Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria, II Facoltà - Cesena
1° Appello invernale - Prova scritta Fisica Generale B(L-B)
(21 dicembre 2011)
Prof. Maurizio Piccinini

---

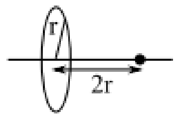
1. Spiegare, con un massimo di settanta parole, perché il campo elettrico all'interno di un conduttore in equilibrio deve essere nullo e perché le cariche in eccesso si distribuiscono sulla superficie del conduttore.
   All'equilibrio le cariche di conduzione non devono muoversi, pur essendo libere di farlo. Quindi il campo elettrico che agisce su ciascuna di esse deve essere nullo, e perciò è nullo in ogni punto del conduttore. Le eventuali cariche in eccesso si respingeranno fra loro fino a distribuirsi sulla superficie del conduttore (vedi anche la legge di Gauss), con una densità superficiale dipendente dalla geometria del conduttore stesso.

2. In un laboratorio terrestre una piccola sferetta carica è sospesa in aria ad altezza *d* sopra un disco appoggiato sul piano orizzontale. Il disco è carico con carica distribuita uniformemente sul disco stesso.
   Dire quale delle seguenti affermazioni è vera e motivare:
   a. Il disco è carico con carica di segno opposto rispetto alla carica puntiforme. *F*
   b. La situazione descritta è impossibile. *F*
   c. La carica del disco è dello stesso segno e la carica puntiforme si trova sull'asse di simmetria.
   - *Occorre una forza repulsiva che si opponga alla forza peso della sferetta.*
   - *Fuori dall'asse di simmetria l'equilibrio potrà essere "quasi stabile" se il disco è molto grande rispetto all'altezza d: allora il campo elettrico è circa costante in ogni punto, almeno nella zona centrale del disco, e perpendicolare allo stesso. Ma se ci si avvicina al bordo le linee di campo respingono la sferetta verso l'esterno.* *V*

   d. L'equilibrio è stabile. *È stabile in verticale ma non in orizzontale (vedi sopra)* *F*
   e. Nessuna delle affermazioni precedenti è vera. *F*

3. Dire se la seguente affermazione è vera o falsa e motivare la risposta.
   "Per un gas ideale si può scrivere $pdV = nRdT$, quindi il lavoro reversibile si scrive $L = \int pdV = \int nRdT$. Ne consegue che in un processo isotermico (dT = 0) deve essere L = 0".
   Falsa: in generale vale l'equazione $pdV + Vdp = nRdT$.

4. Una carica puntiforme $q_c = 4\ \mu C$ è posta sull'asse di un anello uniformemente carico di raggio *r* e carica totale q_a, a una distanza $d = 2r$ dal centro dell'anello. Sapendo che il campo elettrico dovuto alle due cariche ha lo stesso valore nei due punti dell'asse dell'anello distanti *r* dal suo centro,



   a. Determinare il valore di q_a.

$$\left.\begin{aligned} E_a(x) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_a}{\left(r^2+x^2\right)^{3/2}}x \\ E_c(x<2r) &= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_c}{\left(2r-x\right)^2} \end{aligned}\right\} E(\pm r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\pm\frac{q_a}{\left(r^2+r^2\right)^{3/2}}r - \frac{q_c}{\left(2r\mp r\right)^2}\right]$$

$$E(r) = E(-r) \quad \Rightarrow \quad \frac{q_a}{2\sqrt{2}r^2} - \frac{q_c}{r^2} = -\frac{q_a}{2\sqrt{2}r^2} - \frac{q_c}{9r^2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}q_a = \frac{8}{9}q_c \quad \Rightarrow \quad q_a = \sqrt{2}\frac{8}{9}q_c = 1.257\times 4 = 5.03\mu C$$

Costante universale dei gas: $R = 8.31\ J\,K^{-1}\,mol^{-1} = 1.987\ cal\,K^{-1}\,mol^{-1}$, $1atm = 101325\ Pa$

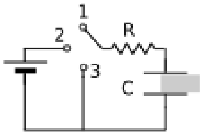
$$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot 10^{-12}\frac{C^2}{N\cdot m^2} \qquad \mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{T\cdot m}{A}$$

---

b. Esprimere il campo elettrico in un punto qualsiasi dell'asse di simmetria dell'anello.

$$\left.\begin{aligned} E_a(x) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_a}{\left(r^2+x^2\right)^{3/2}}x \\ E_c(x<2r) &= -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_c}{(2r-x)^2} \end{aligned}\right\} \vec{E}(x) = \frac{1}{\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1.257}{\left(r^2+x^2\right)^{3/2}}x - \frac{1}{(2r-x)|2r-x|}\right]\hat{\imath}$$

5. In un circuito RC il condensatore è piano a facce quadrate di lato L = 1 *cm*. Durante la fase di carica del condensatore si osserva che, partendo da una situazione iniziale di condensatore scarico, la differenza di potenziale ai capi del condensatore raggiunge un terzo del valore della forza elettromotrice del generatore in un tempo t_0 = 0,81 *s*.



   a. Calcolare la costante caratteristica τ del circuito.

$$V(t_0) = fem\left(1-e^{-t_0/\tau}\right) = \frac{fem}{3} \quad\Rightarrow\quad e^{-0.81/\tau} = \frac{2}{3} \quad\Rightarrow\quad -0.81/\tau = \ln\frac{2}{3} \quad\Rightarrow\quad \tau = 0.81/\ln(1.5) = 2s$$

   b. Supponendo di poter inserire parzialmente un materiale dielettrico (ε_r = 3) nel condensatore (v. figura), di quanto bisogna inserirlo per avere τ = 3 *s*?

$$\left.\begin{aligned} \tau_0 &= RC_0 \\ \tau_x &= RC(x) \end{aligned}\right\} \frac{C(x)}{C_0} = \frac{\tau_x}{\tau_0}$$

$$C(x) = C_1(x) + C_2(x) = \varepsilon_0\left[\frac{L(L-x)}{d} + \varepsilon_r\frac{Lx}{d}\right] = \varepsilon_0\frac{L^2}{d}\left[1+\frac{x}{L}(\varepsilon_r-1)\right] = C_0\left[1+\frac{x}{L}(\varepsilon_r-1)\right]$$

$$\frac{\tau_x}{\tau_0} = \left[1+\frac{x}{L}(\varepsilon_r-1)\right] \quad\Rightarrow\quad 1+\frac{x}{1}(3-1) = \frac{3}{2} \quad\Rightarrow\quad x = 0.25\,cm$$

6. Un recipiente da 2 litri a 0 ^oC contiene acido solfidrico (H_2S) alla pressione p = 1 atm. Il calore molare a pressione costante del gas è dato dall'espressione $c_p = (a + bT)$ *cal/molK*, con a = 7.15 e b = 3.32 x 10^{-3}. Il gas viene riscaldato quasi staticamente, a pressione costante, fino a 100 ^oC. Assumendo valida l'equazione di stato dei gas perfetti calcolare:
   a. Il calore assorbito, il lavoro esterno fatto nella trasformazione e la variazione di energia interna.

$$\Delta U = Q - L; \quad H = U + pV$$

A pressione costante:

$$Q = \Delta H = n\int_{T_i}^{T_f} c_p\,dT = \frac{pV_i}{RT_i}\int_{273}^{373}(a+bT)\,dT = \frac{101325\times2\times10^{-3}}{8.31\times273}\left[7.15\times100 + \frac{3.32\times10^{-3}}{2}\left(373^2-273^2\right)\right]$$

$$n = \frac{101325\times2\times10^{-3}}{8.31\times273} = 0.0893\,moli$$

$$Q = \Delta H = 0.0893\times822.24 = 73.45\,cal = 307.17\,J$$

$$L = \int_{V_i}^{V_f} p\,dV = p\Delta V = pV_1\left(\frac{T_2}{T_1}-1\right) = 101325\times2\times10^{-3}\left(\frac{100}{273}\right) = 74.23\,J$$

$$\Delta U = 307.17 - 74.23 = 232.94\,J$$

Costante universale dei gas: $R = 8.31\ J\,K^{-1}\,mol^{-1} = 1.987\ cal\,K^{-1}\,mol^{-1}$, $1atm = 101325\ Pa$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}\,\frac{C^2}{N\cdot m^2} \qquad \mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}\,\frac{T\cdot m}{A}$$

---

b. La variazione di entalpia e la variazione di entropia.

$$\left.\begin{aligned}\Delta S &= \int_{T_i}^{T_f} \frac{\delta Q}{T} \\ \delta Q &= n c_p dT\end{aligned}\right\} \Delta S = n\int_{T_i}^{T_f} \frac{c_p}{T} dT = n\int_{T_i}^{T_f} \frac{1}{T}\left(a + b\mathrm{T}\right) dT$$

$$\Delta S = 0.0893\left(7.15 \ln\frac{373}{273} + 3.32\times10^{-3}\times100\right) = 0.229\, cal/K = 0.96\, J/K$$

Costante universale dei gas: $R = 8.31\ J\,K^{-1}\,mol^{-1} = 1.987\ cal\,K^{-1}\,mol^{-1}$, $1atm = 101325\ Pa$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}\,\frac{C^2}{N\cdot m^2} \qquad \mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}\,\frac{T\cdot m}{A}$$