Corso di Laurea Ing. EA – ESERCIZI DI FISICA GENERALE – nr. 15/06

1. Avete un blocco di alluminio di massa m_A = 1.0 Kg che si trova alla temperatura T_A = 200 ^{0}C, un blocco di rame di massa m_R = 2.0 Kg che si trova alla temperatura T_R = 100 ^{0}C, ed un secchio d'acqua, dal volume V = 20 l, che si trova alla temperatura T_0 = 20 ^{0}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 $\lambda_E = 2.3\text{x}10^6$ J/Kg (ovviamente alla temperatura di ebollizione, cioè T_E = 100 ^{0}C) e che il suo calore specifico sia $c_0 = 4.2\text{x}10^3$ J/(Kg ^{0}C), vi aspettate che l'acqua vada in ebollizione? [Prendete per la densità in massa dell'acqua $\rho = 1.0\text{x}10^3$ Kg/m^3, e assumete che i calori specifici dell'alluminio e del rame siano rispettivamente c_A = 900 J/(Kg ^{0}C) e c_R = 400 J/(Kg ^{0}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 $c_A m_A (T_A - T_E) + c_R m_R (T_R - T_E) = 9\text{x}10^4$ J, mentre per portare l'acqua dalla temperatura T_0 al punto di ebollizione occorre una quantità di calore che vale, in modulo, $c_0 \rho V (T_E - T_0) = 3.4\text{x}10^6$ 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 = ……………………………….... = ……… ^{0}C $(c_A m_A T_A + c_R m_R T_R + c_0 \rho V T_0) / (c_A m_A + c_R m_R + c_0 \rho V) = 23.1$ ^{0}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 = ……………………………….... = ……… J $c_A m_A (T - T_A) = - 159\text{x}10^3$ 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]
   Q' = …………………………………...……… $m_A (c'/T') \int T\,dT = m_A (c'/T') (T^2 - T_A^2)$

2. In una fonderia trovate un lingotto di ferro di massa m_F = 20 Kg e temperatura T_F = 750 ^{0}C. Per raffreddarlo, lo mettete a contatto con una massa m_G = 10 Kg di ghiaccio alla temperatura T_G = -10 ^{0}C contenuta in una tinozza dotata di un coperchio a tenuta stagna e con pareti isolanti termicamente. Per i calori specifici (supposti costanti) prendete: $c_G = 2.0\text{x}10^3$ J/(Kg ^{0}C) per il ghiaccio, $c_A = 4.0\text{x}10^3$ J/(Kg ^{0}C) per l'acqua, $c_V = 2.0\text{x}10^3$ J/(Kg ^{0}C) per il vapore acqueo, $c_F = 4.0\text{x}10^2$ J/(Kg ^{0}C) per il ferro. I calori latenti siano: $\lambda_F = 3.0\text{x}10^5$ J/Kg per la fusione del ghiaccio e $\lambda_V = 2.0\text{x}10^6$ 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* $m_G c_G (T_{FUS} - T_G) + m_G \lambda_F = 3.2\text{x}10^6$ J; quando il ferro diminuisce la sua temperatura fino alla temperatura di fusione del ghiaccio fornisce un calore pari a $m_F c_F (T_F - T_{FUS}) = 6.0\text{x}10^6$ 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* $m_G c_A (T_{EBOLL} - T_{FUS}) = 4.0\text{x}10^6$ 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 ill 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 = ………………………………….... = ……… ^{0}C $(m_G c_G T_G - m_G \lambda_F + m_F c_F T_F) / (c_A m_G + c_R m_R) = 58.3\ ^0$C [fosse venuta una $T > 100\ ^0$C ci saremmo dovuti preoccupare!]

3. Volete ripetere la storica esperienza di Joule, quella che permise di determinare l'equivalenza calore/energia meccanica. Per farlo prendete un recipiente con pareti termicamente isolate (ad esempio rivestite di polistirolo, neoprene, o altro materiale che forma strutture sottili separate da camerette d'aria). Il recipiente contiene una miscela di acqua e ghiaccio fondente in equilibrio termico fra loro. Al suo interno, inoltre, si trova un motorino elettrico che fa muovere delle palette; inizialmente il motorino è spento. Il movimento delle palette nell'acqua provoca attrito, e si supponga che **tutta** la potenza erogata dal motore sia in questo modo convertita in potenza che serve per riscaldare il sistema acqua+ghiaccio.

a) Quanto vale la temperatura T del sistema?.
T = ……… ^{0}C 0 ^{0}C, essendoci del ghiaccio fondente

b) Il motorino viene acceso; sapendo che la sua potenza meccanica è W = 9.0 W, qual è la massa di ghiaccio M che si scioglie per ogni secondo? [Esprimete il "tasso" di fusione del ghiaccio, ed usate come calore latente di fusione (specifico) del ghiaccio il valore $\lambda_F = 3.0\text{x}10^5$ J/Kg]
M = …………………………………..…….. = ……… Kg/s $W / \lambda_F = 3.0\text{x}10^{-5}$ Kg/s
[infatti il ghiaccio in un intervallo ΔT riceve un calore $Q = W \Delta T$ che viene impiegato per fondere la massa di ghiaccio $m = Q / \lambda_F$. Notate che durante il processo si suppne che la temperatura della miscela resti sempre di 0 ^{0}C, cioè che ci sia sempre del ghiaccio fondente]

4. La misura del "potere calorico" di una sostanza (esempio, un alimento o un combustibile) viene spesso eseguita con le cosiddette "bombe calorimetriche": la sostanza viene inserita, in piccole quantità, all'interno di un recipiente massiccio, di capacità termica nota. Usando un innesco (esempio una scarica elettrica) ed iniettando nella camera del comburente (esempio ossigeno) si fa in modo che l'intera quantità di sostanza bruci **rapidamente**. L'aumento di temperatura del recipiente dà allora informazioni sul potere calorico da determinare. La vostra bomba calorimetria è costituita da un recipiente di ferro di massa m_F = 10 Kg, a cui è collegato in contatto termico un termometro.

a) Supponendo che il calore specifico del ferro (alle temperature di interesse per l'esperimento) sia c_F = 450 J/(Kg K), quanto vale la capacità termica C della bomba?
C = ……………………………….. = …….. J/K $m_F c_F = 4.50\text{x}10^3$ J/K

b) Immaginate ora che il termometro sia costituito da un sottile tubicino di vetro **indeformabile** contenente dell'alcool etilico (coefficiente di dilatazione termica **volumica** $\lambda_V = 1.1\text{x}10^{-4}$ 1/^{0}C). Osservate che, in seguito alla combustione della sostanza incognita, la colonnina di alcool passa da una lunghezza iniziale h_0 = 40.0 cm ad una lunghezza finale h = 41.1 cm (dopo aver aspettato abbastanza tempo affinché tutto il calore della sostanza si sia trasferito alla bomba e di qui alla colonnina di alcool). Quanto vale l'aumento di temperatura ΔT registrato?
ΔT = ……………………………….. = …….. ^{0}C $(h - h_0) / (h_0 \lambda_V) = 250\ ^0$C [notate che si è ritenuto che la sezione del tubicino di vetro non cambiasse, per dilatazione termica, durante il riscaldamento!]

c) Sapendo che avete inserito nella bomba calorimetria una quantita m = 100 g di sostanza incognita, quanto vale il potere calorico specifico c della sostanza? [Esprimetelo in Kcal/(100 g), come per le merendine!]
c = ………………………………..… = …….. Kcal/(100 g) $C \ \Delta T = 1.1\text{x}10^6$ J ~ $2.7\text{x}10^2$ Kcal [dove abbiamo usato il fatto che il campione aveva massa m = 100 g, e l'equivalenza 1 cal = 4.186 J, e sfruttato il fatto che le differenze di temperatura in gradi Kelvin ed in gradi centigradi hanno la stessa espressione; notate che è il potere calorico di una carne grassa, che poi è circa la metà del potere calorico della benzina: pensateci quando banchettate per le prossime festività!!]