

Física do Calor 2021 IME – Provinha 1 – Gabarito

Você despeja $V_i = 100 \text{ cm}^3$ de álcool etílico, a uma temperatura $T_{alc} = -10,0 \text{ }^\circ\text{C}$, em um cilindro graduado a $T_{cil} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, enchendo-o até o topo. O cilindro é feito de vidro, com um calor específico $c_{vid} = 840 \text{ J/kg K}$, um coeficiente de dilatação linear $\alpha_{vid} = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ e massa igual a $m_{vid} = 0,105 \text{ kg}$. A massa do álcool etílico é $m_{alc} = 0,0807 \text{ kg}$. Considere o calor específico do álcool etílico $c_{alc} = 2428 \text{ J/kg K}$ e seu coeficiente de dilatação volumétrica $\beta_{alc} = 75 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

(a) (3,0) Qual a temperatura final do álcool etílico, uma vez que o equilíbrio térmico seja alcançado?

Resolução:

Considerando o sistema álcool + cilindro um sistema isolado, temos que a soma dos calores trocados deve ser nula:

$$Q_{alc} + Q_{cil} = 0$$

Assim,

$$m_{alc} c_{alc} \Delta T_{alc} + m_{vid} c_{vid} \Delta T_{vid} = 0$$

Se T é a temperatura final do sistema quando o equilíbrio térmico é atingido:

$$m_{alc} c_{alc} (T - T_{alc}) + m_{vid} c_{vid} (T - T_{cil}) = 0$$

Portanto,

$$T = \frac{m_{alc} c_{alc} T_{alc} + m_{vid} c_{vid} T_{cil}}{m_{alc} c_{alc} + m_{vid} c_{vid}}$$

Substituindo os valores:

$$T = \frac{0,0807 \cdot 2428 \cdot (-10,0) + 0,105 \cdot 840 \cdot 20}{0,0807 \cdot 2428 + 0,105 \cdot 840}$$

Logo,

$$T = -0,688 \text{ }^\circ\text{C}$$

(b) (4,0) Que quantidade de álcool etílico transbordará do cilindro até que seja alcançado o equilíbrio térmico?

Resolução:

A quantidade de álcool derramada será dada pela dilatação aparente:

$$\Delta V_{apa} = \Delta V_{liq} - \Delta V_{rec}$$

Precisamos fazer a dilatação do líquido e subtrair a dilatação do recipiente. Sabemos que

$$\Delta V_{liq} = V_i \cdot \beta_{alc} \cdot \Delta T_{alc} \quad e \quad \Delta V_{rec} = V_i \cdot 3\alpha_{vid} \cdot \Delta T_{vid}$$

Vale destacar que $\Delta T_{alc} > 0$ e $\Delta T_{vid} < 0$, de modo que o recipiente tem seu volume diminuído nesse processo. Portanto,

$$\Delta V_{apa} = V_i(\beta_{alc}\Delta T_{alc} - 3\alpha_{vid}\Delta T_{vid})$$

Calculamos as variações de temperatura:

$$\Delta T_{alc} = T - T_{alc} = -0,688 - (-10,0) = 9,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{vid} = -0,688 - 20 = -20,688 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Assim,

$$\Delta V_{apa} = 100 \cdot (75 \cdot 10^{-5} \cdot 9,32 - 3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-5} \cdot (-20,688))$$

Logo,

$$\Delta V_{apa} = 0,73 \text{ cm}^3$$

(c) (3,0) Calcule a densidade do álcool etílico a $T_{alc} = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$ e a $T_{cil} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Resolução:

Sabemos a massa $m_{alc} = 0,0807 \text{ kg} = 80,7 \text{ g}$ e o volume $V_i = 100 \text{ cm}^3$ na temperatura $T_{alc} = -10 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Assim,

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow d_i = \frac{80,7}{100} \rightarrow d_i = 0,807 \text{ g/cm}^3$$

Para a temperatura mais elevada, temos

$$V_f = V_i(1 + \beta_{alc}\Delta T)$$

Assim,

$$d_f = \frac{m}{V_f} = \frac{m}{V_i} \cdot \frac{1}{(1 + \beta_{alc}\Delta T)} \rightarrow d_f = \frac{d_i}{1 + \beta_{alc}\Delta T}$$

Logo,

$$d_f = \frac{0,807}{1 + 75 \cdot 10^{-5} \cdot (30 - (-10))} \rightarrow d_f = 0,783 \text{ g/cm}^3$$