

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Θερμότητα

ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
K₆ Θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα <input type="checkbox"/> Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμότητα-μια μορφή ενέργειας (1 ώρα) <input type="checkbox"/> Πώς μετράμε τη θερμότητα (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος (1 ώρα)	ΕΑ: Βαθμονόμηση θερμομέτρου ΠΔ: Προσδιορισμός θερμοκρασίας με αφή ΠΔ: Χρήση θερμομέτρου ΠΔ: Εξέλιξη θερμοκρασίας δυο σωμάτων σε θερμική επαφή με χρήση αισθητήρων ΠΔ: Κίνηση εμβόλου σύριγγας ΠΔ: Θέρμανση με κίνηση ΕΑ: Μέτρηση θερμότητας ΠΔ: Η Μηχανή του Ήρωνα	Μέτρηση της θερμοκρασίας- Θερμόμετρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
<input type="checkbox"/> Θερμική διαστολή και συστολή (2 διδακτικές ώρες) K₇ Θερμικά φαινόμενα <input type="checkbox"/> Αλλαγή κατάστασης <input type="checkbox"/> Εξάτμιση και Συμπύκνωση	ΕΑ: Μεταφορά θερμότητας – Διατήρηση της ενέργειας ΕΑ: Θερμική ισορροπία (ΣΛΑ) ΕΑ: Βρασμός ΕΑ: Διαστολή υγρών και αερίων ΠΔ: Όγκος σφαίρας	Η διαστολή του νερού και η ζωή στη θάλασσα Λειτουργία του ψυγείου και των κλιματιστικών Κλίμα και προσαρμογή των οργανισμών Γεωλογικά ρεύματα και ρεύματα μεταφοράς

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

<p>K₈ Διάδοση της θερμότητας (3 διδακτικές ώρες)</p> <p><input type="checkbox"/> Πώς άγεται η θερμότητα</p> <p><input type="checkbox"/> Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς</p> <p>Θερμότητα και ακτινοβολία</p>	<p>ΕΑ: Γραμμική διαστολή</p> <p>ΠΔ: Διμεταλλικό έλασμα</p> <p>ΕΑ: Διαστολή υγρών</p> <p>ΕΑ: Διαστολή αερίων</p> <p>ΠΔ: Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία</p> <p>ΠΔ: Ρεύματα μεταφοράς</p>	<p>Το φαινόμενο του θερμοκηπίου</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. The meaning of Temperature, Baiererein, Rulph. The Physics Teacher, February 1990, p. 94.
2. Energy from the sun, Weinberg, Carl J., Scientific American, Sept. 1990.
3. Appraising the understanding of science concepts Heat, Watts, D.M. Gilbert J. K. Department of educational studies. University of Surrey, 1985.
4. Children' s idea about temperature, Appleton, Research in Science Education 15: 122-26
5. Πού βρήκαμε την ενέργεια, Ισαάκ Ασίμωφ, Πανεπιστημιακός τύπος
6. Λεονάρ Ντε Βρις, Το πρώτο , το δεύτερο και το τρίτο βιβλίο πειραμάτων, Εκδόσεις Καστανιώτη, Αθήνα 1987.
7. Πειράματα ΦΕ με υλικά καθημερινής χρήσης, ΟΕΔΒ, σελ. 44-51. Μόνο όσον αφορά την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων.
8. Μελέτη προβλημάτων διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για επικοινωνιακή προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4/ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ, Ιωάννης Καρανίκας, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή.

Λογισμικό:

9. ΣΕΠ (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον) Πείραμα 1-8 (ΠΙ, έργο Οδύσσεια)

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

1. Μυθολογία

Σύμφωνα με τον Όμηρο, ο Δίας κυριαρχεί στον Ουρανό με τα σύννεφα και τον αιθέρα, τη φωτιά-θερμό και το φως. Ο Άδης βασιλεύει στα σκοτάδια στο «ζόφον κερόενα», όπου ο αήρ συμπίπτει με το ψυχρό, και ο Ποσειδώνας στη θάλασσα. Σ' αυτή τη κοσμολογική εικόνα, συναντάμε το θερμό μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι ως αρχέγονες κοσμικές ουσίες, στη διάθεση των θεϊκών δυνάμεων και στη ρίζα της κοσμικής σύνθεσης.

Στη «Θεογονία» του Ησίοδου μέσα από μια αρχέγονη ενότητα, το χάος, γεννιούνται με διαχωρισμό ζεύγη αντίθετων στοιχείων (πρώτων ουσιών) το θερμό και το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό που θα διαφοροποιήσουν τέσσερις περιοχές του χώρου: Το φλογισμένο ουρανό, τον ψυχρό αέρα, την ξηρή γη και την υγρή θάλασσα. Τα αντίθετα, στη συνέχεια, ενώνονται σύμφωνα με την αρχή του Έρωτα και καθένα με τη σειρά του επικρατεί, στα πλαίσια ενός ατελείωτου κύκλου, στα φυσικά φαινόμενα, στη διαδοχή των εποχών, στη γέννηση και το θάνατο κάθε έμβιου όντος.

Στη δομή αυτή που αποτελεί και τη βάση της σκέψης των Ιώνων φιλοσόφων, το θερμό και το ψυχρό είναι οι αρχέγονες, άφθαρτες ουσίες που εξακολουθούν να υπάρχουν μέσα στις οντότητες που γεννιούνται με Έρωτα, όπου το θερμό νοείται σχεδόν πάντα μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι.

Οι αλλαγές, στις οποίες συμμετέχουν οι ουσίες θερμό και ψυχρό, γίνονται με βάση ορθολογισμένες αρχές χωρίς την καθοριστική παρουσία θεϊκών δυνάμεων.

2. Ο λόγος των Ιώνων φιλοσόφων

Στον κοσμογονικό μύθο του Ησίοδου το θερμό, το ψυχρό, το ξηρό και το υγρό πέρα από τις ουσίες στοιχεία, διατηρούν και ένα χαρακτήρα θεϊκής δύναμης. Από τη θεϊκή αυτή δύναμη πρόκειται να τα απαλλάξουν, στη συνέχεια, οι Ίωνες «φυσικοί φιλόσοφοι». Βέβαια, η δομή της σκέψης και η μεθοδολογία των Ιώνων φιλοσόφων ήταν τελείως διαφορετική από τη σύγχρονη επιστημονική σκέψη, δηλαδή τη διατύπωση υποθέσεων για την ερμηνεία των φαινομένων και την πραγματοποίηση πειραμάτων για την επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων. Όμως επειδή οι φιλόσοφοι δίδασκαν στην αγορά των πόλεων, ο λόγος τους όφειλε να είναι πειστικός, γεγονός που οδήγησε στον εξορθολογισμό του μύθου. Έτσι το θερμό και το ψυχρό γίνονται ουσιαστικά ουσίες της φύσης, ενώ η κίνηση είναι υπεύθυνη, σύμφωνα με τον Αναξίμανδρο, για την εμφάνιση των πρώτων μορφών. Υπάρχουν, επιπλέον, οι παγκόσμιες αρχές: Η «δίκη» του Αναξίμανδρου, το «νείκος» του Εμπεδοκλή και ο «πόλεμος» του Ηράκλειτου. Με βάση αυτές τις αρχές, λύνεται πειστικά και το κοσμολογικό πρόβλημα και εξηγείται η λειτουργία της φύσης χωρίς την παρέμβαση των θεών. Η φιλοσοφία έχει πια γεννηθεί. Στον κόσμο της Ιωνι-

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

κής φιλοσοφίας, το θερμό συνυπάρχει με το φως στη φωτιά, στον αιθέρα, στο φλογισμένο ουρανό. Το ψυχρό συνυπάρχει με το σκοτάδι στον αέρα, που βρίσκεται κάτω από τον ουρανό και πάνω από τη γη. Το ξηρό κυριαρχεί στη γη και το υγρό στη θάλασσα. Ταυτόχρονα, όλα τα αντίθετα συνυπάρχουν παντού και η διαρκής πάλη τους δικαιολογεί τις αλλαγές. Έτσι, η διαδοχική επικράτηση ενός εκάστου των «στοιχείων» εξηγεί επιπλέον και τους ορατούς κύκλους των αλλαγών στη φύση.

3. Η Αριστοτελική θεωρία

Σύμφωνα με την Αριστοτελική φιλοσοφία τα επίγεια σώματα συντίθενται από τέσσερις ουσίες: το πυρ, τον αέρα, το ύδωρ και τη γη. Το θερμό, το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό είναι οι πρωταρχικές ποιότητες των σωμάτων. Τα τέσσερα δομικά στοιχεία του κόσμου έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (ποιότητες). Το πυρ είναι το θερμό και ξηρό, ο αήρ θερμός και υγρός, το ύδωρ ψυχρό και υγρό και η γη ψυχρή και ξηρή. Όταν τα σώματα έρχονται σε επαφή, είναι δυνατόν να ανταλλάσσουν τις ποιότητές τους, οπότε δημιουργούνται νέα σώματα π.χ. Νερό (ψυχρό, υγρό) + Φωτιά (θερμό, υγρό)=γη (ψυχρό, ξηρό)+Αέρας (θερμό, υγρό). Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιήθηκαν από τους αλχημιστές στο Μεσαίωνα για να εξηγήσουν τις χημικές μεταβολές.

Επίσης κατά τον Αριστοτέλη, όταν μια ποιότητα κυκλωθεί από την αντίθετή της, ενισχύεται. Μια σπηλιά το καλοκαίρι είναι δροσερή γιατί κυκλώνεται από θερμό αέρα, ενώ η ίδια σπηλιά το χειμώνα είναι σχετικά θερμή, γιατί κυκλώνεται από ψυχρό αέρα.

4. Το θερμό και το ψυχρό ως «δυνάμεις» που ξεπηδούν από αντίστοιχες πηγές.

Σύμφωνα με τον Crosseteste, εξέχοντα συγγραφέα φυσικής φιλοσοφίας του 13ου αιώνα μ.Χ., η θερμότητα και το ψύχος είναι ακτίνες δύναμης που πηγάζουν αντίστοιχα από θερμά και ψυχρά σώματα - πηγές και αποτελούν την αιτία της δράσης της πηγής πάνω σ' ένα άλλο σώμα από απόσταση.

Οι «πειραματιστές» του 17ου αιώνα μ.Χ. κινήθηκαν στα χνάρια του Γαλιλαίου συνεχίζοντας την προσπάθεια αμφισβήτησης της Αριστοτελικής φυσικής φιλοσοφίας του τέλους του Μεσαίωνα και χρησιμοποίησαν συστηματικά το θερμόμετρο για τον προσδιορισμό του βαθμού θέρμανσης των σωμάτων, πριν ακόμη η έννοια της θερμοκρασίας διαφοροποιηθεί από αυτή της θερμότητας.

Στα πλαίσια της Γαλιλαϊκής φυσικής, τα θερμικά φαινόμενα συνδέονται με τις μηχανικές μεταβολές και ερμηνεύονται με βάση ένα μηχανιστικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό θεωρούσε τη θερμότητα και το ψύχος ως «δυνάμεις» με τη στενή έννοια της απευθείας δράσης ενός αντικειμένου πάνω σε ένα άλλο, όταν αυτά έρχονται σε επαφή. Οι πηγές μετά από παρατεταμένη χρήση εξαντλούνται (η φλόγα ενός κεριού σβήνει και ένα σύστημα ψύξης λιώνει), ενώ οι αποδέκτες εμφανίζουν μηχανικές, μετρήσιμες μεταβολές ως αποτέλεσμα της δράσης των δυνάμεων που ασκούν οι πηγές.

5. Διαφοροποίηση των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας από τον Black

Σύμφωνα με τους πειραματιστές, η θερμότητα συνίσταται από σωματίδια που εκπέμπονται από τις θερμές πηγές και απορροφώνται από τους αποδέκτες. Υπήρχε όμως σοβαρή αμφιβολία για το αν και οι ψυχρές πηγές εκπέμπουν σωματίδια ψύχους όπως αντίστοιχα οι θερμές. Ο Σκωτσέζος Joseph Black (Τζόζεφ Μπλακ 1728–1799) γύρω στα 1760 έκανε διάφορες παρατηρήσεις και πειράματα για τις μεταβολές των πηγών ψύχους (πάγος, χιόνι) όταν δρούσαν πάνω στους αποδέκτες. Παρατήρησε ότι η δράση της ψυχρής πηγής πάνω στον αποδέκτη σταματά, όταν οι ενδείξεις των θερμομέτρων που μετρούν το βαθμό θερμότητας στην πηγή και στον αποδέκτη εξισωθούν. Επιπλέον, μια ποσότητα χιονιού έχει την ίδια συμπεριφορά (λιώνει) είτε παίζει το ρόλο της πηγής ψύχους είτε το ρόλο του αποδέκτη της θερμότητας.

Ο Black διατύπωσε μια τολμηρή υπόθεση. Το ψύχος δεν υπάρχει ως δύναμη που εκπέμπεται από τις κρύες πηγές. Όταν δυο σώματα έρχονται σε επαφή, τότε αυτό που έχει, σύμφωνα με το θερμόμετρο, το μεγαλύτερο «βαθμό θερμότητας» παίζει το ρόλο της θερμής πηγής, δίνοντας θερμότητα στο άλλο μέχρι οι ενδείξεις των θερμομέτρων στα δυο σώματα να εξισωθούν. Έτσι γεννήθηκαν η έννοια της θερμικής ισορροπίας και η έννοια της θερμοκρασίας (=βαθμός θερμότητας ή ένδειξη θερμομέτρου), ενώ από τη θερμότητα και το ψύχος διατηρήθηκε μόνο η πρώτη.

Δυο ακόμη συμπεράσματα του Black επιβεβαίωσαν την παραπάνω υπόθεση και καθιέρωσαν τη θερμοκρασία ως έννοια διαφορετική από τη θερμότητα:

- a. Τα διάφορα υλικά χαρακτηρίζονται από μια σταθερά, την ειδική θερμότητα, γεγονός που άνοιξε το δρόμο για τη διατύπωση του θεμελιώδους νόμου της θερμοδομετρίας.
- β. Κατά την αλλαγή φάσης, η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή, ενώ η θερμότητα βρίσκεται κρυμμένη –λανθάνουσα– μέσα στο λιωμένο πάγο ή στους υδρατμούς που προήλθαν από την εξαέρωση του νερού. Ο Black θεώρησε ότι η θερμότητα αποτελεί μια άλλη χαρακτηριστική σταθερά των υλικών.

6. Η θερμότητα ως «ρευστό» ή ως «κίνηση μορίων». Η προσέγγιση των Lavoisier – Laplace

Είκοσι χρόνια περίπου μετά από την εργασία του Black, οι Γάλλοι Lavoisier και Laplace συνέγραψαν ένα κοινό μνημόνιο γύρω από μια μέθοδο για τη μέτρηση της θερμότητας. Ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα:

Οι γνώμες των φυσικών αναφορικά με τη φύση της θερμότητας διχάζονται. Μερικοί φυσικοί θεωρούν τη θερμότητα ένα ρευστό που διαπερνάει όλη τη φύση, που διεισδύει στα σώματα σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, ανάλογα με τη θερμοκρασία τους και τη χωρητικότητά τους. Μπορεί να συνδέεται με τα σώματα και στην κατάσταση αυτή παύει να επηρεάζει το θερμόμετρο ή να ρέει ελεύθερα από το ένα στο άλλο. Άλλοι φυσικοί πάλι, πιστεύουν ότι η θερμότητα δεν είναι παρά το αποτέλεσμα ανεπαίσθητων κινήσεων στα μόρια της ύλης. Θερμότητα είναι η vis-viva (ζωντανή δύναμη) του συνόλου των κινήσεων των μορίων ενός σώματος. Είναι, δηλαδή, το άθροισμα των γινομένων της μάζας κάθε μορίου επί το τετράγωνο της ταχύτητάς του.

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Από τις δυο υποθέσεις, την πρώτη υποστήριζε ο χημικός Lavoisier και τη δεύτερη ο μαθηματικός Laplace. Η άποψη του Lavoisier παρέμενε επικρατέστερη. Η μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων θεωρούσε τη θερμότητα ως «θερμογόνο», θερμικό ρευστό που διατηρείται αμετάβλητο.

7. Σχέση της τριβής με τη θερμότητα Ο Rumford.

Η πρώτη σοβαρή αμφισβήτηση προήλθε από παρατηρήσεις σχετικές με τη θερμότητα που παράγεται εξαιτίας της τριβής. Το 1798 ο Αμερικανός Benjamin Thomson (Μπενζιαμίν Τόμσον 1753–1814) που αργότερα ονομάστηκε κόμης Rumford (Ρούμφορντ) βρισκόνταν στη Γερμανία όπου επέβλεπε την κατασκευή κανονιών. Η διάνοιξη της κάνης του κανονιού γινόταν με ένα τρυπάνι κατασκευασμένο από ένα σκληρό μέταλλο.

Καθώς προχωρούσε το τρυπάνι, αναπτυσσόταν πολύ μεγάλη τριβή ανάμεσα στο περιστρεφόμενο μεταλλικό τμήμα του και το κομμάτι του μετάλλου όπου διανοιγόταν η κάνη. Έτσι τα δυο μέταλλα θερμαίνονταν τόσο πολύ, που έπρεπε διαρκώς να διαβρέχονται με κρύο νερό. Η θερμότητα γεννιόταν ασταμάτητα και δεν είχε τις ιδιότητες ενός ρευστού που προϋπήρχε στο μέταλλο εξαρχής. Σ' ένα κρίσιμο πείραμά του ο Rumford διαπίστωσε ότι η θερμότητα που απέδιδαν μικρά ρινίσματα υψηλής θερμοκρασίας ήταν ίση με τη θερμότητα που απέδιδαν ελάσματα που είχαν την ίδια συνολική μάζα καθώς και ίδια θερμοκρασία με τα ρινίσματα και όχι μικρότερη όπως θα αναμενόταν, αν η θερμότητα ήταν ρευστό που διέφευγε κατά την παραγωγή των ρινισμάτων. Με το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος καταφέρθηκε κέραιο πλήγμα στην αντίληψη του αόρατου θερμικού ρευστού.

Ο Rumford σκέφθηκε ότι η θερμότητα έπρεπε να είναι ένα είδος κίνησης. Όχι όμως η κίνηση ολόκληρου του σώματος, αλλά η μη ορατή κίνηση των μικροσκοπικών τμημάτων από τα οποία αποτελείται το σώμα. Επιπλέον αυτές οι μικροσκοπικές κινήσεις ήταν ταλαντώσεις προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, οπότε συνολικά αλληλοαναιρούνταν και έτσι ολόκληρο το σώμα παρέμεινε ακίνητο.

Οι απόψεις του Rumford, ιδιαίτερα πρωτοποριακές για την εποχή του, αξιολογήθηκαν θετικά από ελάχιστους επιστήμονες. Μόλις όμως πέντε χρόνια μετά από το 1803 ο Άγγλος φυσικός και χημικός ο John Dalton (Τζων Ντάλτον) παρουσίασε μια νέα θεωρία, σύμφωνα με την οποία η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά κομματάκια που τα ονόμασε «άτομα». Με το πέρασμα του χρόνου άρχισε να φαίνεται πιο λογική η υπόθεση ότι η θερμότητα συνδεόταν με τις μικροσκοπικές κινήσεις αυτών των ατόμων. Πριν να επικρατήσει όμως αυτή η άποψη, έμελλε να αποδειχθεί ότι η θερμότητα είναι μορφή ενέργειας.

8. Θερμότητα, μια μορφή ενέργειας

Η δημιουργία κίνησης από θερμότητα αρχίζει με τον ατμοστρόβιλο του Ήρωνα από την Αλεξάνδρεια και συνεχίζεται με τους Άγγλους μηχανικούς και κυρίως με τον James Watt (1736–1819), οι οποίοι στη διάρκεια του 18ου αιώνα κατασκευάζουν και βελτιώ-

νουν τις πρώτες ατμομηχανές στην Αγγλία που ουσιαστικά σηματοδοτούν την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης.

Η κατασκευή όμως των πρώτων ατμομηχανών είχε πρακτικό χαρακτήρα και μόλις στα 1824 ο Γάλλος Smandi Carnot (Καρνώ 1796–1832) δημοσίευσε ένα βιβλίο στο οποίο γίνεται θεωρητική μελέτη της μηχανικής ενέργειας που παράγεται από μετατροπή θερμότητας σε μια ατμομηχανή.

Στα μέσα όμως του 19ου αιώνα τρεις επιφανείς επιστήμονες διατύπωσαν την άποψη ότι η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας. Πρώτος ο Γερμανός γιατρός Mayer (1814–1878) ξεκινώντας από παρατηρήσεις στο χρώμα του φλεβικού αίματος των ανθρώπων στις θερμές χώρες και με βάση καθαρά θεωρητικούς υπολογισμούς εξέφρασε το 1842 την άποψη ότι η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια των μυών που παράγονται στο ανθρώπινο σώμα προέρχονται από τη χημική ενέργεια των τροφών. Άρα τελικά η θερμότητα, η χημική ενέργεια και η μηχανική ενέργεια είναι μορφές ισοδύναμες που μετατρέπονται η μια στην άλλη.

Η άμεση επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας οφείλεται στον Άγγλο ερευνητή Joule (Τζάουλ 1813–1879). Αρχικά ο Joule έκανε πειράματα σχετικά με τη θερμότητα που παράγεται από το ηλεκτρικό ρεύμα και τη συμπίεση αερίων. Το ιστορικής σημασίας πείραμα πραγματοποιήθηκε το 1847 με την περίφημη συσκευή στην οποία δυο κύλινδροι έπεφταν από κάποιο ύψος και έθεταν σε περιστροφική κίνηση μια φτερωτή βυθισμένη στο νερό και η θερμοκρασία του νερού αυξανόταν. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια των κυλίνδρων μετατρέποταν σε κινητική ενέργεια της φτερωτής και τελικά σε ενέργεια (θερμότητα;) που ανύψωνε τη θερμοκρασία του νερού. Τέλος λίγα χρόνια αργότερα, ο Γερμανός Helmholtz (1821–1894) θα διατυπώσει ολοκληρωμένα την άποψη ότι όλες οι μορφές ενέργειας είναι ισοδύναμες και ότι κατά τις μετατροπές από μια μορφή σε άλλη η συνολική ενέργεια διατηρείται. Ανέφερε χαρακτηριστικά σε μια διάλεξη: «Το σύμπαν περιέχει μια ποσότητα ενέργειας που δεν μπορεί με κανένα τρόπο ούτε να αυξηθεί ούτε να ελαττωθεί. Η ποσότητα ενέργειας του σύμπαντος είναι αιώνια και αμετάβλητη όπως η μάζα του. Μ' αυτά τα λόγια σας αναγγέλλω ένα μεγάλο νόμο της φύσης, την Αρχή διατήρησης της ενέργειας».

9. Η ενέργεια διατηρείται, αλλά υποβαθμίζεται

Αν η ενέργεια διατηρείται, τι συμβαίνει κατά τις μετατροπές της από μια μορφή σε άλλη; Ο πρώτος που διατύπωσε το αδύνατο της πλήρους μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο ήταν ο Carnot. Οι μελέτες του έγιναν το 1824, δηλαδή πριν την τελική διατύπωση του νόμου διατήρησης της ενέργειας. Είχαν περάσει αρκετά χρόνια από την κατασκευή των πρώτων ατμομηχανών και η λειτουργία τους ήταν προβληματική, γιατί μόνο το 5% της θερμότητας που προερχόταν από τη καύση του ξύλου ή του άνθρακα μετατρέποταν σε μηχανικό έργο, ενώ το υπόλοιπο προκαλούσε αύξηση της θερμοκρασίας (θέρμανση;) του περιβάλλοντος.

Ο Carnot αναζητώντας τρόπο βελτίωσης της απόδοσης των ατμομηχανών υπέθεσε την ύπαρξη μιας ιδανικής ατμομηχανής που λειτουργεί χωρίς απώλεια θερμότητας. Παρό-

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

λα αυτά, οι υπολογισμοί τον οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ακόμα και σε αυτή τη μηχανή ήταν αδύνατο να μετατραπεί όλη η θερμότητα σε μηχανικό έργο, αλλά το παραγόμενο έργο εξαρτιόταν από τη διαφορά μεταξύ της υψηλής θερμοκρασίας του λέβητα και της χαμηλής του συμπυκνωτή. Αν δεν υπήρχε διαφορά θερμοκρασίας, δεν υπήρχε και δυνατότητα μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο. Το 1850 αρκετά χρόνια μετά το θάνατο του Carnot, ένας Γερμανός επιστήμονας ο Rudolf Clausius (Κλαούζιους 1822–1888) μελέτησε τις απόψεις του Carnot και άρχισε να εξετάζει όλα τα είδη της ενέργειας και τη δυνατότητα μετατροπής τους σε έργο. Ο Clausius έδειξε ότι η ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε έργο μόνο στην περίπτωση που είναι ανομοιόμορφα διασκορπισμένη στην πηγή από όπου την αντλούμε. Όσο πιο ομοιόμορφα κατανέμεται η ενέργεια σε ένα σύστημα, τόσο μικρότερο μέρος της μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο, δηλαδή τόσο μικρότερη χρησιμότητα έχει αυτή η ενέργεια. Ο Clausius εισήγαγε ένα μέτρο της ομοιομορφίας κατανομής της ενέργειας ή της ποιότητας της ενέργειας, το οποίο συνέδεσε με το βαθμό αταξίας της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Στο μέτρο αυτό έδωσε το όνομα εντροπία. Όσο αυξάνεται η εντροπία ενός συστήματος τόσο αυξάνει η αταξία της ύλης, η ενέργεια κατανέμεται πιο ομοιόμορφα και συγχρόνως υποβαθμίζεται, δηλαδή γίνεται λιγότερο χρήσιμη, αφού μικρότερο ποσοστό της μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές. Τελικά, όλες οι μετατροπές στη φύση πραγματοποιούνται προς την κατεύθυνση αύξησης της εντροπίας του σύμπαντος.

10. Θερμότητα και μικρόκοσμος

Μετά την καθιέρωση της αντίληψης ότι η θερμότητα αποτελεί μια μορφή ενέργειας, άρχισε να αναπτύσσεται έντονος προβληματισμός στους επιστήμονες για τη δυνατότητα θεμελιώδους σύνδεσής της με τις άλλες μορφές ενέργειας στα πλαίσια της Νευτώνειας Μηχανικής. Έτσι ήλθαν στην επιφάνεια οι ιδέες του Black για τη σύνδεση της θερμότητας με την κίνηση των δομικών συστατικών της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η έρευνα ξεκίνησε το 1857 από τον Clausius και συνεχίσθηκε από τον Σκωτζέτζο James Clark Maxwell (Τζαίμς Κλαρκ Μάξγουελ 1831–1879) και τον Αυστριακό Ludwig Boltzmann (Λούτβιχ Μπόλττμαν 1844–1906). Εφάρμοσαν τους νόμους της Νευτώνειας Μηχανικής για τη μελέτη της κίνησης των σωματιδίων που συγκροτούν την ύλη και λόγω του τεράστιου πλήθους τους χρησιμοποίησαν στατιστικές μεθόδους για τον υπολογισμό μέσω των τιμών μακροσκοπικών μεγεθών όπως η πίεση και η θερμοκρασία. Έτσι γεννήθηκε μια καινούργια θεωρία, η κινητική θεωρία, που ερμήνευσε τα πειραματικά δεδομένα εξ ίσου καλά όπως και η καθαρά μακροσκοπική θερμοδυναμική. Ωστόσο, μόνο μετά το 1905, όταν ο Einstein έδωσε μια ικανοποιητική ερμηνεία της κίνησης Brown με βάση την αδιάκοπη, άτακτη κίνηση των μορίων του νερού, η κινητική θεωρία άρχισε να καθιερώνεται μεταξύ των επιστημόνων.

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ 2

Σ' αυτή την ενότητα μελετώνται οι βασικές έννοιες θερμοκρασία, θερμική ενέργεια, θερμότητα, οι θερμικές μεταβολές και τέλος οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας.

Αρχικά τονίζεται η αδυναμία της αξιόπιστης εκτίμησης της θερμικής κατάστασης ενός σώματος μέσω των αισθήσεων. Εισάγεται η θερμοκρασία ουσιαστικά σαν ένδειξη του οργάνου μέτρησής της, του θερμομέτρου, μέσω του οποίου προσδιορίζεται με ακριβή και αντικειμενικό τρόπο. Αξιοποιούμε την προηγούμενη γνώση των μαθητών περί ενέργειας και εισάγουμε τη θερμότητα ως μορφή μεταφερόμενης ενέργειας που προκαλεί τις ίδιες μεταβολές όπως και η μηχανική ενέργεια.

Εξετάζονται οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η μεταφορά θερμότητας. Εισάγεται η ειδική θερμότητα ως μέγεθος χαρακτηριστικό του κάθε υλικού και γίνεται μια πρώτη απόπειρα σύνδεσης της θερμότητας με τη διατήρηση της ενέργειας. Γίνεται ο παραλληλισμός της θερμότητας με το έργο (ως διαδικασίες μεταφοράς ενέργειας) και διατυπώνεται ο 1ος θερμοδυναμικός νόμος ως έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Προκειμένου να διακρίνουν σαφώς οι μαθητές τις έννοιες θερμοκρασία και θερμότητα και να ενισχυθεί η κριτική τους ικανότητα σχετικά με τις ερμηνείες και προβλέψεις στις θερμικές μεταβολές και στη διάδοση της θερμότητας, οι έννοιες συνδέονται με το μικρόκοσμο. Προς τούτο εισάγεται η έννοια του δομικού λίθου. Ως παράδειγμα δομικών λίθων αναφέρονται τα μόρια των αερίων. Έτσι η έννοια της θερμικής ισορροπίας εξετάζεται παράλληλα, τόσο στο μακροσκοπικό, όσο και στο μικροσκοπικό επίπεδο. Επειδή σε επίπεδο δομικών λίθων της ύλης εκδηλώνονται μόνο δυο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας, η κινητική και η δυναμική, εισάγονται η θερμική και η εσωτερική ενέργεια ως η συνολική κινητική και το άθροισμα της συνολικής κινητικής και δυναμικής ενέργειας των δομικών λίθων αντίστοιχα. Η διάκριση θερμικής και εσωτερικής ενέργειας κρίθηκε απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση από τους μαθητές του ρόλου της «λανθάνουσας» θερμότητας στις μεταβολές κατάστασης που εξετάζονται στη συνέχεια.

Οι θερμικές μεταβολές μελετώνται μέσω πειραμάτων, που μπορούν να διεξαχθούν είτε με τη μορφή επίδειξης είτε στο εργαστήριο από ομάδες μαθητών. Συγχρόνως όμως επιχειρείται μια ερμηνεία των φαινομένων αυτών που βασίζεται στο απλό μικροσκοπικό μοντέλο των κινούμενων δομικών λίθων. Στα φαινόμενα τήξης-πήξης και βρασμών-υγροποίησης η θερμοκρασία του συστήματος διατηρείται σταθερά, μολονότι μεταφέρεται σε αυτό θερμότητα. Για την ερμηνεία αυτού του φαινομένου, τονίζεται ότι ενώ αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος, η θερμική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.

Η χρησιμοποίηση του απλού μικροσκοπικού μοντέλου επιτρέπει τη σχετικά εύκολη σύνδεση των θερμοτήτων βρασμού με τη μάζα και το είδος του υλικού και την ερμηνεία της μεταβολής των θερμοκρασιών τήξης και βρασμού σε διάλυμα νερού και λόγω της μεταβολής της πίεσης. Τέλος τονίζεται ότι κατά την τήξη-πήξη μεταβάλλεται ο όγκος

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

του σώματος, ενώ η μάζα του διατηρείται σταθερή. Η εξάτμιση διαφοροποιείται από το βρασμό ως διαδικασία εξαέρωσης που πραγματοποιείται σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, ενώ το μοριακό μοντέλο επιτρέπει μια απλή ερμηνεία των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η ταχύτητα εξάτμισης. Τονίζεται ότι το ορατό «λευκό σύννεφο» που παρατηρείται κατά το βρασμό αποτελείται από υδροσταγονίδια που προήλθαν από συμπύκνωση και όχι από αόρατους υδρατμούς.

Οι τρόποι διάδοσης της θερμότητας αναπτύσσονται κυρίως μέσα από εφαρμογές. Η διάδοση με αγωγή διακρίνεται από τη διάδοση με ρεύματα μεταφοράς με βάση τη μετακίνηση ή όχι της ύλης, δηλαδή μορίων από τις θέσεις ισορροπίας τους. Η διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία παραλληλίζεται με τη διάδοση του φωτός ακόμα μέσω «κενού χώρου». Τέλος, εξετάζεται η εξάρτηση της εκπεμπόμενης θερμότητας από τη θερμοκρασία και το είδος της επιφάνειας του σώματος που ακτινοβολεί.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 6: ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών για τη θερμότητα – θερμοκρασία

Η έννοια της θερμότητας

Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες στη διδακτική των φυσικών επιστημών, ένα από τα θέματα στα οποία φαίνεται ότι οι μαθητές έχουν μεγάλη σύγχυση είναι η έννοια της θερμότητας. Πηγή αυτής της σύγχυσης από τους περισσότερους ερευνητές θεωρείται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται στο καθημερινό λεξιλόγιο λέξεις όπως θερμότητα, θερμική ροή, θερμοχωρητικότητα.

Η άποψη την οποία εκφράζουν οι περισσότεροι μαθητές ηλικίας 12–16 ετών ότι η θερμότητα είναι ένα συστατικό που ρέει από θέση σε θέση, προσεγγίζει πολύ την άποψη Lavoisier για το καλορικό υγρό. Οι μαθητές θεωρούν τη θερμότητα ως ένα λεπτό συστατικό, όπως ο αέρας, το οποίο έχει τη δυνατότητα να ρέει μέσα ή έξω από τα αντικείμενα. Επίσης αρκετά συχνά θεωρούν το ψύχος σαν το αντίθετο φαινόμενο της θερμότητας και το συνδέουν με τον αέρα.

Η έννοια της θερμοκρασίας

Η διάκριση μεταξύ των εννοιών θερμότητα-θερμοκρασία είναι από τα πλέον δύσκολα θέματα για τους μαθητές. Συνήθως θεωρούν τη θερμοκρασία ενός σώματος ως το μίγμα του ψυχρού και της θερμότητας που περιέχεται σε αυτό. Επίσης αρκετοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το μέγεθός του, τον όγκο του ή το ποσό της ύλης που περιέχει.

Αντιλαμβάνονται τη θερμοκρασία ως ιδιότητα της ύλης και αποδίδουν σε κάποια συστατικά την ιδιότητα του θερμού και του ψυχρού. Έτσι συχνά οι μαθητές δεν είναι σε θέση να δημιουργήσουν μια συστηματική αιτιατή σχέση μεταξύ θέρμανσης ουσιών και αύξησης της θερμοκρασίας. Επίσης δεν αναγνωρίζουν ότι αντικείμενα διαφορετικής θερμοκρασίας που βρίσκονται σε επαφή θα αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία.

Διαθεματικές έννοιες

Το **σύστημα**, η **μεταβολή**, η **διατήρηση** και η **δομή** ενός συστήματος αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της ενότητας της θερμότητας. Τα θερμικά φαινόμενα και οι μεταβολές ενός συστήματος περιγράφονται με βάση τη μεταφορά, το μετασχηματισμό και τη διατήρηση της ενέργειας. Η ερμηνεία των θερμικών φαινομένων γίνεται με βάση μοντέλα που περιγράφουν τη μικροσκοπική δομή του συστήματος.

Εισαγωγικό σημείωμα

Στην εισαγωγική συζήτηση του κεφαλαίου προκαλώ το ενδιαφέρον των μαθητών χρησιμοποιώντας τα μικρά ένθετα «Σύνδεση με: την Ιστορία, τη μυθολογία, την Τεχνολογία». Προς τούτο υποβοηθούμαι από τις σχετικές εικόνες της παραγράφου ή αντίστοιχες διαφάνειες.

Θερμόμετρα – Θερμοκρασία – Θερμότητα και θερμική ενέργεια

Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να ορίζουν τη θερμοκρασία ως φυσικό μέγεθος που προσδιορίζεται αντικειμενικά με χρήση των θερμομέτρων.
2. Να περιγράφουν τον τρόπο βαθμονόμησης των θερμομέτρων.
3. Να περιγράφουν τις κλίμακες θερμοκρασίας Κελσίου, Φαρενάιτ και Κέλβιν.
4. Να προσδιορίζουν τη θερμότητα ως μορφή μεταφερόμενης ενέργειας, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων.
5. Να υπολογίζουν τη θερμότητα που μεταφέρεται μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας.
6. Να εφαρμόζουν τη διατήρηση της ενέργειας κατά τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων.
7. Να συνδέουν την έννοια της θερμοκρασίας με τη μικροσκοπική δομή των σωμάτων.
8. Να διακρίνουν τις έννοιες θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα.
9. Να περιγράφουν πώς επιτυγχάνεται η κατάσταση θερμικής ισορροπίας και να τη συσχετίζουν με τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Θερμοκρασία

Στόχοι 1, 2, 3

Αρχίζω τη διδασκαλία της ενότητας με μια πειραματική δραστηριότητα, με στόχο να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές την αναγκαιότητα εισαγωγής αντικειμενικού τρόπου μέτρησης της θερμοκρασίας:

Χρησιμοποιώ τρία δοχεία με νερό: Το δοχείο Α περιέχει νερό θερμοκρασίας $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, το δοχείο Β περιέχει νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας (νερό στο οποίο έχω βάλει παγάκια, ώστε η θερμοκρασία του να είναι λίγους βαθμούς πάνω από το 0) και το δοχείο Γ που περιέχει νερό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Ένας μαθητής βάζει διαδοχικά το χέρι του στο δοχείο Α και στη συνέχεια στο Β. Χρησιμοποιεί τις λέξεις «ζεστό»-«κρύο» για να προσδιορίσει (υποκειμενικά) τη θερμοκρασία του νερού κάθε δοχείου.

Ένας άλλος μαθητής βουτά πρώτα το χέρι του στο δοχείο Γ και στη συνέχεια στο Β και προσδιορίζει με τον ίδιο τρόπο τις θερμοκρασίες του νερού των δύο δοχείων.

Από τη διαδικασία θα προκύψουν δύο αντιφατικοί υποκειμενικοί προσδιορισμοί για τη θερμοκρασία του νερού του δοχείου Β. Οι μαθητές οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι χρειαζόμαστε έναν αντικειμενικό τρόπο προσδιορισμού της θερμοκρασίας, αποδεκτό από όλους και ανεξάρτητο της διαδικασίας μέτρησής της.

Στη συνέχεια, τοποθετώ δυο θερμόμετρα, το ένα στο δοχείο Α και το άλλο στο Β. Αφού σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις τους, τα τοποθετώ στο δοχείο Β. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι τα δύο θερμόμετρα θα δείξουν τελικά την ίδια θερμοκρασία.

Σημειώσεις:

- Το δοχείο του θερμομέτρου πρέπει να βυθίζεται πλήρως στο νερό, του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη θερμοκρασία.
- Η μέτρηση να λαμβάνεται όταν σταθεροποιείται η ένδειξη του οργάνου (Αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας).

Ορίζω τη θερμοκρασία ως ένα φυσικό μέγεθος που το μετράμε με ειδικά όργανα, τα θερμόμετρα. Δείχνω στους μαθητές μερικούς τύπους εργαστηριακών θερμομέτρων. Τους εξηγώ πώς έχει γίνει η βαθμονόμησή τους και μέσω πειραματικής δραστηριότητας τους δείχνω πώς γίνεται η θερμομέτρηση διαφόρων σωμάτων. Τονίζω ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με βάση τη μεταβολή μιας φυσικής ιδιότητας και κάθε τύπος θερμομέτρου είναι κατάλληλος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε συγκεκριμένη περιοχή θερμοκρασιών. Χρησιμοποιώ και τη σχετική εικόνα του βιβλίου καθώς και το ένθετο «Σύνδεση με την Κοσμολογία, Ιστορία και Ανθρωπολογία».

Εργαστηριακή άσκηση: Βαθμονόμηση θερμομέτρου

Πραγματοποιώ την εργαστηριακή άσκηση «Βαθμονόμηση θερμομέτρου» του εργαστηριακού οδηγού, είτε ως άσκηση μετωπικού εργαστηρίου είτε ως πείραμα επίδειξης. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας που υπάρχει στις οδηγίες διεξαγωγής της άσκησης, στον εργαστηριακό οδηγό.

Θερμότητα - υπολογισμός της θερμότητας

Στόχοι 4, 5, 6

Σύνδεση με προηγούμενη γνώση

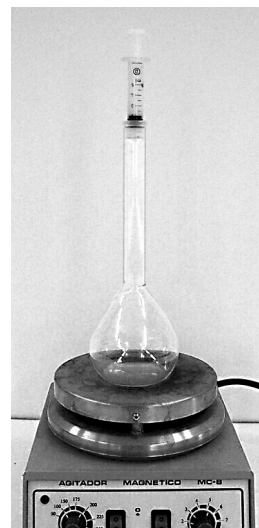
Σε αυτή την παράγραφο επιχειρείται η εισαγωγή της έννοιας της θερμότητας ως μορφής μεταφερόμενης ενέργειας μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας. Δεδομένου ότι έχει προηγηθεί η διδασκαλία της έννοιας του έργου και της ενέργειας, επι-

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

δίδεται οι μαθητές να συσχετίσουν τη θερμότητα με τη γενικότερη αρχή διατήρησης της ενέργειας κατά την περιγραφή των θερμικών φαινομένων.

Η διδασκαλία μπορεί να επικεντρωθεί σε μια πειραματική δραστηριότητα, ή να υποβοηθηθεί από τις σχετικές εικόνες του βιβλίου ή αντίστοιχες διαφάνειες, ώστε οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι η επαφή ενός σώματος με ένα άλλο υψηλότερης θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του αρχικού σώματος ή ακόμα και άλλες μεταβολές, όπως την κίνηση του εμβόλου της σύριγγας στη φιάλη του διπλανού σχήματος.

Με αυτό το πείραμα επίδειξης αποσκοπούμε σε δύο στόχους: α) Η κίνηση του εμβόλου μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μεταφέρθηκε στο αέριο της φιάλης ενέργεια και β) Η μεταφορά αυτής της ενέργειας έγινε από το θερμότερο σώμα (φλόγα) προς το λιγότερο θερμό (αέριο της φιάλης). Έτσι, εισάγουμε την έννοια της θερμότητας ως μια μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από το θερμότερο προς το λιγότερο θερμό σώμα και μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (κίνηση του εμβόλου).



Ζητώ από τους μαθητές σας να σκεφτούν, γιατί κινείται το έμβολο: στο έμβολο ασκείται δύναμη από τον αέρα της σύριγγας, η δύναμη παράγει έργο, η κινητική ενέργεια του εμβόλου αυξάνεται.

Με βάση αυτή την πειραματική δραστηριότητα και δείχνοντας εικόνες με αντίστοιχα παραδείγματα (για παράδειγμα τη μηχανή του Ήρωα του σχολικού εργαστηρίου), ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τη λειτουργία των θερμικών μηχανών ή τα θερμικά φαινόμενα που απεικονίζονται στις εικόνες, χρησιμοποιώντας την έννοια της θερμότητας, της ενέργειας και των μετατροπών της καθώς και την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

[Επισημαίνουμε την αδυναμία πολλών μαθητών αυτής της ηλικίας να διακρίνουν και να συνδέσουν αιτιατά τη μεταφορά θερμότητας σε ένα σώμα με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Η δραστηριότητα αυτή θα επαναληφθεί και στην επόμενη παράγραφο, αφού θα έχει γίνει η εισαγωγή της έννοιας της θερμικής ενέργειας. Εδώ επιμένουμε στη μακροσκοπική περιγραφή του παρατηρούμενου φαινομένου. Τη μικροσκοπική θα την αναπτύξουμε στην επόμενη παράγραφο. Ωστόσο ο τελικός στόχος και των δύο παραγράφων είναι οι μαθητές να μπορούν να περιγράφουν με τη γλώσσα της ενέργειας στο μακροσκοπικό και στο μικροσκοπικό επίπεδο τα παρατηρούμενα φαινόμενα (αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα της φιάλης και κίνηση του εμβόλου).

Μακροσκοπικό επίπεδο

Το διάπυρο αέριο της φλόγας του λύχνου έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον αέρα της φιάλης. Έτσι, μεταφέρεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας από τη φλόγα στον αέρα της φιάλης. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέρ-

γεια του αέρα (η θερμοκρασία του ανεβαίνει) και ένα άλλο μέρος προκαλεί την κίνηση του εμβόλου (μετατρέπεται σε μηχανικό έργο κατά την κίνηση του εμβόλου).

Μικροσκοπικό επίπεδο

Από την εστία θέρμανσης μεταφέρεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας στον αέρα της φιάλης. Η ενέργεια αυτή προκαλεί την αύξηση της κινητικής ενέργειας των δομικών λίθων (μορίων) του αέρα. Η αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα προκαλεί τα ακόλουθα αποτελέσματα: α) την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. β) την κίνηση του εμβόλου (οι συγκρούσεις των μορίων του αέρα με το έμβολο γίνονται σφοδρότερες και το έμβολο μετατοπίζεται).

Η Μηχανή του Ήρωνα

Στη σφαίρα της μηχανής τοποθετούμε λίγο νερό (λιγότερο από το της χωρητικότητάς της) και το θερμαίνουμε. Όταν το νερό βράζει, ατμοί εξέρχονται από τα ακροφύσια της μηχανής. Αναπτύσσονται πάνω στο περιστρεφόμενο τμήμα δυνάμεις, που το περιστρέφουν.

Στη γλώσσα της ενέργειας

Ένα μέρος της θερμότητας μεταφέρεται στη μηχανή, που μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του περιστρεφόμενου μέρους της.

Αφού εισάγω την έννοια της θερμότητας, επισημαίνω στους μαθητές ότι αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος (ή συστήματος) μπορούν να προκληθεί και με μηχανικό τρόπο, όπως, για παράδειγμα, κατά την περιστροφή του αναδευτήρα ενός μίξερ. Το παράδειγμα αυτό παραπέμπει στο ιστορικό πείραμα του Joule και δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να εμπεδώσουν καλύτερα την έννοια της θερμότητας ως μορφής ενέργειας.



Εικόνα 2. Η μηχανή του Ήρωνα

Η μονάδα ενέργειας ονομάστηκε Joule προς τιμή του Άγγλου ζυθοποιού-φυσικού που πρώτος διερεύνησε πειραματικά την ισοδυναμία Θερμότητας-Μηχανικής ενέργειας. Ο Joule εργαζόταν με τόσο μεγάλο πάθος για τη διερεύνηση αυτής της ισοδυναμίας, ώστε τον απασχολούσε και κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του στους καταρράκτες του Ρήνου. Κατασκεύασε μόνος του ένα ειδικό θερμόμετρο και το χρησιμοποίησε για να μετρήσει τη θερμοκρασία του νερού στο πάνω και το κάτω μέρος του καταρράκτη. Αυτό που ήθελε να μάθει ήταν αν η ενέργεια της υδατόπτωσης μετατρεπόταν σε θερμότητα στο κάτω άκρο, και αν πράγματι συνέβαινε αυτό, πόση θερμότητα παραγόταν.

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Πώς μετράμε τη θερμότητα που προκαλεί ορισμένη μεταβολή της θερμοκρασίας σώματος;

Ήδη οι μαθητές έχουν συσχετίσει τη θερμότητα και τη θερμοκρασία με μια σχέση αιτίας-αποτελέσματος. Για να διατυπώσω την εξίσωση της θερμιδομετρίας, καταφεύγω στην περιγραφή εικονικών πειραμάτων, στη διαίσθηση και στην τάση των μαθητών να σχετίζουν τα φυσικά μεγέθη με σχέσεις αναλογίας. Εφαρμόζω το νόμο της θερμιδομετρίας σε πολλά αριθμητικά παραδείγματα, ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν με αυτόν.

Παρατηρήσεις

1. Η ειδική θερμότητα αποτελεί χαρακτηριστική σταθερά για κάθε υλικό. Η υψηλή τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού (βλέπε σχετικό διάγραμμα) συνδυάζεται με εφαρμογές όπως αυτή στο ένθετο «Σύνδεση με το περιβάλλον» ή με την καθημερινή τους εμπειρία (ένθετο «Ακονίστε το μυαλό σας»).
2. Πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι εκτός της θερμότητας μεταφέρεται και ψύχος όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία των σωμάτων. Τονίζω ότι η θερμοκρασία ενός σώματος αυξάνεται όταν μεταφέρεται θερμότητα προς αυτό και ελαττώνεται όταν μεταφέρεται θερμότητα από αυτό προς το περιβάλλον του.

Εργαστηριακή άσκηση: Διατήρηση της ενέργειας κατά τη μεταφορά θερμότητας – Θερμική ισορροπία

Η σχετική άσκηση του εργαστηριακού οδηγού αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα πειραματικού ελέγχου απλών θεωρητικών προβλέψεων του μαθητή. Προτείνεται η διεξαγωγή της με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να συμπληρωθεί το φύλλο εργασίας που περιέχει.

Θερμότητα, θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και μικρόκοσμος

Στόχοι 7, 8

Εισαγωγικό σημείωμα

Σε αυτή την παράγραφο επιχειρείται η εισαγωγή ενός απλού σωματιδιακού μοντέλου και η σύνδεσή του με βασικά μακροσκοπικά μεγέθη, όπως η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια. Δεν πρέπει βέβαια να αγνοούμε το γεγονός ότι η δημιουργία νοητικών παραστάσεων στο μικροσκοπικό επίπεδο είναι δύσκολη για τους μαθητές αυτής της ηλικίας. Ωστόσο, ο βασικός στόχος της διδασκαλίας της Φυσικής στο Γυμνάσιο, που είναι η εισαγωγή και σταδιακή εξοικείωση του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, εξυπηρετείται άριστα με μια κατάλληλη μοντελοποίηση του μικρόκοσμου και την αναγωγή/ερμηνεία φαινομένων του μακροσκοπικού επιπέδου σε μικροσκοπικές διαδικασίες. Με την αναγωγή αυτή, ο μαθητής καθίσταται ικανός να διακρίνει τα μικροσκοπικά από τα μακροσκοπικά μεγέθη, να εφαρμόζει το μικροσκοπικό μοντέλο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και να προβλέπει και να ερμηνεύει την εξέλιξη των φυσικών φαινομέ-

ων που παρατηρεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές έχουν ήδη έλθει σε επαφή με τα μοντέλα δομής της ύλης από το Δημοτικό Σχολείο.

Στο υπόλοιπο του κεφαλαίου επιχειρείται μια παράλληλη περιγραφή εννοιών και φαινομένων τόσο σε μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Τονίζεται ότι η διδασκαλία των σχετικών παραγράφων πρέπει να μεθοδευτεί κατάλληλα ώστε αφενός να αποφευχθεί σύγχυση μεταξύ των δυο επιπέδων και αφετέρου να συνδεθούν μεταξύ τους. Δηλαδή να αξιοποιηθεί το σωματιδιακό μοντέλο σε τέτοιο βαθμό, ώστε να οι μαθητές να μπορούν να το χρησιμοποιούν για να προσεγγίζουν έννοιες και φυσικά μεγέθη και να περιγράφουν φαινόμενα στο μακροσκοπικό επίπεδο.

Στο αρχικό μοντέλο δομής της ύλης χρησιμοποιείται η έννοια του δομικού λίθου. Ο δομικός λίθος θεωρείται ως απλό σωματίδιο που έχει μάζα, κινείται στο χώρο και μπορεί να αλληλεπιδρά με άλλους δομικούς λίθους. Κάθε σώμα θεωρείται ότι αποτελείται από ένα σύνολο δομικών λίθων που κινούνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το μοντέλο αυτό εμπλουτίζεται σταδιακά έτσι ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στις ανάγκες περιγραφής και ερμηνείας των φαινομένων που μελετάμε. Επισημαίνεται ότι το μικροσκοπικό μοντέλο πρέπει να εισαχθεί με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, με βάση τις εμπειρίες και τη διαίσθηση των μαθητών. Η διδασκαλία πρέπει να εστιαστεί κυρίως στα θεμελιώδη χαρακτηριστικά των θεμελιωδών λίθων, που είναι η κίνηση και η αλληλεπίδραση.

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Πραγματοποιώ το **πείραμα επίδειξης** με την πειραματική διάταξη της εικόνας 1. Θερμαίνω τη φιάλη, μέχρις ότου παρατηρηθεί μετακίνηση του εμβόλου της σύριγγας. Ρωτώ τους μαθητές τι υπάρχει μέσα στη φιάλη και ποια είναι η μικροσκοπική του δομή. Τους καθοδηγώ ώστε να συμπεράνουν ότι τα μόρια του αέρα κινούνται προς κάθε κατεύθυνση και συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου. Στη συνέχεια τους ρωτώ ποια είναι η μεταβολή που υφίσταται η κίνηση και η κινητική ενέργεια των μορίων από τη θέρμανση της φιάλης. Χρησιμοποιούν τις γνωστές τους έννοιες της ενέργειας, της μεταφοράς ενέργειας και της διατήρησης της ενέργειας. Καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι λόγω της αύξησης της κινητικής ενέργειας των μορίων, οι συγκρούσεις τους με τα τοιχώματα του δοχείου έγιναν πιο βίαιες, με αποτέλεσμα να ασκούνται ισχυρότερες δυνάμεις από τα μόρια στα τοιχώματα, άρα και στο έμβολο της σύριγγας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπερνικηθεί η τριβή και να μετακινηθεί το έμβολο.

Κατευθύνω τους μαθητές ώστε να συνδέσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου της φιάλης με την αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα που περιέχεται σε αυτήν. Εισάγω την έννοια της θερμικής ενέργειας του αέρα που περιέχεται στη φιάλη ως το άθροισμα των κινητικών ενεργειών όλων των δομικών λίθων (μορίων) του.

Ζητώ από τους μαθητές (και τους βοηθώ) να περιγράψουν στο μικροσκοπικό επίπεδο πώς μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα του λύχνου προς τον αέρα της φιάλης. Συνδέουν τη μεταφορά θερμότητας στο μακροσκοπικό επίπεδο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας των μορίων του αέρα της φιάλης κατά τη σύγκρουσή τους με τους δομικούς λίθους του υλικού της φιάλης (γυαλί).

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Με βάση το μικροσκοπικό προσδιορισμό των εννοιών θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα, ζητώ από τους μαθητές να διακρίνουν τις τρεις έννοιες και να επισημάνουν τις διαφορές μεταξύ τους, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

Παρατηρήσεις:

1. Πολλοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της θερμικής ενέργειας που περικλείει ένα σώμα. Η αξιοποίηση του ένθετου «Ακονίστε το μυαλό σας» μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές κατανοήσουν ότι η θερμοκρασία δεν εξαρτάται από την έκταση ή τη μάζα του σώματος, αλλά μόνο από το μέγεθος της κινητικής ενέργειας που έχει κάθε μόριο κατά μέσο όρο.
2. Πολλοί μαθητές αντιλαμβάνονται ότι η θερμοκρασία αποτελεί την παράμετρο που καθορίζει την κατεύθυνση μεταφοράς θερμότητας όταν δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή. Θεωρούν ότι τα διάφορα υλικά έχουν τη δική τους θερμοκρασία που συνδέεται με τη φύση του υλικού παρά με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (π.χ. θεωρούν ότι η χύτρα έχει μικρότερη θερμοκρασία από το νερό που υπάρχει στο εσωτερικό της).
3. Πολλοί μαθητές έχουν την άποψη ότι η θερμότητα περιέχεται ή εναποθηκεύεται στα σώματα. Για να άρω αυτή την παρανόηση, τους ζητώ να περιγράψουν τι συμβαίνει όταν δυο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας βρίσκονται σε θερμική επαφή, χρησιμοποιώντας τους όρους «θερμοκρασία», «θερμότητα» και «θερμική ενέργεια σώματος». Τους υποβοηθώ να χρησιμοποιήσουν τη γλώσσα της ενέργειας και τη μικροσκοπική περιγραφή, ώστε να κατανοήσουν πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια των δύο σωμάτων κατά τη θερμική επαφή τους.

Θερμική ισορροπία

Στόχος 9

Πραγματοποιώ **πείραμα επίδειξης**: Μέσα σε θερμικά μονωμένο δοχείο ρίχνω νερό βρύσης (~200 g) και στη συνέχεια τοποθετώ και ένα μεταλλικό δοχείο με νερό υψηλότερης θερμοκρασίας (για παράδειγμα ~200 g, θερμοκρασίας 50 °C). Με δύο θερμομέτρα παρακολουθώ τις θερμοκρασίες του νερού εντός και εκτός του μεταλλικού δοχείου (μέσα στο θερμικά μονωμένο δοχείο). Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η θερμοκρασία του νερού υψηλής θερμοκρασίας μειώνεται, ενώ του νερού χαμηλής θερμοκρασίας αυξάνεται, μέχρις ότου εξισωθούν. Από τη στιγμή αυτή και μετά, οι θερμοκρασίες διατηρούνται ίσες. Ζητώ από τους μαθητές (και τους βοηθώ) να περιγράψουν το φαινόμενο αυτό στο μικροσκοπικό επίπεδο. Συνδέουν την εξίσωση των θερμοκρασιών στην κατάσταση θερμικής ισορροπίας με την εξίσωση (κατά μέσο όρο) των κινητικών ενεργειών των μορίων του νερού μέσα και έξω από το μεταλλικό δοχείο.

Εφόσον το σχολείο διαθέτει σύστημα ΣΛΑ (MBL), μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση του εργαστηριακού οδηγού, ως πείραμα επίδειξης και οι μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας που περιλαμβάνεται.

Στόχος της εργαστηριακής άσκησης ή του πειράματος επίδειξης είναι να προσεγγίσουν οι μαθητές τη διαδικασία αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας καθώς και την αρχή διατήρησης της ενέργειας μέσα από την πειραματική διαδικασία.

Παρατηρήσεις:

1. Θυμίζω στους μαθητές τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούμε το θερμόμετρο για να μετράμε τη θερμοκρασία ενός σώματος (θερμομέτρηση) και το συσχετίζω με την κατάσταση θερμικής ισορροπίας. Επισημαίνω στους μαθητές ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος προϋποθέτει την ύπαρξη θερμικής ισορροπίας του σώματος με το θερμόμετρο.
2. Χρησιμοποιώ μια εικονική αναπαράσταση του μικρόκοσμου (τη σχετική εικόνα του βιβλίου, ή διαφάνεια ή κατάλληλο πρόγραμμα στον Η/Υ) για να αντιληφθούν τη διαδικασία αποκατάστασης της θερμικής ισορροπίας και κυρίως γιατί μεταφέρεται θερμότητα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα.

Συνθετική εργασία διαθεματικού χαρακτήρα: Από τον Ήρωνα στον Βατ

Με την ολοκλήρωση της ενότητας και στο πλαίσιο του διατιθέμενου χρόνου για τις διαθεματικές δραστηριότητες (10%) μπορούμε να αναθέσουμε στους μαθητές την εκπόνηση συνθετικής εργασίας.

Με βάση το κείμενο του αντίστοιχου ένθετου στο βιβλίο του μαθητή και με χρήση σχετικών διαφανειών, κάνουμε μια συζήτηση στην τάξη για τις θερμικές μηχανές. Ανάλογα με τα ενδιαφέροντα των μαθητών (ιστορικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά, καλλιτεχνικά κτλ.) επιλέγουμε 4–5 θεματικές περιοχές, όπως για παράδειγμα τη βιομηχανική επανάσταση, τη θερμική μόλυνση, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, βιογραφικά στοιχεία επιστημόνων που συνέβαλλαν στην ανάπτυξη και την εξέλιξη των θερμικών μηχανών κτλ. Χωρίζουμε τους μαθητές σε ομάδες και η κάθε ομάδα αναλαμβάνει την επεξεργασία θέματος από κάθε θεματική περιοχή. Συγκεντρώνονται πληροφορίες, γίνεται επεξεργασία και ταξινόμηση του υλικού, συντίθεται η εργασία και τελικά κάθε ομάδα παρουσιάζει τη δουλειά της στην τάξη και γίνεται αξιολόγησή της. Είναι σημαντικό να τεθούν από την αρχή συγκεκριμένοι εκπαιδευτικοί στόχοι για κάθε συνθετική εργασία, στόχοι που θα προκύψουν από συζήτηση με τους μαθητές. Με βάση τους στόχους αυτούς οι μαθητές θα αξιολογήσουν το τελικό προϊόν της εργασίας τους.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Ασκήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Θερμική διαστολή και συστολή

Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίζουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η γραμμική διαστολή των στερεών.

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

2. Να προσδιορίζουν τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η διαστολή όγκου στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια σώματα.
3. Να περιγράφουν εφαρμογές της θερμικής διαστολής των σωμάτων και τη σημασία τους για την καθημερινή ζωή.

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Πραγματοποιώ μερικά πειράματα επίδειξης για να δείξω στους μαθητές ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία των στερεών και τα υγρών σωμάτων, ο όγκος τους αυξάνεται. Για παράδειγμα, θερμαίνω μεταλλική σφαίρα που διέρχεται από δακτύλιο, θερμαίνω μια φιάλη με μακρύ λαιμό, που περιέχει νερό (βλέπε σχετική εργαστηριακή άσκηση στον εργαστηριακό οδηγό). Η διδασκαλία της θερμικής διαστολής και συστολής των σωμάτων ενδείκνυται να γίνει με βάση την αντίστοιχη **εργαστηριακή άσκηση** του εργαστηριακού οδηγού, είτε με τη μορφή μετωπικού εργαστηρίου, είτε ως πείραμα επίδειξης. Σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές πρέπει να συμπληρώσουν το αντίστοιχο φύλλο εργασίας.

Παρατηρήσεις:

1. Πολλοί μαθητές εκφράζουν την άποψη ότι όταν μια οπή θερμαίνεται, μικραίνει. Αξιοποιώντας τη δραστηριότητα που περιγράφεται στη σχετική εικόνα του βιβλίου του μαθητή, προσπαθώ να προβληματίσω τους μαθητές πάνω σε αυτή την παρανόηση. Τους επισημαίνω ότι για να ξεβιδώσουμε ευκολότερα το μεταλλικό καπάκι από ένα κρύο βάζο, το βρέχουμε με ζεστό νερό.
2. Τονίζω στους μαθητές την αύξηση του μήκους μιας ράβδου κατά τη θερμική διαστολή που είναι της τάξης του 1‰ (ένα τοις χιλίοις) του αρχικού της μήκους, για μεταβολές της θερμοκρασίας κατά $100\text{ }^\circ\text{C}$. Τους ζητώ να υπολογίσουν την αύξηση του μήκους σιδερένιας ράβδου μήκους ενός μέτρου, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά $300\text{ }^\circ\text{C}$. Έτσι μπορούν να διαπιστώσουν πόσο μικρή είναι η μεταβολή του μήκους ενός στερεού λόγω της θέρμανσής του. Παρά το γεγονός αυτό, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη θερμική συστολή είναι τεράστιες. Αναφέρω από την καθημερινή εμπειρία το σπάσιμο ενός γυάλινου σκεύους κατά τη θέρμανσή του, ή δείχνω εικόνα ή διαφάνεια παραμορφωμένης μεταλλικής κατασκευής λόγω θερμικής διαστολής των μερών της.
3. Αναφέρω εφαρμογές της θερμικής διαστολής και συστολής στην καθημερινή ζωή. Εστιάζω στο διμεταλλικό έλασμα και το θερμοστάτη. Εξηγώ την αρχή της λειτουργίας του.
4. Επισημαίνω την ανώμαλη διαστολή του νερού και την μεγάλη σημασία της στη διατήρηση της υδρόβιας ζωής. Ζητώ από τους μαθητές να μελετήσουν το σχετικό ένθετο «Ακονίστε το μυαλό σας».

Φύλλα εργασίας-αξιολόγησης υπάρχουν στις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις και πειραματικές δραστηριότητες του εργαστηριακού οδηγού. Προτείνεται να αξιοποιηθούν

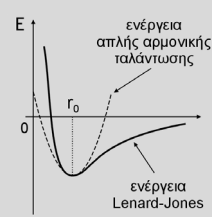
σε συνδυασμό με τη διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραματικών δραστηριοτήτων (εργαστήριο με ομάδες είτε πείραμα επίδειξης).

Ερωτήσεις: 13, 14 – Εφαρμογές: 11, 12, 13, 14, 15

Ασκήσεις: 9, 10, 11, 12

Ερμηνεία της διαστολής-Πρόσθετα επιστημονικά στοιχεία

Το φαινόμενο της θερμικής διαστολής τουλάχιστον των στερεών οφείλεται στον αναρμονικό χαρακτήρα της ταλάντωσης των δομικών λίθων τους. Μια διαδομένη προσέγγιση της έκφρασης της δυναμικής ενέργειας των δομικών λίθων ενός κρυσταλλικού στερεού αποτελεί το καλούμενο δυναμικό Lenard-Jones.



Στο διάγραμμα που παρουσιάζεται στο σχήμα r_0 είναι η απόσταση που θα είχαν οι δομικοί λίθοι αν ήταν ακίνητοι. Όπως φαίνεται στο σχήμα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία δηλ. η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων, αυτοί απομακρύνονται περισσότερο απ' ό,τι πλησιάζουν με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των μέσων αποστάσεων τους.

Διδακτική προσέγγιση

Το μοντέλο των ιδιόμορφων ελατηρίων, αν και αντιστοιχεί σε σχετικά υψηλό επίπεδο αφαίρεσης, παρατίθεται εδώ για δυο λόγους. Πρώτον για λόγους πληρότητας: Κάποιοι τουλάχιστον από τους μαθητές θα προβληματιστούν εύλογα για την ερμηνεία του φαινομένου της διαστολής. Δεύτερον ήδη από το Δημοτικό σχολείο (Φυσικά Ε' τάξης Α' μέρος σελ. 40) οι μαθητές έχουν έλθει σε επαφή με ένα μοντέλο ελατηρίων για τη κίνηση των μορίων στα στερεά και κάποιοι από αυτούς ήδη έχουν αποκτήσει μια «άποψη» που ερμηνεύει τη θερμική διαστολή με βάση αυτό το μοντέλο.

Αν θεωρείτε ότι η τάξη σας είναι σε θέση να προσεγγίσει την πλήρη ερμηνεία της διαστολής να την διδάξετε, χωρίς να θέσετε ως πρωταρχικό στόχο την κατανόησή της, τονίζοντας οπωσδήποτε τον υποθετικό χαρακτήρα του μοντέλου. Αν πάλι θεωρείτε ότι το θέμα υπερβαίνει το επίπεδο της τάξης σας, μπορείτε να περιοριστείτε απλώς σε δυο επισημάνσεις:

- Κατά τη διαστολή δεν αυξάνεται το μέγεθος των μορίων, αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις και
- Συνέπεια της διαστολής είναι η μείωση της πυκνότητας των σωμάτων.

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Κατά το σχεδιασμό των κτιρίων οι μηχανικοί πρέπει να λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τους τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη θερμική διαστολή. Στις σύγχρονες κατασκευές χρησιμοποιούνται ατσάλινες ράβδοι για την ενίσχυση τη ανοχής του τσιμέντου (οπλισμένο σκυρόδεμα). Το ατσάλι και το τσιμέντο πρέπει να διαστέλλονται το ίδιο, αλλιώς στο κτίριο θα δημιουργηθούν ρωγμές κατά τη διάρκεια μιας ιδιαίτερα θερμής ημέρας. Ένα άλλο πρόβλημα είναι δυνατόν να προκύψει από την ανισομερή θέρμανση διαφορετικών πλευρών πολύ υψηλών κτιρίων, όπως οι ουρανοξύστες, κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου. Τότε η μια πλευρά του κτιρίου διαστέλλεται περισσότερο από την άλλη με αποτέλεσμα το κτίριο να γέρνει ελαφρά. Αν αυτή η κλίση δεν έχει ληφθεί υπόψη, τότε υπάρχει κίνδυνος για τη σταθερότητα του κτιρίου.

Οι τοπογράφοι για την πραγματοποίηση μετρήσεων ακριβείας χρησιμοποιούν βαθμονομημένες μεταλλικές μετροταινίες. Γνωρίζοντας τη θερμοκρασία την ώρα της μέτρησης μπορούν να διορθώσουν την τιμή λόγω της πιθανής διαστολής ή συστολής της μετροταινίας. Υποθέστε ότι μια μετροταινία βαθμονομημένη στους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ που χρησιμοποιείται μια καλοκαιρινή μέρα στην οποία η θερμοκρασία είναι $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, θα είναι σωστές οι μετρήσεις αν η ύπαρξη της υψηλής θερμοκρασίας δεν ληφθεί υπόψη; (Οι τιμές των μηκών που θα πάρουν οι τοπογράφοι θα είναι μικρότερες των πραγματικών).

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7: ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΦΑΣΕΩΝ

Εισαγωγικό σημείωμα

Στην εισαγωγική συζήτηση καλώ τους μαθητές να ταξινομήσουν όλα τα σώματα που παρατηρούν στο περιβάλλον τους σε τρεις κατηγορίες (καταστάσεις): τη στερεά, την υγρή και την αέρια. Στη συνέχεια τους προτρέπω να αναφέρουν φαινόμενα μεταβολών των καταστάσεων των σωμάτων που παρατηρούν οι μαθητές στην καθημερινή τους ζωή, όπως το λιώσιμο του χιονιού, ο βρασμός του νερού, η υγροποίηση των υδρατμών στα τζάμια των παραθύρων.

Στόχοι

Οι μαθητές:

1. Να περιγράφουν παραδείγματα στα οποία συμβαίνει μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος και να προσδιορίζουν δύο κοινά χαρακτηριστικά κάθε μεταβολής φάσης: α) τη συνύπαρξη των δύο φάσεων κατά τη διάρκεια της μεταβολής και τη σταθερότητα της θερμοκρασίας.
2. Να ορίζουν τις θερμοκρασίες τήξης, πήξης και βρασμού και να αναφέρουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι θερμοκρασίες αυτές είναι δυνατόν να μεταβληθούν.
3. Να περιγράφουν σε μικροσκοπικό επίπεδο και στη γλώσσα της ενέργειας τη μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος.
4. Να περιγράφουν μέσω παραδειγμάτων το φαινόμενο της εξάτμισης και να το διακρίνουν από το βρασμό. Να περιγράφουν την εξάτμιση στο μικροσκοπικό επίπεδο.

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Μεταβολές φάσεων - Τήξη - Πήξη - Βρασμός

Στόχοι 1, 2, 3

Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή για να περιγράψω τα φαινόμενα της τήξης, της πήξης και του βρασμού. Τονίζω στους μαθητές ότι κατά τη μεταβολή της κατάστασης ενός σώματος, η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή και συνυπάρχουν οι δύο φάσεις. Συζητώ πώς ο παράγοντας της εξωτερικής πίεσης επηρεάζει τη θερμοκρασία του βρασμού. Χρησιμοποιώ το παράδειγμα του βρασμού του νερού στην επιφάνεια της θάλασσας και στην κορυφή ενός βουνού.

Αξιοποιώ τις πειραματικές δραστηριότητες που αναφέρονται στις εικόνες 7.4 και 7.5 της παραγράφου και πραγματοποιώ τη σχετική εργαστηριακή άσκηση, που περιέχεται στον Εργαστηριακό Οδηγό, ως πείραμα επίδειξης (οι μαθητές συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας του Εργαστηριακού Οδηγού).

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Εισάγω απλά μικροσκοπικά μοντέλα για την περιγραφή της δομής ενός στερεού, ενός υγρού και ενός αέριου σώματος. Ζητώ από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, θερμότητα, θερμοκρασία και τη σχέση της θερμοκρασίας με την κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος, για να περιγράψουν στο μικροσκοπικό επίπεδο τα φαινόμενα μεταβολής φάσης και να αιτιολογήσουν τη σταθερότητα της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της μεταβολής. [Δεδομένου ότι οι σχετικές έννοιες είναι δύσκολα αφομοιώσιμες από τους μαθητές, προτείνεται η συμπλήρωση από τους μαθητές ενός σχετικού κειμένου με τη βοήθεια του καθηγητή].

Εξάτμιση

Στόχος 4

Περιγράψω μέσα από παραδείγματα το φαινόμενο της εξάτμισης και το διακρίνω από αυτό του βρασμού. (Παραδείγματα: Πώς δημιουργούνται τα σύννεφα; Τι θα συμβεί σε μια ποσότητα νερού που την αφήνω για αρκετό διάστημα σε ανοικτό δοχείο; Γιατί στεγνώνουν τα νωπά ρούχα όταν τα απλώσω; Γιατί μυρίζω ένα άρωμα όταν ανοίξω το μπουκάλι στο οποίο περιέχεται;)

Χρησιμοποιώ το μικροσκοπικό μοντέλο για τα υγρά και τα αέρια και ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν το φαινόμενο της εξάτμισης στο μικροσκοπικό επίπεδο. Στο πλαίσιο της ερμηνείας αυτής, τους βοηθώ να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι κατά την εξάτμιση η θερμοκρασία του υγρού σώματος μειώνεται. Πραγματοποιώ την πειραματική δραστηριότητα που αναφέρεται στην παράγραφο (Μέτρηση της θερμοκρασίας οινοπνεύματος που εξατμίζεται) για να επιβεβαιώσουν την πρόβλεψή τους.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Ασκήσεις: 1, 2, 3

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 8: ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Εισαγωγικό σημείωμα

Η διδασκαλία των φαινομένων της μεταφοράς της θερμότητας στηρίζεται, ως συνήθως, στην περιγραφή σχετικών φαινομένων από την καθημερινή ζωή με χρήση των εννοιών της θερμότητας και του μικρόκοσμου που ήδη έχει διδαχθεί ο μαθητής. Το κεφάλαιο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εφαρμογή για παραπέρα αφομοίωση του γλωσσικού πλαισίου και του μικροσκοπικού μοντέλου που έχει ήδη διδαχθεί. Οι έννοιες που πιθανότατα θα δυσκολέψουν τη διδασκαλία, βρίσκονται στην παράγραφο «Διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία». Πρόκειται για τις έννοιες «ακτινοβολία» και «φωτόνιο». Η προσέγγισή τους γίνεται με τον απλούστερο δυνατό τρόπο. Μπορεί να συμπυκνωθεί σε λίγες προτάσεις, όπως για παράδειγμα: «Το φως είναι ένα σύνολο από παράξενα σωματίδια που τρέχουν με την ταχύτητα του φωτός και μεταφέρουν ενέργεια. Τα σωματίδια αυτά ονομάζονται φωτόνια. Κάθε τέτοια δέσμη φωτονίων είτε είναι ορατή είτε αόρατη ονομάζεται ακτινοβολία. «Κάθε σώμα εκπέμπει και ταυτόχρονα απορροφά ακτινοβολία».

Στόχοι

Οι μαθητές να:

1. Περιγράφουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με αγωγή,
2. Περιγράφουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με μεταφορά
3. Περιγράφουν με παραδείγματα φαινόμενα διάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία.
4. Να χρησιμοποιούν τη γλώσσα της ενέργειας και του μικρόκοσμου για να περιγράψουν τα φαινόμενα διάδοσης της θερμότητας και να διακρίνουν τους τρεις μηχανισμούς διάδοσης μεταξύ τους.

Ενδεικτικά διδακτικά βήματα

Στόχοι 1, 4

Θερμαίνω με ένα κεράκι την άκρη μιας μεταλλικής ράβδου και ζητώ από τους μαθητές να παρατηρήσουν την αύξηση της θερμοκρασίας του άλλου άκρου της. Ζητώ από τους μαθητές να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους γύρω από τη μικροσκοπική δομή των στερεών σωμάτων και να ερμηνεύσουν το φαινόμενο χρησιμοποιώντας τη γλώσσα της ενέργειας. Δίνω έμφαση στο συμπέρασμα (που προκύπτει από την ανάλυση του φαινομένου) ότι κατά τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή δεν παρατηρείται μετατόπιση σωματιδίων από το ένα σημείο του σώματος στο άλλο.

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Στόχοι 2, 4

Πραγματοποιώ πείραμα επίδειξης με τη χρήση της συσκευής μεταφοράς θερμότητας σε υγρά (εικ. 8.8)

Ζητώ από τους μαθητές να σκεφτούν πώς διαδίδεται η θερμότητα με το νερό σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης, δεδομένου ότι το νερό είναι μονωτής και το προηγούμενο μοντέλο της θερμικής αγωγιμότητας δεν μπορεί να εφαρμοστεί. Τους καθοδηγώ να χρησιμοποιήσουν την ιδέα των ρευμάτων μεταφοράς.

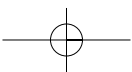
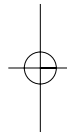
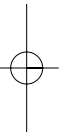
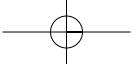
Στόχοι 3, 4

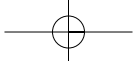
Εισάγω την έννοια της ακτινοβολίας και του φωτονίου με τη λογική που περιγράφεται στο εισαγωγικό σημείωμα. Φέρνω παραδείγματα, όπου η αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος δεν μπορεί να ερμηνευτεί με τη βοήθεια των μηχανισμών διάδοσης θερμότητας με αγωγή και με μεταφορά, μπορεί όμως να ερμηνευτεί με το μηχανισμό της εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας από αυτό. Για παράδειγμα, η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο – Η μεταφορά θερμότητας από μια ηλεκτρική θερμάστρα με κάτοπτρο προς άλλα αντικείμενα του δωματίου κτλ.

Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν φαινόμενα τα οποία μπορούν να ερμηνευτούν με κάποιον από τους τρεις μηχανισμούς διάδοσης της θερμότητας και να τα αναλύσουν με τη γλώσσα της ενέργειας στο μικροσκοπικό επίπεδο. Τους ζητώ να αναφέρουν χρήσιμες εφαρμογές των μηχανισμών διάδοσης της θερμότητας (Ηλεκτρική κουζίνα–Σύστημα κεντρικής θέρμανσης–Θερμοκήπια).

Φύλλα εργασίας–αξιολόγησης υπάρχουν στις αντίστοιχες εργαστηριακές ασκήσεις και πειραματικές δραστηριότητες του εργαστηριακού οδηγού. Προτείνεται να αξιοποιηθούν σε συνδυασμό με τη διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραματικών δραστηριοτήτων (εργαστήριο με ομάδες είτε πείραμα επίδειξης).

Ερωτήσεις: 1, 2 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7





Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιοσίσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιοσίσημο θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

