



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ-

ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ -

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να κατανοήσετε τη θερμότητα ως τρόπο μεταφοράς ενέργειας και να γνωρίζετε πότε αυτή συντελείται.
- Να ορίζετε την έννοια της ειδικής θερμότητας (θερμοχωρητικότητας) και να γνωρίζετε το φυσικό της νόημα.
- Να μπορείτε να επιλύετε το βασικό πρόβλημα της θερμιδομετρίας που συνίσταται στην εύρεση της τελικής θερμοκρασίας όταν φέρνω σε επαφή σώματα με διαφορετικές αρχικές θερμοκρασίες.



ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΣΤΙΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

- Από το βιβλίο του J. Newman «Φυσική της Ζωής» την §12.5.
- Από το βιβλίο των Freedman/ Ruskell/ Kesten/ Tauck «Βασικές Αρχές Φυσικής στις Επιστήμες Υγείας» την §14.5.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Πρόκειται για τρόπο μεταφοράς ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- Μεταφέρεται πάντα (αυθόρμητα) από το σώμα υψηλής θερμοκρασίας στο σώμα χαμηλής θερμοκρασίας.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Είναι διαφορετική από την εσωτερική (θερμική) ενέργεια που έχει ένα σώμα και δεν πρέπει να συγχέεται με αυτή.
- Συμβολίζεται με Q και η μονάδα του στο S.I. είναι το 1 Joule.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Μια άλλη μονάδα που χρησιμοποιείται συχνά για τη θερμότητα είναι το 1 cal (1 cal = 4,184 Joule).
- Η διαιτητική θερμίδα είναι ίση με 1 Kcal = 1000 cal.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Οι μηχανικοί χρησιμοποιούν επίσης ως μονάδα θερμότητας το 1 BTU που είναι η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 lb (~450 g) νερού από τους 63 στους 64°F.
- Αποδεικνύεται ότι $1 \text{ BTU} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.



ΠΟΙΑ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙ

- Το αποτέλεσμα με το οποίο είμαστε συνηθισμένοι είναι η αλλαγή θερμοκρασίας.
- Εκτός από μεταβολή θερμοκρασίας η θερμότητα μπορεί να προκαλέσει **ΑΛΛΑΓΗ ΦΑΣΗΣ** ή **ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΡΓΟΥ**.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Μπορεί να μετρηθεί έμμεσα, σε ορισμένες περιπτώσεις, μέσω της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας που υπολογίζεται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\theta = \Delta T$) που προκαλείται σε σώμα μάζας m ή σε ποσότητα υλικού ίση με n moles όταν απορροφήσει ένα ποσό θερμότητας.



ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$Q = mc\Delta\theta = mc\Delta T$$

ή από την:

$$Q = nC\Delta\theta = nC\Delta T$$



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Εκτός από μεταβολή θερμοκρασίας η θερμότητα μπορεί να προκαλέσει **ΑΛΛΑΓΗ ΦΑΣΗΣ** ή **ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΡΓΟΥ**.
- Σε αυτές τις περιπτώσεις **ΔΕΝ** ισχύουν οι προηγούμενες εξισώσεις.

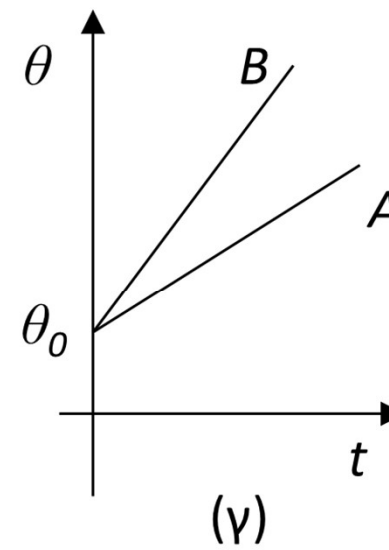
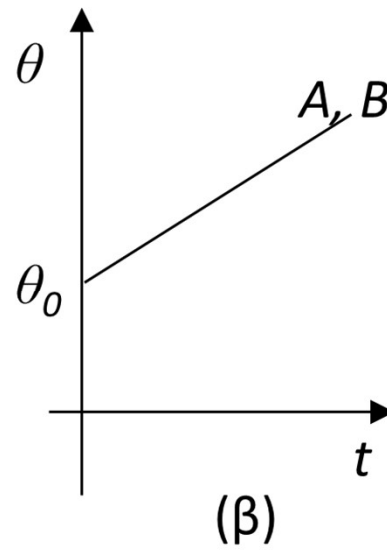
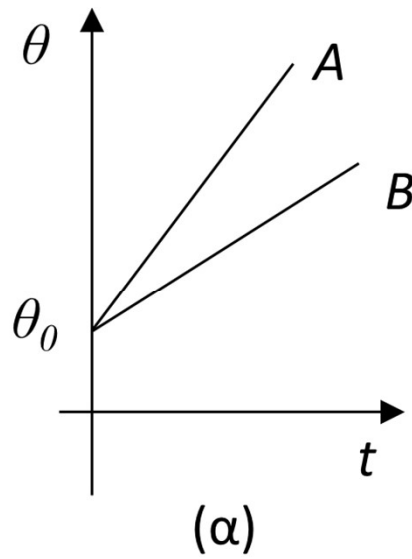


ΑΣΚΗΣΗ

- Υποθέστε ότι σε δύο δοχεία τοποθετούμε δύο διαφορετικά υγρά Α και Β. Οι μάζες (m) των υγρών είναι ίδιες, όπως και οι αρχικές θερμοκρασίες τους (θ_0), αλλά το υγρό Α έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από το Β. Αν τοποθετήσουμε τα δύο δοχεία πάνω στην ίδια εστία θερμότητας τότε η γραφική παράσταση που περιγράφει τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο για κάθε υγρό είναι η:



ΑΣΚΗΣΗ



ΑΣΚΗΣΗ-ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- Γνωρίζουμε ότι ισχύει:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q}{t} = mc \frac{\theta - \theta_0}{t} \Rightarrow \frac{\theta - \theta_0}{t} = \frac{1}{mc} \frac{Q}{t} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\theta - \theta_0}{t} = \frac{1}{mc} P \Rightarrow \theta = \theta_0 + \frac{P}{mc} t$$

- Επειδή θ_0 κοινό, P κοινό και m κοινό, αλλά $c_A > c_B$ κάθε στιγμή θα είναι $\theta_A < \theta_B$ άρα σωστό γράφημα είναι το (γ).





**ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ
(ΕΙΔΙΚΗ
ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)**

ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Η c ονομάζεται ειδική θερμότητα του αντίστοιχου υλικού (έχει μονάδες $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ή $\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$), ενώ η C ονομάζεται γραμμομοριακή ειδική θερμότητα του υλικού (έχει μονάδες $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, ή $\text{J}/(\text{mol}\cdot^{\circ}\text{C})$).
- Παλιότερα ονομάζονταν αντίστοιχα ειδική θερμοχωρητικότητα και γραμμομοριακή ειδική θερμοχωρητικότητα.

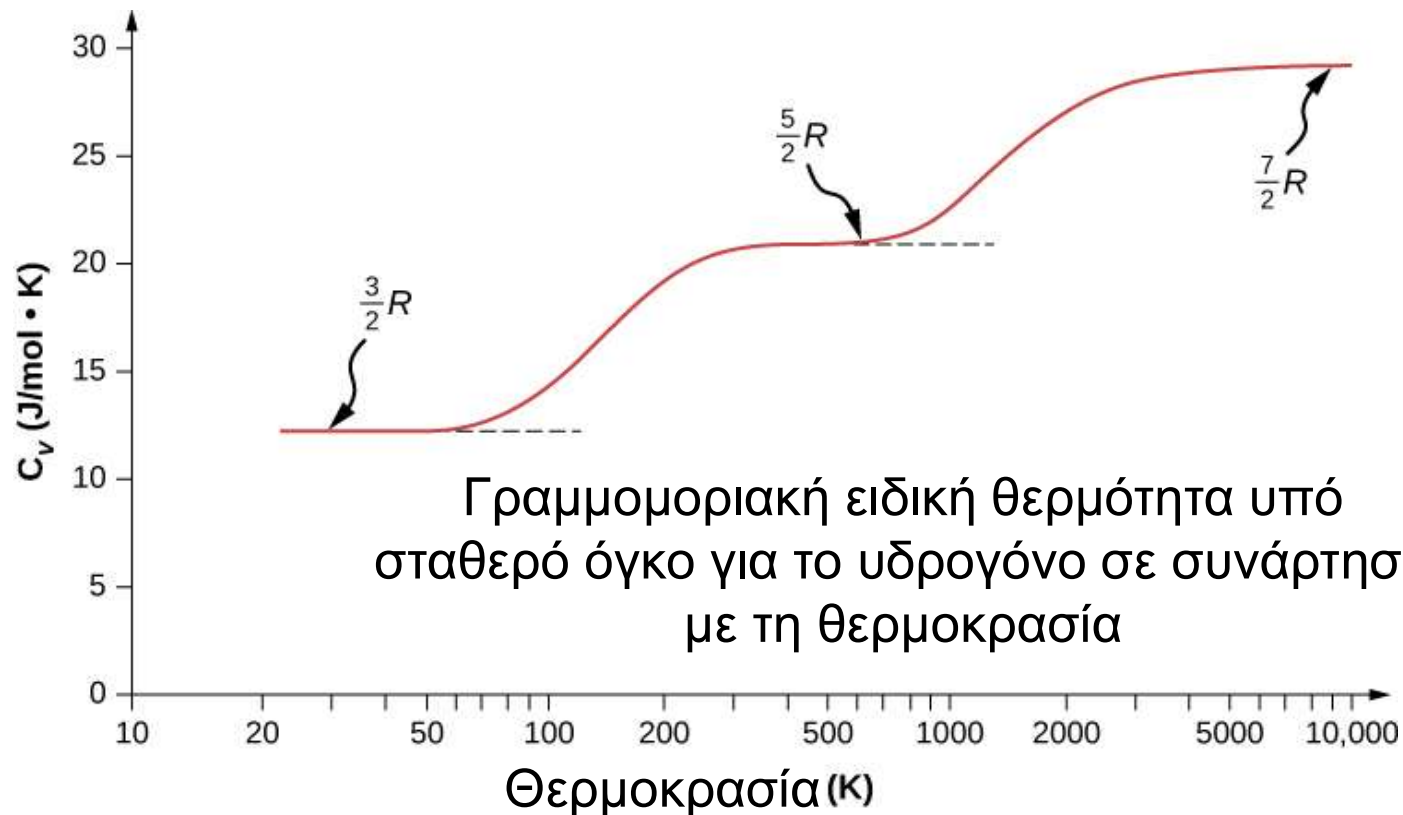
ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Τα στερεά και τα υγρά πρακτικά έχουν μια, ενώ τα αέρια άπειρες (αφού εξαρτώνται και από τον τρόπο θέρμανσης, για παράδειγμα θέρμανση υπό σταθερή πίεση, ή θέρμανση υπό σταθερό όγκο).



ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Εξαρτώνται εν γένει από τη θερμοκρασία αλλά επειδή η τιμή τους μεταβάλλεται πολύ αργά, τουλάχιστον για τις θερμοκρασίες κοντά στη θερμοκρασία δωματίου, συχνά θεωρούνται σταθερές.



ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Η φυσική της σημασία φαίνεται από την εξίσωση:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$$



ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Είναι η απαιτούμενη ενέργεια (θερμότητα) για να έχω αύξηση της θερμοκρασίας μιας μάζας 1 kg κατά 1°C.



ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ & ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Μπορεί να αποδειχθεί πολύ εύκολα ότι:

$$C = c \cdot M_r$$

όπου M_r είναι η σχετική μοριακή μάζα του υλικού.



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ


Υλικό	Ειδική θερμότητα	
	kcal/(kg·°C)	J/(kg·°C)
Αλουμίνιο	0,22	900
Χαλκός	0,093	390
Γυαλί	0,20	840
Ανθρώπινο σώμα (μέση θερμοκρασία 37 °C)	0,83	3.500
Πάγος (-5 °C)	0,50	2.100
Σίδηρος ή ατσάλι	0,11	450
Υδράργυρος	0,033	140
Άργυρος	0,056	240
Ατμός (110 °C)	0,48	2.010
Νερό	1,00	4.186
Ξύλο	0,4	1.700

ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

- Ενώ οι ειδικές θερμότητες των επιμέρους στερεών διαφέρουν σημαντικά, όταν υπολογιστούν οι γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες δίνουν, στις περισσότερες περιπτώσεις, μια τιμή κοντά στο $25 \text{ J}/(\text{mol K})$ ή $6 \text{ cal}/(\text{mol K})$ εφόσον αναφερόμαστε σε θερμοκρασία δωματίου.

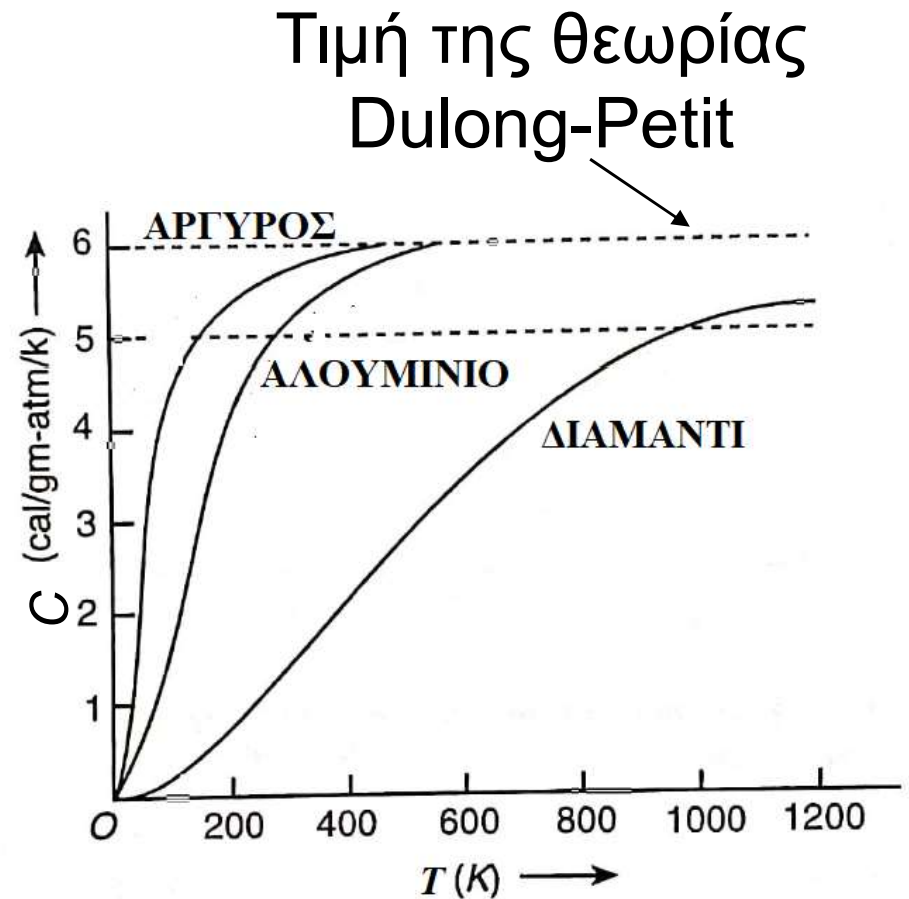


ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

- Οι πρώτοι που επισήμαναν και εξήγησαν αυτό το γεγονός ήταν οι Dulong και Petit το 1819.
 - Το γεγονός δείχνει ότι ΚΑΘΕ ΜΟΡΙΟ οποιουδήποτε υλικού πρέπει να λάβει την ίδια ποσότητα θερμότητας ώστε να ανέβει η θερμοκρασία του υλικού κατά 1 βαθμό.
- 

ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

- Η εξάρτηση της γραμμομοριακής ειδικής θερμότητας από τη θερμοκρασία φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

- Αρχικά ο Einstein και στη συνέχεια ο Debye κατάφεραν να εξήγησαν την μείωση της γραμμομοριακής ειδικής θερμότητας των στερεών με τη θερμοκρασία.



ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΕΡΕΩΝ

- Η ειδική θερμότητα, η οποία μας δείχνει με ποια μεταβολή θερμοκρασίας ανταποκρίνεται το υλικό στην προσφορά θερμότητας, μπορεί να μας δώσει πληροφορίες σχετικά με την αναδιάταξη των μορίων και των ατόμων καθώς το υλικό θερμαίνεται.



Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

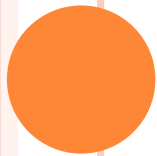
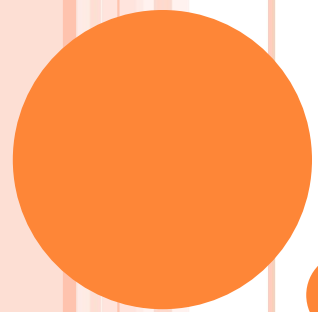
- Το νερό έχει μια από τις υψηλότερες τιμές ειδικής θερμότητας (μόνο η αμμωνία έχει ακόμα μεγαλύτερη).
- Αυτό σημαίνει δεν επιτρέπει τις μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά την πρόσληψη ή αποβολή θερμότητας.



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- Το νερό λοιπόν παρουσιάζει μεγάλη «θερμική αδράνεια».
- Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι η θάλασσα αργεί να ζεσταθεί το καλοκαίρι και αργεί να κρυώσει το φθινόπωρο.





ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑΣ

- Όταν μεταφέρεται θερμότητα ανάμεσα σε δύο σώματα που είναι απομονωμένα από το περιβάλλον τους, το ποσό της θερμότητας που αποβάλλει το ένα σώμα πρέπει να είναι ίσο με το ποσό που απορροφάται από το άλλο.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ

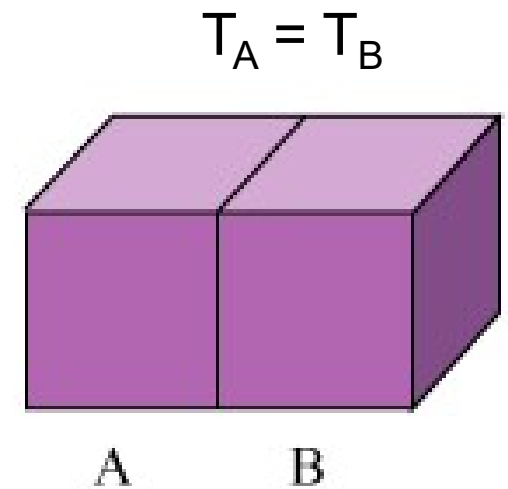
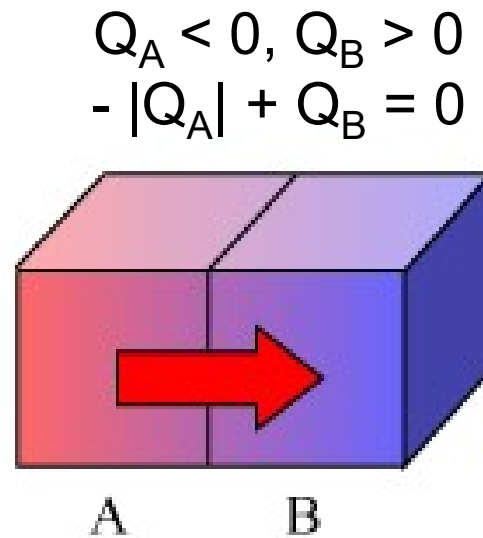
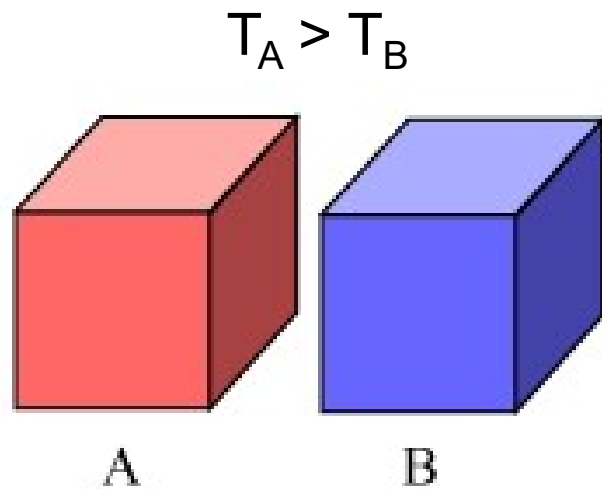
ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑΣ

- Θεωρούμε ως θετική κάθε ποσότητα θερμότητας που απορροφάται από ένα σώμα και ως αρνητική κάθε ποσότητα που αποδίδεται από αυτό.
- Κατά τη θερμική αλληλεπίδραση διαφόρων σωμάτων το αλγεβρικό άθροισμα των ποσών θερμότητας που ανταλλάσσονται μεταξύ των σωμάτων πρέπει να είναι μηδέν.



ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑΣ

○ Σχηματικά:



ΑΣΚΗΣΗ

- Ένα αντικείμενο τοποθετείται εντός ενός υγρού που βρίσκεται μέσα σε ένα θερμικά μονωμένο δοχείο το οποίο θεωρούμε ότι δεν απορροφά ενέργεια. Η μάζα του αντικειμένου και του υγρού είναι ίδια αλλά η αρχική θερμοκρασία του αντικειμένου είναι μεγαλύτερη από αυτή του υγρού. Τα δύο σώματα αφήνονται αρκετή ώρα ώστε να αποκτήσουν τελικά την ίδια θερμοκρασία. Αν η ειδική θερμότητα του αντικειμένου είναι μικρότερη από αυτή του υγρού τότε για την ενέργεια που ανταλλάσσει το υγρό με το αντικείμενο και για τις απόλυτες τιμές των θερμοκρασιακών μεταβολών που υφίστανται το υγρό και το αντικείμενο ισχύει:



ΑΣΚΗΣΗ

- Α) Η θερμότητα που δίνει το αντικείμενο που βρίσκεται στην υψηλότερη θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα που απορροφά το υγρό που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι ίδιες για το υγρό και το αντικείμενο.
- Β) Η θερμότητα που δίνει το αντικείμενο που βρίσκεται στην υψηλότερη θερμοκρασία είναι ίση με τη θερμότητα που απορροφά το υγρό που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία αλλά οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι ίδιες για το υγρό και το αντικείμενο.



ΑΣΚΗΣΗ

- Γ) Η θερμότητα που δίνει το αντικείμενο που βρίσκεται στην υψηλότερη θερμοκρασία είναι ίση με τη θερμότητα που απορροφά το υγρό που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και η μεταβολή θερμοκρασίας του υγρού είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του αντικειμένου.
- Δ) Η θερμότητα που δίνει το αντικείμενο που βρίσκεται στην υψηλότερη θερμοκρασία είναι ίση με τη θερμότητα που απορροφά το υγρό που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και η μεταβολή θερμοκρασίας του αντικειμένου είναι μεγαλύτερη από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του υγρού.



ΑΣΚΗΣΗ-ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- Έστω Α το αντικείμενο και Β το υγρό. Προφανώς, από διατήρηση ενέργειας και επειδή $\theta_A > \theta_B$ η ενέργεια, υπό μορφή θερμότητας θα μεταφερθεί από το θερμότερο σώμα (Α) στο ψυχρότερο σώμα (Β) και θα είναι $Q_A = Q_B$.
- Έχουμε τώρα

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \xrightarrow{m_A = m_B}$$

$$\Rightarrow c_A \Delta\theta_A = c_B \Delta\theta_B \xrightarrow{c_A < c_B} \Delta\theta_A > \Delta\theta_B$$

- Άρα σωστή απάντηση είναι η (δ).



ΤΣΑΙ-ΑΣΚΗΣΗ

- Ένα λίτρο τσαγιού στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ χύνεται σε επενδυμένη με γυαλί φιάλη θερμός, που βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Εάν η γυάλινη φιάλη έχει μάζα $0,2\text{ kg}$, βρείτε την τελική θερμοκρασία του τσαγιού στο σφραγισμένο θερμός. Για το νερό $c_v = 1\text{ kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ και για το γυαλί $c_\gamma = 0,2\text{ kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$, ενώ η πυκνότητα του νερού (και του τσαγιού) είναι 1 g/cm^3 . ●

ΤΣΑΙ-ΛΥΣΗ

Η μάζα του τσαγιού θα υπολογιστεί από την πυκνότητα, που θα θεωρήσουμε ίδια με αυτή του νερού, οπότε:

$$m_{\text{τσαγιού}} = \rho_{\text{τσαγιού}}$$

$$\cdot V_{\text{τσαγιού}} \Rightarrow m_{\text{τσαγιού}} = 1000 \cdot 0,001 \Rightarrow m_{\text{τσαγιού}} = 1kg.$$



ΤΣΑΙ-ΛΥΣΗ

Το τσάι, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, θα προσφέρει θερμότητα στη φιάλη, και μάλιστα οι δύο αυτές ποσότητες θερμότητας θα είναι ίσες. Δηλαδή

$$Q_{\text{τσαγιού}}^{\text{προσφερόμενο}} = Q_{\text{φιαλης}}^{\text{απορροφούμενη}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{τσαγιού}} \cdot c_{\text{τσαγιού}} \cdot \Delta\theta_{\text{τσαγιού}}$$

$$= m_{\text{φιαλης}} \cdot c_{\text{φιαλης}} \cdot \Delta\theta_{\text{φιαλης}} \Rightarrow$$



ΤΣΑΙ-ΛΥΣΗ

$$\Rightarrow 1 \cdot 1 \cdot (100 - \theta) = 0,2 \cdot 0,2 \cdot (\theta - 20) \Rightarrow \theta = 96,9^{\circ}\text{C}.$$



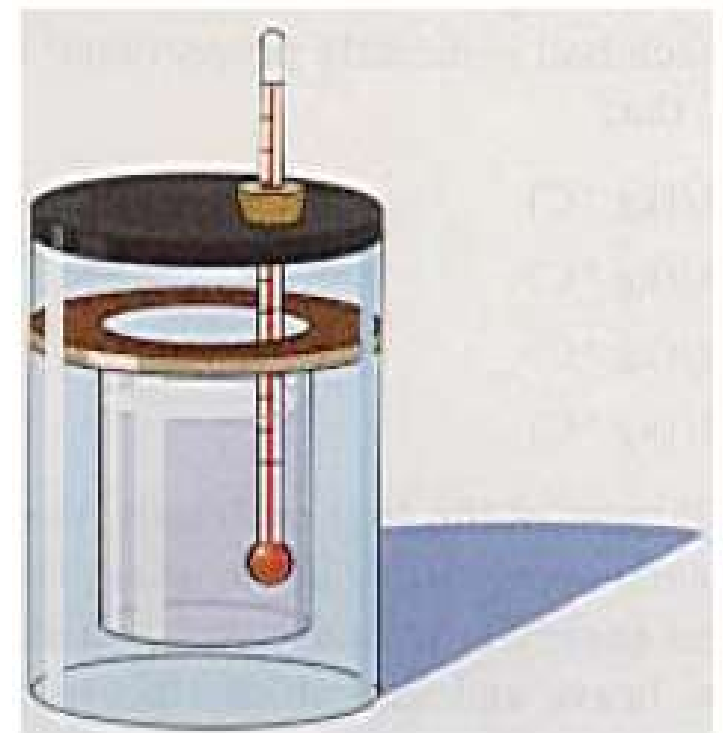
ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΑ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 9

- Αποτελούνται από δύο δοχεία τοποθετημένα το ένα μέσα στο άλλο μεταξύ των οποίων υπάρχει αέρας προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε τις απώλειες ενέργειας. Κλείνει στο πάνω μέρος του με τη βοήθεια θερμομονωτικού υλικού.



ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΑ

- Με τη βοήθεια θερμομέτρου μπορούμε να παρακολουθούμε τη θερμοκρασία εντός του θερμιδομέτρου.



ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΑ

- Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ειδικής θερμότητας αλλά και της θερμότητας τήξης.

