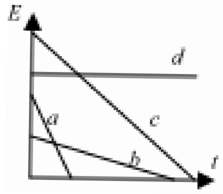
Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria - Cesena
3° Appello estivo - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(14 luglio 2015)
Prof. Maurizio Piccinini

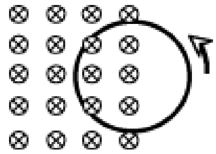
---

1. (4) Un condensatore a facce piane e parallele circolari si scarica in quattro modi diversi, in tal modo che l'intensità del campo elettrico al suo interno varia nel tempo con i quattro regimi lineari rappresentati in figura. Ordinare i campi secondo i valori decrescenti di intensità del campo magnetico indotto al bordo delle armature del condensatore. Motivare.



$$\oint \vec{B}\cdot dl = B(t)\,2\pi R = \mu_0\varepsilon_0 \frac{d}{dt}\phi(\vec{E}) \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{d\phi}{dt}\right)_a > \left(\frac{d\phi}{dt}\right)_c > \left(\frac{d\phi}{dt}\right)_b > \left(\frac{d\phi}{dt}\right)_d = 0$$

2. (5) Una spira conduttrice circolare di resistenza elettrica trascurabile, lontana dalla terra e da ogni altro corpo, è immersa per metà in un campo magnetico uniforme perpendicolare al suo piano (vedi figura). Si fa circolare nella spira una corrente *i* in senso antiorario, la quale, vista la bassa resistenza, in assenza di interazioni rimarrebbe pressochè costante nel tempo. Scegliere fra i seguenti il comportamento della spira in presenza del campo magnetico. Motivare.
   a. Trasla verso destra e la corrente tende a smorzarsi. *V*
   b. Trasla verso destra e la corrente tende a crescere.
   c. Trasla verso sinistra e la corrente tende a smorzarsi.
   d. Trasla verso sinistra e la corrente tende a crescere.
   e. Ruota intorno al suo centro in senso orario e la corrente rimane costante.

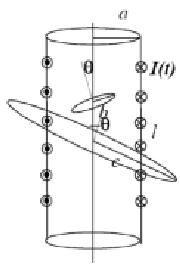


3. (4) Si usano piccole biglie di rame di 1*g* ciascuna, scaldate a 100 °*C* e poi immerse nell'acqua, per scaldare 500*g* d'acqua. Quante biglie occorre scaldare per portare l'acqua da 20° a 25°*C* ? Calore specifico del rame = 0,09233 *cal* g^{-1} $^{o}C^{-1}$, calore specifico dell'acqua = 1 *cal* g^{-1} $^{o}C^{-1}$(si assuma che i due calori specifici siano costanti nell'intervallo di temperature considerato e che la capacità termica del contenitore non influisca nel processo).

$$C_{H_2O}\left(t_f - t_{H_2O}\right) + C_{Cu}\left(t_f - t_{Cu}\right) = 0 \quad \Rightarrow \quad c_{H_2O}\times m_{H_2O}\times\left(t_f - t_{H_2O}\right) + c_{Cu}\times n\times 1\times\left(t_f - t_{Cu}\right) = 0$$

$$n = -\frac{c_{H_2O}\times m_{H_2O}\times\left(t_f - t_{H_2O}\right)}{c_{Cu}\times 1\times\left(t_f - t_{Cu}\right)} = \frac{1\times 500\times 5}{0{,}09233\times 75} = 361\,biglie$$

4. (6) Un solenoide è costituito da un cilindro di raggio *a* e lunghezza $l \gg a$, così che esso può essere considerato come infinito. Il solenoide è composto da *N* spire di filo conduttore. Il filo è collegato a un generatore di corrente variabile $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$, con I_0 costante.
   a. All'interno del solenoide è collocata una spira, di raggio $b < a$, il cui asse forma un angolo θ rispetto all'asse del solenoide (vedi figura). Supponendo che la resistenza della spira sia *R*, quanto vale la corrente I_b(t) che vi scorre? Com'è il suo verso rispetto a quello della corrente *I*(t) che scorre nel solenoide?



$$\vec{B} = \mu_0 n I_0 \sin(\omega t)\,\hat{k} \qquad n = \frac{N}{l}$$

$$I_b = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi(B)}{dt} = -\frac{\mu_0 n I_0}{R}\pi b^2 \cos\vartheta\,\omega\cos(\omega t)$$

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

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\ C^2/(Nm^2)$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ (Tm)/A$ $e = -1{,}602\times 10^{-19}\ C$ $m_e = 9{,}11\times 10^{-31} kg$

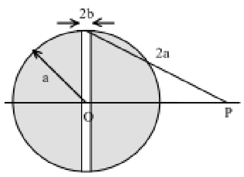
tempo	*verso di I_b rispetto a I*
$0 < t < \frac{\pi}{2\omega}$	*opposto*
$\frac{\pi}{2\omega} < t < \frac{\pi}{\omega}$	*concorde*
$\frac{\pi}{\omega} < t < \frac{3\pi}{2\omega}$	*opposto*
$\frac{3\pi}{2\omega} < t < \frac{2\pi}{\omega}$	*concorde*

b. Una seconda spira, di raggio $c > a$, è collocata esternamente al solenoide con l'asse che forma un angolo - θ rispetto all'asse del solenoide. Supponendo che anche la resistenza di questa seconda spira sia R, quanto vale il rapporto tra la corrente I_c(t) che vi scorre e la corrente I_b(t) precedente?

$$I_c = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi(B)}{dt} = -\frac{\mu_0 n I_0}{R}\pi a^2 \cos\vartheta\omega\cos(\omega t)$$

$$\frac{I_c}{I_b} = \left(\frac{a}{b}\right)^2$$

5. (6) una sfera di raggio a è forata diametralmente da un canale cilindrico di raggio $b = 10^{-2}a$ che può considerarsi filiforme. Nella sfera, esclusa la cavità, è distribuita una carica positiva con densità omogenea ρ. Calcolare il campo elettrico nel punto P rappresentato in figura.



$$\vec{E} = \vec{E}_s + \vec{E}_f$$

$$\left.\begin{array}{l} \vec{E}_s = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q}{r^2}\hat{i} \\ r^2 = 4a^2 - a^2 = 3a^2 \\ Q = \dfrac{4}{3}\pi a^3 \rho \end{array}\right\} \vec{E}_s = \frac{a\rho}{9\varepsilon_0}\hat{i}$$

$$\left.\begin{array}{l} Q_f = -2a\pi b^2 \rho = -2a\lambda \\ \vec{E}_f = \dfrac{\hat{i}}{4\pi\varepsilon_0}\displaystyle\int_0^{Q_f}\dfrac{dq}{\left(y^2+r^2\right)}\cos\vartheta = \dfrac{\lambda\hat{i}}{4\pi\varepsilon_0}\displaystyle\int_{-a}^{a}\dfrac{\cos\vartheta}{\left(y^2+r^2\right)}dy \\ y = r\tan\vartheta \quad \Rightarrow \quad dy = r\dfrac{d\theta}{\cos^2\theta} \\ r = \sqrt{y^2+r^2}\cos\vartheta \end{array}\right\} \vec{E}_f = \frac{\lambda\hat{i}}{4\pi\varepsilon_0}\int_{\vartheta(-a)}^{\vartheta(a)}\frac{\cos\vartheta}{r}d\theta = \frac{\lambda\hat{i}}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(2\sin 30^o\right)$$

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

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\ C^2/(Nm^2)$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ (Tm)/A$ $e = -1{,}602 \times 10^{-19}\ C$ $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31} kg$

$$\vec{E}_f = \frac{\lambda \hat{i}}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(2\sin 30^o\right) = -\frac{10^{-4} a\rho}{4\sqrt{3}\varepsilon_0}\hat{i}$$

$$\vec{E} = \frac{a\rho}{9\varepsilon_0}\hat{i} - \frac{10^{-4} a\rho}{4\sqrt{3}\varepsilon_0}\hat{i} = \frac{a\rho}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{9} - \frac{10^{-4}}{4\sqrt{3}}\right)\hat{i} \approx \frac{a\rho}{9\varepsilon_0}\hat{i}$$

6. (5) Un cilindro a pareti adiabatiche e munito di pistone anch'esso isolante e a tenuta stagna, è diviso in due parti uguali da un setto. Inizialmente il pistone è bloccato e la parte inferiore, di volume V_1 = 2 *l*, contiene 0.4 *moli* di gas perfetto monoatomico alla temperatura T = 27° *C*, mentre nella parte superiore vi è il vuoto.
   a. Viene rimosso il setto e il gas si espande liberamente. Determinare lo stato finale del gas (valori di pressione, volume e temperatura) e la sua variazione di entropia.

$$\Delta T = 0 \quad \Rightarrow \quad T_B = T = 27^o C = 300.15K$$

$$V_B = 2V_1 = 4l = 0{,}004m^3$$

$$p_B = \frac{nRT}{V_B} = \frac{0{,}4\times 8.31\times 300.15}{0{,}004} = 249.424{,}65Pa = 2{,}46Atm$$

$$\Delta S = nR\ln\frac{V_B}{V_1} = 0{,}4\times 8.31\times \ln 2 = 2{,}30\,J/K$$

   b. Successivamente si sblocca il pistone e il gas è compresso in modo reversibile fino a riportarlo al volume iniziale. Di che tipo di trasformazione si tratta? Determinare la temperatura e la pressione del gas in questo stato e il lavoro subito dal gas.

Adiabatica reversibile $\Rightarrow$ *isoentropica.*

$$p_C V_C^\gamma = p_B V_B^\gamma \begin{cases} p_C = \dfrac{V_B^\gamma}{V_1^\gamma} p_B = 2^{5/3}\times 2{,}46 = 791.873{,}90\ Pa = 7{,}81\ atm \\ T_C = \dfrac{p_C V_1}{nR} = \dfrac{791873{,}90\times 0{,}002}{0{,}4\times 8{,}31} = 476{,}46K \end{cases}$$

$$L = -\Delta U = -nc_V\left(T_C - T_1\right) = -0{,}4\times\frac{3}{2}R\times\left(476{,}46 - 300{,}15\right) = -879{,}08J$$