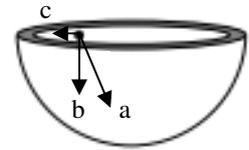


Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria - Cesena
2° Appello invernale - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(28 gennaio 2013)
Prof. Maurizio Piccinini

1. Si consideri il campo elettrico prodotto da un guscio semisferico uniformemente carico con carica negativa, come rappresentato in figura. Si scelga tra le opzioni seguenti, motivando la scelta, quella che meglio rappresenta il campo elettrico prodotto dal guscio in un punto generico del piano circolare che chiude la cavità (la lunghezza delle frecce non vuole essere rappresentativa dell'intensità del campo):



- a. Le linee di campo sono dirette verso il punto del guscio più distante dal piano. F
 b. Le linee di campo sono perpendicolari al piano. V

Il campo all'interno di una sfera cava è nullo in ogni punto. Di conseguenza, i contributi di due semisfere devono annullarsi: vista la simmetria, ciò accade solo in questo caso.

- c. Le linee di campo sono contenute nel piano. F

2. Un sistema termodinamico subisce una trasformazione in seguito alla quale la sua energia interna diminuisce di $500J$. Se durante il processo si compie sul sistema un lavoro pari a $220J$, a quanto ammonta il calore scambiato dal sistema con l'ambiente? È calore assorbito o ceduto?

$$\Delta U = Q - L \Rightarrow -500 = Q + 220 \Rightarrow Q = -770J \quad \text{Calore ceduto}$$

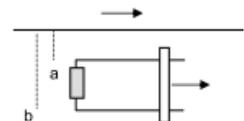
3. In una regione di spazio, nel vuoto, vi è un campo elettrico uniforme. Analizzare la veridicità o meno delle affermazioni seguenti:

- a. Su tutte le particelle cariche poste nel campo agisce la medesima forza. F
 b. Gli elettroni che entrano nel campo elettrico perpendicolarmente alle linee di campo si muovono su traiettorie circolari. F
 c. Due elettroni si respingono con una forza proporzionale alla distanza reciproca. F
 d. La distanza percorsa da un elettrone che parte da fermo, in un dato tempo, è proporzionale all'intensità del campo elettrico. V

$$qE = ma \Rightarrow a = qE/m = \text{const.} \Rightarrow s = 1/2 at^2 \Rightarrow s \propto E$$

- e. La distanza percorsa da un elettrone che parte da fermo, in un dato tempo, è proporzionale al tempo trascorso. F

4. Nella figura è rappresentata una barretta conduttrice che si muove su due guide ugualmente conduttrici, con velocità $v = 5 \text{ m/s}$ parallela a un filo nel quale circola una corrente $I = 100 \text{ A}$. Le guide distano dal filo rispettivamente $a = 1 \text{ cm}$ e $b = 20 \text{ cm}$.



- a. Calcolare la forza elettromotrice indotta nella barretta nel tratto tra i punti a e b.

$$\left. \begin{aligned} \vec{B} &= \frac{\mu_0 I}{2\pi z} \hat{i} \\ \vec{E}_m &= \vec{v} \wedge \vec{B} \end{aligned} \right\} \varepsilon = \int_a^b v B dz = v \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_a^b \frac{1}{z} dz = v \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = \ln 20 \times 10^{-4} \approx 0,3 \text{ mV}$$



- b. Esprimere il flusso del campo magnetico che attraversa il circuito e calcolare la forza elettromotrice indotta nello stesso.

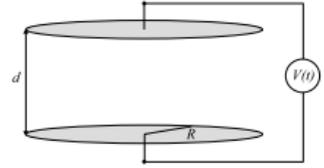
$$\left. \begin{aligned} \vec{B} &= \frac{\mu_0 I}{2\pi z} \hat{i} \\ d\phi(t) &= \frac{\mu_0 I}{2\pi z} v t dz \end{aligned} \right\} \phi(t) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} v t \int_a^b \frac{1}{z} dz = v \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a} t; \quad \varepsilon = -\frac{d\phi(t)}{dt} = v \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

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

$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ (Tm)/A}$.

Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria - Cesena
2° Appello invernale - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(28 gennaio 2013)
Prof. Maurizio Piccinini

5. Un condensatore piano con armature circolari di raggio $R = 20 \text{ cm}$, distanti $d = 2.0 \text{ cm}$, è collegato mediante un circuito di resistenza trascurabile a un generatore di forza elettromotrice $V(t) = V_0 \sin(\omega t)$ di resistenza interna trascurabile, con $V_0 = 10 \text{ V}$ e $\omega = 1.0 \text{ rad/s}$. Trascurando gli effetti di bordo, si determinino in modulo, all'istante di tempo $t_1 = 1.0 \text{ s}$:



- a. Il campo d'induzione magnetica B_i in un punto interno al condensatore, a distanza $r_i = 10 \text{ cm}$ dall'asse.

$$E = \frac{V}{d} = \frac{V_0 \sin(\omega t)}{d} \quad \left\{ \begin{array}{l} 2\pi r_i B_i = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\pi r_i^2 V_0}{d} \frac{d \sin(\omega t)}{dt} \Rightarrow \vec{B}_i(t) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{r_i V_0}{2 d} \omega \cos(\omega t) \hat{u}_t \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(I + \epsilon_0 \frac{d\phi(E)}{dt} \right) \Rightarrow B_i(t_1) = 1,50 \times 10^{-16} \text{ T} \end{array} \right.$$

- b. Il campo d'induzione magnetica B_e in un punto esterno al condensatore, a distanza $r_e = 50 \text{ cm}$ dall'asse.

$$2\pi r_e B_e = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\pi R^2 V_0}{d} \frac{d \sin(\omega t)}{dt} \Rightarrow \vec{B}_e(t) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{R^2 V_0}{2 r_e d} \omega \cos(\omega t) \hat{u}_t$$

$$B_e(t_1) = B_i(t_1) \frac{R^2}{r_i r_e} = 1,20 \times 10^{-16} \text{ T}$$

- c. L'energia elettrostatica immagazzinata all'interno del condensatore.

$$\frac{dU_E}{dV} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad U_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \pi R^2 d = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{V_0^2 \sin^2(\omega t)}{d} \pi R^2 = 1,97 \times 10^{-9} \text{ J}$$

- d. L'energia magnetica immagazzinata all'interno del condensatore.

$$\frac{dU_B}{dV} = \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad dU_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2 d 2\pi r dr = \frac{\mu_0 \epsilon_0^2}{4} \pi \frac{V_0^2}{d} \omega^2 \cos^2(\omega t) r^3 dr$$

$$U_B = \frac{\mu_0 \epsilon_0^2}{4} \pi \frac{V_0^2}{d} \omega^2 \cos^2(\omega t) \int_0^R r^3 dr = \frac{\mu_0 \epsilon_0^2}{16} \pi \frac{V_0^2}{d} \omega^2 \cos^2(\omega t) R^4 = 4,51 \times 10^{-29} \text{ J}$$

6. Il ciclo Ericsson ideale è costituito da due trasformazioni isoterme e due isobare.

- a. Rappresentarlo graficamente, per un gas perfetto monoatomico, nel piano $p - V$.
 b. Sempre per un gas perfetto, esprimere il lavoro, il calore scambiato dal sistema e la variazione di energia interna in ognuna delle trasformazioni.

$$L_{AB} = p_{AB} (V_B - V_A) = nR(T_{BC} - T_{AD}) \quad Q_{AB} = \Delta H_{AB} = n c_p (T_{BC} - T_{AD}) \quad \Delta U_{AB} = n c_V (T_{BC} - T_{AD})$$

$$L_{BC} = nRT_{BC} \ln \frac{V_C}{V_B} = Q_{BC} \quad \Delta U_{BC} = 0$$

$$L_{CD} = p_{CD} (V_D - V_C) = nR(T_{AD} - T_{BC}) \quad Q_{CD} = \Delta H_{CD} = n c_p (T_{AD} - T_{BC}) \quad \Delta U_{CD} = n c_V (T_{AD} - T_{BC})$$

$$L_{DA} = nRT_{AD} \ln \frac{V_A}{V_D} = Q_{DA} \quad \Delta U_{DA} = 0$$

NB: $Q_{AB} = -Q_{CD}$

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

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ (Tm)/A}$.

Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria - Cesena
2° Appello invernale - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(28 gennaio 2013)
Prof. Maurizio Piccinini

- c. Calcolare il rendimento del ciclo (quando è percorso in senso orario) in funzione delle temperature e delle pressioni.

$$\eta = \frac{L}{Q_{ass}} = R \frac{\cancel{(T_{BC} - T_{AD})} + T_{BC} \ln \frac{V_C}{V_B} + \cancel{(T_{AD} - T_{BC})} + T_{AD} \ln \frac{V_A}{V_D}}{c_p (T_{AD} - T_{BC}) + RT_{AD} \ln \frac{V_A}{V_D}} = \frac{\ln \frac{P_{AB}}{P_{CD}} (T_{AD} - T_{BC})}{\frac{5}{2} (T_{AD} - T_{BC}) + T_{AD} \ln \frac{P_{AB}}{P_{CD}}}$$

- d. Calcolare il rendimento del ciclo tenendo conto solo del calore assorbito nella trasformazione isoterma a temperatura maggiore. Spiegare il senso di questo risultato.

$$\eta = \frac{\ln \frac{P_{AB}}{P_{CD}} (T_{AD} - T_{BC})}{\cancel{\frac{5}{2} (T_{AD} - T_{BC})} + T_{AD} \ln \frac{P_{AB}}{P_{CD}}} = 1 - \frac{T_{BC}}{T_{AD}}$$

Il calore che il sistema assorbe dall'ambiente nella trasformazione CD è totalmente ritrasferito all'ambiente nella trasformazione AB. Pur non essendolo, la macchina si comporta come una macchina di Carnot che scambia calore solo con i termostati a temperature T_{BC} e T_{AD} .

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

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ (Tm)/A}$.