

ΦΥΣΙΚΗ
Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
5ος τόμος

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων
σπουδών και συγγραφή νέων
εκπαιδευτικών πακέτων»**

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δημήτριος Γ. Βλάχος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ

Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου

Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου

Γεώργιος Κ. Παληός

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και
25% από εθνικούς πόρους.**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής
Πανεπιστημίου Αθηνών
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Λαμπρινή Παπατσιμπα, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Αντώνιος Αντωνίου, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κωνσταντίνος Στεφανίδης,
Σχολικός Σύμβουλος
Αικατερίνη Πομόνη - Μανατάκη,
Αναπλ. καθηγήτρια Πανεπιστημίου
Πατρών (Τμήμα Φυσικής)

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,
Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός**

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαρία Αλιφεροπούλου, Φιλολόγος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ

ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ

**Γεώργιος Κ. Παληός,
Σύμβουλος του Π.Ι.**

ΕΞΩΦΥΛΛΟ

Ιωάννης Γουρζής, Ζωγράφος

ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

**ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,
Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ. Εταιρεία**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

Ομάδα Εργασίας

**Αποφ. 16158/6-11-06 και
75142/Γ6/11-7-07 ΥΠΕΠΘ**

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Νικόλαος Αντωνίου
Παναγιώτης Δημητριάδης
Κωνσταντίνος Καμπούρης
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:

Ελληνικά Γράμματα

ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Τόμος 5ος

6.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

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

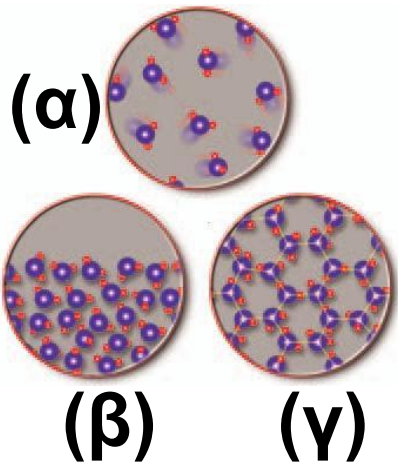
Οι δομικοί λίθοι, τα τουβλάκια της ύλης

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

Φανταζόμαστε ότι κάθε αέριο αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια τα οποία κινούνται συνεχώς και ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση κατακλύζοντας το χώρο που τους διατίθεται (εικόνα 6.18α). Αυτά τα μικροσκοπικά σωματίδια τα ονομάζουμε δομικούς λίθους του αερίου και είναι τα γνωστά σας, από τη χημεία, μόρια. Οι δομικοί λίθοι ενός σώματος είναι τα μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία φτιάχνεται το σώμα. Μπορούμε να τους παρομοιάσουμε με τα τουβλάκια ενός παιχνιδιού, με τα οποία μπορούμε να φτιάξουμε ολόκληρο κάστρο / παιχνίδι. Στα περισσότερα σώματα οι δομικοί λίθοι είναι τα μόρια, σε μερικά όμως μπορεί να είναι τα άτομα ή και τα ιόντα. Οι μακροσκοπικές ιδιότητες των στερεών και των υγρών

μπορούν επίσης να ερμηνευτούν με βάση τον τρόπο κίνησης των δομικών τους λίθων. Τα υγρά έχουν σταθερό όγκο, δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο τα μεταγγίζουμε. Επίσης ρέουν. Φανταζόμαστε ότι στα υγρά οι δομικοί λίθοι επίσης κινούνται άτακτα «γλιστρώντας» ο ένας επάνω στον άλλο, αλλά διατηρώντας σταθερές αποστάσεις (εικόνα 6.18β). Αντιθέτως, τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και βέβαια όγκο. Οι δομικοί τους λίθοι είναι τοποθετημένοι σε καθορισμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα (εικόνα 6.18γ).

Εικόνα 6.18.



Οι τρεις καταστάσεις της ύλης.

Σχηματική παράσταση των δομικών λίθων στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οι δομικοί λίθοι:

(α) των αερίων κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, (β) των υγρών γλιστράνε ο ένας πάνω στο άλλο, ενώ (γ) των στερεών κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα.

Δομικοί λίθοι και θερμοκρασία

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

Πράγματι, αν θερμάνουμε ένα δοχείο που κλείνει αεροστεγώς με έμβολο, παρατηρούμε ότι το

έμβολο κινείται προς τα έξω (εικόνα 6.20). Πώς θα εξηγήσουμε το φαινόμενο αυτό με τη βοήθεια των δομικών λίθων του αέρα;

Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 6.19. Λουδοβίκος Μπόλτσμαν (1844-1906)

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

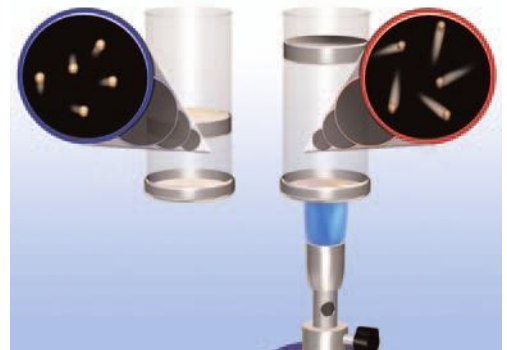
Μπορούμε να υποθέσουμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα στο δοχείο, τόσο εντονότερη γίνεται η άτακτη κίνηση των δομικών του λίθων. Δηλαδή αυτοί κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα

(εικόνα 6.20). Οι συγκρούσεις των δομικών λίθων με το έμβολο γίνονται σφοδρότερες, με αποτέλεσμα αυτό να ωθείται προς τα έξω. Επομένως:

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

Εικόνα 6.20.

Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, οι δομικοί λίθοι του



κινούνται εντονότερα. Αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και ωθούν το έμβολο προς τα επάνω.

Μεταφορά θερμότητας και θερμική ισορροπία

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

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

Τι συμβαίνει στους δομικούς λίθους του μετάλλου και του νερού;

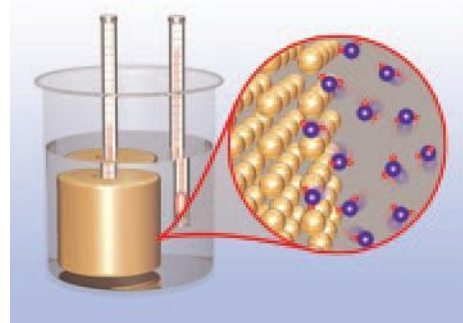
Αρχικά επειδή η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από του μετάλλου, οι δομικοί λίθοι του νερού έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από τους δομικούς λίθους του μετάλλου (κινούνται εντονότερα). Όταν ο κύλινδρος βυθιστεί στο νερό, δομικοί λίθοι του νερού συγκρούονται (αλληλεπιδρούν) με τους δομικούς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

Μετά από λίγο χρόνο, η θερμοκρασία του μεταλλικού

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

Εικόνα 6.21.

Οι δομικοί λίθοι του κυλίνδρου



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

Θερμική ενέργεια

Η κινητική ενέργεια που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι ενός σώματος, επειδή κινούνται άτακτα,

ονομάζεται θερμική ενέργεια του σώματος. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται τόσο από την κινητική ενέργεια κάθε δομικού λίθου όσο και από το συνολικό τους αριθμό. Επομένως, η θερμική ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από τη μάζα του σώματος.

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

Δηλαδή, με την κινητική ενέργεια του καθενός δομικού λίθου, αν θεωρήσουμε ότι όλοι έχουν την ίδια. Επομένως, η θερμοκρασία του σώματος δεν εξαρτάται από τον αριθμό των δομικών του λίθων, δηλαδή από τη μάζα του σώματος.

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

παγόβουνο: η θερμική ενέργεια του παγόβουνου είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη.

Δραστηριότητα.

Ακόνισε το μυαλό σου

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



Εικόνα 6.22.

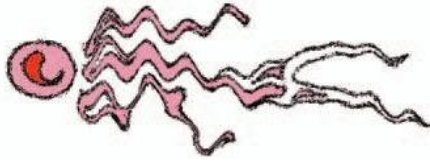
Ένα παγόβουνο έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα ερυθροπυρωμένο κομμάτι κάρβουνο. Το παγόβουνο έχει χαμηλή θερμοκρασία, αλλά τεράστια μάζα σε σχέση με την υψηλή θερμοκρασία και τη μικρή μάζα του κάρβουνου. Όταν όμως το θερμό κάρβουνο τοποθετηθεί στο παγόβουνο, θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από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



Εικόνα 6.23.

Το παγάκι και το παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Το παγάκι έχει μάζα πολύ μικρότερη από τη μάζα του παγόβουνου.



Εικόνα 6.24. Απόλυτο μηδέν και κίνηση

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

Δυνάμεις μεταξύ μορίων και εσωτερική ενέργεια σώματος

Οι δομικοί λίθοι (μόρια) κάθε αερίου κινούνται ελεύθερα μακριά ο ένας από τον άλλο. Μεταξύ των δομικών λίθων μορίων ενός αερίου δεν ασκούνται δυνάμεις. Οι δομικοί λίθοι ενός αερίου δεν αλληλεπιδρούν. Οι δομικοί λίθοι ενός υγρού αλληλεπιδρούν, με αποτέλεσμα να συγκρατούνται

μεταξύ τους και να δημιουργούν σταγόνες. Οι δομικοί λίθοι ενός στερεού σώματος επίσης αλληλεπιδρούν, αλλά ισχυρότερα από ό,τι στα υγρά. Έτσι, στα στερεά συγκρατούνται σε καθορισμένες θέσεις, με αποτέλεσμα να συνθέτουν ένα σώμα με σταθερό όγκο και συγκεκριμένο σχήμα. Επομένως στα υγρά και στα στερεά κάθε δομικός λίθος εκτός από κινητική ενέργεια έχει επίσης και δυναμική ενέργεια λόγω της αλληλεπίδρασής του με τους άλλους δομικούς λίθους. Η κινητική και δυναμική ενέργεια που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι, επειδή κινούνται άτακτα και επειδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους, ονομάζεται εσωτερική ενέργεια του σώματος.

Η θερμότητα και η αρχή διατήρησης της ενέργειας

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

Θερμότητα μεταφέρεται από τη φλόγα στον αέρα του δοχείου. Ένα μέρος αυτής της ενέργειας παραμένει στον αέρα και μετασχηματίζεται σε εσωτερική ενέργεια του αέρα. Το υπόλοιπο μεταφέρεται από τον αέρα προς το έμβολο. Ο αέρας ασκεί δύναμη στο έμβολο. Το έμβολο κινείται και η δύναμη που ασκεί ο αέρας

μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της, δηλαδή παράγει έργο (εικόνα 6.25). Το έργο αυτό εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρεται από τον αέρα του δοχείου προς το έμβολο.



Εικόνα 6.25.

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

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

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

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

μηχανών είναι: οι μηχανές των αυτοκινήτων, οι ατμολέβητες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κτλ.



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

Φυσική και Βιολογία

ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΖΩΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

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

Φυσική και Επιστήμη, Τεχνολογία,

Ιστορία και Κοινωνία

Από τη γραφική ατμομηχανή στο σύγχρονο βενζινοκινητήρα

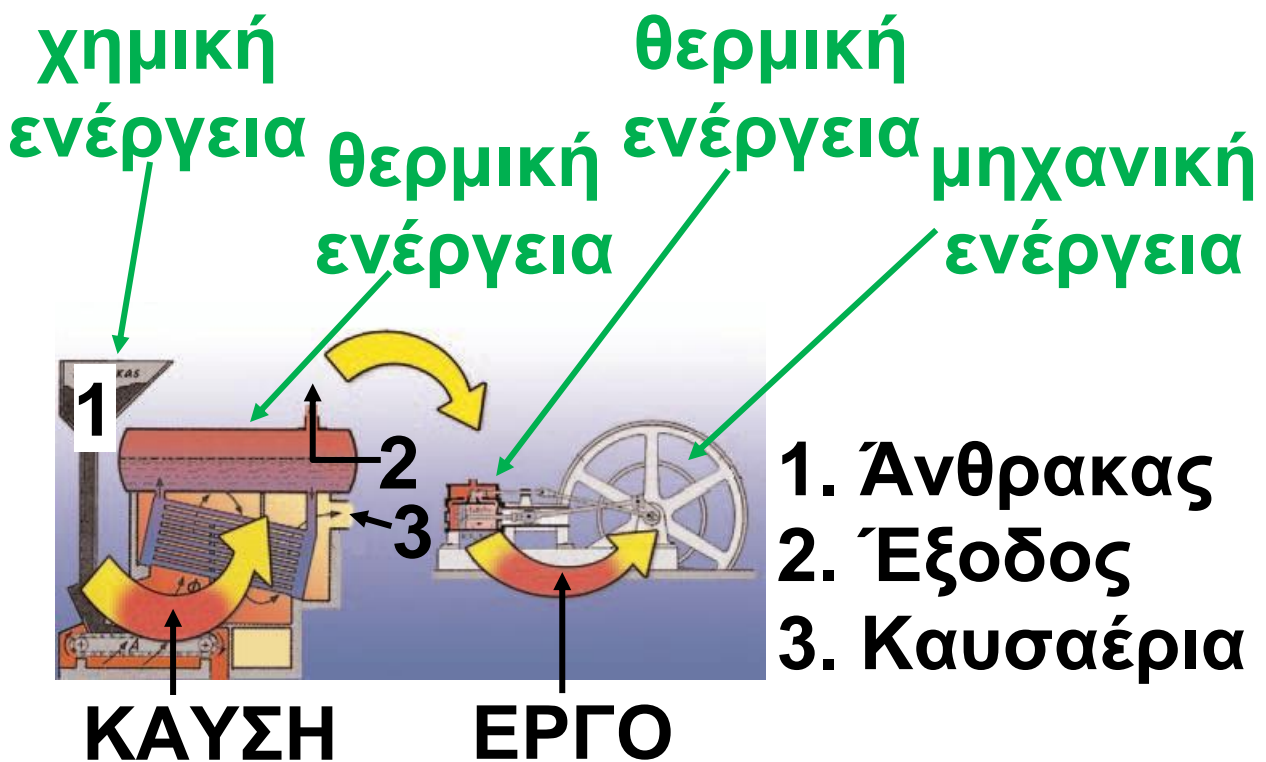
Η ατμομηχανή η οποία υπήρχε παλαιότερα στους σιδηροδρόμους

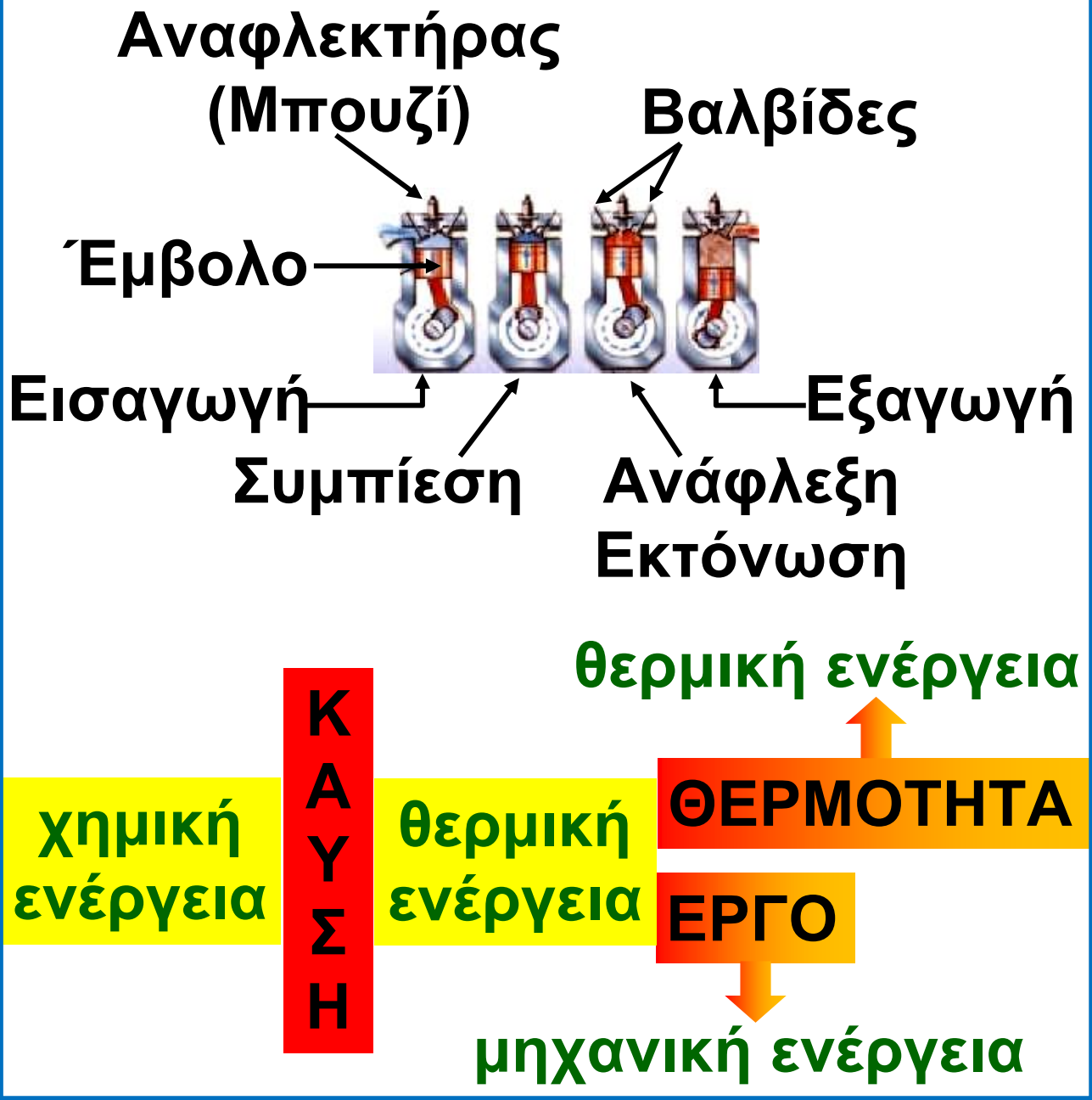
και τώρα στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς και ο κινητήρας του αυτοκινήτου είναι θερμικές μηχανές. Ποιο είναι το κοινό χαρακτηριστικό τους;

Η ανάγκη για ανανεώσιμες πηγές

Σε αυτές τις μηχανές η χημική ενέργεια του καυσίμου μετασχηματίζεται σε θερμική ενός αερίου. Μέρος της θερμικής ενέργειας του αερίου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια (εικόνα 6.25). Πώς γίνεται αυτή η μετατροπή; Σε κάθε θερμική μηχανή υπάρχει ένας χώρος μέσα στον οποίο διοχετεύεται αέριο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή αέριο με μεγάλη θερμική ενέργεια. Στις ατμομηχανές το αέριο αυτό είναι ατμός ο οποίος παράγεται από

νερό που βράζει. Στον κινητήρα του αυτοκινήτου το αέριο προκύπτει από την καύση της βενζίνης. Σε κάθε περίπτωση αυτό το αέριο ωθεί ένα έμβολο. Μέρος της θερμικής ενέργειας του αερίου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του εμβόλου. Με κατάλληλο μηχανικό σύστημα η κινητική ενέργεια του εμβόλου μεταφέρεται στους τροχούς του ατμοστροβίλου.





Ενέργεια καυσίμου 100%
 ενέργεια κινητήρα 26%
 απώλεια στο σύστημα ψύξης 36%
 απώλεια στην εξάτμιση 38%

Η αταξία των μορίων και η υποβάθμιση της ενέργειας.

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

Όμως μόρια του αέρα βομβαρδίζουν συνεχώς τα φύλλα.

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

Και στις δύο περιπτώσεις τα μόρια έχουν κινητική ενέργεια.

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

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

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

Θερμική ενέργεια και θερμική μόλυνση

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

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 δυσκολεύεσαι 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 δαχτυλίδι.

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),

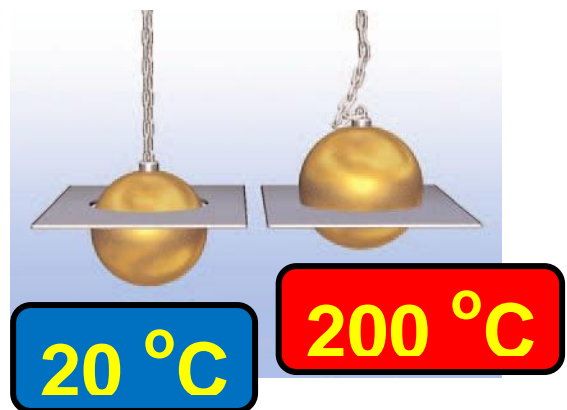
συστέλλονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θερμική διαστολή και το αντίθετο της φαινόμενο, συστολή. Όμως, όλα τα σώματα δε διαστέλλονται ή συστέλλονται με τον ίδιο τρόπο. Το καπάκι, που είναι συνήθως φτιαγμένο από σίδηρο ή αλουμίνιο, συστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο γι' αυτό και σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου, όταν μπει στο ψυγείο όπου και ψύχεται.

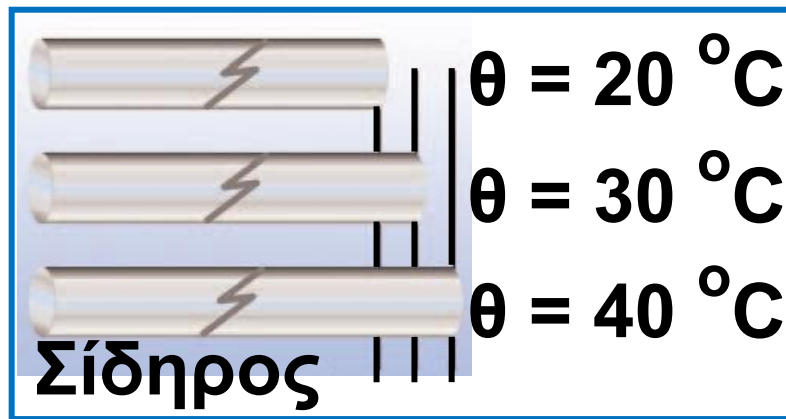
Εικόνα 6.27.

Η σιδερένια σφαίρα στη θερμοκρασία δωματίου μόλις

περνά μέσα από το μεταλλικό

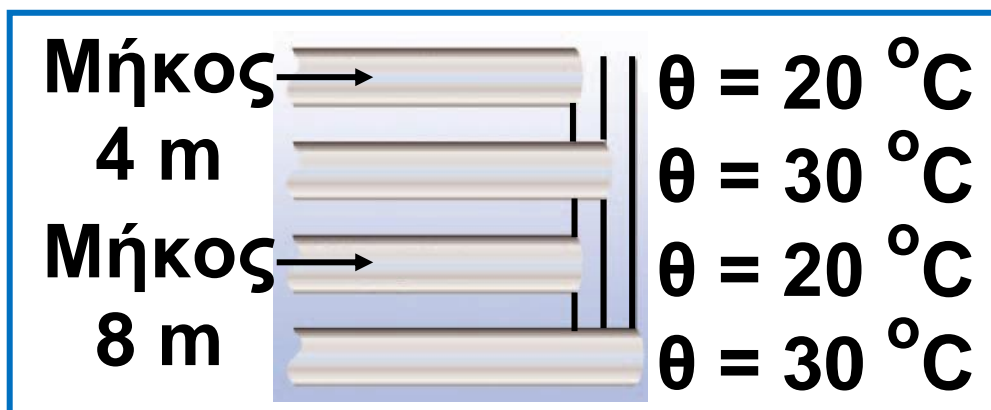
δακτυλίδι. Όμως η σφαίρα σφηνώνεται στο δακτυλίδι όταν η θερμοκρασία της αυξηθεί στους 200°C περίπου.





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.

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).

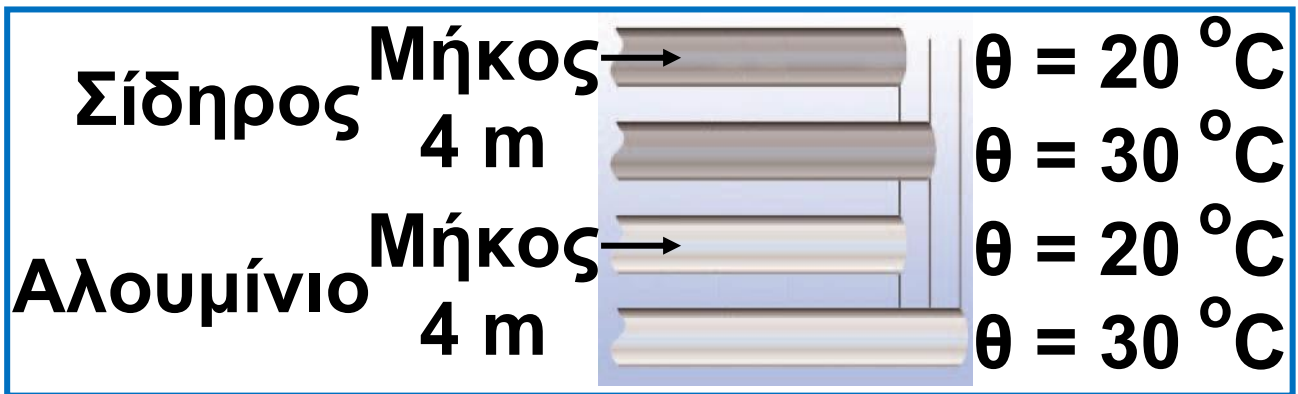
- Επίσης, η μεταβολή του μήκους (Δl) εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ράβδος. Όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί εξίσου σε μια σιδερένια ράβδο και σε μια ράβδο αλουμινίου ίδιου αρχικού μήκους, η μεταβολή του μήκους της ράβδου αλουμινίου είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή του μήκους της σιδερένιας ράβδου (εικόνα 6.30).

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

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

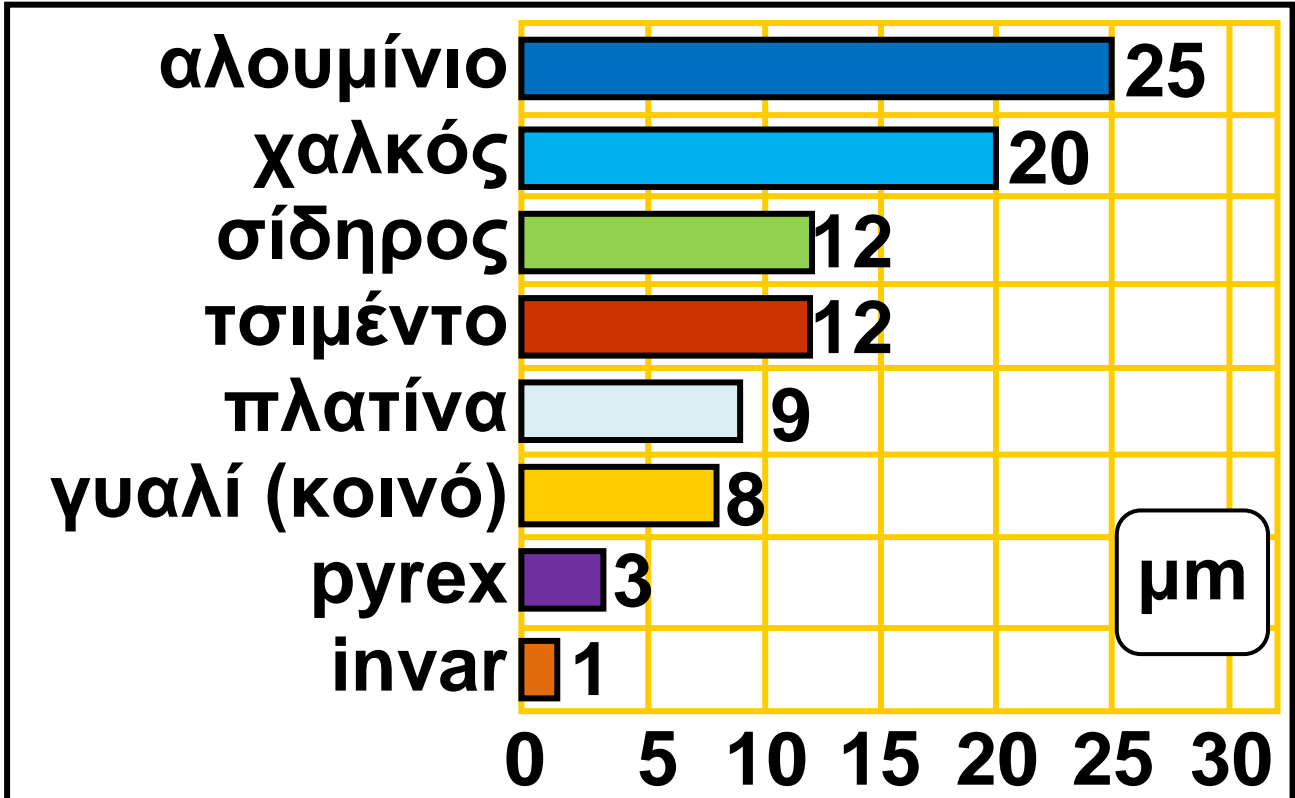
όπου Δl η μεταβολή του μήκους, $\Delta \theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας, l_0 το αρχικό μήκος της ράβδου και $l_0 \cdot \alpha_l$ ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής του υλικού της ράβδου.

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



Εικόνα 6.30.

Το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο από το σίδηρο.



Διάγραμμα 6.2.

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

Επιφανειακή διαστολή

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

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



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.

Διαστολή όγκου σε στερεά και υγρά

Αν γεμίσουμε ένα γυάλινο βάζο μέχρι το χείλος του με λάδι και το θερμάνουμε, το λάδι ξεχειλίζει. Ο όγκος του λαδιού αυξήθηκε περισσότερο από τον όγκο του γυάλινου βάζου. Το λάδι λοιπόν διαστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο. Γενικά, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση,

διαστολή όγκου (ή κυβική διαστολή), τόσο των στερεών όσο και των υγρών. Όμως τα υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά.

Αν πειραματιστούμε με ποικίλα υγρά ή στερεά και μετρήσουμε τη μεταβολή του όγκου που προκαλείται από την αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας τους, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η θερμική διαστολή του όγκου ενός στερεού ή υγρού:

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

Τα παραπάνω συμπεράσματα ισχύουν τόσο για τα υγρά όσο και

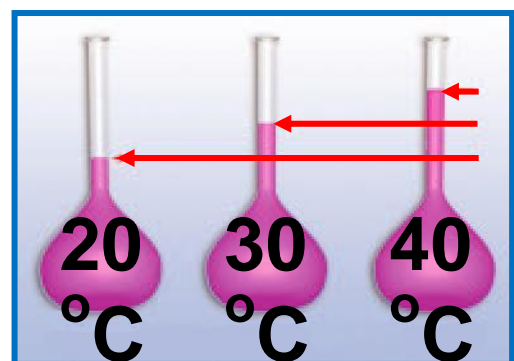
για τα στερεά σώματα και μπορούν να διατυπωθούν με μαθηματικά σύμβολα:

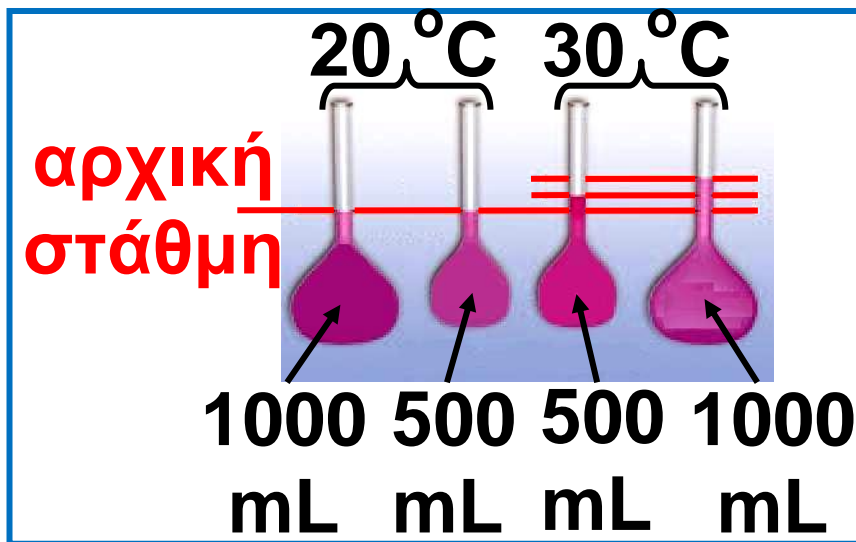
$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta \theta$$

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

Εικόνα 6.32.

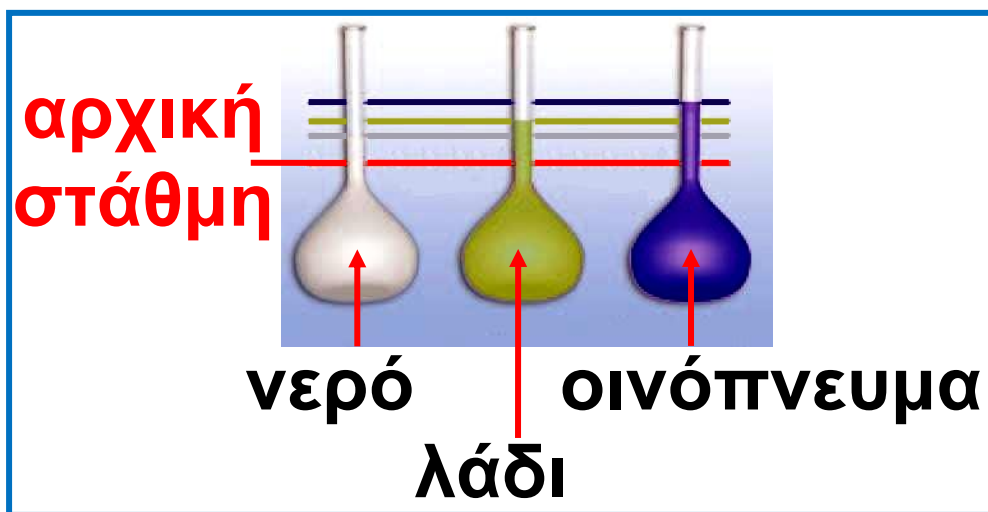
Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας.





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.

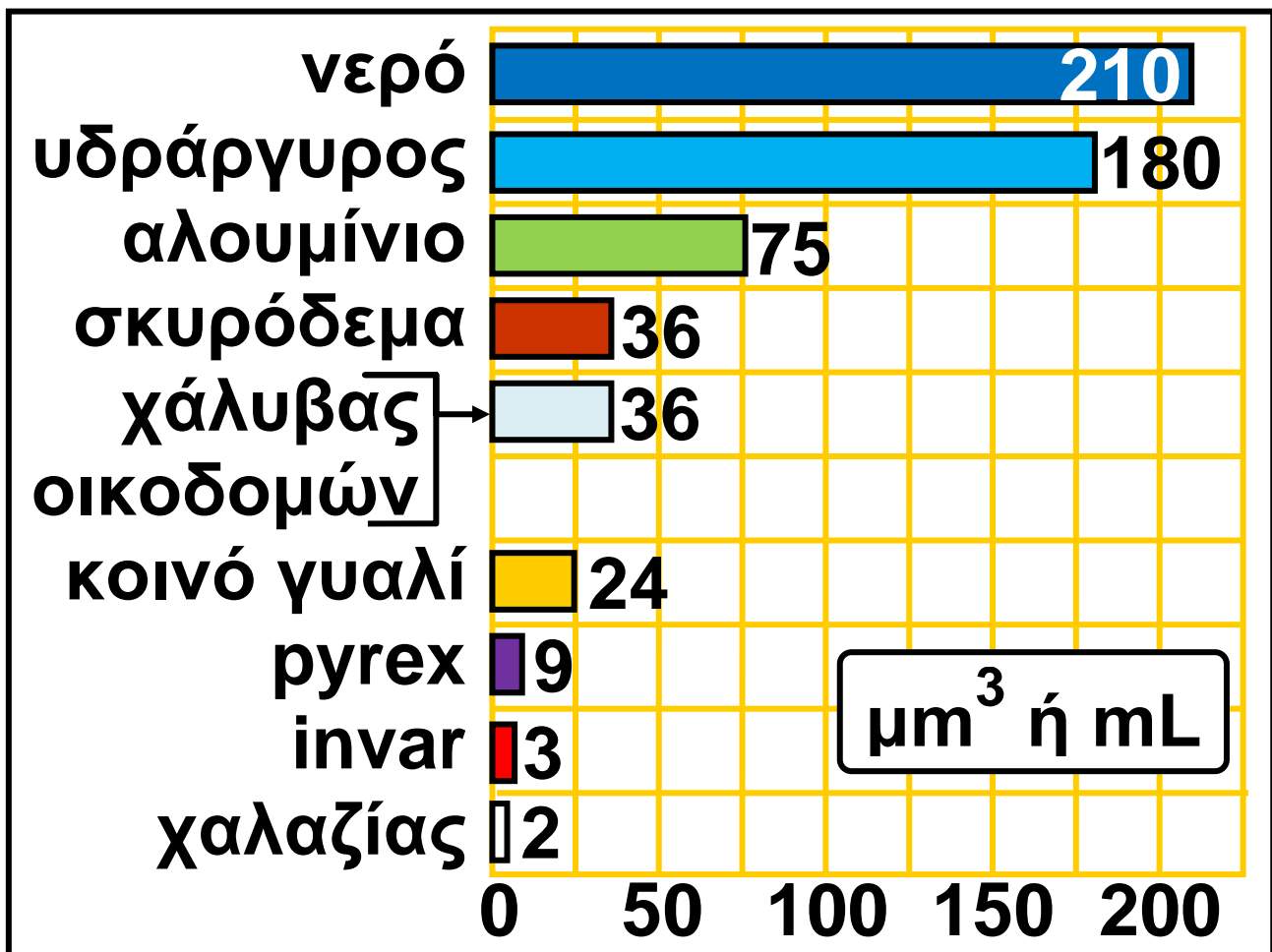
Από το διάγραμμα 6.3 φαίνεται ότι η διαστολή του όγκου του (υγρού) υδραργύρου είναι σχεδόν

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 στο λεπτό σωλήνα.

Δραστηριότητα.

Ακόνισε το μυαλό σου

- ▶ Από το διάγραμμα 6.3 σύγκρινε το συντελεστή κυβικής διαστολής του σκυροδέματος και του οικοδομικού χάλυβα.
- ▶ Ποιο από τα υλικά διαστέλλεται περισσότερο;
- ▶ Μπορείς να σκεφτείς μια εφαρμογή της παραπάνω ιδιότητας των δυο υλικών;



Διάγραμμα 6.3.

Μεταβολή του όγκου 1 m³ διάφορων υλικών όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1 °C. Η μεταβολή εκφράζεται σε μm³ (cm³ ή ml).

Διαστολή των αερίων

Μισοφουσκώνουμε ένα μπαλόνι και το τοποθετούμε πάνω από ένα ζεστό σώμα κεντρικής θέρμανσης. Παρατηρούμε ότι ο όγκος του

μπαλονιού αυξάνεται, ενώ δεν προστίθεται αέρας στο εσωτερικό του. Στη συσκευή που παριστάνεται στην εικόνα 6.35, όταν 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.

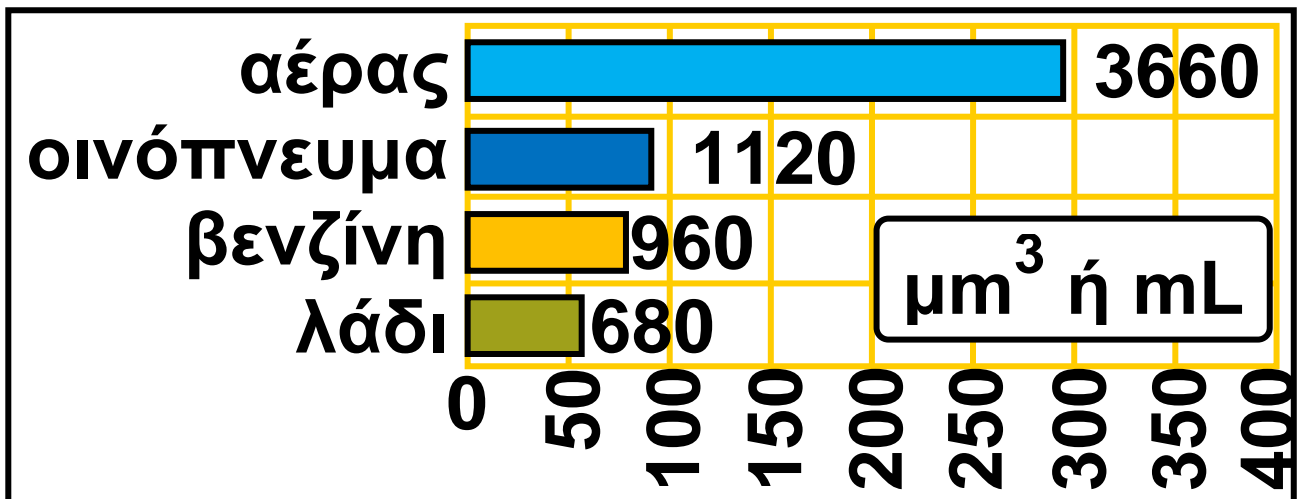
Πειραματιζόμενοι με τη συσκευή που παριστάνεται στην εικόνα 6.35, καταλήγουμε στο παρακάτω συμπέρασμα: Όταν η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβάλλεται ενώ η πίεση του διατηρείται σταθερή, η αύξηση ή ελάττωση του όγκου του είναι ανάλογη με τον όγκο που έχει το αέριο στους 0°C και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας 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 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, χωρίς να αλλάξει η πίεσή τους, ο όγκος μεταβάλλεται κατά το $1/273$ του όγκου που είχαν στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



**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.



Διάγραμμα 6.4.

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

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;

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 αλουμινίου (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).

Εικόνα 6.36.

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

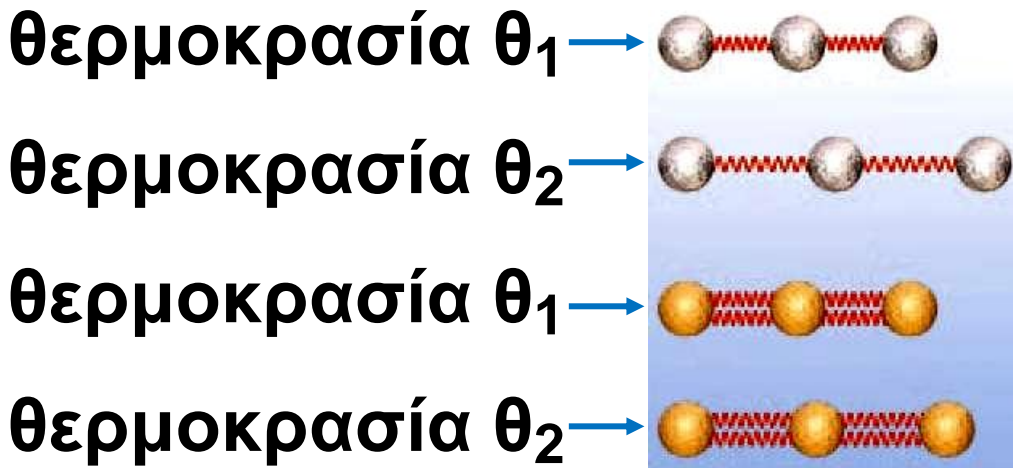
Εικόνα 6.37.

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



6.36

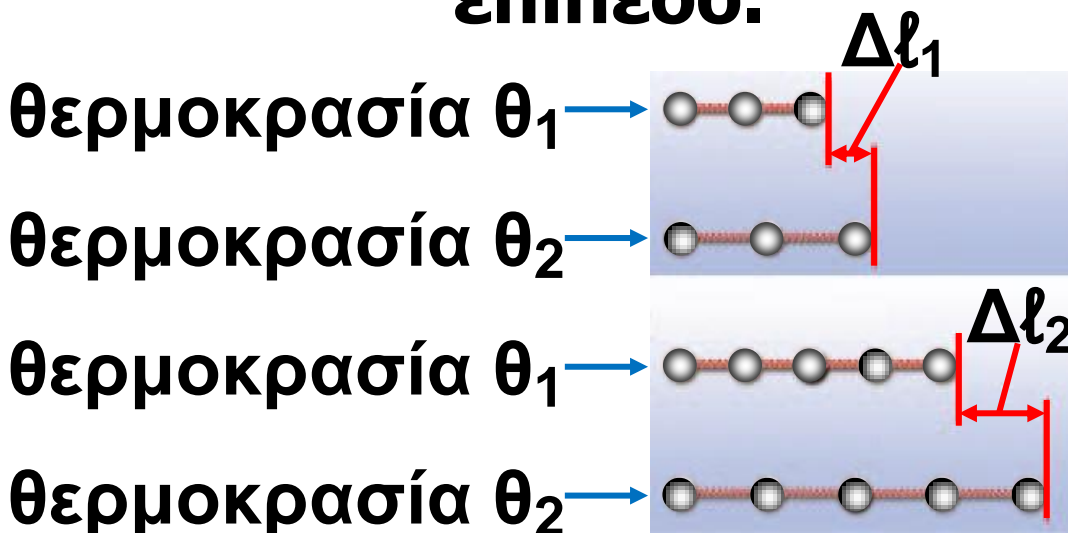
Πρότυπο διαστολής σε μοριακό επίπεδο.



θερμοκρασία $\theta_1 <$ θερμοκρασία θ_2

6.37

Πρότυπο διαστολής σε μοριακό επίπεδο.



θερμοκρασία $\theta_1 <$ θερμοκρασία θ_2

Δυνάμεις κατά τη διαστολή και συστολή

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

Πώς θα μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε τα παραπάνω φαινόμενα;

Κατά τη διαστολή η μεταβολή του μήκους ή του όγκου των σωμάτων είναι σχετικά μικρή, όταν όμως αυτή εμποδίζεται, εμφανίζονται έντονα μηχανικά φαινόμενα όπως το λύγισμα, το σπάσιμο κ.ά. Κατά τη διαστολή οι δομικοί λίθοι επεκτείνονται στο χώρο κι η επέκταση αυτή εκδηλώνεται ως τεράστια δύναμη διαστολής. Έτσι, όταν απότομα

γεμίσουμε ένα ποτήρι με καυτό νερό, το εσωτερικό τοίχωμα του ποτηριού θερμαίνεται αμέσως και η θερμοκρασία του γίνεται πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του εξωτερικού τοιχώματος. Το εσωτερικό τοίχωμα λοιπόν διαστέλλεται πιο έντονα από το εξωτερικό. Μία δύναμη από μέσα προς τα έξω προκαλεί ρωγμές στο ποτήρι. Γι' αυτό το λόγο, τα γυάλινα σκεύη που χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο των φαγητών κατασκευάζονται από ειδικό πυρίμαχο γυαλί (pyrex). Η διαστολή αυτού του είδους του γυαλιού είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με εκείνη του κοινού γυαλιού (διάγραμμα 6.3) και έτσι το σκεύος δεν κινδυνεύει με θραύση.

Οι δυνάμεις διαστολής είναι δυνατόν να προκαλέσουν

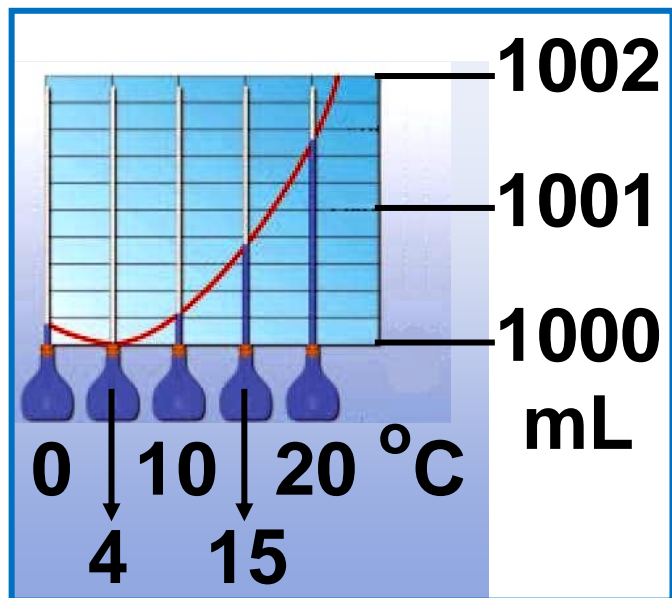
παραμόρφωση στις σιδηροτροχιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (εικόνα 6.38). Αρχικά το ενδεχόμενο αυτό αντιμετωπίστηκε με την ύπαρξη διάκενων μεταξύ των σιδηροτροχιών. Αυτά τα διάκενα προκαλούσαν ταλαντώσεις (σκαμπανεβάσματα) του τρένου και δημιουργούσαν δυσάρεστο αίσθημα στους επιβάτες. Σήμερα στα διάκενα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



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.



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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, ο όγκος του ελαττώνεται (ανώμαλη συστολή), ενώ αν ψύχεται από τους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 το μικρότερο δυνατό όγκο και άρα τη μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα.

Το φαινόμενο της ανώμαλης διαστολής του νερού έχει τεράστια οικολογική σημασία. Μεταξύ δυο στρωμάτων νερού αυτό που έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα βυθίζεται. Ας δούμε τι συμβαίνει, όταν κατά τη διάρκεια του χειμώνα η θερμοκρασία της επιφάνειας του νερού ελαττώνεται. Όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 4°C , το νερό της επιφάνειας έχει μικρότερη πυκνότητα και η θερμοκρασία μειώνεται από την επιφάνεια προς τον πυθμένα. Όταν όμως η

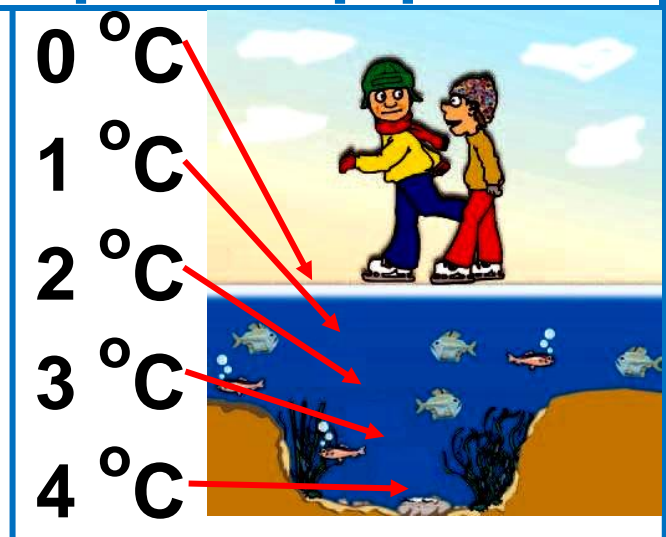
θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος φθάσει στους 4°C , αυτό το στρώμα ως πυκνότερο βυθίζεται προς τον πυθμένα. Το νερό μικρότερης θερμοκρασίας έχει μικρότερη πυκνότητα και επιπλέει. Η μεταβολή της θερμοκρασίας τώρα αντιστρέφεται. Τελικά μπορεί να σχηματισθεί πάγος στην επιφάνεια της λίμνης ή της θάλασσας, ενώ στο εσωτερικό η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και μάλιστα 4°C στον πυθμένα και το νερό διατηρείται στην υγρή μορφή (εικόνα. 6.40).

Εικόνα

6.40.

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

Φυσική και Περιβάλλον



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; (Αξιοποίησε το διάγραμμα 6.2).

Δεδομένα

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

Ζητούμενα

$$\Delta l$$

Βασική εξίσωση

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

Λύση

$$\Delta \theta = \theta_{\text{τελικό}} - \theta_{\text{αρχικό}} \quad \text{ή}$$

$$\Delta \theta = 250 \text{ }^{\circ}\text{C} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 230 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

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

► 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: 9 (στην επόμενη σελίδα)

Τα θερμόμετρα είναι τα κατάλληλα για τη μέτρηση της

Τα θερμόμετρα είναι

..... δηλαδή

έχουν κλίμακα
Η πιο συνηθισμένη είναι η κλίμακα
..... υπάρχει και η
κλίμακα καθώς
και κλίμακα,
που χρησιμοποιείται από τους
επιστήμονες.

3. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις
προτάσεις το περιεχόμενο των
οποίων είναι επιστημονικά ορθό
και με Λ αυτές των οποίων είναι
επιστημονικά λανθασμένο.

(α) Όλα τα θερμόμετρα πρέπει να
έχουν μια κλίμακα μέτρησης. (β)
Όλα τα θερμόμετρα μπορούν να
μετρήσουν μια οποιαδήποτε
θερμοκρασία. (γ) Στην κλίμακα
Κέλβιν δεν υπάρχουν αρνητικές
θερμοκρασίες. (δ) Κάθε μεταβολή
θερμοκρασίας στην κλίμακα
Κελσίου αντιστοιχεί στην ίδια
μεταβολή στην κλίμακα Κέλβιν.

Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας - Πως μετράμε τη θερμότητα

4. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:

θερμότητα, ενέργεια, θερμοκρασία, θερμική ισορροπία, θερμική επαφή.

5. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

(α) Θερμότητα ονομάζεται η
..... που μεταφέρε-
ται από σώμα
θερμοκρασίας σε σώμα
..... Όταν οι
θερμοκρασίες των δυο σωμάτων
..... τότε η
..... ενέργειας
.....

Οι θερμοκρασίες των σωμάτων είναι Τότε λέμε ότι τα σώματα βρίσκονται σε ισορροπία.

(β) Η ποσότητα της που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1 °C ονομάζεται θερμότητα.

6. Ποια από τα παρακάτω φαινόμενα είναι δυνατόν να περιγραφούν με μεταφορά θερμότητας: α. ένα ποτήρι ζεστό γάλα κρυώνει πάνω στο τραπέζι. β. παγάκια λιώνουν μέσα σε ένα ποτήρι με νερό. γ. ζεσταίνουμε τα χέρια μας τρίβοντάς τα μεταξύ τους. δ. αναμειγνύουμε ζεστό με κρύο νερό. ε. σβήνουμε με τη γομολάστιχα και η γομολάστιχα ζεσταίνεται. Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

7. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες: δομικός λίθος, μόριο, κίνηση μορίων αερίου και όγκος αερίου, κίνηση δομικών λίθων υγρού και σχήμα υγρού, εσωτερική ενέργεια, κίνηση δομικών λίθων στερεού

8. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

α. Δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική όταν έχουν ίσες

Τότε οι δομικοί λίθοι του ενός έχουν ίδια ενέργεια με τους δομικούς λίθους του άλλου και η μεταφορά σταματά.

β. Η συνολική κινητική ενέργεια που έχουν οι δομικοί λίθοι ενός σώματος λόγω της άτακτης κίνησής τους ονομάζεται

..... ενέργεια. Η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται μόνο από την ενέργεια των δομικών του λίθων.

γ. Η κινητική και η δυναμική που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι επειδή κινούνται και επειδή ασκούνται μεταξύ τους ονομάζεται ενέργεια του σώματος.

9. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα / γράμματα που αντιστοιχούν στη σωστή / σωστές απαντήσεις. Τεκμηρίωσε τις επιλογές σου.

Η θερμική ενέργεια ενός σώματος:
α. εξαρτάται μόνο από τη μάζα του σώματος.

β. εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του σώματος.

γ. εξαρτάται τόσο από τη μάζα όσο και από τη θερμοκρασία του σώματος.

δ. δεν εξαρτάται ούτε από τη μάζα, ούτε από τη θερμοκρασία του σώματος.

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

α. Η θερμοκρασία ενός σώματος δεν εξαρτάται από τη μάζα του.

β. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος δεν εξαρτάται από τη μάζα του.

- γ. Ένα σώμα χαμηλής θερμοκρασίας είναι δυνατόν να περικλείει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα άλλο υψηλότερης.
- δ. Η θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από ένα σώμα μεγαλύτερης θερμικής ενέργειας προς ένα σώμα μικρότερης.
- ε. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας.
- στ. Μια θερμική μηχανή μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε θερμότητα.
- ζ. Μεταξύ δυο σωμάτων αυτό που έχει τη μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει και τη μεγαλύτερη θερμική ενέργεια.
- η. Η μεταφορά θερμότητας σ' ένα σώμα προκαλεί γενικά αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας.

Θερμική διαστολή και συστολή

11. Να σχηματίσεις προτάσεις χρησιμοποιώντας τις επόμενες έννοιες:

θερμική διαστολή, θερμική συστολή, γραμμική διαστολή, διαστολή όγκου.

12. Να συμπληρώσεις τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

Όλα σχεδόν τα σώματα όταν θερμαίνονται, δηλαδή ο όγκος τους ενώ όταν ψύχονται δηλαδή ο όγκος τους. Τα υγρά διαστέλλονται από τα στερεά. Το νερό όταν θερμαίνεται μεταξύ των 0°C και των 4°C

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

1. Με δεδομένο ότι οι θερμοκρασίες ψύξης του οινόπνεύματος είναι -114°C και του υδραργύρου -39°C και ότι υπάρχουν ηλεκτρικά θερμόμετρα που μετρούν θερμοκρασίες από -260°C μέχρι 1.600°C , τι είδους θερμόμετρο θα χρησιμοποιήσεις για να μετρήσεις:

- α. τη θερμοκρασία του εσωτερικού του ψυγείου
- β. τη θερμοκρασία του σώματος σου
- γ. τη θερμοκρασία της φλόγας ενός σπέρτου
- δ. τη θερμοκρασία στο Β. Πόλο
- ε. τη θερμοκρασία σ' έναν κλίβανο

2. Ο / Η καθηγητής / τρια ανέφερε στην τάξη ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του Ήλιου είναι 20.000.000 βαθμοί.

α. Ο Σάββας ρωτάει αν η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε κλίμακα Κελσίου ή Κέλβιν. Ποια είναι η απάντηση του καθηγητή;

β. Θα είχε σημασία αν η τιμή αντιστοιχούσε σε κλίμακα Κελσίου ή Φαρενάιτ;

3. Μια ημέρα, στις 12 το μεσημέρι, η θερμοκρασία στην Πάτρα ήταν 310 K, στο Βόλο 35 °C και στην Ερμούπολη της Σύρου -10 F. Σε ποια πόλη η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη και σε ποια χαμηλότερη; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

4. Γιατί στην κλίμακα Κέλβιν δεν υπάρχουν αρνητικές τιμές θερμοκρασιών;

5. Ποια είναι η μικρότερη τιμή της κλίμακας Κελσίου, ποια της Φαρενάιτ και ποια της κλίμακας Κέλβιν;

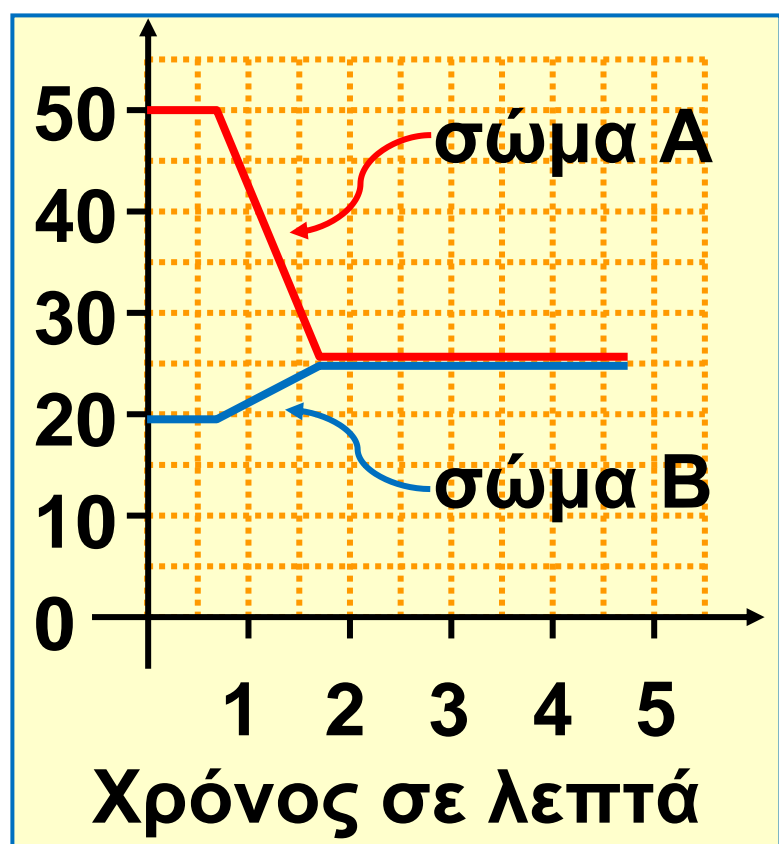
Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας - Πως μετράμε τη θερμότητα

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

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

7. Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας δυο σωμάτων, τα οποία φέραμε σε θερμική επαφή, κατασκευάσαμε το παρακάτω διάγραμμα, που δείχνει την εξέλιξη της θερμοκρασίας κάθε σώματος.

Σε ποιο χρονικό διάστημα έχουμε μεταφορά θερμότητας; Από ποιο σώμα μεταφέρεται θερμότητα σε ποιο;



Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος

8. Ποιες διαφορές παρουσιάζουν τα στερεά, υγρά και αέρια σε σχέση με

το σχήμα και τον όγκο τους σε ορισμένη θερμοκρασία; Πώς συνδέονται αυτές οι διαφορές με τον τρόπο κίνησης των δομικών λίθων σε κάθε κατάσταση της ύλης;

9. Είναι δυνατόν η θερμική ενέργεια μιας ποσότητας ζεστού νερού να είναι μικρότερη από τη θερμική ενέργεια μιας άλλης ποσότητας κρύου νερού; Να αιτιολογήσεις την άποψή σου.

10. Σε ποια κατάσταση βρίσκεται ένα σώμα όταν οι δομικοί λίθοι του κινούνται:

α. Ελεύθερα.

β. Γλιστρούν ο ένας πάνω στον άλλο.

γ. Ταλαντώνονται γύρω από συγκεκριμένη θέση.

Θερμική διαστολή και συστολή

11. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις το περιεχόμενο των οποίων είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές των οποίων είναι επιστημονικά λανθασμένο.

i. Κατά τη θερμική διαστολή ενός σώματος οι δομικοί λίθοι του:

α. Κινούνται όλο και πιο έντονα.

β. Απομακρύνονται μεταξύ τους.

γ. Διαστέλλονται.

δ. Πλησιάζουν μεταξύ τους.

ii. 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.

- iii. α. Όλα τα σώματα όταν θερμανθούν διαστέλλονται.
β. Δύο μεταλλικές ράβδοι που έχουν ίσα μήκη σε κάποια θερμοκρασία θ , θα εξακολουθούν να έχουν ίσα μήκη και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
γ. Οι κοιλότητες ή οι οπές ενός σώματος δε διαστέλλονται όταν αυτό θερμαίνεται.
δ. Γενικά, ένα υγρό διαστέλλεται περισσότερο από το δοχείο που το περιέχει.
ε. Δύο υγρά που έχουν ίσους όγκους σε κάποια θερμοκρασία θ , θα έχουν ίσους όγκους και σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία.
στ. Η μάζα ενός υγρού αυξάνεται όταν το υγρό διαστέλλεται.

12. Μια μεταλλική μετροταινία βαθμονομήθηκε όταν η θερμοκρασία της ήταν 20°C . Αν χρησιμοποιηθεί

για μέτρηση μήκους σε άλλη θερμοκρασία, το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν είναι ακριβές. Γιατί;

13. Τοποθετούμε διαδοχικά σε μια ζυγαριά 2 λίτρα νερού θερμοκρασίας $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ και 2 λίτρα νερού $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε ποια περίπτωση η ένδειξη της ζυγαριάς είναι μεγαλύτερη και γιατί;

14. Πώς μεταβάλλεται ο όγκος μιας ορισμένης μάζας νερού, όταν η θερμοκρασία του αυξάνεται από τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως τους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$; Ποια είναι η συνέπεια του φαινομένου αυτού στη μεταβολή της πυκνότητας του νερού; Τεκμηρίωσε την άποψή σου.

15. Μια μεταλλική σφαίρα μόλις που μπορεί να διέρχεται μέσα από ένα μεταλλικό δακτύλιο. Τι θα συμβεί αν: (α) θερμάνουμε τη σφαίρα, (β) θερμάνουμε το δακτύλιο, (γ) θερμάνουμε εξίσου και τα δύο;

Θερμοκρασία και μέτρηση θερμότητας

1. Να μετατρέψεις τις παρακάτω θερμοκρασίες από την κλίμακα Κελσίου στις κλίμακες Φαρενάιτ και Κέλβιν:

α. θερμοκρασία δωματίου 20°C

β. θερμοκρασία καταψύκτη -20°C

γ. ζεστή μέρα του καλοκαιριού 35°C

δ. κρύα μέρα του χειμώνα -3°C

2. Από το δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών καταγράφηκαν κατά την 18η Δεκεμβρίου και την 7η Αυγούστου 1995, οι θερμοκρασίες της επόμενης σελίδας (σε $^{\circ}\text{C}$):

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

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

**Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας -
Πως μετράμε τη θερμότητα**

3. Ένας μεταλλικός κύλινδρος μάζας 0.5 kg απορροφά θερμότητα 500 j και η θερμοκρασία αυξάνεται

από τους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Να υπολογίσεις την ειδική θερμότητα του μετάλλου.

4. Ένας σιδερένιος κύβος μάζας 0.2 kg βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με νερό που βράζει. Στη συνέχεια:

α. Τον τοποθετούμε στο περιβάλλον ενός δωματίου θερμοκρασίας $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρις ότου να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία του κύβου. Πόση θερμότητα μεταφέρεται από τον κύβο προς το περιβάλλον; Για την τιμή της ειδικής θερμότητας του σιδήρου θα χρησιμοποιήσεις το διάγραμμα 6.1 του βιβλίου σου.



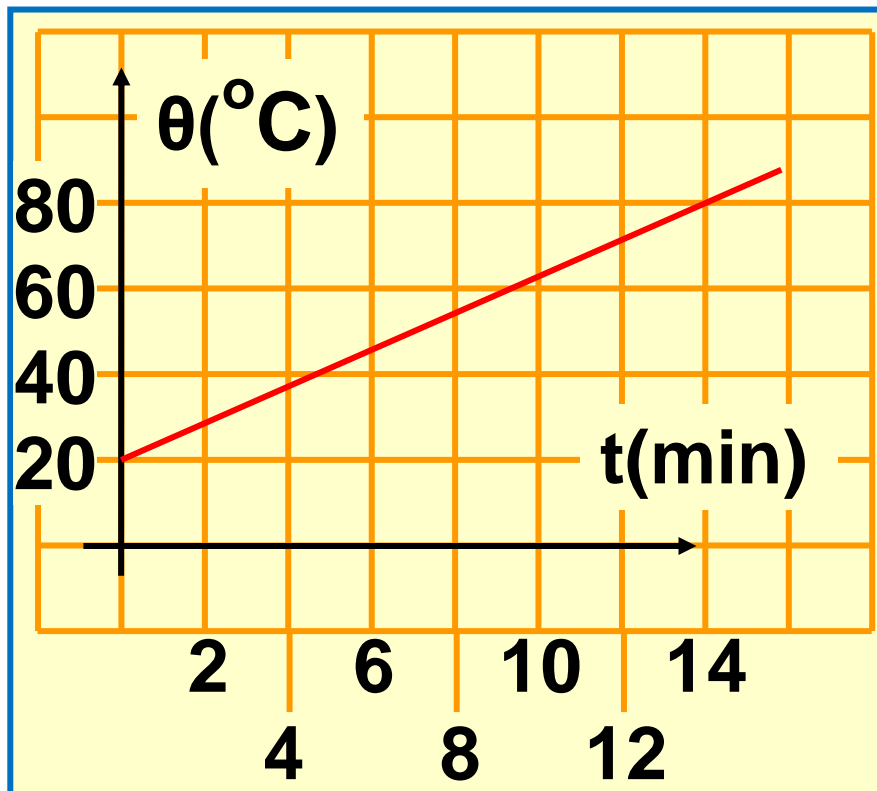
β. Τον βυθίζουμε σε μονωμένο δοχείο με νερό αρχικής θερμοκρασίας $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Παρατηρούμε ότι τελικά η θερμοκρασία και των δυο σωμάτων (νερού και κύβου)

σταθεροποιείται στους 20°C . Από τα παραπάνω δεδομένα, μπορείς να υπολογίσεις τη μάζα του νερού που περιέχεται στο δοχείο;

5. Στο εργαστήριο της φυσικής πραγματοποιήσαμε την παρακάτω δραστηριότητα: Σε ένα δοχείο Pyrex βάλαμε 1 kg νερό και το τοποθετήσαμε πάνω από την εστία θέρμανσης. Κάθε 2 λεπτά λαμβάναμε τη θερμοκρασία του νερού την οποία καταχωρήσαμε σε πίνακα μετρήσεων. Με βάση τις τιμές του πίνακα, κατασκευάσαμε το διάγραμμα στην επόμενη σελίδα. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από το διάγραμμα στην επόμενη σελίδα, απάντησε στις παρακάτω ερωτήσεις:

α. Ποια είναι η αρχική θερμοκρασία του υγρού;

- β. Ποια είναι η θερμοκρασία του υγρού μετά από 4 min θέρμανσης;
- γ. Πόσο μεταβλήθηκε η θερμοκρασία του υγρού μετά από 6 min θέρμανσης;
- δ. Πόση θερμότητα μεταφέρθηκε στο νερό μετά από 6 min θέρμανσης;



6. Σε εστία θέρμανσης τοποθετούμε δοχείο που περιέχει 2.000 gr νερό αρχικής θερμοκρασίας 20°C . Αν γνωρίζουμε ότι κατά τη θέρμανση

στο νερό μεταφέρθηκε θερμότητα 42.000 J , να υπολογίσεις:

α. Την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού.

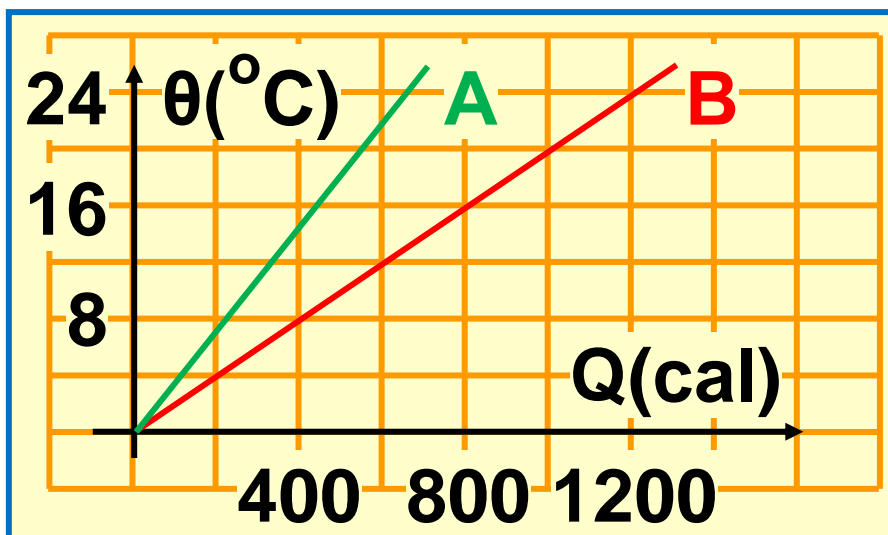
β. Τη θερμοκρασία του νερού μετά τη θέρμανση. Για την τιμή της ειδικής θερμότητας του νερού, θα χρησιμοποιήσεις το διάγραμμα 6.1 του βιβλίου σου.

7. Σε ένα μονωμένο ποτήρι που περιέχει 100 gr νερό θερμοκρασίας 30°C προσθέτουμε 200 gr νερό θερμοκρασίας 90°C . Να υπολογίσεις την τιμή της θερμοκρασίας στην οποία θα σταθεροποιηθεί η ένδειξη του θερμομέτρου που είναι βυθισμένο στο ποτήρι.

8. Στην ίδια εστία θέρμανσης θερμαίνουμε ταυτόχρονα δυο υγρά Α και Β. Τα δυο υγρά έχουν την ίδια

μάζα. Στο διάγραμμα παριστάνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας των δυο υγρών σε συνάρτηση με την προσφερόμενη θερμότητα. Βάλε σε κύκλο το γράμμα που κατά την άποψή σου αντιστοιχεί στη σωστή έκφραση για τις ειδικές θερμότητες των δυο υγρών A και B.

(α) $c_A > c_B$ (β) $c_A < c_B$ (γ) $c_A = c_B$



Θερμική διαστολή και συστολή

9. Μια μεταλλική ράβδος, όταν η θερμοκρασία της είναι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, έχει μήκος 10 m. Αυξάνουμε τη θερμοκρασία της ράβδου από τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, οπότε

επιμηκύνεται κατά 1,8 mm. Από τι υλικό είναι δυνατό να είναι κατασκευασμένη αυτή η ράβδος; Χρησιμοποίησε το διάγραμμα 6.2.

10. Μια σιδερένια ράβδος έχει μήκος 11,5 m στους 22 °C. Πόσο θα είναι το μήκος της, αν τη θερμάνουμε στους 1221 °C, κοντά στη θερμοκρασία που λιώνει;

11. Ένα ανοικτό αλουμινένιο κουτί έχει όγκο 354 mL και είναι τελείως γεμάτο με νερό, όταν βρίσκεται στη θερμοκρασία του ψυγείου (4 °C). Το βγάζουμε από το ψυγείο και το τοποθετούμε πάνω σε ένα τραπέζι. Όταν επιστρέφουμε ύστερα από μεγάλο χρονικό διάστημα, παρατηρούμε μια ποσότητα υγρού πάνω στο τραπέζι. Πώς θα μπορούσες να ερμηνεύσεις αυτή την παρατήρηση; Αν η

θερμοκρασία που επικρατεί στο δωμάτιο είναι 34°C , να υπολογίσεις: (α) τον όγκο του κουτιού, (β) τον όγκο του νερού, (γ) την ποσότητα του νερού που χύθηκε.

12. Μια δεξαμενή περιέχει 15.000 λίτρα βενζίνης. Ποια είναι η αύξηση του όγκου της βενζίνης, αν η θερμοκρασία της ανέβει κατά 15°C ; (Χρησιμοποίησε το διάγραμμα 6.4).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

□ Η αντικειμενική μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος γίνεται με τα κατάλληλα όργανα: τα θερμόμετρα.

□ Θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης θερμοκρασίας

προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας. Η μεταφορά θερμότητας σταματά όταν εξισώνονται οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων (θερμική ισορροπία). Η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα σώμα εξαρτάται από τη μάζα του, το είδος του υλικού και τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

□ Η ύλη αποτελείται από τυχαία κινούμενους δομικούς λίθους. Η θερμοκρασία ενός σώματος εξαρτάται από την κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος είναι το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των δομικών λίθων. Οι δομικοί λίθοι έχουν και δυναμική ενέργεια. Εσωτερική ενέργεια είναι η συνολική κινητική και δυναμική ενέργεια των δομικών λίθων.

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

□ Κατά τη θερμική διαστολή αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των δομικών λίθων.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Θερμοκρασία

Θερμότητα

Θερμική διαστολή

Θερμομετρικές κλίμακες

Θερμική ισορροπία

Δομικοί λίθοι

Θερμική ενέργεια

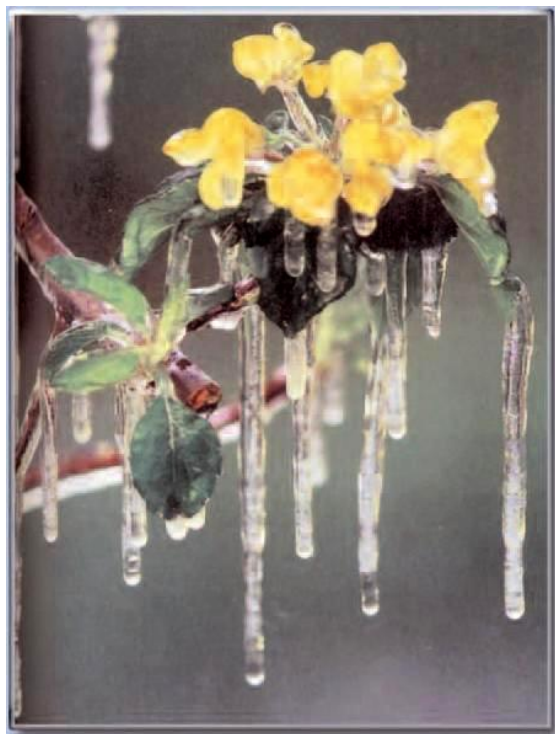
μια μικρή ιστορία...

Ο κύριος Κώστας είναι αγρότης στο Πήλιο, έχει ένα πολύ μεγάλο κτήμα με μηλιές. Κάθε βράδυ ακούει το δελτίο καιρού προκειμένου να προγραμματίσει τις εργασίες της επόμενης ημέρας. Μια ανοιξιιάτικη μέρα η πρόβλεψη της μετεωρολογικής υπηρεσίας ήταν ότι το επόμενο βράδυ η θερμοκρασία στην περιοχή θα έπεφτε μερικούς βαθμούς κάτω από το μηδέν (0°C).

Αυτό τον καιρό οι περισσότερες από τις μηλιές του κυρίου Κώστα ήταν γεμάτες από μπουμπούκια, τα οποία βρίσκονταν σε κίνδυνο εξαιτίας του προβλεπόμενου παγετού. Ο κύριος Κώστας για να προστατέψει τα μπουμπούκια από

την καταστροφή και επομένως και την παραγωγή του από μήλα, ράντισε τα δένδρα του με νερό.

Με ποιο τρόπο το ράντισμα των δένδρων προστατεύει τα μπουμπούκια από τον παγετό;



Στο κεφάλαιο αυτό:

Θα γνωρίσεις τις τρεις καταστάσεις της ύλης στερεή, υγρή και αέρια καθώς και πώς η μια μπορεί να μετατραπεί στην άλλη. Θα συνδέσεις τις αλλαγές κατάστασης της ύλης με τη θερμότητα και τη θερμοκρασία, θα μάθεις πώς προκαλούνται αυτές οι μεταβολές και πώς ερμηνεύονται μικροσκοπικά.

Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Το χειμώνα χιονίζει κυρίως στις ορεινές περιοχές της χώρας μας (εικόνα 7.1). Αν η θερμοκρασία είναι «κάτω από το μηδέν», το χιόνι παγώνει. Την άνοιξη τα χιόνια λιώνουν και τα ποτάμια τροφοδοτούνται με μεγάλες ποσότητες νερού. Γεμίζουμε με νερό τις παγοθήκες και τις τοποθετούμε στο ψυγείο, οπότε παίρνουμε παγάκια. Ο πάγος είναι νερό σε στερεά κατάσταση.

Όταν κάνουμε μπάνιο με ζεστό νερό σ' ένα λουτρό, ο καθρέφτης του θολώνει. Από το νερό παράγονται ατμοί, οι υδρατμοί. Ο καθρέφτης έχει μικρότερη θερμοκρασία από τους υδρατμούς

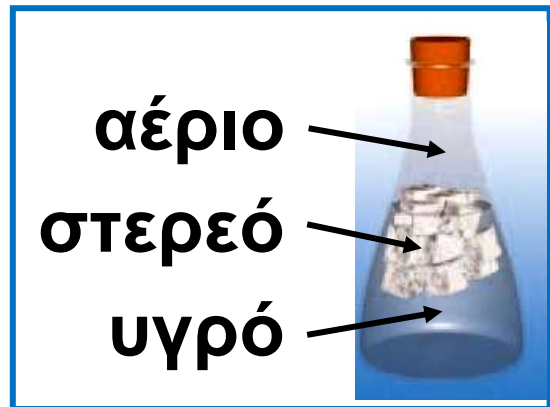
που μετατρέπονται σε σταγονίδια στην επιφάνεια του. Οι υδρατμοί είναι νερό σε αέρια κατάσταση. Με παρόμοιο τρόπο από τους υδρατμούς που υπάρχουν στον αέρα, δημιουργείται η δροσιά, η ομίχλη και τα σύννεφα.

Οι τρεις συνηθισμένες καταστάσεις της ύλης είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια (εικόνα 7.2). Η κατάσταση της ύλης ενός σώματος είναι δυνατόν να αλλάξει. Ένα στερεό σώμα μπορεί να μετατραπεί σε υγρό και αντίστροφα ή ένα υγρό σώμα σε αέριο και αντίστροφα. Πώς προκαλούνται αυτές οι αλλαγές και πώς ερμηνεύονται μικροσκοπικά; Σ αυτό το κεφάλαιο θα δούμε ότι οι αλλαγές κατάστασης της ύλης σχετίζονται με τη θερμοκρασία και τη θερμότητα.

Εικόνα 7.1.
Το χιόνι είναι νερό σε στερεά κατάσταση.



Εικόνα 7.2.
Σ' αυτή τη φωτογραφία αναπαριστώνται οι τρεις καταστάσεις του νερού.



Στην αέρια κατάσταση, οι υδρατμοί είναι διασπαρμένοι στον αέρα και είναι αόρατοι, μέχρι να συμπυκνωθούν.

7.1 Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα

Τήξη-Πήξη

Τοποθετούμε τριμμένα παγάκια σ' ένα δοχείο και μέσα σε αυτά βυθίζουμε ένα θερμομέτρο και το τοποθετούμε σε εστία θέρμανσης

(εικόνα 7.3). Η θερμοκρασία του πάγου αρχίζει να αυξάνεται. Όταν φθάσει στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, τότε ο πάγος αρχίζει να λιώνει, οπότε εμφανίζεται και νερό μέσα στο ποτήρι. Παρατηρούμε ότι μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος, η θερμοκρασία του μείγματος νερού-πάγου διατηρείται σταθερή στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται θερμοκρασία τήξης του πάγου. Μόλις λιώσει όλος ο πάγος, η θερμοκρασία του νερού αρχίζει να αυξάνεται.

Τοποθετούμε ένα δοχείο με νερό μέσα σε μια λεκάνη με πάγο θερμοκρασίας $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (εικόνα 7.4). Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού μειώνεται. Όταν φθάσει στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, το νερό αρχίζει να γίνεται στερεό, δηλαδή πάγος.

Αυτή η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή μέχρι να γίνει πάγος όλο το νερό. Την ονομάζουμε θερμοκρασία πήξης του νερού.

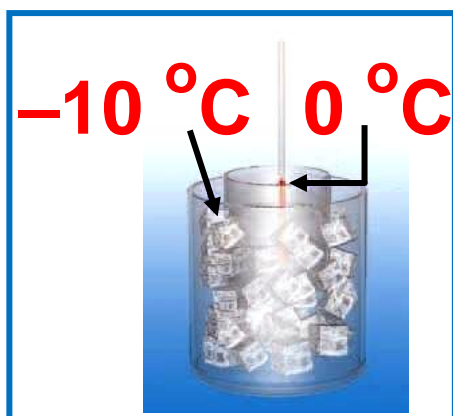
Γενικά, ονομάζουμε τήξη το φαινόμενο της μετατροπής ενός στερεού σε υγρό, ενώ της μετατροπής του υγρού σε στερεό, πήξη. Κατά τη διάρκεια της τήξης ή της πήξης συνυπάρχουν και οι δυο καταστάσεις (φάσεις) της ύλης: η στερεά και η υγρή. Από τα πειράματα που περιγράψαμε, προκύπτει ότι η θερμοκρασία τήξης του νερού συμπίπτει με τη θερμοκρασία πήξης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα άλλα σώματα. Κάθε καθαρό σώμα έχει τη δική του θερμοκρασία τήξης / πήξης, που χαρακτηρίζει το υλικό του σώματος. Είναι, όπως λέμε, μια φυσική σταθερά του υλικού του σώματος.

Χρόνος σε min										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-5	-3	-1	0	0	0	0	0	1	2	3
Θερμοκρασία σε °C										

Εικόνα 7.3.
 Καθ' όλη τη διάρκεια
 της τήξης
 η θερμοκρασία
 διατηρείται σταθερή.



Χρόνος σε min										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	9	3	0	0	0	0	0	-1	-2	-3
Θερμοκρασία σε °C										



Εικόνα 7.4.
 Σε όλη τη διάρκεια της
 πήξης η θερμοκρασία
 διατηρείται σταθερή.
 Η θερμοκρασία πήξης
 συμπίπτει με τη
 θερμοκρασία τήξης.

Βρασμός-Υγροποίηση

Γεμίζουμε ένα γυάλινο δοχείο νερό, το τοποθετούμε πάνω από μια εστία θέρμανσης και καταγράφουμε τη θερμοκρασία του (εικόνα 7.5). Συγχρόνως παρατηρούμε τι συμβαίνει μέσα στο δοχείο. Αρχικά η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και παράγονται υδρατμοί με αργό ρυθμό από την επιφάνεια του νερού. Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, εκδηλώνεται στο νερό μία έντονη αναταραχή. Οι υδρατμοί παράγονται γρήγορα και σχηματίζουν μεγάλες φυσαλίδες σε όλο τον όγκο του νερού. Το νερό βράζει. Κατά τη διάρκεια του βρασμού συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια κατάσταση. 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°C , δηλαδή σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία βρασμού.

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

Θερμότητα τήξης και βρασμού

Ένα κομμάτι πάγου λιώνει, όταν εκτεθεί σε περιβάλλον υψηλότερης θερμοκρασίας, για παράδειγμα στον αέρα. Τότε, θερμότητα

Χρόνος σε min							
0	1	2	3	4	5	6	7
25	43	61	79	94	100	100	100
Θερμοκρασία σε °C							

Εικόνα 7.5.

Σε όλη τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.



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 σώμα (για παράδειγμα όταν το θερμαίνουμε με ένα λύχνο), η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται μέχρι να φτάσει στη θερμοκρασία τήξης. Τότε το σώμα τήκεται (λιώνει), ενώ η θερμοκρασία

του παραμένει σταθερή, μέχρι να μετατραπεί εξολοκλήρου σε υγρό. Όταν θερμότητα μεταφέρεται από ένα υγρό προς το περιβάλλον του (για παράδειγμα, όταν αυτό βρίσκεται μέσα σε έναν καταψύκτη), η θερμοκρασία του υγρού ελαττώνεται μέχρι να φτάσει στη θερμοκρασία πήξης. Τότε το υγρό στερεοποιείται (πήζει), ενώ η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή μέχρι να μετατραπεί εξολοκλήρου σε στερεό.

Όταν σε ένα υγρό μεταφέρεται θερμότητα (για παράδειγμα, όταν το θερμαίνουμε με ένα λύχνο), η θερμοκρασία του υγρού αυξάνεται μέχρι να φτάσει στη θερμοκρασία βρασμού. Τότε, το υγρό μετατρέπεται σε αέριο, ενώ η θερμοκρασία του καθ' όλη τη διάρκεια της μετατροπής παραμένει

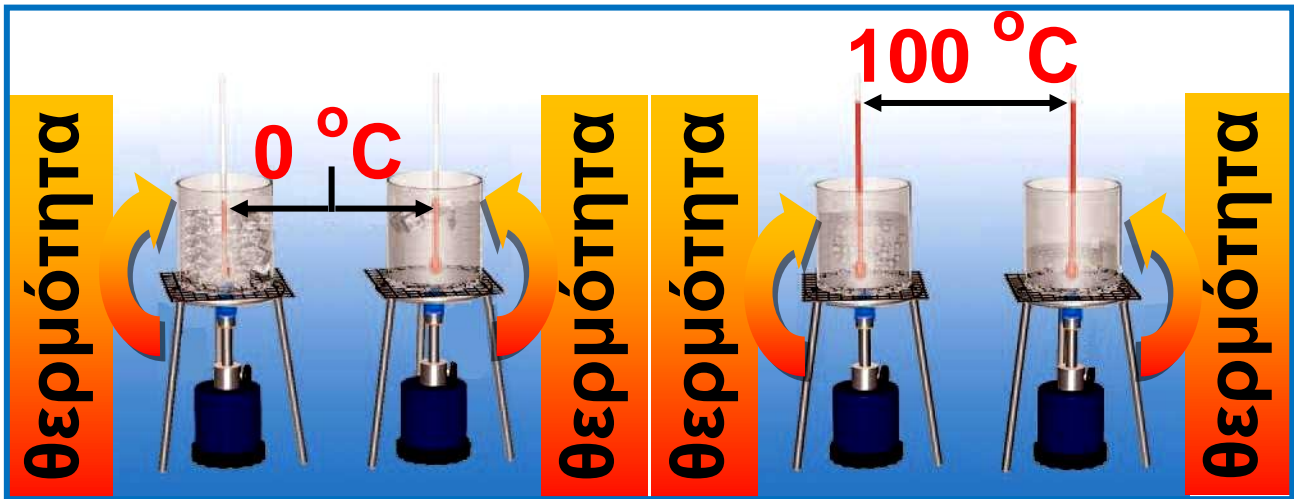
σταθερή. Αντιθέτως, όταν από ένα αέριο μεταφέρεται θερμότητα προς το περιβάλλον, η θερμοκρασία του αερίου αρχικά μειώνεται. Όταν γίνει ίση με τη θερμοκρασία βρασμού, αρχίζει να υγροποιείται, η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή, ενώ θερμότητα εξακολουθεί να μεταφέρεται προς το περιβάλλον.

Γενικά, όταν θερμότητα μεταφέρεται σε ένα στερεό ή υγρό σώμα, χωρίς να αλλάζει η κατάσταση του, τότε η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται. Κατά τη διάρκεια όμως της τήξης ή του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή αν και στο σώμα μεταφέρεται θερμότητα (εικόνα 7.6). Η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα στερεό σώμα κατά την τήξη του, είναι ανάλογη

της μάζας του σώματος και εξαρτάται από το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα:

$$Q = L_T \cdot m$$

όπου Q είναι η συνολική ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο σώμα για να μετατραπεί όλη η μάζα του m σε υγρό ίδιας θερμοκρασίας. Το L_T ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα τήξης και εξαρτάται από το υλικό. Το L_T εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την πλήρη τήξη 1 kg από το υλικό.



Εικόνα 7.6.

(α) Κατά τη διάρκεια της τήξης του πάγου, μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στον πάγο. Όμως η θερμοκρασία του πάγου παραμένει σταθερή, (β) Κατά τη διάρκεια του βρασμού του νερού, μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στο νερό. Όμως η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή.

Αντίστοιχα, η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται σε ένα υγρό σώμα κατά το βρασμό, είναι ανάλογη της μάζας του σώματος και εξαρτάται από το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα:

$$Q = L_B \cdot m$$

όπου Q είναι η συνολική ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο σώμα για να μετατραπεί όλη η μάζα του m σε αέριο ίδιας θερμοκρασίας. Το L_B ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα βρασμού και εξαρτάται από το υλικό. Το L_B εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την πλήρη εξαέρωση 1 kg από το υλικό.

Στον πίνακα 7.1 στις επόμενες δύο σελίδες αναφέρονται οι θερμοκρασίες και οι λανθάνουσες θερμότητες τήξης και βρασμού διάφορων υλικών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ ΤΗΞΗΣ-ΒΡΑΣΜΟΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Υλικό	Θερμο- κρασία τήξης °C	Θερμότητα τήξης (L _T) 10 ³ J/kg ή J/gr
Ήλιο	-270	5,23
Άζωτο	-210	25,5
Οξυγόνο	-219	13,8
Οινόπνευμα	-114	104
Υδράργυρος	-39	11,8
Νερό	0	334
Μόλυβδος	327	24,5
Αλουμίνιο	660	90
Χρυσός	1063	64,5
Χαλκός	1083	134
Βολφράμιο	3370	

συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα →

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1.

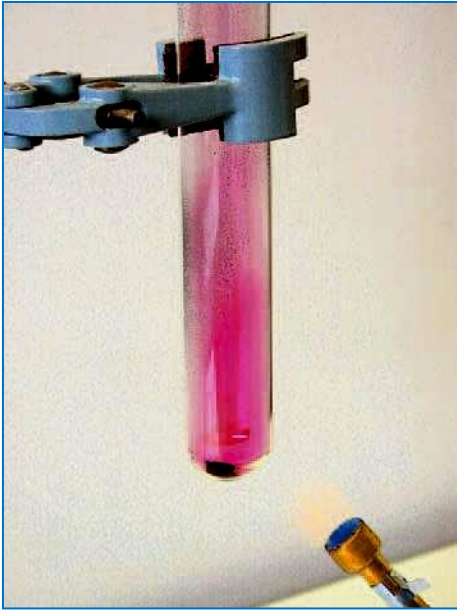
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ ΤΗΞΗΣ-ΒΡΑΣΜΟΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Υλικό	Θερμο- κρασία βρασμού °C	Θερμότητα βρασμού (L _B) 10 ³ J/kg ή J/gr
Ήλιο	-269	21
Άζωτο	-196	201
Οξυγόνο	-183	213
Οινόπνευμα	78	854
Υδράργυρος	357	272
Νερό	100	2256
Μόλυβδος	1750	871
Αλουμίνιο	2450	11400
Χρυσός	2660	1578
Χαλκός	1187	5070
Βολφράμιο	5900	

Εξαχνωση

Μέσα σ' ένα δοχείο από πορσελάνη θερμαίνουμε ήπια κρυστάλλους ιωδίου. Παρατηρούμε ότι το στερεό ιώδιο μετατρέπεται απευθείας σε αέριο χωρίς να περάσει από την υγρή κατάσταση.

Μερικά στερεά, όπως το στερεό διοξείδιο του άνθρακα (ξηρός πάγος) και οι κρύσταλλοι της ναφθαλίνης, μεταβαίνουν απευθείας από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Αυτή η μεταβολή ονομάζεται εξαχνωση. Σε ξηρό περιβάλλον και με έντονη ηλιακή ακτινοβολία το χιόνι και ο πάγος επίσης εξαχνώνονται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν υδρατμοί βρεθούν σε ψυχρό αέρα, οπότε σχηματίζεται στερεό χιόνι.



Εικόνα 7.7.
Το ιώδιο μεταβαίνει από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Το ιώδιο εξαχνώνεται.

Τα «σκαλοπάτια» των μεταβολών κατάστασης

Στην εικόνα 7.9 παριστάνεται γραφικά η θερμοκρασία 1 Kg H₂O (νερού) αρχικής θερμοκρασίας -10 °C σε συνάρτηση με τη θερμότητα που μεταφέρεται από το περιβάλλον σε αυτό. Το διάγραμμα αποτελείται από 5 διαφορετικές περιοχές.

α. Αύξηση της θερμοκρασίας του πάγου από την αρχική $\theta_{\pi} = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ στη θερμοκρασία τήξης $\theta_{\tau} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Η θερμότητα που απορροφάται από τον πάγο είναι:

$$Q_{\pi} = c_{\pi} \cdot m \cdot (\theta_{\tau} - \theta_{\pi})$$

β. Η θερμοκρασία του μείγματος του υγρού νερού και του πάγου διατηρείται σταθερή ίση με θ_{τ} . Είναι το σκαλοπάτι της τήξης. Η θερμότητα είναι ίση με τη θερμότητα τήξης:

$$Q_{\tau} = m \cdot L_{\tau}$$

γ. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται από μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού θ_{β} . Η θερμότητα που απορροφάται από το νερό είναι:

$$Q_{\nu} = c_{\nu} \cdot m \cdot (\theta_{\beta} - \theta_{\tau})$$

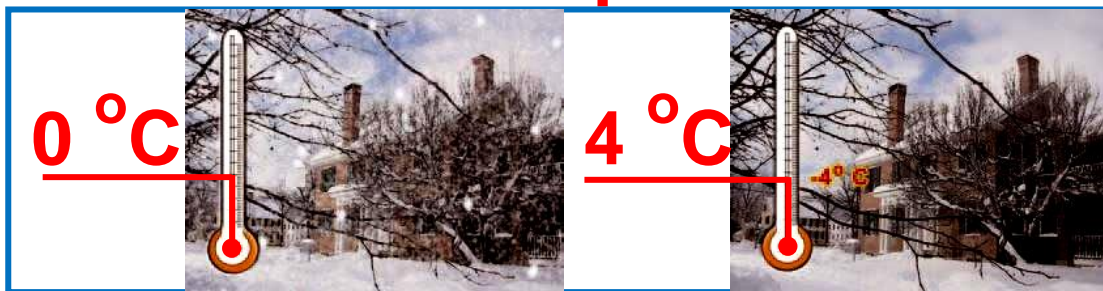
δ. Η θερμοκρασία του μείγματος του νερού και των υδρατμών διατηρείται σταθερή και ίση με θ_{β} . Είναι το σκαλοπάτι του βρασμού.

Η θερμότητα που απορροφά το νερό είναι ίση με τη θερμότητα βρασμού:

$$Q_{\beta} = m \cdot L_{\beta}$$

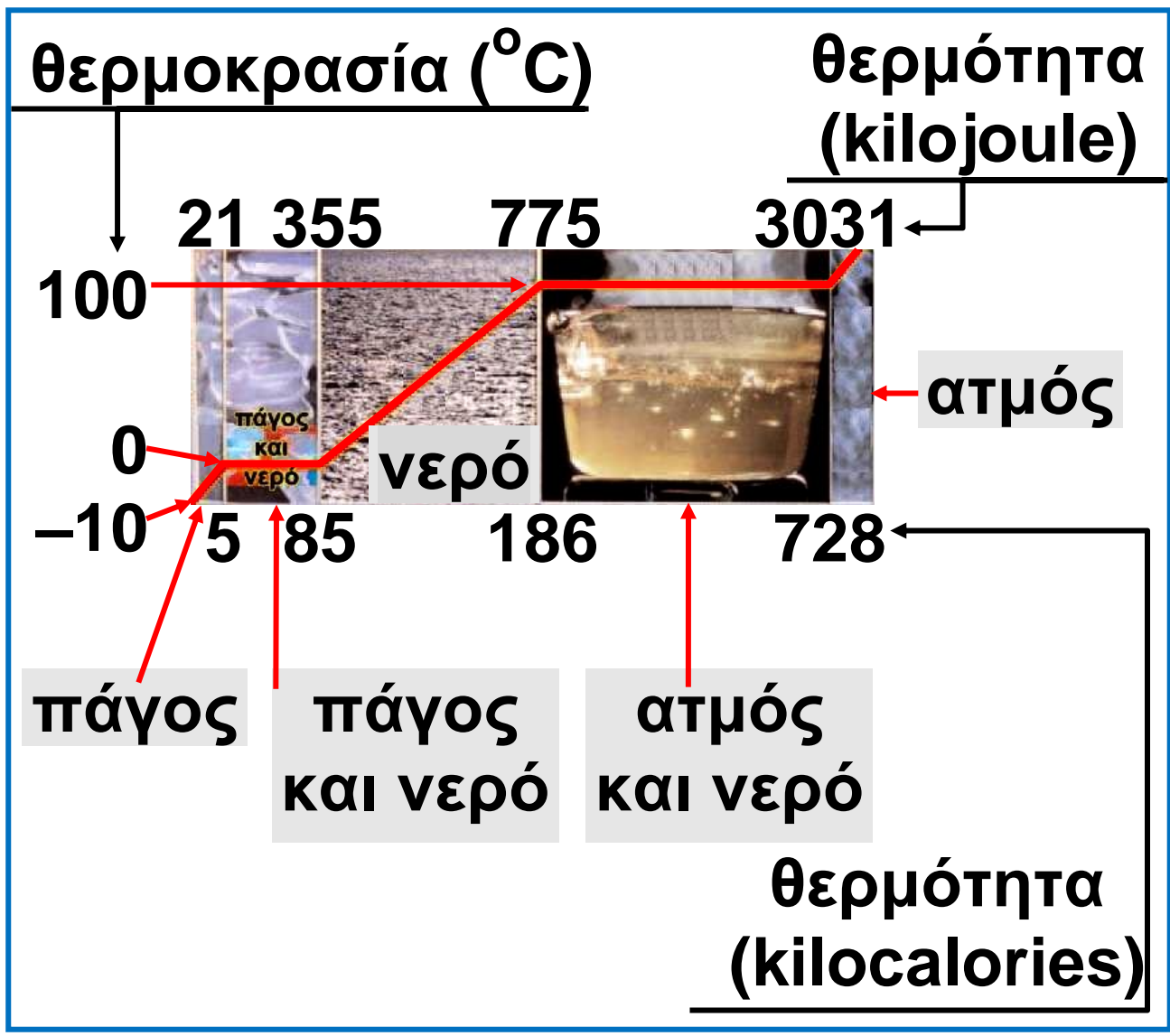
ε. Η θερμοκρασία των υδρατμών αυξάνεται.

Ακόνισε το μυαλό σου



Εικόνα 7.8.

Πολλές φορές η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη όταν χιονίζει παρά όταν λιώνουν τα χιονιά.
Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;



Εικόνα 7.9.
 Τα σκαλοπάτια των μεταβολών
 κατάστασης τον νερού

7.2 Μικροσκοπική μελέτη των αλλαγών κατάστασης

Μεταβολή του τρόπου κίνησης των δομικών λίθων

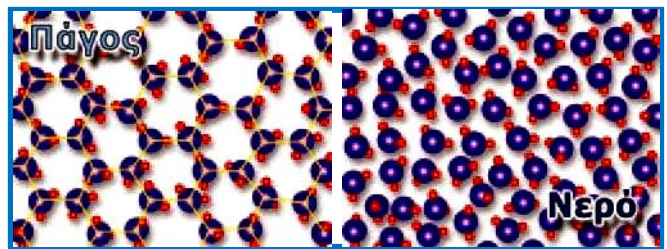
Πώς συμπεριφέρονται οι δομικοί λίθοι ενός στερεού σώματος όταν μεταφέρεται σε αυτό θερμότητα;

Αρχικά η μεταφερόμενη θερμότητα προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, δηλαδή της κινητικής ενέργειας των δομικών λίθων του σώματος. Επομένως, οι ταλαντώσεις των δομικών λίθων γίνονται όλο και πιο έντονες. Σε ορισμένη θερμοκρασία, ωστόσο, οι ταλαντώσεις είναι τόσο έντονες, ώστε οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν μπορούν να τα συγκρατήσουν πλέον στις θέσεις τους (εικόνα 7.10). Οι δομικοί λίθοι αρχίζουν να «γλιστρούν» ο ένας

επάνω στον άλλο και οι μεταξύ τους δυνάμεις μειώνονται: το στερεό γίνεται υγρό. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την πήξη.

Πάγος Νερό

Εικόνα 7.10. :
Στη θερμοκρασία τήξης του πάγου

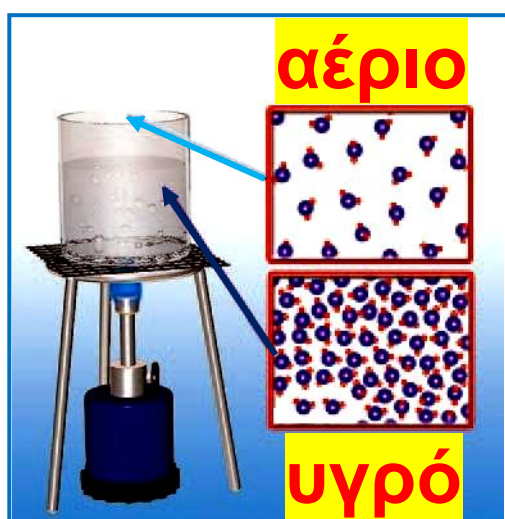


οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού εξασθενούν. Ο τρόπος που κινούνται τα μόρια αλλάζει

Όταν θερμότητα μεταφέρεται σε ένα υγρό, αρχικά αυξάνεται η κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων, οπότε οι κινήσεις τους γίνονται όλο και πιο έντονες, η θερμοκρασία του υγρού αυξάνεται. Σε ορισμένη θερμοκρασία οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν μπορούν να τους συγκρατήσουν κοντά τον ένα στον

άλλο, οπότε αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα: το υγρό γίνεται αέριο (εικόνα 7.11). Τότε, η αλληλεπίδραση μεταξύ των δομικών λίθων έχει σχεδόν μηδενιστεί. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την υγροποίηση.

Κατά τη διάρκεια της τήξης ή του βρασμού, οι δομικοί λίθοι του σώματος διατηρούνται αναλλοίωτοι. Δεν λιώνουν και δεν εξαερώνονται. Απλώς μεταβάλλεται ο τρόπος που κινούνται και αλληλεπιδρούν.



Εικόνα 7.11.

Στη θερμοκρασία βρασμού οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων του σώματος μηδενίζονται με αποτέλεσμα να κινούνται ελεύθερα

Μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας

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

Κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης, η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος διατηρείται σταθερή. Αλλάζει όμως η δυναμική τους ενέργεια. Στις αλλαγές φάσης, επομένως, η εσωτερική ενέργεια του σώματος μεταβάλλεται, επειδή μεταβάλλεται η συνολική δυναμική ενέργεια των δομικών λίθων αν και η θερμική ενέργεια του σώματος μένει σταθερή. Το νερό θερμοκρασίας $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ έχει μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια από ίση ποσότητα πάγου ίδιας θερμοκρασίας.

Η διαφορά στην εσωτερική ενέργεια τους ισούται με τη θερμότητα τήξης. Επίσης, υδρατμοί στους 100 °C έχουν μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια από ίση ποσότητα νερού 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.

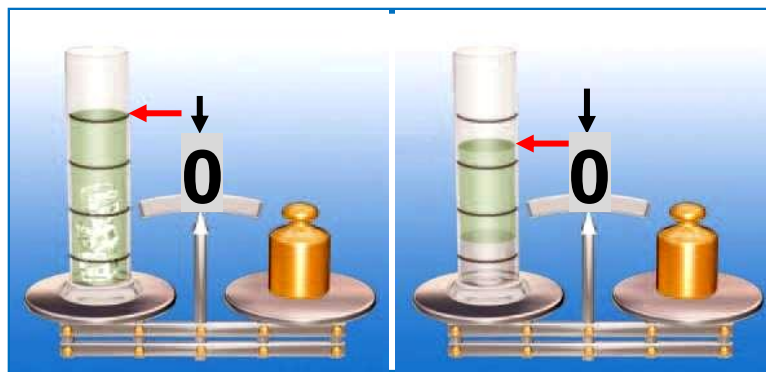
Εξάλλου, επειδή οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν είναι εξίσου ισχυρές στα διάφορα υλικά, η θερμότητα τήξης και βρασμού (για την ίδια μάζα) διαφέρει από υλικό σε υλικό. Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης, για παράδειγμα, του χαλκού είναι διπλάσια από του χρυσού.

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



Εικόνα 7.12

Η αλλαγή κατάστασης συνοδεύεται και από μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.



Εικόνα 7.13.

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

Μεταβολή της μάζας και του όγκου

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 (εικόνα 7.13). Βάζοντας κατάλληλα σταθμά στον άλλο δίσκο, η ζυγαριά ισορροπεί. Καθώς ο πάγος λιώνει, παρατηρούμε ότι η ισορροπία διατηρείται, αλλά η στάθμη του πετρελαίου κατεβαίνει. Συμπεραίνουμε ότι το νερό που προέκυψε από την τήξη του πάγου έχει ίδια μάζα, αλλά μικρότερο όγκο. Όταν ο πάγος τήκεται, ο όγκος του ελαττώνεται. Αντίθετα, όταν το νερό γίνεται πάγος στους 0°C , ο όγκος του αυξάνεται.

Επομένως:

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

Η παραπάνω διαπίστωση μας βοηθάει να ερμηνεύσουμε για ποιο λόγο ένα γυάλινο μπουκάλι γεμάτο με νερό, όταν παγώσει στην κατάψυξη του ψυγείου μας, σπάει. Ο πάγος έχει μεγαλύτερο όγκο από ίση μάζα νερού ίδιας θερμοκρασίας, οπότε έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό και συνεπώς θα επιπλέει στο νερό. Τα παγόβουνα λοιπόν επιπλέουν στη θάλασσα και τα παγάκια στην πορτοκαλάδα μας.

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

Στο νερό τα μόρια "γλιστρούν" το ένα πάνω στο άλλο ενώ βρίσκονται σχεδόν σε επαφή

μεταξύ τους. Όταν το νερό γίνεται πάγος, τα μόρια σχηματίζουν εξάγωνα, οπότε ο χώρος που καταλαμβάνουν αυξάνεται (εικόνα 7.10). Όλα τα υλικά δε συμπεριφέρονται όπως το νερό σε σχέση με τη μεταβολή του όγκου κατά την πήξη ή την τήξη (εικόνα 7.14). Στα περισσότερα ο όγκος αυξάνεται κατά την τήξη και ελαττώνεται κατά την πήξη. Για παράδειγμα, όταν το λάδι ή ο υγρός μόλυβδος στερεοποιείται, ο όγκος του ελαττώνεται.

Εικόνα 7.14.
Το μέταλλο γάλλιο
λιώνει στη



γαντοφορεμένη χούφτα, όπως φαίνεται και στην εικόνα. Αυτό συμβαίνει, γιατί η θερμοκρασία τήξης του είναι μόλις $29,8^{\circ}\text{C}$. Είναι από τα λίγα μέταλλα που, όπως και το νερό, όταν στερεοποιείται, διαστέλλεται. Χρησιμοποιείται σε ειδικά θερμόμετρα ως θερμομετρικό υγρό για τη μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών, επειδή βράζει στους 2.400°C περίπου.

Ανώμαλη διαστολή του νερού και μικρόκοσμος

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ερμηνεία για τη μείωση του όγκου του νερού κατά την τήξη του

πάγου για να ερμηνεύσουμε την ανώμαλη διαστολή του νερού που είδαμε στο κεφάλαιο 6;

Στο νερό των $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ παραμένουν ακόμη «μικροσκοπικοί κρύσταλλοι» πάγου. Από $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, αυτοί οι «μικροσκοπικοί κρύσταλλοι» πάγου λιώνουν σιγά-σιγά. Έτσι, ο όγκος του νερού που προκύπτει από το λιώσιμο αυτών είναι μικρότερος. Στους $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ όλοι σχεδόν οι μικροκρύσταλλοι πάγου έχουν λιώσει. Άρα, από $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ο όγκος του νερού ελαττώνεται (εικόνα 6.38). Αντίθετα κατά την ψύξη από $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ο όγκος του υγρού νερού αυξάνεται.

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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (εικόνα 7.15). Πράγματι, το θαλασσινό νερό, που είναι μείγμα νερού και αλατιού, πήζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητα του σε αλάτι. Παρόμοια, αν στο νερό του ψυγείου του αυτοκινήτου προσθέσουμε κατάλληλο υγρό, το μείγμα πήζει στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα ψύξης του κινητήρα προστατεύεται από την αύξηση του όγκου του νερού που θα συνέβαινε κατά την πήξη του.

Εικόνα 7.15,
Η θερμοκρασία
πήξης του
αλατόνευρου είναι
μικρότερη από 0°C .



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 . Τα παγοπέδιλα που φορούν οι παγοδρόμοι καταλήγουν σε καμπύλες μεταλλικές λάμες, των οποίων η επιφάνεια είναι αρκετά μικρότερη από την επιφάνεια των επίπεδων πελμάτων (εικόνα 7.16). Συνεπώς, στον πάγο που βρίσκεται κάτω από τα παγοπέδιλα ασκείται μεγάλη πίεση με αποτέλεσμα να λιώνει. Έτσι, μεταξύ των

παγοπέδινων και του πάγου σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα νερού. Η δύναμη της τριβής που ασκείται τώρα στα παγοπέδιλα είναι μικρότερη συγκριτικά με τη δύναμη τριβής που ασκεί ο στερεός και τραχύς πάγος και έτσι διευκολύνεται η κίνηση των αθλητών.

Φυσική και Αθλητισμός και Τεχνολογία



Εικόνα 7.16.
Τα παγοπέδιλα που φορούν
οι παγοδρόμοι

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 (εικόνα 7.17). Στη χύτρα ταχύτητας το νερό βράζει

στους $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, γιατί ο ατμός που εγκλωβίζεται ασκεί επιπλέον πίεση στην επιφάνεια του νερού.



Εικόνα 7.17.

Στην κορυφή των βουνών η πίεση τον αέρα είναι μικρότερη από την πίεσή του **1** στην επιφάνεια της θάλασσας. Όσο αυξάνεται το ύψος, το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία.

1 Πόση είναι η πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην κορυφή του Λευκού όρους και πόση στην κορυφή του Έβερεστ; Ποιες είναι οι επιδράσεις των μεταβολών της ατμοσφαιρικής πίεσης στους ορειβάτες;

Φυσική και καθημερινή ζωή και Ιατρική

Μαγειρεύοντας με πίεση: Η χύτρα ταχύτητας

Στη χύτρα ταχύτητας η οποία ανακαλύφθηκε το 1679 από τον Γάλλο φυσικό Ντενί Παπέν (Denis Papin), ο παραγόμενος ατμός αυξάνει την πίεση που ασκείται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, ενώ στην ανοικτή χύτρα, η πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια ισούται με την ατμοσφαιρική. Στις περισσότερες

χύτερες ταχύτητας, η επιπλέον πίεση που ασκεί ο ατμός είναι περίπου 1 atm και το νερό βράζει στους 120 °C περίπου. Κατά τη διάρκεια του βρασμού ενός φαγητού, η σύσταση των μορίων του μεταβάλλεται, δηλαδή συμβαίνουν χημικές μεταβολές. **1**

Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία που βράζει το φαγητό, τόσο γρηγορότερα συμβαίνουν και οι χημικές μεταβολές. Έτσι, λοιπόν, σε μια χύτρα ταχύτητας ο χρόνος μαγειρέματος ενός φαγητού είναι μικρότερος απ' ό,τι στη συνηθισμένη κατσαρόλα.

Οι κλίβανοι που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία για την αποστείρωση εργαλείων είναι τεράστιες χύτρες ταχύτητας.

1 Ποια είναι η σύσταση του κρέατος και ποιες μεταβολές συμβαίνουν στα μόρια του καθώς αυτό ψήνεται;

Περιεχόμενα 5ου τόμου

ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Κεφάλαιο 6. Θερμότητα (συνέχεια από το 4ο τόμο)

6.4. Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος	7
6.5. Θερμική διαστολή και συστολή	32

Κεφάλαιο 7. Αλλαγές κατάστασης

Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΡΟΚΑΛΕΙ

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

91

7.1. Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα	93
--	----

7.2. Μικροσκοπική μελέτη των αλλαγών κατάστασης	112
--	-----

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.