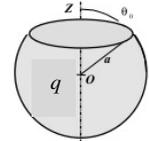


Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria - Cesena
3° Appello estivo - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(21 luglio 2014)
Prof. Maurizio Piccinini

1. (5) Si consideri una superficie sferica mancante di una calotta, quindi aperta in corrispondenza dell'angolo θ_0 come mostrato in figura. Al centro della sfera è posta una carica q . Si esprima il flusso del campo elettrico attraverso l'apertura.



$$\left. \begin{aligned} \phi(E) &= \frac{q}{\epsilon_0} = \phi_s(E) + \phi_a(E) = ES_s \Rightarrow \phi_a(E) = ES_{ca} \\ S_{ca} &= \int_0^{\theta_0} 2\pi r \sin \vartheta r d\vartheta = 2\pi r^2 \cos \vartheta \Big|_0^{\theta_0} = 2\pi r^2 (1 - \cos \theta_0) \end{aligned} \right\} \phi_{ca}(E) = \frac{q}{2\epsilon_0} (1 - \cos \theta_0)$$

2. (4) Dire se le affermazioni seguenti sono vere o false, motivando le risposte:

a. All'interno di un condensatore che si sta scaricando è presente un campo magnetico.

Vero: il campo elettrico tra le armature cambia nel tempo, quindi esiste la corrente di spostamento che per la IV equazione di Maxwell genera un campo magnetico.

b. La circuitazione di un campo magnetico è nulla.

Falso: è proporzionale alla corrente concatenata alla circuitazione (vedi ad esempio la risposta precedente).

c. Un campo magnetico variabile nel tempo genera un campo elettrostatico.

Falso: per un campo elettrostatico il rotore di E è nullo.

d. Una carica in moto in un campo magnetico subisce sempre una deviazione dal moto rettilineo.

Falso: se la velocità della carica è parallela al campo, la forza magnetica è nulla.

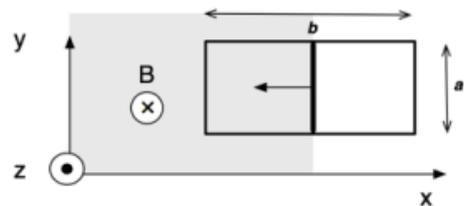
3. (4) Due macchine cicliche reversibili lavorano, la prima con ossigeno (gas biatomico) tra le temperature $T_1 = 600 \text{ K}$ e $T_2 = 300 \text{ K}$, la seconda con anidride carbonica (gas triatomico) tra le temperature $T_1 = 1200 \text{ K}$ e $T_2 = 600 \text{ K}$. Quale delle due ha maggior rendimento? Motivare.

Sono due macchine di Carnot: il rendimento non dipende dal fluido ma solo dal rapporto tra le temperature assolute, che è uguale. Quindi hanno lo stesso rendimento.

4. (6) Un campo magnetico omogeneo e costante

$\vec{B} = -B_0 \hat{k}$, con $B_0 = 0.5 \text{ T}$, è limitato entro la regione

dello spazio rappresentata in grigio nella figura, mentre è nullo al di fuori di essa. Un circuito rettangolare rigido, costituito da un filo di resistenza trascurabile, giace sul piano xy . Esso è fissato con la base $b = 2 \text{ m}$ e l'altezza $a = 1 \text{ m}$ parallele rispettivamente agli assi x e y , in modo che metà della sua base sia al di fuori della regione contenente il campo magnetico. Una sbarra conduttrice di sezione $S = 10 \text{ mm}^2$, resistività $\rho = 2 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ e lunghezza pari ad a è incernierata sui lati orizzontali del circuito, lungo i quali può scorrere. All'istante iniziale la sbarra si trova a metà della base b , poi inizia a scorrere verso sinistra con una velocità costante $\vec{v} = -v_0 \hat{i}$, con $v_0 = 20 \text{ cm/s}$. Si calcoli:



a. Il valore e il verso della corrente che circola nella sbarra.

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= a \left(\frac{b}{2} - vt \right) \Rightarrow \phi_1(B) = Ba \left(\frac{b}{2} - vt \right) \Rightarrow \mathcal{E} = Bav \text{ verso orario} \\ A_2 &= a \left(\frac{b}{2} + vt \right) \Rightarrow \phi_2(B) = Ba \left(\frac{b}{2} + vt \right) \Rightarrow \mathcal{E} = -Bav \text{ verso antiorario} \end{aligned} \right\} \begin{cases} \mathcal{E} \text{ sempre orientata} \\ \text{verso il basso} \end{cases}$$

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
3° Appello estivo - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(21 luglio 2014)
Prof. Maurizio Piccinini

$$R = \rho \frac{a}{S} = 2 \times 10^{-3} \Omega \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{0,1}{0,002} = 50A \quad \text{dall'alto verso il basso}$$

b. Il lavoro effettuato per spostare la sbarra completamente a sinistra.

$$\vec{F} = I \int_0^a d\vec{l} \wedge \vec{B} = IaB\hat{i} \quad L_{\text{ext}} = - \int_{b/2}^0 \vec{F} \cdot d\vec{x} = Ia \frac{b}{2} B = 50 \times 0,5 = 25J$$

c. L'energia totale dissipata nel circuito per effetto Joule durante tale spostamento.

$$\left. \begin{aligned} U_{\text{diss}} &= w\Delta t \\ w &= I^2 R = 5W \\ \Delta t &= b/(2v) = 5s \end{aligned} \right\} U_{\text{diss}} = 25J$$

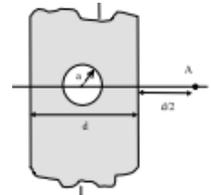
d. Confrontare e motivare i due risultati precedenti.

Non essendoci, nel circuito, dispositivi che immagazzinino energia, l'energia dissipata per effetto Joule è uguale al lavoro esterno.

5. (5) Una lamina piana di grandi dimensioni e di spessore d è caratterizzata al suo interno da una cavità sferica di raggio a posta al centro della lamina stessa.

La lastra è uniformemente carica, con densità di carica ρ . Calcolare:

a. Il campo elettrico nel punto A, esterno alla lamina, posto a distanza $d/2$ dalla stessa sulla perpendicolare passante per il centro della cavità.



$$\vec{E} = \vec{E}_l + \vec{E}_c$$

$$\left. \begin{aligned} \vec{E}_l &= \frac{\rho S d}{2S\epsilon_0} \hat{n} = \frac{\rho d}{2\epsilon_0} \hat{n} \\ \vec{E}_c &= -\frac{4}{3} \pi a^3 \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0 d^2} \hat{n} = -\frac{a^3 \rho}{3\epsilon_0 d^2} \hat{n} \end{aligned} \right\} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \left(\frac{d}{2} - \frac{a^3}{3d^2} \right) \hat{n}$$

b. Il campo elettrico in un punto qualsiasi interno a una lamina come quella descritta, ma priva di cavità.

Per ragioni di simmetria le linee di campo saranno perpendicolari alla lamina, uscenti dal piano centrale della stessa. Si consideri un asse x perpendicolare alla lamina con origine al centro della stessa.

$$2SE(x) = \frac{\rho S 2x}{\epsilon_0} \Rightarrow \vec{E}(x) = \frac{\rho}{\epsilon_0} x \hat{n}$$

c. Il campo elettrico nei punti della circonferenza definita dall'intersezione del piano centrale di simmetria della lamina con la superficie interna della cavità.

$$\vec{E} = \cancel{\vec{E}_l} + \vec{E}_c \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_c = -\frac{4}{3} \pi a^3 \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0 a^2} \hat{a} \Rightarrow \vec{E} = -\frac{a\rho}{3\epsilon_0} \hat{a}$$

6. (6) Una mole di gas perfetto monoatomico si espande irreversibilmente e adiabaticamente da $V_i = 5 \text{ dm}^3$ a $V_f = 10 \text{ dm}^3$, vincendo una pressione esterna costante $p_e = 1,64 \text{ atm}$. La temperatura iniziale vale $T_i = 500 \text{ K}$. Analizzare la trasformazione calcolando la temperatura finale, il calore ed il lavoro scambiato con l'ambiente, le variazioni di energia interna, di entalpia e di entropia del sistema, la variazione di entropia dell'ambiente e quella dell'universo.

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
3° Appello estivo - Prova scritta del corso di Fisica Generale B(L-B)
(21 luglio 2014)
Prof. Maurizio Piccinini

$$\Delta U = \oint -L \Rightarrow \Delta U = -L = -p_e (V_f - V_i) = -1,64 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3} = -830,87 J$$

L'energia interna diminuisce, il lavoro fatto dal sistema è positivo.

$$\Delta U = nc_v \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{-830,87 J}{(3/2)R} = -66,66 K \Rightarrow T_f = 433,34 K$$

$$\Delta H = nc_p \Delta T = -(5/2) \times 8,31 \times 66,66 = -1384,86 J$$

$$\Delta S = \int_{rev} \frac{\delta Q}{T} = \int_{isot} \frac{\delta Q}{T} + \int_{isoc} \frac{\delta Q}{T} = nR \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} + nc_v \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + nc_v \ln \frac{T_f}{T_i} = 3,98 J/K$$

$$\Delta S_{amb} = 0$$

$$\Delta S_{univ} = 3,98 J/K$$

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

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