

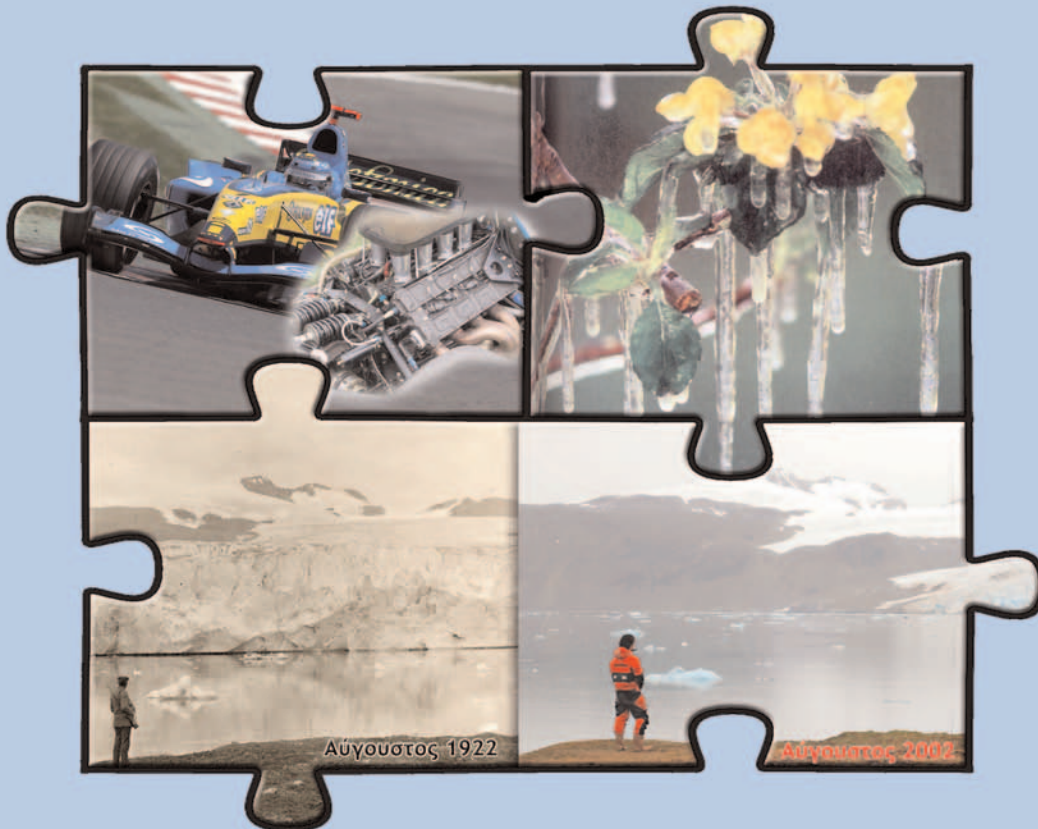
ΕΝΟΤΗΤΑ 2

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Κεφάλαιο 6 : ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Κεφάλαιο 7 : ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Κεφάλαιο 8 : ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



Από την εποχή που ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση και κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή μέχρι σήμερα έχουν περάσει περισσότερα από 200 χρόνια. Στο χρονικό διάστημα που έχει μεσολαβήσει, ο άνθρωπος κατανόησε καλύτερα τα θερμικά φαινόμενα καθώς και έννοιες που συνδέονται με αυτά. Κατασκεύασε μηχανές εσωτερικής καύσης όπως πετρελαιοκινητήρες, βενζινοκινητήρες και ατμοστρόβιλους. Κατά τη λειτουργία τους μεταφέρεται θερμότητα στο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα αποβάλλονται κατάλοιπα της καύσης. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται και η ισορροπία των οικοσυστημάτων διαταράσσεται. Μελετώντας αυτή την ενότητα θα μάθεις: τη διαφορά της θερμότητας από τη θερμοκρασία, τι είναι θερμική ενέργεια, πώς γίνεται η αλλαγή στις καταστάσεις της ύλης, πώς διατηρείται η ζωή στις παγωμένες λίμνες, πώς δημιουργούνται τα θαλάσσια ρεύματα και οι άνεμοι καθώς και πώς μεταφέρεται θερμότητα από τον ήλιο στη γη.

Μια μικρή ιστορία ...

Το 2005 ο Ισπανός οδηγός αγώνων ταχύτητας Φερνάντο Αλόνσο (Fernando Alonso) κέρδισε το παγκόσμιο πρωτάθλημα στους αγώνες αυτοκινήτου Formula I. Αυτό σημαίνει ότι είναι και ο καλύτερος οδηγός στον κόσμο;

Στους αγώνες ταχύτητας της formula I δε συναγωνίζονται μόνον οι οδηγοί, αλλά και οι μηχανικοί κατασκευής αυτοκινήτων για το ποιος θα κατασκευάσει τη μηχανή με τη μεγαλύτερη απόδοση.

Μηχανές σαν αυτές που κινούν τα αυτοκίνητα της formula I ονομάζονται μηχανές εσωτερικής καύσης.



Στο κεφάλαιο αυτό:

Θα προσεγγίσεις τις έννοιες της θερμοκρασίας, της θερμότητας και της θερμικής ενέργειας. Θα μάθεις ότι η θερμότητα είναι μια μορφή μεταφερόμενης ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατρέπεται σε άλλες μορφές καθώς και να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο. Θα γνωρίσεις φαινόμενα που συνδέονται με τη μεταφορά θερμότητας και θα προσπαθήσεις να τα ερμηνεύσεις καταφεύγοντας στη μικροσκοπική δομή της ύλης.

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ

Για τον πρωτόγονο άνθρωπο ο ήλιος και η φωτιά που άναβε τυχαία από τους κεραυνούς ήταν η μοναδική πηγή θερμότητας. Παρατηρούσε τις μεταβολές στην ατμόσφαιρα και προσπαθούσε να προφυλαχτεί από το κρύο και τη ζέστη. Αργότερα έμαθε να ανάβει φωτιά κτυπώντας δυο πέτρες ή τρίβοντας δυο ξύλα μεταξύ τους (εικόνα 6.1). Οι αρχαίοι Έλληνες θεωρούσαν τη φωτιά ως ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία μαζί με τη γη, το νερό και τον αέρα: πίστευαν ότι κάθε σώμα αποτελείται από συνδυασμούς αυτών των τεσσάρων στοιχείων (εικόνα 6.2).

Πολλές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής του ανθρώπου, όπως η θέρμανση και το μαγείρεμα, στηρίζονται στη χρήση της, θερμότητας. Η μεταλλουργία και η κεραμική ήταν για πολλούς αιώνες οι σημαντικότεροι τομείς στους οποίους ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τη θερμότητα. Πολύ αργότερα, αντιλήφθηκε ότι η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση και τον 18^ο αιώνα κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή (εικόνα 6.3). Η ατμομηχανή είναι μια μηχανή που μετασχηματίζει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο. Η θερμότητα προκύπτει από τα καύσιμα που καίγονται και χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει το νερό σε ατμό, ο οποίος χρησιμοποιείται για να κινησει τροχούς ή μοχλούς. Από τότε, πολλές εργασίες έπαψαν να γίνονται χειρωνακτικά ή με τη βοήθεια ζώων και αναπτύχθηκαν οι πρώτες βιομηχανίες.

Με την εκτεταμένη χρήση των μηχανών στην παραγωγή αγαθών, ξεκινά η βιομηχανική επανάσταση. Τον 19ο αιώνα κατασκευάστηκαν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης, δηλαδή, ο πετρελαιοκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας. Ακολούθησαν τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια και, τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι πυρηνικοί αντιδραστήρες μετατροπής ενέργειας.

Ωστόσο, αν και οι μηχανές συνεισέφεραν στη βελτίωση του τρόπου ζωής του ανθρώπου, η χρήση τους προκάλεσε και σημαντικά προβλήματα. Κατά τη λειτουργία των μηχανών αποβάλλονται καυσαέρια ή δημιουργούνται ραδιενεργά κατάλοιπα τα οποία μολύνουν το περιβάλλον. Επίσης, κατά τη λειτουργία των θερμικών μηχανών μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα και θερμότητα. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται και η ισορροπία των οικοσυστημάτων διαταράσσεται. Η χρησιμοποίηση των θερμικών μηχανών χωρίς τη λήψη των κατάλληλων μέτρων δημιουργεί οικολογικά προβλήματα στον πλανήτη μας.

Φυσική και Μυθολογία

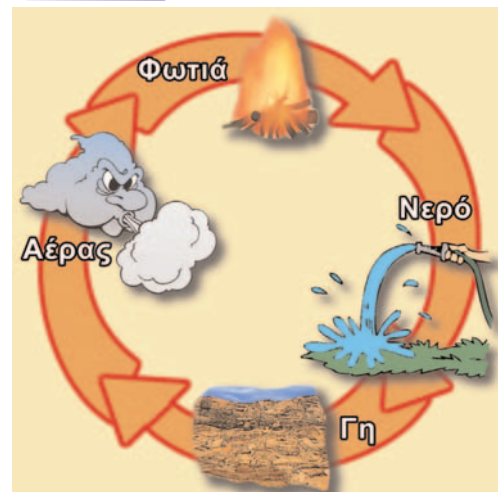


Εικόνα 6.1.

Η φωτιά των θεών

Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική μυθολογία, ο Προμηθέας κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς. Κρύφτηκε πίσω από ένα σύννεφο και άναψε τη δάδα τρίβοντας την στους τροχούς του άρματος του Φαέθοντα. Για την ενέργειά του αυτή, τιμωρήθηκε σκληρά από το θεό Δία.

Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 6.2.

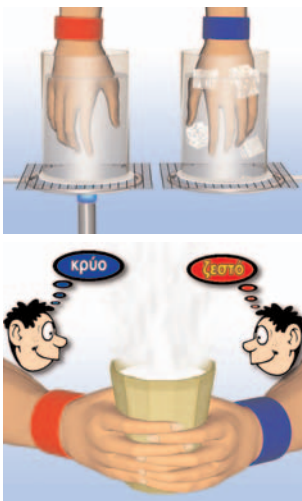
Ο Έλληνας φιλόσοφος Αριστοτέλης θεωρούσε τη φωτιά μαζί με τη γη, το νερό και τον αέρα ως θεμελιώδη συστατικά κάθε σώματος.

Φυσική και Ιστορία, Τεχνολογία και Κοινωνία



Εικόνα 6.3.

Η πρώτη ατμομηχανή που κατασκευάστηκε από τον Τόμας Νιούκομεν και το βοηθό του Τζον Κάλυ το 1712 στη Αγγλία. Χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού. Η μηχανή αυτή τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε αργότερα από τον Βατ (1765) και αποτέλεσε τον πρόδρομο των σύγχρονων ατμομηχανών.



Εικόνα 6.4.

Δοκίμασε τις αισθήσεις σου.

Βυθίζουμε το δεξί χέρι σε ζεστό νερό και το αριστερό σε παγωμένο. Κατόπιν, με τα δύο χέρια κρατάμε ένα φλιτζάνι χλιαρό γάλα. Η αίσθηση σε κάθε χέρι είναι διαφορετική.

Εικόνα 6.5. ▶

Μέσα σε ζεστό και σε παγωμένο νερό βυθίζουμε από ένα θερμομόμετρο. Κατόπιν, βυθίζουμε τα θερμομόμετρα μέσα σε ένα φλιτζάνι χλιαρό τσάι. Μέσα στο τσάι η ένδειξη των θερμομέτρων είναι η ίδια. Με το θερμομόμετρο μετράμε αντικειμενικά τη θερμοκρασία ενός σώματος.

Η γνώση που έχουμε αποκτήσει σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα δεν έχει μόνο πρακτική αξία. Σήμερα, η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας του σύμπαντος μας παρέχει ενδείξεις για τον τρόπο της δημιουργίας του και για την εξέλιξή του. Επίσης, μπορούμε να κατανοήσουμε πώς οι θερμικές μεταβολές συμβάλλουν στη διατήρηση της ζωής μέσα στο κύτταρο.

Τι είναι η **θερμοκρασία** και τι η **θερμότητα**; Πώς εξηγείται ότι όταν τοποθετήσουμε ένα μπουκάλι γεμάτο με νερό στην κατάψυξη του ψυγείου αυτό θα σπάσει; Γιατί όταν χιονίζει και κάνει πολύ κρύο ρίχνουμε αλάτι στους δρόμους; Γιατί τα βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιο γρήγορα όταν φυσάει; Πώς λειτουργεί η μηχανή του αυτοκινήτου, τα κλιματιστικά μηχανήματα και το ηλεκτρικό ψυγείο; Πώς λειτουργεί το καλοριφέρ; Γιατί όταν κάνει κρύο φορούμε μάλλινα ρούχα; Γιατί οι κατσαρόλες έχουν ξύλινες χειρολαβές; Ολοκληρώνοντας τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου θα είμαστε σε θέση να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα.

6.1 Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

Πολλές φορές είναι χρήσιμο στην καθημερινή μας ζωή να γνωρίζουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Για παράδειγμα, κάθε φορά που θέλουμε να βγούμε από το σπίτι μας πρέπει να γνωρίζουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι το περιβάλλον για να ντυθούμε κατάλληλα. Όταν ήσουν μικρός, κάθε φορά που φαινόσουν άκεφος, πιθανόν να θυμάσαι τη μητέρα σου να βάζει το χέρι της στο μέτωπό σου για να αισθανθεί πόσο ζεστό είναι ώστε να διαπιστώσει αν είσαι άρρωστος. Στην καθημερινή ζωή συχνά συνδέουμε την έννοια της θερμοκρασίας με το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Είναι δυνατόν με τις αισθήσεις μας να εκτιμήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος;

Όταν ακουμπάς με το χέρι σου το μεταλλικό πόμολο της ξύλινης πόρτας, το πόμολο σου φαίνεται πιο κρύο από την πόρτα. Έχουν όμως διαφορετική θερμοκρασία; Οι αισθήσεις μας πολλές φορές μας παραπλανούν (εικόνα 6.4).

Για να μετρήσουμε με αντικειμενικό τρόπο τη θερμοκρασία ενός σώματος, χρησιμοποιούμε τα **θερμόμετρα** (εικόνα 6.5).



Η θερμοκρασία του σώματος προσδιορίζεται από την ένδειξη του θερμομέτρου, το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με αυτό (εικόνα 6.6). Η λειτουργία των θερμομέτρων βασίζεται στη μεταβολή των ιδιοτήτων ορισμένων υλικών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους (εικόνα 6.7). Για παράδειγμα, στο υδραργυρικό θερμοόμετρο όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, το μήκος της στήλης του υδραργύρου μεγαλώνει. Τα θερμοόμετρα υπάρχουν σε διάφορους τύπους και μεγέθη.

Η κλίμακα Κελσίου

Ο Γαλιλαίος το 1592 κατασκεύασε το θερμοσκόπιο, το πρώτο όργανο με το οποίο μπορούσε να εκτιμήσει τη θερμοκρασία ενός σώματος (εικόνα 6.7). Για να γίνει το θερμοσκόπιο θερμοόμετρο, πρέπει να βαθμονομηθεί, δηλαδή να εφοδιαστεί με μια κλίμακα μέτρησης. Υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης της θερμοκρασίας. Αυτή που έχει καθιερωθεί στην Ευρώπη και χρησιμοποιείται τόσο στη επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή και τη βιομηχανία είναι η εκατονταβάθμια ή κλίμακα Κελσίου. Για τη δημιουργία της κλίμακας ο Σουηδός Κέλσιος χρησιμοποίησε δυο σταθερές θερμοκρασίες. Βύθισε το υδραργυρικό θερμοσκόπιο του σε πάγο που λιώνει. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο μηδέν της κλίμακας Κελσίου. Στη συνέχεια βύθισε το θερμοσκόπιο σε καθαρό νερό που βράζει. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο 100. Χωρίζοντας το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών αριθμών σε 100 ίσα τμήματα προέκυψε η κλίμακα. Σ' αυτή την κλίμακα καθένα από τα τμήματα αντιστοιχεί σε μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου (1°C). Όταν η ένδειξη του θερμομέτρου είναι 30, λέμε ότι η θερμοκρασία του σώματος είναι 30°C . Ο Κέλσιος επέκτεινε την κλίμακά του για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 100°C και για μικρότερες από 0°C . Οι τελευταίες εκφράζονται με αρνητικούς αριθμούς.

Η κλίμακα Φαρενάιτ

Το 1717 ο Γερμανός φυσικός και κατασκευαστής οργάνων Φαρενάιτ, επειδή δεν ήθελε να χρησιμοποιεί αρνητικές θερμοκρασίες, όρισε ως 0 τη χαμηλότερη θερμοκρασία που είχε πετύχει στο εργαστήριό του: τη θερμοκρασία ενός μείγματος ίσων ποσοτήτων από πάγο, νερό και θαλασσινό αλάτι. Τη θερμοκρασία του υγιούς ανθρώπινου σώματος την όρισε ως το 96 της κλίμακας και χώρισε το διάστημα μεταξύ των δυο αυτών αριθμών σε 96 ίσα τμήματα. Με βάση αυτές τις υποδιαιρέσεις, η κλίμακα μπορεί να επεκταθεί σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Έτσι, η θερμοκρασία στην οποία λιώνει ο πάγος είναι 32 βαθμοί Φαρενάιτ ($^{\circ}\text{F}$) και αυτή στην οποία βράζει το καθαρό νερό 212°F . Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς της κλίμακας Κελσίου σε βαθμούς κλίμακας Φαρενάιτ, χρησιμοποιούμε τη σχέση (εικόνα 6.8):

$$T_F = 32^{\circ} + 1,8 \cdot T_C$$

όπου T_F η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ και T_C η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

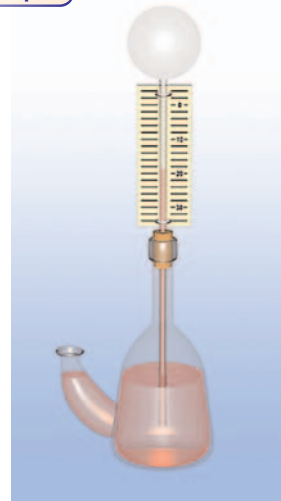


Εικόνα 6.6.

Μέτρηση σωστά τη θερμοκρασία.

Το θερμοόμετρο πρέπει να είναι σε επαφή μόνο με το σώμα που θερμομετρούμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του.

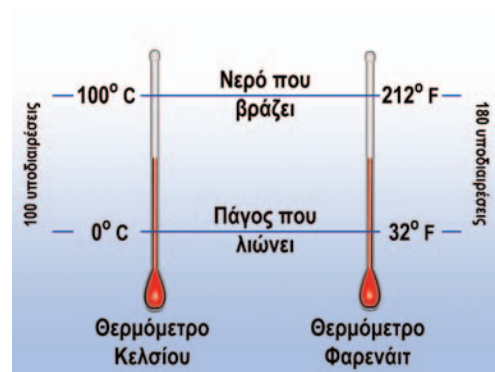
Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 6.7.

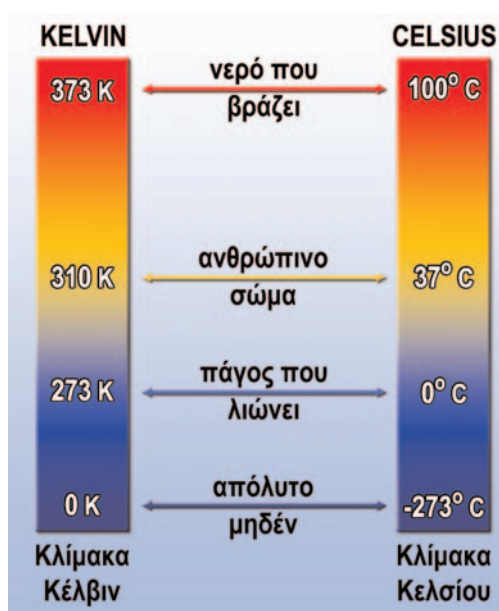
Το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου.

(Δεν ονομάζεται θερμοόμετρο, γιατί η κλίμακα που χρησιμοποιούσε είναι αυθαίρετη). Η σφαίρα που υπάρχει στην κορυφή είναι ο αισθητήρας. Καθώς θερμαίνεται ή ψύχεται, ο αέρας που περιέχεται σε αυτήν και το σωλήνα διαστέλλεται ή συστέλλεται και η επιφάνεια του υγρού κατεβαίνει ή ανεβαίνει αντίστοιχα.



Εικόνα 6.8.

Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Φαρενάιτ. Η μεταβολή κατά 1°C ισοδυναμεί κατά $180/100^{\circ}\text{F}$ ή $9/5^{\circ}\text{F}$ ή $1,8^{\circ}\text{F}$.



Εικόνα 6.9.

Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Κέλβιν: Θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν=θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου+273

Η κλίμακα Φαρενάιτ χρησιμοποιείται και σήμερα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Η απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών–κλίμακα Κέλβιν

Στην κλίμακα Κέλσιου όπως και στη Φαρενάιτ οι θερμοκρασίες αναφοράς 0 και 100 ορίζονται αυθαίρετα. Υπάρχει άραγε κλίμακα που να μη βασίζεται σε κάποιο αυθαίρετο σημείο αναφοράς; Τα πειράματα έδειξαν ότι κανένα υλικό δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Έτσι, οι επιστήμονες αντιστόχισαν το μηδέν μιας νέας κλίμακας θερμοκρασιών στους $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Το μηδέν αυτής της κλίμακας ονομάζεται απόλυτο μηδέν και η κλίμακα αυτή ονομάζεται απόλυτη κλίμακα ή κλίμακα Κέλβιν. Η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές.

Οι επιστήμονες μετρούν τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας την κλίμακα Κέλβιν. Ο "βαθμός" της είναι το Κέλβιν και συμβολίζεται με K. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα κέλβιν είναι ίση με μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς Κελσίου (T_c) σε βαθμούς Κέλβιν (T_k), χρησιμοποιούμε την αριθμητική σχέση (εικόνα 6.9):

$$T_k = T_c + 273$$

Έτσι, η θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος είναι 273 K και η θερμοκρασία που βράζει το νερό 373 K. Στη γη η μικρότερη θερμοκρασία αέρα που έχει παρατηρηθεί είναι 184 K ($-89\text{ }^{\circ}\text{C}$) και η μεγαλύτερη 332 K ($59\text{ }^{\circ}\text{C}$). Στο σύμπαν το εύρος των θερμοκρασιών είναι τεράστιο (πίνακας 6.1). Θερμοκρασίες που αγγίζουν το απόλυτο μηδέν, υπάρχουν στα πέρατα του διαστήματος και επιτυγχάνονται με τεχνητά μέσα στα γήινα επιστημονικά εργαστήρια. Θερμοκρασίες 20.000.000 K υπάρχουν στο εσωτερικό των αστέρων, όπως στον Ήλιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.			
Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ			
	K	$^{\circ}\text{C}$	Είδος θερμότητας
Απόλυτο μηδέν	0	-273,15	
Χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει επιτευχθεί στο εργαστήριο	10^{-9}		Ηλεκτρικής αντίστασης
Ενδογαλαξιακός χώρος	3	-270	Θεωρητικά
Βρασμός του υγρού ηλίου	4,2	-269	Θερμόμετρο αερίου
Στερεοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα (ξηρός πάγος)	195	-78	Θερμόμετρο οιοπνεύματος
Ο πάγος λιώνει/Το νερό στερεοποιείται	273,15	0	Υδραργυρικό
Ανθρώπινο σώμα	310	37	Υδραργυρικό
Βρασμός του νερού	373,15	100	Υδραργυρικό
Ο χρυσός λιώνει	1,337	1,064	Θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης
Φλόγα	2,500	2,200	Πυρόμετρο – Θερμόμετρο ακτινοβολίας
Κέντρο της γης	16,000	15,700	Θεωρητικά
Κέντρο του ήλιου	10^7	10^7	Θεωρητικά
Αστέρες νετρονίων	10^9	10^9	Θεωρητικά

Φυσική και Κοσμολογία και Τεχνολογία

Ποια είναι η θερμοκρασία των άστρων; Πώς βρήκαμε ότι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του Ήλιου είναι 6000 K; Ποια είναι και πώς εξελίχθηκε η θερμοκρασία του σύμπαντος;

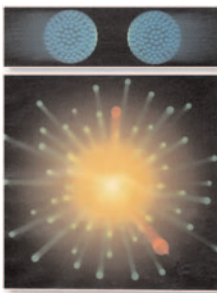


ΠΥΡΟΜΕΤΡΟ

Γνωρίζουμε ότι όλα τα σώματα που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας. Τα χαρακτηριστικά αυτής της ακτινοβολίας συσχετίζονται με τη θερμοκρασία του σώματος που την εκπέμπει. Έτσι, για παράδειγμα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του μεταλλικού νήματος ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, το χρώμα του νήματος αλλάζει από κόκκινο σε κίτρινο και τέλος σε λευκό. Επομένως, καταγράφοντας με ειδικά όργανα (πυρόμετρα-θερμόμετρα ακτινοβολίας) την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα σώμα είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία του.

Η θερμοκρασία των άστρων

Καταγράφοντας με ειδικά όργανα την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον Ήλιο και τα άστρα βρίσκουμε τη θερμοκρασία της επιφάνειάς τους.



Η ΜΙΚΡΗ-ΜΕΓΑΛΗ
ΕΚΡΗΣΗ

Η θερμοκρασία του σύμπαντος: τότε και τώρα...

Σύμφωνα με την επικρατέστερη επιστημονική θεωρία για τη δημιουργία του Κόσμου, το σύμπαν δημιουργήθηκε περίπου πριν από 14 δισεκατομμύρια χρόνια από μία μεγάλη έκρηξη, γνωστή ως Big-Bang. Αμέσως μετά την έκρηξη, η θερμοκρασία του σύμπαντος ήταν τρισεκατομμύρια βαθμοί Κελσίου και η ύλη του ήταν δισεκατομμύρια φορές πιο πυκνή από τη συνηθισμένη.

Από τότε το σύμπαν διαστέλλεται και η θερμοκρασία του ελαττώνεται συνεχώς. Σήμερα μπορούμε να ανιχνεύσουμε με κατάλληλες συσκευές υπολείμματα της μεγάλης έκρηξης.

Στα αρχικά στάδια της εξέλιξης του σύμπαντος ένα μέρος της ενέργειάς του μετασχηματίστηκε σε ακτινοβολία, που υπάρχει μέχρι σήμερα. Η ακτινοβολία αυτή ανιχνεύεται με κατάλληλες συσκευές και βρέθηκε ότι αντιστοιχεί στην ακτινοβολία ενός σώματος που έχει θερμοκρασία 3 K (-270 °C) περίπου, έτσι λέμε ότι η θερμοκρασία του σύμπαντος σήμερα είναι 3 K. Στο εργαστήριο προσπαθούμε να δημιουργήσουμε συνθήκες ανάλογες με αυτές που επικρατούσαν τις πρώτες στιγμές μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Γι' αυτό το σκοπό, μελετάμε το αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ σωματιδίων (βαριά ιόντα) στα οποία έχουμε προσδώσει πολύ μεγάλη ταχύτητα.

Επειδή η σύγκρουση είναι πολύ σφοδρή, πιστεύουμε ότι δημιουργείται ύλη πολύ πιο πυκνή από τη συνηθισμένη και ότι η θερμοκρασία της αγγίζει την αρχική θερμοκρασία του σύμπαντος.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ
ΒΑΡΙΑΣ ΙΟΝΤΩΝ

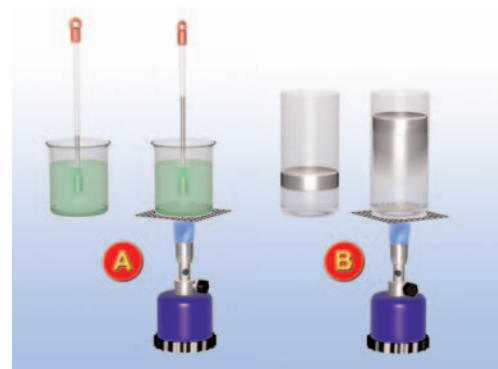
6.2 Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας

Αν τοποθετήσουμε ένα δοχείο με νερό πάνω σε μια θερμαντική εστία, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του αυξάνεται (εικόνα 6.10α). Αν πάνω στην ίδια εστία τοποθετήσουμε ένα δοχείο που περιέχει αέρα και η μια βάση του κλείνεται με έμβολο, τότε παρατηρούμε ότι το έμβολο κινείται (εικόνα 6.10β).

Μπορούμε να περιγράψουμε με ενιαίο τρόπο τις δυο παραπάνω μεταβολές;

Ας το επιχειρήσουμε, αξιοποιώντας την έννοια της ενέργειας. Κατά τη θέρμανση του δοχείου με το νερό λέμε ότι ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στο νερό και η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Κατά τη θέρμανση του δοχείου με τον αέρα, ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στον αέρα, το έμβολο κινείται και επομένως αποκτά κινητική ενέργεια.

Θερμότητα ονομάζουμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο



Εικόνα 6.10.

Η ενέργεια μεταφέρεται.

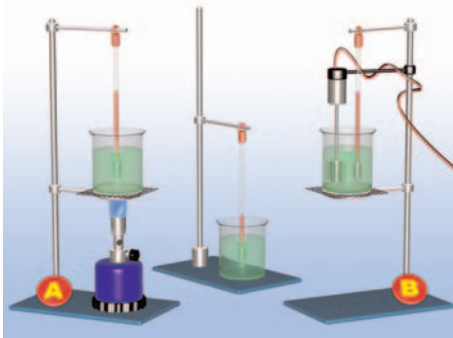
- (α) Όταν θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του αυξάνεται.
(β) Όταν θερμαίνουμε τον αέρα του δοχείου, το έμβολο μετακινείται.

Φυσική
και Περιβάλλον

Εικόνα 6.11.

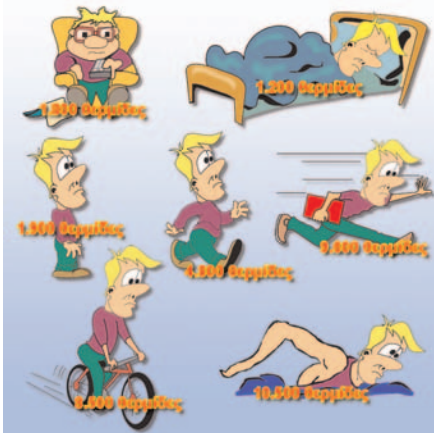
Θερμότητα από άχρηστα υλικά

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φαινομενικά άχρηστα υλικά ως "πηγή" θερμότητας. Μπορούμε να κατασκευάσουμε "κούτσουρα" από χαρτιά εφημερίδας, περιοδικών κτλ. Η καύση κάθε τέτοιου κούτσουρου είναι μια φτηνή "πηγή" θερμότητας για το σπίτι.



Εικόνα 6.12.

Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται (α) τόσο κατά τη μεταφορά θερμότητας σε αυτό (β) όσο και κατά την περιστροφή του αναδευτήρα.

Φυσική
και Βιολογία

Η ενέργεια που ξοδεύεται στη διάρκεια μιας ώρας ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τις τροφές. Όταν προσλαμβάνουμε περισσότερη τροφή απ' όση χρειάζεται ο οργανισμός μας, τότε προκαλείται παχυσαρκία.

σωμάτων. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας.

Με την έννοια της θερμότητας μπορούμε να περιγράψουμε μεταβολές που συμβαίνουν όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Στο παράδειγμά μας μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα, που έχει υψηλότερη θερμοκρασία, προς το νερό ή τον αέρα, που έχουν χαμηλότερη.

Συχνά, στην καθημερινή χρήση της έννοιας της θερμότητας θεωρούμε ότι στα υλικά σώματα αποθηκεύεται θερμότητα. Η άποψη αυτή βρίσκεται σε αντίθεση με την επιστημονική: Η ύλη έχει ενέργεια σε διαφορετικές μορφές, αλλά δεν έχει θερμότητα. Η θερμότητα είναι ενέργεια που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο σωμάτων. Μόλις όμως μεταφερθεί, παύει να ονομάζεται θερμότητα. Θυμηθείτε και την αντίστοιχη έννοια του έργου που συναντήσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια: Τα σώματα έχουν κινητική ή δυναμική ενέργεια, δεν περικλείουν όμως έργο. Το έργο εκφράζει τη μηχανική ενέργεια που μεταφέρεται από ή προς ένα σώμα ή τη μετατροπή της από τη μια μορφή στην άλλη.

Πολλές θερμικές μεταβολές, όπως η μεταβολή της θερμοκρασίας, η θερμική διαστολή, η τήξη, ο βρασμός κτλ. οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας. Υπάρχουν, όμως, αντίστοιχες μεταβολές οι οποίες δεν οφείλονται σε μεταφορά θερμότητας. Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα δοχείο είναι δυνατόν να αυξηθεί λόγω της περιστροφής του αναδευτήρα ενός μίξερ. Συγχρόνως αυξάνεται και η θερμοκρασία του αναδευτήρα (εικόνα 6.12β). Σε αυτό το πείραμα δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αναδευτήρα και του νερού, δε μεταφέρεται θερμότητα από το ένα στο άλλο. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από την περιστροφή του αναδευτήρα.

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας. Έτσι, η μονάδα μέτρησής της στο Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το 1 joule (1 j). Πολλές φορές στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιείται ως μονάδα ενέργειας για τη θερμότητα και το 1 calorie (1 cal). Η σχέση του 1 Joule με το 1 cal είναι: $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ j}$.

Θερμική Ισορροπία

Λέμε ότι δυο σώματα βρίσκονται σε **θερμική επαφή** όταν είναι δυνατόν να μεταφερθεί θερμότητα από το ένα σώμα στο άλλο. Για παράδειγμα, βυθίζουμε ένα μεταλλικό κύλινδρο ο οποίος βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε καυτό νερό (εικόνα 6.13). Το δοχείο μέσα στο οποίο περιέχεται το νερό έχει θερμικά μονωμένα τοιχώματα, δηλαδή τοιχώματα που δεν επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον. Ο κύλινδρος και το νερό βρίσκονται σε θερμική επαφή. Θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας (νερό) προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας (μέταλλο). Η θερμοκρασία του νερού μειώνεται και του μετάλλου αυξάνεται. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η θερμοκρασία του μετάλλου γίνεται ίδια με τη θερμοκρασία του νερού. Η μεταφορά θερμότητας σταματάει. Λέμε τότε ότι το μέταλλο βρίσκεται σε **θερμική ισορροπία** με το νερό. Εφαρμογή της θερμικής ισορροπίας έχουμε στη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος,

Για να τη μετρήσουμε σωστά, πρέπει το θερμόμετρο να βρίσκεται σε θερμική επαφή με το σώμα μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του. **Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία του σώματος όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με αυτό.**

Δραστηριότητα

Μπορείς να μετρήσεις με ένα κοινό θερμόμετρο τη θερμοκρασία μιας σταγόνας νερού;

6.3 Πώς μετράμε τη θερμότητα

Από τι εξαρτάται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος;

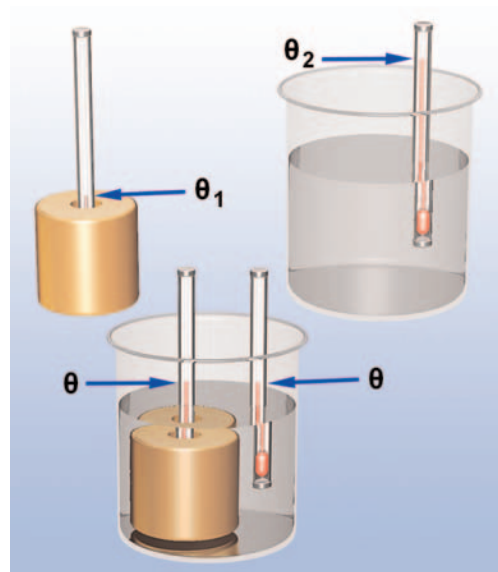
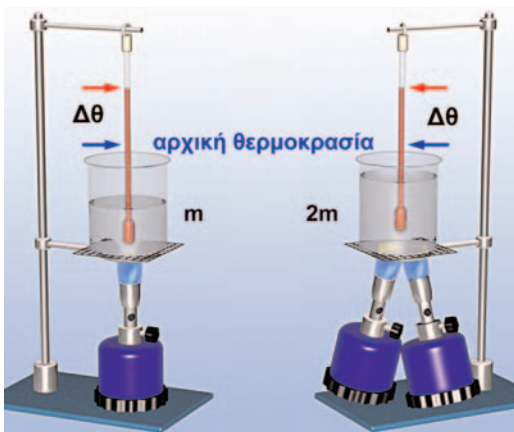
Από την πείρα μας γνωρίζουμε ότι χρησιμοποιώντας την ίδια εστία θέρμανσης χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να βράσει το νερό σ' ένα γεμάτο μπρίκι απ' ό,τι το νερό σε ένα μισοάδειο. Επίσης, όταν έχουμε ίσες ποσότητες κρύου και χλιαρού νερού που τις θερμαίνουμε με την ίδια εστία, το κρύο νερό χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ζεσταθεί. Και όταν θερμαίνουμε στην ίδια εστία ίσες ποσότητες νερού και γάλατος, το γάλα ζεσταίνεται γρηγορότερα.

Πώς θα χρησιμοποιήσουμε αυτές τις παρατηρήσεις για να καταλήξουμε σε γενικά συμπεράσματα; Καταφεύγουμε σε μια σειρά από πειράματα (εικόνες: 6.14, 6.15, 6.16).

Στο πρώτο πείραμα εξετάζουμε πώς σχετίζεται η θερμότητα που μεταφέρεται σε ορισμένη μάζα νερού, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (εικόνα 6.14).

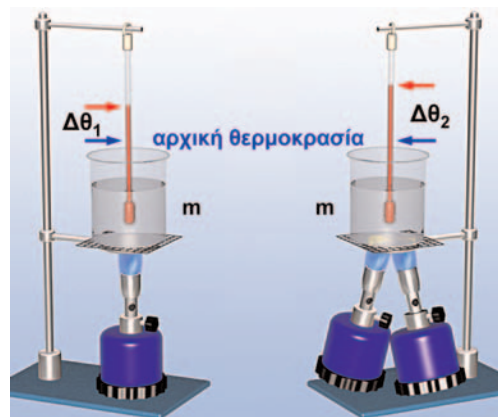
Στο δεύτερο πείραμα εξετάζουμε ποια είναι η σχέση των ποσοτήτων της θερμότητας που απαιτούνται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία κατά ορισμένους βαθμούς (π.χ. 30 °C) διαφορετικών μαζών νερού (εικόνα 6.15).

Στο τρίτο πείραμα θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού και λαδιού και συγκρίνουμε τις ποσότητες θερμότητας που απαιτούνται, ώστε να έχουμε την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας τους (εικόνα 6.16). Γενικεύουμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων και καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:



Εικόνα 6.13.

Το μέταλλο και το νερό είναι σε θερμική επαφή. Θερμότητα μεταφέρεται από το νερό στο μέταλλο. Η θερμοκρασία του μετάλλου αυξάνεται και του νερού μειώνεται, μέχρις ότου επέλθει θερμική ισορροπία.



Εικόνα 6.14.

Με τους δύο λύχνους μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας από ό,τι με τον ένα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού (1 kg) με ένα και με δύο ίδιους λύχνους για ίδιο χρονικό διάστημα. Παρατηρούμε ότι όταν μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού είναι διπλάσια.

◀ Εικόνα 6.15.

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε διπλάσια μάζα νερού στον ίδιο χρόνο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε δύο λύχνους. Πρέπει δηλαδή να μεταφέρουμε σ' αυτό διπλάσια ποσότητα θερμότητας.



Εικόνα 6.16.

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε ίσες μάζες νερού και λαδιού, πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο λάδι.

- α. Η **μεταβολή της θερμοκρασίας** ενός σώματος είναι **ανάλογη της ποσότητας της θερμότητας** που μεταφέρεται προς ή από αυτό (εικόνα 6.14). Έτσι, για διπλάσια αύξηση της θερμοκρασίας, απαιτείται η μεταφορά **προς** το σώμα διπλάσιας ποσότητας θερμότητας κτλ. Παρόμοια, για διπλάσια μείωση της θερμοκρασίας, απαιτείται να μεταφερθεί από το σώμα διπλάσια ποσότητα θερμότητας.
- β. Η **ποσότητα της θερμότητας** που απαιτείται για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος, **είναι ανάλογη της μάζας του**. Για παράδειγμα, για να αυξηθεί κατά $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ η θερμοκρασία 2 kg νερού, απαιτείται διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 1 kg (εικόνα 6.15).
- γ. Η **ποσότητα θερμότητας** που απαιτείται για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δυο σωμάτων ίδιας μάζας, **εξαρτάται από το είδος του υλικού** των σωμάτων. Για παράδειγμα, για να μεταβληθεί κατά $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ η θερμοκρασία ίσων μαζών λαδιού και νερού, χρειάζεται να μεταφερθεί στο λάδι περίπου η μισή ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο νερό (εικόνα 6.16). Τα γενικά αυτά τα συμπεράσματα εκφράζονται στη γλώσσα των μαθηματικών με τη σχέση:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (6.1)$$

όπου με Q συμβολίζουμε την ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται από ή προς σώμα που έχει μάζα m , με $\Delta\theta$ συμβολίζουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος, ενώ η ποσότητα c είναι μια σταθερά, που εξαρτάται από το υλικό του σώματος και ονομάζεται **ειδική θερμότητα**. Η σχέση (6.1) είναι γνωστή και ως «**νόμος της θερμιδομετρίας**».

Ειδική θερμότητα

Αναρωτηθήκατε ποτέ γιατί ορισμένα φαγητά παραμένουν ζεστά για περισσότερο χρόνο από κάποια άλλα (εικόνα 6.17); Για παράδειγμα, η γέμιση μιας ζεστής μηλόπιτας μπορεί να σας κάψει τη γλώσσα, ενώ το ζυμάρι της όχι.

Από το τρίτο πείραμα της προηγούμενης παραγράφου διαπιστώσαμε ότι: Για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δύο σωμάτων ίσων μαζών, που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά (π.χ. λάδι-νερό), απαιτείται να μεταφέρουμε σ' αυτά διαφορετικές ποσότητες θερμότητας.

Γενικά, η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ονομάζεται **ειδική θερμότητα**. Συμβολίζεται με c και χαρακτηρίζει το κάθε υλικό. Από την εξίσωση (6.1) μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η μονάδα της ειδικής θερμότητας είναι το: $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$.

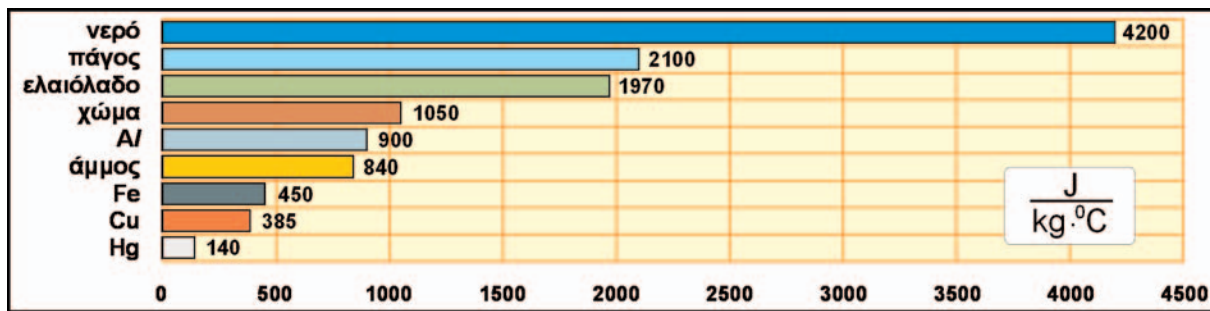
Έτσι, για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg νερού κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, χρειάζεται θερμότητα 4200 J . Λέμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ (διάγραμμα 6.1).

Στο παράδειγμά μας η γέμιση της μηλόπιτας έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από το ζυμάρι. Αν και αποβάλλουν στον ίδιο χρόνο περίπου την ίδια ποσότητα θερμότητας, η θερμοκρασία της γέμισης μειώνεται λιγότερο από τη θερμοκρασία της ζύμης.



Εικόνα 6.17.

Μπορείς να ακουμπήσεις το αλουμινένιο σκεύος του φαγητού λίγα λεπτά αφότου το βγάλεις από το φούρνο. Όμως πρόσεξε: το φαγητό που περιέχει είναι ακόμη καυτό. Μπορείς να το εξηγήσεις;



Διάγραμμα 6.1.
Ειδικές θερμότητες ορισμένων υλικών

Παράδειγμα 6.1

Τοποθετούμε ένα δοχείο με 2 kg νερό στο μάτι της ηλεκτρικής κουζίνας. Η θερμοκρασία του νερού ανεβαίνει από τους 20 °C στους 25 °C. Να υπολογίσεις τη θερμότητα που μεταφέρεται από το μάτι στο νερό. Για την ειδική θερμότητα του νερού, να συμβουλευτείς το διάγραμμα 6.1.



Δεδομένα

Αρχική θερμοκρασία: $\theta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 Τελική θερμοκρασία: $\theta_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
 Μάζα του νερού: $m = 2 \text{ kg}$
 Ειδική θερμότητα του νερού: $c = 4.200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$

Ζητούμενα

Ποσότητα θερμότητας: Q

Βασική εξίσωση

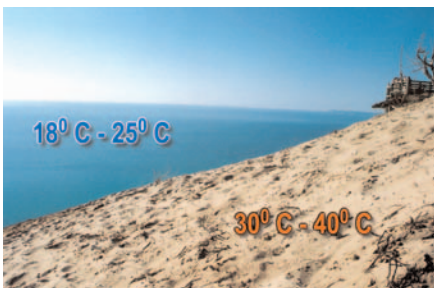
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Λύση

Υπολογισμός της μεταβολής της θερμοκρασίας: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ ή $\Delta\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ή $\Delta\theta = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Υπολογισμός θερμότητας που απορροφάται: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2 \text{ kg} \cdot 4.200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 5 \text{ }^\circ\text{C} = 42.000 \text{ J}$

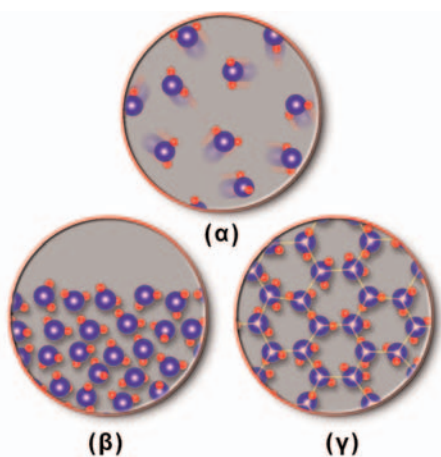
Φυσική και Περιβάλλον



Η ειδική θερμότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από ό,τι είναι στα συνηθισμένα υλικά. Αυτό σημαίνει ότι το νερό μεταφέρει προς το περιβάλλον ή απορροφά από το περιβάλλον μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από ένα συνηθισμένο υλικό για την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας. Δηλαδή το νερό έχει τη δυνατότητα της μεταφοράς ή της απαγωγής μεγάλων ποσών θερμότητας. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και στα συστήματα ψύξης του κινητήρα των αυτοκινήτων.

Η ξηρά έχει τέσσερις φορές περίπου μικρότερη ειδική θερμότητα από το νερό. Την ημέρα η θερμοκρασία της ξηράς αυξάνεται γρηγορότερα από της θάλασσας.

Τη νύχτα η θερμοκρασία της ξηράς ελαττώνεται γρηγορότερα από της θάλασσας. Έτσι, το καλοκαίρι την ημέρα το νερό της θάλασσας είναι δροσερό σε σχέση με τη ζεστή άμμο, ενώ τη νύχτα είναι συχνά πιο ζεστό από αυτή. Στη μεγάλη ειδική θερμότητα του νερού οφείλεται, επίσης, το γεγονός ότι το χειμώνα οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις ηπειρωτικές. Στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα το κλίμα είναι περισσότερο ήπιο, παρατηρούνται μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, από όσο στις περιοχές που βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος μακριά από τη θάλασσα, παρόλο που δέχονται την ίδια ποσότητα θερμότητας.



Εικόνα 6.18.

Οι τρεις καταστάσεις της ύλης.

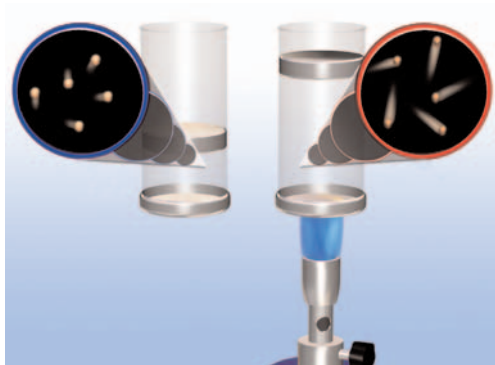
Σχηματική παράσταση των δομικών λίθων στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οι δομικοί λίθοι: (α) των αερίων κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, (β) των υγρών γλιστράνε ο ένας πάνω στο άλλο, ενώ (γ) των στερεών κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα.

Φυσική και Ιστορία

Εικόνα 6.19.

Λουδοβίκος Μπόλτσμαν (1844–1906)

Ο Αυστριακός φυσικός που πρώτος συνέδεσε την άτακτη κίνηση των δομικών λίθων με τη θερμοκρασία και κατόρθωσε να ερμηνεύσει τις ιδιότητες των αερίων.



Εικόνα 6.20.

Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, οι δομικοί λίθοι του κινούνται εντονότερα. Αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και ωθούν το έμβολο προς τα επάνω.

6.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

Χρησιμοποιώντας την έννοια της θερμότητας που μεταφέρεται μπορούμε να περιγράψουμε μια σειρά από μεταβολές που συμβαίνουν όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε θερμική επαφή. Η περιγραφή όμως των φυσικών φαινομένων είναι ένα πρώτο βήμα. Ένα δεύτερο, πολύ ουσιαστικό, είναι η ερμηνεία τους. Προϋπόθεση για την ερμηνεία των θερμικών φαινομένων είναι η μελέτη της δομής της ύλης.

Οι δομικοί λίθοι, τα τουβλάκια της ύλης

Όταν ανοίγουμε ένα μπουκαλάκι με άρωμα, η μυρωδιά του κατακλύζει όλο το γύρω χώρο. Πώς ερμηνεύουμε αυτό το φαινόμενο;

Φανταζόμαστε ότι κάθε αέριο αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία κινούνται συνεχώς και ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση κατακλύζοντας το χώρο που τους διατίθεται (εικόνα 6.18α). Αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια τα ονομάζουμε δομικούς λίθους του αερίου και είναι τα γνωστά σας, από τη χημεία, μόρια. Οι **δομικοί λίθοι** ενός σώματος είναι τα μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία φτιάχνεται το σώμα. Μπορούμε να τους παρομοιάσουμε με τα τουβλάκια ενός παιχνιδιού, με τα οποία μπορούμε να φτιάξουμε ολόκληρο κάστρο/παιχνίδι. Στα περισσότερα σώματα οι δομικοί λίθοι είναι τα μόρια, σε μερικά όμως μπορεί να είναι τα άτομα ή και τα ιόντα. Οι μακροσκοπικές ιδιότητες των στερεών και των υγρών μπορούν επίσης να ερμηνευτούν με βάση τον τρόπο κίνησης των δομικών τους λίθων. Τα υγρά έχουν σταθερό όγκο, δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο τα μεταγγίζουμε. Επίσης ρέουν. Φανταζόμαστε ότι στα υγρά οι δομικοί λίθοι επίσης κινούνται άτακτα «γλιστρώνοντας» ο ένας επάνω στον άλλο, αλλά διατηρώντας σταθερές αποστάσεις (εικόνα 6.18β). Αντιθέτως, τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και βέβαια όγκο. Οι δομικοί τους λίθοι είναι τοποθετημένοι σε καθορισμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα (εικόνα 6.18γ).

Δομικοί λίθοι και θερμοκρασία

Η συνεχής, άτακτη κίνηση των δομικών λίθων συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία του σώματος (εικόνα 6.19).

Πράγματι, αν θερμάνουμε ένα δοχείο που κλείνει αεροστεγώς με έμβολο, παρατηρούμε ότι το έμβολο κινείται προς τα έξω (εικόνα 6.20). Πώς θα εξηγήσουμε το φαινόμενο αυτό με τη βοήθεια των δομικών λίθων του αέρα;

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δοχείο, τόσο εντονότερη γίνεται η άτακτη κίνηση των δομικών του λίθων. Δηλαδή αυτοί κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα (εικόνα 6.20). Οι συγκρούσεις των δομικών λίθων με το έμβολο γίνονται σφοδρότερες, με αποτέλεσμα αυτό να ωθείται προς τα έξω. Επομένως:

Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη κινητική ενέργεια έχουν οι δομικοί του λίθοι λόγω της άτακτης κίνησής τους.

Μεταφορά θερμότητας και θερμική ισορροπία

Αφού συνδέσαμε τη θερμοκρασία με την άτακτη κίνηση των δομικών λίθων, μπορούμε τώρα να κατανοήσουμε γιατί μεταβάλλονται οι θερμοκρασίες δύο σωμάτων όταν έλθουν σε θερμική επαφή. Μπορούμε επίσης να εξηγήσουμε γιατί η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης στο σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Ας θυμηθούμε το παράδειγμα του μεταλλικού κυλίνδρου ο οποίος τοποθετείται σε δοχείο με καυτό νερό. Παρατηρούμε ότι ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων γίνονται ίσες (εικόνα 6.21).

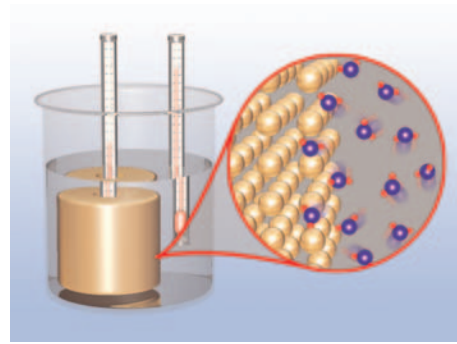
Τι συμβαίνει στους δομικούς λίθους του μετάλλου και του νερού; Αρχικά επειδή η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από του μετάλλου, οι δομικοί λίθοι του νερού έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από τους δομικούς λίθους του μετάλλου (κινούνται εντονότερα). Όταν ο κύλινδρος βυθιστεί στο νερό, δομικοί λίθοι του νερού συγκρούονται (αλληλεπιδρούν) με τους δομικούς λίθους του κυλίνδρου και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τους πρώτους στους δεύτερους (εικόνα 6.21). Έτσι, η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται και του μετάλλου αυξάνεται. **Η μεταφορά ενέργειας μεταξύ των δομικών λίθων μέσω συγκρούσεων αντιστοιχεί στη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των σωμάτων.**

Μετά από λίγο χρόνο, η θερμοκρασία του μεταλλικού κυλίνδρου γίνεται ίση με του νερού και παραμένει σταθερή. Δηλαδή, το μέταλλο βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το νερό. Τότε, οι δομικοί λίθοι του μετάλλου έχουν την ίδια κινητική ενέργεια με τους δομικούς λίθους του νερού και η μεταφορά θερμότητας από το νερό στο μέταλλο σταματά.

Θερμική ενέργεια

Η κινητική ενέργεια που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι ενός σώματος, επειδή κινούνται άτακτα, ονομάζεται **θερμική ενέργεια** του σώματος. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται τόσο από την κινητική ενέργεια κάθε δομικού λίθου όσο και από το συνολικό τους αριθμό. Επομένως, **η θερμική ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από τη μάζα του σώματος.**

Ένα σώμα με μεγάλη μάζα είναι δυνατόν να έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα άλλο σώμα με μικρότερη μάζα, έστω και αν το δεύτερο έχει πολύ υψηλότερη θερμοκρασία (εικόνα 6.22). Έτσι, το νερό μιας λίμνης έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από το καυτό νερό που υπάρχει στο φλιτζάνι μας. Από την άλλη μεριά, **η θερμοκρασία ενός σώματος συνδέεται με τη μέση κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων.** Δηλαδή, με την κινητική ενέργεια του καθενός δομικού λίθου, αν θεωρήσουμε ότι όλοι έχουν την ίδια. Επομένως, η θερμοκρασία του σώματος δεν



Εικόνα 6.21.

Οι δομικοί λίθοι του κυλίνδρου συγκρούονται με τους δομικούς λίθους του νερού και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τους δεύτερους στους πρώτους.

Δραστηριότητα

Ακόνισε το μυαλό σου

- ▶ Βάλε νερό από τη βρύση σε ένα ποτήρι και μίτρησε τη θερμοκρασία του.
- ▶ Μοίρασε το νερό σε δύο άλλα ποτήρια και μίτρησε τη θερμοκρασία του σε κάθε ένα από αυτά.
- ▶ Άλλαξε η θερμοκρασία του νερού;
- ▶ Μπορείς να ερμηνεύσεις την παρατήρησή σου;



Εικόνα 6.22.

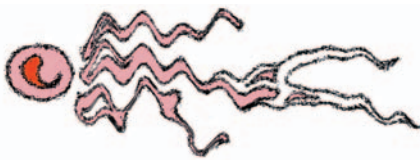
Ένα παγόβουνο έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα ερυθροπυρωμένο κομμάτι κάρβουνο. Το παγόβουνο έχει χαμηλή θερμοκρασία, αλλά τεράστια μάζα σε σχέση με την υψηλή θερμοκρασία και τη μικρή μάζα του κάρβουνου. Όταν όμως το θερμό κάρβουνο τοποθετηθεί στο παγόβουνο, θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από το θερμό κάρβουνο στο ψυχρό παγόβουνο και ποτέ αντίστροφα.



Εικόνα 6.23.

Το παγάκι και το παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία. Το παγάκι έχει μάζα πολύ μικρότερη από τη μάζα του παγόβουνου.

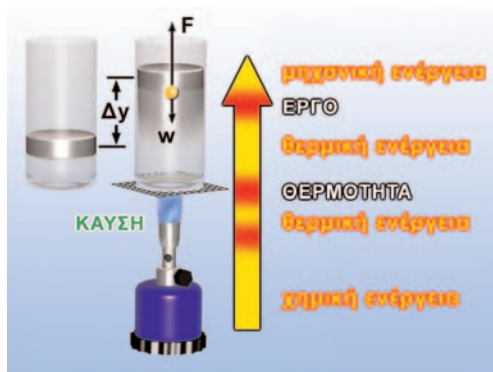
ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Εικόνα 6.24.

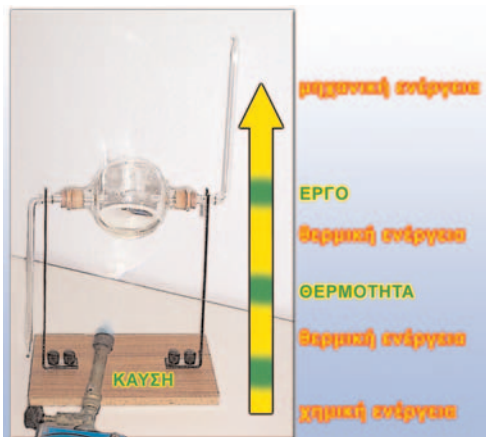
Απόλυτο μηδέν και κίνηση

Κανένα σώμα δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από 0Κ. Σ' αυτή τη θερμοκρασία οι δομικοί λίθοι του σώματος δεν είναι ακίνητοι. Καθένας από αυτούς έχει τη μικρότερη κινητική ενέργεια.



Εικόνα 6.25.

Ο αέρας ασκεί δύναμη στο έμβολο. Η δύναμη παράγει έργο. Ενέργεια μεταφέρεται από τον αέρα στο έμβολο.

Φυσική και Ιστορία

Εικόνα 6.26.

Η εκδοχή της μηχανής του Ήρωνα, στο σχολικό εργαστήριο. Είναι η πρώτη συσκευή μετατροπής θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Ο Ήρωνας γεννήθηκε και έδρασε στην Αλεξάνδρεια τον 1ο αιώνα π.Χ. Υπήρξε σπουδαίος μαθηματικός, φυσικός και μηχανικός.

εξαρτάται από τον αριθμό των δομικών του λίθων, δηλαδή από τη μάζα του σώματος.

Έτσι εξηγείται γιατί η θερμοκρασία είναι ίδια σε όλα τα σημεία ενός σώματος, που βρίσκεται σε θερμοκρασία με το περιβάλλον του. Για παράδειγμα, ένα παγάκι στην πορτοκαλάδα μας και ένα παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία (εικόνα 6.23). Πράγματι, κάθε δομικός λίθος στο παγόβουνο και στο παγάκι έχει την ίδια μέση κινητική ενέργεια. Ωστόσο, η συνολική κινητική ενέργεια των δομικών λίθων είναι διαφορετική για το παγάκι και το παγόβουνο: η θερμική ενέργεια του παγόβουνου είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη.

Δυνάμεις μεταξύ μορίων και εσωτερική ενέργεια σώματος

Οι δομικοί λίθοι (μόρια) κάθε αερίου κινούνται ελεύθερα μακριά ο ένας από τον άλλο. Μεταξύ των δομικών λίθων-μορίων ενός αερίου δεν ασκούνται δυνάμεις. Οι δομικοί λίθοι ενός αερίου δεν αλληλεπιδρούν. Οι δομικοί λίθοι ενός υγρού αλληλεπιδρούν, με αποτέλεσμα να συγκρατούνται μεταξύ τους και να δημιουργούν σταγόνες. Οι δομικοί λίθοι ενός στερεού σώματος επίσης αλληλεπιδρούν, αλλά ισχυρότερα από ό,τι στα υγρά. Έτσι, στα στερεά συγκρατούνται σε καθορισμένες θέσεις, με αποτέλεσμα να συνθέτουν ένα σώμα με σταθερό όγκο και συγκεκριμένο σχήμα. Επομένως στα υγρά και στα στερεά κάθε δομικός λίθος εκτός από κινητική ενέργεια έχει επίσης και δυναμική ενέργεια λόγω της αλληλεπίδρασής του με τους άλλους δομικούς λίθους. Η κινητική και δυναμική ενέργεια που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι, επειδή κινούνται άτακτα και επειδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους, ονομάζεται **εσωτερική ενέργεια του σώματος**.

Η θερμότητα και η αρχή διατήρησης της ενέργειας

Μάθαμε στο δεύτερο κεφάλαιο ότι η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη, σε όλες όμως τις περιπτώσεις διατηρείται. Ας δούμε ποιες ενεργειακές μεταβολές συμβαίνουν στο πείραμα με το δοχείο που κλείνεται με έμβολο και περιέχει αέρα το οποίο θερμαίνεται (εικόνα 6.25).

Θερμότητα μεταφέρεται από τη φλόγα στον αέρα του δοχείου. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας παραμένει στον αέρα και μετασχηματίζεται σε εσωτερική ενέργεια του αέρα. Το υπόλοιπο μεταφέρεται από τον αέρα προς το έμβολο. Ο αέρας ασκεί δύναμη στο έμβολο. Το έμβολο κινείται και η δύναμη που ασκεί ο αέρας μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της, δηλαδή παράγει έργο (εικόνα 6.25). Το έργο αυτό εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από τον αέρα του δοχείου προς το έμβολο.

Έτσι, εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας, μπορούμε να γράψουμε:

Θερμότητα που μεταφέρεται στον αέρα = Αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του αέρα + το έργο της δύναμης που ασκεί ο αέρας στο έμβολο.

Η παραπάνω σχέση ονομάζεται και πρώτος θερμοδυναμικός νόμος και διατυπώθηκε πρώτη φορά από τον Γερμανό φυσικό και γιατρό Μάγιερ, το 1844. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Γερμανός φυσικός Κλαουζιους τον διατύπωσε με μεγαλύτερη σαφήνεια. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος, που εκφράζει βέβαια την αρχή διατήρησης της ενέργειας, αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη των θερμικών μηχανών γνωστών ήδη από την αρχαιότητα (εικόνα 6.26). Οι θερμικές μηχανές μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανική ενέργεια ή έργο. Παραδείγματα τέτοιων μηχανών είναι: οι μηχανές των αυτοκινήτων, οι ατμολέβητες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κτλ.

Φυσική και Βιολογία

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΖΩΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Στο ζωικό βασίλειο συχνά συμβαίνουν ενεργειακές μετατροπές ανάλογες με αυτές που συμβαίνουν σε μια μηχανή. Οι τροφές καίγονται. Υδατάνθρακες αντιδρούν με οξυγόνο, οπότε παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό, ενώ χημική ενέργεια μετατρέπεται κατά ένα μέρος σε μηχανική ενέργεια του μυϊκού συστήματος.

Φυσική και Επιστήμη, Τεχνολογία, Ιστορία και Κοινωνία

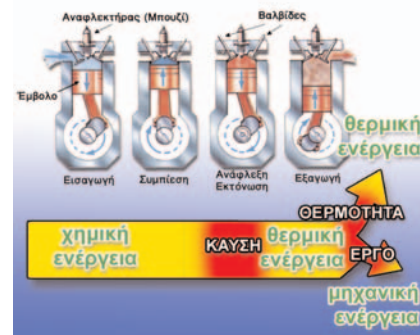
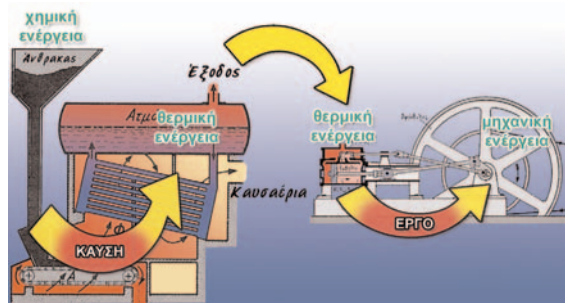
Από τη γραφική ατμομηχανή στο σύγχρονο βενζινοκινητήρα

Η ατμομηχανή η οποία υπήρχε παλαιότερα στους σιδηροδρόμους και τώρα στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς και ο κινητήρας του αυτοκινήτου είναι θερμικές μηχανές. Ποιο είναι το κοινό χαρακτηριστικό τους;

Η ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές

Σε αυτές τις μηχανές η χημική ενέργεια του καυσίμου μετασχηματίζεται σε θερμική ενός αερίου. Μέρος της θερμικής ενέργειας του αερίου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια (εικόνα 6.25).

Πώς γίνεται αυτή η μετατροπή; Σε κάθε θερμική μηχανή υπάρχει ένας χώρος μέσα στον οποίο διοχετεύεται αέριο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή αέριο με μεγάλη θερμική ενέργεια. Στις ατμομηχανές το αέριο αυτό είναι ατμός ο οποίος παράγεται από νερό που βράζει. Στον κινητήρα του αυτοκινήτου το αέριο προκύπτει από την καύση της βενζίνης. Σε κάθε περίπτωση αυτό το αέριο ωθεί ένα έμβολο. Μέρος της θερμικής ενέργειας του αερίου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του εμβόλου. Με κατάλληλο μηχανικό σύστημα η κινητική ενέργεια του εμβόλου μεταφέρεται στους τροχούς του ατμοστροβίλου.



Η αταξία των μορίων και η υποβάθμιση της ενέργειας.

Φανταστείτε ότι μια ζεστή καλοκαιριάτικη μέρα δε φυσά καθόλου, οπότε τα φύλλα των δένδρων μένουν ακίνητα.

Όμως μόρια του αέρα βομβαρδίζουν συνεχώς τα φύλλα.

Γιατί τα φύλλα δεν κινούνται; Επειδή τα μόρια κινούνται άτακτα προς κάθε κατεύθυνση, χτυπούν τα φύλλα ομοιόμορφα από κάθε πλευρά, οπότε τα φύλλα μένουν ακίνητα. Όταν φυσά, τα περισσότερα μόρια κινούνται προς ορισμένη κατεύθυνση και χτυπούν τα φύλλα περισσότερο από τη μια πλευρά παρά από την άλλη, οπότε τα φύλλα κινούνται.

Και στις δύο περιπτώσεις τα μόρια έχουν κινητική ενέργεια. Στην πρώτη όμως περίπτωση, δεν μπορούν να προκαλέσουν την κίνηση του φύλλου. Λέμε ότι η κινητική ενέργεια των μορίων λόγω της άτακτης κίνησής τους είναι κατώτερης ποιότητας από αυτή λόγω της προσανατολισμένης κίνησής τους. Δηλαδή, η θερμική ενέργεια είναι κατώτερης ποιότητας από την κινητική ενέργεια, που συνδέεται με προσανατολισμένη κίνηση.

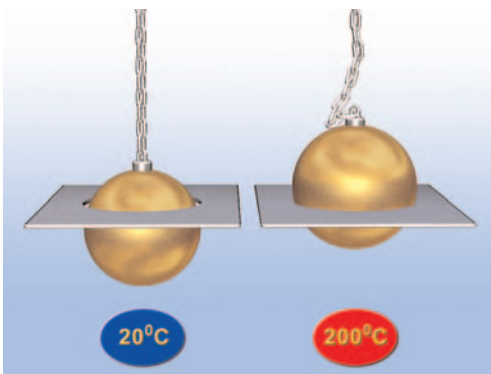
Όσο μεγαλύτερη είναι η αταξία των μορίων του, τόσο περισσότερη «εντροπία» λέμε ότι έχει το σώμα.

Όταν ένα αυτοκίνητο φρενάρει, η κινητική ενέργειά του μετατρέπεται (λόγω της τριβής των ελαστικών με το οδόστρωμα) σε θερμική ενέργεια. Η ενέργεια υποβαθμίζεται και η εντροπία του αέρα αυξάνεται.

Θερμική ενέργεια και θερμική μόλυνση

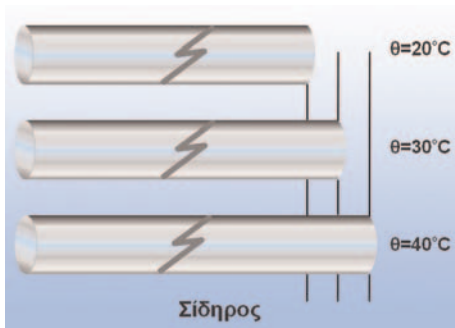
Επίσης, κατά την κίνηση του αυτοκινήτου μέρος της ενέργειας των καυσίμων του μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια της ατμόσφαιρας καθώς θερμότητα μεταφέρεται προς αυτήν από το σύστημα ψύξης του αυτοκινήτου και από τα καυσάερια.





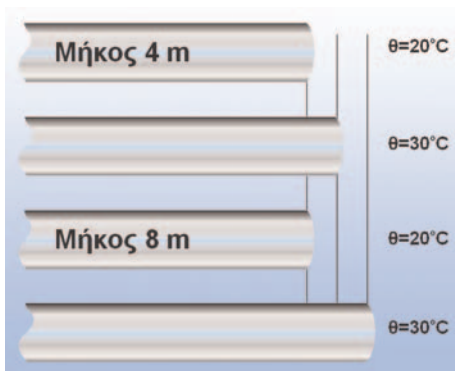
Εικόνα 6.27.

Η σιδερένια σφαίρα στη θερμοκρασία δωματίου μόλις περνά μέσα από το μεταλλικό δακτυλίδι. Όμως η σφαίρα σφηνώνεται στο δακτυλίδι όταν η θερμοκρασία της αυξηθεί στους 200 °C περίπου.



Εικόνα 6.28.

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.



Εικόνα 6.29.

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη του αρχικού μήκους.

6.5

Θερμική διαστολή και συστολή

Μπορείς πολύ εύκολα να ξεβιδώσεις το μεταλλικό καπάκι ενός γυάλινου βάζου όταν αυτό βρίσκεται στο ράφι της κουζίνας. Αν όμως το τοποθετήσεις στο ψυγείο, οπότε η θερμοκρασία του μειώνεται, διαπιστώνεις ότι το καπάκι σφηνώνει στο στόμιο του βάζου και δυσκολεύεται να το ξεβιδώσεις. Ένας τρόπος για να το ανοίξεις, είναι να ρίξεις ζεστό νερό στο καπάκι.

Πώς μπορούμε να περιγράψουμε τις παραπάνω διαδικασίες χρησιμοποιώντας έννοιες της φυσικής;

Όταν θερμάνουμε τη σιδερένια σφαίρα που παριστάνεται στην εικόνα 6.27, η θερμοκρασία της αυξάνεται και δε χωράει πλέον στο μεταλλικό δακτυλίδι. Συμπεραίνουμε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της σφαίρας είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου της και άρα της διαμέτρου της. Όλα σχεδόν τα σώματα στερεά, υγρά και αέρια, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους (θερμαίνονται), διαστέλλονται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν μειώνεται η θερμοκρασία τους (ψύχονται), συστέλλονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **θερμική διαστολή** και το αντίθετό της φαινόμενο, **συστολή**. Όμως, όλα τα σώματα δε διαστέλλονται ή συστέλλονται με τον ίδιο τρόπο. Το καπάκι, που είναι συνήθως φτιαγμένο από σίδηρο ή αλουμίνιο, συστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο γι' αυτό και σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου, όταν μπει στο ψυγείο όπου και ψύχεται.

Γραμμική διαστολή στερεών

Στην περίπτωση της διαστολής που περιγράφεται στην εικόνα 6.27, μεταβάλλεται ο όγκος της σφαίρας. Υπάρχουν όμως σώματα, όπως οι ράβδοι ή τα σύρματα, που η μια τους διάσταση είναι πολύ μεγαλύτερη από τις άλλες. Όταν θερμάνουμε μια μεταλλική ράβδο ή ένα σύρμα, το μήκος τους αυξάνεται πολύ περισσότερο συγκριτικά με τις άλλες διαστάσεις τους. Η διαστολή αυτή ονομάζεται **γραμμική διαστολή** ή διαστολή κατά μήκος. Αν θερμάνουμε ράβδους από διαφορετικά υλικά και μετρήσουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας τους ($\Delta\theta$) καθώς και την αντίστοιχη μεταβολή του μήκους τους (Δl), διαπιστώνουμε ότι η μεταβολή του μήκους είναι ανάλογη:

- Με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\theta$) π.χ. σε διπλάσια μεταβολή θερμοκρασίας αντιστοιχεί διπλάσια μεταβολή μήκους (εικόνα 6.28).
- Με το αρχικό μήκος του σώματος (l_0): Σε δύο ράβδους από το ίδιο υλικό, που η μία έχει διπλάσιο μήκος από την άλλη, όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται εξίσου, η μεταβολή του μήκους της πρώτης είναι διπλάσια από τη μεταβολή του μήκους της δεύτερης (εικόνα 6.29).
- Επίσης, η μεταβολή του μήκους (Δl) εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ράβδος. Όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί εξίσου σε μια σιδερένια ράβδο και σε μια ράβδο αλουμινίου ίδιου αρχικού μήκους, η μεταβολή του

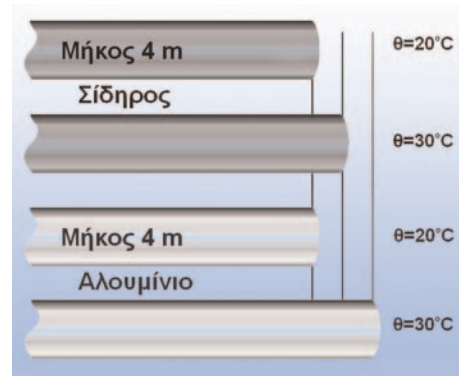
μήκους της ράβδου αλουμινίου είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή του μήκους της σιδερένιας ράβδου (εικόνα 6.30).

Οι παραπάνω παρατηρήσεις μπορούν να διατυπωθούν και με τη γλώσσα των μαθηματικών:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_l \cdot \Delta \theta$$

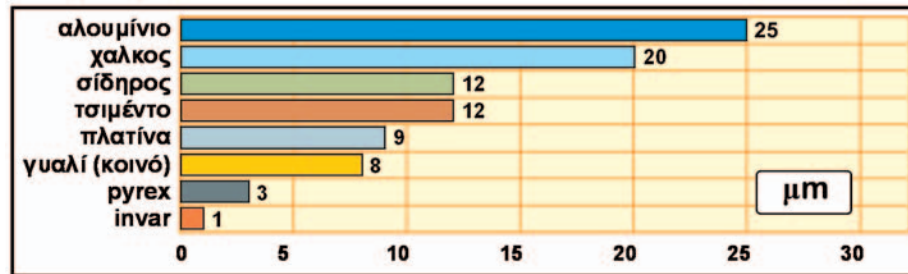
όπου Δl η μεταβολή του μήκους, $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας, l_0 το αρχικό μήκος της ράβδου και α_l ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής του υλικού της ράβδου.

Το α_l δείχνει πόσο μεταβάλλεται το μήκος μιας ράβδου 1 m, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά 1 °C (Διάγραμμα 6.2). Από το διάγραμμα προκύπτει ότι μία ράβδος αλουμινίου επιμηκύνεται 25 φορές περισσότερο από μία ράβδο από κράμα Invar για την ίδια μεταβολή στη θερμοκρασία τους.



Εικόνα 6.30.

Το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο από το σίδηρο.



Διάγραμμα 6.2.

Η διαστολή ράβδων από ποικίλα υλικά, με αρχικό μήκος 1 m, όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1 °C. Η διαστολή μετράται σε μm.

Επιφανειακή διαστολή

Στους δρόμους και στα δάπεδα, όταν τοποθετούν μεταλλικές πλάκες, αφήνουν διάκενα. Γιατί;

Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία μιας πλάκας ή ενός μεταλλικού δίσκου, τότε αυξάνονται οι διαστάσεις τους, δηλαδή διαστέλλονται. Στα σώματα αυτά, οι δυο διαστάσεις τους (μήκος και πλάτος) είναι πολύ μεγαλύτερες από την τρίτη, το πάχος. Έτσι, η θερμική διαστολή του πάχους είναι πολύ μικρότερη από τη θερμική διαστολή του πλάτους και του μήκους. Δηλαδή, οι δυο διαστάσεις αυξάνονται πολύ περισσότερο από την τρίτη. Η διαστολή αυτή ονομάζεται **επιφανειακή** διαστολή (εικόνα 6.31).

Διαστολή όγκου σε στερεά και υγρά

Αν γεμίσουμε ένα γυάλινο βάζο μέχρι το χείλος του με λάδι και το θερμάνουμε, το λάδι ξεχειλίζει. Ο όγκος του λαδιού αυξήθηκε περισσότερο από τον όγκο του γυάλινου βάζου. Το λάδι λοιπόν διαστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο. Γενικά, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση, **διαστολή όγκου** (ή κυβική διαστολή), τόσο των στερεών όσο και των υγρών. Όμως τα υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά.

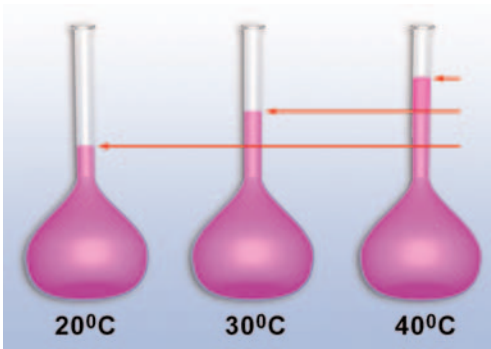
Αν πειραματιστούμε με ποικίλα υγρά ή στερεά και μετρήσουμε τη μεταβολή του όγκου που προκαλείται από την αντίστοιχη



Εικόνα 6.31.

Για την αποφυγή των ζημιών που μπορεί να προκληθούν από τις δυνάμεις διαστολής, στις γέφυρες υπάρχουν οι οδοντωτοί σύνδεσμοι διαστολής ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος σε περίπτωση που αυξάνεται η επιφάνεια του οδοστρώματος.

ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



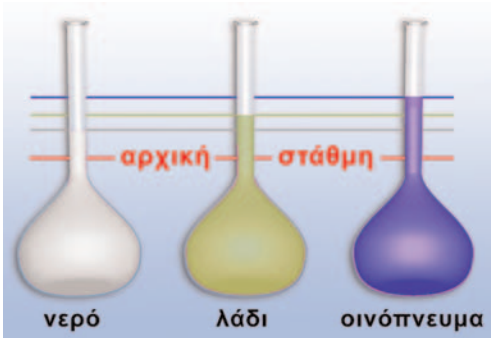
Εικόνα 6.32.

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.



Εικόνα 6.33.

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο.



Εικόνα 6.34.

Η αύξηση του όγκου εξαρτάται από το είδος του υγρού.

μεταβολή της θερμοκρασίας τους, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η θερμική διαστολή του όγκου ενός στερεού ή υγρού:

- α. είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (εικόνα 6.32),
- β. είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του (εικόνα 6.33) και
- γ. εξαρτάται από είδος του υλικού του σώματος (εικόνα 6.34 και διάγραμμα 6.3).

Τα παραπάνω συμπεράσματα ισχύουν τόσο για τα υγρά όσο και για τα στερεά σώματα και μπορούν να διατυπωθούν με μαθηματικά σύμβολα:

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta \theta$$

Όπου ΔV είναι η μεταβολή του όγκου, V_0 είναι ο αρχικός όγκος και $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος. Το α_v είναι ο συντελεστής διαστολής όγκου (κυβικής διαστολής) του υλικού. Ο α_v εξαρτάται από το υλικό και εκφράζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος με αρχικό όγκο 1 m^3 όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Από το διάγραμμα 6.3 φαίνεται ότι η διαστολή του όγκου του (υγρού) υδραργύρου είναι σχεδόν 8 φορές μεγαλύτερη από αυτή του γυαλιού. Στο θερμομέτρο υδραργύρου όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται τόσο ο όγκος του γυάλινου δοχείου, όπου βρίσκεται ο υδράργυρος, όσο και ο όγκος του υδραργύρου. Όμως καθώς ο υδράργυρος διαστέλλεται πολύ περισσότερο, «ξεχειλίζει» από το γυάλινο δοχείο και ανεβαίνει στο λεπτό σωλήνα.

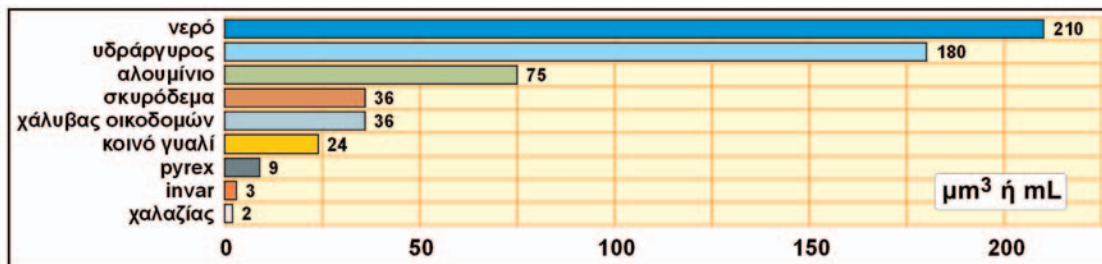
Ακόνισε το μυαλό σου

Δραστηριότητα

Από το διάγραμμα 6.3 σύγκρινε το συντελεστή κυβικής διαστολής του σκυροδέματος και του οικοδομικού χάλυβα.

Ποιο από τα υλικά διαστέλλεται περισσότερο;

Μπορείς να σκεφτείς μια εφαρμογή της παραπάνω ιδιότητας των δυο υλικών;



Διάγραμμα 6.3.

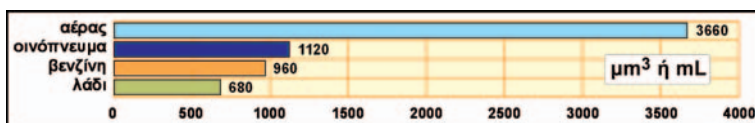
Μεταβολή του όγκου 1 m^3 διάφορων υλικών όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Η μεταβολή εκφράζεται σε μm^3 (cm^3 ή ml).

Διαστολή των αερίων

Μισοφουσκώνουμε ένα μπαλόνι και το τοποθετούμε πάνω από ένα ζεστό σώμα κεντρικής θέρμανσης. Παρατηρούμε ότι ο όγκος του μπαλονιού αυξάνεται, ενώ δεν προστίθεται αέρας στο εσωτερικό του. Στη συσκευή που παριστάνεται στην εικόνα 6.35, όταν θερμά- νουμε τον αέρα που περιέχεται στο κυλινδρικό δοχείο της βάσης, το έμβολο της σύριγγας ανυψώνεται. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση του όγκου δηλαδή διαστολή των αερίων όταν περιέχονται σε δοχείο με κινητά τοιχώματα.

Πειραματιζόμενοι με τη συσκευή που παριστάνεται στην εικόνα 6.35, καταλήγουμε στο παρακάτω συμπέρασμα: Όταν η θερμο- κρασία ενός αερίου μεταβάλλεται ενώ η πίεση του διατηρείται σταθερή, η αύξηση ή ελάττωση του όγκου του είναι ανάλογη με τον όγκο που έχει το αέριο στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.

Σε αντίθεση όμως με τα στερεά και τα υγρά, η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου. Σε όλα τα αέρια, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, χωρίς να αλλάξει η πίεσή τους, ο όγκος μεταβάλλεται κατά το $1/273$ του όγκου που είχαν στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Διάγραμμα 6.4.

Ο αέρας, όπως και τα υπόλοιπα αέρια, διαστέλλεται περισσότερο από τα υγρά.

Ερμηνεία της διαστολής

Η θερμική διαστολή και συστολή ερμηνεύεται με τη βοήθεια της θερμικής κίνησης των δομικών λίθων. Για να ερμηνεύσου- με τη διαστολή των στερεών, θεωρούμε ότι οι δομικοί λίθοι από τους οποίους αποτελούνται αλληλεπιδρούν σαν να συνδέονται μεταξύ τους με μικροσκοπικά ελατήρια. Υποθέτουμε επίσης ότι αυτά τα ελατήρια ευκολότερα επιμηκύνονται παρά συμπιέζονται.

Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, οι δομικοί λίθοι ταλαντώνο- νται εντονότερα και τα ελατήρια συμπιέζονται και επιμηκύνονται περισσότερο από προηγουμένως. Ωστόσο, η επιμήκυνσή τους είναι μεγαλύτερη από τη συμπίεση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι δομικοί λίθοι τελικά να απομακρύνονται μεταξύ τους: το σώμα να διαστέλλεται (εικόνα 6.36). Άρα, κατά τη διαστολή δεν αυξά- νονται οι διαστάσεις των δομικών λίθων, αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις. Δε διαστέλλονται οι δομικοί λίθοι, αλλά τα σώμα- τα.

Στο σίδηρο κάθε δομικός λίθος αλληλεπιδρά ισχυρότερα με τους γειτονικούς του από όσο οι δομικοί λίθοι του αλουμινίου. Επομένως, οι δομικοί λίθοι του σιδήρου απομακρύνονται δυσκο- λότερα μεταξύ τους απ' ό,τι εκείνοι του αλουμινίου (εικόνα 6.36).



Εικόνα 6.35.

Συσκευή μελέτης της διαστολής των αερίων

Αποτελείται από: (α) ένα μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο που περιέ- χει το αέριο, (β) θερμόμετρο που μετρά τη θερμοκρασία του αερίου στο δοχείο, (γ) μανόμετρο, (δ) έμβολο για τη μέτρηση της διαστολής του όγκου.

Δραστηριότητα

Ακόνισε το μυαλό σου

Κατά τη διαστολή αυξάνεται ο κενός χώρος μεταξύ των δομικών λίθων. Έτσι αυξάνεται ο όγκος των σωμάτων.

Η μάζα τους μεταβάλλεται;

Πώς αλλάζει η πυκνότητά τους;

Γιατί ο θερμός αέρας ανεβαίνει;

Πρότυπο διαστολής σε μοριακό επίπεδο.

θερμοκρασία θ_1



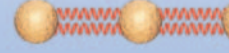
θερμοκρασία θ_2



θερμοκρασία θ_1



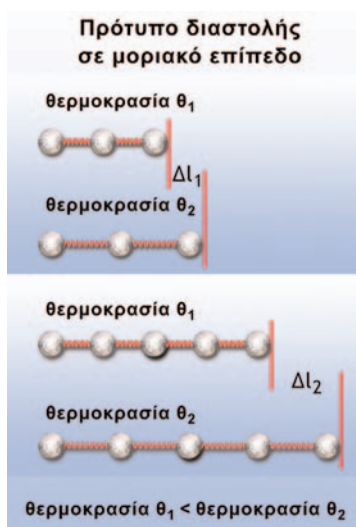
θερμοκρασία θ_2



θερμοκρασία $\theta_1 < \theta_2$

Εικόνα 6.36.

Η αύξηση του μήκους εξαρτάται και από τις δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων.



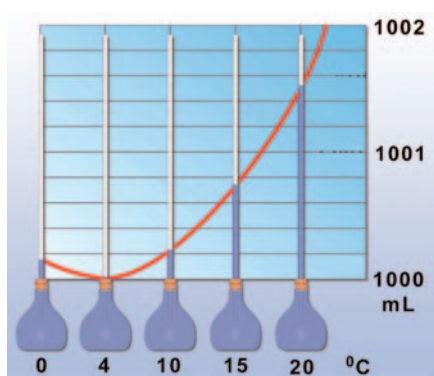
Εικόνα 6.37.

Η αύξηση του μήκους μιας ράβδου είναι ανάλογη με τον αριθμό των δομικών λίθων που παραμβάλλονται μεταξύ των άκρων.



Εικόνα 6.38.

Παραμόρφωση των σιδηροτροχιών λόγω της θερμικής διαστολής τους μια πολύ ζεστή καλοκαιρινή ημέρα. Σήμερα η σύνδεση των σιδηροτροχιών γίνεται με κατάλληλο τρόπο, ώστε να μην παρατηρούνται πλέον τέτοια φαινόμενα.



Εικόνα 6.39.

Το διάγραμμα μεταβολής του όγκου ενός λίτρου νερού καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του.

Συνεπώς, η μεταβολή των διαστάσεων κατά τη διαστολή και τη συστολή εξαρτάται από το πόσο ισχυρά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι δομικοί λίθοι του σώματος. Δηλαδή, από το είδος του υλικού. Στα αέρια, επειδή οι δομικοί λίθοι δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου. Όσο το μήκος μιας ράβδου είναι μεγαλύτερο, τόσο περισσότεροι δομικοί λίθοι παρεμβάλλονται μεταξύ των άκρων της. Επομένως, κατά τη διαστολή η συνολική απομάκρυνση των δομικών λίθων είναι μεγαλύτερη. Άρα και η αύξηση του μήκους της ράβδου είναι, επίσης, μεγαλύτερη (εικόνα 6.37).

Δυνάμεις κατά τη διαστολή και συστολή

Γυάλινα ή κεραμικά σκεύη όπως κρυστάλλινα ποτήρια ή φλιτζάνια κινδυνεύουν να σπάσουν, αν μεταβληθεί απότομα η θερμοκρασία τους, για παράδειγμα όταν πλυθούν με καυτό νερό.

Πώς θα μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε τα παραπάνω φαινόμενα;

Κατά τη διαστολή η μεταβολή του μήκους ή του όγκου των σωμάτων είναι σχετικά μικρή, όταν όμως αυτή εμποδίζεται, εμφανίζονται έντονα μηχανικά φαινόμενα όπως το λύγισμα, το σπάσιμο κ.ά. Κατά τη διαστολή οι δομικοί λίθοι επεκτείνονται στο χώρο κι η επέκταση αυτή εκδηλώνεται ως τεράστια δύναμη διαστολής. Έτσι, όταν απότομα γεμίσουμε ένα ποτήρι με καυτό νερό, το εσωτερικό τοίχωμα του ποτηριού θερμαίνεται αμέσως και η θερμοκρασία του γίνεται πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του εξωτερικού τοιχώματος. Το εσωτερικό τοίχωμα λοιπόν διαστέλλεται πιο έντονα από το εξωτερικό. Μία δύναμη από μέσα προς τα έξω προκαλεί ρωγμές στο ποτήρι. Γι' αυτό το λόγο, τα γυάλινα σκεύη που χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο των φαγητών κατασκευάζονται από ειδικό πυρίμαχο γυαλί (pyrex). Η διαστολή αυτού του είδους του γυαλιού είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με εκείνη του κοινού γυαλιού (διάγραμμα 6.3) και έτσι το σκεύος δεν κινδυνεύει με θραύση.

Οι δυνάμεις διαστολής είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στις σιδηροτροχιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (εικόνα 6.38). Αρχικά το ενδεχόμενο αυτό αντιμετωπίστηκε με την ύπαρξη διάκενων μεταξύ των σιδηροτροχιών. Αυτά τα διάκενα προκαλούσαν ταλαντώσεις (σκαμπανεβάσματα) του τρένου και δημιουργούσαν δυσάρεστο αίσθημα στους επιβάτες. Σήμερα στα διάκενα τοποθετούν κατάλληλο υλικό που διαστέλλεται ελάχιστα.

Η διαστολή του νερού

Στα περισσότερα υγρά αύξηση της θερμοκρασίας τους οδηγεί στη διαστολή τους, δηλαδή στην αύξηση του όγκου τους. Το νερό όμως παρουσιάζει μια ιδιόμορφη συμπεριφορά. Όταν θερμαίνεται από τους 0 °C έως 4 °C, ο όγκος του ελαττώνεται (ανώμαλη συστολή), ενώ αν ψύχεται από τους 4 °C έως τους 0 °C, ο όγκος του αυξάνεται (ανώμαλη διαστολή) (εικόνα 6.39). Πάνω από τους 4 °C και μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού το νερό δια-

στέλλεται κανονικά. Εξαιτίας αυτής της ανώμαλης διαστολής, ορισμένη μάζα νερού στους 4 °C έχει το μικρότερο δυνατό όγκο και άρα τη μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα.

Το φαινόμενο της ανώμαλης διαστολής του νερού έχει τεράστια οικολογική σημασία. Μεταξύ δυο στρωμάτων νερού αυτό που έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα βυθίζεται. Ας δούμε τι συμβαίνει, όταν κατά τη διάρκεια του χειμώνα η θερμοκρασία της επιφάνειας του νερού ελαττώνεται. Όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 4 °C, το νερό της επιφάνειας έχει μικρότερη πυκνότητα και η θερμοκρασία μειώνεται από την επιφάνεια προς τον πυθμένα. Όταν όμως η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος φθάσει στους 4 °C, αυτό το στρώμα ως πυκνότερο βυθίζεται προς τον πυθμένα. Το νερό μικρότερης θερμοκρασίας έχει μικρότερη πυκνότητα και επιπλέει. Η μεταβολή της θερμοκρασίας τώρα αντιστρέφεται. Τελικά μπορεί να σχηματισθεί πάγος στην επιφάνεια της λίμνης ή της θάλασσας, ενώ στο εσωτερικό η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και μάλιστα 4 °C στον πυθμένα και το νερό διατηρείται στην υγρή μορφή (εικόνα. 6.40).



Εικόνα 6.40.

Στο βυθό των λιμνών και ποταμών η ζωή διατηρείται ολόκληρο το χειμώνα.

Παράδειγμα 6.2

Μια χάλκινη ράβδος έχει μήκος 1,5 m σε θερμοκρασία 20 °C. Πόσο μεταβάλλεται το μήκος της ράβδου όταν η θερμοκρασία της γίνει 250 °C; (Αξιοποιήσε το διάγραμμα 6.2).

Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$\theta_{\text{αρχικό}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{τελικό}} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ $l_0 = 1,5 \text{ m}$	Δl	$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$

Λύση

$\Delta \theta = \theta_{\text{τελικό}} - \theta_{\text{αρχικό}}$ ή $\Delta \theta = 250 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 230 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta l = 1,5 \text{ m} \cdot 20 \frac{\mu\text{m}}{\text{m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 230 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\Delta l = 6.900 \text{ } \mu\text{m}$ ή $\Delta l = 6,9 \text{ mm}$

Ερωτήσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

▶ Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

1. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: *Θερμοκρασία, βαθμονόμηση, κλίμακα Κελσίου, απόλυτο μηδέν, θερμόμετρο*
2. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
 Τα θερμόμετρα είναι τα κατάλληλα για τη μέτρηση της..... Τα θερμόμετρα είναι δηλαδή έχουν κλίμακα Η πιο συνηθισμένη είναι η κλίμακα υπάρχει και η κλίμακα καθώς και κλίμακα, που χρησιμοποιείται από τους επιστήμονες.
3. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις το περιεχόμενο των οποίων είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές των οποίων είναι επιστημονικά λανθασμένο.
 (α) Όλα τα θερμόμετρα πρέπει να έχουν μια κλίμακα μέτρησης. (β) Όλα τα θερμόμετρα μπορούν να μετρήσουν μια οποιαδήποτε θερμοκρασία. (γ) Στην κλίμακα Κέλβιν δεν υπάρχουν αρνητικές θερμοκρασίες. (δ) Κάθε μεταβολή θερμοκρασίας στην κλίμακα Κελσίου αντιστοιχεί στην ίδια μεταβολή στην κλίμακα Κέλβιν.

Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας – Πως μετράμε της θερμότητα

4. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: *θερμότητα, ενέργεια, θερμοκρασία, θερμική ισορροπία, θερμική επαφή.*
5. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές: (α) Θερμότητα ονομάζεται η που μεταφέρεται από σώμα θερμοκρασίας σε σώμα Όταν οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων τότε η ενέργειας Οι θερμοκρασίες των σωμάτων είναι Τότε λέμε ότι τα σώματα βρίσκονται σε ισορροπία.
(β) Η ποσότητα της που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1 °C ονομάζεται θερμότητα.
6. Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα είναι δυνατόν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας: α. ένα ποτήρι ζεστό γάλα κρυώνει πάνω στο τραπέζι. β. παγάκια λιώνουν μέσα σε ένα ποτήρι με νερό. γ. ζεσταίνουμε τα χέρια μας τρίβοντάς τα μεταξύ τους. δ. αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο νερό. ε. σβήνουμε με τη γομολάστιχα και η γομολάστιχα ζεσταίνεται. Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

7. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: *δομικός λίθος, μόριο, κίνηση μορίων αερίου και όγκος αερίου, κίνηση δομικών λίθων υγρού και σχήμα υγρού, εσωτερική ενέργεια, κίνηση δομικών λίθων στερεού*
8. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
α. Δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική όταν έχουν ίσες Τότε οι δομικοί λίθοι του ενός έχουν ίδια ενέργεια με τους δομικούς λίθους του άλλου και η μεταφορά σταματά.
β. Η συνολική κινητική ενέργεια που έχουν οι δομικοί λίθοι ενός σώματος λόγω της άτακτης κίνησής τους ονομάζεται ενέργεια. Η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται μόνο από την ενέργεια των δομικών του λίθων.
γ. Η κινητική και η δυναμική που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι επειδή κινούνται και επειδή ασκούνται μεταξύ τους ονομάζεται ενέργεια του σώματος.
9. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα/γράμματα που αντιστοιχούν στη σωστή/σωστές απαντήσεις. Τεκμηρίωσε τις επιλογές σου.
Η θερμική ενέργεια ενός σώματος:
α. εξαρτάται μόνο από τη μάζα του σώματος.
β. εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του σώματος.
γ. εξαρτάται τόσο από τη μάζα όσο και από τη θερμοκρασία του σώματος.
δ. δεν εξαρτάται ούτε από τη μάζα, ούτε από τη θερμοκρασία του σώματος.
10. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις το περιεχόμενο των οποίων είναι επιστημονικά σωστό και με Λ αυτές των οποίων είναι επιστημονικά λανθασμένο:
α. Η θερμοκρασία ενός σώματος δεν εξαρτάται από τη μάζα του.
β. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος δεν εξαρτάται από τη μάζα του.
γ. Ένα σώμα χαμηλής θερμοκρασίας είναι δυνατόν να περικλείει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα άλλο υψηλότερης.
δ. Η θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από ένα σώμα μεγαλύτερης θερμικής ενέργειας προς ένα σώμα μικρότερης.
ε. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας.
στ. Μια θερμική μηχανή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε θερμότητα.

ζ. Μεταξύ δυο σωμάτων αυτό που έχει τη μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει και τη μεγαλύτερη θερμική ενέργεια.

η. Η μεταφορά θερμότητας σ' ένα σώμα προκαλεί γενικά αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας.

Θερμική διαστολή και συστολή

11. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:
θερμική διαστολή, θερμική συστολή, γραμμική διαστολή, διαστολή όγκου.
12. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
Όλα σχεδόν τα σώματα όταν θερμαίνονται, δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν ψύχονται, δηλαδή ο όγκος τους. Τα υγρά διαστέλλονται από τα στερεά. Το νερό όταν θερμαίνεται μεταξύ των 0 °C και των 4 °C

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν: Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

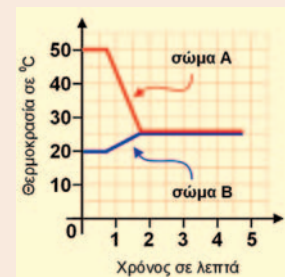
1. Με δεδομένο ότι οι θερμοκρασίες ψήξης του οινοπνεύματος είναι -114 °C και του υδραργύρου -39 °C και ότι υπάρχουν ηλεκτρικά θερμόμετρα που μετρούν θερμοκρασίες από -260 °C μέχρι 1.600 °C, τι είδους θερμόμετρο θα χρησιμοποιήσεις για να μετρήσεις:
 - α. τη θερμοκρασία του εσωτερικού του ψυγείου
 - β. τη θερμοκρασία του σώματός σου
 - γ. τη θερμοκρασία της φλόγας ενός σπέρτου
 - δ. τη θερμοκρασία στο Β. Πόλο
 - ε. τη θερμοκρασία σ' έναν κλίβανο
2. Ο/Η καθηγητής/τρια ανέφερε στην τάξη ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του Ήλιου είναι 20.000.000 βαθμοί.
 - α. Ο Σάββας ρωτάει αν η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε κλίμακα Κελσίου ή Κέλβιν. Ποια είναι η απάντηση του καθηγητή;
 - β. Θα είχε σημασία αν η τιμή αντιστοιχούσε σε κλίμακα Κελσίου ή Φαρενάιτ;
3. Μια ημέρα, στις 12 το μεσημέρι, η θερμοκρασία στην Πάτρα ήταν 310 K, στο Βόλο 35 °C και στην Ερμούπολη της Σύρου -10 F. Σε ποια πόλη η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη και σε ποια χαμηλότερη; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
4. Γιατί στην κλίμακα Κελβιν δεν υπάρχουν αρνητικές τιμές θερμοκρασιών;
5. Ποια είναι η μικρότερη τιμή της κλίμακας Κελσίου, ποια της Φαρενάιτ και ποια της κλίμακας Κέλβιν;

Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας – Πως μετράμε της θερμότητα

6. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις το περιεχόμενο των οποίων είναι επιστημονικά σωστό και με Λ αυτές των οποίων είναι επιστημονικά λανθασμένο:

Η θερμότητα που απαιτείται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος εξαρτάται από: (α) την αρχική θερμοκρασία του σώματος, (β) τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος, (γ) το είδος του υλικού του σώματος, (δ) τον τρόπο θέρμανσης.

7. Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας δύο σωμάτων, τα οποία φέραμε σε θερμική επαφή, κατασκευάσαμε το διπλανό διάγραμμα, που δείχνει την εξέλιξη της θερμοκρασίας κάθε σώματος. Σε ποιο χρονικό διάστημα έχουμε μεταφορά θερμότητας; Από ποιο σώμα μεταφέρεται θερμότητα σε ποιο;



Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

8. Ποιες διαφορές παρουσιάζουν τα στερεά, υγρά και αέρια σε σχέση με το σχήμα και τον όγκο τους σε ορισμένη θερμοκρασία; Πώς συνδέονται αυτές οι διαφορές με τον τρόπο κίνησης των δομικών λίθων σε κάθε κατάσταση της ύλης;

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

9. Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού; Να αιτιολογήσεις την άποψή σου.
10. Σε ποια κατάσταση βρίσκεται ένα σώμα όταν οι δομικοί λίθοι του κινούνται:
- Ελεύθερα.
 - Γλιστρούν ο ένας πάνω στον άλλο.
 - Ταλαντώνονται γύρω από συγκεκριμένη θέση.

Θερμική διαστολή και συστολή

11. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις το περιεχόμενο των οποίων είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές των οποίων είναι επιστημονικά λανθασμένο.
- Κατά τη θερμική διαστολή ενός σώματος οι δομικοί λίθοι του:
 - Κινούνται όλο και πιο έντονα.
 - Απομακρύνονται μεταξύ τους.
 - Διαστέλλονται.
 - Πλησιάζουν μεταξύ τους.
 - Κατά τη θερμική διαστολή ενός στερεού ή υγρού σώματος η μεταβολή του όγκου του:
 - Εξαρτάται μόνο από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
 - Είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του σώματος.
 - Εξαρτάται από το υλικό του σώματος.
 - Όλα τα σώματα όταν θερμανθούν διαστέλλονται.
 - Δύο μεταλλικές ράβδοι που έχουν ίσα μήκη σε κάποια θερμοκρασία θ , θα εξακολουθούν να έχουν ίσα μήκη και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
 - Οι κοιλότητες ή οι οπές ενός σώματος δε διαστέλλονται όταν αυτό θερμαίνεται.
 - Γενικά, ένα υγρό διαστέλλεται περισσότερο από το δοχείο που το περιέχει.
 - Δύο υγρά που έχουν ίσους όγκους σε κάποια θερμοκρασία θ , θα έχουν ίσους όγκους και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
 - Η μάζα ενός υγρού αυξάνεται όταν το υγρό διαστέλλεται.
12. Μια μεταλλική μετροταινία βαθμονομήθηκε όταν η θερμοκρασία της ήταν $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αν χρησιμοποιηθεί για μέτρηση μήκους σε άλλη θερμοκρασία, το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν είναι ακριβές. Γιατί;
13. Τοποθετούμε διαδοχικά σε μια ζυγαριά 2 λίτρα νερού θερμοκρασίας $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ και 2 λίτρα νερού $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε ποια περίπτωση η ένδειξη της ζυγαριάς είναι μεγαλύτερη και γιατί;
14. Πώς μεταβάλλεται ο όγκος μιας ορισμένης μάζας νερού, όταν η θερμοκρασία του αυξάνεται από τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως τους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$; Ποια είναι η συνέπεια του φαινομένου αυτού στη μεταβολή της πυκνότητας του νερού; Τεκμηρίωσε την άποψή σου.
15. Μια μεταλλική σφαίρα μόλις που μπορεί να διέρχεται μέσα από ένα μεταλλικό δακτύλιο. Τι θα συμβεί αν: (α) θερμάνουμε τη σφαίρα, (β) θερμάνουμε το δακτύλιο, (γ) θερμάνουμε εξίσου και τα δύο;

Ασκήσεις**ασκήσεις****Θερμοκρασία και μέτρηση θερμότητας**

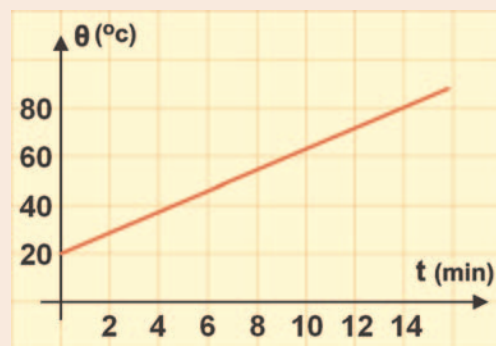
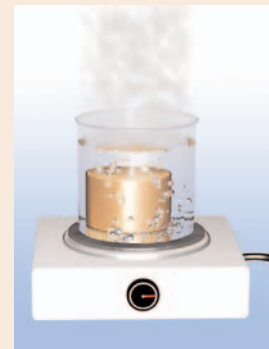
1. Να μετατρέψεις τις παρακάτω θερμοκρασίες από την κλίμακα Κελσίου στις κλίμακες Φαρενάιτ και Κέλβιν:
- θερμοκρασία δωματίου $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - θερμοκρασία καταψύκτη $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ζεστή μέρα του καλοκαιριού $35\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - κρύα μέρα του χειμώνα $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$

2. Από το δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών καταγράφηκαν κατά την 18η Δεκεμβρίου και την 7η Αυγούστου 1995, οι παρακάτω θερμοκρασίες (σε °C):
Να υπολογίσεις τη διαφορά μεταξύ θερινής και χειμερινής θερμοκρασίας για κάθε πόλη.

	ΔΕΚ	ΑΥΓ		ΔΕΚ	ΑΥΓ
Αθήνα	7	36	Θεσσαλονίκη	3	30
Καλαμάτα	9	34	Νευροκόπι	-2	26
Ηράκλειο	10	34	Κομοτηνή	2	29
Ρόδος	9	31	Φλώρινα	-1	28
Αγρίνιο	8	29	Αλμυρός	4	31
Ιωάννινα	4	29	Λαμία	7	35

Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας – Πως μετράμε της θερμότητα

3. Ένας μεταλλικός κύλινδρος μάζας 0.5 kg απορροφά θερμότητα 500 J και η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 20 °C στους 30 °C. Να υπολογίσεις την ειδική θερμότητα του μετάλλου.
4. Ένας σιδερένιος κύβος μάζας 0.2 kg βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με νερό που βράζει. Στη συνέχεια:
- Τον τοποθετούμε στο περιβάλλον ενός δωματίου θερμοκρασίας 20 °C μέχρις ότου να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία του κύβου. Πόση θερμότητα μεταφέρεται από τον κύβο προς το περιβάλλον; Για την τιμή της ειδικής θερμότητας του σιδήρου θα χρησιμοποιήσεις το διάγραμμα 6.1 του βιβλίου σου.
 - Τον βυθίζουμε σε μονωμένο δοχείο με νερό αρχικής θερμοκρασίας 0 °C. Παρά τηρούμε ότι τελικά η θερμοκρασία και των δυο σωμάτων (νερού και κύβου) σταθεροποιείται στους 20 °C. Από τα παραπάνω δεδομένα, μπορείς να υπολογίσεις τη μάζα του νερού που περιέχεται στο δοχείο;
5. Στο εργαστήριο της φυσικής πραγματοποιήσαμε την παρακάτω δραστηριότητα: Σε ένα δοχείο Pyrex βάλαμε 1 kg νερό και το τοποθετήσαμε πάνω από την εστία θέρμανσης. Κάθε 2 λεπτά λαμβάναμε τη θερμοκρασία του νερού την οποία καταχωρήσαμε σε πίνακα μετρήσεων. Με βάση τις τιμές του πίνακα, κατασκευάσαμε το παρακάτω διάγραμμα. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το διάγραμμα, απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:
- Ποια είναι η αρχική θερμοκρασία του υγρού;
 - Ποια είναι η θερμοκρασία του υγρού μετά από 4 min θέρμανσης;
 - Πόσο μεταβλήθηκε η θερμοκρασία του υγρού μετά από 6 min θέρμανσης;
 - Πόση θερμότητα μεταφέρθηκε στο νερό μετά από 6 min θέρμανσης;
6. Σε εστία θέρμανσης τοποθετούμε δοχείο που περιέχει 2.000 gr νερό αρχικής θερμοκρασίας 20 °C. Αν γνωρίζουμε ότι κατά τη θέρμανση στο νερό μεταφέρθηκε θερμότητα 42.000 J, να υπολογίσεις:
- Την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού.
 - Τη θερμοκρασία του νερού μετά τη θέρμανση. Για την τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού, θα χρησιμοποιήσεις το διάγραμμα 6.1 του βιβλίου σου.
7. Σε ένα μονωμένο ποτήρι που περιέχει 100 gr νερό θερμοκρασίας 30 °C προσθέτουμε 200 gr νερό θερμοκρασίας 90 °C. Να υπολογίσεις την τιμή της θερμοκρασίας στην οποία θα σταθεροποιηθεί η ένδειξη του θερμομέτρου που είναι βυθισμένο στο ποτήρι.



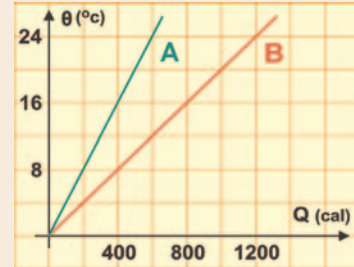
ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

8. Στην ίδια εστία θέρμανσης θερμαίνουμε ταυτόχρονα δυο υγρά Α και Β. Τα δυο υγρά έχουν την ίδια μάζα. Στο διάγραμμα παριστάνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας των δυο υγρών σε συνάρτηση με την προσφερόμενη θερμότητα. Βάλε σε κύκλο το γράμμα που κατά την άποψή σου αντιστοιχεί στη σωστή έκφραση για τις ειδικές θερμότητες των δυο υγρών Α και Β.

(α) $c_A > c_B$

(β) $c_A < c_B$

(γ) $c_A = c_B$

**Θερμική διαστολή και συστολή**

9. Μια μεταλλική ράβδος, όταν η θερμοκρασία της είναι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, έχει μήκος 10 m . Αυξάνουμε τη θερμοκρασία της ράβδου από τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, οπότε επιμηκύνεται κατά $1,8\text{ mm}$. Από τι υλικό είναι δυνατό να είναι κατασκευασμένη αυτή η ράβδος; Χρησιμοποίησε το διάγραμμα 6.2.
10. Μια σιδερένια ράβδος έχει μήκος $11,5\text{ m}$ στους $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Πόσο θα είναι το μήκος της, αν τη θερμάνουμε στους $1221\text{ }^{\circ}\text{C}$, κοντά στη θερμοκρασία που λιώνει;
11. Ένα ανοικτό αλουμινένιο κουτί έχει όγκο 354 mL και είναι τελείως γεμάτο με νερό, όταν βρίσκεται στη θερμοκρασία του ψυγείου ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Το βγάζουμε από το ψυγείο και το τοποθετούμε πάνω σε ένα τραπέζι. Όταν επιστρέφουμε ύστερα από μεγάλο χρονικό διάστημα, παρατηρούμε μια ποσότητα υγρού πάνω στο τραπέζι. Πώς θα μπορούσες να ερμηνεύσεις αυτή την παρατήρηση; Αν η θερμοκρασία που επικρατεί στο δωμάτιο είναι $34\text{ }^{\circ}\text{C}$, να υπολογίσεις: (α) τον όγκο του κουτιού, (β) τον όγκο του νερού, (γ) την ποσότητα του νερού που χύθηκε.
12. Μια δεξαμενή περιέχει 15.000 λίτρα βενζίνης. Ποια είναι η αύξηση του όγκου της βενζίνης, αν η θερμοκρασία της ανέβει κατά $15\text{ }^{\circ}\text{C}$; (Χρησιμοποίησε το διάγραμμα 6.4).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η αντικειμενική μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος γίνεται με τα κατάλληλα όργανα: τα θερμομέτρα.
- Θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης θερμοκρασίας προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας. Η μεταφορά θερμότητας σταματά όταν εξισώνονται οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων (θερμική ισορροπία). Η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα σώμα εξαρτάται από τη μάζα του, το είδος του υλικού και τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Η ύλη αποτελείται από τυχαία κινούμενους δομικούς λίθους. Η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται από την κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος είναι το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των δομικών λίθων. Οι δομικοί λίθοι έχουν και δυναμική ενέργεια. Εσωτερική ενέργεια είναι η συνολική κινητική και δυναμική ενέργεια των δομικών λίθων.
- Μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων. Η μεταβολή του μήκους ή του όγκου είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και με το αρχικό μήκος ή με τον αρχικό όγκο και εξαρτάται από το υλικό.
- Κατά τη θερμική διαστολή αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των δομικών λίθων.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Θερμοκρασία

Θερμότητα

Θερμική διαστολή

Θερμομετρικές κλίμακες

Θερμική ισορροπία

Δομικοί λίθοι

Θερμική ενέργεια