

# ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

**Η εσωτερική ενέργεια ενός σώματος,**  
είναι το σύνολο των οποιονδήποτε ενεργειών των ατόμων και των μορίων του

**Η θερμοκρασία είναι μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας των ατόμων και των μορίων  $E=3KT/2$**

**Όταν η θερμοκρασία ενός σώματος αυξάνει, αυξάνει και η εσωτερική του ενέργεια**

**Θερμότητα :** η ενέργεια που ρέει από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα

# ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Νόμος Θερμιδομετρίας  $Q = m c \Delta T$

Η ειδική θερμότητα ενός σώματος  $C = dQ/mdT$

εξαρτάται από: το υλικό του και τη θερμοκρασία

Μονάδες: cal/gr.grad , J/ Kgr.grad

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} mcdT$$

Όταν ένα ζεστό σώμα θερμαίνει ένα ψυχρό, οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι ίσες κατά μέγεθος μόνο αν έχουν ίδια θερμοχωρητικότητα  $m.c$

# ΕΙΔΙΚΗ - ΜΟΡΙΑΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## Αέρια

$C_p$ : Ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση

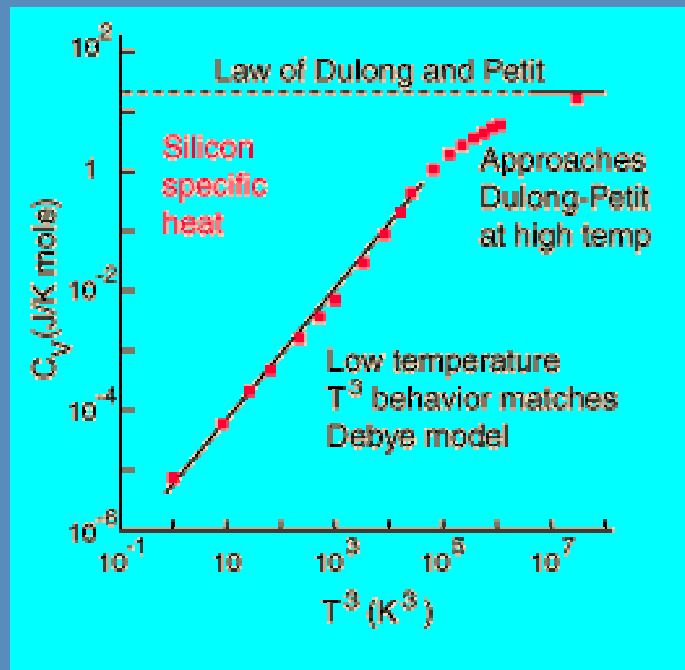
$C_v$  : Ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο

$$C_p > C_v$$

Η μοριακή θερμότητα είναι η ειδική θερμότητα ανά γραμμομόριο  $n = m/M$

$$C = c/n$$

# Στερεά Νόμος Dulong-Petit



➤ Στις χαμηλές θερμοκρασίες  $C_V \sim T^3$

➤ Στις συνήθειες και υψηλές θερμοκρασίες η ατομική θερμότητα είναι περίπου σταθερή

$$C = dQ/dT \sim 6.4 \text{ cal/mole.grad}$$

## Ειδική θερμότητα αερίων

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑ

✓ ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο

$$U = nN_A K E_{avg} = nN_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} nRT$$

$$Q = c_v n \Delta T \quad Q = \Delta U + P \Delta V = \Delta U$$

Μονοατομικό  
αέριο

$$c_v = \frac{1 \Delta U}{n \Delta T} = \frac{3}{2} R$$

✓ ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση

$$C_p = C_v + R$$

Ίδιος αριθμός μορίων,

ίδιο  $C_v$ , ίδιο  $\gamma = C_p/C_v$

# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

Αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της μέσης ενέργειας των δομικών λίθων του στερεού με αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης απόστασης των ατόμων (μέσο μήκος δεσμού)

## Γραμμική διαστολή

Αν η θερμοκρασία μιας λεπτής ράβδου μεταβληθεί κατά  $d\theta$ , το μήκος του  $l$  μεταβάλλεται κατά  $dl$ .

$$dl = \alpha l d\theta$$

$$\frac{dl}{l} = \alpha d\theta \quad \int_{L_0}^L \frac{dl}{l} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \alpha d\theta$$

# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

$$\ln \frac{L}{L_0} = \alpha \Delta \theta \quad L = L_0 e^{\alpha \Delta \theta}$$

Το τελικό μήκος  $L$ , σε σχέση με το αρχικό  $L_0$  και τη διαφορά της θερμοκρασίας  $\Delta \theta$ , δίδεται προσεγγιστικά από τον τύπο

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

όπου  $\alpha$ : ο συντελεστής γραμμικής διαστολής ( $\text{grad}^{-1}$ )

Ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής είναι γενικά θετικός αριθμός δηλαδή τα σώματα διαστέλλονται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Η τιμή του συντελεστή της γραμμικής διαστολής, μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία  $\alpha \sim 10^{-5}(\text{grad}^{-1})$

$$\alpha_{\text{Fe}} = 12 * 10^{-6} \text{ grad}^{-1} \quad \alpha_{\text{μπετόν}} \approx \alpha_{\text{Fe}}$$

# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

## Επιφανειακή διαστολή

Αύξηση του εμβαδού μια πλάκας, όταν θερμανθεί

$$S = S_0 (1 + \beta \Delta\theta)$$

όπου  $S_0$ ,  $S$  είναι το αρχικό και το τελικό εμβαδό της επιφάνειας της πλάκας και  $\beta$  ο συντελεστής της επιφανειακής διαστολής.  $\beta = 2\alpha$

## Κυβική διαστολή

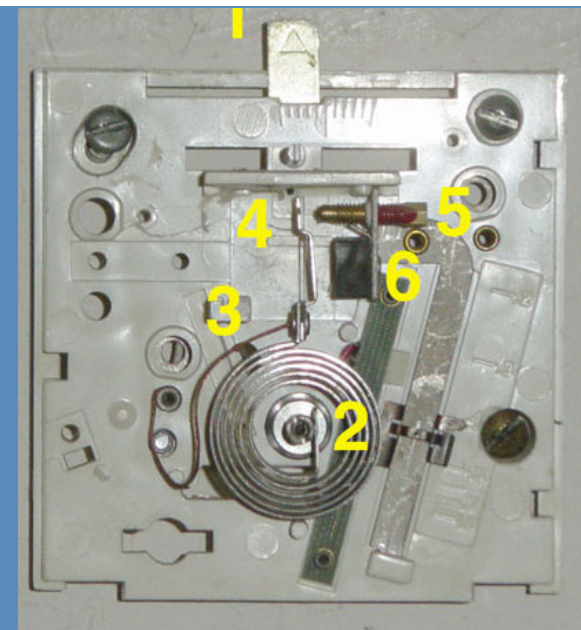
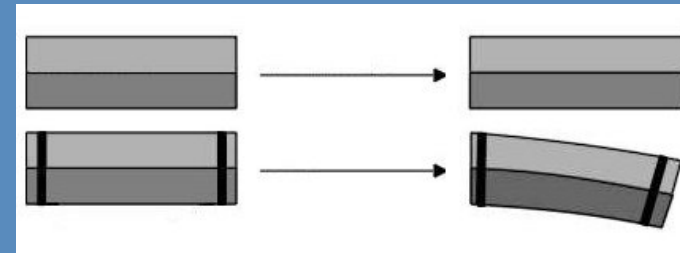
$$V = V_0 (1 + \gamma \Delta\theta)$$

όπου  $V_0$ ,  $V$  είναι ο αρχικός και ο τελικός όγκος του σώματος και  $\gamma$  ο συντελεστής της κυβικής διαστολής.  $\gamma = 3\alpha$



# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Διμεταλλικά ελάσματα (διακόπτης, θερμοστάτης, γενικά αυτόματοι ρυθμιστές)
- Σύνδεσμοι (αρμοί) διαστολής σε κατασκευές
- Χρήση υλικών με περίπου ίδιους συντελεστές διαστολής  $\alpha_{\text{μπετόν}} \approx \alpha_{\text{Fe}}$

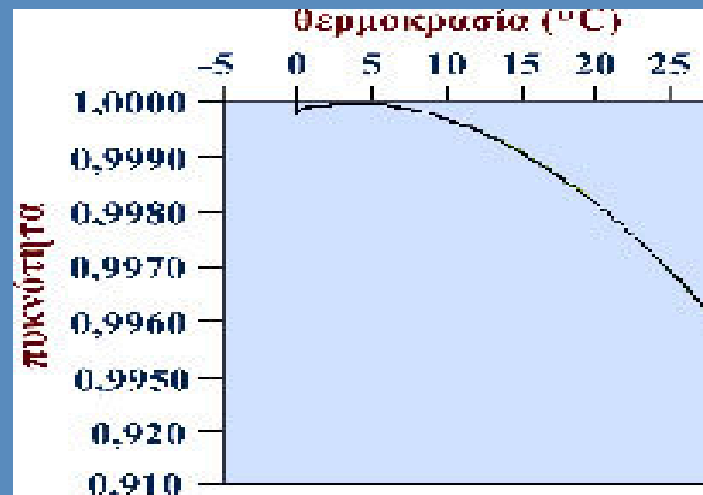


## Μεταβολή πυκνότητας με τη θερμοκρασία

Η μεταβολή του όγκου με τη θερμοκρασία έχει ως αποτέλεσμα αντίστοιχη μεταβολή της πυκνότητας,

$$\rho = \frac{m}{V_0(1 + \delta\Theta)} = \frac{\rho_0}{(1 + \delta\Theta)}$$

### Ανωμαλία του νερού



# Μεταβολή πυκνότητας με τη θερμοκρασία

**Ανωμαλία του νερού: μεγιστοποίηση της πυκνότητάς του στους 4°C**

Μείωση της θερμοκρασίας του νερού μέχρι τους 4°C προκαλεί αύξηση της πυκνότητας και του βάρους του. Τα βαρύτερα αυτά στρώματα νερού βυθίζονται, προκαλώντας ανάμιξη των επιφανειακών στρωμάτων με τα βαθύτερα εξισώνοντας έτσι τη θερμοκρασία στο σύνολο του υδάτινου όγκου.

Τα μόρια του πάγου έχουν κρυσταλλική διάταξη, με αποτέλεσμα ο πάγος να είναι λιγότερο πυκνός από το νερό κι έτσι να επιπλέει. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει τη ζωή σε λίμνες, θάλασσες και ποτάμια που παγώνουν κατά τη διάρκεια των ψυχρών εποχών του έτους.

# ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

---

## Διάδοση θερμότητας:

- Με αγωγή
- Με μεταφορά
- Με ακτινοβολία.

## Διάδοση Θερμότητας με αγωγή.

**Αγωγή Θερμότητας:** Οι ατομικές ταλαντώσεις στη θερμότερη περιοχή μεταφέρουν ενέργεια στις ψυχρότερες περιοχές, χωρίς μεταφορά ύλης.

$$\frac{dQ}{dt} = -KS \frac{dT}{dX}$$

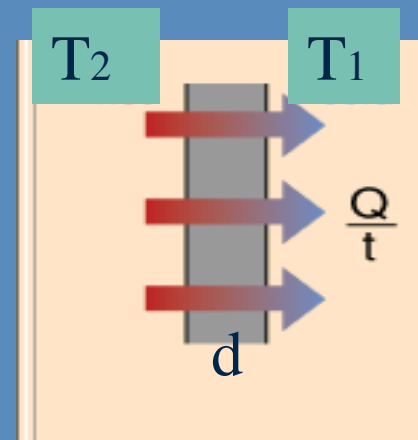
Μεταξύ δύο επιφανειών με διαφορά θερμοκρασία  $T_2 - T_1$  η ροή θερμότητας  $Q$  είναι:

$$\frac{Q}{t} = KS \left( \frac{T_2 - T_1}{d} \right)$$

S: επιφάνεια

K: συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας

(cal/sec.cm.grad)



# Διάδοση Θερμότητας με ακτινοβολία.

## Νόμος Stefan-Boltzman

$$P = \sigma S T^4$$

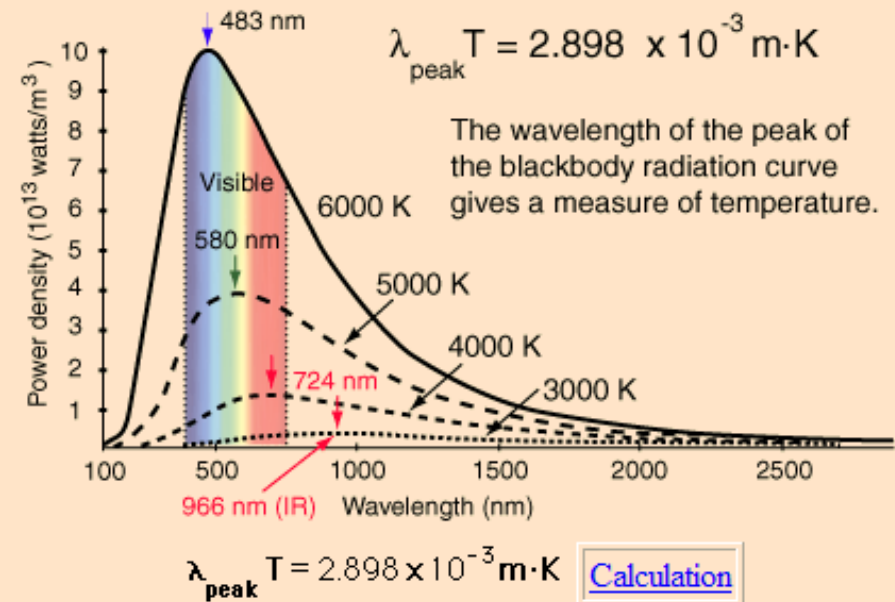
$P$  = εκπεμπόμενη θερμική ισχύς,  
 $S$  = εμβαδόν επιφάνειας,  
 $T$  = απόλυτη θερμοκρασία

## Νόμος Wien $\lambda_0 T = b$

$\lambda_0$  = μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπεται η μέγιστη ισχύς.

## Wien's Displacement Law

When the temperature of a blackbody radiator increases, the overall radiated energy increases and the peak of the radiation curve moves to shorter wavelengths. When the maximum is evaluated from the Planck radiation formula, the product of the peak wavelength and the temperature is found to be a constant.



# Διάδοση Θερμότητας με ακτινοβολία.

## Stefan-Boltzman Law

- The Stefan-Boltzman law relates the total amount of radiation emitted by an object to its temperature:

$$E = \sigma T^4$$

where:

E = total amount of radiation emitted by an object per square meter (Watts m<sup>-2</sup>)

$\sigma$  is a constant called the Stefan-Boltzman constant =  $5.67 \times 10^{-8}$  Watts m<sup>-2</sup> K<sup>-4</sup>

T is the temperature of the object in K

Consider the earth and sun:

Sun: T = 6000 K

$$\text{so } E = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Watts m}^{-2} \text{ K}^{-4} (6000 \text{ K})^4 = 7.3 \times 10^7 \text{ Watts m}^{-2}$$

Q: is this a lot of radiation??? Compare to a 100 Watt light bulb.....

Earth: T = 288K

$$\text{so } E = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Watts m}^{-2} \text{ K}^{-4} (288 \text{ K})^4 = 390 \text{ Watts m}^{-2}$$

Q: If you double the temperature of an object, how much more radiation will it emit? **ANSWER**

# Διάδοση Θερμότητας με μεταφορά.

If volume increases, then density decreases, making it buoyant.

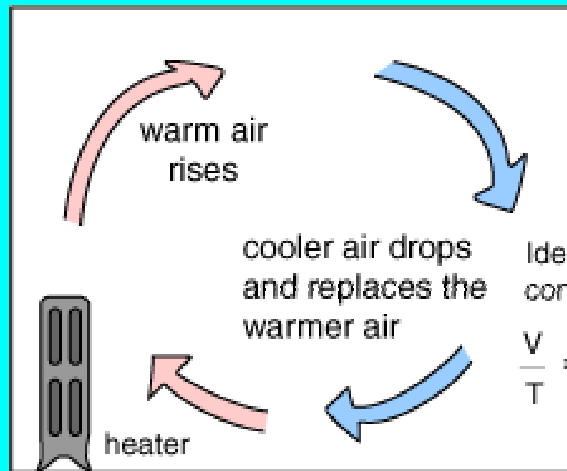
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\downarrow \rho$     $\uparrow V$

$$\frac{V}{T} = \text{constant}$$

$\uparrow V$     $\uparrow T$

If the temperature of a given mass of air increases, the volume must increase by the same factor.



Ideal gas law for constant pressure

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = \text{constant}$$

