

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 Lavoizier 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 μήμα 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.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

Στόκοι

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

Στόκοι 1, 2, 3

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

Χρησιμοποιώ τρία δοχεία με νερό: Το δοχείο Α περιέχει νερό θερμοκρασίας 50°C - 60°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-

διώκεται 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 Ήρωνα 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 συνδέουν 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 ενάς 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 ονομάσθηκε 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 μετατρέποταν σε θερμότητα στο κάτω άκρο, και αν πράγματι συνέβαινε αυτό, πόση θερμότητα παραγόταν.

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 αναγνωρίσεια 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 φαινομένων.

νων 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 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. Θερμάνω 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).

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 θερμόμετρα 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 μόδυνση, 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

Άσκησεις: 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.

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°C . Τους ζητώ να υπολογίσουν την αύξηση του μήκους σιδερένιας ράβδου μήκους ενός μέτρου, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά 300°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 διάτηρηση 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

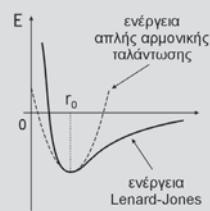
σε συνδυασμό με τη διεξαγωγή των αντίστοιχων πειραματικών δραστηριοτήτων (εργαστήριο με ομάδες είτε πείραμα επίδειξης).

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 δομικού 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.

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 της 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°C που χρησιμοποιείται μια καλοκαιρινή μέρα στην οποία η θερμοκρασία είναι 40°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).