



# Κεφάλαιο 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Μηχανές σαν και αυτή της φωτογραφίας, που ονομάζονται θερμικές μηχανές, άλλαξαν ριζικά τον τρόπο ζωής των ανθρώπων και έδωσαν τεράστια ώθηση στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Στις μηχανές αυτές θερμική ενέργεια, που συνδέεται με υψηλή θερμοκρασία της ύλης, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.

Στο κεφάλαιο αυτό :

θα προσεγγίσουμε τις έννοιες της θερμοκρασίας,  
της θερμικής ενέργειας και της θερμότητας.

και

θα μελετήσουμε τα διάφορα θερμικά φαινόμενα  
και τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας.

## 2. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Για τον πρωτόγονο άνθρωπο ο ήλιος ήταν, η μοναδική πηγή θερμότητας. Αργότερα ο άνθρωπος αναζήτησε θαλπωρή κοντά στη φωτιά που άναβαν οι κεραυνοί. Τέλος, έμαθε να ανάβει φωτιά κτυπώντας δυο πέτρες ή τρίβοντας δυο ξύλα μεταξύ τους. Συγχρόνως, παρατηρούσε τις μεταβολές της ατμόσφαιρας και προσπαθούσε να προφυλαχθεί από το κρύο και τη ζέστη.

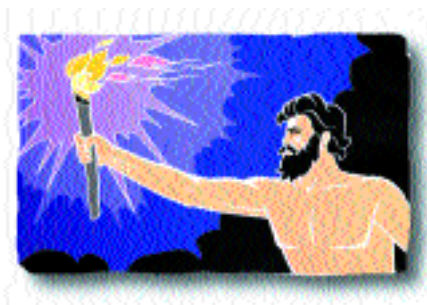
Αρχικά, η θέρμανση και το μαγείρεμα, κατόπιν η μεταλλουργία και η κεραμική ήταν για πολλούς αιώνες οι σημαντικότεροι τομείς στους οποίους ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τη θερμότητα. Πολύ αργότερα, αντιλήφθηκε ότι η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση και τον 18<sup>ο</sup> αιώνα κατασκεύασε τη πρώτη ατμομηχανή. Από τότε, πολλές εργασίες έπαψαν να γίνονται χειρονακτικά ή με τη βοήθεια ζώων και αναπτύχθηκαν οι πρώτες βιομηχανίες. Με την εκτεταμένη χρήση των μηχανών στην παραγωγή αγαθών, ξεκινά η βιομηχανική επανάσταση. Όταν ο άνθρωπος κατανόησε ακόμα καλύτερα πώς η θερμότητα συνδέεται με τη κίνηση κατασκεύασε τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, δηλαδή, τον πετρελαιοκινητήρα και το βενζινοκινητήρα. Κατασκεύασε θερμοηλεκτρικά εργοστάσια και, τις τελευταίες δεκαετίες πυρηνικούς αντιδραστήρες μετατροπής ενέργειας.

Ωστόσο κατά τη λειτουργία των μηχανών αποβάλλονται καυσαέρια και 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.

Όστε η χρησιμοποίηση της θερμότητας χωρίς να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα δημιουργεί οικολογικά προβλήματα στον πλανήτη μας.

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 το 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; Γιατί όταν ένα σώμα θερμαίνεται οι διαστάσεις του συνήθως αυξάνονται; Γιατί τα στερεά λιώνουν; Γιατί τα υγρά πήζουν βράζουν και εξατμίζονται; Πώς λειτουργεί η ατμομηχανή, ο βενζινοκινητήρας και το ηλεκτρικό ψυγείο; Πώς διατηρείται η ζωή στις παγωμένες λίμνες; Πώς τα ανεμοπλάνα αιωρούνται χωρίς κινητήρα; Αυτά είναι ορισμένα από τα ερωτήματα που θα μας απασχολήσουν σ' αυτό το Κεφάλαιο. Αν κάνει κρύο, ντυθείτε χοντρά, αν κάνει ζέστη θέστε σε λειτουργία τον ανεμιστήρα, και ας ταξιδέψουμε μαζί στον κόσμο της θερμότητας. Αλλά γιατί όταν ντυνόμαστε χοντρά ζεσταινόμαστε; Γιατί ο ανεμιστήρας μας δροσίζει;



### Η ΦΩΤΙΑ ΤΩΝ ΘΕΩΝ

Σύμφωνα με την Αρχαία Ελληνική μυθολογία, ο Προμηθέας κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς. Για την ενέργειά του αυτή, τιμωρήθηκε σκληρά από τον θεό Δία.

## 2.1 Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

Πόσο ζεστό ή κρύο αισθανόμαστε το νερό που πίνουμε; Πόσο ζεστό ή κρύο είναι το νερό της θάλασσας όταν κολυμπάμε;

Συχνά δεν συμφωνούμε μεταξύ μας για τη θερμοκρασία του νερού, δηλαδή για το πόσο ζεστό ή κρύο είναι. Λέξεις όπως καυτό, ζεστό, χλιαρό, δροσερό, κρύο, παγωμένο είναι ασαφείς προσδιορισμοί και συχνά παραπλανητικοί που δεν αποδίδουν με ακρίβεια τη θερμοκρασία ενός σώματος (Εικ.2.1).

Για να μετρήσουμε με ακρίβεια τη θερμοκρασία ανεξάρτητα αν αισθανόμαστε ένα σώμα ζεστό ή κρύο χρησιμοποιούμε τα *θερμόμετρα*. (Εικ.2.2).

Τα θερμόμετρα είναι τα κατάλληλα και αξιόπιστα όργανα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Η λειτουργία τους βασίζεται στη μεταβολή των ιδιοτήτων ορισμένων υλικών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους. Στο υδραργυρικό θερμόμετρο για παράδειγμα όταν η θερμοκρασία αυξάνεται το μήκος της στήλης του υδραργύρου μεγαλώνει. Τα θερμόμετρα υπάρχουν σε διάφορους τύπους αλλά και μεγέθη.

### Η κλίμακα Κελσίου.

Τα θερμόμετρα είναι βαθμονομημένα, έχουν δηλαδή *κλίμακα μέτρησης*. Η πιο συνηθισμένη κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας είναι η κλίμακα Κελσίου. Το μηδέν της κλίμακας Κελσίου αντιστοιχεί στη θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος και το 100, στη θερμοκρασία που βράζει το καθαρό νερό. Το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών αριθμών χωρίζεται σε 100 ίσα τμήματα. Κάθε τμήμα αντιστοιχεί σε μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Στην κλίμακα Κελσίου, θερμοκρασίες μικρότερες από 0° C αντιστοιχούν σε αρνητικές ενδείξεις. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιείται σήμερα τόσο στην καθημερινή ζωή όσο και στην επιστήμη και τη βιομηχανία.



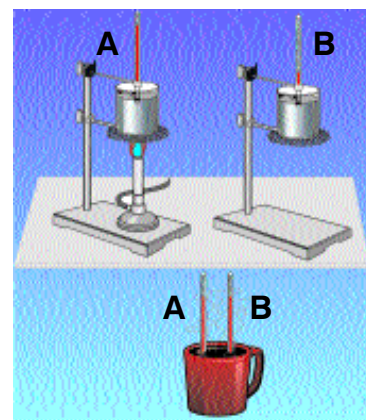
- Γεμίστε ένα ποτήρι με νερό.
- Χρησιμοποιώντας ένα θερμόμετρο προσδιορίστε τη θερμοκρασία του νερού.

**Τι πρέπει να προσέξετε ;**



Εικόνα 2.1

Βυθίζουμε το αριστερό χέρι σε ζεστό νερό και το δεξιό σε παγωμένο. Κατόπιν, με τα δυο χέρια κρατάμε ένα φλιτζάνι καυτό τσάι. Η αίσθηση σε κάθε χέρι είναι διαφορετική.



Εικόνα 2.2

Μέσα σε ζεστό και παγωμένο νερό βυθίζουμε από ένα θερμόμετρο. Κατόπιν, βυθίζουμε τα θερμόμετρα μέσα σε ένα φλιτζάνι χλιαρό τσάι. Μέσα στο τσάι η ένδειξη των θερμομέτρων είναι η ίδια.



Εικόνα 2.3

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

**Η απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών.**

Εκτός από την κλίμακα Κέλσιου υπάρχει επίσης και η απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών. Η δημιουργία της βασίζεται στο ότι τίποτε δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Για το λόγο αυτό οι επιστήμονες αντιστοίχησαν στους  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  το μηδέν μιας νέας κλίμακας θερμοκρασιών. Επειδή αυτή η κλίμακα δεν στηρίζεται σε κάποιο αυθαίρετο σημείο αναφοράς, αλλά στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία των φυσικών σωμάτων, ονομάζεται απόλυτη κλίμακα ή κλίμακα Κέλβιν. Το μηδέν αυτής της κλίμακας ονομάζεται απόλυτο μηδέν. Η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές.

Πολλοί 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 έναν βαθμό Κελσίου.

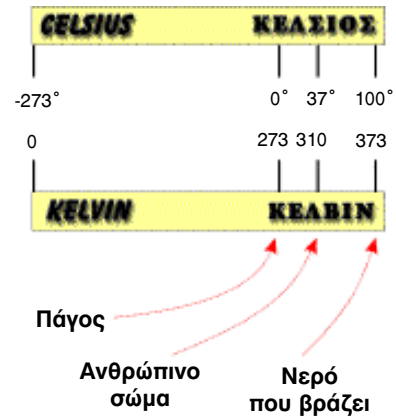
Για να μετατρέψουμε του βαθμούς Κελσίου βαθμούς Κέλβιν χρησιμοποιούμε την αριθμητική σχέση :

$$\begin{aligned} \text{θερμοκρασία σε βαθμούς κέλβιν} &= \\ \text{θερμοκρασία σε βαθμούς κελσίου} &+ 273 \\ \text{(Εικ. 2.4)} \end{aligned}$$

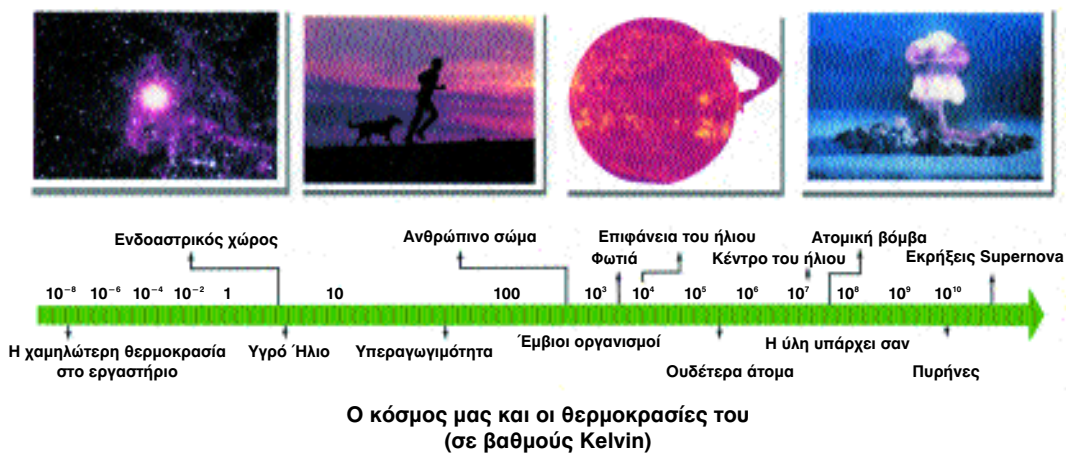
Έτσι η θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος είναι 273 K και η θερμοκρασία που βράζει το νερό 373 K.

Στο Σύμπαν το εύρος των θερμοκρασιών είναι τεράστιο (Εικ 2.5). 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.

Στη Γη η μικρότερη θερμοκρασία αέρα που έχει παρατηρηθεί είναι 184 K ( $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) και η μεγαλύτερη 332 K ( $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



Εικόνα 2.4  
Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Κέλβιν.

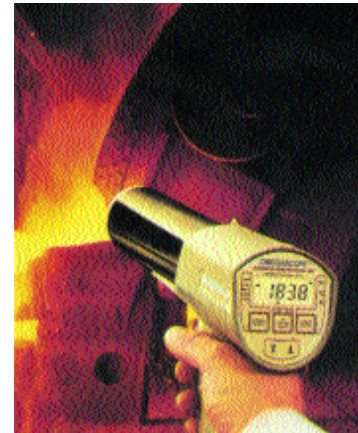


Εικόνα 2.5



### Η θερμοκρασία των άστρων

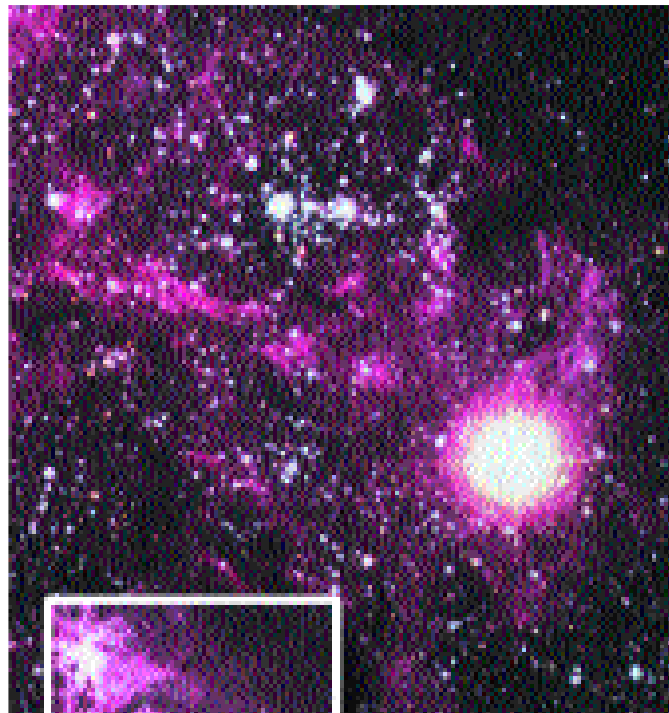
Ποια είναι η θερμοκρασία των άστρων; Πώς βρήκαμε ότι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του Ήλιου είναι 6000 K; Γνωρίζουμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του μεταλλικού νήματος ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, το χρώμα του νήματος αλλάζει από κόκκινο σε κίτρινο και τέλος σε λευκό. Έτσι παρατηρώντας με ειδικά όργανα (πυρόμετρα - θερμόμετρα ακτινοβολίας) το χρώμα ενός διάπυρου σώματος είναι δυνατό να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία του. Με παρόμοιο τρόπο μελετώντας την ακτινοβολία του Ήλιου και των άστρων βρίσκουμε τη θερμοκρασία της επιφάνειάς τους.



### 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 την συνηθισμένη. Από τότε η θερμοκρασία του ελαττώνεται συνεχώς και η κατάσταση του αλλάζει.

Σήμερα μπορούμε να ανιχνεύσουμε με κατάλληλες συσκευές υπολείμματα της μεγάλης έκρηξης, που δείχνουν ότι η θερμοκρασία του Σύμπαντος είναι πλέον  $-270^{\circ}\text{C}$  (3 K) περίπου. Στο εργαστήριο προσπαθούμε να δημιουργήσουμε τις συνθήκες που επικρατούσαν τις πρώτες στιγμές της Μεγάλης Έκρηξης. Γι' αυτό το σκοπό μελετάμε το αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ σωματιδίων στα οποία έχουμε προσδώσει πολύ μεγάλη ταχύτητα. Επειδή η σύγκρουση είναι πολύ σφοδρή πιστεύουμε ότι δημιουργείται ύλη πολύ πιο πυκνή από την συνηθισμένη και ότι η θερμοκρασία της αγγίζει την αρχική θερμοκρασία του Σύμπαντος.

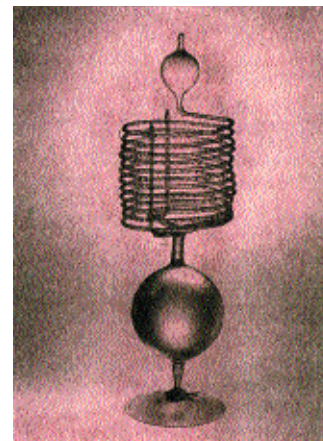




## Η ιστορία του θερμόμετρου

Η ιστορία του θερμόμετρου είναι η ιστορία της αναζήτησης ενός αντικειμενικού και ακριβούς τρόπου μέτρησης της θερμοκρασίας. Το πρώτο θερμόμετρο κατασκευάστηκε από τον Γαλιλαίο. Ο Γαλιλαίος είναι ο θεμελιωτής του επιστημονικού τρόπου σκέψης. Πρώτος αυτός αναζήτησε ένα αντικειμενικό τρόπο μέτρησης της θερμοκρασίας. Ωστόσο επειδή το θερμόμετρο του Γαλιλαίου χρησιμοποιούσε αέρα επηρεαζόταν από τις μεταβολές του καιρού. Γι' αυτό το λόγο ο Γάλλος Φυσιολόγος Jean Rey χρησιμοποίησε νερό. Στη Φλωρεντία μαθητές του Γαλιλαίου χρησιμοποίησαν κρασί. Για πρώτη φορά το 1659 ο Γάλλος Ismael Boulliau χρησιμοποίησε υδράργυρο.

Εκτός από την επιλογή του είδους του θερμόμετρου απαραίτητη είναι επίσης η βαθμολόγηση του. Αρχικά για τη βαθμολόγηση του θερμόμετρου επιλέχθηκε μια κρύα ημέρα του χειμώνα και μία ζεστή ημέρα του καλοκαιριού. Αυτή η επιλογή ωστόσο ήταν αόριστη. Για μεγαλύτερη ακρίβεια επιλέχθηκε η θερμοκρασία του χιονιού ή του πάγου μια πολύ κρύα ημέρα και η θερμοκρασία του σώματος μιας αγελάδας ή ενός ελαφιού. Το 1665 ο Ολλανδός φυσικός Christian Huygens επέλεξε τη θερμοκρασία του νερού που βράζει και του πάγου που λιώνει. Το 1742 ο Σουηδός Κέλσιος στην πρώτη θερμοκρασία αντιστοίχισε το 0 και στη δεύτερη το 100, αντίθετα από ό,τι ισχύει σήμερα. Το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών αριθμών το χώρισε σε 100 ίσα μέρη και έτσι δημιουργήθηκε η κλίμακα μέτρησης θερμοκρασίας που ονομάστηκε εκατονταβάθμια κλίμακα ή κλίμακα Κελσίου. Ο Stromer συνεργάτης του Κελσίου, αντέστρεψε την κλίμακα. Με αυτό τον τρόπο τη χρησιμοποιούμε σήμερα.



Το σπειροειδές αυτό θερμόμετρο κατασκευάστηκε το 1657 από Φλωρεντίνο υαλοουργό και ήταν τόσο ευαίσθητο που μια θερμή ανάσα στην κάτω γυάλινη σφαίρα έκανε το οινόπνευμα να ανεβαίνει στις σπειρές.

## Θερμόμετρο υδραργύρου και οινόπνεύματος

Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται ο υδράργυρος διαστέλλεται και ανέρχεται στον τριχοειδή σωλήνα. Τα θερμόμετρα υδραργύρου δεν μπορούν να μετρήσουν θερμοκρασίες μικρότερες από  $-39^{\circ}\text{C}$  επειδή στη θερμοκρασία αυτή ο υδράργυρος γίνεται στερεός. Ούτε όμως και θερμοκρασίες μεγαλύτερες από  $357^{\circ}\text{C}$ , γιατί στη θερμοκρασία αυτή ο υδράργυρος βράζει.

Τα ιατρικά θερμόμετρα έχουν σχεδιαστεί για να μετρούν τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος. Είναι θερμόμετρα υδραργύρου και έχουν κλίμακα από  $35^{\circ}\text{C}$  έως  $42^{\circ}\text{C}$  με υποδιαιρέσεις ανά  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασία του υγιούς ανθρώπου είναι περίπου  $37^{\circ}\text{C}$ , σχεδόν η ίδια σε όλο το σώμα του.



Εκτός από τα υδραργυρικά θερμόμετρα υπάρχουν γυάλινα θερμόμετρα τα οποία περιέχουν ως θερμομετρικό υγρό οινόπνευμα ή και πετρέλαιο. Τα θερμόμετρα οινόπνεύματος είναι φθηνότερα, ευανάνγνωστα και μετρούν θερμοκρασίες μέχρι  $-114^{\circ}\text{C}$ . Θερμόμετρα οινόπνεύματος είναι αυτά που συνήθως κρεμάμε στον τοίχο του σπιτιού μας, για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα.

## Ηλεκτρικό θερμόμετρο

Πώς μετράμε τη θερμοκρασία σε έναν κλίβανο; Τα θερμόμετρα υδραργύρου και οινόπνεύματος δε μετρούν πολύ υψηλές και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Για τη μέτρηση τέτοιων θερμοκρασιών χρησιμοποιούμε ηλεκτρικά θερμόμετρα, που η λειτουργία τους στηρίζεται στις ηλεκτρικές ιδιότητες ορισμένων υλικών. Τα συγκεκριμένα θερμόμετρα έχουν συνήθως ψηφιακές ενδείξεις και η κλίμακά τους μπορεί να βρίσκεται μακριά από το θερμομετρούμενο σώμα. Είναι δυνατό να συνδέονται με υπολογιστή, ο οποίος αυτόματα καταγράφει τη θερμοκρασία. Τέλος μετρούν θερμοκρασίες από  $-260^{\circ}\text{C}$  έως  $1600^{\circ}\text{C}$ .



## Θερμοχρωμικοί δείκτες

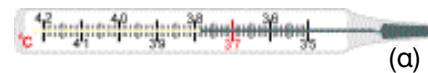
Ορισμένα υλικά έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν χρώμα σε μία στενή ζώνη θερμοκρασιών. Τέτοια υλικά είναι ορισμένοι υγροί κρύσταλλοι. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θερμομέτρων. Με τα θερμόμετρα των υγρών κρυστάλλων μπορούμε να διαπιστώσουμε μεταβολές της θερμοκρασίας μέχρι και  $0,1^{\circ}\text{C}$ .



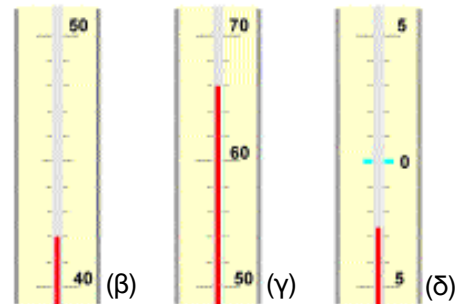
## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:  
Θερμοκρασία, βαθμονόμηση, κλίμακα Κελσίου, απόλυτο μηδέν
2. Η λειτουργία του θερμόμετρου στηρίζεται στη μεταβολή των ιδιοτήτων ορισμένων υλικών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους. Ποια ιδιότητα μεταβάλλεται στο υδραργυρικό θερμόμετρο, στο ηλεκτρικό θερμόμετρο και στο θερμόμετρο υγρού κρυστάλλου;
3. Τι είδους θερμόμετρο θα χρησιμοποιήσετε για να μετρήσετε:
  - α. τη θερμοκρασία του εσωτερικού του ψυγείου
  - β. τη θερμοκρασία του σώματος σας
  - γ. Τη θερμοκρασία της φλόγας ενός σπύρτου
  - δ. τη θερμοκρασία του υγρού αζώτου.
 Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
4. Μια Αυγουσιάτικη ημέρα, στις 12 το μεσημέρι, η θερμοκρασία στην Αθήνα ήταν 306 K, στη Λάρισα 37°C και στην Ερμούπολη της Σύρου 301 K. Σε ποια πόλη η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη και σε ποια χαμηλότερη;
5. Γιατί αγγίζοντας το μέτωπό σας δεν μπορείτε να διαπιστώσετε ότι έχετε πυρετό, δηλαδή ότι η θερμοκρασία του σώματος σας είναι υψηλότερη από την κανονική;
6. Γιατί στην κλίμακα Κέλβιν δεν υπάρχουν αρνητικές τιμές θερμοκρασιών;

7. Ποια είναι η ένδειξη των θερμομέτρων της εικόνας;



(α)



8. Ποια είναι η μικρότερη τιμή της κλίμακας Κελσίου και ποια της κλίμακας Κέλβιν;
9. Από το δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών καταγράφηκαν κατά την 18η Δεκεμβρίου και την 7η Αυγούστου 1995, οι παρακάτω θερμοκρασίες (σε °C):

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

Να υπολογίσετε τη διαφορά μεταξύ της θερινής και της χειμερινής θερμοκρασίας για κάθε πόλη.

## 2.2 Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας

Όταν πάνω σε φλόγα τοποθετήσουμε ένα δοχείο με νερό η θερμοκρασία του αυξάνεται (Εικ. 2.6). Επίσης αν πάνω από τη φλόγα βάλουμε ένα δοχείο που περιέχει αέρα και η μια άκρη του οποίου κλείνεται με έμβολο, τότε το έμβολο κινείται προς τα έξω (Εικ. 2.6). (Θα μπορούσαμε να περιγράψουμε αυτές τις δύο μεταβολές με ενιαίο τρόπο;) Στη φυσική μας ενδιαφέρει να περιγράψουμε τα φυσικά φαινόμενα με όσο το δυνατό λιγότερες έννοιες. Η πιο κατάλληλη έννοια που εξυπηρετεί το σκοπό μας είναι η **ενέργεια**.

### Τι είναι η ενέργεια;

Στην καθημερινή ζωή με τη λέξη ενέργεια εννοούμε μία πράξη ή μία δραστηριότητα. Για παράδειγμα ενεργητικός είναι ο άνθρωπος που καταγίνεται με ποικίλες δραστηριότητες. Στη φύση οι μεταβολές δεν είναι αποτέλεσμα πάντα ανθρώπινης δραστηριότητας: ένα σώμα κρυσταλλώνει, θερμαίνεται ή κινείται και αυτό δεν οφείλεται κατ' ανάγκη σε ανθρώπινη παρέμβαση.

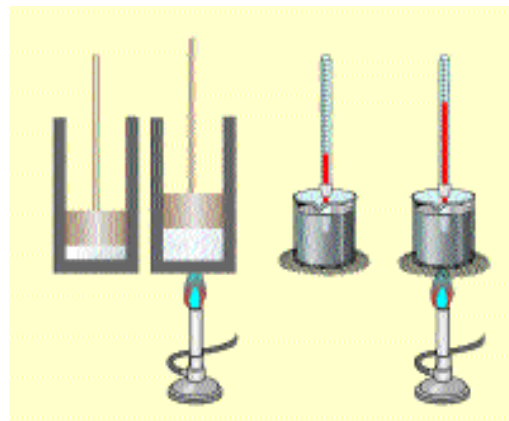
Στη φυσική η λέξη ενέργεια έχει εντελώς διαφορετικό νόημα από το συνηθισμένο. Ας δούμε κάποιες απλές μεταβολές και το πώς τις περιγράφουν οι φυσικοί με την έννοια της ενέργειας.

Μία μπάλα πέφτει πάνω σε μία σειρά από ακίνητες ξύλινες κορύνες (Εικ. 2.7). Η ταχύτητά της μειώνεται, ενώ ταυτόχρονα οι κορύνες εκσφενδονίζονται. Σε αυτή τη μεταβολή λέμε ότι αρχικά η κινούμενη μπάλα έχει κινητική ενέργεια, ενώ οι ακίνητες κορύνες δεν έχουν. Κατά τη σύγκρουσή τους κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τη μπάλα στις κορύνες.

Όταν κρατάμε τη χορδή του τόξου τεντωμένη ασκούμε σ' αυτή δύναμη. Τότε λέμε ότι η χορδή έχει δυναμική ενέργεια. Η παραμορφωμένη χορδή δεν έχει κινητική ενέργεια, ωστόσο ασκεί στο βέλος δύναμη. Το βέλος (Εικ. 2.8) είναι ακίνητο, δεν έχει κινητική ενέργεια. Όταν αφήσουμε την χορδή και το βέλος, η χορδή παύει να είναι παραμορφωμένη και το βέλος εκτινάσσεται. Η χορδή δεν έχει πλέον δυναμική ενέργεια ενώ το βέλος αποκτά κινητική ενέργεια. Σε αυτή τη μεταβολή λέμε ότι η δυναμική ενέργεια της χορδής μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του βέλους.

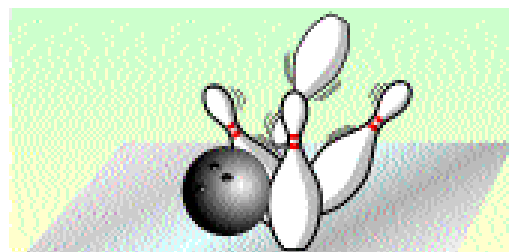
Στις προηγούμενες μεταβολές μεταφέρεται κινητική ενέργεια από την κινούμενη μπάλα στις ακίνητες κορύνες και η δυναμική ενέργεια της χορδής μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του βέλους.

Γενικά, σε κάθε μεταβολή, λέμε ότι, **ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο ή μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε άλλη**.



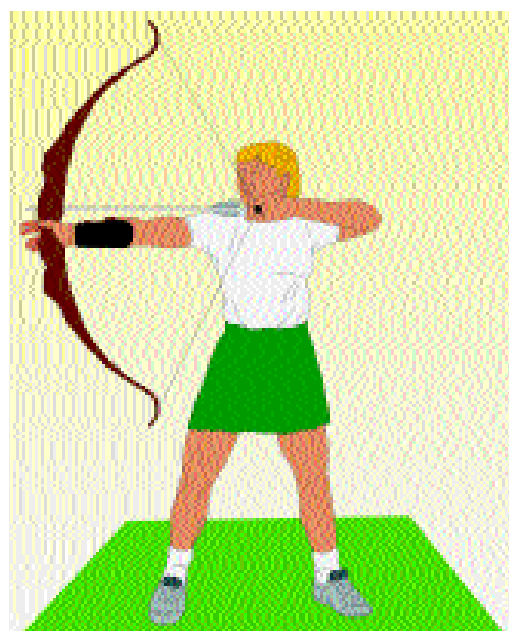
Εικόνα 2.6

Καθώς θερμαίνουμε το έμβολο κινείται και η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται.



Εικόνα 2.7

Κατά τη σύγκρουση μεταφέρεται κινητική ενέργεια από τη μπάλα στις κορύνες.



Εικόνα 2.8

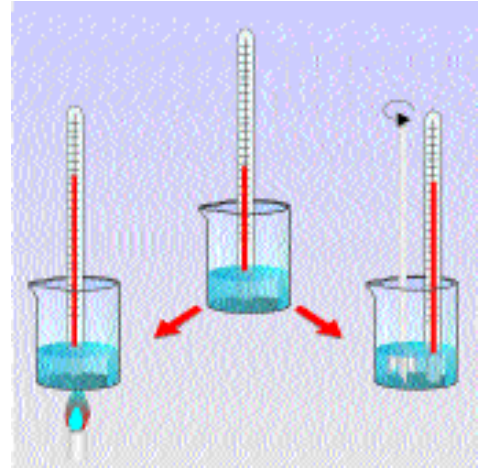
Η παραμορφωμένη χορδή του τόξου έχει δυναμική ενέργεια.



**Τι είναι η θερμότητα;**

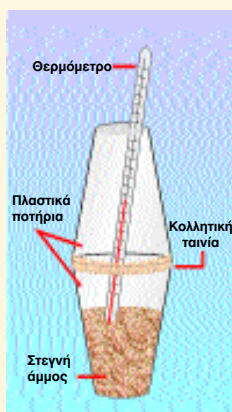
Με την έννοια της μεταφοράς ενέργειας μπορούμε, επίσης, να περιγράψουμε κάθε μεταβολή που συμβαίνει όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Κατά τη θέρμανση του νερού επάνω στη φλόγα λέμε ότι ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στο νερό, κατά τη θέρμανση της αντλίας, ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στην αντλία. Γενικά, όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας βρίσκονται σε επαφή, ενέργεια μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας στο άλλο. Αυτή τη μεταφερόμενη ενέργεια την ονομάζουμε *θερμότητα*.

Με μεταφορά θερμότητας περιγράφουμε τη θέρμανση, τη θερμική διαστολή, την τήξη, το βρασμό κ.τ.λ. Υπάρχουν ωστόσο, θερμικές μεταβολές οι οποίες δεν περιγράφονται με μεταφορά θερμότητας. Για παράδειγμα, όταν ο αναδευτήρας ενός μίξερ περιστρέφεται μέσα σε νερό, η θερμοκρασία του νερού και του αναδευτήρα αυξάνεται (Εικ. 2.9). Σε αυτή την περίπτωση επειδή δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αναδευτήρα και του νερού, δε μεταφέρεται θερμότητα από το ένα στο άλλο. Η θερμοκρασία τους αυξάνεται λόγω της κίνησης του αναδευτήρα.



Εικόνα 2.9

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



- Γεμίστε κατά το 2/3 περίπου ένα πλαστικό κύπελλο με στεγνή άμμο.
- Μετρήστε και σημειώστε τη θερμοκρασία της.
- Παρτε ένα άλλο ίδιο κύπελλο, ανοίξτε στη βάση του μία τρύπα, ώστε να περνά το θερμόμετρο και τοποθετήστε το πάνω από το πρώτο.
- Ενώστε σφιχτά τα δύο κύπελλα με κολλητική ταινία (σελοτέιπ).
- Φράξτε και την τρύπα με ένα κομματάκι κολλητική ταινία.
- Κινήστε ζωηρά τη συσκευή για πέντε λεπτά.
- Βγάλτε το θερμόμετρο από την τρύπα και μετρήστε πάλι τη θερμοκρασία της άμμου.
- Τι παρατηρείτε;
- Γιατί μεταβλήθηκε η θερμοκρασία;
- Πως αλλιώς μπορείτε να πετύχετε την ίδια θερμική μεταβολή;

### Μονάδα μέτρησης της ενέργειας

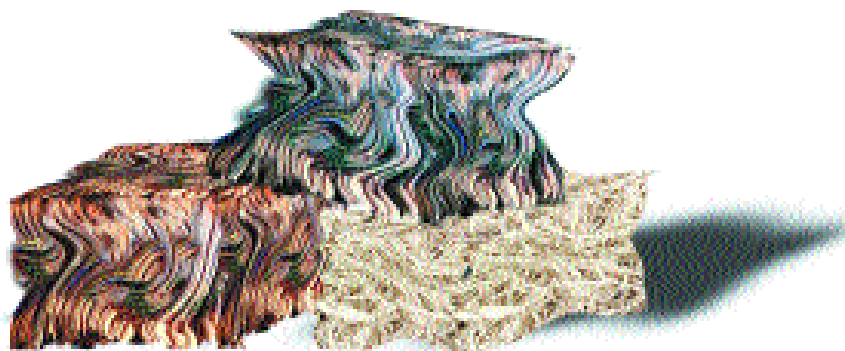
Όταν η ταχύτητα μιας μπάλας ελαττώνεται, η κινητική της ενέργεια επίσης ελαττώνεται. Καθώς η χορδή επανέρχεται στο αρχικό της σχήμα, η δυναμική της ενέργειά ελαττώνεται.

Η ενέργεια, είναι φυσικό μέγεθος το οποίο μπορούμε να μετρήσουμε.

Η μονάδα μέτρησης της ενέργειας στο S.I. είναι το τζάουλ που συμβολίζεται με J. Κινητική ενέργεια 1 J έχει ένα μήλο μάζας 100 gr λίγο πριν φτάσει στο έδαφος όταν το αφήσουμε από ύψος 10 m. Από ένα σπύρτο που καίγεται ολοσχερώς μεταφέρεται στο περιβάλλον θερμότητα (ενέργεια) ίση περίπου με 2 KJ.

### Διατήρηση της ενέργειας

Όταν μια μπάλα πέσει σε ακίνητες κορύνες, η κινητική ενέργεια που εμφανίζεται στις κορύνες δε δημιουργείται από το μηδέν. Μεταφέρεται σε αυτές από τη μπάλα. Επίσης η κινητική ενέργεια που χάνει η μπάλα δεν εξαφανίζεται, είναι ίση με την κινητική ενέργεια που αποκτούν οι κορύνες. Αυτό συμβαίνει σε κάθε περίπτωση που η ενέργεια ενός σώματος αυξάνεται ή ελαττώνεται: η ενέργεια απλώς μεταφέρεται ή μεταμορφώνεται. Δηλαδή, η ενέργεια διατηρείται. Ο νόμος διατήρησης της ενέργειας έχει απόλυτη και καθολική ισχύ.

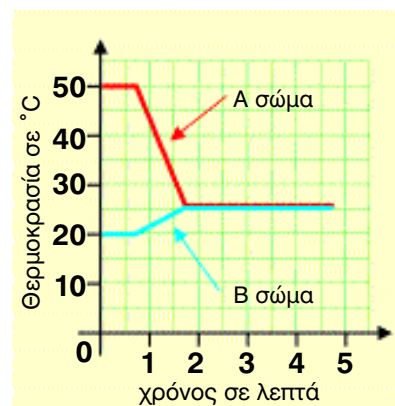


### Θερμότητα από άχρηστα υλικά

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

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε φράσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:  
*Κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, θερμότητα*
2. Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα είναι δυνατόν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας:
  - α. ένα πιάτο ζεστή σούπα κρύνει πάνω στο τραπέζι
  - β. παγάκια λιώνουν μέσα σε ένα ποτήρι πορτοκαλάδα
  - γ. ζεσταίνουμε τα χέρια μας τρίβοντας τα μεταξύ τους
  - δ. αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο νερό.
  - ε. σβήνουμε με γομολάστιχα και η γομολάστιχα ζεσταίνεται.
 Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
3. Να περιγράψετε με την έννοια της μεταφοράς θερμότητας τι συμβαίνει όταν:
  - α. λιώνει ένα παγωτό.
  - β. σε ένα σύννεφο οι υδρατμοί ψύχονται και υγροποιούνται.
4. Να περιγράψετε την κίνηση του σώματος της εικόνας χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας.
5. Όταν ένα μίξερ αναμειγνύει τα υλικά για την παρασκευή π.χ. ενός κέικ, η θερμοκρασία του μίγματος αυξάνεται. Μεταφέρεται θερμότητα στο μίγμα κατά τη διάρκεια της ανάμιξης;
6. Ποια ή ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή; Σε κάθε μεταβολή η ενέργεια :
  - α. δημιουργείται.
  - β. καταστρέφεται.
  - γ. μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη.
  - δ. μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο.
7. Να συμπληρώσετε τις επόμενες προτάσεις:  
Α. Η θερμότητα είναι μορφή .....  
Μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο λόγω .....
8. Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας δύο σωμάτων, τα οποία φέραμε σε επαφή, κατασκευάσαμε το παρακάτω διάγραμμα, που δείχνει την εξέλιξη της θερμοκρασίας κάθε σώματος.



Τι συμπέρασμα βγάζετε για τη θερμική κατάσταση των σωμάτων;  
Σε ποιο χρονικό διάστημα έχουμε μεταφορά θερμότητας; Από ποιο σώμα μεταφέρεται θερμότητα σε ποιο;



### 2.3 Πώς μετράμε τη θερμότητα;

Από τι εξαρτάται άραγε η θερμότητα που απαιτείται για τη θέρμανση ενός σώματος;

Από την πείρα μας ξέρουμε ότι χρειάζεται μεγαλύτερο χρόνο θέρμανσης για να βράσει το νερό μιας κατσαρόλας απ' ότι το νερό σε ένα μπρίκι μα την ίδια φλόγα. Επίσης όταν έχουμε ίσες ποσότητες κρύου και χλιαρού νερού, το κρύο νερό χρειάζεται περισσότερη θερμότητα για να βράσει. Και όταν θερμαίνουμε στην ίδια φλόγα ίσες ποσότητες νερού και γάλατος, το γάλα βράζει γρηγορότερα.

Τι σημαίνουν όμως όλες αυτές οι παρατηρήσεις;

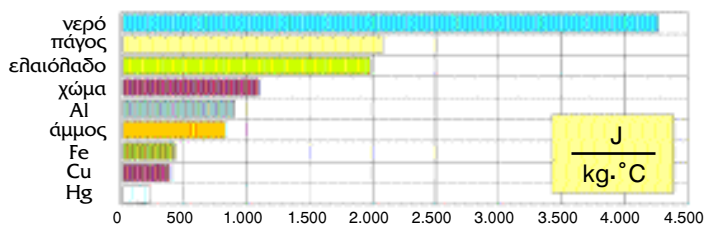
Αν ζυγίσουμε ποικίλες ποσότητες νερού και λαδιού τις θερμαίνουμε για συγκεκριμένους χρόνους και μετρήσουμε τις αντίστοιχες μεταβολές της θερμοκρασίας τους, (Εικ. 2.10, 11, 12) συμπεραίνουμε ότι η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα σώμα:

(α) Είναι ανάλογη με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Έτσι για διπλάσια αύξηση της θερμοκρασίας μεταφέρεται διπλάσια θερμότητα κ.ο.κ. Παρόμοια είναι η διαδικασία και κατά την ελάττωση της θερμοκρασίας του σώματος.

(β) Είναι ανάλογη της μάζας του σώματος. Για αυτό, για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας σε νερό διπλάσιας μάζας μεταφέρεται διπλάσια θερμότητα, για τριπλάσια μάζα τριπλάσια θερμότητα κ.ο.κ.

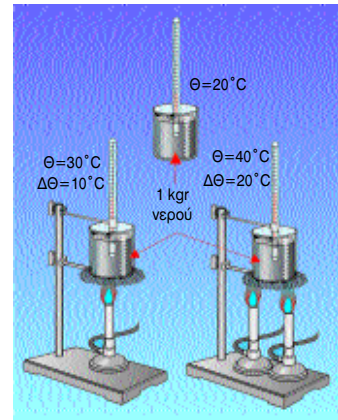
(γ) Εξαρτάται από το είδος του υλικού. Για παράδειγμα σε ίσες μάζες λαδιού και νερού για μεταβολή της θερμοκρασίας τους κατά 1°C, στο λάδι χρειάζεται να μεταφερθεί η μισή ποσότητα της θερμότητας απ' όση χρειάζεται να μεταφερθεί στο νερό.

Για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg νερού κατά 1°C χρειάζεται θερμότητα 4200 J. Λέμε, , ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι 4200 J/kg°C. Γενικά, η ειδική θερμότητα είναι η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1°C (Εικόνα 2.13).



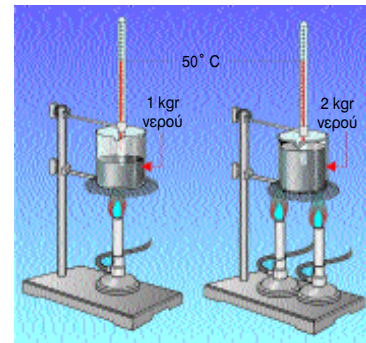
Εικόνα 2.13

Θερμότητα που πρέπει να μεταφερθεί για να μεταβληθεί κατά 1°C η θερμοκρασία μάζας 1 Kg ορισμένων υλικών. Η θερμότητα αυτή ονομάζεται ειδική θερμότητα και χαρακτηρίζει το κάθε υλικό. Μετριέται σε  $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$ .



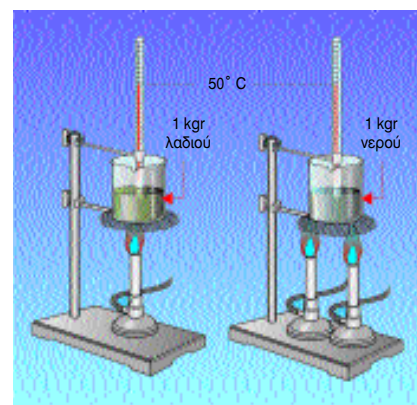
Εικόνα 2.10

Όταν χρησιμοποιούμε δύο λύχνους στο νερό μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας. Σε αυτή την περίπτωση η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι διπλάσια.



Εικόνα 2.11

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας στη διπλάσια μάζα νερού χρησιμοποιούμε δύο λύχνους. Στη διπλάσια μάζα νερού, μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας.



Εικόνα 2.12

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε ίσες ποσότητες νερό και λάδι, στο νερό χρησιμοποιούμε δύο λύχνους και στο λάδι ένα. Στο νερό, μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας.

Όστε για να υπολογίσουμε τη θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα σώμα (ή μεταφέρεται από το σώμα) αρκεί να πολλαπλασιάσουμε μεταξύ τους:

- τη μάζα του σώματος
- τη μεταβολή της θερμοκρασίας του και
- την ειδική θερμότητα του σώματος

Συνοπτικά, μπορούμε να γράψουμε

θερμότητα = (μάζα) x (μεταβολή θερμοκρασίας) x (ειδική θερμότητα)

Συμβολικά :

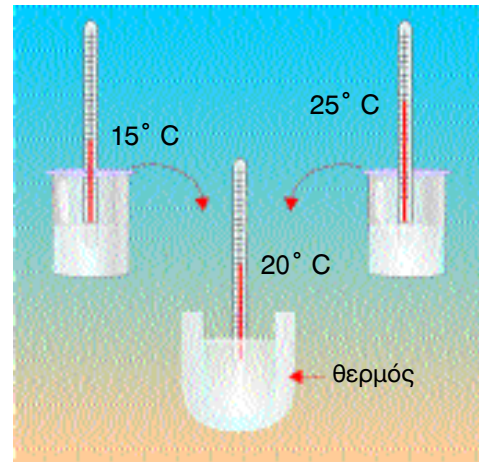
$$Q = m \cdot \Delta\theta \cdot c$$

Για παράδειγμα όταν η θερμοκρασία 2 kg νερού αυξάνεται από τους 20°C στους 25°C, η θερμότητα που μεταφέρεται στο νερό είναι:

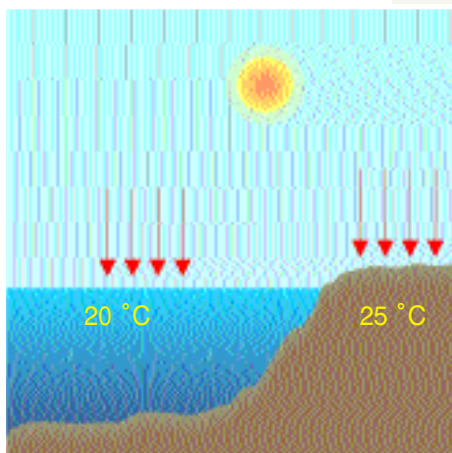
$$\begin{aligned} Q &= 2 \text{ kg} \times (25-20) \text{ }^\circ\text{C} \times 4200 \text{ J/kg }^\circ\text{C} \\ &= 2 \text{ kg} \times 5 \text{ }^\circ\text{C} \times 4200 \text{ J/kg} = \\ &= 42000 \text{ J} = 42 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Παρόμοια αν η ίδια ποσότητα νερού ψυχθεί από τη θερμοκρασία των 20°C στη θερμοκρασία των 15°C θα μεταφερθεί στο περιβάλλον θερμότητα 42 kJ.

## Κατάδυση στη φυσική



Όταν αναμειξουμε ίσες μάζες νερού διαφορετικής θερμοκρασίας προκύπτει τελική θερμοκρασία ίση με το μέσο όρο των θερμοκρασιών τους. Στο παράδειγμα της εικόνας, το κρύο νερό κατά την ανάμειξη θερμάνθηκε κατά 5° C και συγχρόνως το ζεστό νερό ψύχθηκε κατά 5° C. Το μίγμα έχει τελική θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε ίσες μεταβολές θερμοκρασίας. Στη θερμική αυτή μεταβολή όση ενέργεια απέβαλε το θερμό νερό τόση ακριβώς μεταφέρθηκε στο ψυχρό νερό. Άρα η ενέργεια διατηρείται.

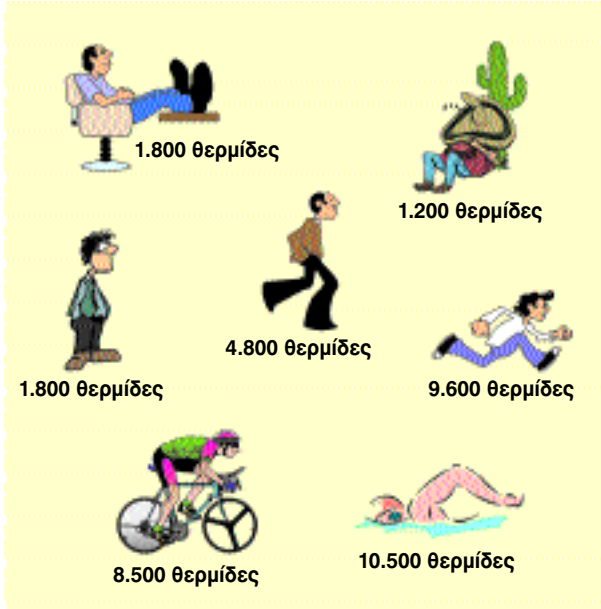


Το νερό έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από τα συνηθισμένα υλικά. Δηλαδή αν μεταφερθεί το ίδιο ποσό θερμότητας στην ίδια μάζα νερού και ενός άλλου υλικού, η θερμοκρασία του νερού θα μεταβληθεί λιγότερο απ' ό,τι η θερμοκρασία του άλλου υλικού.

Γι' αυτό χρησιμοποιείται στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και στα συστήματα ψύξης του κινητήρα των αυτοκινήτων για την μεταφορά θερμότητας.

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 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.



Ο άνθρωπος ξοδεύει ενέργεια για να διατηρεί τη θερμοκρασία του σώματός του σταθερή στους 37° C αλλά και για τις λειτουργίες του οργανισμού: αναπνοή κυκλοφορία κτλ. Επίσης όταν περπατά, τρέχει, εργάζεται χειρωνακτικά, διαβάσει, και γενικά σε κάθε δραστηριότητα του, η ενέργεια του ελαττώνεται. Πού τη βρίσκει αυτήν την ενέργεια; Σε παλαιότερες εποχές το λάδι και το λίπος χρησιμοποιούνταν και ως καύσιμο. Οι τροφές δίνουν στον οργανισμό την απαιτούμενη ενέργεια. Ο οργανισμός μας διασπά τις τροφές και χρησιμοποιεί την ενέργειά τους. Στη συσκευασία των τροφίμων αναγράφεται συνήθως αυτή η ποσότητα ενέργειας. Λόγου χάρι αναφέρεται - ζάχαρη 383 kcal, δηλαδή αν "καούν" 100g ζάχαρη παράγονται 383 kcal (χιλιοθερμίδες ή διαιτητικές θερμίδες).

Η ενέργεια που ξοδεύεται τη διάρκεια ενός λεπτού δραστηριότητας. Για κάθε 100 joules ενέργειας στους μύες, τα 3/4 μετατρέπονται σε θερμότητα στο σώμα μας και το υπόλοιπο 1/4 ξοδεύεται με τη μορφή κινητικής ενέργειας.

Τα παιδιά αν και τρώνε λιγότερο από τους ενήλικους, χρειάζονται περισσότερη ενέργεια ανά χιλιόγραμμο σώματος. Έτσι, ένα παιδί 12 χρονών χρειάζεται περίπου 70 χιλιοθερμίδες ανά χιλιόγραμμο, ενώ ένας άντρας 25 χρονών περίπου 46 kcal/kg και μία γυναίκα 40 kcal/kg . Στην ηλικία των 65 χρόνων αυτές οι τιμές μειώνονται κατά το 1/3 περίπου. Άρα για τη διατροφή των παιδιών απαιτούνται τροφές με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο και θρεπτικά συστατικά.

Όταν προσλαμβάνουμε περισσότερη τροφή απ' όση διασπά ο οργανισμός μας, προκαλείται παχυσαρκία.

Στη συσκευασία των τροφίμων αναφέρεται το ενεργειακό τους περιεχόμενο σε μονάδες joule και cal ή σωστότερα σε kJ και σε kcal. Μία θερμίδα, 1 cal είναι η θερμότητα που μεταφέρεται σε 1 g νερό για να αυξηθεί η θερμοκρασία κατά 1° C.

FRESH MILK, SKIMMED  
ΦΡΕΣΚΟ ΓΑΛΑ ΑΠΑΧΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ		
	100 ml παστεριωμένο:	Δια ποσότητα (500 ml) περιέχουν από την Συνιστώμενη Ημερήσια Ποσότητα (%):
• ΕΝΕΡΓΕΙΑ	33 Kcal	
• ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	3.3 g	
• ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ	4.75 g	
• ΛΙΠΑΡΑ	0	
• ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ & ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ		
Ασβέστιο	124 mg	77.5%
Φωσφόρος	98 mg	61.25%
Βιταμίνη C	1865 µg	15.54%
Βιταμίνη B1	43.5 µg	15.54%
Βιταμίνη B2	178 µg	55.6%
Βιταμίνη B6	49.7 µg	12.43%
Βιταμίνη B12	0.46 µg	57.7%

0.5 LT. KEEP REFRIGERATED

## Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Πόσα joule πρέπει να μεταφέρουμε σε 2 g νερού για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά  $2^{\circ}\text{C}$ ;
2. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες της Εικ.2.13 να εξηγήσεις γιατί:
  - (α) Ένα χιλιόγραμμο χαλκού θερμαίνεται πιο εύκολα από ίση ποσότητα σιδήρου.
  - (β) Ένα λίτρο νερού θερμαίνεται πιο δύσκολα από ίσο όγκο λαδιού.
  - (γ) Μια μεταλλική καρέκλα εκτεθειμένη στον ήλιο της παραλίας θερμαίνεται περισσότερο από ένα φουσκωμένο στρώμα θάλασσης.
  - (δ) Το μήνα Αύγουστο, η άμμος της παραλίας το πρωί είναι δροσερή και η θάλασσα ζεστή, ενώ το μεσημέρι αντίστροφα.
3. Για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 kg νερού κατά  $1^{\circ}\text{C}$  χρειάζονται 4200 j . Πόση θερμότητα χρειάζεται για να μεταβληθεί κατά  $1^{\circ}\text{C}$  η θερμοκρασία ίσης ποσότητας λαδιού;
4. Πόση θερμότητα χρειάζεται:  
Για να αυξηθεί η θερμοκρασία 2 kg σιδήρου κατά  $30^{\circ}\text{C}$ .
5. Εξηγήστε γιατί:  
Η θάλασσα ή το έδαφος κρύνει περισσότερο κατά τη διάρκεια της νύχτας;
6. Στη συσκευασία ενός κουτιού χυμού αναγράφεται : "Ενέργεια ανά 100 mL 58,7 Kcal ή 246,0 KJ", υπολόγισε:
  - (α) Πόσα cal είναι 4200 J
  - (β) Πόσα Kcal είναι 2,1 MJ
  - (γ) Πόσα joules είναι 23,8 cal
7. Στο σώμα του καλοριφέρ υπάρχουν  $0,01\text{m}^3$  νερό. Πόση θερμότητα απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού του σώματος από τους  $15^{\circ}\text{C}$  στους  $65^{\circ}\text{C}$ ; Πόση θερμότητα μεταφέρεται στο δωμάτιο όταν η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται από  $65^{\circ}\text{C}$  στους  $15^{\circ}\text{C}$ ;

## 2.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

Με την έννοια της μεταφοράς θερμότητας μπορούμε να περιγράψουμε κάθε μεταβολή που συμβαίνει όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή. Στη φυσική, ωστόσο, δε μας ενδιαφέρει απλώς να περιγράψουμε τα φαινόμενα· περισσότερο μας ενδιαφέρει να τα ερμηνεύουμε. Για να ερμηνεύσουμε τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά θερμότητας αλλά και κάθε θερμικό φαινόμενο, πρέπει να μελετήσουμε τη δομή της ύλης.

### Μόρια

Γνωρίζουμε ότι όταν ανοίγουμε τη στρόφιγγα μιας φιάλης υγραερίου, αέριο 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 (Εικ 2.13). Αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια τα ονομάζουμε *μόρια*.

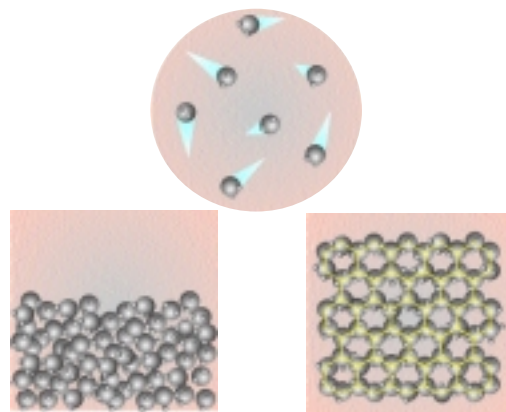
Με τη βοήθεια των μορίων μπορούμε επίσης να ερμηνεύσουμε τη συμπεριφορά των υγρών και των στερεών. Τα υγρά ρέουν και παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο τα μεταγγίζουμε. Φανταζόμαστε ότι στα υγρά τα μόρια επίσης κινούνται άτακτα "γλιστρώντας" ωστόσο το ένα επάνω στο άλλο (Εικόνα 2.13). Αντιθέτως τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα. Τα μόριά τους κινούνται ελάχιστα γύρω από καθορισμένες θέσεις (Εικόνα 2.13).

### Μόρια και θερμοκρασία

Η συνεχής, άτακτη κίνηση των μορίων συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία του σώματος. Πράγματι, αν θερμάσουμε ένα δοχείο που κλείνει αεροστεγώς με έμβολο, παρατηρούμε ότι το έμβολο κινείται προς τα έξω. Μπορούμε, να υποθέσουμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δοχείο, τόσο εντονότερη γίνεται η άτακτη κίνηση των μορίων του (Εικ. 2.14). Οι συγκρούσεις των μορίων με το έμβολο, γίνονται σφοδρότερες, με αποτέλεσμα να ωθείται προς τα έξω. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος, τόσο περισσότερη κινητική ενέργεια έχουν τα μόριά του λόγω της άτακτης κίνησής τους.

### Μεταφορά θερμότητας και θερμική ισορροπία

Αφού συνδέσαμε τη θερμοκρασία με την άτακτη κίνηση των μορίων, μπορούμε τώρα να κατανοήσουμε γιατί μεταβάλλονται οι θερμοκρασίες δύο σωμάτων όταν τα φέρουμε σε επαφή μεταξύ τους (Εικ. 2.15). Μπορούμε επίσης

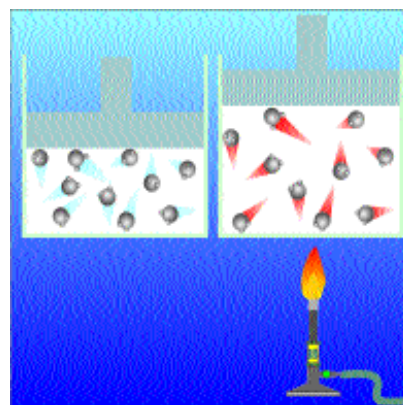


Εικόνα 2.13

#### Σχηματική παράσταση μορίων

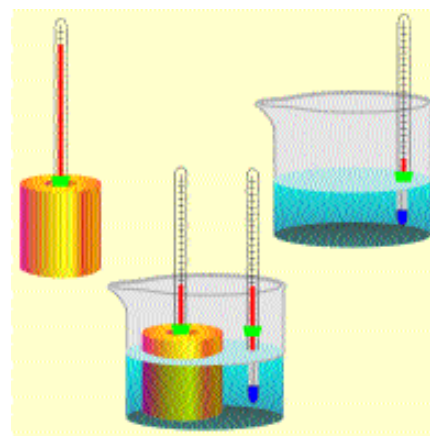
Τα μόρια των αερίων κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, των υγρών γλιστράνε το ένα πάνω στο άλλο, ενώ των στερεών κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις.

\*Για να αντιληφθούμε τον κόσμο των μορίων θα πρέπει να μεγεθύνουμε το υλικό κατά ένα εκατομμύριο φορές



Εικόνα 2.14

Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται τα μόρια κινούνται εντονότερα και ωθούν το έμβολο προς τα επάνω.



Εικόνα 2.15

Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και του σιδερένιου κυλίνδρου ελαττώνεται.



να εξηγήσουμε γιατί η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας στο άλλο.

*Βυθίζουμε ένα κρύο σώμα σε ζεστό νερό. Τι θα συμβεί στα μόρια του σώματος και στα μόρια νερού;*

Αρχικά επειδή η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από του σώματος, τα μόρια του νερού κινούνται εντονότερα από τα μόρια του σώματος. Όταν το σώμα βυθιστεί στο νερό μόρια του νερού συγκρούονται με μόρια του σώματος και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τα πρώτα στα δεύτερα (Εικ. 2.16). Έτσι η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται και του σώματος αυξάνεται. Η μεταφορά ενέργειας μεταξύ των μορίων μέσω συγκρούσεων αντιστοιχεί, στη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των σωμάτων.

**Θερμότητα, η μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας στο άλλο.**

Μέσα στο ζεστό νερό η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται συνεχώς ενώ η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται. Μετά από λίγο χρόνο, η θερμοκρασία του σώματος γίνεται ίση με του νερού και μένει σταθερή. Τότε λέμε ότι, το σώμα βρίσκεται σε *θερμική ισορροπία* με το νερό. Τότε τα μόρια του σώματος έχουν ίση κινητική ενέργεια με τα μόρια του νερού και η μεταφορά θερμότητας από το νερό στο σώμα σταματά.

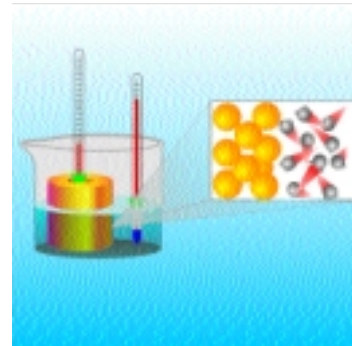
Για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος πρέπει το θερμόμετρο να βρίσκεται σε επαφή με το σώμα μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του. *Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία του σώματος όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με αυτό.*

### Θερμική ενέργεια

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

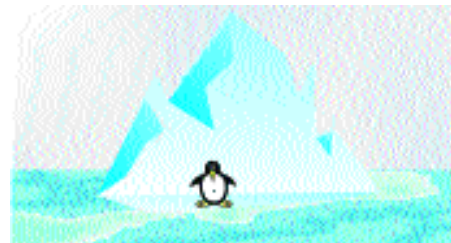
Ένα σώμα με πολλά μόρια είναι δυνατόν να έχει περισσότερη θερμική ενέργεια, από ένα άλλο σώμα με λιγότερα μόρια, έστω και αν το δεύτερο έχει πολύ υψηλότερη θερμοκρασία (Εικ. 2.17). Έτσι, το νερό μιας λίμνης έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από το καυτό νερό που υπάρχουν στο φλιτζάνι μας.

Η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται μόνον από την κινητική ενέργεια κάθε μορίου δεν εξαρτάται από τον αριθμό των μορίων δηλαδή από την έκταση ή τη μάζα ενός σώματος. Έτσι εξηγείται γιατί η θερμοκρασία είναι ίδια σε όλα τα σημεία ενός σώματος, που βρίσκεται σε θερμική ι-



Εικόνα 2.16

Μόρια του κυλίνδρου συγκρούονται με μόρια του νερού και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τα πρώτα στα δεύτερα.



Εικόνα 2.17

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



Εικόνα 2.18

Η θερμοκρασία ενός σώματος δεν εξαρτάται από την έκτασή ή τη μάζα του Ένα παγόβουνο και ένα παγάκι έχουν την ίδια θερμοκρασία αλλά διαφορετική θερμική ενέργεια.

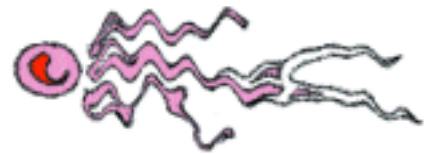
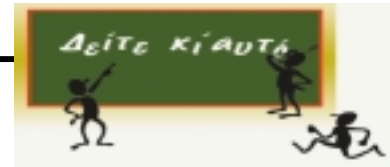
σορροπία με το περιβάλλον του. Λόγου χάρη ένα παγάκι στην πορτοκαλάδα μας και ένα παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία (Εικ. 2.18). Πράγματι κάθε μόριο στο παγόβουνο και στο παγάκι έχει την ίδια κινητική ενέργεια. Ωστόσο η συνολική κινητική ενέργεια των μορίων είναι διαφορετική για το παγάκι και το παγόβουνο: η θερμική ενέργεια του παγόβουνου είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη.

### **Δυνάμεις μεταξύ μορίων και εσωτερική ενέργεια σώματος**

Τα μόρια κάθε αερίου κινούνται ελεύθερα μακριά το ένα από το άλλο. Μεταξύ των μορίων ενός αερίου δεν ασκούνται δυνάμεις. Τα μόρια ενός υγρού ωστόσο συγκρατούνται μεταξύ τους και δημιουργούν σταγόνες. Στα στερεά συγκρατούνται σε καθορισμένες θέσεις με αποτέλεσμα να συνθέτουν ένα σταθερό σχήμα.

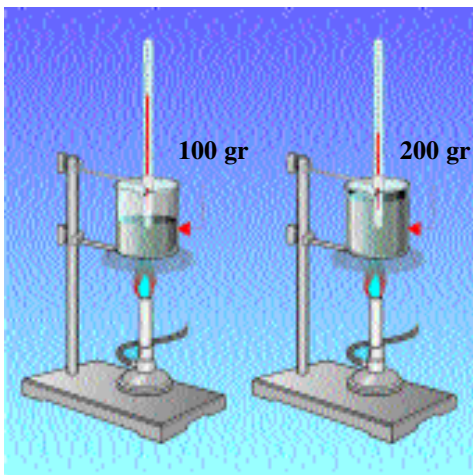
Όστε στα υγρά και στα στερεά τα μόρια συγκρατούν το ένα το άλλο, δηλαδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους. Ωστόσο τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα επειδή οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων τους είναι ισχυρότερες απ' ότι στα υγρά. Στα υγρά και τα στερεά κάθε μόριο εκτός από κινητική ενέργεια έχει επίσης δυναμική ενέργεια.

Η κινητική και δυναμική ενέργεια που έχουν συνολικά τα μόρια επειδή κινούνται άτακτα και επειδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους την ονομάζουμε εσωτερική ενέργεια του σώματος.



Η ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία ενός σώματος είναι 0 Κ. Σε αυτή τη θερμοκρασία κάθε μόριο έχει την ελάχιστη κινητική ενέργεια.

## **Κατάδυση στη φυσική**



Όταν θερμαίνουμε στην ίδια φλόγα για τον ίδιο χρόνο δύο δοχεία που το ένα περιέχει διπλάσια ποσότητα νερό από το άλλο, τότε οι μεταβολές θερμοκρασίας είναι διαφορετικές. Αυτό συμβαίνει επειδή στη μεγαλύτερη ποσότητα νερού η θερμική ενέργεια κατανέμεται σε μεγαλύτερο αριθμό μορίων. Επομένως η αύξηση της κινητικής ενέργειάς κάθε μορίου είναι μικρότερη και η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος επίσης μικρότερη.



- Βάλτε νερό από τη βρύση σε ένα ποτήρι και μετρήστε τη θερμοκρασία του.
- Μοιράστε το νερό σε δύο άλλα ποτήρια και μετρήστε τη θερμοκρασία του σε κάθε ένα από αυτά
- Άλλαξε η θερμοκρασία του νερού ;
- Να ερμηνεύσετε την παρατήρησή σας.



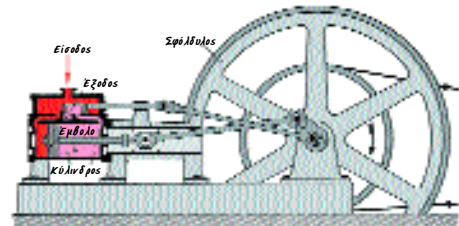
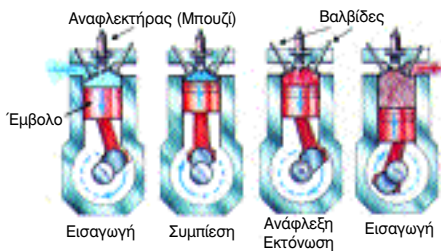
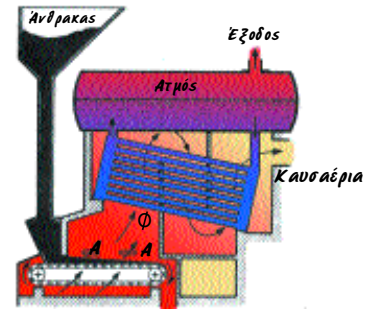
Από τη γραφική ατμομηχανή στο σύγχρονο βενζινοκινητήρα

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

Σε αυτές τις μηχανές μέρος της θερμικής ενέργειας ενός αερίου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του οχήματος.

Πώς γίνεται αυτή η μετατροπή;

Σε κάθε θερμική μηχανή υπάρχει ένας χώρος μέσα στον οποίο διοχετεύεται αέριο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή αέριο με πολλή 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. Κατόπιν, με κατάλληλο μηχανικό σύστημα η κινητική ενέργεια του εμβόλου μεταφέρεται στους τροχούς του οχήματος.



Η αταξία των μορίων και η υποβάθμιση της ενέργειας

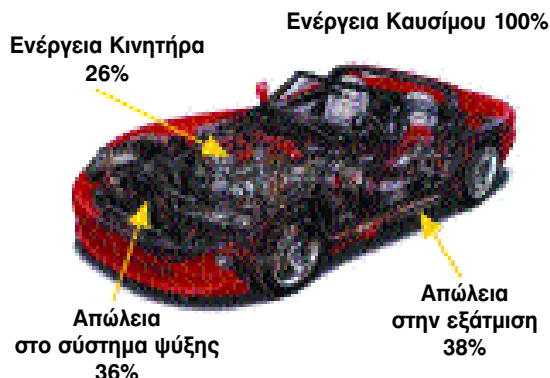
Φανταστείτε ότι ένα ζεστό αυγουσιπάτικο μεσημέρι δε φυσά καθόλου οπότε τα φύλλα των δένδρων μένουν ακίνητα. Ακόμα και τότε ωστόσο μόρια του αέρα βομβαρδίζουν συνεχώς τα φύλλα. Γιατί, τα φύλλα δεν κινούνται;

Επειδή τα μόρια κινούνται άτακτα προς κάθε κατεύθυνση χτυπούν τα φύλλα ομοιόμορφα από κάθε πλευρά, οπότε τα φύλλα μένουν ακίνητα. Αυτό δεν συμβαίνει όταν φυσά. Τότε, 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. Δεν μπορούν ωστόσο να προκαλέσουν το ίδιο αποτέλεσμα. 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 κινούμενο αυτοκίνητο φρενάρει, η κινητική ενέργειά του μετατρέπεται (λόγω της τριβής των ελαστικών με το οδόστρωμα) σε θερμική ενέργεια. Η ενέργειά του υποβαθμίζεται και η εντροπία του αυξάνεται. Επίσης κατά την κίνηση του αυτοκινήτου το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας των καυσίμων του μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια της ατμόσφαιρας καθώς θερμότητα μεταφέρεται προς αυτήν από τα θερμά μέρη του αυτοκινήτου και από τα καυσάερια.



## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Γράψε μία πρόταση χρησιμοποιώντας σωστά καθένα από τους παρακάτω όρους:  
μόριο  
κίνηση μορίων αερίου και όγκος αερίου  
κίνηση μορίων υγρού και σχήμα υγρού  
εσωτερική ενέργεια  
κίνηση μορίων στερεού
2. Από τα έξι σώματα που περιγράφονται στον πίνακα ποια δεν μπορεί να έχουν υπόσταση και ποια είναι αέρια.

Σώμα	Περιγραφή
A	τα μόρια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα
B	τα μόρια κινούνται πέρα-δώθε χωρίς να αλλάζουν θέση
Γ	έχει σταθερό σχήμα και όγκο και τα μόρια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα
Δ	έχει σταθερό όγκο αλλά όχι και σχήμα
E	μεταξύ των μορίων του δεν ασκούνται (σχεδόν) δυνάμεις
Z	έχει σταθερό σχήμα και τα μόρια γλιστρούν το ένα στο άλλο

3. Υπόθεσε ότι εσύ και οι συμμαθητές (-τριες) στην τάξη σου είστε τα μόρια του σώματος X. Να περιγράψεις αν το σώμα X είναι στερεό, υγρό ή αέριο στην περίπτωση κατά την οποία :  
α) Όλοι κάθεστε στο θρανίο σας και γράφετε Έκθεση

- β) Αλλάζετε συνεχώς θέσεις με την άδεια του καθηγητή
- γ) Κάθεστε ανά τρεις στο κάθε θρανίο
- δ) Χτύπησε το κουδούνι για διάλειμμα και ετοιμάζεστε να βγείτε από την αίθουσα.

4. Πώς συμπεραίνουμε ότι τα μόρια των στερεών και των υγρών είναι κοντά το ένα στο άλλο;
5. Πως η κίνηση των μορίων ενός σώματος συνδέεται με τη θερμοκρασία του ;
6. Όταν σε ένα δωμάτιο αφήσουμε ένα ζεστό φλιτζάνι τσάι μετά από λίγο η θερμοκρασία του τσαγιού γίνεται ίση με τη θερμοκρασία του αέρα του δωματίου. Αυτό σημαίνει ότι μεταφέρθηκε από το τσάι προς τον αέρα ένα ποσό θερμότητας. Να εξηγήσετε με ποιον τρόπο πραγματοποιήθηκε αυτή η μεταφορά.
7. Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού; N α αιτιολογήσετε την άποψή σας.
8. Σε ποια κατάσταση βρίσκεται ένα σώμα όταν τα μόρια του κινούνται :  
α) ελεύθερα.  
β) γλιστρούν το ένα πάνω στο άλλο.  
γ) ταλαντώνονται γύρω από συγκεκριμένη θέση.
9. Γιατί όταν λυγίζουμε συνεχώς πάνω – κάτω ένα κομμάτι σύρμα αυτό θερμαίνεται τοπικά στο σημείο που λυγίζει ;

## 2.5 Θερμική διαστολή και συστολή

Έχετε διαπιστώσει ότι βγάζοντας από το ψυγείο ένα κρύο γυάλινο βάζο δυσκολεύεστε να ξεβιδώσετε το μεταλλικό καπάκι του; Αναρωτηθήκατε γιατί το καπάκι έχει σφηνώσει στο στόμιο του βάζου; Γνωρίζετε ότι ρίχνοντας ζεστό νερό στο καπάκι μπορείτε να το ξεβιδώσετε; Γιατί και πώς συμβαίνουν αυτά;

Υπεύθυνη είναι η θερμική διαστολή και το αντίθετό της φαινόμενο, η συστολή. Όλα σχεδόν τα σώματα στερεά, υγρά και αέρια όταν θερμαίνονται διαστέλλονται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν ψύχονται συστέλλονται (Εικ. 2. 19).

Η μεταβολή όμως των διαστάσεων των σωμάτων κατά τη διαστολή ή συστολή τους δεν είναι πανομοιότυπη. Στο ψυγείο το καπάκι, που είναι συνήθως φτιαγμένο από σίδηρο ή αλουμίνιο, συστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο γι' αυτό και σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου.

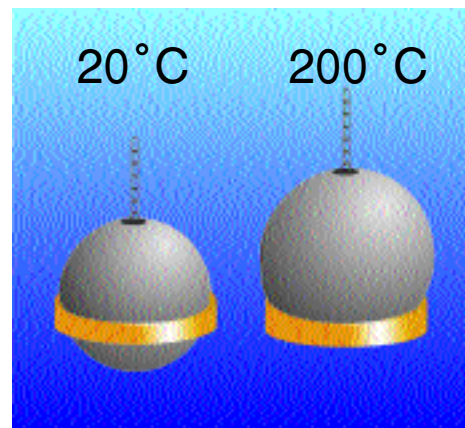
Κατά το φαινόμενο της διαστολής που περιγράψαμε μεταβλήθηκε ο όγκος του γυάλινου βάζου και του μεταλλικού πώματος. Όταν όμως θερμαίνουμε μία μεταλλική βελόνα πλεξίματος, η αύξηση του μήκους της είναι συγκριτικά πολύ μεγαλύτερη από την αύξηση των άλλων διαστάσεών της. Η διαστολή αυτή ονομάζεται *γραμμική διαστολή ή διαστολή κατά μήκος*.

Θερμαίνοντας ράβδους από ποικίλα υλικά και μετρώντας τη μεταβολή του μήκους τους καθώς και την αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας τους, συμπεραίνουμε ότι η μεταβολή του μήκους είναι ανάλογη:

- Με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Π.χ. σε διπλάσια μεταβολή θερμοκρασίας αντιστοιχεί διπλάσια μεταβολή μήκους (Εικ. 2.20).

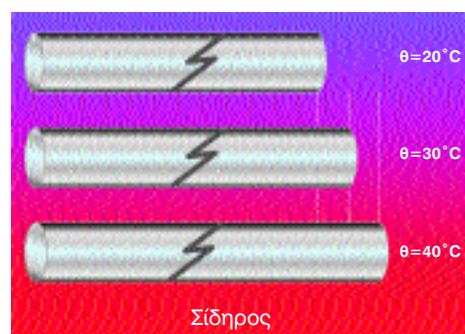
- Με το αρχικό μήκος του σώματος. Δηλαδή σε δύο ράβδους από το ίδιο υλικό, που η μία έχει διπλάσιο μήκος από την άλλη, όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται το ίδιο, η μεταβολή του μήκους της πρώτης είναι διπλάσια από τη μεταβολή του μήκους της δεύτερης (Εικ. 2.21)

- Επίσης η μεταβολή του μήκους εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σώμα. Όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί το ίδιο σε μια σιδερένια ράβδο



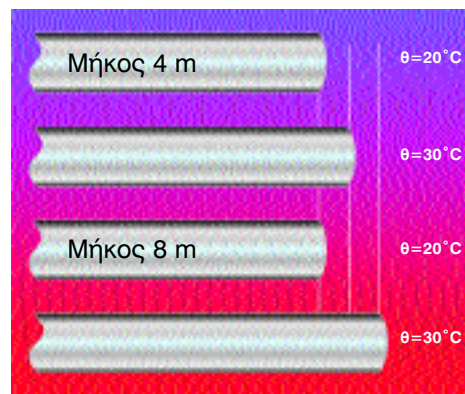
Εικόνα 2.19

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. Επειδή η σφαίρα θερμάνθηκε αυξήθηκε ο όγκος της επομένως και η διάμετρος της.



Εικόνα 2.20

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας (Η αύξηση του μήκους έχει μεγεθυνθεί).



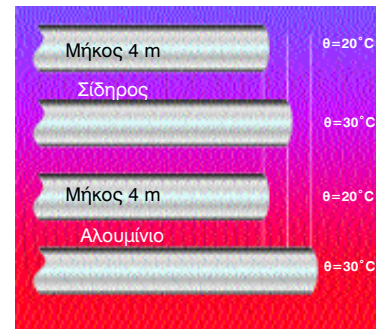
Εικόνα 2.21

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη του αρχικού μήκους.

και σε μια ράβδο αλουμινίου ίδιου μήκους η μεταβολή του μήκους της ράβδου αλουμινίου είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή του μήκους της σιδερένιας ράβδου (Εικ. 2.22).



Εικόνα 2.23



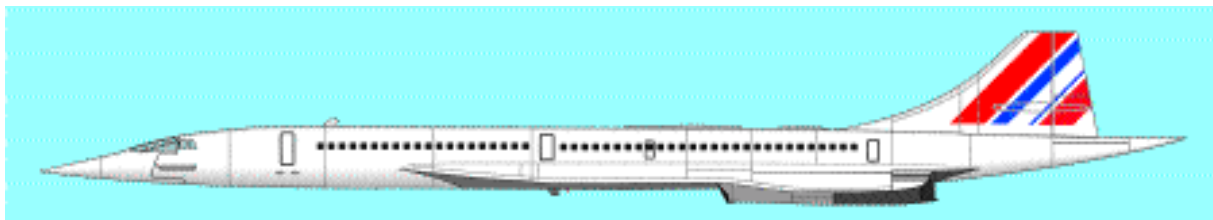
Εικόνα 2.22

Το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο από το σίδηρο.

Υλικό	Διαστολή
<b>Κράμα Invar *</b>	0,1 mm
Γυαλί Πυρίμαχο	0,3 mm
<b>Κράμα Πλατίνας</b>	0,9 mm
Γυαλί Κοινό	0,9 mm
<b>Τσιμέντο (Μπετόν)</b>	1,2 mm
Σίδηρος	1,2 mm
<b>Ορείχαλκος</b>	2,0 mm
Αλουμίνιο	3,0 mm

Διαστολή ράβδων από ποικίλα υλικά, με αρχικό μήκος 1m, όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1000 C. Μία ράβδος αλουμινίου επιμηκύνεται 30 φορές περισσότερο από μία ράβδο Invar.

\*Κράμα-νικελίου-σιδήρου. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή οργάνων ακριβείας, θερμοστατών κτλ



Πόσο μήκος έχει ένα υπερηχητικό Concorde;

Εξαρτάται από τη θερμοκρασία! Καθώς το Concorde πετάει με υπερηχητική ταχύτητα η εξωτερική θερμοκρασία στην επιφάνεια της ατράκτου και των φτερών φτάνει τους 10000 C, λόγω της τριβής του μετάλλου με τα μόρια του αέρα. Τότε, το μήκος του αεροπλάνου είναι σχεδόν ένα μέτρο μεγαλύτερο από όσο είναι όταν, το αεροπλάνο βρίσκεται στο έδαφος!

**Διαστολή των υγρών**

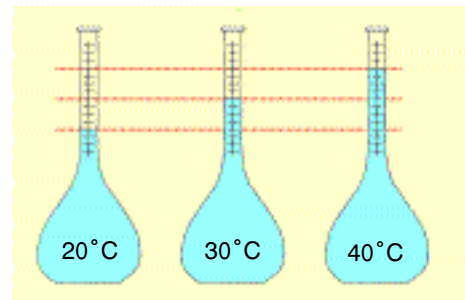
Αν γεμίσουμε ένα γυάλινο βάζο μέχρι το χείλος του με λάδι και το θερμάνουμε, το λάδι ξεχειλίζει. Το λάδι λοιπόν διαστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο. Γενικά τα υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά.

Θερμαίνοντας ποσότητες ποικίλων υγρών και μετρώντας τη μεταβολή του όγκου καθώς και την αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας τους, συμπεραίνουμε ότι η αύξηση του όγκου ενός υγρού :

(α) είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας (Εικ. 2.24)

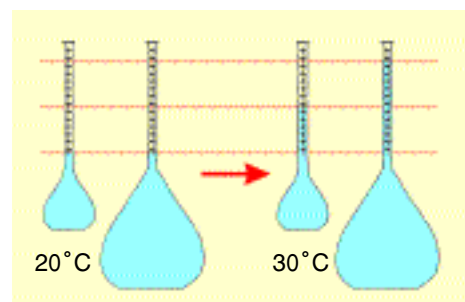
(β) είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του υγρού (Εικ. 2.25) και

(γ) εξαρτάται από είδος του υγρού (Εικ. 2.26 και Πίνακας 2.1)



Εικόνα 2.24

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.



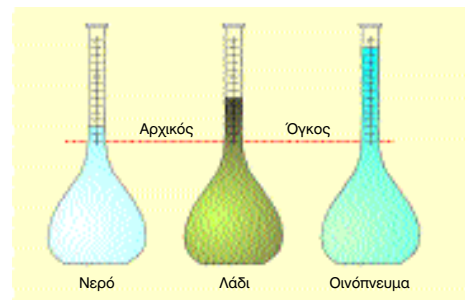
Εικόνα 2.25

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1**

Υλικό	Μεταβολή όγκου σε m <sup>3</sup>
Χαλαζίας	0,00012
Invar	0,00027
Γυαλί πυρίμαχο	0,0012
Γυαλί κοινό	0,0027
Σίδηρος	0,0036
Υδράργυρος	0,018
Νερό	0,021
Λάδι	0,068
Βενζίνη	0,096
Οινόπνευμα	0,112

Μεταβολή όγκου 1 m<sup>3</sup> διαφόρων υλικών, όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 100° C.



Εικόνα 2.26

Η αύξηση του όγκου εξαρτάται από το είδος του υγρού.

Στο θερμόμετρο υδραργύρου όταν αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται τόσο ο όγκος του γυάλινου δοχείου, όπου βρίσκεται ο υδράργυρος όσο και ο όγκος του υδραργύρου. Όμως η διαστολή του (υγρού) υδραργύρου είναι σχεδόν 15 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του όγκου του γυάλινου δοχείου. Έτσι, καθώς ο υδράργυρος διαστέλλεται «ξεχειλίζει» από το γυάλινο δοχείο και ανεβαίνει στο λεπτό σωλήνα.

### Διαστολή των αερίων

Αν κρατήσουμε ένα μισοφουσκωμένο μπαλόνι πάνω από μια ζεστή θερμάστρα θα παρατηρήσουμε ότι το μέγεθός του μεγαλώνει.

Τα αέρια διαστέλλονται περισσότερο από τα υγρά (Πίνακας. 2.2).

Όταν η πίεση ενός αερίου μένει σταθερή, και η θερμοκρασία του μεταβάλλεται, η μεταβολή του όγκου του είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του αερίου 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  $1^{\circ}\text{C}$  χωρίς να αλλάξει η πίεσή τους ο όγκος μεταβάλλεται κατά το  $1/273$  του όγκου που είχαν στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Στους  $-273^{\circ}\text{C}$ , δηλ. σε  $0\text{ K}$  ο όγκος κάθε αερίου θεωρητικά μηδενίζεται.

### Ερμηνεία της διαστολής

Η θερμική διαστολή και συστολή ερμηνεύεται με τη βοήθεια των μορίων. Για να ερμηνεύσουμε τη διαστολή των στερεών θεωρούμε ότι τα μόρια συγκρατούνται σαν να συνδέονται μεταξύ τους με μικροσκοπικά ελατήρια. Υποθέτουμε επίσης ότι αυτά τα ελατήρια ευκολότερα επιμηκύνονται παρά συμπιέζονται.

Όταν λοιπόν αυξάνεται η θερμοκρασία τα μόρια ταλαντώνονται εντονότερα και τα ελατήρια συμπιέζονται και επιμηκύνονται περισσότερο από προηγουμένως. Ωστόσο η επιμήκυνση τους είναι μεγαλύτερη από τη συμπίεση και τα μόρια τελικά απομακρύνονται μεταξύ τους; το σώμα διαστέλλεται (Εικ. 2.27). Άρα κατά τη διαστολή δεν αυξάνονται οι διαστάσεις των μορίων αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις. Δε διαστέλλονται τα μόρια αλλά τα σώματα.

Στον σίδηρο κάθε μόριο συνδέεται ισχυρότερα με τα γειτονικά του από όσο στο αλουμίνιο. Τα μόρια του σιδήρου απομακρύνονται δυσκολότερα μεταξύ τους απ' ό,τι τα μόρια του αλουμινίου (Εικ. 2.27).

Ωστε η μεταβολή των διαστάσεων κατά τη διαστολή και τη συστολή εξαρτάται από το πόσο ισχυρά συνδέονται μεταξύ τους τα μόρια του σώματος. Δηλαδή από το είδος του υλικού. Επειδή στα αέρια τα μόρια δεν συνδέονται μεταξύ τους η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου.

Όσο το μήκος μιας ράβδου είναι μεγαλύτερο τόσο περισσότερα μόρια παρεμβάλλονται μεταξύ των άκρων της. Κατά τη διαστολή λοιπόν η συνολική απομάκρυνση των μορίων είναι μεγαλύτερη. Άρα και η αύξηση του μήκους της ράβδου είναι επίσης μεγαλύτερη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

Υλικό	Θερμοκρασία $20^{\circ}\text{C}$	Θερμοκρασία $60^{\circ}\text{C}$
Γυαλί	$250\text{ cm}^3$	$250,3\text{ cm}^3$
Βενζίνη	$250\text{ cm}^3$	$259,6\text{ cm}^3$
Αέρας	$250\text{ cm}^3$	$285\text{ cm}^3$

Όλα τα σώματα δε διαστέλλονται το ίδιο. Στον πίνακα φαίνεται η διαφορά στη διαστολή ίσων αρχικών όγκων γυαλιού (στερεού), βενζίνης (υγρού) και αέρα για μεταβολή θερμοκρασίας  $400\text{C}$  (στην ατμοσφαιρική πίεση).

### Πρότυπο Διαστολής σε μοριακό επίπεδο

Θερμοκρασία  $\theta_1$

Θερμοκρασία  $\theta_2$

Θερμοκρασία  $\theta_1$

Θερμοκρασία  $\theta_2$

Εικόνα 2.27

Η αύξηση του μήκους εξαρτάται και από τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων

Κατά τη διαστολή αυξάνεται ο κενός χώρος μεταξύ των μορίων. Έτσι αυξάνεται ο όγκος των σωμάτων. Όμως η μάζα τους παραμένει σταθερή. Άρα η πυκνότητά τους ελαττώνεται.



### Δυνάμεις κατά τη διαστολή και συστολή

Γιατί ένα γυάλινο ποτήρι σπάει όταν χύσουμε σε αυτό καυτό νερό;

Γιατί τα γυάλινα σκεύη που χρησιμοποιούμε για να ψήσουμε το φαγητό στο φούρνο της ηλεκτρικής κουζίνας είναι από πυρίμαχο γυαλί (Pyrex);

Ποια η σχέση της θερμικής διαστολής και της λειτουργίας του θερμοστάτη του ηλεκτρικού ψυγείου μας;

Ας δούμε τι συμβαίνει.

Όταν εμποδίζεται η διαστολή ενός σώματος η τάση των μορίων να εξεύρουν περισσότερο χώρο εμφανίζεται ως *δύναμη διαστολής*. Ανεξάρτητα πόσο μικρή είναι η γραμμική διαστολή μιας ράβδου ή η διαστολή του όγκου ενός υγρού, η δύναμη διαστολής είναι πάρα πολύ μεγάλη. Έτσι, όταν απότομα γεμίσουμε ένα ποτήρι με καυτό νερό, το εσωτερικό τοίχωμα του ποτηριού θερμαίνεται αμέσως σε σχέση με το εξωτερικό του και διαστέλλεται πριν από αυτό. Μία δύναμη λοιπόν «από μέσα προς τα έξω» θρυμματίζει το ποτήρι. Αυτό δεν συμβαίνει στο πυρίμαχο γυαλί (pyrex) διότι αυτό το είδος γυαλιού διαστέλλεται πολύ λιγότερο από το κοινό γυαλί.

Παλαιότερα μεταξύ των σιδηροτροχιών υπήρχαν διάκενα για να αποφεύγονται οι δυσάρεστες συνέπειες της διαστολής κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Εικ. 2.28). Σήμερα γίνεται κατάλληλη επεξεργασία των σιδηροτροχιών, ώστε να αποφεύγονται οι συνέπειες διαστολής τους και αφήνονται πλέον τα διάκενα αυτά. Τέτοια διάκενα υπάρχουν στις γέφυρες (Εικ. 2.29).

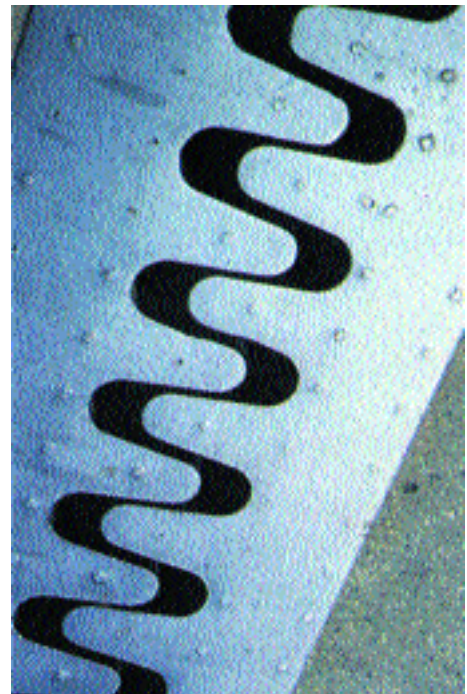
Στο ηλεκτρικό ψυγείο η θερμοκρασία πρέπει να παραμένει σταθερή, όπως και στο φούρνο της ηλεκτρικής κουζίνας, στην πλάκα του ηλεκτρικού σιδήρωματος, στο ηλεκτρικό καλοριφέρ, στο νερό που ψύχει τον κινητήρα του αυτοκινήτου και σε πολλές ακόμα περιπτώσεις. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας σε όλες αυτές τις συσκευές γίνεται με έναν κατάλληλο διακόπτη που ονομάζουμε θερμοστάτη.



Εικόνα 2.28

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 2.29

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 επιμήκυνσης.

*Πώς λειτουργεί ένας θερμοστάτης;  
Ποιος είναι ο ρόλος της θερμικής διαστολής στη λειτουργία του;*

Στην πιο απλή περίπτωση ο θερμοστάτης αποτελείται από ένα διμεταλλικό έλασμα. Κατασκευασμένο με δύο ελάσματα (ή σύρματα) από διαφορετικά μέταλλα, κολλημένα πολύ καλά το ένα στο άλλο. Όταν ένα διμεταλλικό έλασμα θερμανθεί κάμπτεται, γιατί το ένα μέταλλο διαστέλλεται περισσότερο από το άλλο. Έτσι, ένα διμεταλλικό έλασμα από ίνβαρ και ορείχαλκο κυρτώνεται προς τη μεριά του ορείχαλκου, διότι ο ορείχαλκος διαστέλλεται σχεδόν 20 φορές περισσότερο από το κράμα ίνβαρ. Στον θερμοστάτη λοιπόν, συνήθως υπάρχει ένα διμεταλλικό έλασμα που επηρεάζεται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

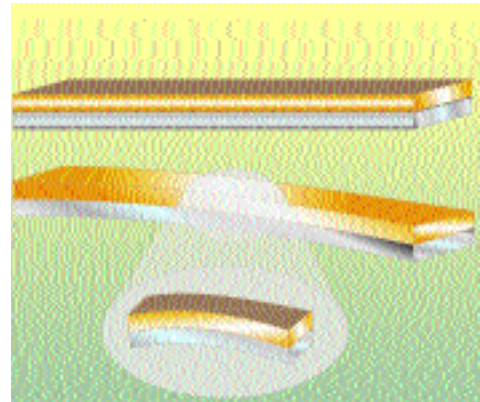
Στις ηλεκτρικές συσκευές το διμεταλλικό έλασμα διακόπτει και αποκαθιστά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν η θερμοκρασία αυξηθεί ή ελαττωθεί πέρα από το όριο που έχει ρυθμιστεί με το θερμοστάτη.

### Η διαστολή του νερού

Όταν η θερμοκρασία των περισσότερων υγρών αυξάνεται, τα υγρά διαστέλλονται. Όμως αυτό δεν συμβαίνει με το νερό. Το νερό όταν θερμαίνεται μεταξύ 0 και 4° C συστέλλεται! Ενώ μετά τους 4° C και μέχρι να βράσει διαστέλλεται κανονικά. Εξαιτίας αυτής της παράξενης συμπεριφοράς μια ποσότητα νερού τεσσάρων βαθμών Κελσίου έχει τον μικρότερο δυνατό όγκο της. Δηλαδή τη μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα.

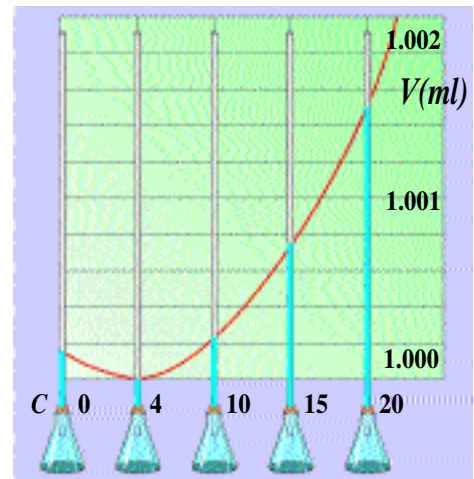
Αυτή η ασυνήθιστη συμπεριφορά του νερού έχει μεγάλη σημασία για τη διατήρηση της υδρόβιας ζωής στον πυθμένα των λιμνών (ή των ποταμών), όταν παγώνει η επιφάνειά τους το χειμώνα. Έτσι όταν η θερμοκρασία στην επιφάνεια μιας λίμνης φτάσει στους 4° C, το νερό της επιφάνειας ως πυκνότερο βυθίζεται. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι η θερμοκρασία του νερού να γίνει 4° C σε όλα τα βάθη της λίμνης. Τότε μόνον η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται κάτω από τους 4° C, αρχίζοντας από το νερό της επιφάνειας. Ο χειμώνας ωστόσο δε διαρκεί τόσο πολύ, ώστε να παγώσει όλο το νερό.

Συνήθως, λοιπόν, το χειμώνα στο βυθό των λιμνών η θερμοκρασία του νερού είναι 4° C αν και η θερμοκρασία σε μικρότερο βάθος είναι δυνατόν να είναι πολύ χαμηλότερη. Με αυτόν τον τρόπο στο βυθό των λιμνών και ποταμών η ζωή διατηρείται ολόκληρο τον χειμώνα.



Εικόνα 2.30

Όταν θερμαίνουμε ένα διμεταλλικό έλασμα, αυτό κάμπτεται.



Εικόνα 2.31

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



Εικόνα 2.32

Τον χειμώνα στο βυθό των λιμνών η θερμοκρασία είναι 4° C αν και η επιφάνειά τους είναι παγωμένη

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:  
Θερμική διαστολή, θερμική συστολή, γραμμική διαστολή, διαστολή όγκου, διμεταλλικό έλασμα.
2. Ποια -ή ποιες- από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;  
Κατά τη θερμική διαστολή ενός σώματος τα μόριά του:
  - α) κινούνται όλο και πιο έντονα
  - β) απομακρύνονται μεταξύ τους
  - γ) διαστέλλονται
  - δ) πλησιάζουν μεταξύ τους.
3. Ποια -ή ποιες- από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή;  
Κατά τη θερμική διαστολή ενός στερεού ή υγρού σώματος η μεταβολή του όγκου του:
  - α) εξαρτάται μόνο από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
  - β) είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του σώματος.
  - γ) εξαρτάται από το υλικό του σώματος.
4. Μια μεταλλική ράβδος, όταν η θερμοκρασία της είναι  $0^{\circ}\text{C}$ , έχει μήκος 10 m. Αλλάζουμε τη θερμοκρασία της ράβδου από τους  $0^{\circ}\text{C}$  στους  $100^{\circ}\text{C}$ , οπότε επιμηκύνεται κατά 0,9 mm. Από τι υλικό είναι δυνατό να είναι κατασκευασμένη αυτή η ράβδος; (Χρησιμοποίησε τον πίνακα της εικόνας 2.23)
5. Μια μεταλλική μετροταινία βαθμολογήθηκε όταν η θερμοκρασία της ήταν  $20^{\circ}\text{C}$ . Αν χρησιμοποιηθεί για μέτρηση μήκους σε άλλη θερμοκρασία, το αποτέλεσμα της μέτρησης Δεν είναι ακριβές. Γιατί;
6. Όταν η θερμοκρασία μιας μεταλλικής ράβδου αυξάνεται από μια αρχική τιμή  $\theta_1$  σε μια τελική  $\theta_2$ , το μήκος της μεταβάλλεται κατά 0,2%. Μια τετράγωνη μεταλλική επιφάνεια είναι κατασκευασμένη από το ίδιο υλικό. Πόσο τοις εκατό θα μεταβληθεί το εμβαδόν της, αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία της μεταξύ των ίδιων τιμών;
7. Ποιο έχει μεγαλύτερο βάρος; Ένα λίτρο νερό θερμοκρασίας  $4^{\circ}\text{C}$  ή ένα λίτρο πάγος  $0^{\circ}\text{C}$ ;
8. Ποια είναι η βιολογική σημασία της ιδιόρρυθμης συμπεριφοράς της πυκνότητας του νερού σε σχέση με τη θερμοκρασία;
9. Πώς μεταβάλλεται η μάζα ενός σώματος όταν υφίσταται θερμική διαστολή; Επινοήστε ένα απλό πείραμα που θα υποστηρίξει την άποψή σας.
10. Πώς μεταβάλλεται ο όγκος μιας ορισμένης μάζας νερού, όταν η θερμοκρασία του αυξάνεται από τους  $0^{\circ}\text{C}$  έως τους  $4^{\circ}\text{C}$ ; Ποια είναι η συνέπεια του φαινομένου αυτού στη μεταβολή της πυκνότητάς του νερού; Τεκμηριώστε την άποψή σας.
11. Μια δεξαμενή περιέχει 20000 λίτρα βενζίνης. Ποια είναι η αύξηση του όγκου της βενζίνης, αν η θερμοκρασία της ανέβει κατά  $5^{\circ}\text{C}$ ; (Χρησιμοποίησε τα Δεδομένα του πίνακα 2.1).
12. 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.
13. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
  - α) Όλα τα σώματα όταν θερμανθούν διαστέλλονται.
  - β) Δύο μεταλλικές ράβδοι που έχουν ίσα μήκη σε κάποια θερμοκρασία  $\theta$ , θα εξακολουθούν να έχουν ίσα μήκη και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
  - γ) Όταν μια ράβδος θερμαίνεται, το μήκος της αυξάνεται γιατί η διάμετρος της μειώνεται.
  - δ) Οι κοιλότητες, ή οι οπές, ενός σώματος δεν διαστέλλονται όταν αυτό θερμαίνεται.
  - ε) Ο θερμοστάτης είναι μια διάταξη που επιτρέπει τη ρύθμιση της θερμοκρασίας.
  - στ) Γενικά ένα υγρό διαστέλλεται περισσότερο από το δοχείο που το περιέχει.
  - ζ) Δύο υγρά που έχουν ίσους όγκους σε κάποια θερμοκρασία  $\theta$ , θα έχουν ίσους όγκους και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
  - η) Η μάζα ενός υγρού αυξάνεται όταν το υγρό διαστέλλεται.
  - θ) Όλα τα θερμόμετρα περιέχουν υγρό.

## 2.6 Αλλαγές κατάστασης

Οι τρεις συνηθισμένες καταστάσεις της ύλης είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια.

Η κατάσταση της ύλης ενός σώματος είναι δυνατόν να αλλάξει. Αυτή η αλλαγή συνδέεται με τη θερμοκρασία του σώματος και τη μεταφορά θερμότητας.

### Τήξη - Πήξη

Όταν βγάλουμε ένα κομμάτι πάγο από το ψυγείο ο πάγος λιώνει - εκτός και αν ο αέρας είναι ψυχρότερος από τον πάγο! Αντιθέτως, όταν στην κατάψυξη τοποθετούμε νερό, το νερό γίνεται πάγος. Ας μελετήσουμε προσεκτικότερα αυτά τα φαινόμενα.

Μέσα σ' ένα γυάλινο δοχείο τοποθετούμε παγάκια και μέσα σε αυτά βυθίζουμε ένα θερμόμετρο (Εικ. 2.33). Με έναν λύχνο θερμαίνουμε το δοχείο. Η θερμοκρασία του πάγου αυξάνεται μέχρι τους  $0^{\circ}\text{C}$ . Τότε ο πάγος αρχίζει να λιώνει, οπότε εμφανίζεται και νερό μέσα στο ποτήρι. Μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος η θερμοκρασία του μίγματος νερό - πάγος διατηρείται σταθερή στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται **θερμοκρασία τήξης** του πάγου. Μόλις λιώσει όλος ο πάγος, η θερμοκρασία του νερού, που παράχθηκε αρχίζει να αυξάνεται.

Τοποθετούμε ένα δοχείο με νερό και θερμόμετρο μέσα σε μια λεκάνη με πάγο και αλάτι (Εικ. 2.34). Η θερμοκρασία μειώνεται και το νερό αρχίζει να γίνεται στερεό, δηλαδή πάγος, στους  $0^{\circ}\text{C}$ . Αυτή η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή μέχρι να γίνει πάγος όλο το νερό. Την ονομάζουμε **θερμοκρασία πήξης** του νερού.

Γενικά το φαινόμενο της μετατροπής ενός στερεού σε υγρό το ονομάζουμε **τήξη** ενώ της μετατροπής του υγρού σε στερεό, **πήξη**. Είδαμε ότι για το νερό η θερμοκρασία τήξης συμπίπτει με τη θερμοκρασία πήξης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα άλλα σώματα. Κάθε καθαρό σώμα έχει τη δική του θερμοκρασία τήξης, που χαρακτηρίζει απόλυτα το σώμα. Είναι όπως λέμε μια **φυσική σταθερά του σώματος**.

Ένα κομμάτι πάγου λιώνει όταν εκτεθεί σε αέρα υψηλότερης θερμοκρασίας. Τότε θερμότητα μεταφέρεται από τον αέρα στον πάγο. Αντίθετα, κατά την πήξη μεταφέρεται θερμότητα από το νερό προς το περιβάλλον του.

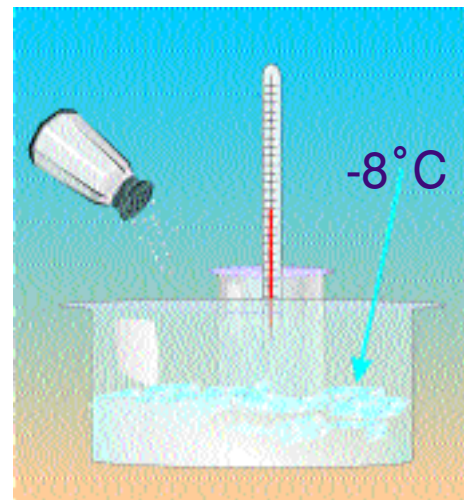
Γενικά όταν θερμότητα μεταφέρεται σε ένα στερεό αρχικά η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται και κατόπιν το σώμα λιώνει (τήκεται). Όταν θερμότητα μεταφέρεται από ένα υγρό αρχικά η θερμοκρασία του υγρού ελαττώνεται και κατόπιν το υγρό στερεοποιείται (πήζει).



Χρόνος σε λεπτά	Θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$
0	-5
1	-3
2	-1
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	1
9	2
10	3

Εικόνα 2.33

Κατά την τήξη η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.



Χρόνος σε λεπτά	Θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$
0	15
1	9
2	3
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	-1
9	-2
10	-3

Εικόνα 2.34

Η θερμοκρασία τήξης συμπίπτει με τη θερμοκρασία πήξης.

### Βρασμός - Υγροποίηση

Θερμαίνουμε νερό μέσα σε μια φιάλη και μετράμε τη θερμοκρασία του. Συγχρόνως παρατηρούμε τι συμβαίνει μέσα στη φιάλη. Αρχικά η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και παράγονται υδρατμοί με αργό ρυθμό. Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους  $100^{\circ}\text{C}$  εκδηλώνεται στο νερό μία βίαιη αναταραχή. Οι υδρατμοί παράγονται γρήγορα και σχηματίζονται μεγάλες φυσαλίδες σε όλη την έκταση του νερού. Το νερό βράζει. Σε όλη τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή και την ονομάζουμε *θερμοκρασία βρασμού*. Κάθε υγρό βράζει αλλά σε διαφορετική θερμοκρασία. Η θερμοκρασία βρασμού είναι μια φυσική σταθερά των καθαρών σωμάτων.

Το αντίστροφο φαινόμενο του βρασμού λέγεται υγροποίηση. Οι υδρατμοί υγροποιούνται στους  $100^{\circ}\text{C}$  δηλαδή σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία βρασμού.

Γενικά όταν μεταφέρεται σε ένα υγρό θερμότητα τότε η θερμοκρασία του υγρού αρχικά αυξάνεται. Όταν φθάσει τη θερμοκρασία βρασμού, το υγρό μεταυρέπεται σε αέριο. Αντιθέτως όταν θερμότητα μεταφέρεται από ένα αέριο. Όταν η θερμοκρασία του γίνει ίση με τη θερμοκρασία βρασμού, τότε υγροποιείται.

*Κατά την τήξη, τη πήξη, το βρασμό και την υγροποίηση η κατάσταση των σωμάτων αλλάζει. Αυτές οι αλλαγές ονομάζονται αλλαγές φάσης.*

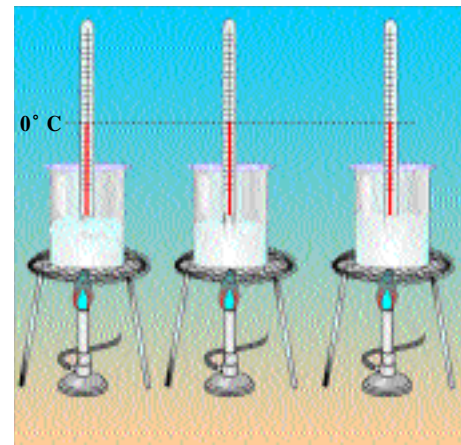


Εικόνα 2.36

Κατά τον βρασμό η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

### Θερμότητα τήξης και βρασμού

Όταν σ' ένα στερεό ή υγρό μεταφέρεται θερμότητα χωρίς να αλλάζει η κατάσταση του, τότε γενικά η θερμοκρασία του αυξάνεται. Κατά τη διάρκεια όμως της τήξης ή του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή αν και στο σώμα μεταφέρεται θερμότητα (Εικ 2.36). Τη θερμότητα που μεταφέρεται κατά την τήξη ή το βρασμό την ονομάζουμε *θερμότητα τήξης ή βρασμού* αντίστοιχα.



Σχήμα 2.36

Κατά την τήξη ενώ μεταφέρεται θερμότητα η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

Υλικό	Θερμοκρασία τήξης °C	Θερμότητα τήξης (χιλιάδες J/Kg ή J/gr)	Θερμοκρασία βρασμού °C	Θερμότητα βρασμού (103 J/Kg)
Ηλιο	-270	5,23	-269	21
Αζωτο	-210	25,5	-196	201
Οξυγόνο	-219	13,8	-183	213
Οινόπνευμα	-114	104	78	854
Υδράργυρος	-39	11,8	357	272
Νερό	0	334	100	2256
Μόλυβδος	327	24,5	1750	871
Αλουμίνιο	660	90	2450	11400
Χρυσός	1063	64,5	2660	1578
Βολφράμιο	3370		5900	
Χαλκός	1083	134	1187	5070

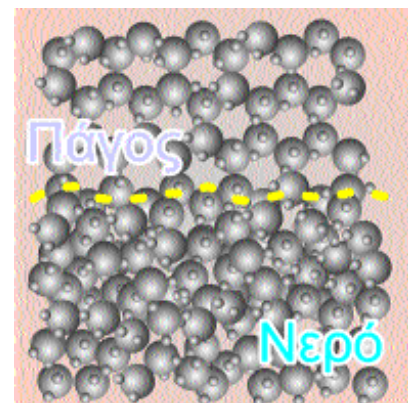
Θερμοκρασίες τήξης - βρασμού και θερμότητες τήξης - βρασμού διάφορων υλικών.

### Αλλαγές κατάστασης και μικρόκοσμος

Πώς συμπεριφέρονται τα μόρια ενός στερεού σώματος όταν θερμότητα μεταφέρεται σε αυτό; Αρχικά οι ταλαντώσεις των μορίων του γίνονται όλο και πιο έντονες. Επομένως η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται. Σε ορισμένη θερμοκρασία ωστόσο οι ταλαντώσεις είναι τόσο έντονες ώστε οι αρχικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων δεν μπορούν να τα συγκρατήσουν πλέον στις θέσεις τους (Εικ. 2.37). Τα μόρια αρχίζουν να "γλιστρούν" το ένα επάνω στο άλλο και οι μεταξύ τους δυνάμεις μειώνονται: το στερεό γίνεται υγρό. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την πήξη.

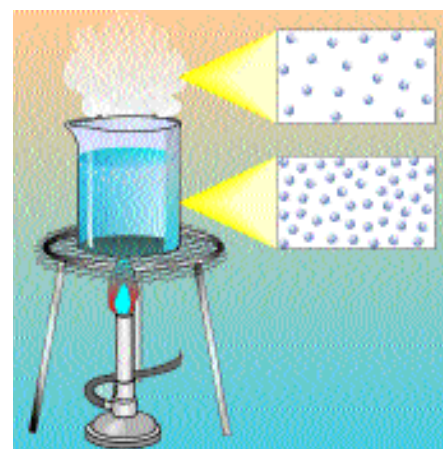
Όταν θερμότητα μεταφέρεται σε ένα υγρό, η συμπεριφορά των μορίων του είναι παρόμοια με αυτή των μορίων του στερεού (Εικ. 2.38). Αρχικά, οι κινήσεις των μορίων γίνονται όλο και πιο έντονες και η θερμοκρασία του υγρού αυξάνεται. Σε ορισμένη θερμοκρασία οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων δεν μπορούν να τα συγκρατήσουν κοντά το ένα στο άλλο και τα μόρια αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα: το υγρό γίνεται αέριο. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του έχουν σχεδόν νηδενιστεί. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την υγροποίηση.

**Προσοχή! κατά τη διάρκεια της τήξης ή του βρασμού τα μόρια δεν λιώνουν και δεν εξαερώνονται. Απλώς μεταβάλλεται ο τρόπος κίνησης τους και η ισχύς των μεταξύ τους δυνάμεων.**



Εικόνα 2.37

Στη θερμοκρασία τήξης οι δεσμοί μεταξύ των μορίων του νερού στον πάγο σπάζουν και δημιουργούνται ασθενέστεροι.



Εικόνα 2.38

Στη θερμοκρασία βρασμού οι δεσμοί μεταξύ των μορίων του υγρού σπάζουν και τα μόρια κινούνται ελεύθερα.

Γιατί κατά τη διάρκεια των αλλαγών φάσης η θερμοκρασία μένει σταθερή αν και θερμότητα μεταφέρεται στο σώμα;

Κατά τη διάρκεια των αλλαγών φάσης η κινητική ενέργεια μένει σταθερή. Αλλάζει όμως η δυναμική ενέργεια των μορίων του σώματος. Στις αλλαγές φάσης, επομένως η εσωτερική ενέργειά του σώματος μεταβάλλεται επειδή μεταβάλλεται η συνολική δυναμική ενέργεια των μορίων, αν και η θερμική ενέργεια του σώματος μένει σταθερή. Το νερό θερμοκρασίας  $0^{\circ}\text{C}$  έχει μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια από πάγο ίδιας θερμοκρασίας. Η διαφορά στην εσωτερική ενέργειά τους ισούται με τη θερμότητα τήξης. Επίσης, υδρατμοί στους  $100^{\circ}\text{C}$  έχουν μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια από νερό ίδιας θερμοκρασίας.

Κάθε μόριο πρέπει να απορροφήσει ορισμένη ενέργεια για να αλλάξει ο τρόπος σύνδεσης του με τα υπόλοιπα. **Άρα η θερμότητα τήξης ή βρασμού είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος:** διπλάσια μάζα πάγου χρειάζεται διπλάσια θερμότητα για να λιώσει.

Εξάλλου επειδή οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων δεν είναι εξίσου ισχυρές στα διάφορα σώματα, η θερμότητα τήξης και βρασμού διαφέρει από σώμα σε σώμα. Η θερμότητα τήξης, για παράδειγμα, του χαλκού είναι διπλάσια από του χρυσού.

Για το ίδιο σώμα η θερμότητα βρασμού είναι πάντοτε μεγαλύτερη από τη θερμότητας τήξης.

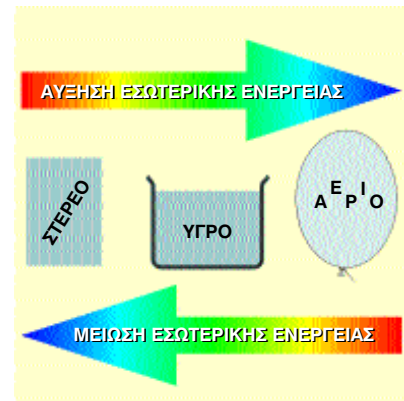
*Μεταβάλλεται η μάζα και όγκος κατά την τήξη;*

Μέσα σ' έναν ογκομετρικό σωλήνα που περιέχει πετρέλαιο ρίχνουμε παγάκια και τον τοποθετούμε στον ένα δίσκο ζυγαριάς (Εικ. 2.40). Βάζοντας κατάλληλα σταθμά στον άλλο δίσκο η ζυγαριά ισορροπεί. Καθώς ο πάγος λιώνει παρατηρούμε ότι η ισορροπία διατηρείται αλλά η στάθμη του πετρελαίου κατεβαίνει. Όταν ο πάγος τήκεται ο όγκος του ελαττώνεται. Αντίθετα όταν το νερό γίνεται πάγος στους  $0^{\circ}\text{C}$  ο όγκος του αυξάνεται. Ώστε:

**Κατά την τήξη ενός στερεού, η μάζα του διατηρείται σταθερή ενώ ο όγκος του μεταβάλλεται.**

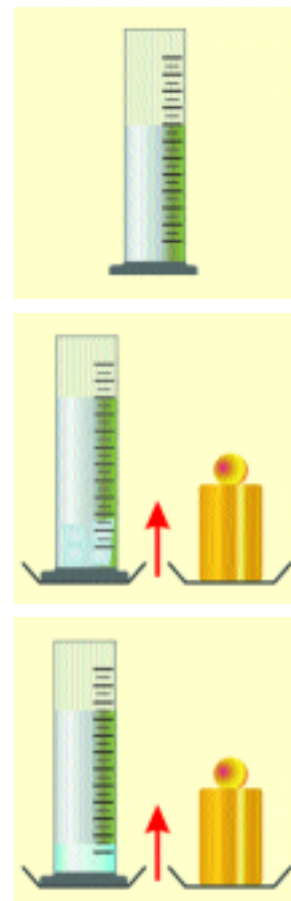
Αυτό ερμηνεύει για ποιο λόγο ένα γυάλινο μπουκάλι γεμάτο με νερό, όταν παγώσει στην κατάψυξη του ψυγείου μας σπάει.

Επειδή ο πάγος έχει μεγαλύτερο όγκο από ίση μάζα νερού, έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Τα παγόβουνα λοιπόν επιπλέουν στη θάλασσα και τα παγάκια στην πορτοκαλάδα μας.



Εικόνα 2.39

Αλλαγή κατάστασης και εσωτερικής ενέργειας.



Εικόνα 2.40

Κατά την τήξη του πάγου η μάζα διατηρείται σταθερή ενώ ο όγκος μειώνεται.

Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε μικροσκοπικά την αύξηση του όγκου του νερού κατά τη πήξη;

Στο νερό τα μόρια "γλιστρούν" το ένα πάνω στο άλλο σχεδόν σε επαφή μεταξύ τους. Όταν ο νερό γίνεται πάγος τα μόρια σχηματίζουν εξάγωνα, οπότε ο χώρος που καταλαμβάνουν αυξάνεται (Εικ 2.37).

Από 0 μέχρι 4°C μικροσκοπικοί κρύσταλλοι πάγου, που έχουν παραμείνει μέσα στο νερό, λιώνουν σιγά - σιγά. Άρα από 0 μέχρι 4°C ο όγκος του νερού ελαττώνεται.

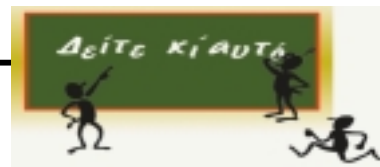
Τη συμπεριφορά του νερού να αυξάνεται ο όγκος του όταν γίνεται πάγος δεν ακολουθεί κάθε σώμα. Λόγου χάριν όταν ο υγρός μόλυβδος στερεοποιείται ο όγκος του ελαττώνεται. Για τα περισσότερα υλικά ο όγκος αυξάνεται κατά την τήξη.

### Μεταβολή των θερμοκρασιών τήξης και βρασμού.

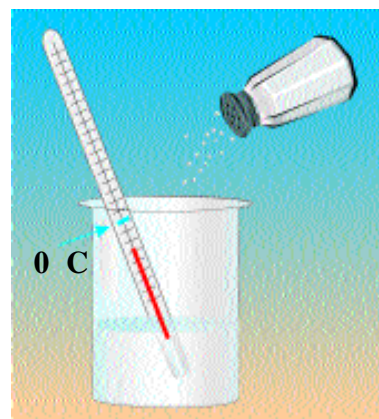
Όταν σε πάγο ρίξουμε αλάτι μεταξύ των μορίων του πάγου παρεμβάλλονται κρυσταλλάκια αλατιού. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του πάγου λοιπόν εξασθενούν και ο πάγος λιώνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0°C (Εικ. 2.41). Πράγματι, το θαλασσίνο νερό, που είναι μίγμα νερού και αλατιού, πήζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0°C, η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητα του σε αλάτι. Παρόμοια, αν στο νερό του ψυγείου του αυτοκινήτου προσθέσουμε κατάλληλο υγρό το μίγμα πήζει στους -40°C. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα ψύξης του κινητήρα προστατεύεται από την αύξηση του όγκου του νερού που θα συνέβαινε κατά τη πήξη του.

Όταν ο πάγος γίνεται νερό, τα μόρια πλησιάζουν μεταξύ τους. Αν συμπιέζουμε τον πάγο βοηθάμε, επομένως τα μόρια να πλησιάσουν μεταξύ τους και ο πάγος λιώνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0°C.

Όσο η πίεση που ασκεί ο αέρας στο νερό είναι υψηλότερη τόσο δυσκολότερα τα μόρια του νερού απομακρύνονται μεταξύ τους. Έτσι το νερό βράζει σε υψηλότερη θερμοκρασία (Εικ. 2.42). Στη χύτρα ταχύτητας το νερό βράζει στους 120°C γιατί ο ατμός που εγκλωβίζεται ασκεί επιπλέον πίεση στην επιφάνεια του νερού.

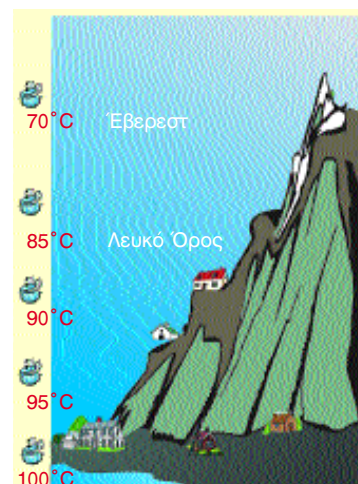


Το μέταλλο γάλλιο φαίνεται να λιώνει στη γαντοφορεμένη χούφτα. Αυτό γιατί η θερμοκρασία τήξης του είναι μόλις 29,8°C. Είναι από τα λίγα μέταλλα που όταν στερεοποιούνται διαστέλλονται. Χρησιμοποιείται ως θερμομετρικό υγρό σε ειδικά θερμομέτρα για τη μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών, επειδή βράζει στους 2400°C περίπου.



Εικόνα 2.41

Η θερμοκρασία τήξης του αλατόνερου είναι μικρότερη από 0°C.



Εικόνα 2.42

Στη κορυφή των βουνών η πίεση του αέρα είναι μικρότερη από την πίεση του στην επιφάνεια της θάλασσας. Όσο αυξάνεται το ύψος, το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία.



## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:  
Τήξη, πήξη, θερμοκρασία τήξης, θερμοκρασία πήξης, θερμότητα τήξης, θερμότητα πήξης, βρασμός, θερμοκρασία βρασμού.

2. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές;

Καθώς τα παγάκια λιώνουν στην πορτοκαλάδα μου:

α) μεταφέρεται θερμότητα από τα παγάκια στην πορτοκαλάδα.

β) μεταφέρεται θερμότητα από την πορτοκαλάδα στα παγάκια.

γ) μεταφέρεται θερμότητα από τον αέρα μόνο στα παγάκια.

δ) μεταφέρεται θερμότητα από τον αέρα στα παγάκια και στην πορτοκαλάδα.

ε) η θερμοκρασία της πορτοκαλάδας ελαττώνεται.

3. Γιατί το χειμώνα στους χιονισμένους δρόμους σκορπίζουμε αλάτι;

4. Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο. Είναι δεδομένο ότι κάθε λεπτό μεταφέρεται από το σώμα το ίδιο ποσό θερμότητας.

Θερμοκρασία σε °C	83	70	60	53	53	53	53	48	43
Χρόνος σε min	0	1	2	3	4	5	6	7	8

α) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας ως προς το χρόνο.

β) Η μεταβολή αυτή αντιστοιχεί σε θέρμανση, τήξη ή πήξη του σώματος; Τεκμηριώστε την άποψή σας.

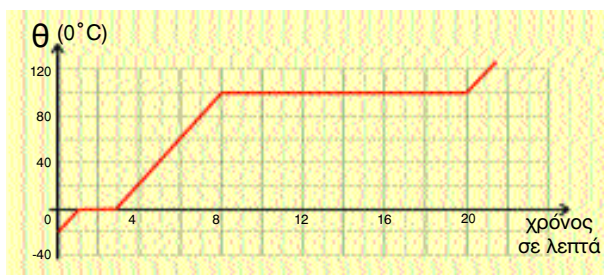
5. Αν κατά τη διάρκεια του βρασμού μιας ποσότητας νερού δυναμώσουμε αυξήσουμε απότομα το ρυθμό παροχής θερμότητας, η θερμοκρασία του νερού:

α) Θα μεγαλώσει.

β) Θα μικρύνει.

γ) Θα παραμείνει η ίδια.

6. Στην εικόνα έχουμε σχεδιάσει τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας νερού σε συνάρτηση με το χρόνο που το θερμαίνουμε. Η θέρμανση γίνεται με σταθερό ρυθμό -δηλαδή το ποσό της θερμότητας που προσφέρουμε ανά λεπτό είναι σταθερό.



α) Σε ποιο χρονικό διάστημα το νερό βρίσκεται: σε στερεή, σε υγρή, σε αέρια κατάσταση.

β) Σε ποιο χρονικό διάστημα συνυπάρχουν: στερεό και υγρό, υγρό και αέριο.

γ) Πόσο χρόνο διάρκεσε η τήξη του πάγου και πόσο ο βρασμός του νερού; Γιατί ο χρόνος του βρασμού είναι πολύ μεγαλύτερος από το χρόνο τήξης ίσης μάζας πάγου;

7. Η θερμότητα που απαιτείται για να λιώσει 1g πάγος 0° C είναι 335J. Πόση θερμότητα πρέπει να μεταφέρουμε σε 2kg πάγου για να τον μετατρέψουμε σε νερό ίσης θερμοκρασίας;

8. Μεταβάλλεται η μάζα ενός σώματος κατά την αλλαγή της κατάστασής του; Επινοήστε ένα απλό πείραμα για να υποστηρίξετε την άποψή σας.

## 2.7 Εξάτμιση και συμπύκνωση

Ο βρασμός δεν είναι ο μοναδικός τρόπος με τον οποίο ένα υγρό γίνεται αέριο. Ο βρεγμένος δρόμος και τα απλωμένα ρούχα στεγνώνουν. Δηλαδή το νερό μετατρέπεται σιγά - σιγά σε αέριο, σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία βρασμού. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται εξάτμιση .

*Πώς προκαλείται η εξάτμιση;*

Ορισμένα μόρια όταν βρεθούν στην επιφάνεια του υγρού καταφέρνουν να σπάσουν τους δεσμούς τους με τα υπόλοιπα και να διαφύγουν στο χώρο (Εικ. 2.43).

Η εξάτμιση γίνεται από την επιφάνεια του υγρού. Πράγματι, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του τόσο πιο γρήγορα εξατμίζεται ένα υγρό. Γι' αυτό απλώνουμε τα ρούχα για να στεγνώσουν. Επίσης, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός υγρού τόσο εντονότερα κινούνται τα μόρια του και τόσο ευκολότερα διαφεύγουν από το υγρό. Η εξάτμιση λοιπόν γίνεται πιο γρήγορα. Γι' αυτό το καλοκαίρι, που η θερμοκρασία είναι υψηλότερη η εξάτμιση είναι εντονότερη.

Τα μόρια που διαφεύγουν, δεν εγκαταλείπουν πάντοτε οριστικά το υγρό. Συχνά, συγκρούονται με μόρια του αέρα, γυρίζουν προς τα πίσω και επιστρέφουν στο υγρό. Με αυτό τον τρόπο η εξάτμιση καθυστερεί. Όταν λοιπόν ρεύμα αέρα παρασύρει μακριά από την επιφάνεια τα μόρια του υγρού που διαφεύγουν, η εξάτμιση γίνεται εντονότερη. Γι' αυτό όταν φυσά τα ρούχα στεγνώνουν γρηγορότερα.

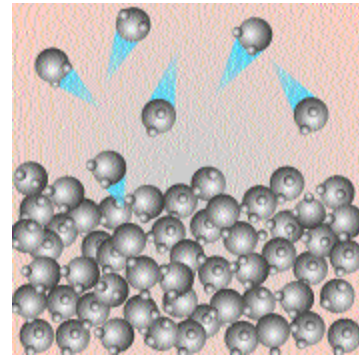
Επειδή κατά την εξάτμιση διαφεύγουν μόρια τα οποία έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από τα υπόλοιπα η θερμοκρασία του υγρού ελαττώνεται. Για αυτό όταν ρίξουμε λίγο οινόπνευμα στο χέρι μας αισθανόμαστε ψύχος. Καθώς το οινόπνευμα εξατμίζεται, η θερμοκρασία του ελαττώνεται και θερμότητα μεταφέρεται από το χέρι μας στο λιγότερο θερμό οινόπνευμα.

### Συμπύκνωση

Οι αόρατοι υδρατμοί που δημιουργούνται με την εξάτμιση του νερού από τα βρεγμένα ρούχα ή από την επιφάνεια των



- Τυλίξτε γύρω από το δοχείο υδραργύρου ενός θερμομέτρου λίγο βαμβάκι.
- Βρέξτε το βαμβάκι με το οινόπνευμα.
- Παρατηρήστε την ένδειξη του θερμομέτρου. Πώς εξηγείτε την παρατήρησή σας;



Εικόνα 2.43

Κατά την εξάτμιση ορισμένα μόρια δραπέτευουν από την επιφάνεια του υγρού

## Κατάδυση στη φυσική

Σε κάποια υγρά, όπως το οινόπνευμα, οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι ασθενείς. Έτσι τα μόρια τους εύκολα διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού. Τέτοια υγρά που εξατμίζονται εύκολα ονομάζονται πηητικά.



Εικόνα 2.44

Οι υδρατμοί της θερμής ανάσας μας καθώς ακουμπούν στο κρύο τζάμι συμπυκνώνονται και σχηματίζουν σταγονίδια.



Όταν φυλάμε τα ρούχα στη ντουλάπα χρησιμοποιούμε σαν σκοροκτόνο βόλους ναφθαλίνης ή κάποια πλακίδια αντίστοιχης δράσης. Η ναφθαλίνη δρα γιατί οι ατμοί της διασκορπίζονται σε όλο το χώρο, καθώς, στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, περνά απευθείας από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Υλικά που συμπεριφέρονται όπως η ναφθαλίνη λέμε ότι εξαχνώνονται.

θαλασσών, όταν ψυχθούν μετατρέπονται σε ορατά σταγονίδια νερού. Αυτό το φαινόμενο το ονομάζουμε *συμπύκνωση*.

Η συμπύκνωση είναι μετατροπή ενός αερίου σε υγρό δηλαδή είναι διαδικασία αντίστροφη της εξάτμισης. Με συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σχηματίζονται η ομίχλη και τα σύννεφα. Αλλά και ο θερμός και αόρατος υδρατμός που παράγεται κατά τον βρασμό ψύχεται από τον γύρω του αέρα και συμπυκνώνεται. Γι' αυτό όταν το νερό βράζει παρατηρούμε συνήθως ένα "λευκό σύννεφο" που δημιουργείται από μικροσκοπικά σταγονίδια νερού (Εικ. 2.45).



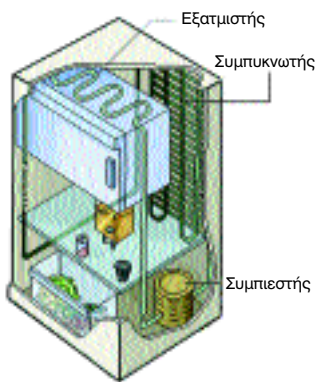
Εικόνα 2.45

Το «λευκό σύννεφο» πάνω από τους πύργους ψύξης ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού οφείλεται στην συμπύκνωση μέρους του ατμού.

Ενώ κατά την εξάτμιση θερμότητα μεταφέρεται από το περιβάλλον στο υγρό, κατά τη συμπύκνωση θερμότητα μεταφέρεται από τους ατμούς στο περιβάλλον. Γι' αυτό και είναι πάντα λίγο πιο υψηλή η θερμοκρασία όταν βρέχει ή χιονίζει παρά όταν δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο.



### Ηλεκτρικό ψυγείο

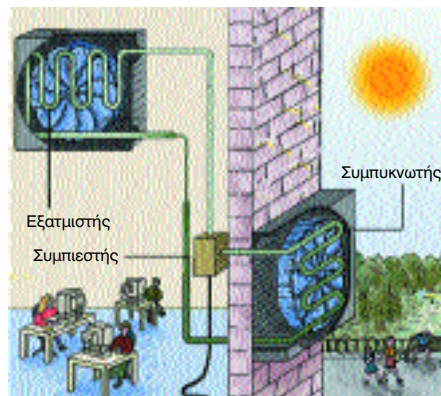


Στο εσωτερικό του ηλεκτρικού ψυγείου η θερμοκρασία διατηρείται χαμηλή, κοντά στο μηδέν. Η λειτουργία του ψυγείου βασίζεται στη διαδικασία της εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός κατάλληλου ψυκτικού υγρού. Όταν το ψυγείο λειτουργεί, θερμότητα μεταφέρεται από το εσωτερικό του στον συμπυκνωτή και από αυτόν στο περιβάλλον (συνήθως στο χώρο της κουζίνας). Η κυκλοφορία του υγρού γίνεται μέσα στους σωλήνες του εξατμιστή και του συμπυκνωτή με τη βοήθεια του συμπιεστή (κομπρεσέρ), που λειτουργεί με ηλεκτρικό κινητήρα ( στο συμπιεστή οφείλεται ο ανεπαίσθητος βόμβος κατά τη λειτουργία του ψυγείου). Η ψύξη στο χώρο της κατάψυξης δημιουργείται με την εξάτμιση του ψυκτικού υγρού στους σωλήνες του εξατμιστή. Στη συνέχεια το ψυκτικό αέριο επιστρέφει και υγροποιείται στο συμπυκνωτή (την εξωτερική λεπτή σωλήνωση στο πίσω μέρος του ψυγείου). Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται κυκλικά. Χάρη σε ένα θερμοστάτη που σταματά ή θέτει σε λειτουργία τον ηλεκτροκινητήρα, η θερμοκρασία στη

κάψυξη και στους διάφορους χώρους του θαλάμου του ψυγείου διατηρείται σχεδόν σταθερή στα επιθυμητά όρια. Το πρώτο ηλεκτρικό ψυγείο οικιακής χρήσης διατέθηκε στην αγορά από την εταιρεία Kelvinator το 1925.

### Συσκευή κλιματισμού

Η συσκευή κλιματισμού λειτουργεί περίπου όπως και το ηλεκτρικό ψυγείο. Ο εξατμιστής βρίσκεται στο εσωτερικό του δωματίου και ο συμπυκνωτής έξω από αυτό. Ο αέρας κυκλοφορεί μεταξύ τους με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Όταν αντιστραφούν οι θέσεις εξατμιστή και συμπυκνωτή η συσκευή θερμαίνει.

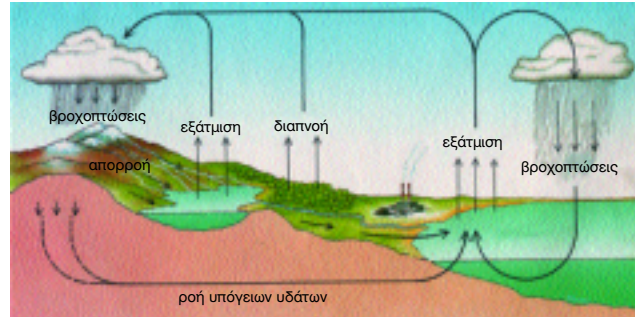




### Ο κύκλος του νερού στη φύση

Το νερό στο ποτήρι μας έρχεται από υδραγωγείο μέσα από δίκτυο ύδρευσης, ενώ το νερό της μπανιέρας μας διοχετεύεται στο δίκτυο αποχέτευσης και καταλήγει στη θάλασσα, για να ανακυκλωθεί στους ωκεανούς και την ατμόσφαιρα και να «ξαναγεμίσει» ίσως κάποτε και πάλι στο ποτήρι μας! Πώς όμως;

Το νερό υπάρχει στη φύση ως υγρό στους ωκεανούς, τις θάλασσες, τις λίμνες, τα ποτάμια τη βροχή - ως στερεό στον πάγο και το χιόνι και ως αέριο, που είναι οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα. Το νερό είναι άφθονο στον πλανήτη μας. Υπολογίζεται ότι το 97% της ποσότητας του βρίσκεται στους ωκεανούς, το 2% συγκρατείται στους πολικούς πάγους και τους παγετώνες και το υπόλοιπο 1% μοιράζεται στις λίμνες, τα υπόγεια νερά, τη βλάστηση και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας. Στον άνθρωπο και τα ζώα το νερό αποτελεί το 70 % της μάζας τους ενώ στις ώριμες ντομάτες το 95%.



Παρά τη συνεχή και μεγάλη κατανάλωσή του η συνολική ποσότητα του νερού στη Γη παραμένει ουσιαστικά σταθερή εδώ και ένα δισεκατομμύριο χρόνια! Πώς όμως γίνεται αυτό; Το νερό πραγματοποιεί κύκλο περνώντας από τη μια μορφή στην άλλη. Έτσι, καθώς το νερό στους ωκεανούς και τις θάλασσες ζεσταίνεται από τον Ήλιο, εξατμίζεται συνεχώς. Όμοια στη στεριά παράγονται υδρατμοί από την εξάτμιση του νερού των λιμνών και των ποταμών και από τη διαπνοή των φυτών.

Οι υδρατμοί που παράγονται, καθώς ανεβαίνουν όλο και ψηλότερα στην ατμόσφαιρα, ψύχονται και υγροποιούνται σε μικρά σταγονίδια νερού, που σχηματίζουν τα σύννεφα. Τα σταγονίδια των σύννεφων όταν ψύχονται ακόμα περισσότερο από παγωμένες ποσότητες αέρα, ομαδοποιούνται και σχηματίζουν πιο χοντρές σταγόνες. Όσο μεγαλώνουν οι σταγόνες δεν μπορούν να συγκρατηθούν πλέον στον αέρα και πέφτουν. Είναι η βροχή. Αν όμως κατά τη διαδρομή τους συναντήσουν στρώματα αέρα πολύ κρύα παγώνουν και σχηματίζουν μικρούς παγοκρυστάλλους: Το χιόνι.

Όταν η βροχή φτάσει στο έδαφος, ένα μέρος της εξατμίζεται, άλλο ρέει τροφοδοτώντας τα ποτάμια ή περνώντας μέσα στο έδαφος. Στο έδαφος το νερό είτε απορροφάται από τις ρίζες των δέντρων και των φυτών είτε σχηματίζει υπόγεια στρώματα. Το νερό των ποταμών χύνεται στη θάλασσα και η ίδια διαδικασία αρχίζει και πάλι από την αρχή.

Παρ' όλη την αφθονία του νερού, το πρόβλημα του πόσιμου νερού είναι υπαρκτό σε πολλά μέρη του πλανήτη μας.

## Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες "εξάτμιση" και "συμπύκνωση".
2. Γιατί όταν φυσάμε μια καυτή σούπα, αυτή κρυώνει συντομότερα;
3. Γιατί στις παραθαλάσσιες περιοχές, το καλοκαίρι υπάρχει περισσότερη υγρασία στην ατμόσφαιρα απ' ό,τι το χειμώνα;
4. Στον ένα δίσκο ζυγού τοποθετούμε ανοιχτό δοχείο με οινόπνευμα. Στον άλλο δίσκο τοποθετούμε σταθμά, ώστε ο ζυγός να ισορροπήσει. Μετά από λίγο παρατηρούμε ότι ο ζυγός δεν ισορροπεί πλέον. Γιατί συμβαίνει αυτό; πώς μπορούμε να επιταχύνουμε το φαινόμενο χωρίς να αγγίξουμε το ζυγό;
5. Σε τι διαφέρει ο βρασμός από την εξάτμιση;
6. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ταχύτητα της εξάτμισης;
7. Με ποιο μηχανισμό ένα στερεό αποσμητικό χώρου αρωματίζει τον αέρα ενός δωματίου;
8. Γιατί το χειμώνα τα τζάμια των παραθύρων του αυτοκινήτου θολώνουν -υγραίνονται- από την εσωτερική τους πλευρά;

## 2. 8 Πώς άγεται η θερμότητα

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ γιατί η χύτρα, κατασκευάζεται από αλουμίνιο ενώ οι λαβές της από πλαστικό; Επίσης γιατί αισθανόμαστε πιο κρύο το πόμολο από τη ξύλινη πόρτα, παρόλο που γνωρίζουμε ότι και τα δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία;

Αν πλησιάσουμε το άκρο ενός μεταλλικού σύρματος σε μια φλόγα, γρήγορα αισθανόμαστε να θερμαίνονται τα δάχτυλα μας που κρατούν το άλλο άκρο του σύρματος. Τι έχει συμβεί άραγε;

Γνωρίζουμε ότι η θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από τα θερμότερα προς τα λιγότερο θερμά σώματα. Από τη φλόγα λοιπόν η θερμότητα μεταφέρεται στην άκρη του μεταλλικού σύρματος αυξάνοντας τη θερμοκρασία του. Τότε τα μόρια του μετάλλου στην περιοχή που βρίσκεται πάνω από τη φλόγα, αρχίζουν να κινούνται περισσότερο έντονα. Συγκρούονται με τα γειτονικά μόρια (της γύρω λιγότερο θερμής περιοχής) και μεταφέρουν σε αυτά ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας. Αυτά με τη σειρά τους μεταφέρουν ενέργεια στα γειτονικά τους κ.ο.κ. Με τη διαδικασία αυτή, μεταφέρεται ενέργεια δια μέσου του σώματος από περιοχές με υψηλότερη θερμοκρασία προς άλλες με χαμηλότερη. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι όλες οι περιοχές να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη διάδοση της ενέργειας με τον τρόπο αυτόν, δεν συμβαίνει μετακίνηση μορίων από το ένα μέρος του σώματος στο άλλο. Η διάδοση της θερμότητας με τον τρόπο αυτό είτε μέσα σε ένα σώμα είτε μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή, την ονομάζουμε αγωγή.

Από την καθημερινή εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι αν τοποθετήσουμε σε νερό που βράζει ένα μεταλλικό κουτάλι, μετά από λίγο, το μεταλλικό κουτάλι είναι τόσο θερμό που δεν μπορούμε να το πιάσουμε με το χέρι μας. Σε αντίθεση τέτοιο πρόβλημα δεν έχουμε, με μία ξύλινη κουτάλα.

Λέμε ότι τα μέταλλα που διευκολύνουν τη διάδοση της θερμότητας είναι *θερμικοί αγωγοί*. Έχουν δηλαδή μεγάλη θερμική αγωγιμότητα. Ενώ άλλα στερεά σώματα όπως τα πλαστικά, το χαρτί, ο φελλός, η πολυστερίνη ή το λίπος στο σώμα μας, έχουν μικρή ή πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα. Αυτό σημαίνει ότι η θερμότητα διαδίδεται μέσα από αυτά με πολύ αργό ρυθμό. Τα χαρακτηρίζουμε λοιπόν ως “κακούς” αγωγούς της θερμότητας ή αλλιώς λέμε ότι είναι *θερμικοί μονωτές*. Για αυτό το λόγο τα μαγειρικά σκεύη κατασκευάζονται από μέταλλο με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, ενώ οι λαβές τους από υλικό που είναι μονωτής.



- Σε μια μεταλλική βελόνα πλεξίματος στάξετε σε ίσες αποστάσεις από μία σταγόνα λιωμένο κερί.
- Κρατείστε τη μία άκρη της βελόνας πάνω από τη φλόγα ενός κεριού.
- Τι παρατηρείτε, πώς μεταφέρεται η θερμότητα από τη φλόγα σε ολόκληρη τη βελόνα;

**Πώς εξηγείτε την παρατήρησή σας;**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5**

	Θερμική αγωγιμότητα
Υλικό	
<b>ΑΓΩΓΟΙ</b>	
Άργυρος	<b>203000</b>
Χαλκός	<b>192000</b>
Αλουμίνιο	<b>102000</b>
Σίδηρος	<b>25000</b>
<b>ΜΟΝΩΤΕΣ</b>	
Γυαλί	<b>400</b>
Μπετόν	<b>400</b>
Τούβλο	<b>300</b>
Νερό	<b>300</b>
Ξύλο	<b>40</b>
Αέρας	<b>10</b>
Πολυστερίνη	<b>5</b>
Υαλοβάμβακας	<b>1</b>

Κατάταξη ποικίλων υλικών ως προς τη θερμική αγωγιμότητα. Τα υλικά από μόνα τους δεν είναι ούτε θερμά ούτε ψυχρά. Έχουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός τους. Όμως σε άλλα υλικά η θερμότητα διαδίδεται γρήγορα (αγωγοί) ενώ σε άλλα πολύ αργά (μονωτές).

Το πόμολο και το ξύλο μιας πόρτας έχουν την ίδια θερμοκρασία. Τα μέταλλα ωστόσο είναι καλύτεροι αγωγοί της θερμότητας από το ξύλο. Όταν πιάνουμε το πόμολο ή το ξύλο μεταφέρεται θερμότητα από το χέρι μας πιο γρήγορα προς το πόμολο παρά προς το ξύλο. Λόγω της διαφορετικής αγωγιμότητας και όχι λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, ξεγελιόμαστε νομίζοντας ότι τα μεταλλικά αντικείμενα που υπάρχουν στο δωμάτιο μας είναι λιγότερο θερμά από τα μη μεταλλικά.

Τα αέρια και τα υγρά μπορούν άραγε να χαρακτηριστούν αγωγοί ή μονωτές; Παρατηρούμε ότι αν πλησιάσουμε ένα σπίρτο πολύ κοντά στη βάση της φλόγας ενός κεριού, δεν ανάβει!! Συμπαιρένουμε ότι η θερμότητα δεν μεταφέρεται με αγωγή δια μέσου του αέρα. Ο αέρας είναι ένας μονωτής. Πορώδη υλικά που παγιδεύουν τον αέρα και είναι πολύ καλοί μονωτές είναι το μαλλί, η γούνα, τα πούπουλα, ο υαλοβάμβακας, η διογκωμένη πολυστερίνη κ.ά. Τα δύο τελευταία υλικά χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικά για τη θερμική μόνωση των κτιρίων.

Το νερό, ο πάγος και το χιόνι σε σύγκριση με τα μέταλλα συμπεριφέρονται σαν μονωτές. Το χιόνι από το οποίο κατασκευάζουν τα σπίτια τους οι Εσκιμώοι λειτουργεί σαν θερμομονωτικό υλικό εμποδίζοντας την απώλεια θερμότητας από το εσωτερικό του σπιτιού προς τα έξω.



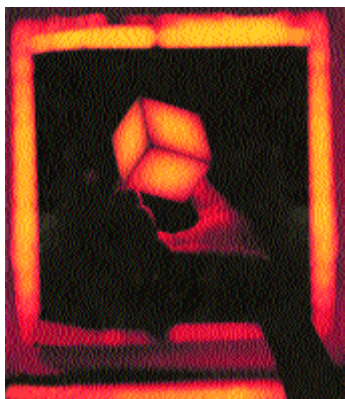
Εικόνα 2.46

Αν και το σπίρτο βρίσκεται σε πολύ μικρή απόσταση από τη βάση της φλόγας δεν αναφλέγεται. Ο αέρας που παρεμβάλλεται μεταξύ φλόγας και σπίρτου είναι μονωτής.



Εικόνα 2.47

Τα πουλιά δεν κρυώνουν γιατί ο αέρας που παγιδεύεται κάτω από το φτέρωμά τους εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα τους στο περιβάλλον. Οι πιγκουΐνοι της Ανταρκτικής διαθέτουν θερμική μόνωση που εξασφαλίζεται με ένα στρώμα από αδιάβροχα και λιπαρά πούπουλα, ένα εσωτερικό στρώμα από αφράτο χνούδι και ένα παχύ στρώμα λίπους κάτω από το δέρμα τους.



Τα κεραμικά προστατευτικά πλακάκια διαστημικής τεχνολογίας με τα οποία επενδύονται εξωτερικά τα αμερικανικά διαστημικά λεωφορεία έχουν "ασυνήθιστες" ιδιότητες. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγεται και η πάρα πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητά τους.

Έτσι, μπορεί κάποιος να κρατά ένα τέτοιο πυρωμένο πλακάκι από τις γωνίες του χωρίς κανένα πρόβλημα!

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Σχηματίστε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες:  
θερμικός αγωγός, θερμικός μονωτής, θερμική αγωγιμότητα.
2. Όταν μια χειμωνιάτικη ημέρα αγγίζουμε συγχρόνως ένα κλαδί και μια μεταλλική κολώνα, αισθανόμαστε το κλαδί θερμότερο από την κολώνα.  
Ποια από τις δύο προτάσεις που ακολουθούν ερμηνεύει σωστά αυτό το εμπειρικό μας δεδομένο;  
α) Η θερμοκρασία του κλαδιού είναι υψηλότερη από της κολώνας διότι το ξύλο είναι θερμικός μονωτής ενώ το μέταλλο θερμικός αγωγός.  
β) Οι θερμοκρασίες του κλαδιού και της κολώνας είναι ίσες. Ωστόσο από το χέρι μας - του οποίου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη - μεταφέρεται θερμότητα ευκολότερα στην κολώνα παρά στο κλαδί, γιατί η πρώτη είναι θερμικός αγωγός ενώ το τελευταίο μονωτής.
3. Όταν σε ένα κομμάτι πάγου ακουμπήσουμε το άκρο ενός σύρματος, μετά από λίγο, αισθανόμαστε ότι το άλλο άκρο, από το οποίο κρατάμε το σύρμα, κρυώνει. Ποια από τις επόμενες ερμηνείες του φαινομένου αυτού είναι σωστή;  
Το άκρο κρυώνει διότι διαμέσου του σύρματος:  
α) από το χέρι μας θερμότητα μεταφέρεται στον πάγο.  
β) από τον πάγο θερμότητα μεταφέρεται στο χέρι μας.  
γ) από τον πάγο ψύχος μεταφέρεται στο χέρι μας.
4. Γιατί το χιόνι που καλύπτει τους αγρούς προστατεύει τους νεαρούς βλαστούς από τον κρύο αέρα;
5. Το χειμώνα φοράμε μάλλινα ρούχα για να μην κρυώνουμε.  
Εξηγήστε γιατί.
6. Τοποθετούμε έξω από το ψυγείο δύο Παγάκια, από τα οποία το ένα το έχουμε τυλίξει με μάλλινο ύφασμα. Ποιο από τα δύο θα λιώσει πρώτο;  
Τεκμηρίωσε την άποψή σου.

## 2.9 Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς

Είδαμε ότι τα αέρια είναι μονωτές. Ωστόσο αν τοποθετήσουμε πάνω από τη φλόγα ενός κεριού ένα σπίρτο, το σπίρτο ανάβει. Με ποιο τρόπο μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στο σπίρτο;

Όταν μια ποσότητα υγρού ή αερίου θερμαίνεται, τότε διαστέλλεται. Οπότε η πυκνότητα της μειώνεται. Έτσι, κινείται προς τα πάνω και αντικαθίσταται από άλλη ψυχρότερη και πυκνότερη. Δημιουργούνται, λοιπόν, ρεύματα μεταφοράς. Με τέτοια ρεύματα μεταφοράς αέρα, που προκαλεί το θερμό σώμα της σόμπας ή το καλοριφέρ, ζεσταίνεται το δωμάτιό μας το χειμώνα. Αλλά και τα μακαρόνια βράζουν στη κατσαρόλα μας λόγω των ρευμάτων μεταφοράς του νερού, που δημιουργούνται καθώς αυτό συνεχώς θερμαίνεται (Εικ. 2.48). Στα υγρά και στα αέρια η θερμότητα διαδίδεται κυρίως με ρεύματα μεταφοράς.

Γνωρίζουμε ότι όταν η θερμότητα διαδίδεται με αγωγή, τα μόρια του υλικού δεν μετακινούνται από τη μια περιοχή στην άλλη. Αντιθέτως, όταν δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς, ύλη, δηλαδή μόρια, μετακινούνται από μία περιοχή που έχει υψηλή θερμοκρασία προς μια ψυχρότερη. Αυτό συνεχίζεται μέχρι όλο το υγρό ή το αέριο, να αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία.

Η διάδοση της θερμότητας με μεταφορά είναι μια συνηθισμένη διαδικασία στη φύση τόσο σε φαινόμενα μικρής κλίμακας, όπως κατά το βρασμό του νερού, τη θέρμανση του δωματίου από το καλοριφέρ, την ψύξη των τροφίμων στο θάλαμο του ψυγείου ή τη θέρμανση του σώματός μας με τη ροή του αίματος, όσο και σε φαινόμενα μεγάλης κλίμακας. Τέτοια είναι η κυκλοφορία του αέρα στην ατμόσφαιρα, που προκαλεί τους ανέμους, και η μετακίνηση τεράστιων ποσοτήτων νερού στους ωκεανούς με τα θαλάσσια ρεύματα που ξεκινούν από τις θερμές τροπικές περιοχές. Αν εμποδίσουμε την κυκλοφορία του αέρα γύρω από ένα ζεστό αντικείμενο τότε σχεδόν μηδενίζεται η μεταφορά θερμότητας από αυτό, μέσω ρευμάτων μεταφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με την επένδυση, λόγω χάρη, των σωλήνων μεταφοράς ζεστού νερού με θερμομονωτικό υλικό, με τα μάλλινα ρούχα στο σώμα μας, με τα φτερά και τα πούπουλα στα πουλιά κ.τ.λ. Αυτά τα υλικά παγιδεύουν μέσα, σε μικρές κοιλότητες (πόρους), αέρα, αποτρέποντας τη δημιουργία ρευμάτων μεταφοράς. Για αυτό και τα μάλλινα ρούχα μας "ζεσταίνουν" το χειμώνα.



Εικόνα 2.48

Το νερό καθώς βράζει αναδεύεται. Θερμότητα μεταφέρεται με τη συνεχή μετακίνηση ζεστού νερού με ρεύματα μεταφοράς από το θερμό πυθμένα της κατσαρόλας προς την επιφάνεια. Πάνω από τη θερμή επιφάνεια του νερού οι θερμοί υδρατμοί δημιουργούν ρεύματα μεταφοράς αέρα

### Καιάδυση στη φυσική

Η διάδοση της θερμότητας με μεταφορά μπορεί να γίνει με δύο τρόπους.

Είτε από τη μεταβολή της πυκνότητας που δημιουργεί η θερμική διαστολή ενός υγρού ή αερίου, είτε με μηχανικό τρόπο. Με τη λειτουργία δηλαδή μιας αντλίας, όπως η καρδιά για την κυκλοφορία του αίματος ή ενός ανεμιστήρα, όπως στο στεγνωτήρα των μαλλιών.

Στο θάλαμο του ηλεκτρικού ψυγείου η κυκλοφορία του ψυχρού αέρα γίνεται και με τους δύο τρόπους.



- Κόψτε ένα κομμάτι χαρτί σε σχήμα σπείρας και κρεμάστε το από μια κλωστή.
- Ανάψτε ένα σπίρτο και

πλησιάστε το διαδοχικά επάνω, στο πλάι και κάτω από τη σπείρα.

**Τι παρατηρείτε;**

**Πού δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς αέρα;**

Ως τι ανιχνευτή μπορούμε να χρησιμοποιούμε αυτή τη χάρτινη σπείρα;





Στην πτήση με ανεμόπτερο, δηλαδή αεροπλάνο χωρίς κινητήρα, ο πιλότος πετάει μέσα σε περιοχές θερμών ανοδικών ρευμάτων αέρα. Αυτές βρίσκονται στις πλαγιές λόφων και βουνών, πάνω από βιομηχανικές περιοχές, οργωμένα χωράφια και πόλεις ή κάτω από τα πυκνά, σαν πύργο από μπαμπάκι, σύννεφα (σωρείτες). Οι έμπειροι πιλότοι αναζητούν τα θερμά ανοδικά ρεύματα παρατηρώντας πού τα πουλιά αιωρούνται, κάνοντας κύκλους. Τα πουλιά έχουν ανακαλύψει τα μυστικά των θερμών ανοδικών ρευμάτων χιλιάδες χρόνια πριν από τον άνθρωπο.

### Κεντρική θέρμανση

Με το ζεστό νερό από τον λέβητα μεταφέρεται θερμότητα προς το σώμα του καλοριφέρ. Συνήθως το νερό κυκλοφορεί με τη βοήθεια αντλίας. Από το θερμό πλέον καλοριφέρ θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή στον αέρα που το περιβάλλει και δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς. Έτσι διαχέεται στο δωμάτιο το μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας από το καλοριφέρ. Το ζεστό νερό καθώς ρέει στις φέτες του καλοριφέρ κρυώνει. Κινείται προς τη βάση του και από εκεί επιστρέφει στο λέβητα, όπου ξαναθερμαίνεται. Η λειτουργία του καυστήρα, που καίει πετρέλαιο ή φυσικό αέριο, ρυθμίζεται με θερμοστάτη.

Η θέρμανση από φωτιά η οποία καίει έξω από το χώρο που πρόκειται να ζεσταθεί (αυτό που σήμερα ονομάζουμε κεντρική θέρμανση), είναι εφεύρεση των αρχαίων Ελλήνων, οι οποίοι πρώτοι χρησιμοποίησαν θερμαινόμενα δάπεδα. Τη τεχνολογία των αρχαίων Ελλήνων παρέλαβαν και βελτίωσαν οι Ρωμαίοι. Σήμερα, συστήματα θερμαινόμενων δαπέδων με ζεστό νερό ή αέρα, μεταφέρουν θερμότητα στα δωμάτια σπιτιών και κτιρίων

### Ρεύματα μεταφοράς και τοπικοί άνεμοι

Συχνά, άνεμοι προκαλούνται από τοπικές διαφορές θερμοκρασίας και από το ανάγλυφο του εδάφους. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι τοπικοί άνεμοι που φυσούν κατά μήκος των ακτών ιδιαίτερα το καλοκαίρι. Επειδή το έδαφος έχει πολύ μικρότερη ειδική θερμότητα από το νερό, η μεταβολή της θερμοκρασίας της ξηράς είναι μεγαλύτερη από της θάλασσας. Την ημέρα λοιπόν η θερμοκρασία της ακτής είναι υψηλότερη από της θάλασσας. Έτσι, πάνω από τη στεριά ο αέρας θερμαίνεται περισσότερο και ανυψώνεται, ενώ λιγότερο θερμός αέρας από τη θάλασσα κινείται προς την ακτή. Για το λόγο αυτό φυσά από τη θάλασσα προς την ξηρά η δροσερή θαλάσσια αύρα (μπάτης). Τη νύχτα, επειδή η θερμοκρασία της ξηράς είναι μικρότερη από της θάλασσας, η κατεύθυνση του ανέμου αντιστρέφεται. Ψυχρός αέρας από την ξηρά κινείται προς τη θάλασσα: Φυσά απόγεια αύρα.

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Σχηματίστε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες:  
ρεύματα μεταφοράς αέρα και  
ρεύματα μεταφοράς νερού.
2. Πώς μεταφέρεται, μέσω ρευμάτων της ατμόσφαιρας, θερμότητα από τον ισημερινό στους πόλους;
3. Γιατί τα σώματα του καλοριφέρ τοποθετούνται, συνήθως, κοντά στα παράθυρα ή στις πόρτες;
4. Ποια είναι η βασική διαφορά του μηχανισμού διάδοσης της θερμότητας με αγωγή και με ρεύματα μεταφοράς;
5. Τι είναι και πώς δημιουργείται η θαλάσσια αύρα;  
Με ποιο τρόπο ο Σαρωνικός κόλπος επηρεάζει τη θερμοκρασία της Αθήνας τους καλοκαιρινούς μήνες;

## 2.10 Θερμότητα και ακτινοβολία

*Αναρωτηθήκατε ποτέ, πώς θερμότητα μεταφέρεται από το αναμμένο τζάκι σε σώματα που βρίσκονται απέναντί του;*

Σίγουρα δεν μεταφέρεται με αγωγή: ο αέρας του δωματίου είναι μονωτής. Ούτε όμως με μεταφορά ύλης: ζεστό ρεύμα αέρα δημιουργείται πάνω και όχι απέναντι από κάθε θερμαντικό σώμα. Στη περίπτωση αυτή η θερμότητα μεταφέρεται με **ακτινοβολία**. Με αυτόν τον τρόπο θερμότητα μεταφέρεται από τον Ήλιο στη Γη μέσα από το κενό διάστημα. Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μπορεί επομένως να πραγματοποιείται ακόμα και όταν δε μεσολαβεί ύλη μεταξύ των σωμάτων.

Ο Ήλιος, η φλόγα και ο λαμπτήρας φωτίζουν και θερμαίνονται. Παρόμοια θερμαίνουν, χωρίς όμως να φωτίζουν, το ζεστό σώμα του καλοριφέρ, η σόμπα, η πλάκα το αναμμένου σίδερου σιδερώματος και γενικά όλα τα θερμά σώματα, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπινου σώματος. Λέμε τότε ότι από τα σώματα αυτά η διάδοση της θερμότητας γίνεται με ακτινοβολία, που δεν είναι ορατή. Διάδοση θερμότητας, με μη ορατή ακτινοβολία πραγματοποιείται επίσης σε μεγάλο ποσοστό και από τον Ήλιο, τη φλόγα ή το λαμπτήρα που φωτοβολεί.

Όταν η θερμοκρασία ενός σώματος δεν μεταβάλλεται το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς στο περιβάλλον τόση ενέργεια (θερμότητα), όση ακτινοβολεί το περιβάλλον προς το σώμα. Η θερμική ενέργεια του σώματος μένει σταθερή. Όταν όμως το σώμα είναι θερμότερο από το περιβάλλον, ακτινοβολεί περισσότερη ενέργεια από όση δέχεται. Η θερμική του ενέργεια, επομένως και η θερμοκρασία του, ελλατώνονται. Αυτό βέβαια ισχύει εφ' όσον δεν συμβαίνει μετατροπή κάποιας άλλης μορφής ενέργειας σε θερμική ενέργεια του σώματος. Έτσι, ο πολύ θερμός Ήλιος ακτινοβολεί συνεχώς ενέργεια προς το ψυχρό Διάστημα.

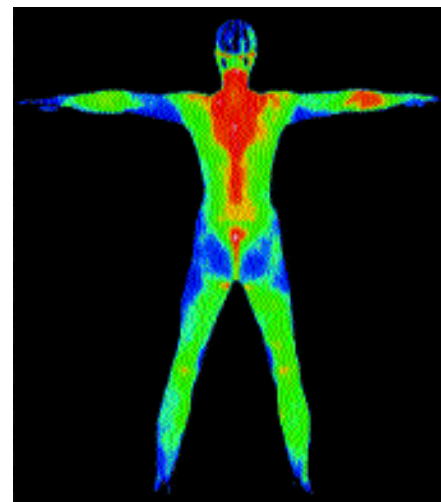
Όλα τα σώματα δεν ακτινοβολούν με παρόμοιο τρόπο. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος και όσο μεγαλύτερη η επιφάνειά του τόσο εντονότερα ακτινοβολεί. Επίσης οι σκουρόχρωμες και τραχιές επιφάνειες εκπέμπουν αλλά και απορροφούν θερμότητα με ακτινοβολία εντονότερα από τις ανοιχτόχρωμες και λείες. Γι' αυτό, το καλοκαίρι φοράμε συνήθως ανοιχτόχρωμα ρούχα, ώστε να απορροφούν σε μικρό βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία.

Γενικά ένα σώμα που ακτινοβολεί έντονα, απορροφά επίσης έντονα.



Εικόνα.2.49

Όταν φωτοβολεί ο ηλεκτρικός λαμπτήρας είναι τόσο θερμός που δεν μπορούμε ούτε να τον αγγίξουμε. Το γυαλί του έχει θερμανθεί με ακτινοβολία από το πυρακτωμένο μεταλλικό νήμα και όχι με αγωγή ή μεταφορά. Αυτό γιατί από το εσωτερικό του λαμπτήρα έχει αφαιρεθεί όλος σχεδόν ο αέρας.



Εικόνα 2.50

Ειδική φωτογράφιση με υπέρυθρο φιλμ. Οι κόκκινες περιοχές αντιστοιχούν σε σημεία του σώματος που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία.



- Κρατήστε ένα θερμόμετρο κοντά και κάτω από ένα σβηστό ηλεκτρικό λαμπτήρα
- Σημειώστε τη θερμοκρασία .
- Ανάψτε το λαμπτήρα κρατώντας το θερμόμετρο στην ίδια θέση έτσι, ώστε να φωτίζεται.
- Μετά από 3-4 λεπτά σημειώστε πάλι τη θερμοκρασία.

Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί μεταβλήθηκε η ένδειξη του θερμομέτρου;

- Παρατηρήστε πως μεταβάλλεται η ένδειξη του θερμομέτρου απο τη στιγμή που το τοποθετήσατε κοντά στον λαμπτήρα.

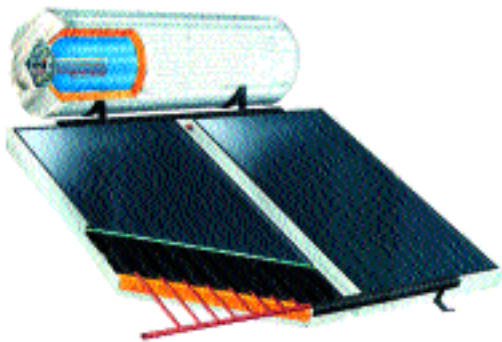
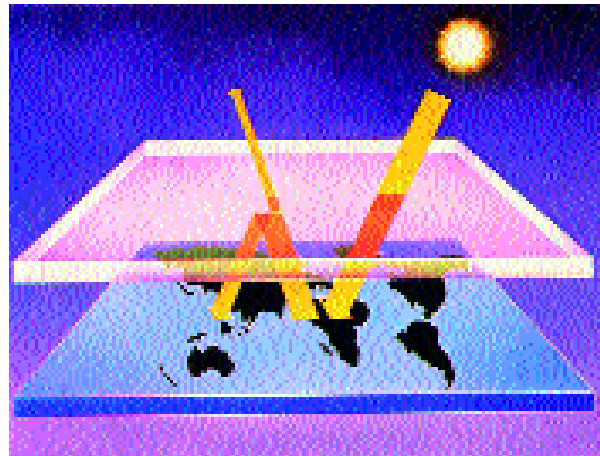
Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε τις παρατηρήσεις σας.



### Θερμοκήπιο και ηλιακός θερμοσίφωνας

Από πολύ παλιά ο άνθρωπος προσπάθησε να εκμεταλλευτεί την ηλιακή ενέργεια για τις ανάγκες του. Στις οικοδομές, λόγω χάρη, το επιχείρησε με τον κατάλληλο προσανατολισμό τους, με τη θέση και το μέγεθος των παραθύρων ή με τη χρήση κατάλληλων οικοδομικών υλικών. Παρ' όλα αυτά, ακόμα και σήμερα η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι ελάχιστη. Δεν προσεγγίζει ούτε το 0,005% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια παγιδεύεται από διαφανή υλικά, όπως το γυαλί. Αυτό συμβαίνει στα «ηλιακά σπίτια» και τα αγροτικά θερμοκήπια. Εκεί τα τούβλα, το μπετόν και το έδαφος θερμαίνονται από τον Ήλιο και από αυτά με αγωγή και ρεύματα μεταφοράς θερμαίνεται το περιβάλλον. Άλλος τρόπος είναι η χρησιμοποίηση ειδικών κατασκευών (συλλέκτες) όπου κάποιο υγρό, όπως το νερό, θερμαίνεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Ένας τέτοιος συλλέκτης είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας, στον οποίο το νερό αφού θερμανθεί από την ηλιακή ακτινοβολία, μπορεί να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί.



Παρόμοιο «φαινόμενο θερμοκηπίου» συμβαίνει και στον πλανήτη μας. Το διοξείδιο του άνθρακα και τα άλλα καυσαέρια από τη χρήση ορυκτών καυσίμων στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, στα εργοστάσια και τα μεταφορικά μέσα, λειτουργούν στην ατμόσφαιρα σαν ένα τεράστιο γυάλινο παράθυρο γύρω από τη Γη. Έτσι εμποδίζεται η διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία από τη Γη στο Διάστημα. Αυτό συντελεί ώστε η Γη να γίνεται ολοένα θερμότερη, με αποτέλεσμα σταδιακά να τροποποιείται το κλίμα της, με δραματικές πιθανόν επιπτώσεις στη βιολογική ισορροπία των οικοσυστημάτων.

## Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Σχηματίστε προτάσεις χρησιμοποιώντας την έννοια "ακτινοβολία".
2. Για τη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο, είναι απαραίτητο να μεσολαβεί ύλη στο χώρο μεταξύ τους; Δώστε ένα σχετικό παράδειγμα.
3. Ένα σώμα εκπέμπει θερμότητα με ακτινοβολία. Είναι απαραίτητα φωτεινό; Δώστε ένα σχετικό παράδειγμα.
4. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το πόσο έντονα ακτινοβολεί ένα σώμα;
5. Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι δυνατό να μένει σταθερή αν και το σώμα ακτινοβολεί συνεχώς. Πώς είναι δυνατό να συμβαίνει αυτό; Να αναπτύξετε ένα παράδειγμα.
6. Επάνω σε μια ηλεκτρική εστία θέρμανσης βράζει μια κατσαρόλα με νερό. Πώς μεταφέρεται η θερμότητα:
  - α) από την εστία προς τον πυθμένα και τα τοιχώματα της κατσαρόλας.
  - β) από τον πυθμένα της κατσαρόλας προς την επιφάνεια του νερού.
  - γ) από την επιφάνεια του νερού προς τον αέρα του δωματίου.
  - δ) από τα θερμά τοιχώματα της κατσαρόλας προς αντικείμενα του περιβάλλοντος.
7. Να αναπτύξετε τους μηχανισμούς με τους οποίους θερμαίνεται ο αέρας κοντά στο έδαφος μια ηλιόλουστη ημέρα.

### Περίληψη

Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με κατάλληλα όργανα : τα θερμόμετρα. Η λειτουργία των θερμομέτρων βασίζεται σε κάποια ιδιότητα ενός υλικού, όπως η θερμική διαστολή, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

Οι θερμομετρικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι του Κελσίου και του Κέλβιν. Ένα Κέλβιν είναι ίσο με ένα βαθμό Κελσίου.

Η θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας. Η μεταφορά θερμότητας σταματά όταν εξισώνονται οι θερμοκρασίες των σωμάτων (θερμική ισορροπία). Η θερμότητα που μεταφέρεται σ' ένα σώμα εξαρτάται από τη μάζα του, το είδος του υλικού και τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Ειδική θερμότητα είναι η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ενός χιλιόγραμμου κάποιου υλικού κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Η ύλη αποτελείται από τυχαία κινούμενα μόρια. Η κινητική ενέργεια των μορίων είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία. Στο απόλυτο μηδέν τα μόρια έχουν την ελάχιστη κινητική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια ενός αντικειμένου είναι το άθροισμα των κινητικών ενεργειών που συνδέονται με τη θερμική κίνηση των μορίων του. Η θερμική ενέργεια είναι ανάλογη με την θερμοκρασία και τη μάζα του αντικειμένου. Τα μόρια έχουν και δυναμική ενέργεια. Εσωτερική ενέργεια είναι η συνολική κινητική και δυναμική ενέργεια των μορίων ενός αντικειμένου.

Αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση των διαστάσεων των σωμάτων. Η αύξηση του μήκους ή του όγκου είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και με το αρχικό μήκος ή τον όγκο. Επίσης εξαρτάται από το υλικό.

Κατά τη θερμική διαστολή αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των μορίων του υλικού.

Η θερμότητα προκαλεί αλλαγή της κατάστασης των σωμάτων.

Τήξη είναι η αλλαγή κατάστασης από στερεό σε υγρό. Πήξη είναι η αλλαγή από υγρή σε στερεή κατάσταση. Κατά τη τήξη μεταφέρεται θερμότητα στην ουσία που τήκεται. Κατά την πήξη μεταφέρεται θερμότητα από το σώμα που τήκεται στο περιβάλλον.

Εξάτμιση είναι η αλλαγή κατάστασης από υγρή σε αέρια με παραγωγή ατμών στην επιφάνεια του υγρού. **Βρασμός** είναι η ίδια αλλαγή με γρήγορη παραγωγή ατμών από όλη τη μάζα του υγρού. Το αντίστροφο φαινόμενο του βρασμού είναι η υγροποίηση. Κατά τον βρασμό μεταφέρεται θερμότητα στην ουσία που βράζει.

Για κάθε υλικό οι θερμοκρασίες τήξης - πήξης και βρασμού - υγροποίησης αντίστοιχα συμπίπτουν. Αυτές οι θερμοκρασίες είναι σταθερές για κάθε υγρό.

Η θερμότητα που μεταφέρεται κατά τη διάρκεια μιας αλλαγής κατάστασης δεν προκαλεί μεταβολή στη θερμοκρασία. Η θερμική ενέργεια διατηρείται σταθερή. Κατά την τήξη ή τον βρασμό εξασθενούν οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων οπότε το σώμα αλλάζει κατάσταση. Η μεταφερόμενη θερμότητα προκαλεί αύξηση της δυναμικής ενέργειας των μορίων. Συνεπώς η εσωτερική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.

Η θερμική ενέργεια διαδίδεται:

- Με αγωγή κυρίως στα στερεά. Με αυτό τον τρόπο κινητική ενέργεια μεταβιβάζεται από μόριο σε μόριο, ενώ τα μόρια διατηρούνται στις θέσεις τους.
- Με μεταφορά ύλης μέσω ρευμάτων στα υγρά και στα αέρια.
- Με ακτινοβολία, μια διαδικασία όπου η ύπαρξη της ύλης δεν είναι αναγκαία. Οι μαύρες και τραχιές επιφάνειες ακτινοβολούν πιο έντονα από τις άσπρες και λείες.