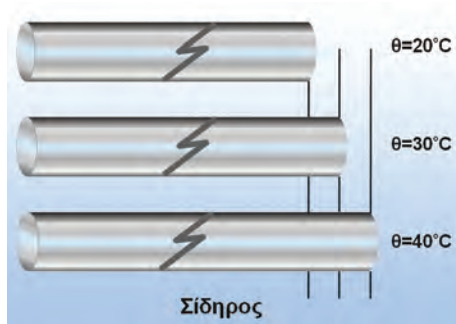


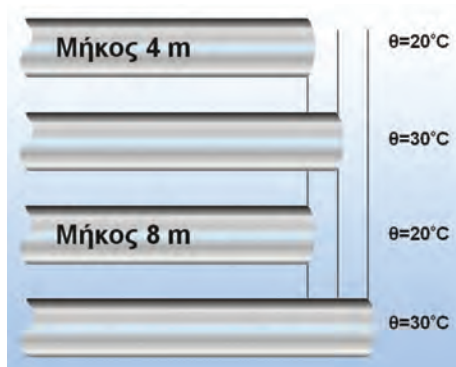
Εικόνα 6.27.

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



Εικόνα 6.28.

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.



Εικόνα 6.29.

Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη του αρχικού μήκους.

6.5

Θερμική διαστολή και συστολή

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

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

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

Γραμμική διαστολή στερεών

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

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

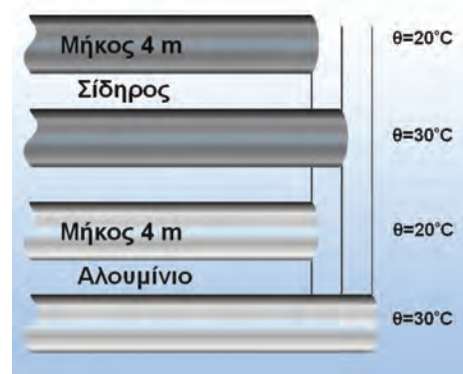
τη μεταβολή του μήκους της σιδερένιας ράβδου (εικόνα 6.30).

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

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

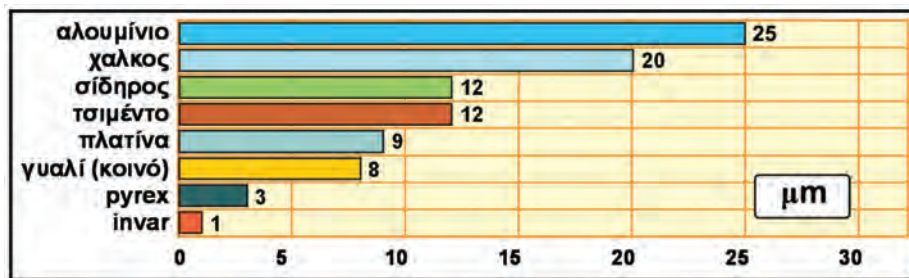
όπου Δl η μεταβολή του μήκους, $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας, l_0 το αρχικό μήκος της ράβδου και α_l ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής του υλικού της ράβδου.

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



Εικόνα 6.30.

Το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο από το σίδηρο.



Διάγραμμα 6.2.

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

Επιφανειακή διαστολή

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

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

Διαστολή όγκου σε στερεά και υγρά

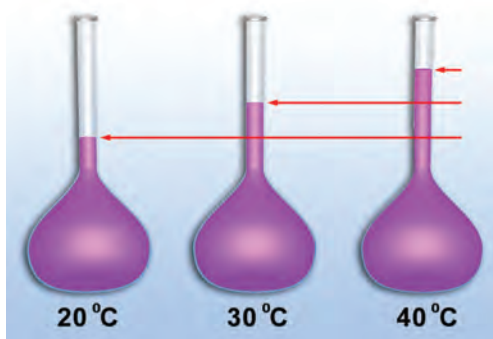
Αν γεμίσουμε ένα γυάλινο βάζο μέχρι το χείλος του με λάδι και το θερμάνουμε, το λάδι ξεχειλίζει. Ο όγκος του λαδιού αυξήθηκε περισσότερο από τον όγκο του γυάλινου βάζου. Το λάδι λοιπόν διαστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο. Γενικά, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση, **διαστολή όγκου**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

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



Εικόνα 6.31.

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



Εικόνα 6.32.

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.



Εικόνα 6.33.

Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο.



Εικόνα 6.34.

Η αύξηση του όγκου εξαρτάται από το είδος του υγρού.

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

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

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

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

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

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

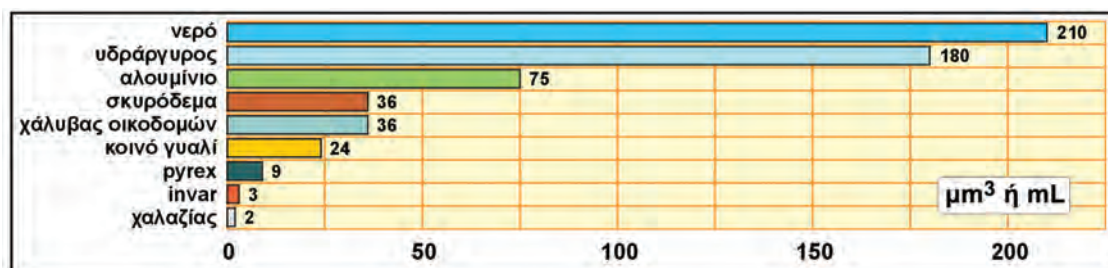
Ακόνισε το μυαλό σου

Δραστηριότητα

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

Ποιο από τα υλικά διαστέλλεται περισσότερο;

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



Διάγραμμα 6.3.

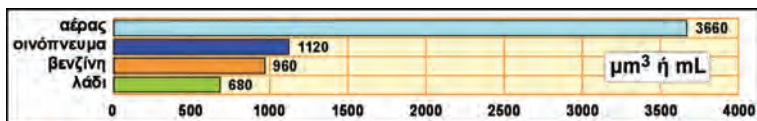
Μεταβολή του όγκου 1 m^3 διάφορων υλικών όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1°C . Η μεταβολή εκφράζεται σε μm^3 (cm^3 ή mL).

Διαστολή των αερίων

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

Πειραματιζόμενοι με τη συσκευή που παριστάνεται στην εικόνα 6.35, καταλήγουμε στο παρακάτω συμπέρασμα: Όταν η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβάλλεται ενώ η πίεσή του διατηρείται σταθερή, η αύξηση ή ελάττωση του όγκου του είναι ανάλογη με τον όγκο που έχει το αέριο στους 0°C και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.

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



Διάγραμμα 6.4.

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

Ερμηνεία της διαστολής

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

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

Στο σίδηρο κάθε δομικός λίθος αλληλεπιδρά ισχυρότερα με τους γειτονικούς του από όσο οι δομικοί λίθοι του αλουμινίου. Επομένως, οι δομικοί λίθοι του σιδήρου απομακρύνονται δυσκολότερα μεταξύ τους απ' ό,τι εκείνοι του αλου-



Εικόνα 6.35.

Συσκευή μελέτης της διαστολής των αερίων

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

Δραστηριότητα Ακόνισε το μυαλό σου

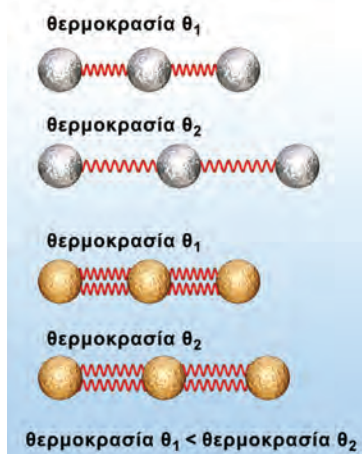
Κατά τη διαστολή αυξάνεται ο κενός χώρος μεταξύ των δομικών λίθων. Έτσι αυξάνεται ο όγκος των σωμάτων.

Η μάζα τους μεταβάλλεται;

Πώς αλλάζει η πυκνότητά τους;

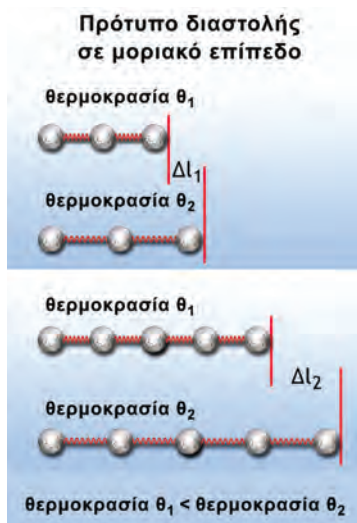
Γιατί ο θερμός αέρας ανεβαίνει;

Πρότυπο διαστολής σε μοριακό επίπεδο.



Εικόνα 6.36.

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



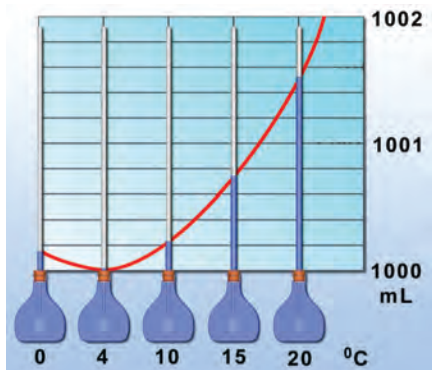
Εικόνα 6.37.

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



Εικόνα 6.38.

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



Εικόνα 6.39.

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

μινίου (εικόνα 6.36). Συνεπώς, η μεταβολή των διαστάσεων κατά τη διαστολή και τη συστολή εξαρτάται από το πόσο ισχυρά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι δομικοί λίθοι του σώματος. Δηλαδή, από το είδος του υλικού. Στα αέρια, επειδή οι δομικοί λίθοι δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου. Όσο το μήκος μιας ράβδου είναι μεγαλύτερο, τόσο περισσότεροι δομικοί λίθοι παρεμβάλλονται μεταξύ των άκρων της. Επομένως, κατά τη διαστολή η συνολική απομάκρυνση των δομικών λίθων είναι μεγαλύτερη. Άρα και η αύξηση του μήκους της ράβδου είναι, επίσης, μεγαλύτερη (εικόνα 6.37).

Δυνάμεις κατά τη διαστολή και συστολή

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

Πώς θα μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε τα παραπάνω φαινόμενα;

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

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

Η διαστολή του νερού

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

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

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

Φυσική
και Περιβάλλον



Εικόνα 6.40.

Στον βυθό των λιμνών και ποταμών η ζωή διατηρείται ολόκληρο τον χειμώνα.

Παράδειγμα 6.2

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

Δεδομένα

$\theta_{\text{αρχικό}} = 20^{\circ}\text{C}$
 $\theta_{\text{τελικό}} = 250^{\circ}\text{C}$
 $l_0 = 1,5 \text{ m}$

Ζητούμενα

Δl

Βασική εξίσωση

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

Λύση

$$\Delta \theta = \theta_{\text{τελικό}} - \theta_{\text{αρχικό}} \quad \text{ή} \quad \Delta \theta = 250^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 230^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l = 1,5 \text{ m} \cdot 20 \frac{\mu\text{m}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 230^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta l = 6.900 \mu\text{m} \quad \text{ή} \quad \Delta l = 6,9 \text{ mm}$$

Ερωτήσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

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