Fisica per Farmacia A.A. 2018/2019

Responsabile del corso: Prof. Alessandro Lascialfari

Tutor (16 ore): Matteo Avolio

Lezione del 16/05/2019 – 2 h (13:30-15:30, Aula G10, Golgi)

ESERCITAZIONI – TERMODINAMICA

Esercizio 1

Una pentola di rame di massa 500 grammi contiene un blocchetto di piombo di massa 1 Kg; essi si trovano in equilibrio termico alla temperatura ambiente di 20*°C*. Un litro di piombo fuso, che si trova alla temperatura di fusione di 327.3*°C*, viene versato nella pentola. Il sistema piombo-rame raggiunge l'equilibrio termodinamico alla temperatura di 327.3*°C*. Assumendo che tutti gli scambi di calore avvengano solo tra il piombo ed il rame: a) Determinare le quantità di calore scambiate, in modulo e segno, dalla pentola di rame, dal blocchetto di piombo e dal piombo fuso; b) Determinare la massa di piombo solido e di piombo liquido presente nello stato finale.
Ricordiamo che la densità del piombo è di 11*300 Kg/m*^{3}, mentre il suo calore specifico è di 128 J/(Kg K) ed il suo calore latente di fusione è di 24500 *J/Kg*. Il calore specifico del rame è di 387 J/(Kg_K) e la sua temperatura di fusione è di 1083 *°C*.

SOLUZIONE

$m_{Cu} = 500\ g = 0.500\ kg$
$m_{Pb(S)_i} = 1\ kg$ (S) = solido i = iniziale
$T_{Pb(S)_i} = T_{Cu_i} = 20°C = 293.15\ K$
$V_{Pb(F)_i} = 1\ L = 10^{-3}\ m^3$ (F) = fuso
$\rho_{Pb} = 11300\ kg/m^3$
$T_{Pb(F)} = 327.3°C = 600.45\ K$
$T_f = 327.3°C = 600.45\ K$ f = finale, all'equilibrio
$c_{Pb} = 128\ J/(kg \cdot K)$
$\lambda_{Pb_f} = 24500\ J/kg$
$c_{Cu} = 387\ J/(kg \cdot K)$
$T_{Cu(F)} = 1083°C = 1356.15\ K$

$a)$ $Q_{Cu} = ?$ $Q_{Pb(S)} = ?$ $Q_{Pb(F)} = ?$
b) $m_{Pb(S)_f} = ?$ $m_{Pb(F)_f} = ?$

Calcoliamo la massa di piombo fuso versata nella pentola:

$$m_{Pb(F)_i} = V_{Pb(F)_i} \cdot \rho_{Pb} = 10^{-3}\ m^3 \cdot 11300 \frac{kg}{m^3} = 11.3\ kg$$

Poiché gli scambi di calore avvengono solo tra il piombo e il rame, calcoliamo:

1) il calore necessario a portare il blocco di piombo solido alla temperatura di equilibrio:

$$Q_1 = Q_{Pb(S)} = m_{Pb(S)_i} \cdot c_{Pb} \cdot \left(T_f - T_{Pb(S)_i}\right) = 1\ kg \cdot 128 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (600.45\ K - 293.15\ K) = 39334\ J$$

2) il calore necessario per portare la pentola di rame alla temperatura di equilibrio (minore di quella di fusione del rame!)

$$Q_2 = Q_{Cu} = m_{Cu} \cdot c_{Cu} \cdot (T_f - T_{Cu_i}) = 0.500\, kg \cdot 387 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (600.45\, K - 293.15\, K) = 59462\, J$$

3) il calore che deve essere ceduto da TUTTO il piombo fuso affinché solidifichi:

$$Q_3 = Q_{Pb_T} = \lambda_{Pb_f} \cdot m_{Pb(F)_i} = 24500 \frac{J}{kg} \cdot 11.3\, kg = 276850\, J$$

Poiché $Q_3 > Q_1 + Q_2$, cioè $Q_{Pb_T} > Q_{Pb(S)} + Q_{Cu}$, non tutto il piombo fuso riuscirà a solidificare, mentre il blocchetto di piombo raggiungerà la temperatura di equilibrio, SENZA FONDERSI, così come la pentola di rame.
La quantità di calore ceduta dal piombo fuso al blocchetto di piombo e alla pentola di rame è:

$$Q_{Pb(F)} = -(Q_1 + Q_2) = -(39334\, J + 59462\, J) = -98796\, J$$

Dunque la massa di piombo fuso che solidifica è:

$$m^*_{Pb} = \frac{|Q_{Pb(F)}|}{\lambda_{Pb_f}} = \frac{98796\, J}{24500 \frac{J}{kg}} = 4.03\, kg \approx 4\, kg$$

All'equilibrio dentro la pentola ci sarà quindi una miscela di piombo fuso e piombo solido. In particolare, la massa di piombo solido varrà:

$$m_{Pb(S)_f} = m_{Pb(S)_i} + m^*_{Pb} = 1\, kg + 4\, kg = 5\, kg$$

Mentre la massa di piombo fuso:

$$m_{Pb(F)_f} = m_{Pb(F)_i} - m^*_{Pb} = 11.3\, kg - 4\, kg = 7.3\, kg$$

ESERCITAZIONI – ELETTRICITÀ

Esercizio 2
Due cariche elettriche puntiformi di segno opposto, rispettivamente Q_1= 5x10^{-10} C e Q_2= - 5 x10^{-10}C sono situate ad una distanza di 0.5 m una dall'altra. Calcolare, nel punto O posto al centro del segmento che unisce le due cariche, il valore del modulo del campo elettrico.

SOLUZIONE

$$Q_1 = 5 \cdot 10^{-10} C$$
$$Q_2 = -5 \cdot 10^{-10} C$$
$$d = 0.5\, m$$

La distanza tra ogni carica e il punto O è:

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.5\, m}{2} = 0.25\, m$$

Calcoliamo i campi elettrici nel punto O. Poiché il modulo delle due cariche e la distanza dal punto O sono le stesse, anche il modulo dei campi elettrici è lo stesso:

$$\overrightarrow{E_1} = E_{1_x} \hat{\imath} = k_e \frac{Q_1}{r^2} \hat{\imath} = \left(9 \cdot 10^9\, \frac{N\, m^2}{C^2}\right) \frac{5 \cdot 10^{-10} C}{(0.25\, m)^2}\, \hat{\imath} = 72 \frac{N}{C} \hat{\imath}$$

$$\overrightarrow{E_2} = E_{2_x}(-\hat{\imath}) = k_e \frac{Q_2}{r^2}(-\hat{\imath}) = \left(9 \cdot 10^9 \ \frac{N\,m^2}{C^2}\right)\frac{(-5 \cdot 10^{-10} C)}{(0.25\,m)^2}(-\hat{\imath}) = 72\frac{N}{C}\hat{\imath}$$

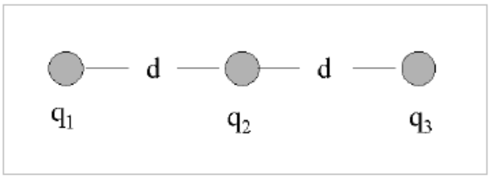
E, considerando il verso dei due campi elettrici (concorde), il campo elettrico totale vale:

$$\overrightarrow{E_{TOT}} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} = 72\frac{N}{C}\hat{\imath} + 72\frac{N}{C}\hat{\imath} = 144\frac{N}{C}\hat{\imath}$$

Esercizio 3

Tre particelle cariche sono poste come in figura, separate da una distanza d = 1 cm. Le cariche q_1 e q_2 = 1 nC sono tenute ferme, da forze non elettriche, mentre la carica q_3 = 2 nC soggetta alla sola forza elettrica è in equilibrio.

Si determini il valore di q_1 e la forza elettrica che agisce sulla carica q_1. (K = $9\text{x}10^9$ Nm^2/C^2)



SOLUZIONE

Poiché la carica q_3 è in equilibrio:

$$\overrightarrow{F_{23}} + \overrightarrow{F_{13}} = 0$$

$$F_{23}\hat{\imath} + F_{13}\hat{\imath} = 0$$

$$k_e\frac{q_2 q_3}{d^2} + k_e\frac{q_1 q_3}{(2d)^2} = 0$$

$$q_2 + \frac{q_1}{4} = 0$$

$$q_1 = -4q_2 = \ -4 \ \cdot 1\,nC = -4\,nC$$

La forza elettrica agente su q_1 vale:

$$\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_{21}} + \overrightarrow{F_{31}} = k_e\frac{q_2 q_1}{d^2}(-\hat{\imath}) + k_e\frac{q_3 q_1}{(2d)^2}(-\hat{\imath}) = k_e\frac{q_1}{d^2}\left(q_2 + \frac{q_3}{4}\right)(-\hat{\imath})$$

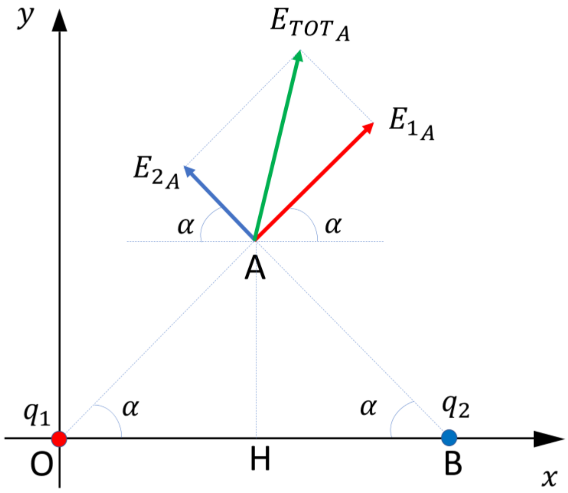
$$\overrightarrow{F_1} = \left(9 \cdot 10^9 \ \frac{N\,m^2}{C^2}\right)\frac{(-4 \cdot 10^{-9} C)}{(10^{-2}\,m)^2}\left(1 \cdot 10^{-9} C + \frac{2 \cdot 10^{-9} C}{4}\right)(-\hat{\imath}) = 5.4 \cdot 10^{-4}\,N\,\hat{\imath} = 0.54\,mN\,\hat{\imath}$$

Esercizio 4

Due cariche elettriche q_1 = +20 nC e q_2 = +10 nC si trovano sull'ascissa di un sistema di assi cartesiani nei punti x = 0 m e x = 1 m rispettivamente. Calcolare l'intensità del campo elettrico totale generato dalle due cariche nel punto di coordinate (0.5 m; 0.5 m).

SOLUZIONE

Rappresentiamo graficamente la distribuzione di cariche e i vettori campo elettrico nel punto A(0.5 m; 0.5 m). Poiché le cariche sono positive, il campo elettrico è uscente dalle cariche:



$$AH = OH = HB = 0.5\ m$$

$$\alpha = 45°$$

$$q_1 = 20\ nC \qquad\qquad q_2 = 10\ nC$$

$$AO = AB = r = \sqrt{OH^2 + AH^2} = \sqrt{0.5^2 + 0.5^2}\ m = \frac{OH}{\cos 45°} = \frac{0.5\ m}{\sqrt{2}/2} = \frac{\sqrt{2}}{2}\ m$$

Calcoliamo i campi elettrici E_{1_A} e E_{2_A} prodotti dalle 2 cariche nel punto A:

$$E_{1_A} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r^2} = k_e \frac{q_1}{r^2} = \left(9 \cdot 10^9\ \frac{N\ m^2}{C^2}\right) \frac{20 \cdot 10^{-9} C}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\ m\right)^2} = 360\ N/C$$

$$E_{2_A} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r^2} = k_e \frac{q_2}{r^2} = \left(9 \cdot 10^9\ \frac{N\ m^2}{C^2}\right) \frac{10 \cdot 10^{-9} C}{\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\ m\right)^2} = 180\ N/C$$

Calcoliamo le componenti x e y dei campi elettrici. Poiché L'angolo $\alpha = 45°$, le componenti x e y saranno uguali:

$$E_{1_{A_x}} = E_{1_A} \cos 45° = E_{1_{A_y}} = E_{1_A} \sin 45° = 360 \frac{N}{C} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 254.6\ N/C$$

$$E_{2_{A_x}} = E_{2_A} \cos 45° = E_{2_{A_y}} = E_{2_A} \sin 45° = 180 \frac{N}{C} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 127.3\ N/C$$

Dunque:

$$\overrightarrow{E_{TOT_A}} = \overrightarrow{E_{1_A}} + \overrightarrow{E_{2_A}}$$

$$E_{TOT_{A_x}} = E_{1_{A_x}} - E_{2_{A_x}} = 254.6 \frac{N}{C} - 127.3 \frac{N}{C} = 127.3\ N/C$$

$$E_{TOT_{A_y}} = E_{1_{A_y}} + E_{2_{A_y}} = 254.6 \frac{N}{C} + 127.3 \frac{N}{C} = 381.9\ N/C$$

$$E_{TOT_A} = \sqrt{E^2_{TOT_{A_x}} + E^2_{TOT_{A_y}}} = \sqrt{127.3^2 + 381.9^2} \frac{N}{C} = 402.6\ N/C$$