ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

ΘΜ1) Μια ατσάλινη σφαίρα που βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου τοποθετείται μέσα σε νερό που βράζει. Αν η σφαίρα έχει μάζα ίση με 200 g, πόση θερμότητα μεταφέρεται από το νερό στην σφαίρα μέχρι αυτή να βρεθεί σε θερμική ισορροπία με το νερό; Δίνεται $c_{ατσαλιού}$ = 452 J/kg·°C.

- -

ΘΜ2) Ένα κομμάτι αλουμινίου μάζας 500 g βρίσκεται σε αρχική θερμοκρασία ίση με 10°C και απορροφά 85500 J θερμότητας. Ποια η τελική του θερμοκρασία; Για το αλουμίνιο δίνεται c = 900 J/kg·°C.

- -

ΘΜ3) Ας υποθέσουμε ότι διαθέτουμε ένα θερμιδόμετρο που περιέχει 1 L νερό. Πόση αύξηση θερμοκρασίας θα επιφέρει ένα σωματίδιο με ενέργεια 1 GeV; Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c = 4186 J/kg·°C και ότι 1eV=$1{,}6\cdot10^{-19}$ J.

- -

ΘΜ4) Ένα λίτρο τσαγιού στους 100 °C χύνεται σε επενδυμένη με γυαλί φιάλη θερμός, που βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου (20 °C). Εάν η γυάλινη φιάλη έχει μάζα 0,2 kg, βρείτε την τελική θερμοκρασία του τσαγιού στο σφραγισμένο θερμός. Για το νερό $c_ν$ = 1 kcal/kg·°C και για το γυαλί $c_γ$ = 0,2 kcal/kg·°C, ενώ η πυκνότητα του νερού (και του τσαγιού) είναι 1 g/cm^3.

<u>ΛΥΣΗ:</u>

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

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

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

$$Q_{τσαγιού}^{προσφερόμενο} = Q_{φιάλης}^{απορροφούμενη}$$

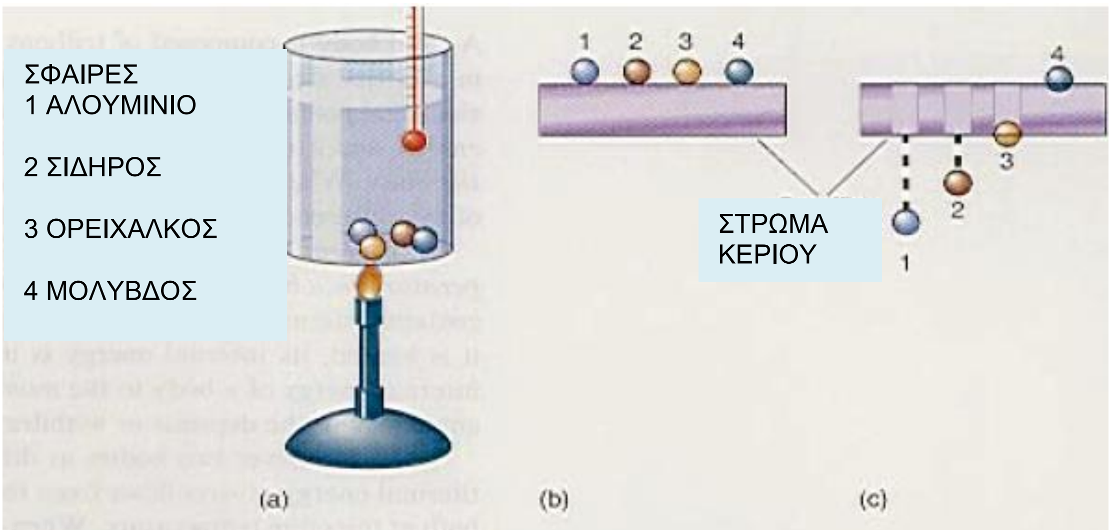
$$\Rightarrow m_{τσαγιού} \cdot c_{τσαγιού} \cdot \Delta\theta_{τσαγιού} = m_{φιάλης} \cdot c_{φιάλης} \cdot \Delta\theta_{φιάλης} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 \cdot 1 \cdot (100 - \theta) = 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot (\theta - 20) \Rightarrow \boxed{\theta = 96{,}9°C}$$

- -

ΘΜ5) Τοποθετούμε μέσα σε νερό που βράζει τέσσερις σφαίρες από αλουμίνιο, σίδηρο, ορείχαλκο και μόλυβδο ίδιας μάζας. Όταν οι σφαίρες έρθουν σε θερμική ισορροπία με το νερό τις τοποθετούμε πάνω σε ένα στρώμα κεριού.

Παρατηρούμε ότι η αλουμινένια σφαίρα τρυπά το κερί πολύ γρήγορα, η σιδερένια αμέσως μετά, η ορειχάλκινη εισχωρεί αλλά δεν τρυπά πλήρως το κερί, ενώ η μολύβδινη μένει πρακτικά στην επιφάνεια του κεριού. Να κατατάξετε τα υλικά ως προς την ειδική θερμότητά τους.



<u>**ΛΥΣΗ:**</u>

Αφού όλα τα σώματα τοποθετούνται μέσα στο νερό που βράζει η θερμοκρασία τους από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος φθάνει στη θερμοκρασία των 100°C. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σφαίρα απορροφά θερμότητα ίση με:

$$Q = m \cdot c_\sigma \cdot \left(100 - \theta_{\pi\varepsilon\rho\iota\beta\acute{\alpha}\lambda\lambda o\nu\tau o\varsigma}\right)$$

Παρατηρούμε ότι η θερμότητα που απορροφά κάθε σφαίρα εξαρτάται από τον συντελεστή ειδικής θερμότητας αφού οι μάζες και οι μεταβολές θερμοκρασίας είναι ίδιες για όλες τις σφαίρες. Καθώς τώρα για να λιώσει το κερί πρέπει να προσφερθεί ενέργεια, αφού η μολύβδινη σφαίρα δεν καταφέρνει να λιώσει το κερί θα έχει απορροφήσει το μικρότερο ποσό θερμότητας άρα θα έχει το μικρότερο συντελεστή ειδικής θερμότητας. Αμέσως μεγαλύτερο συντελεστή ειδικής θερμότητας θα έχει η ορειχάλκινη σφαίρα αφού λιώνει το κερί μέχρις ενός σημείου, ενώ το μεγαλύτερο συντελεστή θα έχουν η σιδερένια και η αλουμινένια σφαίρα που και οι δύο καταφέρνουν να λιώσουν πλήρως το κερί.

- -

ΘΜ6) Προκειμένου να προσδιορίσουμε την ειδική θερμότητα του σιδήρου, τοποθετούμε ένα δείγμα σιδήρου μάζας $m_σ$ μέσα σε νερό που βράζει ώστε η θερμοκρασία του να φθάσει στους 100°C. Μέσα σε ένα θερμιδόμετρο μάζας $m_θ$ προσθέτουμε νερό μάζας $m_ν$ και καταγράφουμε την αρχική θερμοκρασία $θ_i$ του συστήματος Θερμιδόμετρο-νερό. Τοποθετούμε μέσα στο νερό το κομμάτι σιδήρου και κλείνουμε το θερμιδόμετρο. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα (ώστε να επιτευχθεί θερμική ισορροπία) η θερμοκρασία φθάνει την τιμή $θ_f$. Αν η ειδική θερμότητα του νερού είναι $c_ν$ και του θερμιδόμετρου $c_θ$ να υπολογίσετε την ειδική θερμότητα $c_σ$ του σιδήρου.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Το δείγμα έχει μάζα 0,07 kg και τοποθετείται σε νερό που βράζει. Το θερμιδόμετρο ζυγίζει 0,06 kg και η εδική του θερμότητα είναι 900 J/kg·°C, ενώ το νερό έχει μάζα 0,15 kg και ειδική θερμότητα 4186 J/kg·°C. Αν η αρχική θερμοκρασία του συστήματος θερμιδόμετρο-νερό είναι 20°C και η τελική 23,5 °C υπολογίστε την ειδική θερμότητα του δείγματος.

ΛΥΣΗ:

Ο σίδηρος, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, δίνει θερμότητα τόσο στο νερό όσο και στο θερμιδόμετρο οπότε:

$$Q_{σιδήρου}^{προσφερόμενο} = Q_{νερού}^{απορροφούμενη} + Q_{θερμιδομέτρου}^{απορροφούμενη} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_σ \cdot c_σ \cdot (100 - θ_f) = m_ν \cdot c_ν \cdot (θ_f - θ_i) + m_θ \cdot c_θ \cdot (θ_f - θ_i) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{c_σ = \frac{(m_ν \cdot c_ν + m_θ \cdot c_θ) \cdot (θ_f - θ_i)}{m_σ \cdot (100 - θ_f)}}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Αντικαθιστώντας τα δεδομένα έχουμε:

$$c_σ = \frac{(0{,}15 \cdot 4186 + 0{,}06 \cdot 900) \cdot (23{,}5 - 20)}{0{,}07 \cdot (100 - 23{,}5)} \Rightarrow \boxed{c_σ = 445{,}68\, J/(kg \cdot {}^\circ C)}$$

- -

ΘΜ7) Τοποθετείτε 300 g καφέ, σε θερμοκρασία 70°C σε ένα ποτήρι από αλουμίνιο μάζας 0,120 kg που αρχικά βρίσκεται σε θερμοκρασία 20°C. Ποια είναι η κοινή θερμοκρασία στην οποία θα καταλήξουν τα δύο σώματα; Θεωρείστε την ειδική θερμότητα του καφέ ίση με αυτή του νερού δηλαδή 4190 J/(kg·K), του αλουμινίου ίση με 910 J/(kg·K) και υποθέστε ότι το σύστημα δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του.

- -

ΘΜ8) (H-R1966, p.549) Ένα κομμάτι χαλκού, μάζας 75 g, που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία τοποθετείται μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο μάζας 300 g το οποίο περιέχει νερό μάζας 200 g.Αν η θερμοκρασία του νερού, μαζί με το δοχείο, ανεβαίνει από τους 12 στους 27°C, ποια ήταν η αρχική θερμοκρασία του χαλκού; Δίνονται οι ειδικές θερμότητες για τον χαλκό το γυάλινο δοχείο και το νερό αντιστοίχως ίσες με 0,093 cal/(g·K), 0,12 cal/(g·K) και 1 cal/(g·K).

ΛΥΣΗ:

Ο χαλκός, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, δίνει θερμότητα τόσο στο νερό όσο και στο γυάλινο δοχείο οπότε:

$$Q_{\chi\alpha\lambda\kappa o\acute{\upsilon}}^{\pi\rho o\sigma\varphi\varepsilon\rho\acute{o}\mu\varepsilon\nu o} = Q_{\nu\varepsilon\rho o\acute{\upsilon}}^{\alpha\pi o\rho\rho o\varphi o\acute{\upsilon}\mu\varepsilon\nu\eta} + Q_{\gamma\upsilon\acute{\alpha}\lambda\iota\nu o\upsilon\, \delta o\chi\varepsilon\acute{\iota}o\upsilon}^{\alpha\pi o\rho\rho o\varphi o\acute{\upsilon}\mu\varepsilon\nu\eta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_\chi \cdot c_\chi \cdot (\theta_{\alpha\rho\chi} - 27) = m_\nu \cdot c_\nu \cdot (27-12) + m_{\delta o\chi\varepsilon\acute{\iota}o\upsilon} \cdot c_{\gamma\upsilon\alpha\lambda\iota o\acute{\upsilon}} \cdot (27-12) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 75 \cdot 0{,}093 \cdot (\theta_{\alpha\rho\chi} - 27) = 200 \cdot 1 \cdot (27-12) + 300 \cdot 0{,}12 \cdot (27-12) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_{\alpha\rho\chi} = 530°\mathrm{C}}$$

- -

ΘΜ9) (H-R, 1966, p. 568) Το θερμιδόμετρο ροής χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ειδικής θερμότητας των υγρών. Η αρχή λειτουργίας του έχει ως εξής: Θερμότητα προσφέρεται με συγκεκριμένο ρυθμό P, με τη βοήθεια συνήθως μιας ηλεκτρικής αντίστασης, στο υγρό πυκνότητας ρ καθώς αυτό διέρχεται μέσα από το θερμιδόμετρο με ρυθμό $\Pi = dV/dt$. Το αποτέλεσμα είναι η θερμοκρασία του υγρού κατά την έξοδο από το θερμιδόμετρο να είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία στην είσοδο κατά ΔT. Υπολογίστε με βάση τα στοιχεία αυτά την ειδική θερμότητα του υγρού.

ΛΥΣΗ:

Σε μια ποσότητα υγρού μάζας m που διέρχεται μέσα από το θερμιδόμετρο προσφέρεται θερμότητα Q έτσι ώστε να αυξάνεται η θερμοκρασία κατά ΔT, οπότε θα ισχύει ότι $Q = mc\Delta T$. Αφού η ενέργεια προσφέρεται με ρυθμό P, θα είναι $P = Q/\Delta t \Rightarrow Q = P\Delta t$ οπότε η προηγούμενη εξίσωση γίνεται:

$$P\Delta t = mc\Delta T \Rightarrow P = \frac{m}{\Delta t} c\Delta T$$

Από τη σχέση της πυκνότητας του υγρού έχουμε ότι

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \rho \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \rho \Pi$$

Αντικαθιστώντας έχουμε

$$P = \rho \Pi c \Delta T \Rightarrow \boxed{c = \frac{P}{\rho \Pi \Delta T}}$$

- -

ΘΜ9) Υποθέστε ότι σε ένα σώμα, μάζας m, που βρίσκεται μέσα σε ένα θερμικά μονωμένο δοχείο, προσφέρεται ενέργεια με σταθερό ρυθμό P οπότε η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται. Αν υποθέσουμε ότι καταγράφουμε τη θερμοκρασία (θ) του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο t, εξηγήστε με ποιον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε τον συντελεστή ειδικής θερμότητας από το διάγραμμα $\theta = \theta(t)$ υποθέτοντας ότι αυτός είναι σταθερός.

ΛΥΣΗ:

Αφού στο σώμα προσφέρεται θερμότητα με σταθερό ρυθμό P η ενέργεια που θα έχει προσφερθεί στο σώμα μετά από χρόνο t, υπό μορφή θερμότητας, θα είναι $P = Q/t \Rightarrow Q = Pt$. Η θερμότητα αυτή συνδέεται με την αλλαγή της θερμοκρασίας με τη σχέση:

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

$$\Rightarrow \boxed{\theta = \theta_0 + \frac{P}{mc}t}$$

Από την παραπάνω σχέση διαπιστώνουμε ότι η κλίση της γραφικής παράστασης είναι ίση με P/mc, επομένως ο συντελεστής ειδικής θερμότητας μπορεί να υπολογιστεί μετρώντας την κλίση του διαγράμματος.

- -