

## ESERCIZI DI FISICA GENERALE – nr. 22/07

1. Avete un blocco di alluminio di massa  $m_A = 1.0$  kg che si trova alla temperatura  $T_A = 200$  °C, un blocco di rame di massa  $m_R = 2.0$  kg che si trova alla temperatura  $T_R = 100$  °C, ed un secchio d'acqua, dal volume  $V = 20$  l, che si trova alla temperatura  $T_0 = 20$  °C. Tuffate alluminio e rame nel secchio ed aspettate un po' di tempo in modo che il sistema complessivo arrivi all'equilibrio termico.

a) Detti  $Q_A$ ,  $Q_R$  e  $Q_0$  i calori ceduti o assorbiti dai tre materiali nel processo, quale relazione deve sussistere tra loro supponendo trascurabili le perdite di calore verso l'esterno (pareti del recipiente isolate termicamente e/o processo così rapido che non c'è tempo perché il calore si disperda verso l'esterno)?

.....

b) Sapendo che il calore latente di vaporizzazione dell'acqua vale  $\lambda_E = 2.3 \times 10^6$  J/kg (ovviamente alla temperatura di ebollizione, cioè  $T_E = 100$  °C) e supponendo che il suo calore specifico sia  $c_0 = 4.2 \times 10^3$  J/(kg °C), vi aspettate che l'acqua vada in ebollizione? [Prendete per la densità in massa dell'acqua  $\rho = 1.0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, e assumete che i calori specifici dell'alluminio e del rame siano rispettivamente  $c_A = 900$  J/(kg °C) e  $c_R = 400$  J/(kg °C) – notate che stiamo implicitamente supponendo che i calori specifici restino **costanti** in tutto l'intervallo di temperatura considerato, affermazione non molto ragionevole!]

sì                       no

*Spiegazione sintetica della risposta:* .....

c) Quanto vale la temperatura di equilibrio termico  $T$  del sistema?

$T = \dots\dots\dots = \dots\dots$  °C

d) Quanto vale il calore  $Q_A$  scambiato dal blocco di alluminio nel processo? [Specificate il segno]

$Q_A = \dots\dots\dots = \dots\dots$  J

e) Supponendo ora che il materiale del blocco A abbia un calore specifico che varia con la temperatura secondo una legge del tipo  $c_A(T) = c'/T'$ , con  $c'$  e  $T'$  costanti opportunamente dimensionate, come esprimereste il calore  $Q'$  scambiato da A nella trasformazione? [Supponete che le temperature iniziali e finali siano le stesse di prima. Per la soluzione, tenete presente che il calore specifico è praticamente costante per una variazione piccola, cioè **infinitesima**, di temperatura]

$Q' = \dots\dots\dots$

2. In una fonderia trovate un lingotto di ferro di massa  $m_F = 20$  kg e temperatura  $T_F = 750$  °C. Per raffreddarlo, lo mettete a contatto con una massa  $m_G = 10$  kg di ghiaccio alla temperatura  $T_G = -10$  °C contenuta in una tinozza dotata di un coperchio a tenuta stagna e con pareti isolanti termicamente. Per i calori specifici (supposti costanti) prendete:  $c_G = 2.0 \times 10^3$  J/(kg °C) per il ghiaccio,  $c_A = 4.0 \times 10^3$  J/(kg °C) per l'acqua,  $c_V = 2.0 \times 10^3$  J/(kg °C) per il vapore acqueo,  $c_F = 4.0 \times 10^2$  J/(kg °C) per il ferro. I calori latenti siano:  $\lambda_F = 3.0 \times 10^5$  J/kg per la fusione del ghiaccio e  $\lambda_V = 2.0 \times 10^6$  J/kg per la vaporizzazione dell'acqua.

a) Il ghiaccio nella tinozza si scioglierà completamente?

sì                       no

*Spiegazione sintetica della risposta:* .....

b) Potrebbe il ghiaccio passare allo stato di vapore acqueo?

sì                       no

*Spiegazione sintetica della risposta:* .....

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?

.....

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

$$T = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$$

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,  $\Delta t_I$ , 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**  $c_G = 2.0 \times 10^3 \text{ J/(kg K)}$ ]

$$\Delta t_I = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ s}$$

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  $\mu = 18 \text{ uma}$ , e che la costante dei gas perfetti vale  $R = 8.3 \text{ J/(K mole)}$ ]

$$F = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ N}$$

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]

$$T = \dots\dots\dots = \dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}$$