

ΑΛΛΑΓΕΣ ΦΑΣΕΩΝ

ΑΦ1) Προκειμένου να κρυώσουμε μια άγνωστη ποσότητα νερού αρχικής θερμοκρασία 30 °C, προσθέτουμε παγάκια μάζας 25 gr (που βρίσκονται σε $\theta = 0$ °C). Η τελική θερμοκρασία (αφού λιώσουν τα παγάκια) είναι 10 °C. Πόση ήταν η μάζα του νερού; Δίνονται η ειδική θερμότητα του νερού 1 cal/(g·°C) και η θερμότητα τήξης του πάγου $L_f = 80$ cal/g.

ΛΥΣΗ:

Το νερό, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, δίνει θερμότητα στα παγάκια η οποία αφενός μεν λιώνει τον πάγο (από πάγο 0 °C σε νερό 0 °C) και αφετέρου θερμαίνει το νερό που προκύπτει από το λιώσιμο του πάγου από τους 0 °C στους 10 °C. Επομένως:

$$Q_{\text{νερό}}^{\text{προσφερόμενο}} = Q_{\text{αλλαγή φάσης}}^{\text{απορροφούμενη}} + Q_{\text{θέρμανση νερού}}^{\text{απορροφούμενη}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_v \cdot c_v \cdot (30 - 10) = m_{\text{πάγου}} \cdot L_{\text{τήξης}} + m_{\text{πάγου}} \cdot c_v \cdot (10 - 0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_v \cdot 1 \cdot 20 = 25 \cdot 80 + 25 \cdot 1 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{m_v = 112,5 \text{ g}}$$

ΑΦ2) Πόσα παγάκια μάζας 23 g σε αρχική θερμοκρασία -20 °C το καθένα χρειαζόμαστε για να κρυώσουμε ένα αναψυκτικό 250 mL αρχικής θερμοκρασία 25 °C, στους 0 °C; Δίνονται η ειδική θερμότητα του νερού 4190 J/(kg·°C) και του πάγου 2100 J/(kg·°C) η θερμότητα τήξης του πάγου $3,34 \cdot 10^5$ J/kg και η πυκνότητα του αναψυκτικού ίδια με την πυκνότητα του νερού, δηλαδή 1 g/cm³.

ΛΥΣΗ:

Αρχικά θα προσδιορίσουμε τη μάζα του αναψυκτικού από την πυκνότητα. Καθώς είναι

$$\rho_{\text{αναψ.}} = \frac{m_{\text{αναψ.}}}{V_{\text{αναψ.}}} \Rightarrow m_{\text{αναψ.}} = \rho_{\text{αναψ.}} \cdot V_{\text{αναψ.}} = 25 \text{ g}.$$

Το αναψυκτικό, που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία, δίνει θερμότητα στα παγάκια η οποία αφενός μεν τα θερμαίνει (από πάγο -23 °C σε πάγο 0 °C) και αφετέρου τα λιώνει (από πάγο στους 0 °C σε νερό στους 0 °C). Επομένως:

$$Q_{\text{αναψυκτικό}}^{\text{προσφερόμενο}} = Q_{\text{θέρμανση πάγου}}^{\text{απορροφούμενη}} + Q_{\text{τήξη πάγου}}^{\text{απορροφούμενη}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{αναψ.}} \cdot c_v \cdot (25 - 0) = m_{\text{πάγ.}} \cdot c_{\text{π.}} \cdot [0 - (-23)] + m_{\text{παγ.}} \cdot L_{\text{τήξης}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,25 \cdot 4190 \cdot (25 - 0) = m_{\text{πάγ.}} \cdot 2100 \cdot 23 + m_{\text{πάγ.}} \cdot 3,34 \cdot 10^5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{πάγ.}} = 0,68 \text{ kg} = 68 \text{ g}$$

Με δεδομένο τώρα ότι κάθε παγάκι έχει μάζα 23 g θα χρειαστούν $68/23 \approx 3$ παγάκια.

ΑΦ3) Υπολογίστε τη θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε σε 5 kg πάγο θερμοκρασίας -20°C ώστε να μετατραπεί σε ατμό θερμοκρασίας 120°C . Δίνονται η ειδική θερμότητα του νερού $4186 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ του πάγου $2093 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ και του ατμού $2013 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ η θερμότητα τήξης του πάγου $3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ και η θερμότητα εξαέρωσης του νερού $2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$. Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της θερμοκρασίας με το χρόνο υποθέτοντας ότι η πηγή που θερμαίνει το δείγμα μας προσφέρει σε αυτό θερμότητα με σταθερό ρυθμό ίσο με 1550 J/s .

ΑΦ4) Προκειμένου να υπολογίσουμε τη θερμότητα τήξης του πάγου τοποθετούμε σε ένα θερμιδόμετρο μάζας 60 g πάγο μάζας 31 g και θερμοκρασίας 0°C . Μέσα στο θερμιδόμετρο υπάρχουν 170 g νερού θερμοκρασίας 20°C . Αφού λιώσει ο πάγος διαπιστώνουμε ότι η θερμοκρασία του νερού είναι $5,57^\circ\text{C}$. Υπολογίστε τη θερμότητα τήξης του πάγου. Δίνεται η ειδική θερμότητα του θερμιδομέτρου $900 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ και του νερού $4186 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$.

ΛΥΣΗ:

Η θερμότητα που απορροφά ο πάγος του παρέχεται από το νερό και το θερμιδόμετρο και αφενός μεν λιώνει τον πάγο, αφετέρου ζεσταίνει το νερό που προκύπτει. Επομένως:

$$Q_{\text{νερό}}^{\text{προσφερόμενο}} + Q_{\text{θερμιδομέτρου}}^{\text{προσφερόμενο}} = Q_{\text{πάγου}}^{\text{απορροφούμενη}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{νερού}} \cdot c_{\text{νερού}} \cdot \Delta\theta + m_{\text{θερμιδ.}} \cdot c_{\text{θερμιδ.}} \cdot \Delta\theta =$$

$$= m_{\text{πάγ.}} \cdot L_{\text{τήξης}} + m_{\text{πάγου}} \cdot c_{\text{νερού}} \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,17 \cdot 4186 \cdot (20 - 5,57) + 0,06 \cdot 900 \cdot (20 - 5,57) =$$

$$= 0,031 \cdot L_{\text{τήξης}} + 0,031 \cdot 4186 \cdot (5,57 - 0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{L_{\text{τήξης}} = 332.838 \text{ J/kg}}$$

ΑΦ5) Προκειμένου να υπολογίσουμε τη θερμότητα εξαέρωσης του νερού διοχετεύουμε ατμό θερμοκρασίας 100°C σε θερμιδόμετρο που περιέχει νερό μάζας 170 g αρχικής θερμοκρασίας $19,9^{\circ}\text{C}$. Μετά το πέρασμα του ατμού διαπιστώνουμε ότι η θερμοκρασία του νερού είναι ίση με 30°C η δε μάζα του έχει αυξηθεί κατά 3 g . Αν το θερμιδόμετρο έχει μάζα 60 g και ειδική θερμότητα $900\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ν υπολογίσετε τη θερμότητα εξαέρωσης του νερού. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού $4186\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.

ΑΦ6) (Eisberg-Lerner Physics p. 766) Ένα κομμάτι πάγου μάζας 3 kg που βρίσκεται σε θερμοκρασία -10°C τοποθετείται μέσα σε ένα θερμιδόμετρο με αμελητέα θερμοχωρητικότητα το οποίο περιέχει νερό μάζας 5 kg σε θερμοκρασία 40°C . Θα λιώσει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου; Δίνονται η ειδική θερμότητα του πάγου $0,5\text{ kcal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$, η θερμότητα τήξης του πάγου 80 kcal/kg και η ειδική θερμότητα του νερού ίση με $1\text{ kcal}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$.

ΛΥΣΗ:

Η ελάχιστη θερμότητα που πρέπει να απορροφήσει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου ώστε να λιώσει είναι ίση με τη θερμότητα που απαιτείται για να θερμανθεί από τους -10°C στους 0°C και τη θερμότητα ώστε να λιώσει και να μετατραπεί από πάγος 0°C σε υγρό επίσης 0°C . Δηλαδή:

$$\begin{aligned} Q_{\text{πάγου}} &= m_{\text{πάγου}} \cdot c_{\text{πάγου}} \cdot \Delta\theta + m_{\text{πάγου}} \cdot L_{\text{τήξης}} \Rightarrow \\ \Rightarrow Q_{\text{πάγου}} &= m_{\text{πάγου}} \cdot c_{\text{πάγου}} \cdot \Delta\theta + m_{\text{πάγου}} \cdot L_{\text{τήξης}} \Rightarrow \\ \Rightarrow Q_{\text{πάγου}} &= 3 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-10)) + 3 \cdot 80 \Rightarrow Q_{\text{πάγου}} = 255\text{ kcal} \end{aligned}$$

Η μέγιστη θερμότητα που μπορεί να δώσει το νερό ώστε να λιώσει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου είναι ίση με τη θερμότητα που προκύπτει από την μεταβολή της θερμοκρασίας του από τους 40°C σε νερό στους 0°C . Επομένως είναι:

$$Q_{\text{νερού}} = m_{\text{νερού}} \cdot c_{\text{νερού}} \cdot \Delta\theta = 5 \cdot 1 \cdot (40 - 0) \Rightarrow Q_{\text{νερού}} = 200\text{ kcal}$$

Παρατηρούμε ότι η μέγιστη θερμότητα που μπορεί να δώσει το νερό ψυχόμενο δεν επαρκεί για να λιώσει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου, επομένως θα παραμείνει πάγος στο δοχείο.

ΑΦ7) Αν 10 g πάγου στους 0°C αναμειχθούν με νερό μάζας 50 g και θερμοκρασίας 80°C, ποια θα είναι η τελική θερμοκρασία του δείγματος; Δίνονται η ειδική θερμότητα του νερού 4190 J/(kg·°C) και η θερμότητα τήξης του πάγου $3,34 \cdot 10^5$ J/kg.

Επαναλάβετε το προηγούμενο πρόβλημα αν η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 10°C. Σχολιάστε το αποτέλεσμα.

ΛΥΣΗ:

Θα υποθέσουμε ότι κατά την προηγούμενη ανάμειξη λιώνει ολόκληρη η ποσότητα του πάγου και το σύστημα φθάνει σε μια τελική θερμοκρασία ίση με θ . Αυτό σημαίνει ότι η θερμότητα που απορροφά ο πάγος για να λιώσει είναι ίση με τη θερμότητα που προσφέρει το νερό ψυχόμενο. Θα πρέπει λοιπόν να ισχύει:

$$Q_{\text{πάγου}}^{\text{απορροφούμενη}} = Q_{\text{νερού}}^{\text{προσφερόμενη}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{πάγου}} \cdot L_{\text{τήξης}} + m_{\text{πάγου}} \cdot c_{\text{νερού}} \cdot (\theta - 0) = m_{\text{νερού}} \cdot c_{\text{νερού}} \cdot (80 - \theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,01 \cdot 3,34 \cdot 10^5 + 0,01 \cdot 4190 \cdot (\theta - 0) = 0,05 \cdot 4190 \cdot (80 - \theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 53,4^\circ\text{C}}$$

Στην περίπτωση τώρα που η αρχική θερμοκρασία του νερού είναι 10°C, αν κάνουμε την ίδια υπόθεση και επαναλάβουμε τη ίδια διαδικασία με προηγουμένως καταλήγουμε ότι η τελική θερμοκρασία του μείγματος θα πρέπει να είναι $-4,95^\circ\text{C}$ πράγμα αδύνατο αφού η τελική θερμοκρασία θα πρέπει προφανώς να είναι μεταξύ 0 και 10°C. Αυτό σημαίνει ότι απλώς δεν μπορεί όλος ο πάγος να μετατραπεί σε υγρό.
