

# Corso di Laurea Ing. EA – ESERCIZI DI FISICA GENERALE - nr. 15

1. Avete un blocco di alluminio di massa  $m_A = 1.0 \text{ Kg}$  che si trova alla temperatura  $T_A = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , un blocco di rame di massa  $m_R = 2.0 \text{ Kg}$  che si trova alla temperatura  $T_R = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , ed un secchio d'acqua, dal volume  $V = 20 \text{ l}$ , che si trova alla temperatura  $T_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . 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)?

$$\dots\dots\dots Q_A + Q_R + Q_0 = 0$$

b) Sapendo che il calore latente di vaporizzazione dell'acqua vale  $\lambda_E = 2.3 \times 10^6 \text{ J/Kg}$  (ovviamente alla temperatura di ebollizione, cioè  $T_E = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e che il suo calore specifico sia  $c_0 = 4.2 \times 10^3 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$ , vi aspettate che l'acqua vada in ebollizione? [Prendete per la densità in massa dell'acqua  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$ , e assumete che i calori specifici dell'alluminio e del rame siano rispettivamente  $c_A = 900 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  e  $c_R = 400 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  – 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  $c_A m_A (T_A - T_E) + c_R m_R (T_R - T_E) = 9 \times 10^4 \text{ J}$ , mentre per portare l'acqua dalla temperatura  $T_0$  al punto di ebollizione occorre una quantità di calore che vale, in modulo,  $c_0 \rho V (T_E - T_0) = 3.4 \times 10^6 \text{ J}$ . Quindi si può ragionevolmente escludere che l'acqua possa andare in ebollizione.

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

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

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

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

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]

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

2. In una fonderia trovate un lingotto di ferro di massa  $m_F = 20 \text{ Kg}$  e temperatura  $T_F = 750 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Per raffreddarlo, lo mettete a contatto con una massa  $m_G = 10 \text{ Kg}$  di ghiaccio alla temperatura  $T_G = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  contenuta in una tinozza dotata di un coperchio a tenuta stagna e con pareti isolanti termicamente. Per i calori specifici (supposti costanti) prendete:  $c_G = 2.0 \times 10^3 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  per il ghiaccio,  $c_A = 4.0 \times 10^3 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  per l'acqua,  $c_V = 2.0 \times 10^3 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  per il vapore acqueo,  $c_F = 4.0 \times 10^2 \text{ J/(Kg }^{\circ}\text{C)}$  per il ferro. I calori latenti siano:  $\lambda_F = 3.0 \times 10^5 \text{ J/Kg}$  per la fusione del ghiaccio e  $\lambda_V = 2.0 \times 10^6 \text{ J/Kg}$  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  $m_G c_G (T_{FUS} - T_G) + m_G \lambda_F = 3.2 \times 10^6 \text{ J}$ ; quando il ferro diminuisce la sua temperatura fino alla temperatura di fusione del ghiaccio fornisce un calore pari a  $m_F c_F (T_F - T_{FUS}) = 6.0 \times 10^6 \text{ J}$ .

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.

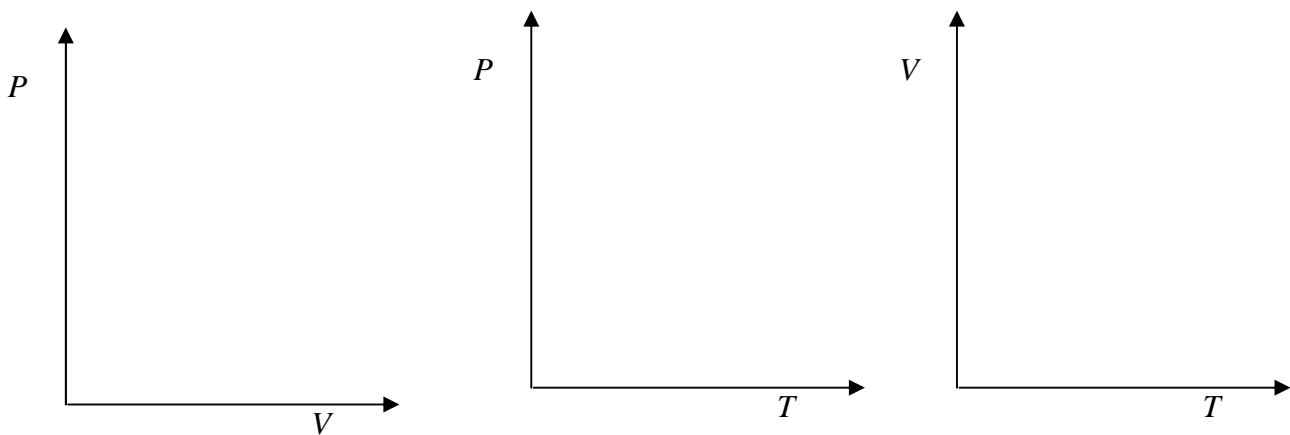
- c) Detti  $Q_G, Q_A, Q_F, Q_V$  i calori scambiati da ghiaccio, acqua, ferro, vapore acqueo (se presente!) e  $Q_{FUS}, Q_{VAP}$  i calori necessari per fondere il ghiaccio e fare vaporizzare l'acqua, come si scrive il bilancio dei flussi di energia?

.....  $Q_G + Q_{FUS} + Q_A + Q_F = 0 = m_G c_G (T_{FUS} - T_G)$   
 $+ m_G \lambda_F + m_A c_A (T - T_{FUS}) + m_F c_F (T - T_F) = - m_G c_G T_G + m_G \lambda_F + m_G c_A T + m_F c_F (T - T_F)$ , 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?

$T = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$  °C  $(m_G c_G T_G - m_G \lambda_F + m_F c_F T_F) /$   
 $(c_A m_G + c_R m_R) = 58.3$  °C [fosse venuta una  $T > 100$  °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).



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]

$P_0 = \dots\dots\dots = \dots\dots$  Pa  $nRT_0 / V = 8.31 \times 10^5$  Pa

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

$P_1 = \dots\dots\dots = \dots\dots$  Pa  $P_0 T_1 / T_0 = 4.16 \times 10^5$  Pa

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

$\Delta U = \dots\dots\dots = \dots\dots$  J  $n c_V (T_1 - T_0) = n (3/2) R (T_1 - T_0) =$   
 $(3/2) (P_1 - P_0) V = - 3.12$  KJ [essendo  $c_V = (3/2) R$ ]

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

$Q = \dots\dots\dots = \dots\dots$  J  $\Delta U = - 3.12$  KJ [primo principio ed  $L = 0$  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  $\Delta t$  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]

$\Delta t = \dots\dots\dots = \dots\dots$  s  $|Q| / W = 312$  s