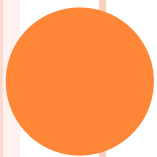


# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ



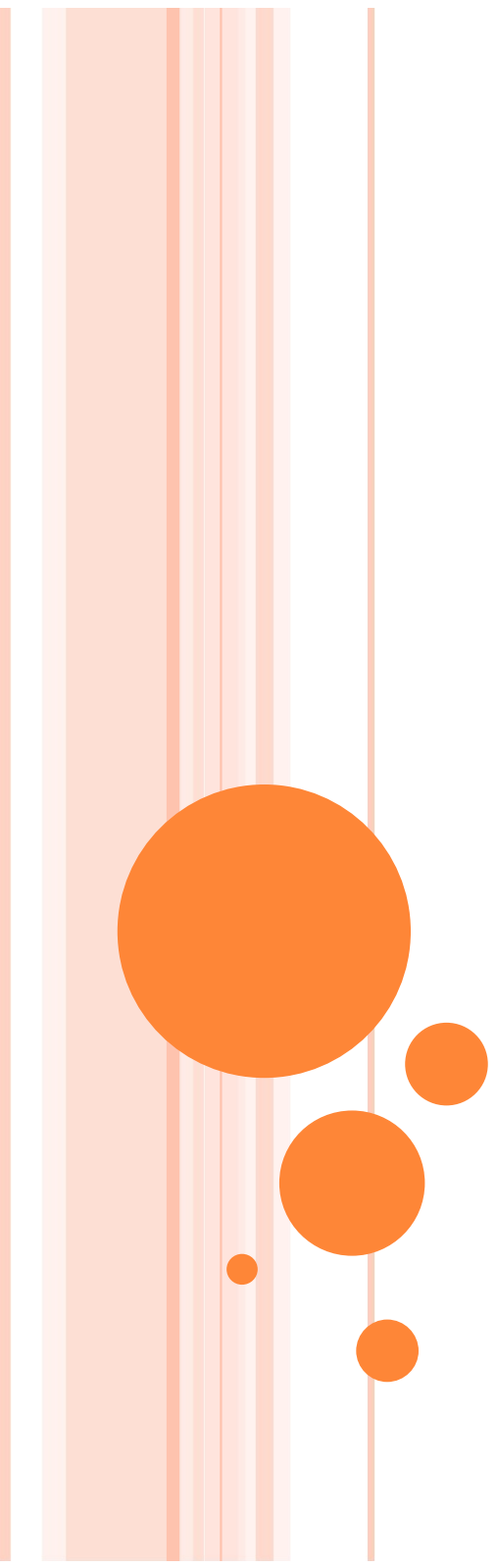
# ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να κατανοήσετε το φαινόμενο της θερμικής διαστολής στη μια, δύο και τρεις διαστάσεις και να μάθετε τους νόμους από τους οποίους περιγράφεται.
- Να μάθετε για το μέγεθος των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά τη διαστολή ώστε να εξηγείτε φαινόμενα θραύσης όταν η διαστολή δεν είναι ανεμπόδιστη.
- Να εκτεθείτε σε μια απλή ερμηνεία του φαινομένου της διαστολής σε μοριακό επίπεδο.
- Να μάθετε για τις ιδιαιτερότητα της διαστολής του νερού.

# ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΣΤΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

- Από το βιβλίο του J. Newman «Φυσική της Ζωής» την §12.2.
- Από το βιβλίο των Freedman/ Ruskell / Kesten / Tauck «Βασικές Αρχές Φυσικής στις Επιστήμες Υγείας» την §14.4.





# **ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ**

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Τα περισσότερα στερεά, υγρά και αέρια όταν θερμαίνονται διαστέλλονται.
- Σε αυτή την ιδιότητα βασίζεται η λειτουργία πολλών θερμομέτρων.



# ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Έστω ένα στερεό, όπου η μια διάστασή του είναι πολύ μεγαλύτερη από τις δύο άλλες (π.χ. μια ράβδος ή ένα σύρμα), στο οποίο αυξάνουμε απειροστά τη θερμοκρασία κατά  $dT$  οπότε παρατηρούμε απειροστή μεταβολή μήκους  $dL$ .



# ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

Αρχική Θερμοκρασία  $T_0$




Τελική Θερμοκρασία  $T_0 + dT$



# ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Ορίζουμε τον γραμμικό συντελεστή διαστολής ως:

$$a = \frac{1}{L} \frac{dL}{d\theta} = \frac{1}{L} \frac{dL}{dT}$$

- Η μονάδα του  $a$  είναι το  $1/\text{K}$  (ή θα μπορούσε να είναι και το  $1/^\circ\text{C}$ ).
  - Δείχνει το ποσοστό αύξησης μήκους ( $dL/L$ ) ανά μονάδα μεταβολής της θερμοκρασίας ( $dT$ ).
- 



# ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

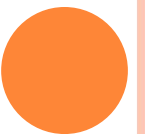
- Ο συντελεστής  $\alpha$  παίρνει πολύ μικρές τιμές και προσδιορίζεται πειραματικά.

Υλικό	Συντελεστής γραμμικής διαστολής $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Στερεά	$\alpha$
Χαλαζίας	0,4
Γυαλί	9
Ατσάλι	12
Αλουμίνιο	24
Μόλυβδος	29
Πάγος	51
Υγρά	
Υδράργυρος	
Αιθυλική αλκοόλη	
Νερό	



## ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΟΓΚΟΥ

- Αν καμία από τις διαστάσεις δεν είναι πολύ μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες τότε μπορούμε να αναφερθούμε σε κυβική διαστολή ή διαστολή όγκου.



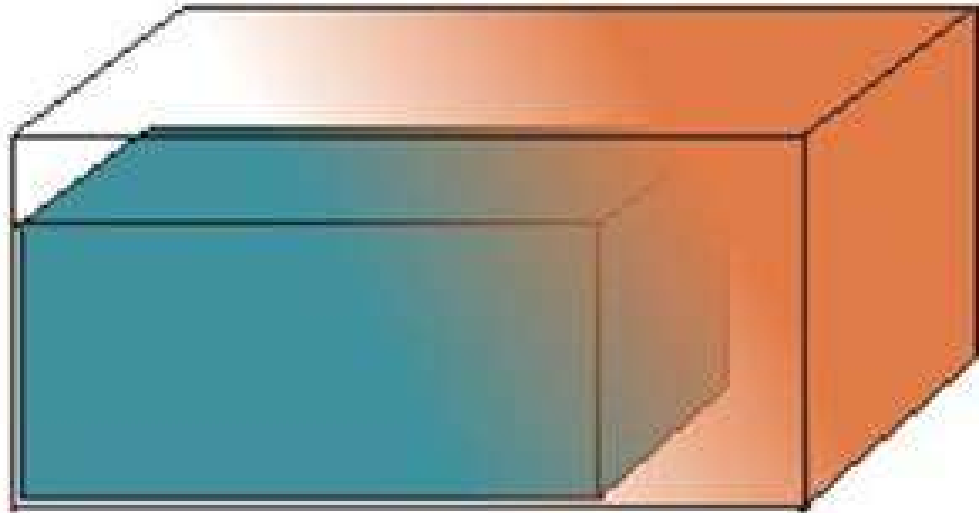
# ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΟΓΚΟΥ

Αρχικός όγκος  $V$



Αρχική Θερμοκρασία  $T_0$

Τελικός Όγκος  $V+dV$



Τελική Θερμοκρασία  $T_0+dT$

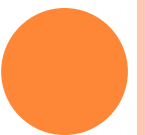


## ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΟΓΚΟΥ

- Με παρόμοιο τρόπο ορίζουμε τον κυβικό συντελεστή διαστολής ως:

$$\gamma = \frac{1}{V} \frac{dV}{dT} \Rightarrow dV = \gamma V dT$$

- Η μονάδα του  $\gamma$  είναι και πάλι το  $1/K$  (ή το  $1/^{\circ}C$ ).



# ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Υλικό	Συντελεστής γραμμικής διαστολής ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	Συντελεστής διαστολής όγκου ( $10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ )
Στερεά	$\alpha$	$\gamma = 3\alpha$
Χαλαζίας	0,4	
Γυαλί	9	
Ατσάλι	12	
Αλουμίνιο	24	
Μόλυβδος	29	
Πάγος	51	
Υγρά		
Υδράργυρος		0,18
Αιθυλική αλκοόλη		1,1
Νερό		2,1

\* Οι τιμές αντιστοιχούν σε θερμοκρασία δωματίου εκτός από τον πάγο ο οποίος είναι σε  $0^{\circ}\text{C}$



# ΕΡΩΤΗΣΗ-ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Μπορείτε να σκεφτείτε πότε θα έχουμε επιφανειακή διαστολή και πως θα οριστεί ένας αντίστοιχος συντελεστής ( $\beta$ ) στην περίπτωση αυτή;
- Ποια σχέση περιμένουμε να έχει ο συγκεκριμένος συντελεστής (ας τον ονομάσουμε θερμικό συντελεστή επιφανειακής διαστολής) τον συντελεστή  $\alpha$ ;

# ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Παρόμοια με προηγουμένως, αν  $A$  είναι το αρχικό εμβαδό, θα ισχύει ότι

$$dA = \beta A dT$$

- Η σχέση που περιμένουμε να ισχύει είναι  $\beta = 2\alpha$ .



## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

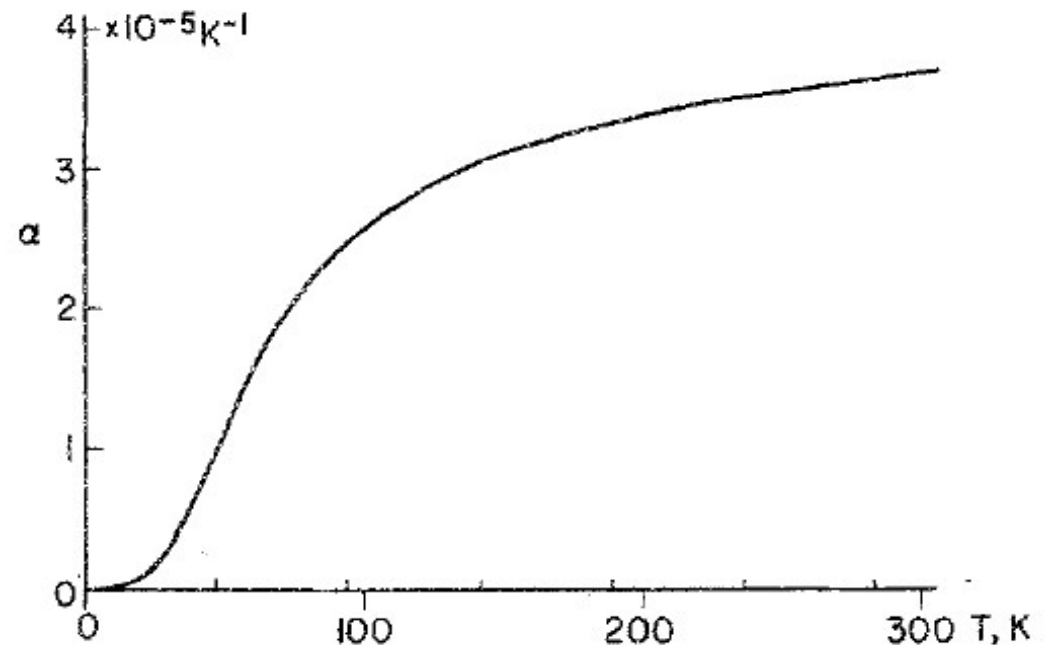
- Οι συντελεστές έχουν πολύ μικρές τιμές, επομένως οι παρατηρούμενες διαστολές είναι επίσης μικρές.





# ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Η τιμή αυτών των συντελεστών εξαρτάται από τη θερμοκρασία, αλλά θα θεωρούμε ότι σε σχετικά μικρά θερμοκρασιακά εύρη η μεταβολή είναι ασήμαντη.
- Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η μεταβολή του γραμμικού συντελεστή διαστολής για την περίπτωση του στερεού ΚCl.



## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά των θερμικών συντελεστών διαστολής μας επιτρέπουν να γράψουμε τον νόμο που αφορά τις πεπερασμένες ποσότητες στην ίδια μορφή με το νόμο για τις απειροστές ποσότητες δηλαδή:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

$$\Delta V = \gamma V \Delta T$$



## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Επειδή η διαστολή εξαρτάται από τη διαφορά των θερμοκρασιών είναι εύκολο να καταλάβει κανείς ότι η διαφορά είναι ίδια είτε μετράμε τη θερμοκρασία σε K είτε σε °C, καθώς  $\Delta T = \Delta \theta$ .

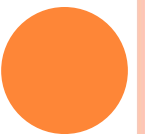


## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ\*

- Ο ακριβής νόμος προκύπτει με ολοκλήρωση του διαφορικού νόμου ως εξής:

$$dL = aLdT \Rightarrow \frac{dL}{L} = adT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = a \int_{T_0}^T dT \Rightarrow$$



## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ\*

$$\Rightarrow \ln \left( \frac{L}{L_0} \right) = a(T - T_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{L}{L_0} = e^{a(T - T_0)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = L_0 e^{a(T - T_0)}$$



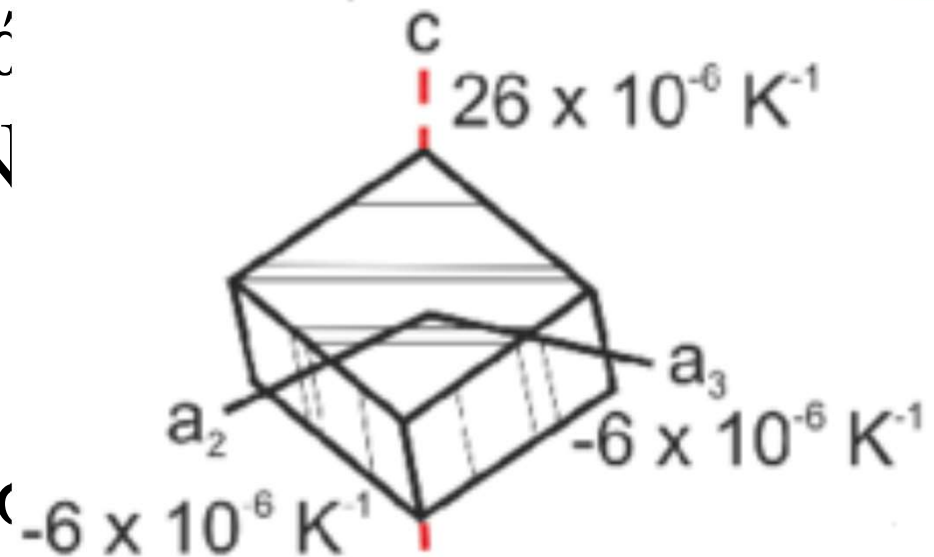
## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Η σχέση που συνδέει τους δύο συντελεστές ( $\gamma = 3\alpha$ ) δεν είναι γενική.
- Ισχύει για υλικά που είναι **θερμικά ισότροπα**, δηλ. διαστέλλονται το ίδιο προς όλες τις διευθύνσεις.



## ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Υπάρχουν πολλά κρυσταλλικά στερεά (αλλά και άλλα υλικά όπως το ξύλο) τα οποία ΔΕΝ είναι ισότροπα και διαστέλλονται με διαφορετικούς συντελεστές  $\epsilon$  διαφορετικές διευθύνσεις.



## ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

- Είναι πολύ απλό από τον αρχικό νόμο της γραμμικής διαστολής να καταλήξουμε σε μια σχέση για το μήκος ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ως εξής:

$$\Delta L = aL_0\Delta T \Rightarrow L - L_0 = aL_0(T - T_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = L_0\{1 + a(T - T_0)\}$$





# ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΟΓΚΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

- Είναι πολύ απλό από τον αρχικό νόμο της κυβικής διαστολής (με παρόμοιο τρόπο) να καταλήξουμε σε μια σχέση για το μήκος ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ως εξής:

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T \Rightarrow V - V_0 = \gamma V_0 (T - T_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = V_0 \{1 + \gamma (T - T_0)\}$$



## ΠΡΟΒΛΗΜΑ-ΔΟΧΕΙΟ ΜΕ ΝΕΡΟ

- Ένα δοχείο χωρητικότητας 1000 L στους 10°C γεμίζει οριακά με νερό στη συγκεκριμένη θερμοκρασία. Το δοχείο μαζί με το νερό θερμαίνεται στους 30°C. Πόσο νερό θα χυθεί έξω από το δοχείο κατά τη θέρμανση; ( $\gamma_{\text{νερού}} = 0,207 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  και  $\alpha_{\text{γυαλιού}} = 3,25 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , και το γυαλί ισότροπο υλικό).



# ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΔΟΧΕΙΟ ΜΕ ΝΕΡΟ

Αφού το γυαλί είναι ισοτροπικό υλικό, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής διαστολής όγκου θα είναι τριπλάσιος από τον γραμμικό συντελεστή που δίνεται, δηλαδή

$$\gamma_{\text{γυαλιού}} = 3\alpha_{\text{γυαλιού}}$$

Ο όγκος ( $V$ ) του νερού που χύνεται θα προκύψει από τη διαφορά της αύξησης του όγκου του γυαλιού, από την αύξηση του όγκου του νερού, δηλαδή:



# ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΔΟΧΕΙΟ ΜΕ ΝΕΡΟ

$$V = \Delta V_{\text{νερού}} - \Delta V_{\text{γυαλιού}} \Rightarrow V$$

$$= \gamma_{\text{νερού}} V \Delta T - \gamma_{\text{γυαλιού}} V \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = (\gamma_{\text{νερού}} - \gamma_{\text{γυαλιού}}) V \Delta T$$

$$= (0,207 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 3,25 \cdot 10^{-6}) 1000 \cdot 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = 3,94 \text{ L}$$



# Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

- Η διαστολή ενός αερίου θα πρέπει και αυτή να περιγράφεται, στην περίπτωση που γίνεται υπό σταθερή πίεση, από τον προηγούμενο νόμο, δηλ. από τη σχέση:

$$V = V_0\{1 + \gamma(\theta - \theta_0)\}$$



# Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

- Αν μάλιστα θεωρήσουμε  $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$  (μελετήσουμε δηλαδή τη διαστολή ή τη συστολή ξεκινώντας από τους  $0^\circ\text{C}$ ) τότε πειραματικά προκύπτει ότι ο συντελεστής  $\gamma$  είναι ίδιος για όλα τα αέρια και έχει τιμή  $\gamma \approx \frac{1}{273} (\text{°C})^{-1}$ .



# Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

- Αυτό σημαίνει ότι η μεταβολή όγκου στα αέρια, εφόσον ξεκινάμε από τους  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , θα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = V_0 \left\{ 1 + \frac{1}{273} \theta \right\}.$$



# Η ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

- Από τη σχέση αυτή έχουμε:

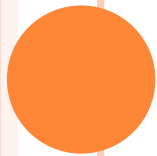
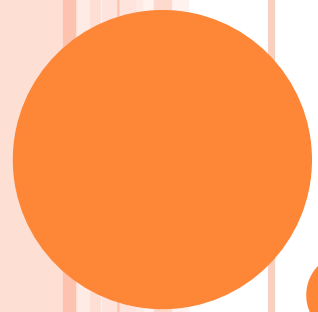
$$V = V_0 \left\{ 1 + \frac{1}{237} \theta \right\} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 1 + \frac{1}{237} \theta$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{237 + \theta}{237} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

(Νόμος Gay-Lussac για ισοβαρή μεταβολή αερίου)





# ΘΕΡΜΙΚΗ ΤΑΣΗ

## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Αν σταθεροποιήσουμε τα άκρα μιας μεταλλικής ράβδου, και στη συνέχεια της αυξήσουμε τη θερμοκρασία, θα αναπτυχθούν πολύ μεγάλες δυνάμεις.
- Αυτή η δύναμη τείνει να παραμορφώσει ή ακόμα και να σπάσει τη ράβδο και ονομάζεται θερμική τάση.



# ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Η θερμική τάση μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια του νόμου που ισχύει για τις ελαστικές παραμορφώσεις μιας ράβδου σύμφωνα με τον οποίο είναι:

$$\frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L_0}$$

Ασκούμενη δύναμη

Διατομή ράβδου

Μέτρο ελαστικότητας Young

Ποσοστό μεταβολής του μήκους

## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

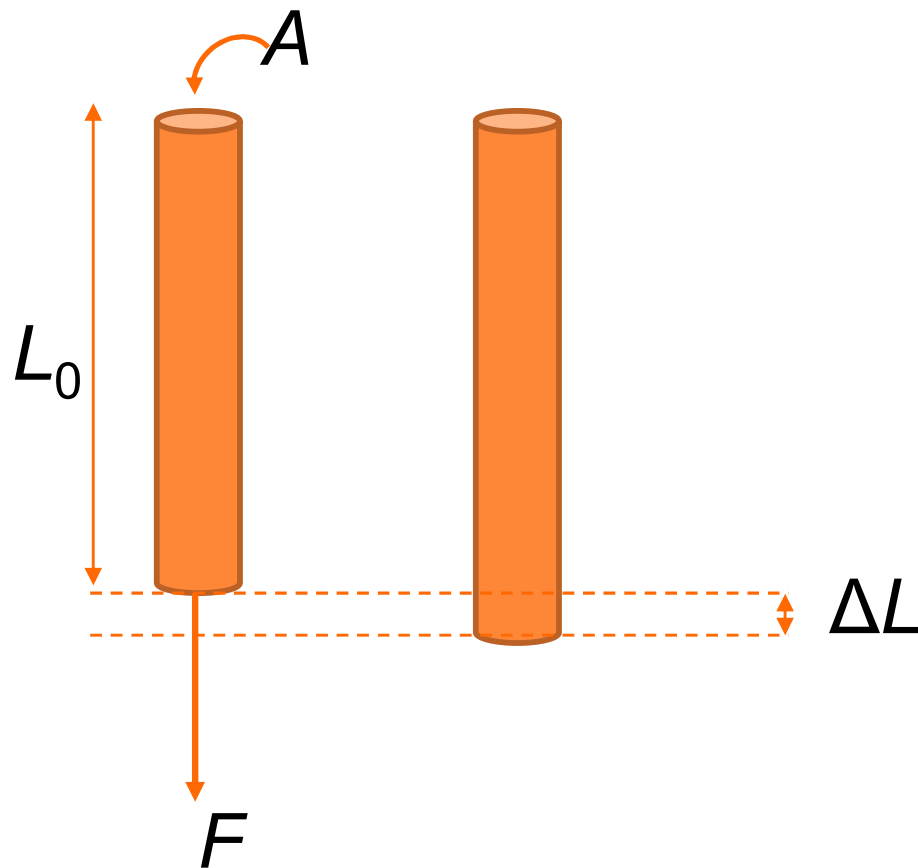
- Στη ουσία του, ο νόμος αυτός αποτελεί γενίκευση του γνωστού νόμου του Hooke καθώς ισχύει ότι:

$$F = \frac{AY}{L_0} \Delta L \Rightarrow F = k \Delta L$$



# ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

○ Σχηματικά είναι:



$$\frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L_0}$$



# ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

○ Είναι τώρα:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L_0} \\ \Delta L = \alpha L_0 \Delta T \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{F}{A} = Y \frac{\alpha L_0 \Delta T}{L_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F}{A} = Y \alpha \Delta T$$



## ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

- Αν και ο συντελεστής θερμικής διαστολής  $\alpha$  παίρνει μικρές τιμές, επειδή το μέτρο ελαστικότητας του Young παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, οι τιμές των θερμικών τάσεων είναι πολύ μεγάλες.



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

- Το σπάσιμο ενός ποτηριού μέσα στο οποίο ρίχνουμε ένα πολύ ζεστό ρόφημα μια χειμωνιάτικη μέρα με χαμηλή θερμοκρασία.
- Αστοχίες σε μηχανικά έργα (γέφυρες, σωλήνες, σιδηροδρομικές τροχιές, κ.ο.κ.).



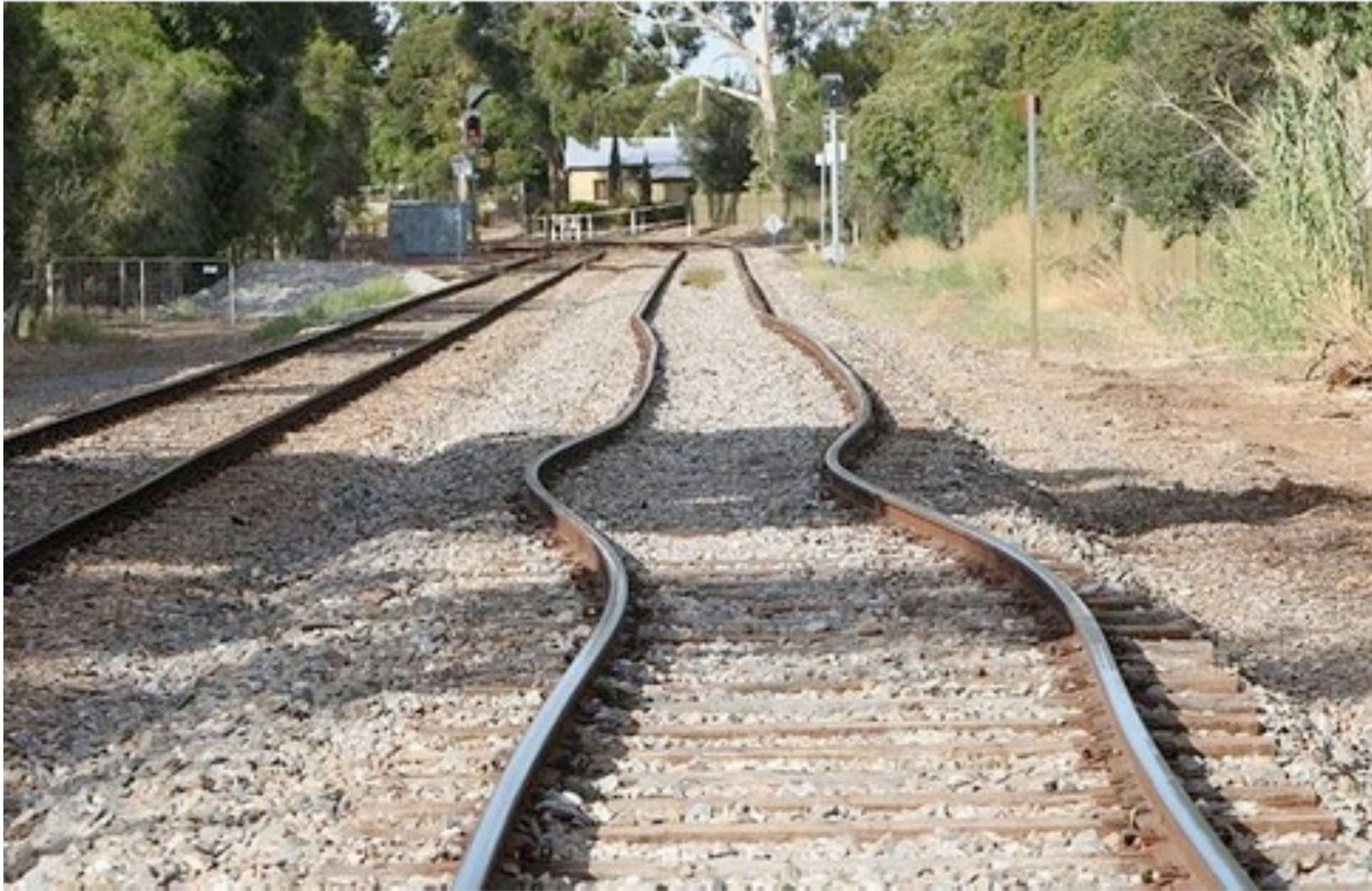


# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

- Το δυστύχημα του διαστημικού λεωφορείου Challenger στις 28/1/1986 εξηγήθηκε από τον R. Feynman με βάση την συστολή και τη θραύση κάποιων δακτυλιοδειδών ελαστικών στεγανοποίησης (φλάντζες).



# ΘΕΡΜΙΚΗ ΤΑΣΗ





# ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

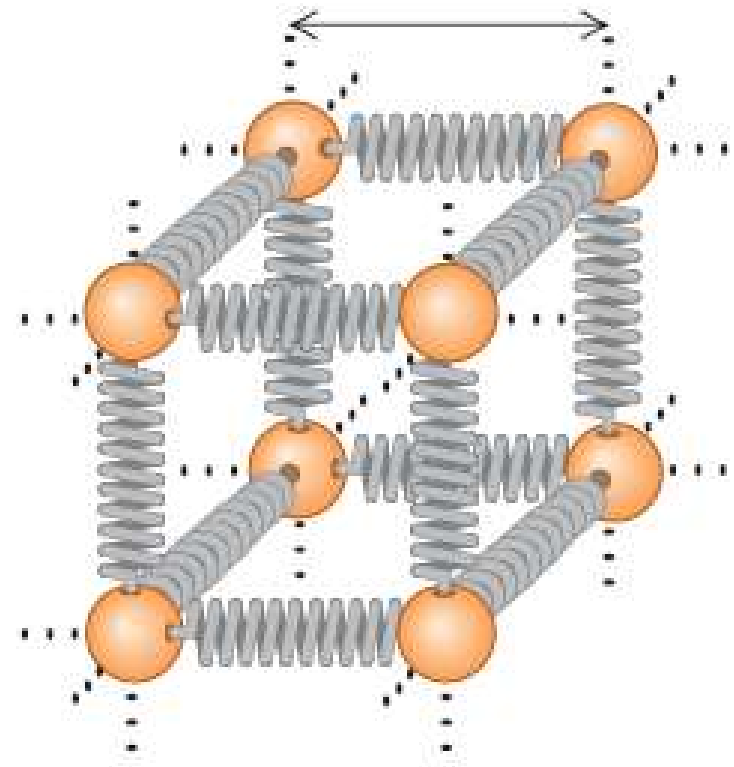




**ΕΞΗΓΗΣΗ ΣΕ  
ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ**

# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Μπορούμε να μοντελοποιήσουμε τις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων ενός στερεού με τη βοήθεια ελατηρίων όπως στο διπλανό σχήμα.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

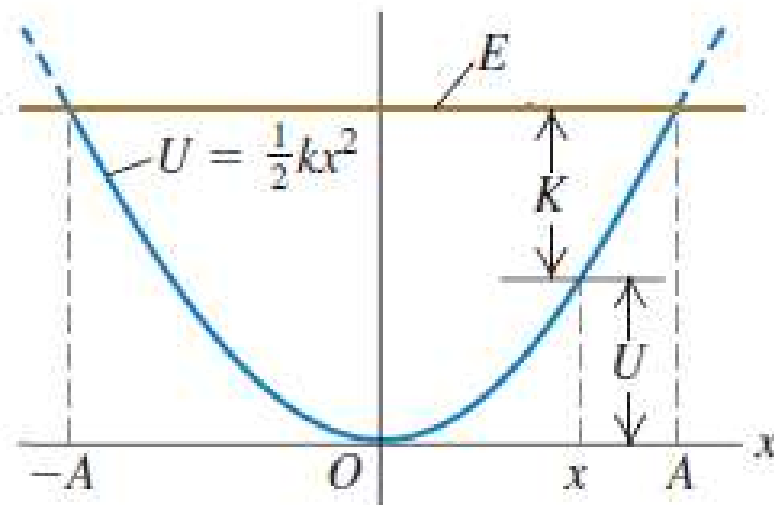
- Η δύναμη όμως από ένα ελατήριο αντιστοιχεί σε μια δυναμική ενέργεια της μορφής

$$U = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2.$$



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Η γραφική παράσταση της δυναμικής ενέργειας του ταλαντωτή είναι μια παραβολή που εμφανίζει συμμετρία γύρω από τη θέση ισορροπίας.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

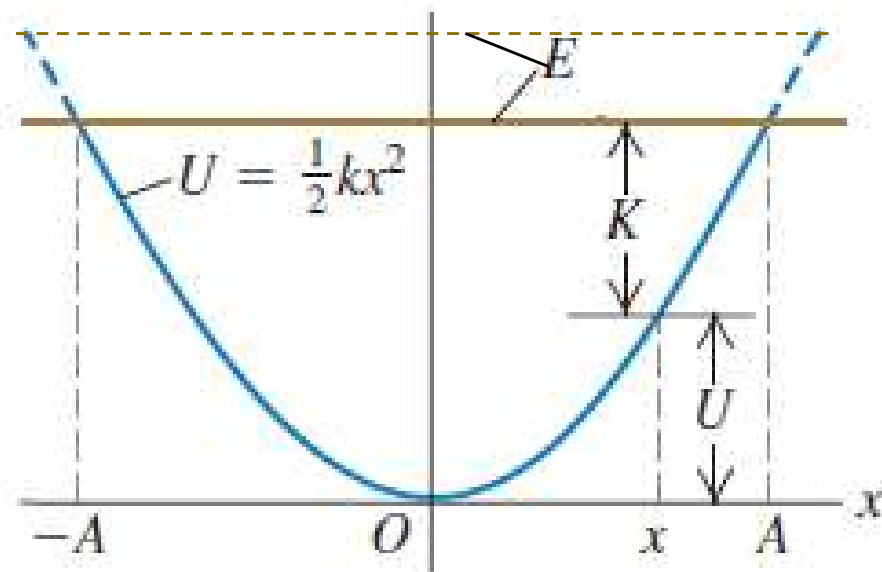
- Καθώς τώρα αυξάνουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται και η διαθέσιμη ενέργεια των ατόμων του.





# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Παρατηρείστε όμως ότι στην περίπτωση του αρμονικού ταλαντωτή η αύξηση της ενέργειας δεν αλλάζει η θέση ισορροπίας.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Αυτό ισοδυναμεί με το να δεχθούμε ότι τα άτομα εκτελούν μεν ταλαντώσεις μεγαλύτερου πλάτους, αλλά οι μεταξύ τους αποστάσεις δεν αλλάζουν.
- Αυτό θα είχε ως συνέπεια το υλικό να μην διαστέλλεται.



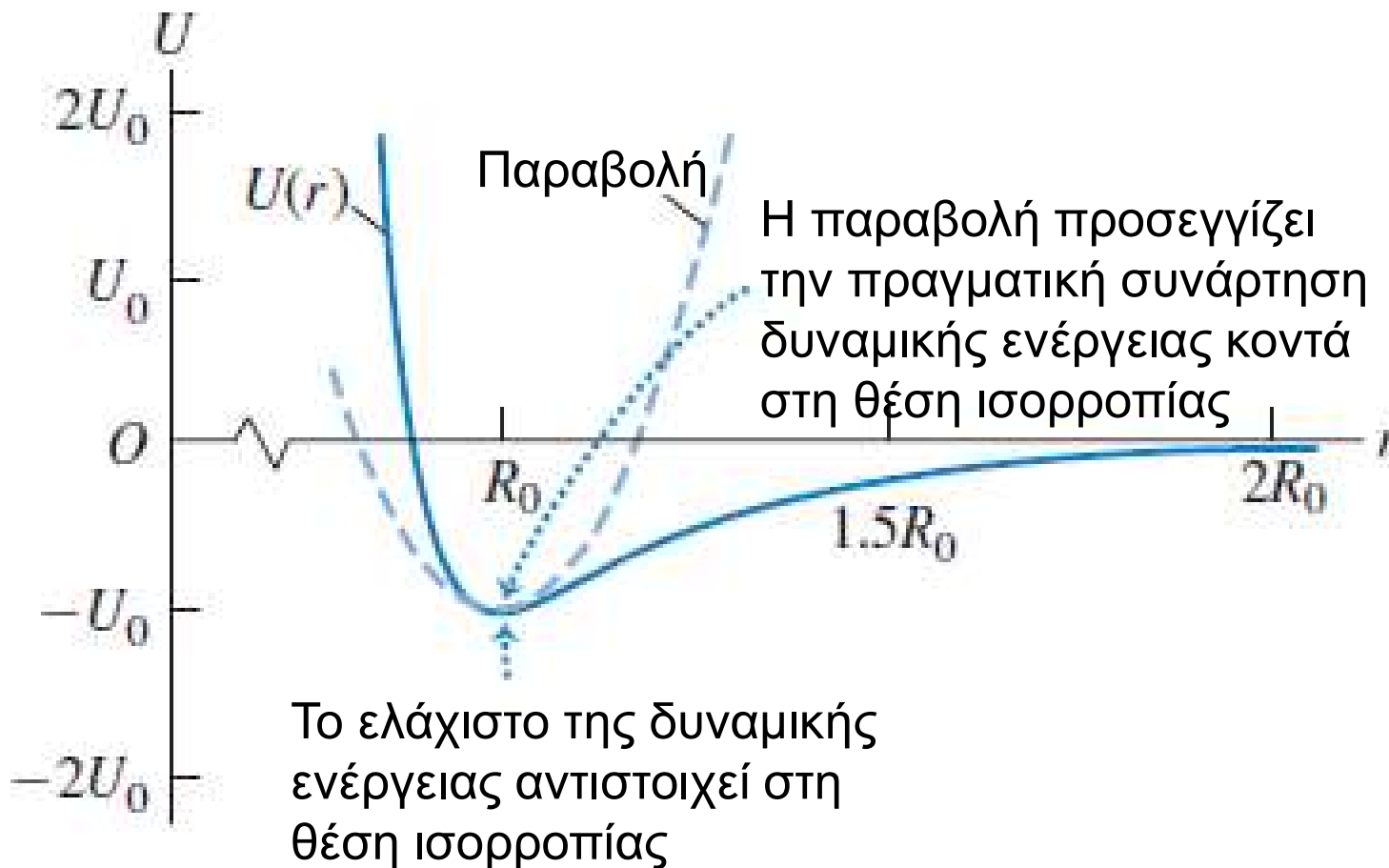
# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Στην περίπτωση όμως του στερεού η συνάρτηση της δυναμικής ενέργειας, δεν είναι αυτή του τέλειου αρμονικού ταλαντωτή καθώς παραμορφώνεται χάνοντας τη συμμετρία της.



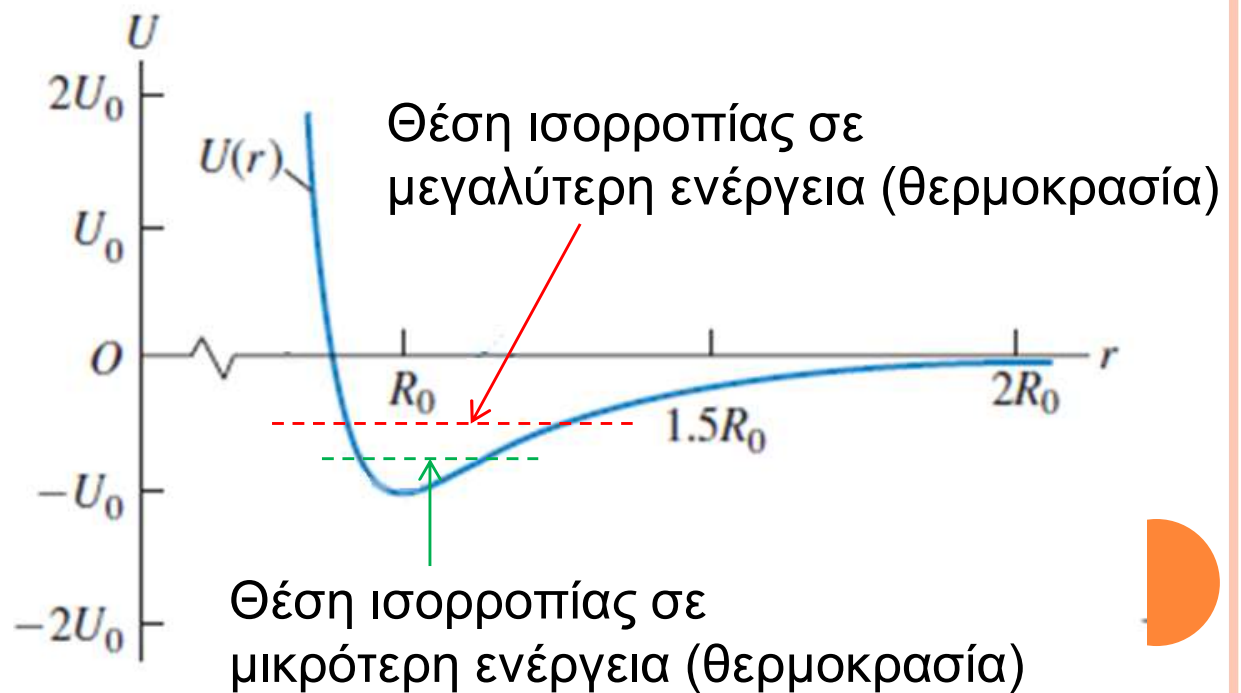
# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

## ○ Σχηματικά.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

- Παρατηρείστε ότι τώρα, καθώς αλλάζει η ενέργεια (με την αύξηση της θερμοκρασίας) αλλάζει η θέση ισορροπίας.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ


- Αυτό ισοδυναμεί με αύξηση των αποστάσεων των γειτονικών ατόμων που σημαίνει τη διαστολή του υλικού.





# **Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

# Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Το νερό αποτελεί μια εξαιρετικά σημαντική εξαίρεση στον γενικό κανόνα διαστολής των υγρών με την αύξηση της θερμοκρασίας.
  - Πάνω από τους  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , το νερό συμπεριφέρεται σαν ένα κανονικό υγρό, δηλαδή, διαστέλλεται καθώς θερμαίνεται, με αποτέλεσμα η πυκνότητά του να μειώνεται.
- 



# Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Όταν όμως, το νερό θερμαίνεται από  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  και μέχρι να φτάσει τους  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , εμφανίζει μη ομαλή συμπεριφορά σε σχέση με τα άλλα υγρά, καθώς σε αυτό το διάστημα θερμοκρασιών συστέλλεται καθώς θερμαίνεται.



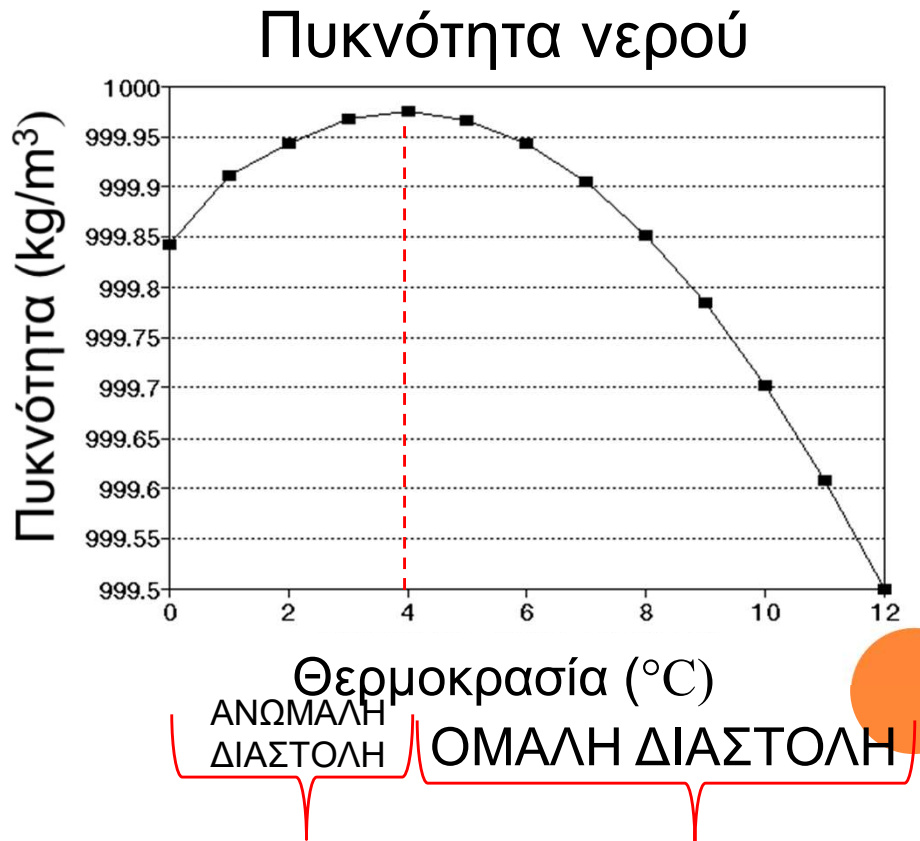
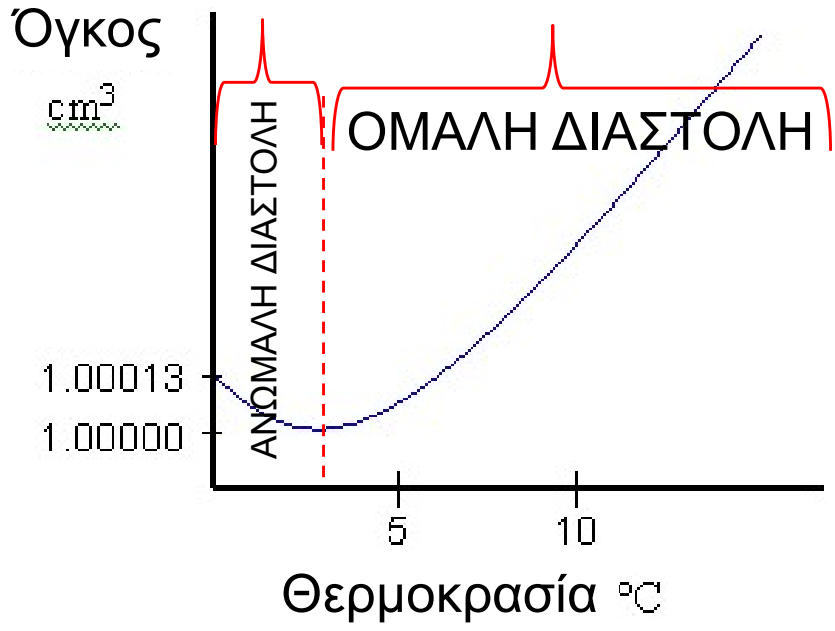
# Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Αυτό ότι σε αυτό το διάστημα έχει αρνητικό συντελεστή διαστολής όγκου.
- Σημαίνει επίσης ότι καθώς θερμαίνεται αυξάνει την πυκνότητά του (μειώνοντας τον όγκο του).
- Το φαινόμενο ονομάζεται ανώμαλη διαστολή του νερού.



# Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

## ○ Σχηματικά



# Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Το φαινόμενο είναι πάρα πολύ μικρό καθώς η πυκνότητα μεταξύ των  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$  και των  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  μεταβάλλεται λιγότερο από  $0,02\%$ .



# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Τον χειμώνα όσο η θερμοκρασία πέφτει αλλά διατηρείται πάνω από  $4^{\circ}\text{C}$ , το κρύο νερό στην επιφάνεια μια λίμνης ή ενός ποταμού ψύχεται, η πυκνότητά του αυξάνεται και έτσι, το επιφανειακό νερό βυθίζεται καθώς έχει μεγαλύτερη πυκνότητα.



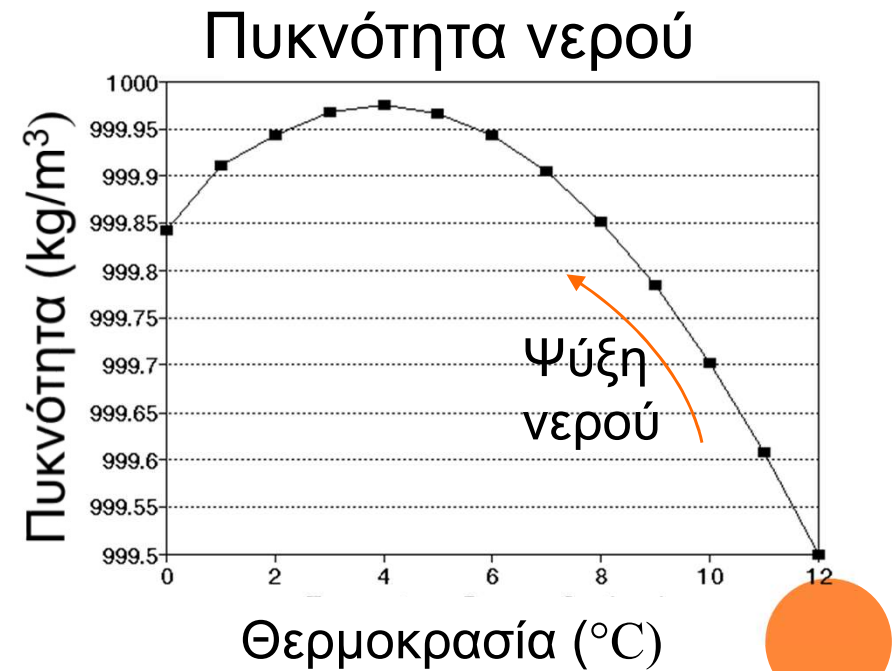
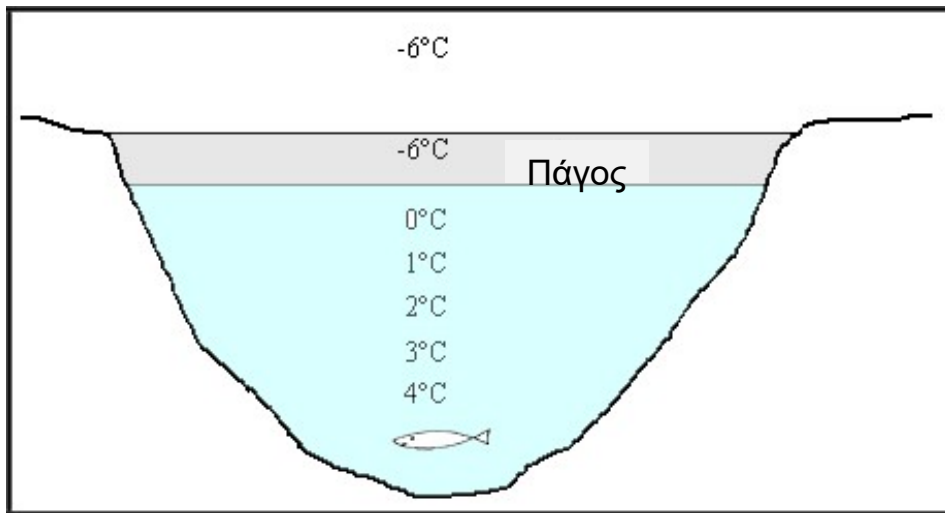
# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Όταν όμως η θερμοκρασία στην επιφάνεια πέσει κάτω από τους  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , το κρύο νερό επιπλέει επειδή είναι λιγότερο πυκνό.
- Έτσι, όταν η θερμοκρασία φθάσει και πέσει κάτω από τους  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  θα σχηματιστεί πάγος μόνο στην επιφάνεια του νερού, ο οποίος θα επιπλέει αφού είναι λιγότερο πυκνός από το νερό.



# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

○ Σχηματικά.



# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Το σχηματιζόμενο στρώμα πάγου βοηθά στην πραγματικότητα ώστε να αποτραπεί η πήξη του νερού κάτω από την επιφάνεια διαμορφώνοντας **ένα «μονωτικό» στρώμα.**





# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Με αυτό το μηχανισμό διατηρείται η υγρή μορφή του νερού σε θερμοκρασία  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  κάτω από την επιφάνεια μιας παγωμένης λίμνης ή ποταμού και επιτρέπεται έτσι η διατήρηση της υδρόβιας ζωής.

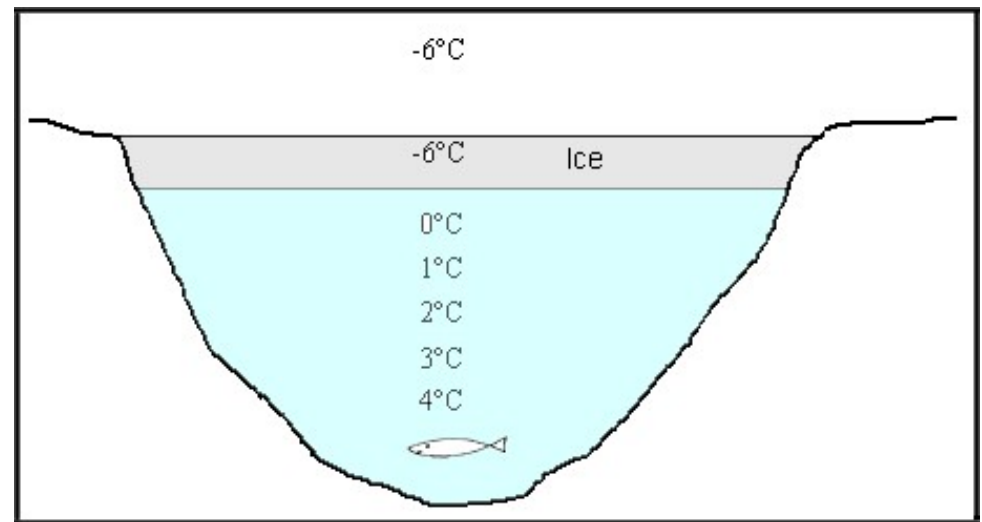


# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Εάν το νερό δεν είχε αυτή την ασυνήθιστη ιδιότητα, το ψυχρότερο νερό θα ήταν πυκνότερο και θα βούλιαζε με αποτέλεσμα οι λίμνες και τα ποτάμια να παγώνουν εντελώς κατά τη διάρκεια των ψυχρών χειμώνων.

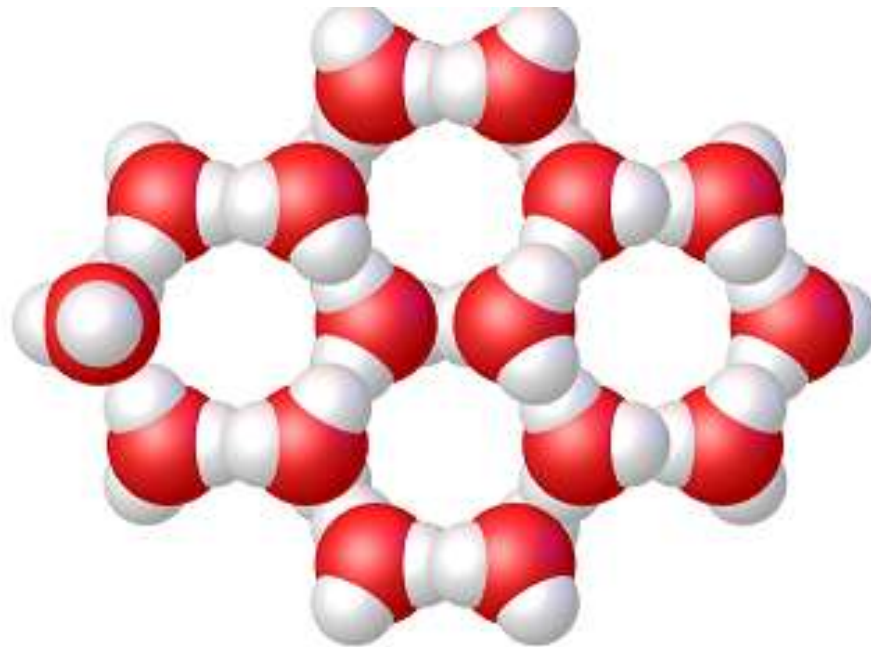


# ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Ο πάγος, στην κρυσταλλική του μορφή, σχηματίζει εξάγωνα τα οποία έχουν σημαντικό κενό χώρο.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Καθώς ο πάγος λιώνει, η δομή αυτή καταρρέει και ο κενός χώρος που υπάρχει στο στερεό είναι διαθέσιμος στα μόρια του υγρού.
- Αυτό σημαίνει ότι η πυκνότητα θα αυξηθεί.



# ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΩΜΑΛΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Αυτό γίνεται για ένα μικρό εύρος θερμοκρασιών καθώς από κάποια θερμοκρασία και μετά η αύξηση όγκου (και η μείωση πυκνότητας) λόγω διαστολής επικρατεί.



# ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

- Πέρα από αυτή την «ανώμαλη» συμπεριφορά του νερού κατά τη διαστολή, υπάρχουν και άλλες «ιδιαιτερότητες» στις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού.



# ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ιδιότητα	Τιμή
Σημείο τήξης	0 °C (273,15 K)
Σημείο βρασμού	100 °C (373,15 K)
Πυκνότητα υγρού νερού	0,99987 g/mL (0 °C)
Πυκνότητα πάγου	0,9167 g/mL (0 °C)
Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα	75,3 J/K · mol
Γραμμομοριακή λανθάνουσα θερμότητα τήξης	6,01 kJ/mol
Γραμμομοριακή λανθάνουσα θερμότητα βρασμού	40,79 kJ/mol (100 °C)
Διηλεκτρική σταθερά	78,54 (25 °C)
Διπολική ροπή	1,82 Debye
Συντελεστής ιξώδους	0,001 N · s/m <sup>2</sup>
Συντελεστής επιφανειακής τάσης	0,07275 N/m (20 °C)

