξε κωουτσάρισμα στα έργα αυτά και άρα δεν χρησιμοποιήθηκαν βοήθειες όπως η S1 και S2. Εκτιμάται πάντως, ότι αδυναμία ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη εντοπίζεται στο έργο T1 για το MA και στο έργο T5 για τη MB για διαφορετικούς λόγους που αναφέρθηκαν στην αρχή της ανάλυσης.

Η ικανότητα πρόβλεψης των μαθητών σε μελλοντικά γεγονότα, που σχετίζονται με τα θερμικά φαινόμενα με χρήση της επιστημονικής γνώσης, είναι μια συμπεριφορά επίσης που είναι εύκολα διακριτή στην εκφώνηση ενός προβλήματος και στις απαντήσεις που δίνουν οι μαθητές. Όπως μπορεί να φανεί από τον πίνακα 4.6 η συμπεριφορά αυτή (Σ3) στο 2^ο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας εντοπίζεται στα έργα E22 και E23. Ο MA προβλέπει σωστά και στα δύο έργα, χρησιμοποιώντας για την πρόβλεψη του την επιστημονική γνώση. Η MB προβλέπει σωστά επίσης και στα δύο αυτά έργα, αλλά μόνο στο E22 η πρόβλεψη της στηρίζεται στη χρήση της επιστημονικής γνώσης, ενώ για το E23 χρησιμοποιεί εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες.

Στα αρχικά/τελικά έργα η συμπεριφορά εντοπίζεται στα έργα A3/T3, A4/T4, A5/T5 και A6/T6.

Ο MA σε όλα τα έργα εκτός από το A4/T4 προβλέπει σωστά. Στα αρχικά έργα ενώ μεν προβλέπει σωστά (εκτός από A4), οι προβλέψεις του βασίζονται σε εναλλακτικά εννοιολογικά μοντέλα. Στα A4/T4 ενώ προσπαθεί και στα δύο έργα να κάνει χρήση της επιστημονικής γνώσης, αποτυγχάνει με αποτέλεσμα να μην προβλέπει και σωστά.

Η MB προβλέπει σωστά με βάση την επιστημονική γνώση και στα δύο αντίστοιχα έργα A4/T4. Στα A3, A5 δεν προβλέπει σωστά, χρησιμοποιώντας αισθητηριακούς παράγοντες για την πρόβλεψη της στο πρώτο έργο και εναλλακτικές ιδέες στο δεύτερο. Στο A6 προβλέπει μεν σωστά αλλά δεν δίνει ουσιαστικά εξηγήσεις που βασίζει την πρόβλεψη της. Ουσιαστική πρόοδος στα τελικά έργα παρατηρείται μόνο στο έργο T3, όπου προβλέπει σωστά με βάση την επιστημονική γνώση. Κάποια μικρή πρόοδος παρατηρείται στο έργο T6, όπου προβλέπει πάλι σωστά, αλλά για την πρόβλεψη της χρησιμοποιεί μόνο κάποια σημαντικά στοιχεία από την αναγκαία επιστημονική γνώση.

Συμπερασματικά λοιπόν για τη συμπεριφορά Σ3, ο μεν MA μπορεί πλέον να κάνει άριστες προβλέψεις μελλοντικών γεγονότων σχετικών με τα θερμικά φαινόμενα με χρήση της επιστημονικής γνώσης. Εξαίρεση αποτελεί η θεματική ενότητα της διάδοσης θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς, στην οποία δεν δόθηκε και ιδιαίτερο βάρος από τη διδακτική σειρά. Η MB αντιμετωπίζει προβλήματα σωστών προβλέψεων με χρήση της επιστημονικής γνώσης, αν και αυτή έχει σημειώσει κάποια πρόοδο. Να σημειωθεί πάντως, ότι στα ενδιάμεσα έργα η Σ3 εντοπίζεται μόνο στα έργα που είναι σχετικά με την θεματική ενότητα της ακτινοβολίας και επομένως τα συμπεράσματα δεν είναι εύκολα γενικεύσιμα για όλες τις θεματικές ενότητες που έχουν μελετηθεί, όπου γενικά και ο MA και η MB τα πήγαν πολύ καλά.

Για τη μελέτη των συμπεριφορών Σ1 και Σ2, της περιγραφής και επικοινωνίας δηλ. αντίστοιχα θα γίνει μια μερική ομαδοποίηση του πίνακα 4.5 βασισμένη στον πίνακα 4.6. Στο νέο πίνακα που θα δημιουργηθεί, προσπάθεια είναι να απομονωθούν όσο το δυνατόν οι συμπεριφορές Σ1 και Σ2. Επιλέγονται λοιπόν καταρχήν τα έργα εκείνα από τον πίνακα 4.6, όπου εκτός από τις συμπεριφορές Σ1, Σ2 και Σ6 (που υπάρχουν σε όλα τα έργα) να υπάρχει μία το πολύ επί πλέον άλλη συμπεριφορά. Τα έργα αυτά είναι τα E1, E3, E6, E8, E9, E10, E13, E18, E19 και E21. Η συμπεριφορά Σ6 μπορεί επίσης να αποκλεισθεί αν στον νέο αυτό πίνακα που θα δημιουργηθεί δεν συμπεριληφθούν τα έργα εκείνα, στα οποία δόθηκαν οι βοήθειες S1 και/ή S2, τα έργα δηλ. στα οποία παρατηρήθηκε από τους μαθητές αδυναμία ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη. Τα έργα που δεν θα συμπεριληφθούν επομένως

είναι τα Ε8 και Ε10 (βλ. πίνακα 4.7). Στα έργα του επόμενου πίνακα δηλ. δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη των μαθητών.

Πίνακας 4.8: Επιδόσεις μαθητών στα ενδιάμεσα έργα (Π.Α.Ε.) με βασικές συμπεριφορές την περιγραφή (Σ1) και επικοινωνία (Σ2) στην επιστήμη

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	Συμπεριφορές Σi	Π.Α.Ε. ΜΑ	Π.Α.Ε. ΜΒ
Ε1	Σ1, Σ2, Σ6	3	4
Ε3	Σ1, Σ2, Σ6	4	4
Ε6	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	4	3
Ε7	Σ1, Σ2, Σ6	4,Κ	4,Κ
Ε9	Σ1, Σ2, Σ6	2	4
Ε13	Σ1, Σ2, Σ6	3	4
Ε18	Σ1, Σ2, Σ6	4	4
Ε19	Σ1, Σ2, Σ4, Σ6	1	4
Ε21	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	4	3

Τα Ε1, Ε3, Ε13 και Ε18 (όπως και το Ε8, που δεν συμπεριλήφθηκε στον πίνακα 4.8) αποτελούν έργα «λόγου», όπου οι μαθητές καλούνται να σχηματίσουν δικές τους προτάσεις με μόνο περιορισμό τη χρήση κάποιων λέξεων που υπαγορεύει το έργο. Στα έργα αυτά η ΜΒ βαθμολογήθηκε με άριστα (4) σε όλα, ενώ ο ΜΑ στα δύο με άριστα (4) και στα άλλα δύο με (3). Τα Ε6 και Ε21 είναι έργα, όπου η γλώσσα της επιστήμης χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή (Σ1) και διατύπωση (Σ2) καθημερινών προβλημάτων (Σ5). Στα έργα αυτά ο ΜΑ βαθμολογήθηκε και στα δύο με άριστα (4), ενώ η ΜΒ με (3). Τα υπόλοιπα έργα, Ε7, Ε9 και Ε19 είναι «θεωρητικά» έργα που απαιτούν εφαρμογή μοντελοποιημένης γνώσης. Στο έργο Ε7 είναι φανερή η δυσκολία των μαθητών να ανταποκριθούν σε τέτοια θεωρητικά έργα, σε σχέση με τα Ε6 και Ε21, όπου η μοντελοποιημένη γνώση εφαρμόζεται σε καθημερινά προβλήματα. Παρόλα αυτά οι ΜΑ και ΜΒ ολοκλήρωσαν επιτυχώς (4) το ήμισυ του έργου, ενώ δεν ανταποκρίθηκαν καθόλου (Κ) στο άλλο. Το έργο Ε9 απαιτούσε για την επίλυση του, την εφαρμογή μιας ευρετικής τεχνικής, κάτι που δεν έκανε τουλάχιστον ο ΜΑ. Στο έργο αυτό ο ΜΑ βαθμολογήθηκε με (2), ενώ η ΜΒ με άριστα (4). Να σημειωθεί, ότι στο έργο Ε19 δεν δόθηκε η ευκαιρία στο ΜΑ να διευκρινίσει την γραπτή του απάντηση και έτσι δεν είναι σίγουρο, ότι η βαθμολογία (1), που καταγράφηκε, ανταποκρίνεται στην πραγματική του επίδοση. Η επίδοση της ΜΒ στο ίδιο έργο ήταν άριστα (4).

Να σημειωθεί επίσης, ότι και σε δραστηριότητες των φύλλων εργασίας των έργων Ε22 και Ε23, που δεν συμπεριλήφθηκαν σε αυτά γιατί απαντήθηκαν συνεργατικά, η

επίδοση των μαθητών ήταν άριστη. Οι δραστηριότητες αυτές αφορούσαν κυρίως τη συμπεριφορά Σ2 (λήψη δεδομένων από γραφική παράσταση, συμπλήρωση πινάκων).

Με ανάλογο τρόπο καταστρώνεται πίνακας για τα αρχικά και τελικά έργα. Στον πίνακα αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται όμως το έργο Α1 αφού το αντίστοιχο έργο του Τ1 περιέχει πολύ περισσότερες συμπεριφορές και επομένως υπάρχει αδυναμία σύγκρισης. Τα παρακάτω έργα, ως προς τις συμπεριφορές που εμπεριέχουν, είναι όμοια με τα Ε6 και Ε21. Επίσης στα έργα αυτά, αφού δεν έχουν δοθεί βοήθειες δεν μπορεί να γίνει εκτίμηση της ικανότητας ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη των μαθητών.

Πίνακας 4.9: Επιδόσεις μαθητών στα αρχικά και τελικά έργα (Π.Α.Ε.) με βασικές συμπεριφορές την περιγραφή (Σ1) και επικοινωνία (Σ2) στην επιστήμη

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	Συμπεριφορές Σi	Π.Α.Ε. MA	Π.Α.Ε. MB
A2	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	Κ,4,4,4,4	4,2,Κ,Κ,Κ
T2	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	4	3
A7	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	1	1
T7	Σ1, Σ2, Σ5, Σ6	4	4

Και από τον πίνακα είναι φανερή η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στις μελετούμενες συμπεριφορές. Να σημειωθεί, ειδικά για την απάντηση στο Τ2 της ΜΒ ότι πιθανότατα αυτή να υποκρύπτει αδυναμία ανάκλησης γνώσης από τη μνήμη της μαθήτριας.

Ενισχυτικά για τα προηγούμενα επιτυχή αποτελέσματα που έχουν οι μαθητές όταν περιγράφουν και διατυπώνουν τη σκέψη τους πάνω στα θερμικά φαινόμενα είναι και αυτά που προκύπτουν από τη χρήση καθημερινών λέξεων από τους μαθητές στις περιγραφές και διατυπώσεις τους κατά την επίλυση όλων των ερευνητικών έργων. Συγκεκριμένα, ο ΜΑ μόνο στο έργο Ε17 χρησιμοποίησε ασυνείδητα καθημερινή λέξη, το «κρύο» (ως ουσιαστικό) και αυτό ήταν αποτέλεσμα της κούρασης του. Η ΜΒ επίσης μόνο στο έργο Ε24 μίλησε για «ροή ψυχρότητας», επειδή δεν μπορούσε να επιλύσει το έργο με χρήση της επιστημονικής γνώσης εξαιτίας της ανεπαρκούς (τουλάχιστον για την ίδια) μοντελοποίησης της αντίστοιχης γνώσης και του ανεπαρκούς κωουτσαρίσματος. Γενικά, οι μαθητές, όπως μπορεί να φανεί από τις προφορικές απαντήσεις και διευκρινήσεις τους, εναλλάσσονταν άριστα ανάμεσα στις καθημερινό και επιστημονικό λόγο. Εύκολα, για παράδειγμα ερμήνευαν το «ζεστό σώμα» ως σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας από κάποιο άλλο. Επίσης, όταν χρησιμοποιούσαν τέτοιες λέξεις είχαν συνείδηση ότι αυτές ανήκουν στο καθημερινό λεξιλόγιο.

Οι συμπεριφορές Σ4 και Σ5, αντίστοιχα δηλ. της ικανότητας εξήγησης θερμικών φαινομένων και τις εφαρμογής της επιστημονικής γνώσης σε καθημερινά προβλήματα, είναι οι πιο δύσκολες να διερευνηθούν, αφού

συνυπάρχουν σχεδόν παντού με τις υπόλοιπες. Δεν υπάρχουν δηλ. πολλά έργα, στα οποία οι Σ5 και Σ6 να είναι σχετικά απομονωμένες. Βέβαια και για τις συμπεριφορές αυτές ισχύουν τα γενικά συμπεράσματα. Στον επόμενο πίνακα περιγράφονται οι επιδόσεις των μαθητών στα έργα, όπου εντοπίζεται η συμπεριφορά της εξήγησης (Σ4). (Ο πίνακας αυτός αποτελεί επίσης μερική ομαδοποίηση του πίνακα 4.5 με βάση τον πίνακα 4.6.)

Πίνακας 4.10: Επιδόσεις μαθητών στα ενδιάμεσα έργα (Π.Α.Ε., Ε.Ε.Α. & βοήθειες Σi), όπου υπάρχει η συμπεριφορά Σ4

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΟΥ	Συμπεριφορές Σi	Π.Α.Ε. MA	Ε.Ε.Α. MA	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MA	Π.Α.Ε. MB	Ε.Ε.Α. MB	ΒΟΗΘΕΙΕΣ MB
E2	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	Κ	4	S1	Κ	4	S1, S7
E4	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	2	4	S3	0	4	S3
E5	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4,Κ	4	S3	3	4	S3
E10	Σ1, Σ2, Σ4, Σ6	Κ	4	S3, S5, S1	Κ	4	S3, S5, S1
E11	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	2	3	S2	2	3	S2
E12	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	1	4	S1
E14	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	4	-	-
E15	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	0	4	S3
E16	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	2	4	S3	2	4	S8
E17	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	2	4	S9, S1	4	-	-
E19	Σ1, Σ2, Σ4, Σ6	1	1	-	4	-	-
E20	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	2	4	S2
E22	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	4	-	-
E23	Σ1, Σ2, Σ4,Σ5, Σ6	4	-	-	1	3	S3, S3

Παρατηρώντας την επίδοση των μαθητών στα έργα E10 και E20, εκείνο που θα μπορούσε να ειπωθεί είναι ότι η ικανότητα εξήγησης θερμικών φαινομένων (Σ4) γίνεται πιο δύσκολη, όταν οι εξηγήσεις ζητούνται έξω από το πλαίσιο εφαρμογής των καθημερινών προβλημάτων (Σ5), σε ένα καθαρά θεωρητικό επίπεδο. Γενικά πάντως,

η ικανότητα εξήγησης θερμικών φαινομένων από τους μαθητές εμφανίζεται ως η πιο προβληματική. Το γεγονός αυτό εκτιμάται, ότι κυρίως οφείλεται στο ότι οι μαθητές σε τέτοια έργα απαιτείται να σκεφτούν όσο το δυνατόν πιο συνειδητά. Αυτό είναι φανερό και στον πίνακα 4.10 από τη μεγάλη συχνότητα που χρησιμοποιείται η βοήθεια S3.

Ανάλογα συμπεράσματα για τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα των μαθητών, όταν το πλαίσιο του έργου είναι μέσα στα καθημερινά προβλήματα (Σ5), βγαίνει και από τη μελέτη του πίνακα 4.8 . Στον πίνακα αυτό, όπου κυρίαρχες συμπεριφορές είναι η περιγραφή (Σ1) και επικοινωνία (Σ2) στην επιστήμη, παρατηρείται ότι στα έργα E6 και E21 (όπου συμπεριλαμβάνεται και η συμπεριφορά Σ5) η επιδόσεις των μαθητών είναι τουλάχιστον το ίδιο υψηλές με τα άλλα έργα του πίνακα E1, E3, E7, E9, E13 και E18 στα οποία η περιγραφή και επικοινωνία περιορίζονται σε ένα θεωρητικό επίπεδο. Αλλά και στα τελικά έργα T2 και T7, όπου η περιγραφή και επικοινωνία εφαρμόζονται στα καθημερινά προβλήματα οι επιδόσεις των μαθητών είναι πολύ υψηλές (πίνακας 4.9).

4.3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΚΑΙ ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΣΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ

Συνοψίζοντας τα ευρήματα της έρευνας και με δεδομένους τους περιορισμούς αυτής, θα επιχειρηθεί μια πρώτη απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα.

Όσον αφορά καταρχήν τα γενικότερα αποτελέσματα με τη προσέγγιση της γνωσιακής μαθητείας, χρησιμοποιώντας την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, αυτά κρίνονται ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Συγκεκριμένα, η πρόοδος του MA σε όλα τα έργα είναι πολύ ικανοποιητική. Στα τελικά έργα είχε μέσο όρο βαθμολογίας (3), ενώ αντίστοιχες υψηλές επιδόσεις και συχνά καλύτερες σημείωσε χωρίς βοήθειες και στα ενδιάμεσα έργα. Στα ενδιάμεσα έργα, που δεν σημείωσε άριστα (4), χρησιμοποίησε ελάχιστες βοήθειες που σταδιακά ο αριθμός τους έφθινε. Ο MA απέδειξε δηλ. ότι σύντομα και οι ικανότητες που απαιτούνται για την επίλυση αυτών των έργων θα περάσουν από το επικείμενο επίπεδο ανάπτυξης του στο πραγματικό. Αντίστοιχες υψηλές επιδόσεις στα ενδιάμεσα έργα σημείωσε και η MB, τόσο στο πραγματικό επίπεδο ανάπτυξης, όσο και στο επικείμενο. Οι λόγοι μιας όχι ανάλογης καταγραφής των επιδόσεων αυτών της μαθήτριας και στα τελικά έργα έχουν αναλυθεί στο προηγούμενο κεφ. 4.2 και εκτιμάται ότι σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να αποδοθούν στη φιλοσοφία της διδακτικής σειράς.

Τα χαρακτηριστικά των ιδεατών περιβαλλόντων μάθησης της γνωσιακής μαθητείας, σύμφωνα με τους Collins et al (1989)⁴⁰, ελήφθησαν όλα υπόψη και εφαρμόστηκαν με μεγαλύτερη ή μικρότερη επιτυχία κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς.

Συγκεκριμένα, οι μαθητές στο περιεχόμενο μάθησης πέραν των γνώσεων για τη θερμότητα διδάχθηκαν και μια σειρά άλλων στρατηγικών, που θα μπορούσαν να εφαρμόσουν ακόμα και σε ατομική μελέτη. Έτσι, συζήτηση έγινε με τους μαθητές πάνω στη σημασία των ευρετικών στρατηγικών (π.χ της μεθόδου της σε άτοπο απαγωγής), καθώς και στους τρόπους που αυτοί μπορούν να μαθαίνουν. Οι τρόποι αυτοί περιλαμβάνουν και δικές τους στρατηγικές βέβαια, αλλά και στρατηγικές που διδάχθηκαν. Οι τελευταίες εστιάστηκαν κυρίως στην τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, αλλά έγινε και μια γενικότερη συζήτηση πάνω σε συνεργατικούς τρόπους μάθησης και όχι μόνο. Μέσα από την τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας οι

⁴⁰ Βλ. κεφ. 1.3, σσ.22-32

μαθητές βίωσαν τρόπους, για να μαθαίνουν πιο μεθοδικά, αλλά και να ελέγχουν την κατανόηση τους. Η προσαρμογή της τεχνικής αυτής στη διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών αποδείχθηκε ιδιαίτερα σημαντική. Εξαίρεση πιθανότατα να αποτελεί η διαδικασία της πρόβλεψης κειμένου που ακολουθεί. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ελάχιστα, αφού δεν δημιουργήθηκε η σχετική ανάγκη (πιθανότατα και λόγω της δομής του σχολικού βιβλίου). Αμφιβολίες λοιπόν εκφράζονται ως προς τη χρησιμότητα της στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Η τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας έπαιξε μεγάλο ρόλο και στη μοντελοποίηση (modeling) της γνώσης, αφού ανέλαβε ένα μεγάλο κομμάτι της, που διαφορετικά θα έπρεπε να γίνει από το δάσκαλο. Σε αντίθεση όμως με την πιλοτική διδασκαλία που αυτή χρησιμοποιήθηκε αδιακρίτως, στη βασική διδασκαλία χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε παραγράφους του σχολικού βιβλίου που περιείχαν αφηρημένη γνώση. Το υπόλοιπο κομμάτι, που περιείχε παραδείγματα συζητιόταν πιο ελεύθερα ή καλούνταν οι μαθητές να εφαρμόσουν τη μοντελοποιημένη γνώση σ' αυτά. Οι μαθητές ξεκινούσαν με εντοπισμό των δυσκολιών που αντιμετώπιζαν στο κείμενο, συνέχιζαν βρίσκοντας τρόπους επίλυσης τους και προχωρούσαν με κατασκευή ερωτήσεων ουσίας για να φθάσουν τελικά στη δημιουργία της σύνοψης και στην αφηρημενοποίηση της γνώσης. Στη σύνοψη συμπεριλαμβανόταν και οι όποιες μοντελοποιήσεις γινόταν από το δάσκαλο. Στις προσπάθειες αυτές των μαθητών ο δάσκαλος ήταν πάντα αρωγός και αναλάμβανε ο ίδιος κάθε κομμάτι της διαδικασίας αυτής, στο οποίο συναντούσαν δυσκολίες. Η διδασκαλία όμως των Φυσικών Επιστημών σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να αφηθεί μόνο στην τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας. Έτσι, τα πειράματα (με την αρωγή και των μαθητών), η μοντελοποίηση της γνώσης σε σημεία του βιβλίου που κρίθηκαν δύσκολα ή ιδιαίτερα κρίσιμα ή υπήρχε διδακτική παρέμβαση στο βιβλίο έγιναν από το δάσκαλο.

Το κωουτσάρισμα (coaching) των μαθητών, που πέρα από το στήσιμο των κατάλληλων δραστηριοτήτων (μοντελοποίηση) περιλαμβάνει και τις αναγκαίες βοήθειες (scaffolding) για την επίλυση των έργων από τους μαθητές, κρίνεται ικανοποιητικό αν ληφθεί υπόψη η απειρία του δάσκαλου σε ένα τέτοιο πρωτόγνωρο ρόλο. Στο γεγονός αυτό βοήθησε βέβαια και ότι τουλάχιστον το θέμα πάνω στο οποίο κτίστηκε η διδακτική σειρά ήταν γνωστού σεναρίου στο δάσκαλο. Έτσι, κατά την επίλυση των έργων προσπάθεια έγινε και επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό, να δίνονται οι κατάλληλες βοήθειες προς τους μαθητές, όσο το δυνατόν λιγότερες και στον κατάλληλο χρόνο. Συγχρόνως όμως και με το ενδιαφέρον για την επίλυση κάθε έργου, έπρεπε να γίνεται και μια συνολική αντιμετώπιση των αναδυόμενων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών των μαθητών. Κάτι τέτοιο δεν έγινε (στο βαθμό που χρειαζόταν τουλάχιστον) με την περίπτωση της MB, με αποτέλεσμα το κωουτσάρισμα της να κρίνεται ανεπαρκές. Το ανεπαρκές κωουτσάρισμα της μαθήτριας μπορεί να αποδοθεί ίσως και στο ότι δεν της δόθηκαν οι ευκαιρίες για μια πιο σαφή άρθρωση (articulation) των ιδεών της αυτών, ούτως ώστε να γίνουν έγκαιρα αντιληπτές από το δάσκαλο και να γίνουν οι κατάλληλες ενέργειες.

Η διαδικασία του στοχασμού (reflection) καταγράφηκε επίσης στη διάρκεια της διδακτικής σειράς. Μετά την ανεπιτυχή επίλυση του έργου κάποιου μαθητή αυτός

την συνέκρινε με την ενδεχόμενα ορθή απάντηση του συμμαθητή του, αλλά κυρίως με την μοντελοποιημένη γνώση και τον τρόπο που θα σκεφτόταν ένας Φυσικός. Η διαδικασία του στοχασμού θα ήταν πιο γόνιμη, αν οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να συγκρίνουν μέσω αποηχογραφημένων στιγμιότυπων απαντήσεις τους με άλλες παλιότερες ή με αυτές που θα έδινε ένας Φυσικός. Κάτι τέτοιο λόγω χρονικής πίεσης δεν έγινε και εκφράζονται αμφιβολίες κατά πόσο θα μπορούσε να γίνει μάλλον και σε μια πραγματική τάξη. Το τέλος της διδακτικής σειράς περιλάμβανε επίσης το στοχασμό των μαθητών σε όλες τις διαδικασίες που απαιτήθηκαν για την κατανόηση του θέματος του «Θερμός», αλλά και της εξέλιξης των ιδεών των μαθητών από την αρχή μέχρι το τέλος της διδακτικής σειράς.

Εξερεύνηση (Exploration) δεν έγινε από τους μαθητές με την έννοια να κατασκευάσουν οι ίδιοι ένα πρόβλημα ή ερώτημα και να προσπαθήσουν να το επιλύσουν. Διδάχθηκαν όμως αυτή τη μέθοδο, αφού ουσιαστικά η διδακτική σειρά ήταν οι ενέργειες που απαιτούνται για την κατανόηση ενός άγνωστου θέματος.

Η διδασκαλία στη μελέτη των αναγκαίων διδακτικών ενοτήτων ακολούθησε τη σειρά αυτών στο σχολικό βιβλίο. Επομένως και στη διδακτική σειρά, όπως και στο σχολικό βιβλίο τηρήθηκε η αρχή της αυξανόμενης πολυπλοκότητας (increasing complexity). Η αρχή αυτή όμως δεν τηρήθηκε στο μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας με αποτέλεσμα να μην καταγραφεί η αναμενόμενη πρόοδος στο τελικό έργο T1 για το MA.

Οι δραστηριότητες επίσης του βιβλίου χαρακτηρίζονται από μια αυξανόμενη ποικιλία (increasing diversity), εμπλουτίζονταν σταδιακά με επί πλέον δραστηριότητες (πραγματικά πειράματα με απλά υλικά, χρήση προσομοιώσεων, συμπλήρωση φύλλων εργασίας).

Το κριτήριο επίσης της εκτέλεσης των γενικών πριν από τις τοπικές δεξιότητες (global before local skills) τηρήθηκε απόλυτα. Οι μαθητές ξεκίνησαν τη διδασκαλία με το θέμα του «Θερμός» κτίζοντας έτσι ένα εννοιολογικό χάρτη των θεμάτων που έπρεπε να διδαχθούν. Στους μαθητές επίσης δόθηκε ένα απλό μακροσκοπικό μοντέλο για τη θερμότητα, πριν ακόμα διδαχθούν τη σχετική ενότητα από το σχολικό βιβλίο.

Η κοινωνιολογία του μαθησιακού περιβάλλοντος λήφθηκε επίσης σοβαρά στο σχεδιασμό της διδακτικής σειράς. Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης (situated learning) αποτέλεσε οδηγό για το σχεδιασμό αυτό. Ξεκινώντας τη διδασκαλία από το θέμα του «Θερμός» οι μαθητές κατανόησαν το σκοπό και τις χρήσεις της γνώσης που μαθαινόταν. Η εφαρμογή της γνώσης έγινε ενεργά από τους μαθητές σε πολλαπλά πλαίσια, σε καθημερινά προβλήματα αλλά και σε θεωρητικά και τεχνολογικά⁴¹ έργα. Το σχολικό βιβλίο εξυπηρέτησε βέβαια σημαντικά στο σκοπό αυτό. Η μάθηση σε πολλαπλά πλαίσια είναι αυτή που επιφέρει και την αφηρημενοποίηση τελικά και της γνώσης.

Η εισαγωγή στον πολιτισμό της πρακτικής του Φυσικού (culture of expert practice) ήταν το πρωταρχικό μέλημα της διδακτικής σειράς, αφού προσπάθεια έγινε οι μαθητές να σκέφτονται συνειδητά, με μοντέλα και θεωρίες και όχι αυθόρμητα. Συγχρόνως όλη η γνώση διαμορφώθηκε σε μια όσο το δυνατόν μοντελοποιημένη μορφή ώστε να είναι έτοιμη προς χρήση. Συμπεριφορές άλλες του Φυσικού όπως ο πειραματισμός ή η ικανότητα κρίσης για τις δυνατότητες και τα όρια της επιστήμης διδάχθηκαν και αναμένεται να αποδώσουν καρπούς στους μαθητές σε βάθος χρόνου.

Στο μαθησιακό περιβάλλον έγινε προσπάθεια να διατηρηθούν υψηλά τα εσωτερικά κίνητρα των μαθητών. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε ποικιλία δραστηριοτήτων (τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας, απλά πειράματα, προσομοιώσεις, συμπλήρωση φύλλων εργασίας κ.τ.λ.) Η εργασία των μαθητών έμοιαζε ρεαλιστική, αφού υπήρχε κάποιος εξαρχής στόχος (η κατανόηση του θέματος του «Θερμός») και η υπόλοιπη

⁴¹ Τεχνολογικά προβλήματα περιέχονταν στο βιβλίο και μελετήθηκαν, αλλά όχι στα ενδιάμεσα και τελικά έργα.

διδασκαλία που προωθούσε ολοκληρωμένες δεξιότητες φαινόταν να εξυπηρετεί την συνολική αυτή δραστηριότητα. Ένα άλλο θέμα, που θεωρείται αυτονόητο, και γι' αυτό συχνά παραμελείται είναι η ενθάρρυνση των μαθητών. Κάποια λάθη που έγιναν στην πιλοτική διδασκαλία στο θέμα αυτό, αποφεύχθηκαν στην κυρίως διδασκαλία.

Η ανάπτυξη κοινής δράσης (exploiting cooperation) ήταν κάτι φυσικά που από τη φύση της τεχνική της αμοιβαίας διδασκαλίας υποστηρίχθηκε. Ανάπτυξη συναγωνισμού (exploiting competition) ούτε παρατηρήθηκε ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς, ούτε φυσικά υποστηρίχθηκε. Ο συναγωνισμός έχει κάποιο νόημα να αναπτυχθεί μόνο μεταξύ ομάδων μαθητών και όχι ανάμεσα σε μαθητές ατομικά.

Όσον αφορά τώρα ειδικότερα τις ερευνούμενες συμπεριφορές καλύτερα αποτελέσματα επιτεύχθηκαν από τους μαθητές σε έργα, όπου κυρίαρχες συμπεριφορές ήταν η περιγραφή προβλημάτων (κυρίως καθημερινών) και η επικοινωνία με τους τρόπους της επιστήμης. Οι δυνατότητες ανάκλησης γνώσης των μαθητών από τη μνήμη τους ήταν σχετικά υψηλές και αυξάνονταν όσο εφάρμοζαν σε περισσότερα έργα τη μοντελοποιημένη γνώση. Η ικανότητα των μαθητών να δίνουν εξηγήσεις προβάλλει ως η πιο προβληματική, αφού εδώ περισσότερο από την περιγραφή και επικοινωνία πρέπει να σκεφτούν πιο συνειδητά. Οι εξηγήσεις των μαθητών όμως στα καθημερινά προβλήματα (όπως και η περιγραφή και επικοινωνία πάνω σε καθημερινά προβλήματα) φαίνεται να δίνει καλύτερα αποτελέσματα από την περίπτωση που τα έργα είναι καθαρά θεωρητικά.

Αναφορικά με τη δόμηση της διδασκαλίας πάνω σε ένα θέμα και τον αποκλεισμό έτσι κάποιων διδακτικών ενοτήτων ή την υποβάθμιση κάποιων άλλων παρατηρήθηκε πρόβλημα, αλλά εκτιμάται ότι μπορεί να λυθεί και με την ανάπτυξη και άλλων ανάλογων διδακτικών σειρών. Έτσι, πρόβλημα παρατηρήθηκε με το MA στην επίλυση του έργου T4 που ανήκε στην θεματική περιοχή της διάδοσης θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς, μια διδακτική ενότητα που υποβαθμίστηκε από τη διδακτική σειρά. Σοβαρότερο πρόβλημα αντιμετώπισε η MB με την έλλειψη διαφοροποίησης ανάμεσα στις έννοιες της θερμότητας και της θερμικής ενέργειας, που κατά ένα μεγάλο μέρος οφείλεται και στη μη διδασκαλία της διδακτικής ενότητας της θερμιδομετρίας. Η διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία και ειδικότερα ο ρόλος που παίζει το χρώμα στην απορρόφηση και εκπομπή της ακτινοβολίας δείχνει επίσης λίγο προβληματικό από τον τρόπο που αντιμετωπίστηκε στη διδακτική σειρά, αφού η MB απέτυχε σ' αυτό και στο ενδιάμεσο και στο τελικό έργο.

Η άποψη των δύο μαθητών για τη δόμηση της διδασκαλίας πάνω σε ένα θέμα και όχι να μελετηθεί το βιβλίο καθαρά σειριακά ήταν διαφορετική. Καταρχήν και στους δύο μαθητές διευκρινίστηκε ότι για τη βελτίωση της διδακτικής σειράς περισσότερο ενδιαφέρουν οι «άσχημες» κριτικές παρά τα «καλά λόγια». Η MB θεώρησε πιο δύσκολη τη διδασκαλία έτσι, αλλά δεν θεώρησε τον τρόπο διδασκαλίας αδιάφορο. Αν μπορεί να έχει κάποια σημασία, να σημειωθεί πάντως ότι προηγουμένως της είχε γίνει κριτική για τον τρόπο που εφάρμοζε το μοντέλο της ακτινοβολίας.

MB: Θα ήταν πιο εύκολο να τα παίρναμε με τη σειρά...

Δ: Πιο ενδιαφέρον πως θα ήταν;

MB: Καλά ήταν έτσι όπως το κάναμε. Με τη σειρά τώρα δεν το έχω κάνει για να πω.

Η άποψη του MA ήταν πιο θετική απέναντι στον τρόπο αυτό διδασκαλίας. Ανάλογες απόψεις με το MA διατύπωσαν και οι μαθητές της πιλοτικής διδασκαλίας.

ΜΑ: Καλύτερα που το κάναμε έτσι.

Δ: Γιατί;

ΜΑ: Και σε κρατάει σε αγωνία για το τι θα δεις... και αν το κάναμε με τη σειρά δεν θα ήταν και τόσο ενδιαφέρον... δηλ δεν θα μας ενδιέφερε και πολύ, αυτά θα τα ξέραμε και μετά θα καταλήγαμε... στο θερμός.

Σε ένα τελικό αναστοχασμό τώρα πάνω στην προσέγγιση που επιχειρήθηκε, το πρώτο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι η γνωσιακή μαθητεία δεν αποτελεί σίγουρα ένα πακέτο συνταγών διδασκαλίας. Η γνωσιακή μαθητεία αποτελεί μάλλον περισσότερο μια φιλοσοφία για τον τρόπο διδασκαλίας και έτσι αντιμετωπίστηκε. Δεν είναι ένας τρόπος για να διδαχθούν όλες οι πλευρές της μάθησης και γι' αυτό δεν υπήρξε δισταγμός στην εργασία αυτή για τη χρησιμοποίηση και διαφορετικών τεχνικών μάθησης. Επομένως η όποια επιτυχία της μεθόδου αυτής, παρόλο που απαιτεί από το δάσκαλο να ανταποκρίνεται άμεσα στις αναδυόμενες ανάγκες της διδασκαλίας, δεν είναι άμοιρη της οργάνωσης των δραστηριοτήτων αυτής. Τα αποτελέσματα επομένως της διδακτικής σειράς πρέπει να κριθούν και στο επίπεδο αυτό.

Η γνωσιακή μαθητεία δεν απαιτεί από το δάσκαλο να αναλαμβάνει μόνιμα το ρόλο του «ειδικού». Στην πραγματικότητα, κάτι που έγινε φανερό και από τη χρήση της τεχνικής της αμοιβαίας διδασκαλίας το αντίθετο θα πρέπει να συμβαίνει. Οι μαθητές θα πρέπει να εναλλάσσονται στο ρόλο του «ειδικού» και του «μαθητεύομένου», έτσι ώστε αυτοί να ενθαρρύνονται να γίνουν οι «ειδικοί».

Η απάντηση στο ερώτημα πως ένας δάσκαλος θα μπορούσε να εφαρμόσει στην τάξη τις ιδέες της γνωσιακής μαθητείας δεν είναι μονοσήμαντη. Δεν υπάρχει η συνταγή για την εφαρμογή των δραστηριοτήτων της μοντελοποίησης, των υποστηρικτικών βοηθειών, του ξεθωριάσματος τους, και της συστηματικής και συνεπούς προετοιμασίας. Τελικά εναπόκειται στο δάσκαλο να ανακαλύψει πως αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στο δικό του τομέα διδασκαλίας. Για παράδειγμα η διαδικασία της πρόβλεψης του κειμένου που ακολουθεί δεν φάνηκε να αποδίδει ιδιαίτερα οφέλη στη μελέτη ενός κειμένου Φυσικής, σε Γυμνασιακό επίπεδο τουλάχιστον.

Η μαθητεία είναι ένας τρόπος για να μαθαίνουμε πιο φυσικά. Προσδιορίζει τη μάθηση, πριν από τη δημιουργία των σχολείων, από το πώς μαθαίνει κάποιος τη γλώσσα του μέχρι το πώς χτίζεται μια αυτοκρατορία. Η γνωσιακή μαθητεία αποτελεί λοιπόν μια πρόκληση στο να δοθεί μια απάντηση στη ρήση του George Bernard Shaw ο οποίος δηκτικά μάλλον ανέφερε: «Αυτός που μπορεί, κάνει. Αυτός που δεν μπορεί διδάσκει».

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

- Anderson, J., Greeno, J., Reder, L. & Herbert S. (2000). Perspectives on Learning, Thinking, and Activity. *Educational Researcher*. 29(4), www address: <http://www.aera.net/pubs/er/arts/29%2D04/anders01.htm>
- Anderson, J., Lynne, M., Reder, L. & Herbert S. (1997). Applications and Misapplications of Cognitive Psychology to Mathematics Education. www address: <http://act.psy.cmu.edu/personal/ja/misapplied.html>
- Αλεξόπουλος, Β., Θεριανός, Ο., Κώνστας, Κ. & Φλωράκος, Γ. (1994). *ΦΥΣΙΚΑ ΣΤ' ΤΑΞΗΣ: ερευνώ το φυσικό κόσμο*, Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Ο.Ε.Δ.Β.
- Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκης, Α., Δημητριάδης, Π., Παπαμιμχάλης, Κ. & Παπασιμπα, Λ. (2000α). *Φυσική β' γυμνασίου- Βιβλίο μαθητή*, Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Ο.Ε.Δ.Β.
- Αντωνίου, Δημητριάδης, Π., Παπαμιμχάλης, Κ. & Παπασιμπα, Λ. (2000β). *Φυσική β' γυμνασίου- Οδηγός καθηγητή*, Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Ο.Ε.Δ.Β.
- Arnold, M. & Millar, R. (1994). Exploring the Use of Analogy in the Teaching of Heat and Thermal Equilibrium. In *Science education*, pp.22-35.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). Intentional Learning as a Goal of Instruction. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.
- Βλάχος, Γ. (2000). Απόψεις Ελλήνων και Γερμανών μαθητών για τη θερμότητα. Αποτελέσματα παραδοσιακής διδασκαλίας στο Δημοτικό και Γυμνάσιο, π. Νέα Παιδεία, τ.96.
- Βοσνιάδου, Στ. (1993α). Η Μάθηση στα Πλαίσια της Γνωσιακής Ψυχολογίας, στο: *Γνωσιακή Ψυχολογία, Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*. (σσ. 27-55), Αθήνα: Εκδ. Gutenberg.
- Βοσνιάδου, Στ. (1993β). Προς μια Αναθεώρηση της Γνωσιακής Ψυχολογίας για Νέες Προόδους στη Μάθηση και τη Διδασκαλία, στο: *Γνωσιακή Ψυχολογία, Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*. (σσ. 83-107), Αθήνα: Εκδ. Gutenberg.
- Βοσνιάδου, Στ. (1993γ). Από τη Γνωσιακή Επιστήμη στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία, στο: *Γνωσιακή Ψυχολογία, Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*. (σσ. 345-358), Αθήνα: Εκδ. Gutenberg.
- Brown, A.L. & Palinscar, A.S. (1989). Guided, Cooperative Learning and Individual Knowledge Acquisition. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.
- Brown, J. S., Collins, A, & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*. 18:32-42, www addresses: <http://www.exploratorium.edu/IFI/resources/museumeducation/situated.html> , <http://www.parc.xerox.com/ops/members/brown/papers/situatedlearning.html> , <http://www.ilt.columbia.edu/ilt/papers/JohnBrown.html>
- Brown, J. S., and Duguid, P. (1992). *Stolen Knowledge*, Educational Technology Publications. www address: <http://sce6938-01.fa00.fsu.edu/stolen.html>

Clancey, W.J. (1992). Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. *Journal of Artificial Intelligence in Education* 3(2): 139-168. , www address: <http://cogprints.soton.ac.uk/documents/disk0/00/00/02/91/cog00000291-00/121.htm>

Clancey, W.J. (1995). A Tutorial on Situated Learning. In J. Self (Ed), *Proceedings of the International Conference on Computers and Education (Taiwan)*, (pp. 49-70), Charlottesville, VA: AACE, www address: <http://cogprints.soton.ac.uk/documents/disk0/00/00/03/23/cog00000323-00/139.htm>

Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1993). Anchored Instruction and Situated Cognition Revisited. *Educational Technology*: March 1993.

Collins, A., Brown, J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Shorter version appears in *American Educator*, 6-11, 38-46: Collins, A., Brown, J. S., & Holum, A. (1991, Winter). Cognitive apprenticeship: Making Thinking Visible, www address: http://www.21learn.org/arch/articles/brown_seely.html

Collins, A. (1996). Design Issues for Learning Environments. In S.Vosniadou et al (Ed.), *International Perspectives on the Design of Technology-Supported Learning Environments*. (pp. 347-361). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Collins, A., Hawkins, J., & Carver, S. (1991). A cognitive apprenticeship for disadvantaged students. In B. Means, C. Chelemer & M. S. Knapp (Eds), *Teaching advanced skills to at-risk students* (pp. 216-243). San Francisco: Jossey-Bass, www address: <http://www.edc.org/CCT/ccthome/reports/tr10.html>

Conati, C. & VanLehn, K. (2001). A Probabilistic Plan Recognition for Cognition Apprenticeship. In Proceedings of the 2nd Workshop on "Attitude, Personality and Emotions in User-Adaptive Interactions", at User Modeling 2001, Sonthofen, Germany, www address: <http://www.cs.ubc.ca/~conati/my-papers/cogsci96.pdf>

Cultural-Historical Activity Theory, Center for Activity Theory and Developmental Work Research, Helsinki, www address: <http://www.edu.helsinki.fi/activity/6.htm>

Δασκαλάκης, Δ., Ζηκίδης, Μ., Θεοδοσιάδης, Α., Κώνστας, Κ., Λυμπεροπούλου, Σ. & Σπηλιώτης, Μ., *ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ ΤΑΞΗΣ: ερευνώ το φυσικό κόσμο*, Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Ο.Ε.Δ.Β.

Dekkers, P. & Thijs, G. (1997). Making Productive Use of Students' Initial Conceptions in Developing the Concept of Force, Faculty of Physics and Astronomy and Centre for Development Cooperation Services, The Netherlands.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, Μπφρ. Θ. Κρητικός, Β. Σπηλιωτοπούλου-Παπαντωνίου, Α. Σταυρόπουλος, Αθήνα: Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Τροχαλία.

Duit, R., (1994). The constructivist view in science education—what it has to offer and what should not be expected from it. Proceedings of the International Conference on Science and Mathematics for the 21st century: Towards Innovatory

Approaches. Concepción, Chile, www address:
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/3artigo.htm>

Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in Science – From Behaviorism Towards Social Constructivism and Beyond. In B. Fraser & K. Tobin (Eds): *International Handbook of Science Education*, (pp.3-24), Volume 2, Part One. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.

Ενιαίο Λύκειο. Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Ε.Π.Π.Σ.). Η Εισήγηση του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. (1998). Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ.

Ernest, P. (1995). The One and the Many. In L. Steffe, & J. Gale, (Eds): *Constructivism in Education*, (pp.459-486). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Hodson, D. & Hodson, J. (1998a). From constructivism to social constructivism: a Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review* June 1998, Volume 79, Number 289, pp. 33-41.

Hodson, D. & Hodson, J. (1998b) Science education as enculturation: some implications for practice. *School Science Review* September 1998, Volume 80 Number 290. Association for Science Education, www address:
<http://www.ase.org.uk/publish/jnews/ssr/hodsonsep98.html>

Lave, J. (1988). *COGNITION IN PRACTICE Mind, mathematics and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press.

Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.

Leach, J. & Scott, P. (2000). The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences. Paper prepared for the meeting Research-based teaching sequences, Université Paris VII, France, www address:
<http://www.education.leeds.ac.uk/projects/lis/LeachScottSequences.pdf>

Leach, J., Scott, P., Hind., A. & Lewis, J. (2001). Designing and implementing science teaching upon research evidence about science teaching and learning. Paper presented at the Annual Conference of the British Educational Research Association (BERA), University of Leeds, , www address:
<http://www.education.leeds.ac.uk/research/groups/cssme/Bera01.pdf>

Mandl, H., Gruber, H. & Renki. (1996). A. Learning to Apply: From “School Garden Instruction” to Technology-Based Learning Environments. In S.Vosniadou et al (Eds), *International Perspectives on the Design of Technology-Supported Learning Environments*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Mayer, R. (1992). Teaching of Thinking Skills in the Sciences and Mathematics. In D.F. Halpern, (Ed.), *Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics*. (pp. 95-115). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Μπάρμπας, Α. & Ψύλλος, Δ. (1993). *Διδασκαλία της Φυσικής: Από τον σχεδιασμό στην υλοποίηση. Η περίπτωση της θερμότητας Β΄ Γυμνασίου*. Θεσσαλονίκη.

Palmer, A. (1998). Mediated Conversations for Cognitive Apprenticeship Model, paper prepared for the International Conference of the Learning Sciences. University of Waterloo, www address: http://archive.uwaterloo.ca/~acpalmer/laurillard_intro.html

Performance Assessment Links in Science (PALS). www address: <http://pals.sri.com/pals/index.html>

Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π. & Καρυώτογλου Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δάσκαλου και μαθητή. Σύγχρονη Εκπαίδευση, τ.70, σσ. 34-41.

Resnick, L. (1994). Situated rationalism: Biological and social preparation for learning. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds), *Mapping the mind. Domain specificity in cognition and culture*. New York: Cambridge University Press.

Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford: Oxford University Press.

Roth, W. (1993). Construction Sites: Science Labs and Classrooms. In Tobin, K., (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. (pp. 145-170). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Roth, W. (1995). *Authentic School Science*. The Netherlands: Kluwer Academic Publ.

Sciarretta, M., Stilli, R. & Missoni, M. (1990). On the thermal properties of materials: common- sense knowledge of Italian students and teachers. *Journal of science education*, vol. 12, no. 4, pp. 369-379.

Solomon, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism., *Studies in science education*, vol. 23, pp.1-19.

Viennot, L. (1993). Fundamental Patterns in Common Reasoning: examples in Physics. In P. L. Lijense (Ed.), *European Research in Science Education, Proceedings of the 1st Summerschool*. CDB Press.

v. Glasersfeld, E. (1995). Questions and Answers about Radical Constructivism. In K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Vygotsky, L.S. (1966). *Γλώσσα και Σκέψη*. (Μετάφραση του VII κεφαλαίου) μτφρ. Μ. Μάνιου-Βακάλη Θεσσαλονίκη: Ανάπτυπο από τα «Χρονικά» του Πειραματικού Σχολείου Θεσσαλονίκης.

Vygotsky, L.S. (1997). *Νους στην κοινωνία*. Επιμ. Σ. Βοσνιάδου, μτφρ. Α. Μπίμπου & Σ. Βοσνιάδου. Αθήνα: Εκδ. Gutenberg.

Vygotsky, L.S. (1987). *The Collected Works of L.S. Vygotsky*, Vol. 1: Problems of General Psychology. R. Rieber & A. Carton (Eds). New York: Plenum Press.

Welzel, M., v. Aufschnaiter, C. & Schoster, A. (1999). How to interact with students? The role of teachers in a learning situation. . In J. Leach & A. Paulsen, (Eds), *Practical Work in Science Education: Recent Research Studies*, (pp. 313-327). Denmark: Roskilde University Press

Wertsch, V., J., (1995). Discourse and Learning in the Classroom: A Sociocultural Approach. In L. Steffe, & J. Gale, (Eds): *Constructivism in Education*, (pp.158-173). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Wiser, M. & Carey, S. When Heat and Temperature Were One. In D. Geutner & A. Stevens, (Eds), *Mental Models*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publ.

Wolfson, L. & Willinsky, J. (1998). What service learning can learn from situated learning. Michigan Journal of Community Service Learning, 5, 22-31, www address: <http://www.educ.ubc.ca/faculty/ctg/research/service.htm>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

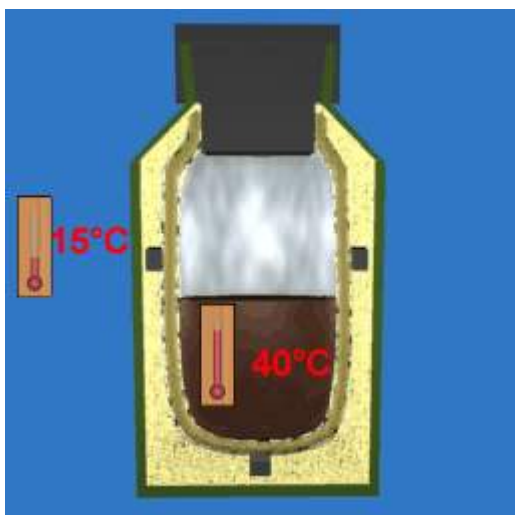
(ΤΟ ΘΕΜΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΣ)

Θερμός

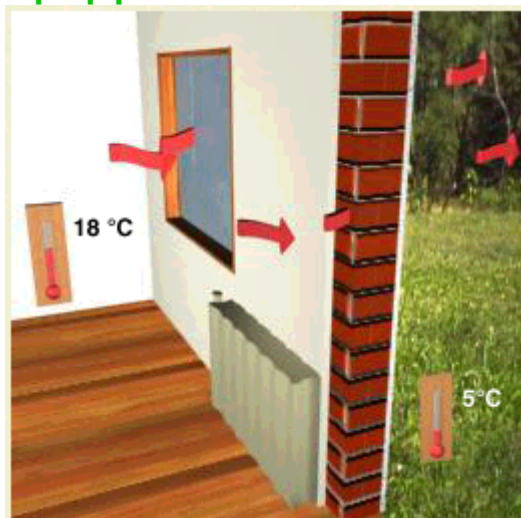
Όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρχονται σε επαφή, θερμότητα ρέει από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα, μέχρι να επέλθει **θερμική ισορροπία**. Γι' αυτό το λόγο κρυώνει ο ζεστός καφές το χειμώνα και ζεσταίνεται το κρύο νερό το καλοκαίρι.

Για να διατηρήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος περίπου σταθερή για ένα χρονικό διάστημα, θα πρέπει να επιβραδύνουμε τις διαδικασίες με τις οποίες διαδίδεται η θερμότητα, δηλαδή την **αγωγή**, τη **μεταφορά** και την **ακτινοβολία**. Δεν είναι όμως δυνατόν να σταματήσουμε εντελώς αυτές τις διαδικασίες, με αποτέλεσμα η θερμική ισορροπία να επέρχεται τελικά. Μία διάταξη που επιβραδύνει τη διάδοση της θερμότητας είναι το θερμός.

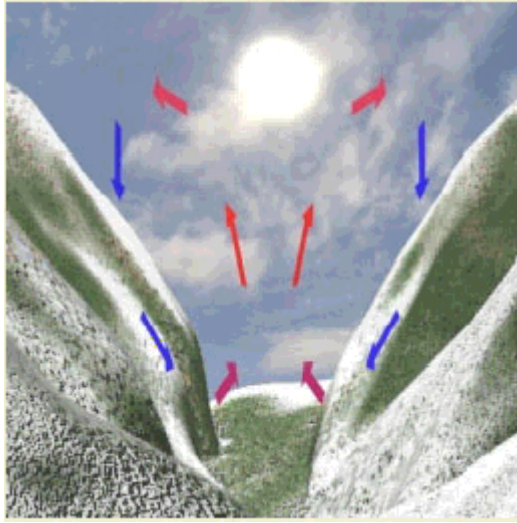
Θερμική ισορροπία είναι η κατάσταση στην οποία όλα τα σώματα ενός συστήματος βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.



αγωγή



μεταφορά



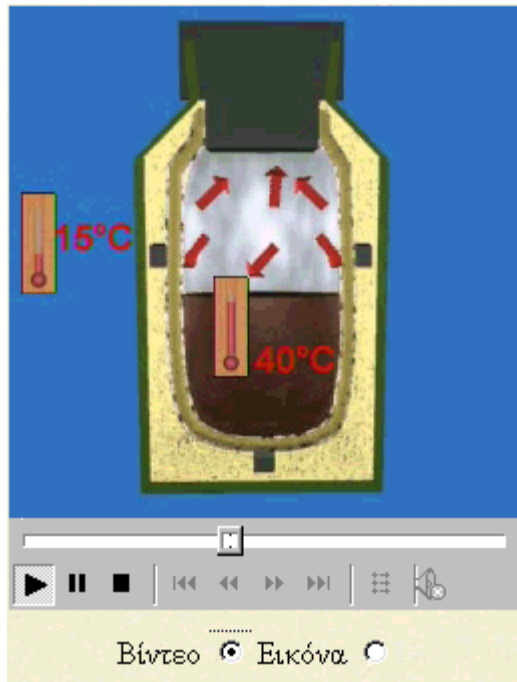
ακτινοβολία



Αρχή Λειτουργίας

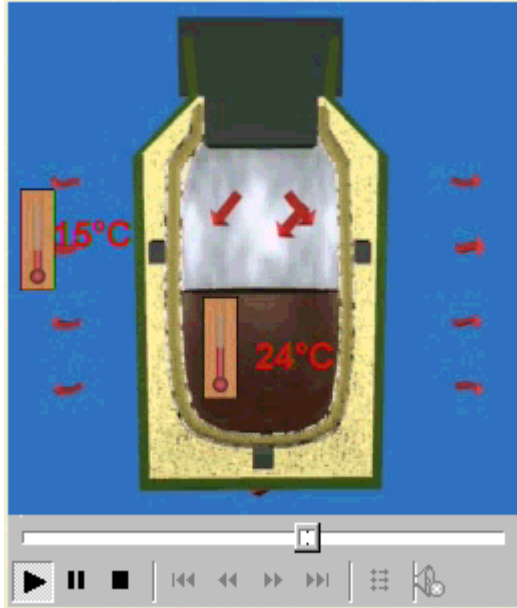
Το θερμός αποτελείται από ένα **γυάλινο δοχείο**, με διπλά λεπτά τοιχώματα. Ο χώρος μεταξύ των τοιχωμάτων είναι κενός, δηλαδή δεν υπάρχουν μόρια. Χωρίς μόρια δεν μπορεί να γίνει διάδοση της θερμότητας ούτε με αγωγή ούτε με μεταφορά. Επομένως οι δύο αυτοί μηχανισμοί μεταφοράς εξαλείφονται σε συνθήκες κενού. Επειδή το γυάλινο δοχείο είναι εύθραυστο, περιβάλλεται από ένα μεταλλικό ή πλαστικό **περίβλημα**.

Για να μειωθεί και η διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, οι επιφάνειες του γυάλινου δοχείου **επαργυρώνονται**, έτσι ώστε να λειτουργούν σαν καθρέφτες, ανακλώντας την ακτινοβολία.

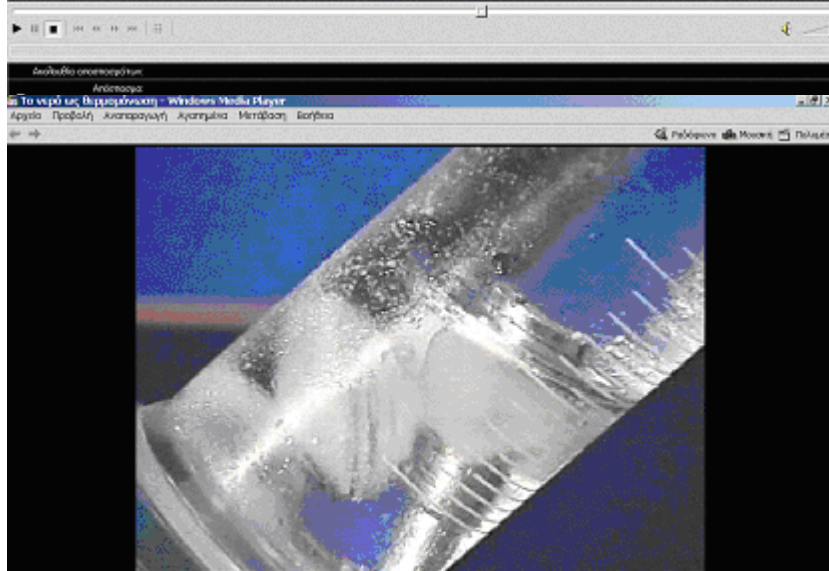
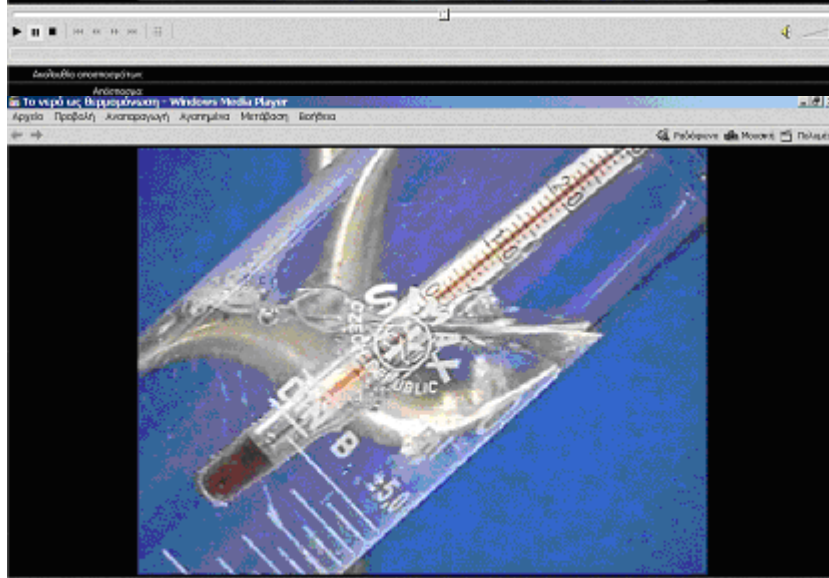
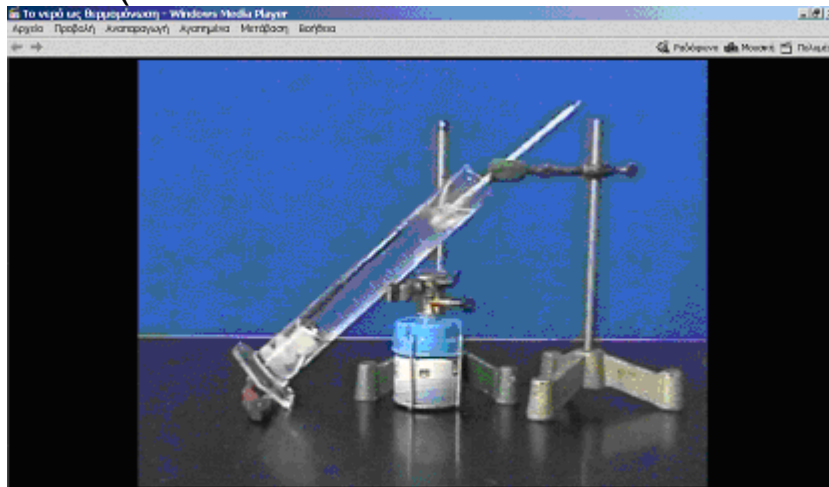


Γιατί ο ζεστός καφές κρυώνει ή η παγωμένη πορτοκαλάδα ζεσταίνεται, ακόμα και μέσα στο θερμός;

Εκτός από τις απώλειες που προέρχονται από την ακτινοβολία, έχουμε διάδοση θερμότητας και με αγωγή. Σε ένα πραγματικό θερμός το κενό μέσα στο γυάλινο δοχείο δεν είναι τέλειο, δηλαδή υπάρχουν μερικά μόρια, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν τη θερμότητα με αγωγή από και προς το περιβάλλον. Έτσι, ακόμα και μέσα στο θερμός, η παγωμένη πορτοκαλάδα προσροφά θερμότητα από το περιβάλλον (και ζεσταίνεται). Όμοια, ο ζεστός καφές κρυώνει γιατί αποβάλλει θερμότητα. Τελικά δηλαδή είναι θέμα χρόνου για το πότε θα επέλθει η θερμική ισορροπία.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β («ΝΑΥΣΙΚΑ»: ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ)



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΑΡΧΕΙΟ ΒΙΝΤΕΟ



ΑΠΟ ΤΟ ΑΡΧΕΙΟ ΗΧΟΥ:

Μιλώ την γλώσσα του μακρόκοσμου. (Αντρική φωνή)

Μιλώ την γλώσσα του μικρόκοσμου. (Γυναικεία φωνή)

Το σώμα A έχει χ θερμοκρασία.

Κάθε μόριο του σώματος A έχει περίπου χ κινητική ενέργεια.

Το σώμα B έχει ψ θερμοκρασία.

Κάθε μόριο του σώματος B έχει περίπου ψ κινητική ενέργεια.

Το σώμα B έχει επομένως μεγαλύτερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία του σώματος A.

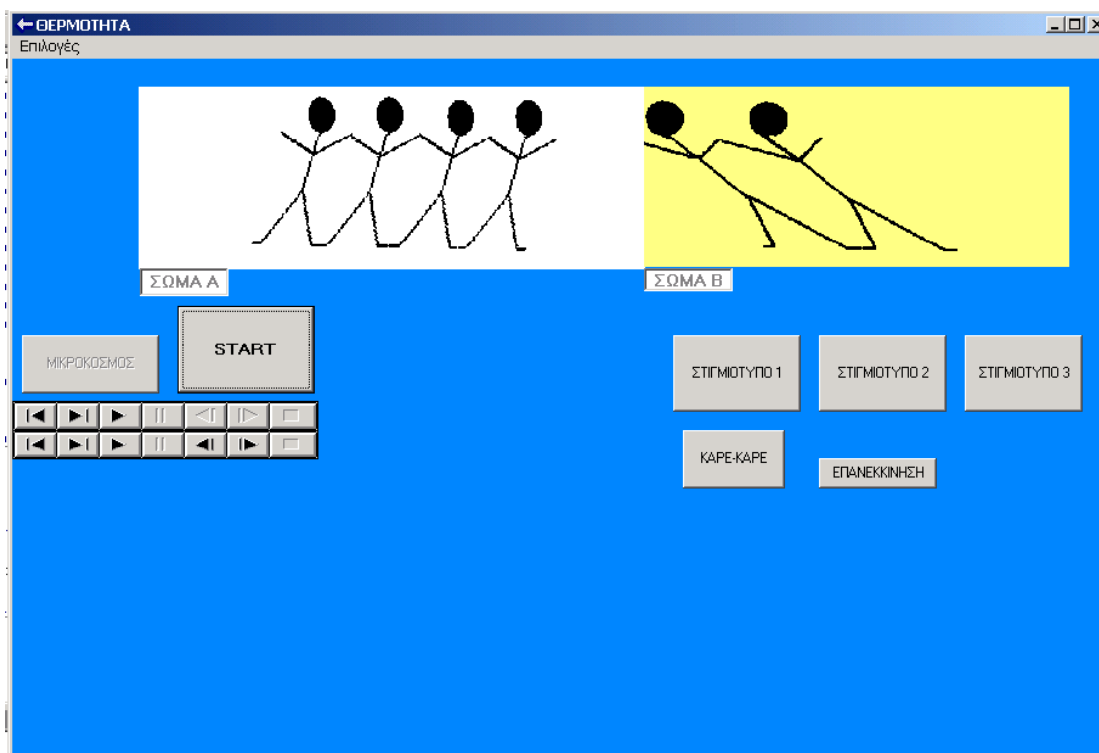
Κάθε μόριο του σώματος B έχει επομένως μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από κάθε μόριο του σώματος A.

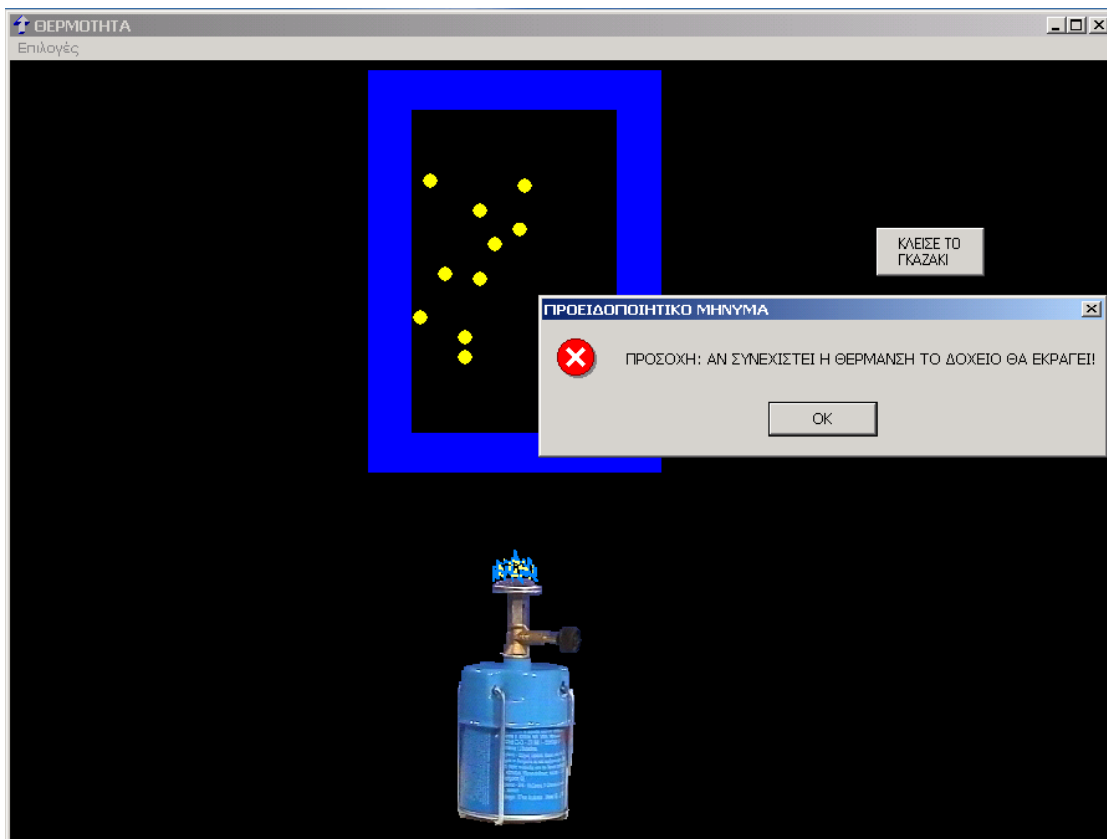
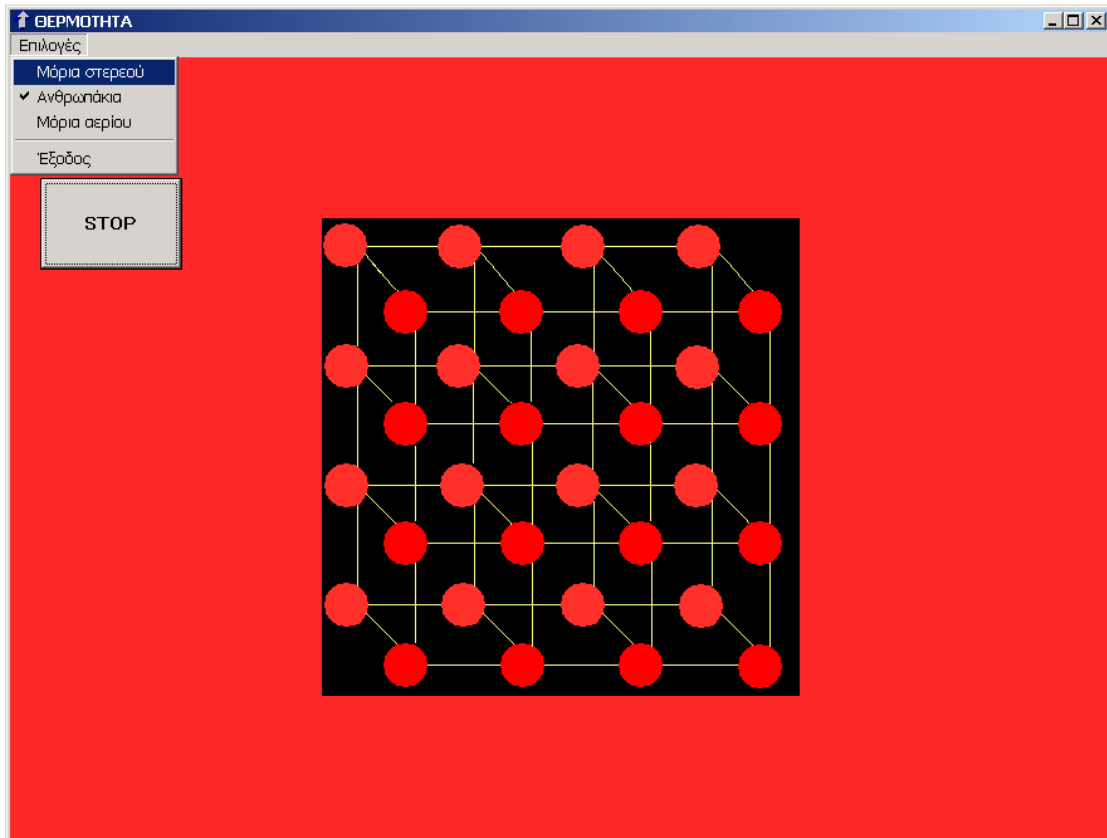
Αρα θα έχουμε μεταφορά ενέργειας με την μορφή θερμότητας από το σώμα B προς το σώμα A.

Αρα θα έχουμε μεταφορά κινητικής ενέργειας των μορίων του σώματος B μέσω συγκρούσεων προς τα μόρια του σώματος A.

Η μεταφορά ενέργειας με την μορφή θερμότητας θα σταματήσει όταν τα σώματα A και B αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία.

Η μεταφορά κινητικής ενέργειας μεταξύ των μορίων του σώματος A και B θα σταματήσει όταν κάθε μόριο του σώματος A και κάθε μόριο του σώματος B θα έχουν περίπου την ίδια κινητική ενέργεια.





ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ (ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ «ΝΑΥΣΙΚΑΣ»)

ΠΕΙΡΑΜΑ 7.1 : Ο ρόλος του περιβάλλοντος στη θερμική ισορροπία

Περιβάλλον : Εικονικό Εργαστήριο

Υλικά : Κύβοι Μολύβδου (Pb) , Θερμόμετρα, Λύχνοι.

Περιγραφή

Στην άσκηση αυτή:

α) θα διαπιστώσεις το ρόλο του **περιβάλλοντος**, ως μέσου ανταλλαγής θερμότητας με τα σώματα.

β) θα μελετήσεις αν η θερμική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται ένα σώμα.

Για το σκοπό αυτό:

γ) θα χρησιμοποιήσεις (εικονικά) μετρητικά όργανα και πειραματικές συσκευές.

δ) θα συνθέσεις (εικονικές) πειραματικές διατάξεις.

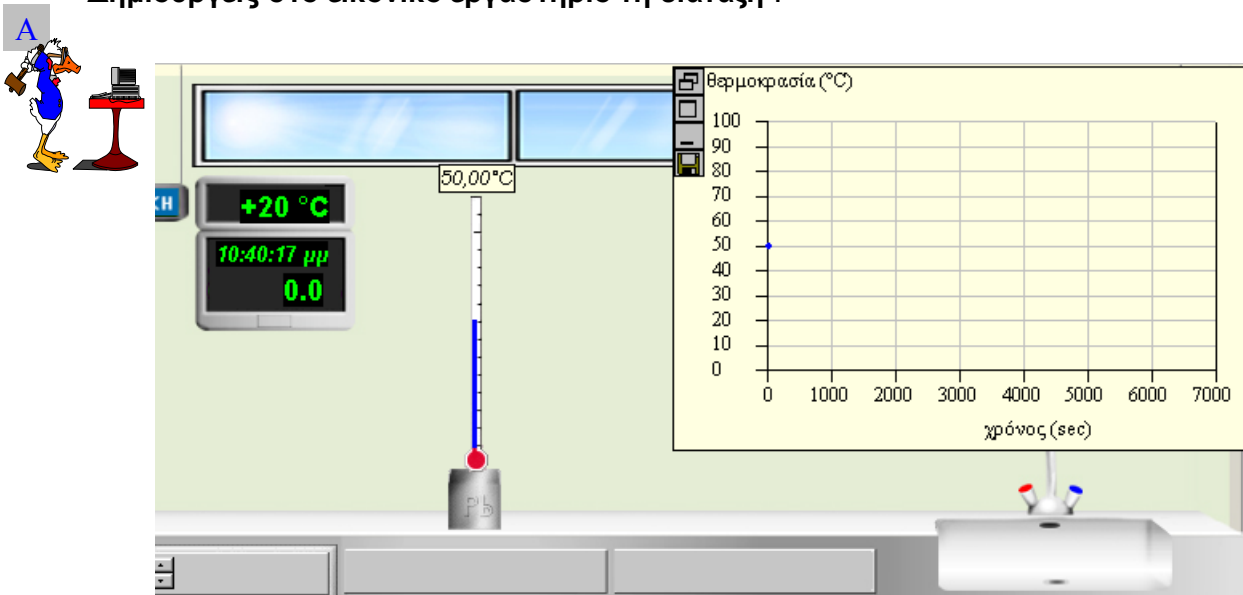
ε) θα ερμηνεύσεις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας ($\theta-t$).

Εισαγωγικά

Όταν ένα σώμα αφήνεται ελεύθερο στο περιβάλλον, αλληλεπιδρά θερμικά με αυτό κυρίως μέσω θερμικής ακτινοβολίας.

Όταν από κάποια χρονική στιγμή και μετά η θερμοκρασία του σώματος δεν αλλάζει (ή αλλάζει ελάχιστα), λέμε ότι έφτασε σε **Θερμική Ισορροπία**.

Δημιουργείς στο εικονικό εργαστήριο τη διάταξη :



- Ο κύβος είναι από Μόλυβδο θερμοκρασίας 50 °C.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,7000) sec, (0,100) °C).
- Χρονική επιτάχυνση : x 50



Αν αφήσεις τον κύβο αυτό από Μόλυβδο θερμοκρασίας 50 °C να ψυχθεί (κρυώσει) **ελεύθερα στο περιβάλλον** (20 °C), τι **θερμοκρασία** πιστεύεις ότι θα έχει μετά από **πολλή ώρα/ ώρες** ;

40 °C 30 °C 20 °C 10 °C

Γιατί _____ ;

.....

Αν αφήσεις τον **ίδιο κύβο** θερμοκρασίας 50° C να **ψυχθεί** (κρυώσει) **ελεύθερα**, κάποια άλλη μέρα που η θερμοκρασία στο περιβάλλον είναι 30° C τι **θερμοκρασία** πιστεύεις ότι θα έχει μετά από **πολλή ώρα/ ώρες** ;

40 °C 30 °C 20 °C 10 °C

Γιατί _____ ;

.....

➡ **Έλεγχος πρόβλεψης**

- Αφήνεις τον κύβο να ψυχθεί ελεύθερα στο περιβάλλον των **20 °C** (πάτησε "**Εναρξη**").
- Παρατηρείς την πτώση της θερμοκρασίας του από το θερμόμετρο και αντίστοιχα τη γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Συνέχισε να παρακολουθείς το φαινόμενο, μέχρι περίπου τα 7000 sec (πάτησε το κουμπί "**Διακοπή**").

➡ Συμπλήρωσε τη μεσαία στήλη στον παρακάτω πίνακα 1. (Θα βρεις τις τιμές που χρειάζεσαι από τη γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της. Χρησιμοποίησε μόνο ένα δεκαδικό ψηφίο)

	Περιβάλλον 20 °C	Περιβάλλον 30 °C
Χρόνος	Θερμοκρασία κύβου Pb	
0 sec	50 °C	50 °C
1000 sec	... °C	... °C
2000 sec	... °C	... °C
3000 sec	... °C	... °C
4000 sec	... °C	... °C
5000 sec	... °C	... °C
6000 sec	... °C	... °C
7000 sec	... °C	... °C

Πίνακας 1

- Σε ποια (ακέραια) θερμοκρασία φτάνει (σχεδόν) ο κύβος ; °C

➡ Επανάλαβε το πείραμα αλλάζοντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε **30 °C** και παρακολούθησέ το πάλι μέχρι τα 7000 sec.

⇒ Συμπλήρωσε τώρα τη δεξιά στήλη στον παραπάνω πίνακα 1. (Θα βρεις τις τιμές που χρειάζεσαι από τη γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της. Χρησιμοποίησε μόνο ένα δεκαδικό ψηφίο)

- Σε ποια (ακέραια) θερμοκρασία φτάνει αυτή τη φορά ο κύβος ; °C
- Η πρόβλεψή σου για τη θερμοκρασία στην οποία θα φτάσει μετά από πολλή ώρα ο κύβος, όταν η θερμοκρασία στο περιβάλλον ήταν **20 °C**, ήταν :
λάθος σωστή
- Η πρόβλεψή σου για τη θερμοκρασία στην οποία θα φτάσει μετά από πολλή ώρα ο κύβος, όταν η θερμοκρασία στο περιβάλλον ήταν **30 °C**, ήταν :
λάθος σωστή

⇒ Σύγκρινε τώρα τις τελικές θερμοκρασίες του κύβου, σε κάθε περίπτωση, με την αντίστοιχη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τι παρατηρείς :

Η **θερμοκρασία ισορροπίας** του κύβου είναι :

ίδια με διαφορετική από

τη **θερμοκρασία του περιβάλλοντος**.

- Ποιος λοιπόν πιστεύεις ότι είναι ο αποδέκτης της ενέργειας με την μορφή θερμότητας που έχασε ο κύβος λόγω ακτινοβολίας ;

ΠΕΙΡΑΜΑ 6.1 : Εξαρτάται η θερμική ακτινοβολία που απορροφά ή εκπέμπει ένα σώμα από το μέγεθος του;

Περιβάλλον : Εικονικό Εργαστήριο

Υλικά : Δοχεία 100, 250 και 600 ml (ιδανικά), Θερμόμετρα, Νερό.

Περιγραφή

Στην άσκηση αυτή:

α) θα μελετήσεις πώς το **μέγεθος** (εξωτερική επιφάνεια) των σωμάτων, επηρεάζει την εκπομπή/ απορρόφηση **θερμικής ακτινοβολίας**.

Για το σκοπό αυτό:

β) θα χρησιμοποιήσεις (εικονικά) μετρητικά όργανα και πειραματικές συσκευές.

γ) θα συνθέσεις (εικονικές) πειραματικές διατάξεις.

δ) θα ερμηνεύσεις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας (θ - t).

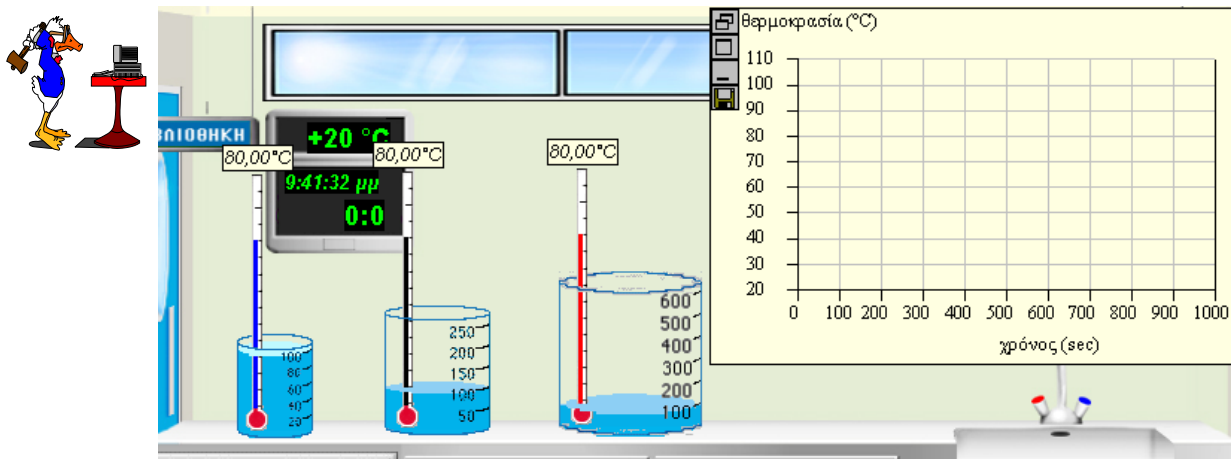
Εισαγωγικά

Έχεις παρατηρήσει ότι, όταν πλησιάζεις το χέρι σου κοντά σε αναμμένο μάτι κουζίνας ή σε αναμμένη λάμπα, αισθάνεσαι ότι τα σώματα αυτά είναι θερμά, χωρίς καν να τα ακουμπήσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί το μάτι, η λάμπα αλλά και όλα τα σώματα (ανάλογα και με τις συνθήκες που βρίσκονται) εκπέμπουν **ακτινοβολία**, που ονομάζεται "**Θερμική**".

Η θερμική ακτινοβολία είναι ο βασικότερος ίσως παράγοντας για τον οποίο το φαγητό ή το γάλα σου κρυώνει, όταν το αφήσεις πάνω στο τραπέζι αλλά και υπεύθυνη για το γνωστό "**φαινόμενο του θερμοκηπίου**".

A

Δημιουργείς στο εικονικό εργαστήριο τη διάταξη :



- Τα δοχεία έχουν χωρητικότητες 100, 250 και 600 ml αντίστοιχα και όλα περιέχουν 100 g νερό σε θερμοκρασία 80 °C.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 20 °C.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,1000) sec, (0,100) °C).
- Χρονική επιτάχυνση : x 50

Πρόβλημα



Αν αφήσεις τα τρία αυτά **διαφορετικού μεγέθους** δοχεία(επομένως και διαφορετικής **εξωτερικής επιφάνειας**), που περιέχουν την **ίδια ποσότητα νερού**, στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 80 °C να ψυχθούν (κρυώσουν)

ελεύθερα στο περιβάλλον (20 °C), πιστεύεις ότι θα ψυχθούν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι τρεις ίδιες ποσότητες νερού στα τρία δοχεία θα ψυχθούν :
ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο

- Αν πιστεύεις ότι θα ψυχθούν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα τρία δοχεία, θα ψυχθεί γρηγορότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

και σε ποιο αργότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

Γιατί;

.....
.....

➡ Έλεγχος πρόβλεψης

- Αφήνεις τα δοχεία να ψυχθούν ελεύθερα στο περιβάλλον (πάτησε "**Εναρξη**").
- Παρατηρείς την πτώση της θερμοκρασίας τους από τα θερμόμετρα και αντίστοιχα τις γραμμές στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Συνέχισε να παρακολουθείς το φαινόμενο, μέχρι να διαπιστώσεις ότι η θερμοκρασία σε όλα τα δοχεία έπεσε τους 50 °C (πάτησε το κουμπί "**Διακοπή**").

Ποια θερμοκρασία έχουν τότε οι ποσότητες αυτές νερού στα δοχεία ;

των 100 ml : °C των 250 ml : °C των 650 ml : °C

- ➡ Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα 1. (Θα βρεις τις τιμές που χρειάζεσαι από τη γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της)

Δοχείο	Θερμοκρασία	Χρόνος
100 ml	20 °C sec
250 ml	20 °C sec
650 ml	20 °C sec

Πίνακας 1

- Το νερό ψύχεται γρηγορότερα στο δοχείο:
των 100 ml των 250 ml των 650 ml

- Το νερό ψύχεται αργότερα στο δοχείο:
των 100 ml των 250 ml των 650 ml

- Η πρόβλεψή σου ότι το νερό στα τρία δοχεία θα ψυχθεί ταυτόχρονα ή σε διαφορετικό χρόνο ήταν :

λάθος σωστή

- Η πρόβλεψή σου για το δοχείο στο οποίο το νερό θα ψυχθεί γρηγορότερα, ήταν :
λάθος σωστή

- Η πρόβλεψή σου για το δοχείο στο οποίο το νερό θα ψυχθεί αργότερα, ήταν :

λάθος σωστή

- Τι συμπέρασμα βγάζεις ; Η ίδια ποσότητα νερού στην ίδια θερμοκρασία ψύχεται **γρηγορότερα**, όταν βρίσκεται σε δοχείο που έχει :

μεγαλύτερη μικρότερη

εξωτερική επιφάνεια.

B

Εισαγωγικά

Έχεις παρατηρήσει το καλοκαίρι το παγωμένο αναψυκτικό σου να ζεσταίνεται πολύ γρήγορα, όπως και άλλα ψυχρά σώματα. Ένας σημαντικός παράγοντας για το φαινόμενο αυτό είναι και η απορρόφηση από τα σώματα της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος.

Κάνε κάποιες αλλαγές στη διάταξη :



- Επαναφέρεις τη διάταξη στην αρχική της κατάσταση (πάτησε "Επαναφορά").
- Ανέβασε τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 40 °C από το θερμόμετρο τοίχου.

- Χρησιμοποίησε το χώρο ψύξης ή τις ιδιότητες των δοχείων, για να αλλάξεις τη θερμοκρασία του νερού όλων των δοχείων σε 5 °C.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,1200) sec, (-10,80) °C).

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τα τρία αυτά **διαφορετικού μεγέθους** δοχεία(επομένως και διαφορετικής **εξωτερικής επιφάνειας**), που περιέχουν την **ίδια ποσότητα κρύου νερού**, στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 5 °C να θερμανθούν (ζεσταθούν) ελεύθερα στο περιβάλλον (60 °C), πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι τρεις ίδιες ποσότητες κρύου νερού στα τρία δοχεία θα ζεσταθούν :
ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο

- Αν πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα τρία δοχεία, θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

και σε ποιο αργότερα ;

των 100 ml των 250 ml των 650 ml

Γιατί;

.....
.....

➡ Έλεγχος πρόβλεψης

- Αφήνεις τα δοχεία να ζεσταθούν ελεύθερα στο περιβάλλον (πάτησε "Εναρξη").

ΠΕΙΡΑΜΑ 6.2 : Εξαρτάται η θερμική ακτινοβολία που απορροφά ή εκπέμπει ένα σώμα από το χρώμα του;

Περιβάλλον : Εικονικό Εργαστήριο

Υλικά : Δοχεία 250 ml (ιδανικά) αλουμινίου, άσπρο και μαύρο , Θερμόμετρα, Νερό.

Περιγραφή

Στην άσκηση αυτή:

α) θα μελετήσεις πώς το **χρώμα** των σωμάτων, επηρεάζει την εκπομπή/απορρόφηση **θερμικής ακτινοβολίας**.

β) θα διερευνήσεις αν για ένα σώμα, η **ευκολία εκπομπής** σημαίνει ταυτόχρονα **ευκολία απορρόφησης** θερμικής ακτινοβολίας.

Για το σκοπό αυτό:

γ) θα χρησιμοποιήσεις (εικονικά) μετρητικά όργανα και πειραματικές συσκευές.

δ) θα συνθέσεις (εικονικές) πειραματικές διατάξεις.

ε) θα ερμηνεύσεις γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας (θ - t).

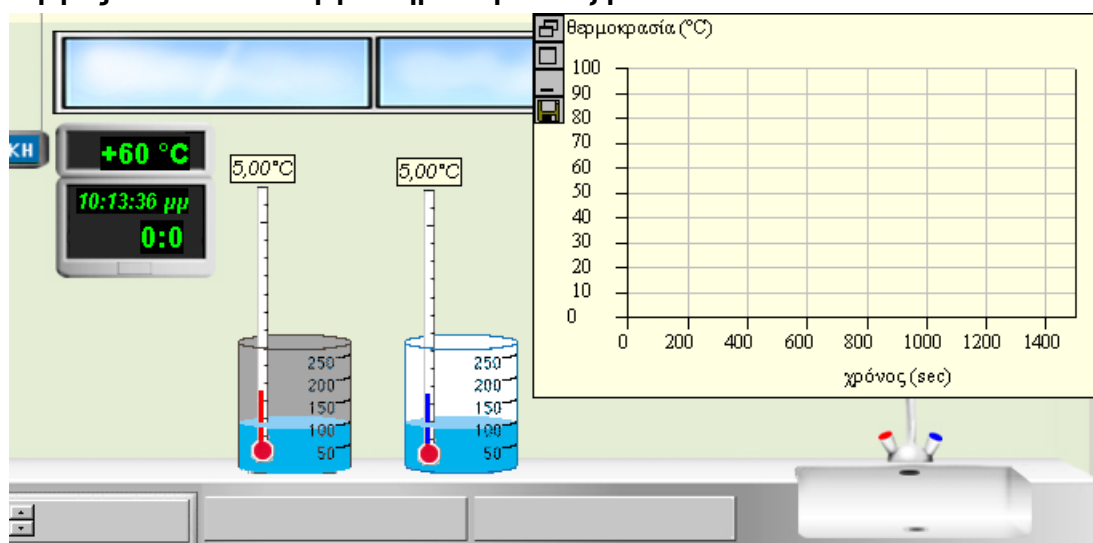
Εισαγωγικά

Έχεις ακούσει να λένε (ή παρατήρησες ο ίδιος) ότι το καλοκαίρι δεν πρέπει να φοράς σκούρα ρούχα, γιατί "τραβάνε περισσότερο τον ήλιο".

Αυτή η εμπειρική γνώση έχει άμεση σχέση με την ιδιότητα που έχουν τα σώματα να απορροφούν λιγότερο ή περισσότερο τη θερμική ακτινοβολία ανάλογα με το χρώμα τους.

A

Δημιουργείς στο εικονικό εργαστήριο τη διάταξη :



- Τα δοχεία έχουν χωρητικότητα 250 ml και περιέχουν 100 g κρύο νερό σε θερμοκρασία 5 °C.
- Το ένα δοχείο είναι από αλουμίνιο, βαμμένο μαύρο και το άλλο επίσης από αλουμίνιο, βαμμένο άσπρο.
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 60 °C.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,1500) sec, (0,100) °C).
- Χρονική επιτάχυνση : x 50

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τις δύο **ίσες αυτές ποσότητες νερού**, που βρίσκονται στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 5 °C και περιέχονται σε ίδιου μεγέθους αλλά

διαφορετικού χρώματος δοχεία, να θερμανθούν (ζεσταθούν) ελεύθερα στο περιβάλλον (60 °C), πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι δυο ίδιες ποσότητες νερού θα ζεσταθούν :
 ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο
- Αν πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα δυο δοχεία, το νερό θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;
 στο άσπρο στο μαύρο

Γιατί ;

➡ **Έλεγχος πρόβλεψης**

- Αφήνεις τα δοχεία να ζεσταθούν ελεύθερα στο περιβάλλον (πάτησε "**Εναρξη**").
- Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας τους από τα θερμόμετρα και αντίστοιχα τις γραμμές στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Συνέχισε να παρακολουθείς το φαινόμενο, μέχρι να διαπιστώσεις ότι η θερμοκρασία και στα δύο δοχεία έφτασε τους 20 °C (πάτησε το κουμπί "**Διακοπή**").

Ποια θερμοκρασία έχουν τότε οι δυο ίσες αυτές ποσότητες νερού ;
 άσπρο δοχείο : °C μαύρο δοχείο : °C

➡ Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα 1. (Θα βρεις τις τιμές που χρειάζεσαι από την γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της)

Δοχείο	Θερμοκρασία	Χρόνος
Άσπρο	20 °C sec
Μαύρο	20 °C sec

Πίνακας 1

- Σε ποιο δοχείο το νερό ζεσταίνεται γρηγορότερα ;
 στο άσπρο στο μαύρο
- Η πρόβλεψή σου ότι το νερό στα δυο δοχεία θα ζεσταθεί ταυτόχρονα ή σε διαφορετικό χρόνο ήταν :
 λάθος σωστή
- Η πρόβλεψή σου για το δοχείο στο οποίο το νερό θα ζεσταθεί γρηγορότερα ήταν :
 λάθος σωστή

• Τι συμπέρασμα βγάζεις ; Η ίδια ποσότητα νερού στην ίδια θερμοκρασία ζεσταίνεται **γρηγορότερα**, όταν βρίσκεται σε δοχείο που έχει :

άσπρο μαύρο
χρώμα. Αυτό επομένως απορροφά περισσότερη θερμότητα με τη μορφή **θερμικής ακτινοβολίας**.

B



Κάνε κάποιες αλλαγές στη διάταξη :

- Επαναφέρεις τη διάταξη στην αρχική της κατάσταση (πάτησε "Επαναφορά").
- Ρύθμισε τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ από το θερμόμετρο τοίχου.
- Αδειασε τα δοχεία στο νιπτήρα.
- Χρησιμοποίησε τη βρύση και το θερμοσίφωνα, για να γεμίσεις τα δυο δοχεία με 100 g νερό θερμοκρασίας $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: $(0,1500)\text{ sec}$, $(0,100)\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τις δυο **ίσες αυτές ποσότητες νερού**, που βρίσκονται στην ίδια αρχική θερμοκρασία των $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ και περιέχονται σε ίδιου μεγέθους αλλά **διαφορετικού χρώματος** δοχεία, να ψυχθούν (κρυώσουν) ελεύθερα στο περιβάλλον ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), πιστεύεις ότι θα κρυώσουν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι δυο ίδιες ποσότητες νερού θα κρυώσουν :
 ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο
- Αν πιστεύεις ότι θα κρυώσουν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα δυο δοχεία, το νερό θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;
 στο άσπρο στο μαύρο

Γιατί ;
.....

⇒ Έλεγχος πρόβλεψης

- Αφήνεις τα δοχεία να ψυχθούν ελεύθερα στο περιβάλλον (πάτησε "Εναρξη").
- Παρατηρείς την κάθοδο της θερμοκρασίας τους από τα θερμόμετρα και αντιστοιχα τις γραμμές στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Συνέχισε να παρακολουθείς το φαινόμενο, μέχρι να διαπιστώσεις ότι η θερμοκρασία και στα δύο δοχεία έφτασε τους $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (πάτησε το κουμπί "Διακοπή").

Ποια θερμοκρασία έχουν τότε οι δύο ίσες αυτές ποσότητες νερού ;
 άσπρο δοχείο : $^{\circ}\text{C}$ μαύρο δοχείο : $^{\circ}\text{C}$

⇒ Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα 1. (Θα βρεις τις τιμές που χρειάζεσαι από τη γραφική παράσταση "πατώντας" με το ποντίκι πάνω στη γραμμή της)

Δοχείο	Θερμοκρασία	Χρόνος
Άσπρο	$70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sec
Μαύρο	$70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sec

Πίνακας 1

- Σε ποιο δοχείο το νερό κρυώνει γρηγορότερα ;
 στο άσπρο στο μαύρο

- Η πρόβλεψή σου ότι το νερό στα δυο δοχεία θα ψυχθεί ταυτόχρονα ή σε διαφορετικό χρόνο ήταν :

λάθος σωστή

- Η πρόβλεψή σου για το δοχείο στο οποίο το νερό θα ψυχθεί γρηγορότερα ήταν :

λάθος σωστή

- Τι συμπέρασμα βγάζεις ; Η ίδια ποσότητα νερού στην ίδια θερμοκρασία κρύνει **γρηγορότερα**, όταν βρίσκεται σε δοχείο που έχει :

άσπρο μαύρο

χρώμα. Αυτό επομένως προσφέρει περισσότερη θερμότητα με τη μορφή **θερμικής ακτινοβολίας**.

Γ

- ➡ Από τα παραπάνω (αλλά και αν έχεις κάνει και το πείραμα 1 της ίδιας ενότητας) τι συμπέρασμα βγάζεις ; **Όσο ευκολότερα απορροφά** τη θερμική ακτινοβολία ένα σώμα (χάρη στις ιδιότητες του), **τόσο**

ευκολότερα **δυσκολότερα**

εκπέμπει επίσης τη **θερμική ακτινοβολία**.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

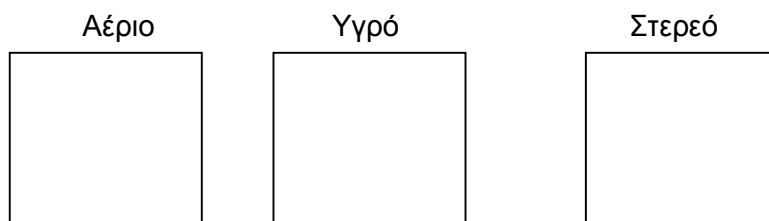
A) Αρχικά έργα

(Θέματα Α1-Α7)

Θέμα Α1

α. Αν μπορούσες να δεις τα μόρια ενός αερίου, ενός υγρού και ενός στερεού σώματος πως θα τα σχεδιάζεις; Ζωγράφισε τα μόρια στα κουτάκια που είναι παρακάτω και παριστάνουν ένα μικρό μέρος από το κάθε σώμα. Υπάρχει τίποτε ανάμεσα στα μόρια; Αν πιστεύεις ότι υπάρχει κάτι σχεδίασε το. Αν θεωρείς πάλι ότι δεν υπάρχει τίποτε απλώς μη σχεδιάζεις τίποτε.

β. Τι πιστεύεις για την κίνηση των μορίων κάθε σώματος; Κινούνται συνέχεια ή είναι σταθερά; Για τα μόρια εκείνα που πιστεύεις ότι κινούνται περιέγραψε την κίνηση τους.



Βάσεις γνώσεων Α1

Ιδιότητες των υλικών σωμάτων.⁴²

- Τα στερεά έχουν δικό τους σχήμα και όγκο.
- Τα υγρά έχουν κι αυτά δικό τους όγκο, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει.
- Τα αέρια παίρνουν το σχήμα και τον όγκο του χώρου που τους προσφέρεται.

Μόρια και άτομα:⁴³

- Όλα τα υλικά σώματα αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια, που είναι αόρατα και λέγονται μόρια.
- Τα μόρια αποτελούνται από ακόμα μικρότερα σωματίδια που λέγονται άτομα.

Τα μόρια κινούνται και έλκονται:⁴⁴

- Τα μόρια των υγρών και των αερίων κινούνται γρήγορα και προς όλες τις κατευθύνσεις. Και τα μόρια των στερεών κινούνται. Έχουν όμως περιορισμένη κίνηση και δεν ξεφεύγουν από τη θέση τους.
- Τα μόρια των υλικών σωμάτων έλκονται μεταξύ τους. Οι ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ όμοιων μορίων ονομάζονται δυνάμεις συνοχής.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής διατυπώνει τις ιδιότητες των στερεών, υγρών και αερίων, περιγράφει τη δομή της ύλης και την κίνηση των μορίων στις τρεις μορφές της ύλης με σαφήνεια.• Ο μαθητής εφαρμόζει τις θεωρητικές του διατυπώσεις για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία: Σχεδιάζει με παρόμοιο τρόπο τα μόρια (ή άτομα) σε κάθε μορφή της ύλης, θέτοντας

⁴² Από το σχολικό βιβλίο της Ε΄ Δημοτικού (Δασκαλάκης κ.α., 2000, σσ. 13-16).

⁴³ σσ. 35-38.

⁴⁴ σσ. 39-41.

	<p>περίπου ίδιες αποστάσεις στα υγρά και στερεά ή ελαφρώς μεγαλύτερες στα υγρά και κατά πολύ μεγαλύτερες στα αέρια. Δεν σχεδιάζει τίποτα ανάμεσα στα μόρια.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των εννοιών και των σχετικών διαδικασιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει τις πιο σημαντικές από τις αναγκαίες θεωρητικές προτάσεις με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές διατυπώσεις και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση των εννοιών και των σχετικών διαδικασιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές προτάσεις με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές προτάσεις και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση των αναγκαίων θεωρητικών διατυπώσεων. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα A2

Σκέψεις στο σπίτι....

Αυτό που ακούω είναι σίγουρα το αυτοκίνητο του πατέρα. **Τι φρενάρισμα...θα πήρε φωτιά η ασφαλτος!** Ας βάλω όμως **στην πρίζα την τοστιέρα** να φτιάξω ένα τοστ και **στην άλλη πρίζα τον αποχυμωτή να στύψω** δύο πορτοκάλια. **Ας ανάψω και το φως** γιατί σκοτείνιασε.... Α να, ακούγεται και **το ανσασέρ που ανεβαίνει**, θα έρχεται ο πατέρας... Κρύο...ευτυχώς μόλις **άναψε το καλοριφέρ** της πολυκατοικίας...

Στην παραπάνω καθημερινή ιστορία συμβαίνουν διάφορες ενεργειακές μετατροπές. Μια απ'αυτές, για παράδειγμα, είναι η εξής:

"Το ανσασέρ που ανεβαίνει" : Ηλεκτρική -----> Κινητική

Να καταγραφούν, με τον ίδιο τρόπο, και οι υπόλοιπες.⁴⁵

Βάσεις γνώσεων A2

Γνωριμία με την ενέργεια:⁴⁶

- Ενέργεια έχει κάθε υλικό σώμα που μπορεί να προκαλέσει φυσικές ή χημικές μεταβολές.

⁴⁵ Το θέμα είναι εμπνευσμένο από ανάλογο πρόβλημα που περιέχεται σε σχετική έρευνα για τη Β΄ Γυμνασίου του Ε.Κ.Φ.Ε Αγρινίου (Κολοβός, Φ. & Τσοβόλας, Σ., 1995).

⁴⁶ Από το σχολικό βιβλίο της Ε΄ Δημοτικού (Δασκαλάκης κ.α., 2000, σσ. 43-49).

- Η ενέργεια που έχουν τα σώματα, όταν κινούνται, λέγεται κινητική. Όταν τα σώματα είναι ανυψωμένα ή όταν βρίσκονται σε μια ιδιαίτερη κατάσταση (π.χ. σε ελαστική παραμόρφωση), έχουν ενέργεια που τη λέμε δυναμική.
Άλλες μορφές ενέργειας: Φωτεινή, Θερμική, Πυρηνική, Ηλεκτρική, Χημική.
- Η ενέργεια μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη, χωρίς να χάνεται.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε ενεργειακή μετατροπή που καταγράφει με βάση τον οδηγό αξιολόγησης του θέματος.
Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του σε κάθε ενεργειακή μετατροπή που καταγράφει με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Αποδεκτές απαντήσεις:

- α) Κινητική -----> Θερμική
- β) Ηλεκτρική -----> Θερμική
- γ) Ηλεκτρική -----> Κινητική
- δ) Ηλεκτρική -----> Φωτεινή-Θερμική ή Θερμική-Φωτεινή ή Θερμική ή Φωτεινή.
- ε) Χημική -----> Θερμική

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει και τις 2 μορφές ενέργειας (αρχική και τελική).
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει μόνο τη μία μορφή ενέργειας (αρχική ή τελική).
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής δεν αναγνωρίζει καμία μορφή ενέργειας (αρχική ή τελική).
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

❖ (Δεν υπάρχουν δηλ. στο θέμα αυτό οι κατηγορίες 1 και 3).

Θέμα Α3

α. Μια μέρα που αποφάσισες να πάρεις το ποδήλατο από την αποθήκη του σπιτιού σου διαπιστώνεις ότι τα χερούλια και τη σέλα του, όταν τα αγγίζεις τα αισθάνεσαι λιγότερο ψυχρά από το γυμνό (μεταλλικό) μέρος του ποδηλάτου. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

β. Αν άγγιζες για αρκετό χρόνο με το ένα χέρι κάποιο κομμάτι από το μεταλλικό μέρος του ποδηλάτου και με το άλλο κάποιο πλαστικό κομμάτι του, θα είχες την ίδια αίσθηση (θερμού-ψυχρού) ή διαφορετική στα δύο σου χέρια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων Α3

Εκτιμώ και μετρώ τη θερμοκρασία των σωμάτων.⁴⁷

- Η θερμοκρασία μας δείχνει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι ένα σώμα.
- Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας ενός σώματος, χρησιμοποιούμε ειδικά όργανα, τα θερμόμετρα.
- Σε κάθε θερμόμετρο είναι χαραγμένη μια κλίμακα πάνω στην οποία διαβάζουμε κάθε φορά τη θερμοκρασία. Στην κλίμακα Κελσίου το μηδέν δείχνει τη θερμοκρασία του πάγου που λειώνει και το 100 τη θερμοκρασία του νερού που βράζει. Το διάστημα μεταξύ 0 και 100 χωρίζεται σε εκατό ίσα μέρη και αποτελεί τη θερμομετρική κλίμακα

⁴⁷ Από το σχολικό βιβλίο της Ε΄ Δημοτικού (Δασκαλάκης κ.α., 2000, σσ. 52-56).

Κελσίου. Αυτή συνεχίζεται κάτω από το 0 και πάνω από το 100. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών αντιστοιχεί σ' ένα βαθμό Κελσίου (1° C).

Θερμότητα και Θερμική Ισορροπία:⁴⁸

- Όταν δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή, μεταδίδεται ενέργεια από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα. Η ενέργεια αυτή κατά τη διάρκεια της μετάδοσης της ονομάζεται θερμότητα, που όταν την παίρνουν τα σώματα αυξάνουν τη θερμοκρασία τους (θερμαίνονται), ενώ όταν τη χάνουν ελαττώνουν τη θερμοκρασία τους (ψύχονται). Η μεταβολή της θερμοκρασίας των σωμάτων αυτών γίνεται μέχρι η θερμοκρασία των δύο σωμάτων να είναι ίδια, οπότε λέμε ότι βρίσκονται σε θερμική ισορροπία.
- Την θερμότητα που απορροφούν ή αποδίδουν τα σώματα τη μετράμε σε θερμίδες. Μια θερμίδα είναι θερμότητα που χρειάζεται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Η θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή:⁴⁹

- Το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμότητα μεταφέρεται από ένα θερμό σημείο ενός σώματος σ' ένα άλλο ψυχρό σημείο του ίδιου του σώματος (από μόριο σε μόριο), λέγεται μετάδοση της θερμότητας με αγωγή.
- Στα υλικά στα οποία η θερμότητα μεταδίδεται πιο εύκολα από ότι σε άλλα λέμε ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα.
- Τα σώματα που αφήνουν τη θερμότητα να περνά εύκολα μέσα από τη μάζα τους λέγονται καλοί αγωγοί της θερμότητας. Καλοί αγωγοί της θερμότητας είναι όλα τα μέταλλα.
- Τα σώματα που δεν αφήνουν τη θερμότητα να περνά εύκολα και γρήγορα μέσα από τη μάζα τους λέγονται κακοί αγωγοί της θερμότητας ή θερμομονωτικά σώματα. Κακοί αγωγοί της θερμότητας είναι το γυαλί, το ξύλο, το νερό, όλα τα υγρά (εκτός από τον υδράργυρο), το μαλλί, ο αέρας κ.ά.
- Στο κενό η θερμότητα δεν μεταδίδεται με αγωγή.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια την έννοια της θερμότητας, θερμικής ισορροπίας και των σχετικών διαδικασιών. Αναγνωρίζει ότι σε άλλα σώματα η θερμότητα διαδίδεται πιο γρήγορα (αγωγοί) και σε άλλα πιο αργά (μονωτές). • Ο μαθητής εφαρμόζει τις θεωρητικές του διατυπώσεις για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά τους σημεία τις έννοιες της θερμότητας, θερμικής ισορροπίας, αγωγών-μονωτών και των σχετικών διαδικασιών. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές διατυπώσεις και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.

⁴⁸ σσ. 57-60.

⁴⁹ Από το σχολικό βιβλίο της ΣΤ' Δημοτικού (Αλεξόπουλος κ.α., 1994, σσ. 30-33).

Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από τις έννοιες της θερμότητας, θερμικής ισορροπίας, αγωγών-μονωτών και των σχετικών διαδικασιών. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές διατυπώσεις και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση των εννοιών της θερμότητας, θερμικής ισορροπίας, μονωτών-αγωγών και των σχετικών διαδικασιών. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα A4

Κατοικείς σε μια πολυκατοικία με οροφδιαμερίσματα, όπου όλοι χρησιμοποιούν ατομικές θερμάνσεις (π.χ. θερμάστρες πετρελαίου). Μια χειμωνιάτικη μέρα νοιώθεις το σπίτι σου το σπίτι σου λιγότερο ζεστό από τις άλλες μέρες, παρόλο που η θερμάστρα έχει κάψει τις ίδιες ώρες ως συνήθως και ο καιρός δεν έχει αλλάξει. Ρωτώντας αργότερα διαπιστώνεις ότι ένας συγκατοικος στην πολυκατοικία έχει φύγει ταξίδι. Δεν θυμάσαι σίγουρα σε ποιο διαμέρισμα μένει, στον επάνω ή στον κάτω όροφο από το δικό σου διαμέρισμα από το δικό σου σπίτι. Μπορείς να πεις ποιος είναι ο πιθανότερος όροφος; Γιατί σκέφτηκες έτσι;

Βάσεις γνώσεων A4

Η θερμότητα μεταδίδεται με ρεύματα:⁵⁰

- Η μετάδοση της θερμότητας στα υγρά και αέρια γίνεται με ρεύματα.
- Το υγρό ή αέριο όταν θερμαίνεται γίνεται ελαφρότερο και μετακινείται προς τα πάνω. Το κρύο υγρό (ή αέριο) που είναι βαρύτερο κατεβαίνει, ζεσταίνεται κι αυτό και ακολουθεί την ίδια πορεία.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει το βασικό μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα αέρα και διατυπώνει τα χαρακτηριστικά του με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει τα χαρακτηριστικά της διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς, αναγνωρίζοντας τα συστήματα (διαμερίσματα) που αλληλεπιδρούσαν θερμικά πριν την αποχώρηση του γείτονα της πολυκατοικίας και επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.

⁵⁰ Από το σχολικό βιβλίο της ΣΤ΄ Δημοτικού (Αλεξόπουλος κ.α., 1994, σσ. 34-37).

Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει το βασικό μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα αέρα και διατυπώνει τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του με σαφήνεια.. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τον μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μηχανισμού διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Α5

Επιστρέφεις ένα χειμωνιάτικο πρωϊνό στο σπίτι σου από ταξίδι, και διαπιστώνεις ότι το σπίτι είναι πολύ κρύο. Φτιάχνεις τσάι για να ζεσταθείς. Πριν χύσεις το τσάι στο φλιτζάνι θυμάσαι ότι η θερμάστρα πετρελαίου είναι άδεια και πρέπει να πας να αγοράσεις πετρέλαιο. Έχεις δύο ίδια φλιτζάνια, ένα χρώματος μαύρου και ένα χρώματος άσπρου. Έχει καμιά σημασία που θα χύσεις το τσάι, για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό, για τη λίγη ώρα που θα λείπεις από το σπίτι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων Α5

Η θερμότητα διαδίδεται με ακτινοβολία:⁵¹

- Ο τρόπος με τον οποίο φτάνει η θερμότητα από τον ήλιο στη γη και από μια αναμμένη λάμπα στο χέρι μας όταν το βάζουμε κάτω από αυτήν, λέγεται διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία. Την ακτινοβολία αυτή την ονομάζουμε θερμική ακτινοβολία.
- Όλα τα θερμά σώματα εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία.
- Η θερμότητα διαδίδεται στο κενό με ακτινοβολία.
- Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα σε ορισμένο χρόνο είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του.
- Τα σώματα που έχουν μαύρες, ανώμαλες και μεγάλες επιφάνειες εκπέμπουν στον ίδιο χρόνο περισσότερη θερμική ακτινοβολία από τα σώματα που έχουν λείες, στιλπνές και μεγαλύτερες επιφάνειες.

⁵¹ Από το σχολικό βιβλίο της ΣΤ΄ Δημοτικού (Αλεξόπουλος κ.α., 1994, σσ. 38-41).

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία (εκπομπή ακτινοβολίας), αναφορικά με το χρώμα του σώματος. Ο μαθητής εφαρμόζει τις θεωρητικές του διατυπώσεις της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του τρόπου διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Α6

Στο προηγούμενο πρόβλημα, αν είχες δύο φλιτζάνια, από το ίδιο υλικό, το ίδιο χρώμα, αλλά διαφορετικού μεγέθους θα είχε σημασία που θα έχυνες το τσάι για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό; Στο μεγαλύτερο (πιο φαρδύ) ή στο μικρότερο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων A5

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία (εκπομπή ακτινοβολίας), αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος.• Ο μαθητής εφαρμόζει τις θεωρητικές του διατυπώσεις της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία.• Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών.• Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος.• Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα.• Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών.• Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος.• Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τον τρόπο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα.• Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας.• Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του τρόπου διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος.• Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος.• Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none">• Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη.• Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none">• Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα A7

Όταν βάζεις τα χέρια σου δίπλα σε μια αναμμένη ξυλόσομπα τα αισθάνεσαι να ζεσταίνονται. Όταν τα βάζεις πάνω από την ξυλόσομπα (σε ίδια περίπου απόσταση πάλι) η αίσθηση του θερμού είναι πιο έντονη, ενώ όταν την ακουμπάς η αίσθηση αυτή γίνεται φυσικά εντονότατη. Τι διαφορετικό υπάρχει στα τρία φαινόμενα;

Βάσεις γνώσεων Α5

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none">Ο μαθητής αναγνωρίζει και τους 3 διαφορετικούς τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none">Ο μαθητής αναγνωρίζει μόνο τους 2 τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none">Ο μαθητής αναγνωρίζει μόνο 1 τρόπο διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none">Ο μαθητής δεν αναγνωρίζει κανένα τρόπο διάδοσης της θερμότητας.
Κενό	<ul style="list-style-type: none">Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

❖ (Δεν υπάρχει δηλ. στο θέμα αυτό η κατηγορία 2).

B) Ενδιάμεσα έργα

B1) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή
Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας
(Θέματα E1 & E2)
Βάσεις γνώσεων B1

- Το θερμόμετρο είναι ο μόνος αξιόπιστος τρόπος μέτρησης της θερμοκρασίας.
- Η κλίμακα Κελσίου διαμορφώνεται από δύο σταθερά σημεία αναφοράς (σημείο πήξης και βρασμού του νερού) και από το μεταξύ τους διάστημα που χωρίζεται σε 100 ίσα τμήματα.
- Η μικρότερη θερμοκρασία ενός σώματος είναι -273°C (απόλυτο μηδέν).
- -Θερμό σώμα= σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας από κάποιο άλλο σώμα/σύστημα, που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς.
-Ψυχρό σώμα= σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας από κάποιο άλλο σώμα/σύστημα, που χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς.
-Το σώμα A θερμαίνεται= αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος A.
- Το σώμα A ψύχεται= μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος A.⁵²
- Το απλοποιημένο μακροσκοπικό μοντέλο θερμότητας:
 - Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.
 - Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.
 - Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα διαδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ότι σ' ένα μονωτή .

Θέμα E1

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.39 από το σχολικό βιβλίο)

Να σχηματίσετε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: *θερμοκρασία, βαθμονόμηση, κλίμακα Κελσίου, απόλυτο μηδέν (-273°C).*

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε πρόταση με βάση τον γενικό οδηγό αξιολόγησης. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στις προτάσεις με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Θέμα E2

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ.39 από το σχολικό βιβλίο)

⁵² Στις δύο τελευταίες ερμηνείες η μοντελοποίηση αυτή πρέπει βέβαια να τροποποιηθεί όταν οι μαθητές διδαχθούν τις διδακτικές ενότητες που αναφέρονται στις διαδικασίες τήξης και βρασμού.

Γιατί αγγίζοντας το μέτωπο σας δεν μπορείτε να διαπιστώσετε ότι έχετε πυρετό, δηλαδή ότι η θερμοκρασία του σώματος σας είναι υψηλότερη από την κανονική;

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το απλοποιημένο μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το απλοποιημένο μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το απλοποιημένο μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του απλοποιημένου μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας. Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

B2) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή

Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας

(Θέματα E3-E7)

Βάσεις γνώσεων B2

- Όταν ένα σώμα μπορεί να προκαλέσει μεταβολές, λέμε ότι έχει ενέργεια.

- **Αρχή διατήρησης της ενέργειας:**
 Η ενέργεια δεν δημιουργείται από το μηδέν, μεταφέρεται από σώμα σε σώμα, αλλάζει μορφή και δεν χάνεται. Στο τέλος η ενέργεια συνήθως καταλήγει στο περιβάλλον με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του.
- Το μακροσκοπικό μοντέλο θερμότητας:
 - Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.
 - Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.
 - Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που διαδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία και ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ό τι σ' ένα μονωτή .
- Άλλες μορφές ενέργειας εκτός από την θερμότητα:
 - θερμική ενέργεια (εξαιτίας της θερμοκρασίας ενός σώματος και της μάζας του).
 - κινητική ενέργεια (όταν ένα σώμα κινείται)
 - δυναμική ενέργεια (λόγω ύψους του σώματος ή παραμόρφωσης του)
 - φωτεινή ενέργεια (όταν ένα σώμα εκπέμπει ορατή ακτινοβολία)
 - ηλεκτρική ενέργεια (η ενέργεια που οφείλεται στο ηλεκτρικό ρεύμα)
 - χημική ενέργεια (η ενέργεια που οφείλεται στις χημικές αντιδράσεις).
- Η θερμότητα δεν είναι η μοναδική μορφή ενέργειας που μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος.

Θέμα Ε3

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να σχηματίσετε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: *Κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, θερμότητα.*

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε πρόταση με βάση τον γενικό οδηγό αξιολόγησης. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στα πρόταση με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Θέμα Ε4

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα είναι δυνατόν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας:

- ένα πιάτο ζεστή σούπα κρυώνει πάνω στο τραπέζι
- παγάκια λιώνουν μέσα σε ένα ποτήρι πορτοκαλάδα
- ζεσταίνουμε τα χέρια μας τρίβοντας τα μεταξύ τους
- αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο νερό
- σβήνουμε με γομολάστιχα και η γομολάστιχα ζεσταίνεται.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε υποερώτημα με βάση τον οδηγό αξιολόγησης του θέματος. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στα υποερωτήματα με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Αποδεκτές απαντήσεις: Στις αποδεκτές απαντήσεις, από εδώ και πέρα, εκτός από το μακροσκοπικό μοντέλο, θα είναι και το απλό. Η μόνη διαφοροποίηση ανάμεσα στα δύο μοντέλα είναι η αναφορά στο μακροσκοπικό μοντέλο ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας κάτι που ακόμα και όταν δεν λέγεται μπορεί να υπονοείται από τους μαθητές.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος και διαπιστώνει την ύπαρξη συμβατότητας ή όχι με το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Ε5

(Ερώτηση – Άσκηση 3, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να περιγράψετε με την έννοια της μεταφοράς θερμότητας τι συμβαίνει όταν:

Α. λιώνει ένα παγωτό

B. σε ένα σύννεφο οι υδρατμοί ψύχονται και υγροποιούνται.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε υποερώτημα με βάση τον οδηγό αξιολόγησης του θέματος (θεωρείται κοινός και για τα δύο υποερωτήματα). Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στα υποερωτήματα με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας. Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Ε6

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να περιγράψετε την κίνηση του σώματος της εικόνας χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας.



Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει την αρχή διατήρησης της ενέργειας με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία αναγνωρίζοντας τις υπάρχουσες μορφές ενέργειας. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει την αρχή διατήρησης της ενέργειας στα βασικά της σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από την αρχή διατήρησης της ενέργειας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από την αρχή διατήρησης της ενέργειας με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από την αρχή διατήρησης της ενέργειας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση της αρχής διατήρησης της ενέργειας. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Ε7

(Ερώτηση – Άσκηση 7 σ.43 από το σχολικό βιβλίο)

Να συμπληρώσετε τις επόμενες προτάσεις:
Η θερμότητα είναι μορφή Μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο λόγω.....

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται με 2 μονάδες για κάθε επιτυχή συμπλήρωση, οπότε και από το άθροισμα των βαθμών κατατάσσεται και στην αντίστοιχη κατηγορία επίδοσης.

❖ (Δεν υπάρχουν δηλ. στο θέμα αυτό οι κατηγορίες 1 και 3).

B3) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή
Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος
(Θέματα Ε8-Ε12)
Βάσεις γνώσεων Β3

- Η εξήγηση των θερμικών φαινομένων μπορεί να αναζητηθεί στη δομή της ύλης, στα μικροσκοπικά σωματίδια, τα μόρια.
- **Μοντέλο αερίων:**
- Στα αέρια τα μόρια κινούνται συνεχώς και άτακτα κατακλύζουν όλο το γύρω τους χώρο (το αέριο παίρνει το σχήμα και τον όγκο του δοχείου που βρίσκεται).
Μοντέλο υγρών
- Στα υγρά τα μόρια τους κινούνται άτακτα «γλιστρώντας» το ένα πάνω στο άλλο (το υγρό παίρνει μόνο το σχήμα του δοχείου που βρίσκεται, ενώ ο όγκος του παραμένει σταθερός).
Μοντέλο στερεών:
- Στα στερεά τα μόρια τους κινούνται ελάχιστα γύρω από καθορισμένες θέσεις (το στερεό δηλ. έχει συγκεκριμένο σχήμα και όγκο).
- Το μικροσκοπικό μοντέλο θερμότητας και η αντιστοιχία του με το μακροσκοπικό:
 - Αναγνώριση σωμάτων (ή συστημάτων) που αλληλεπιδρούν θερμικά.
 - Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο θερμοκρασία.
 - Περιγραφή της κατάστασης των δύο συστημάτων χρησιμοποιώντας την παράμετρο κινητική ενέργεια κάθε μορίου.
 - Σύγκριση της θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.
 - Σύγκριση της κινητικής ενέργειας κάθε μορίου των δύο συστημάτων.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας που διαδίδεται από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης θερμοκρασίας.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι ενέργεια με συγκρούσεις μορίων μεταφέρεται από μια περιοχή όπου κάθε μόριο έχει υψηλότερη κινητική ενέργεια προς την περιοχή όπου κάθε μόριο έχει χαμηλότερη κινητική ενέργεια.
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι η διάδοση θερμότητας γίνεται μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία. Ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η θερμότητα διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ότι σ' ένα μονωτή .
 - Ανάκληση από την μνήμη, ότι οι συγκρούσεις των μορίων θα γίνονται μέχρι κάθε μόριο της μιας περιοχής και κάθε μόριο της άλλης περιοχής θα αποκτήσουν την ίδια κινητική ενέργεια. Ο απαιτούμενος αυτός χρόνος ποικίλει στα διάφορα υλικά: σε ένα αγωγό η ενέργεια αυτή διαδίδεται σε πιο μικρό χρόνο απ' ότι σ' ένα μονωτή .
- Η κινητική ενέργεια που έχουν συνολικά τα μόρια ενός σώματος ονομάζεται θερμική ενέργεια.

Θέμα Ε8

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Γράψε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας σωστά καθένα από τους παρακάτω όρους: μόριο
κίνηση μορίων και όγκος αερίου

κίνηση μορίων υγρού και σχήμα υγρού
κίνηση μορίων στερεού

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε πρόταση με βάση τον γενικό οδηγό αξιολόγησης. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στα πρόταση με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Θέμα Ε9

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Από τα έξι σώματα που περιγράφονται στον πίνακα α) ποια δεν μπορεί να έχουν υπόσταση και β) ποια μπορεί να είναι αέρια

Σώμα	Περιγραφή
A	τα μόρια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα
B	τα μόρια κινούνται πέρα δώθε χωρίς να αλλάζουν θέση
Γ	έχει σταθερό σχήμα και όγκο και τα μόρια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα
Δ	έχει σταθερό όγκο αλλά όχι και σχήμα
E	τα μόρια του κινούνται άτακτα
Z	έχει σταθερό σχήμα και τα μόρια γλιστρούν το ένα στο άλλο

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε υποερώτημα με βάση τον οδηγό αξιολόγησης του θέματος (θεωρείται κοινός και για τα δύο υποερωτήματα). Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στα υποερωτήματα με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής τσεκάρει μόνο τις 2 σωστές επιλογές.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής τσεκάρει τις 2 σωστές επιλογές και 1 λανθασμένη ή τσεκάρει μόνο 1 σωστή επιλογή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής τσεκάρει 2 σωστές επιλογές και 2 λανθασμένες ή τσεκάρει 1 σωστή επιλογή και 1 λανθασμένη ή δεν θεωρεί καμιά επιλογή σωστή.
Κατηγορία 0	Ο μαθητής τσεκάρει περισσότερες λανθασμένες επιλογές από τις σωστές.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

❖ (Δεν υπάρχει δηλ. στο θέμα αυτό η κατηγορία 2).

Θέμα Ε10

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Πώς συμπεραίνουμε ότι τα μόρια των στερεών και των υγρών είναι κοντά το ένα στο άλλο;

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο των στερεών και το μοντέλο των υγρών με σαφήνεια. Ο μαθητής συγκρίνει τα δύο μοντέλα και επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία.

Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο των στερεών και το μοντέλο των υγρών στα βασικά τους σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο των στερεών και/ή από το μοντέλο των υγρών. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο των στερεών και από το μοντέλο των υγρών. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία μοντέλο των στερεών και/ή από το μοντέλο των υγρών. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου των στερεών και του μοντέλου των υγρών. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του προβλήματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα E11

(αντί της Ερώτησης – Άσκησης 6, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Επάνω σε μια ηλεκτρική εστία θέρμανσης βράζει μια κατσαρόλα με νερό. Να εξηγήσετε τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας (σε επίπεδο μικρόκοσμου) από την εστία προς τον πυθμένα της κατσαρόλας.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μικροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Ε12

(Ερώτηση – Άσκηση 7, σ.52 από το σχολικό βιβλίο)

Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού; Να αιτιολογήσετε την άποψη σας.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής: <ul style="list-style-type: none"> -Ερμηνεύει το ζεστό και κρύο νερό ως νερό υψηλότερης και χαμηλότερης θερμοκρασίας. -Διατυπώνει με σαφήνεια τον ορισμό της θερμικής ενέργειας ενός σώματος. -Διατυπώνει με σαφήνεια το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μικροσκοπικό, στο στάδιο που αναφέρεται στη θερμοκρασία ενός σώματος. • Ο μαθητής συνδυάζει τις θεωρητικές διατυπώσεις του και επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής κάνει τις αναγκαίες ερμηνείες, διατυπώσεις ορισμών και μοντέλων στα βασικά τους σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής συνδυάζει τις θεωρητικές διατυπώσεις του και επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να

Κατηγορία 3	<p>παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από αυτές και/ή από το πρόβλημα.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής κατασκευάζει κάποια σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες ερμηνείες, διατυπώσεις ορισμών και μοντέλων με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τις αναγκαίες θεωρητικές διατυπώσεις και/ή από το πρόβλημα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση των αναγκαίων θεωρητικών κατασκευών. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του προβλήματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

(B4) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή

Πως άγεται η θερμότητα

(Θέματα E13-E17)

Βάσεις γνώσεων B4

- Η αγωγή αφορά τη διάδοση θερμότητας από ένα σώμα σε κάποιο άλλο που βρίσκεται σε επαφή καθώς και από μια περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας ενός σώματος προς μια περιοχή του ίδιου του σώματος χαμηλότερης θερμοκρασίας.
- Το φυσικό μέγεθος που εξαρτάται από το υλικό και καθορίζει το χρόνο διάδοσης της θερμότητας με αγωγή ονομάζεται θερμική αγωγιμότητα. Στα υλικά με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα η θερμότητα διαδίδεται γρήγορα (θερμικοί αγωγοί). Στα υλικά με μικρή θερμική αγωγιμότητα η θερμότητα διαδίδεται πολύ αργά (θερμικοί μονωτές).
- Το μακροσκοπικό και μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας αφορούν το φαινόμενο της αγωγής.
- Στη διάδοση θερμότητας με αγωγή δεν υπάρχει μετακίνηση ύλης.

Θέμα E13

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Σχηματίστε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας τις έννοιες:
Θερμικός αγωγός, θερμικός μονωτής, θερμική αγωγιμότητα.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε πρόταση με βάση τον γενικό οδηγό αξιολόγησης. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στην πρόταση με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Θέμα E14

(Ερώτηση – Άσκηση 2, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Όταν μια χειμωνιάτικη μέρα αγγίζουμε συγχρόνως ένα κλαδί και μια μεταλλική κολώνα, αισθανόμαστε το κλαδί θερμότερο από την κολώνα.

Ποια από τις δύο προτάσεις που ακολουθούν ερμηνεύει σωστά αυτό το εμπειρικό μας δεδομένο;

α) Η θερμοκρασία του κλαδιού είναι υψηλότερη από της κολώνας διότι το ξύλο είναι θερμικός μονωτής ενώ το μέταλλο είναι θερμικός αγωγός.

β) Οι θερμοκρασίες του κλαδιού και της κολώνας είναι ίσες. Ωστόσο από το χέρι μας-του οποίου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη- μεταφέρεται θερμότητα ευκολότερα στην κολώνα παρά στο κλαδί, γιατί η πρώτη είναι θερμικός αγωγός ενώ το τελευταίο μονωτής.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται με 4 βαθμούς για την επιλογή της σωστής πρότασης και με 0 βαθμό για την επιλογή της λανθασμένης πρότασης.

❖ (Δεν υπάρχουν δηλ. στο θέμα αυτό οι κατηγορίες 3, 2 και 1).

Θέμα E15

(Ερώτηση – Άσκηση 3, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Όταν σε ένα κομμάτι πάγο ακουμπήσουμε το άκρο ενός σύρματος, μετά από λίγο, αισθανόμαστε ότι το άλλο άκρο κρυώνει. Ποια από τις επόμενες ερμηνείες του φαινομένου αυτού είναι σωστή;

Το άκρο κρυώνει διότι διαμέσου του σύρματος:

α) από το χέρι μας θερμότητα μεταφέρεται στον πάγο.

β) από τον πάγο θερμότητα μεταφέρεται στο χέρι μας.

γ) από τον πάγο ψύχος μεταφέρεται στο χέρι μας.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται με 4 βαθμούς για την επιλογή της σωστής πρότασης και με 0 βαθμό για την επιλογή λανθασμένης πρότασης.

❖ (Δεν υπάρχουν δηλ. στο θέμα αυτό οι κατηγορίες 3, 2 και 1).

Θέμα E16

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Γιατί το χιόνι που καλύπτει τους αγρούς προστατεύει τους νεαρούς βλαστούς από τον κρύο αέρα;

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none">• Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια.• Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία αναγνωρίζοντας το ρόλο του χιονιού ως μονωτή.• Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών.• Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών

	του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της θερμότητας. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα 17

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ. 71 από το σχολικό βιβλίο)

Το χειμώνα φοράμε μάλλινα ρούχα για να μην κρυώνουμε. Εξηγείστε γιατί.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία αναγνωρίζοντας τον ρόλο των μάλλινων ρούχων ως μονωτών. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει το μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς

	την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της θερμότητας. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

B5) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή

Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς (Θέματα E18-E19)

Βάσεις γνώσεων B5

- Η μεταφορά αφορά τη διάδοση θερμότητας μέσα σε ένα υγρό ή αέριο.
- Όταν μια ποσότητα υγρού ή αερίου θερμαίνεται, τότε διαστέλλεται, οπότε η πυκνότητα της μειώνεται. Έτσι, κινείται προς τα πάνω και αντικαθίσταται από άλλη ψυχρότερη και πυκνότερη.
- Μόνο το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας αφορά το φαινόμενο της μεταφοράς, (εκτός από το σημείο που αναφέρεται σε μονωτές και αγωγούς).
- Στην διάδοση θερμότητας με μεταφορά έχουμε μετακίνηση ύλης.

Θέμα E18

(Ερώτηση – Άσκηση 1, σ.74 από το σχολικό βιβλίο)

Σχηματίστε από μία πρόταση χρησιμοποιώντας της έννοιες:

ρεύματα μεταφοράς αέρα και

ρεύματα μεταφοράς νερού.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε πρόταση με βάση τον γενικό οδηγό αξιολόγησης. Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του στην πρόταση με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Θέμα E19

(Ερώτηση – Άσκηση 4, σ.74 από το σχολικό βιβλίο)

Ποια είναι η βασική διαφορά του μηχανισμού της διάδοσης της θερμότητας με αγωγή και με ρεύματα μεταφοράς;

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής περιγράφει με σαφήνεια τα χαρακτηριστικά της διάδοσης θερμότητας με αγωγή και μεταφορά.

Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής συγκρίνει τους δύο μηχανισμούς και βρίσκει ότι η βασική διαφορά τους έγκειται στο ότι στην αγωγή δεν έχουμε μετακίνηση ύλης, ενώ στη μεταφορά έχουμε μετακίνηση ύλης. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής περιγράφει με σαφήνεια τα βασικά χαρακτηριστικά της διάδοσης θερμότητας με αγωγή και μεταφορά. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία για την επίλυση του προβλήματος από τα χαρακτηριστικά της διάδοσης με θερμότητα και/ή με αγωγή.. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια κάποια σημαντικά σημεία από τα χαρακτηριστικά της διάδοσης θερμότητας με αγωγή και μεταφορά. • Ο μαθητής δυσκολεύεται να εντοπίσει τη βασική διαφορά ανάμεσα στους δύο μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση της διάδοσης θερμότητας με αγωγή και μεταφορά. • Ο μαθητής δυσκολεύεται να κατανοήσει το πρόβλημα. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

B6) Συγκεκριμένη θεματική περιοχή

Θερμότητα και ακτινοβολία

(Θέματα E20-E23)

Βάσεις γνώσεων B6

- Κάθε σώμα (θερμοκρασίας μεγαλύτερης των -273°C) εκπέμπει/ απορροφά προς/ από το περιβάλλον ενέργεια με την μορφή αόρατης ακτινοβολίας.
- Η εκπομπή/ απορρόφηση ενός σώματος θερμικής ακτινοβολίας προκαλεί πτώση/ ανύψωση της θερμοκρασίας του.
- Σε ένα σώμα σταθερής θερμοκρασίας ο ρυθμός με τον οποίο εκπέμπει θερμική ακτινοβολία είναι ίσος με τον ρυθμό με τον οποίο απορροφά ακτινοβολία (εφ' όσον δεν λαμβάνει χώρα κάποιου άλλου είδους μεταβολή ενέργειας μέσα στο σώμα). Το μοντέλο επομένως της θερμότητας ισχύει, όταν το σώμα έχει διαφορετική θερμοκρασία από το περιβάλλον του.
- Η ακτινοβολία δεν προϋποθέτει την ύπαρξη ύλης για την μετάδοσης της.

- Μόνο το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας αφορά τη διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία (εκτός από το σημείο που αναφέρεται σε μονωτές και αγωγούς).
- Μοντέλο διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία:
 - Ελέγχεται αν το υπό μελέτη σώμα έχει μεγαλύτερη η μικρότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του (ή σε σχέση με κάποιο άλλο σώμα/σύστημα) για να καθοριστεί αν το σώμα προσφέρει ή απορροφά θερμότητα με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας.
 - Το ποσό της θερμότητας που προσφέρει/απορροφά το σώμα εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειάς του (δηλ. το χρώμα, την υφή, το εμβαδόν) και από τη διαφορά θερμοκρασίας του με το περιβάλλον (ή το άλλο σώμα):
 - όσο μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας του σώματος με το περιβάλλον του (ή το άλλο σώμα) τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά το σώμα.
 - όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.
 - όσο πιο σκούρα είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.
 - όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια του σώματος τόσο περισσότερη θερμότητα προσφέρει/απορροφά.

Θέμα Ε20

(Ερώτηση – Άσκηση 5, σ.77 από το σχολικό βιβλίο)

Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι δυνατό να μένει σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. Πώς είναι δυνατό να συμβαίνει αυτό; Να αναπτύξετε ένα σχετικό παράδειγμα.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής περιγράφει με σαφήνεια πως είναι δυνατόν να είναι η θερμοκρασία ενός σώματος να είναι σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια ένα παράδειγμα όπου η θερμοκρασία ενός σώματος παραμένει σταθερή παρόλο που το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής περιγράφει με σαφήνεια στα πιο σημαντικά σημεία πως είναι δυνατόν να είναι η θερμοκρασία ενός σώματος να είναι σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς ή/και στα βασικά του σημεία διατυπώνει με σαφήνεια ένα παράδειγμα όπου η θερμοκρασία ενός σώματος παραμένει σταθερή παρόλο που το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια κάποια σημαντικά σημεία πως είναι δυνατόν να είναι η θερμοκρασία ενός σώματος να

Κατηγορία 2	<p>είναι σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. ή/και σε κάποια βασικά του σημεία διατυπώνει με σαφήνεια ένα παράδειγμα όπου η θερμοκρασία ενός σώματος παραμένει σταθερή παρόλο που το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του πως είναι δυνατόν να είναι η θερμοκρασία ενός σώματος να είναι σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. • Ο μαθητής δυσκολεύεται να φέρει παράδειγμα. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα E21

(Ερώτηση – Άσκηση 6, σ.77 από το σχολικό βιβλίο-τροποποιημένη)

Επάνω σε μια ηλεκτρική εστία θέρμανσης βράζει (μέρος δηλ. του νερού μετατρέπεται σε υδρατμούς) μια κατσαρόλα με νερό. Να αναγνωρίσετε τους βασικούς μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας:

- α) από την εστία προς τον πυθμένα και τα τοιχώματα της κατσαρόλας.
- β) από τον πυθμένα της κατσαρόλας προς την επιφάνεια του νερού.
- γ) από την επιφάνεια του νερού προς τον αέρα του δωματίου.
- δ) από τα θερμά τοιχώματα της κατσαρόλας προς αντικείμενα του περιβάλλοντος.

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται με 1 βαθμό για κάθε σωστή απάντηση, οπότε και από το άθροισμα των βαθμών κατατάσσεται και στην αντίστοιχη κατηγορία επίδοσης.

Θέμα E22

(Απόσπασμα από το φύλλο έργου του πειράματος 6.1B της «Ναυσικάς»)⁵³

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τα τρία αυτά **διαφορετικού μεγέθους** δοχεία(επομένως και διαφορετικής **εξωτερικής επιφάνειας**), που περιέχουν την **ίδια ποσότητα κρύου νερού**, στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 5 °C να θερμανθούν (ζεσταθούν) ελεύθερα στο περιβάλλον (60 °C), πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι τρεις ίδιες ποσότητες κρύου νερού στα τρία δοχεία θα ζεσταθούν :
ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο
- Αν πιστεύεις ότι θα ζεσταθούν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα τρία δοχεία, θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;
των 100 ml των 250 ml των 650 ml

⁵³ Το υπόλοιπο μέρος του φύλλου έργου (βλ. Παράρτημα Δ' σσ. 177-180) περιλαμβάνει:

- Ενέργειες (έλεγχος πρόβλεψης) με συμπεριφορές (επικοινωνία στην επιστήμη: χειρισμός γραφικών παραστάσεων, συμπλήρωση πινάκων) που απαντιούνται όμως συνεργατικά από τους μαθητές και έτσι δεν λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση.
- Ενέργειες που αντανακλούν συμπεριφορές που δεν ανήκουν στις ερευνοούμενες (εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων μέσα από διαδικασίες πειραματισμού).

και σε ποιο αργότερα ;
των 100 ml των 250 ml των 650 ml

Γιατί;

.....
.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια σε όλα τα διακριτά του στάδια το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. Ο μαθητής εφαρμόζει (πρόβλεψη, εξήγηση) το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

(Απόσπασμα από το φύλλο έργου του πειράματος 6.2.B της «Ναυσικάς»)⁵⁴

Πρόβλεψη



Αν αφήσεις τις δυο **ίσες αυτές ποσότητες νερού**, που βρίσκονται στην ίδια αρχική θερμοκρασία των 85 °C και περιέχονται σε ίδιου μεγέθους αλλά **διαφορετικού χρώματος** δοχεία, να ψυχθούν (κρυώσουν) ελεύθερα στο περιβάλλον (-10 °C), πιστεύεις ότι θα κρυώσουν στον ίδιο ή σε διαφορετικό χρόνο ;

- Οι δυο ίδιες ποσότητες νερού θα κρυώσουν :
ταυτόχρονα σε διαφορετικό χρόνο

- Αν πιστεύεις ότι θα κρυώσουν σε διαφορετικό χρόνο, σε ποιο από τα δυο δοχεία, το νερό θα ζεσταθεί γρηγορότερα ;
στο άσπρο στο μαύρο

Γιατί;

.....

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια σε όλα τα διακριτά του στάδια το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής εφαρμόζει (πρόβλεψη, εξήγηση) το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της

⁵⁴ Όμοια όπως την προηγούμενη υποσημείωση. Για όλο το φύλλο έργου βλ. Παράρτημα Δ' σσ.181-184

Κατηγορία 1	<p>διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Τελικά έργα

(Θέματα T1-T7)

Θέμα T1

Χρόνος επίλυσης 7'

Τοποθετούμε το ένα άκρο ενός μεταλλικού κουταλιού στην αναμμένη εστία μιας ηλεκτρικής κουζίνας. Αγγίζουμε το άλλο άκρο και μετά από λίγο χρόνο το αισθανόμαστε θερμό. Να εξηγήσετε (σε επίπεδο μικρόκοσμου) τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας ανάμεσα στην εστία και στο χέρι μας. Στην εξήγησή σας αγνοείστε την ύπαρξη του αέρα και γενικά όλου του υπόλοιπου περιβάλλοντος.

Βάσεις γνώσεων B4

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που

Κατηγορία 3	<p>πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μικροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μικροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας σε αντιστοιχία με το μακροσκοπικό. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα T2 7'

Χρόνος επίλυσης

Σκέψεις στο σπίτι....

Αυτό που ακούω είναι σίγουρα το αυτοκίνητο του πατέρα. **Τι φρενάρισμα...θα πήρε φωτιά η άσφαλτος!** Ας βάλω όμως **στην πρίζα την τοστιέρα** να φτιάξω ένα τοστ και **στην άλλη πρίζα τον αποχυμωτή να στύψω** δύο πορτοκάλια. **Ας ανάψω και το φως** γιατί σκοτείνιασε.... Α να, ακούγεται και **το ανσασέρ που ανεβαίνει**, θα έρχεται ο πατέρας... Κρύο...ευτυχώς μόλις **άναψε το καλοριφέρ** της πολυκατοικίας...

Στην παραπάνω καθημερινή ιστορία συμβαίνουν διάφορες ενεργειακές μετατροπές. Μια απ'αυτές, για παράδειγμα, είναι η εξής:

"Το ανσασέρ που ανεβαίνει" : Ηλεκτρική -----> Κινητική

Να καταγραφούν, με τον ίδιο τρόπο, και οι υπόλοιπες.

Βάσεις γνώσεων B2

Κριτήριο αξιολόγησης: Ο μαθητής βαθμολογείται ξεχωριστά για κάθε ενεργειακή μετατροπή που καταγράφει με βάση τον οδηγό αξιολόγησης του θέματος.

Αποδεκτές απαντήσεις:

α) Κινητική -----> Θερμική

β) Ηλεκτρική -----> Θερμική

γ) Ηλεκτρική -----> Κινητική

δ) Ηλεκτρική -----> Φωτεινή-Θερμική ή Θερμική-Φωτεινή ή Θερμική ή Φωτεινή.

ε) Χημική -----> Θερμική

Η τελική του επίδοση προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας του σε κάθε ενεργειακή μετατροπή που καταγράφει με στρογγυλοποίηση μισής μονάδας στον πλησιέστερο ακέραιο προς τα πάνω.

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
---------	------------------------------------

Επίδοσης	
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής βρίσκει και τις 2 μορφές ενέργειας (αρχική και τελική).
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής βρίσκει μόνο τη μία μορφή ενέργειας (αρχική ή τελική).
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής δεν καμία μορφή ενέργειας (αρχική ή τελική)..
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> Κενό/ καμία ανταπόκριση.

❖ (Δεν υπάρχουν δηλ. στο θέμα αυτό οι κατηγορίες 1 και 3).

Θέμα Τ3 7'

Χρόνος επίλυσης

α. Μια μέρα που αποφάσισες να πάρεις το ποδήλατο από την αποθήκη του σπιτιού σου διαπιστώνεις ότι τα χερούλια και τη σέλα του, όταν τα αγγίζεις τα αισθάνεσαι λιγότερο ψυχρά από το γυμνό (μεταλλικό) μέρος του ποδηλάτου. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

β. Αν άγγιζες για αρκετό χρόνο με το ένα χέρι κάποιο κομμάτι από το μεταλλικό μέρος του ποδηλάτου και με το άλλο κάποιο πλαστικό κομμάτι του, θα είχες την ίδια αίσθηση (θερμού-ψυχρού) ή διαφορετική στα δύο σου χέρια; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων Β4

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας σε όλα τα διακριτά του στάδια με σαφήνεια. Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της θερμότητας για την επίλυση του προβλήματος και διαπιστώνει την ύπαρξη συμβατότητας ή όχι με το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας στα βασικά του σημεία με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από το μακροσκοπικό μοντέλο της θερμότητας με σαφήνεια. Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της θερμότητας και/ή από το θέμα. Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του

	μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μακροσκοπικού μοντέλου της θερμότητας. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Τ4

Χρόνος επίλυσης

7'

Κατοικείς σε μια πολυκατοικία με οροφωδιαμερίσματα, όπου όλοι χρησιμοποιούν ατομικές θερμάνσεις (π.χ. θερμάστρες πετρελαίου). Μια χειμωνιάτικη μέρα νοιώθεις το σπίτι σου το σπίτι σου λιγότερο ζεστό από τις άλλες μέρες, παρόλο που η θερμάστρα έχει κάψει τις ίδιες ώρες ως συνήθως και ο καιρός δεν έχει αλλάξει. Ρωτώντας αργότερα διαπιστώνεις ότι ένας συγκάτοικος στην πολυκατοικία έχει φύγει ταξίδι. Δεν θυμάσαι σίγουρα σε ποιο διαμέρισμα μένει, στον επάνω ή στον κάτω όροφο από το δικό σου διαμέρισμα από το δικό σου σπίτι. Μπορείς να πεις ποιος είναι ο πιθανότερος όροφος; Γιατί σκέφτηκες έτσι;

Βάσεις γνώσεων Β5

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει το βασικό μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα αέρα και διατυπώνει τα χαρακτηριστικά του με σαφήνεια. • Ο μαθητής εφαρμόζει τα χαρακτηριστικά της διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς, αναγνωρίζοντας τα συστήματα (διαμερίσματα) που αλληλεπιδρούσαν θερμικά πριν την αποχώρηση του γείτονα της πολυκατοικίας και επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει το βασικό μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα αέρα και διατυπώνει τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία από τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς με σαφήνεια. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία.

Κατηγορία 2	<p>παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από τον μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς και/ή από το θέμα.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μηχανισμού διάδοσης της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα T5 7'

Χρόνος επίλυσης

Επιστρέφεις ένα χειμωνιάτικο πρωϊνό στο σπίτι σου από ταξίδι, και διαπιστώνεις ότι το σπίτι είναι πολύ κρύο. Φτιάχνεις τσάι για να ζεσταθείς. Πριν χύσεις το τσάι στο φλιτζάνι θυμάσαι ότι η θερμάστρα πετρελαίου είναι άδεια και πρέπει να πας να αγοράσεις πετρέλαιο. Έχεις δύο ίδια φλιτζάνια, ένα χρώματος μαύρου και ένα χρώματος άσπρου. Έχει καμιά σημασία που θα χύσεις το τσάι, για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό, για τη λίγη ώρα που θα λείπεις από το σπίτι ή όχι; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων B6

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια σε όλα τα διακριτά του στάδια το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που

Κατηγορία 3	<p>πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με το χρώμα του σώματος. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα Τ6 7'

Χρόνος επίλυσης

Στο προηγούμενο πρόβλημα, αν είχες δύο φλιτζάνια, από το ίδιο υλικό, το ίδιο χρώμα, αλλά διαφορετικού μεγέθους θα είχε σημασία που θα έχυνες το τσάι για να παραμείνει όσο γίνεται περισσότερο ζεστό; Στο μεγαλύτερο (πιο φαρδύ) ή στο μικρότερο; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Βάσεις γνώσεων Β6

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια σε όλα τα διακριτά του στάδια το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. • Ο μαθητής εφαρμόζει το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία για την επίλυση του προβλήματος με επιτυχία. • Ο μαθητής επιδεικνύει σε βάθος κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Δεν υπάρχει ένδειξη εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει με σαφήνεια στα βασικά του σημεία το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με επιτυχία, παρόλο που πιθανόν να παραβλέπει κάποια λιγότερο σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει στα πιο βασικά σημεία κατανόηση της διαδικασίας και των σχετικών εννοιών. • Υπάρχει η πιθανότητα ύπαρξης κάποιων εναλλακτικών προς την επιστήμη ιδεών του μαθητή.
Κατηγορία 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής διατυπώνει κάποια σημαντικά σημεία με σαφήνεια από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. • Ο μαθητής επιλύει το πρόβλημα με μερική επιτυχία παραβλέποντας κάποια σημαντικά σημεία από το μοντέλο της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία και/ή από το θέμα. • Ο μαθητής επιδεικνύει κενά στην εννοιολογική κατανόηση της όλης διαδικασίας. • Υπάρχουν κάποιες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής επιδεικνύει ελάχιστη κατανόηση του μοντέλου της διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία, αναφορικά με την επιφάνεια του σώματος. • Ο μαθητής αναφέρεται μόνο σε ένα μικρό κομμάτι του θέματος. • Υπάρχουν σημαντικές εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Η ανταπόκριση είναι τελείως λανθασμένη ή άσχετη. • Υπάρχουν σοβαρότατες εναλλακτικές προς την επιστήμη ιδέες του μαθητή.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

Θέμα T7

5'

Χρόνος επίλυσης

Όταν βάζεις τα χέρια σου δίπλα σε μια αναμμένη ξυλόσομπα τα αισθάνεσαι να ζεσταίνονται. Όταν τα βάζεις πάνω από την ξυλόσομπα (σε ίδια περίπου απόσταση πάλι) η αίσθηση του θερμού είναι πιο έντονη, ενώ όταν την ακουμπάς η αίσθηση αυτή γίνεται φυσικά εντονότερη. Τι διαφορετικό υπάρχει στα τρία φαινόμενα;

Βάσεις γνώσεων B6

Οδηγός αξιολόγησης θέματος

Επίπεδο Επίδοσης	Κατευθυντήριες γραμμές αξιολόγησης
Κατηγορία 4	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει και τους 3 διαφορετικούς τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 3	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει μόνο τους 2 τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής αναγνωρίζει μόνο 1 τρόπο διάδοσης της θερμότητας.
Κατηγορία 0	<ul style="list-style-type: none"> • Ο μαθητής δεν αναγνωρίζει κανένα τρόπο διάδοσης της θερμότητας.
Κενό	<ul style="list-style-type: none"> • Κενό/ καμιά ανταπόκριση.

❖ (Δεν υπάρχει δηλ. στο θέμα αυτό η κατηγορία 2).