

- c) Detti Q_G, Q_A, Q_F, Q_V i calori scambiati da ghiaccio, acqua, ferro, vapore acqueo (se presente!) e Q_{FUS}, Q_{VAP} i calori necessari per fondere il ghiaccio e fare vaporizzare l'acqua, come si scrive il bilancio dei flussi di energia?

$$Q_G + Q_{FUS} + Q_A + Q_F = 0 = m_G c_G (T_{FUS} - T_G) + m_G \lambda_F + m_{ACA} (T - T_{FUS}) + m_{FCF} (T - T_F) = -m_G c_G T_G + m_G \lambda_F + m_{GCA} T + m_{FCF} (T - T_F),$$

avendo notato che $m_a = m_G$ (la massa non cambia nel passaggio dallo stato solido a quello liquido) e che $T_{FUS} = 0$

- d) Quanto vale la temperatura di equilibrio termico T del sistema?

$$T = \frac{(m_G c_G T_G - m_G \lambda_F + m_{FCF} T_F)}{(c_A m_G + c_R m_R)} = 58.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[fosse venuta una $T > 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ ci saremmo dovuti preoccupare!]

3. Un pezzetto di "acqua allo stato solido" (cioè ghiaccio!) di massa $m = 18 \text{ g}$, che si trova inizialmente alla temperatura $T_0 = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$, viene messo in un recipiente chiuso di **capacità termica trascurabile**. Il recipiente viene quindi posto a contatto con un riscaldatore di potenza **costante** $W = 60 \text{ W}$. Nello svolgimento, supponete che tutto il calore prodotto dal riscaldatore venga assorbito dal ghiaccio, trascurando ogni possibile fenomeno di dissipazione termica.

- a. Quanto vale l'intervallo **minimo** di tempo, Δt_I , per il quale il riscaldatore deve essere tenuto acceso affinché il ghiaccio passi **interamente** allo stato liquido? [Assumete che il calore latente di fusione dell'acqua sia $c_{LF} = 3.3 \times 10^5 \text{ J/kg}$, e prendete come calore specifico del ghiaccio nell'intervallo di temperatura considerato il valore **costante** $c_G = 2.0 \times 10^3 \text{ J/(kg K)}$]

$$\Delta t_I = \frac{(m c_{LF} + m c_G (T_F - T_0))}{W} = 1.1 \times 10^2 \text{ s}$$

essendo $T_F = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ la temp. di fusione del ghiaccio

- b. Immaginate ora di aver riscaldato il recipiente al punto che tutto il ghiaccio è stato convertito in vapore, che si trova alla temperatura $T_I = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$. Sapendo che il recipiente è costituito da un cilindro di sezione di base $S = 50 \text{ cm}^2$ ed altezza $h = 10 \text{ cm}$, e sapendo che la pressione atmosferica che agisce dall'esterno sulle pareti del recipiente (supposte di massa trascurabile) vale $P_{ATM} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, quanto vale il modulo della forza F che agisce sul tappo del recipiente? [Approssimate il vapore come un gas perfetto; ricordate che la massa atomica della molecola di acqua vale $\mu = 18$ uma, e che la costante dei gas perfetti vale $R = 8.3 \text{ J/(K mole)}$]

$$F = \frac{n R T_I}{h} = 3.1 \times 10^4 \text{ N}$$

[la forza è data dal prodotto PS , ma $P = n R T_I / V = n R T_I / (S h)$, dove n è il numero di moli, pari al rapporto tra la massa del campione (in grammi!) e la massa atomica della molecola di acqua (cioè il campione è fatto di una mole, o grammomolecola, di acqua)]

- c. Dopo che il vapore ha raggiunto la temperatura T_I , nel recipiente viene introdotto un blocchetto di rame, di massa $m_R = 50 \text{ g}$ e temperatura iniziale $T_2 = 500 \text{ } ^\circ\text{C}$. Supponendo che gli scambi di calore avvengano solo tra vapore di acqua e rame e che non ci sia alcuna dissipazione di calore, quanto vale la temperatura di equilibrio T del sistema? [Ponete i valori costanti $c_A = 2.2 \times 10^3 \text{ J/(kg K)}$ e $c_R = 4.0 \times 10^2 \text{ J/(kg K)}$ per i calori specifici rispettivamente di vapore acqueo e rame nelle condizioni considerate]

$$T = \frac{(m_{ACA} T_I + m_{RCR} T_2)}{(m_{ACA} + m_{RCR})} = 2.3 \times 10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[viene dal bilancio dei flussi di energia, cioè $0 = Q_A + Q_R$, dove Q_A e Q_R sono i calori scambiati da vapore e rame per raggiungere l'equilibrio]