

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)?

..... $Q_A + Q_R + Q_0 = 0$

- 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 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/m³, 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: il calore che alluminio e rame possono fornire all'acqua supponendo che la loro temperatura diminuisca fino al punto di ebollizione dell'acqua vale $c_A m_A (T_A - T_E) + c_R m_R (T_R - T_E) = 9 \times 10^4$ J, mentre per portare l'acqua dalla temperatura T_0 al punto di ebollizione occorre una quantità di calore che vale, in modulo, $c_0 \rho V (T_E - T_0) = 3.4 \times 10^6$ J. Quindi si può ragionevolmente escludere che l'acqua possa andare in ebollizione.

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

$T = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ °C $(c_A m_A T_A + c_R m_R T_R + c_0 \rho V T_0) / (c_A m_A + c_R m_R + c_0 \rho V) = 23.1$ °C
[si ottiene risolvendo la conservazione del calore scritta prima]

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

$Q_A = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$ J $c_A m_A (T - T_A) = -159 \times 10^3$ J

- e) Supponendo ora che il materiale del blocco A abbia un calore specifico che varia con la temperatura secondo una legge del tipo $c_A(T) = c' T/T'$, 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]

massa aggiunta grazie a Silvia - 14/4/05

$Q' = \dots\dots\dots m_A (c'/T') \int T dT = m_A (c'/T') (T^2 - T_A^2)$

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: per portare il ghiaccio alla temperatura di fusione e per scioglierlo completamente occorre la quantità di calore $m_G c_G (T_{FUS} - T_G) + m_G \lambda_F = 3.2 \times 10^6$ J; quando il ferro diminuisce la sua temperatura fino alla temperatura di fusione del ghiaccio fornisce un calore pari a $m_F c_F (T_F - T_{FUS}) = 6.0 \times 10^6$ J.

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

☐ sì ☒ no

Spiegazione sintetica della risposta: per portare il ghiaccio (diventato acqua!) alla temperatura di ebollizione occorre un calore pari a $m_G c_A (T_{EBOLL} - T_{FUS}) = 4.0 \times 10^6$ J. Come risulta dalla risposta alla domanda precedente, il ferro non ha calore sufficiente per questo processo.

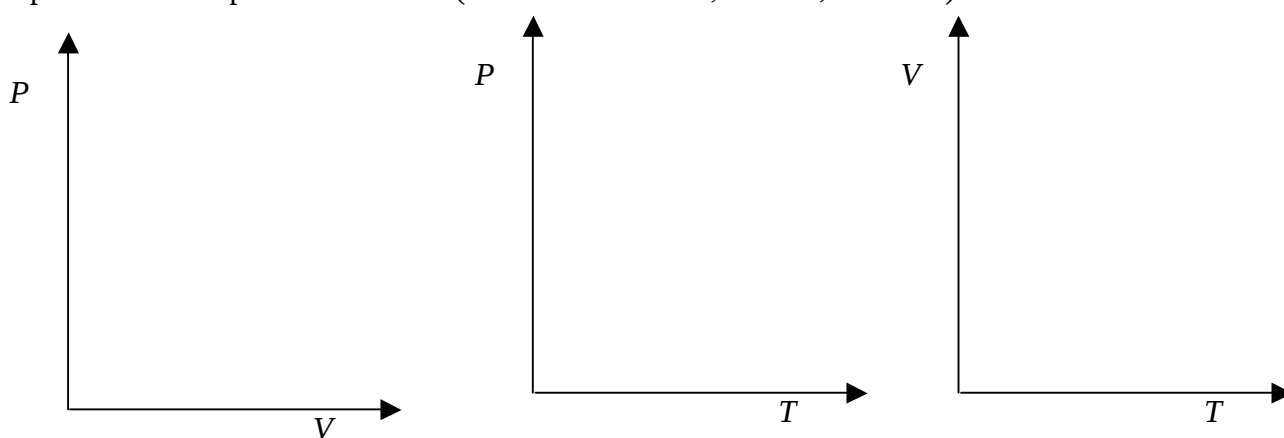
- c) Detti Q_G , Q_A , Q_F , Q_V i calori scambiati da ghiaccio, acqua, ferro, vapore acqueo (se presente!) e Q_{FUS} , Q_{VAP} i calori necessari per fondere il ghiaccio e fare vaporizzare l'acqua, come si scrive il bilancio dei flussi di energia?

$$Q_G + Q_{FUS} + Q_A + Q_F = 0 = m_G c_G (T_{FUS} - T_G) + m_G \lambda_F + m_A c_A (T - T_{FUS}) + m_F c_F (T - T_F) = -m_G c_G T_G + m_G \lambda_F + m_G c_A T + m_F c_F (T - T_F), \text{ avendo notato che } m_a = m_G \text{ (la massa non cambia nel passaggio dallo stato solido a quello liquido) e che } T_{FUS} = 0$$

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

$$T = \frac{(m_G c_G T_G - m_G \lambda_F + m_F c_F T_F)}{(c_A m_G + c_F m_F)} = 58.3^\circ \text{C} \quad [\text{fosse venuta una } T > 100^\circ \text{C ci saremmo dovuti preoccupare!}]$$

3. I grafici sottostanti riportano sugli assi diverse combinazioni delle “variabili di stato” termodinamiche P , V , T . Disegnateci schematicamente sopra le curve rappresentative di trasformazioni a volume, pressione e temperatura costante (dette anche isocore, isobare, isoterme).



errori vari nei risultati numerici corretti grazie a Silvia - 14/4/05

4. Una quantità $n = 4.00$ di moli di un gas perfetto monoatomico (ad esempio l'elio, che è ben approssimato da un gas perfetto) è contenuta in un recipiente **indeformabile** di volume $V = 20.0$ l. Inizialmente il gas si trova alla temperatura $T_0 = 500$ K.

- a) Quanto vale la pressione P_0 del gas? [Prendete $R = 8.31$ J/(K mole) per il valore della costante dei gas perfetti]

$$P_0 = \frac{nRT_0}{V} = 8.31 \times 10^5 \text{ Pa}$$

- b) Il gas subisce quindi un raffreddamento (reversibile) fino a raggiungere la temperatura $T_1 = 250$ K. Quanto vale la pressione P_1 ?

$$P_1 = \frac{P_0 T_1}{T_0} = 4.16 \times 10^5 \text{ Pa}$$

- c) Quanto vale la variazione di energia interna ΔU del gas? [Ricordate l'espressione del calore specifico molare c_V per un gas perfetto monoatomico!]

$$\Delta U = n c_V (T_1 - T_0) = n \left(\frac{3}{2}\right) R (T_1 - T_0) = \left(\frac{3}{2}\right) (P_1 - P_0) V = -3.12 \text{ KJ} \quad [\text{essendo } c_V = (3/2) R]$$

- d) Quanto vale il calore Q scambiato dal gas nella trasformazione? [Specificate il segno!]

$$Q = \Delta U = -3.12 \text{ KJ} \quad [\text{primo principio ed } L = 0 \text{ per una isocora}]$$

- e) Supponendo che il processo venga realizzato mettendo il gas a contatto con una macchina (frigorifera) che ha “potenza raffreddante” effettiva $W = 10$ W, quanto tempo Δt occorre perché esso sia realizzato? [Trascurate, ovviamente, ogni considerazione relativa al carattere reversibile del processo, che impone, ragionevolmente, che esso avvenga “lentamente” passando per infiniti stati di equilibrio]

$$\Delta t = \frac{|Q|}{W} = 312 \text{ s}$$