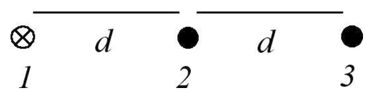
Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria, II Facoltà - Cesena
Sessione estiva 2008 - Primo appello - Prova scritta del corso di Fisica Generale L-B
(27 giugno 2008)
Prof. Maurizio Piccinini

Soluzioni

1. Enunciare il principio zero della termodinamica ed argomentare il suo significato.

2. Tre fili molto lunghi percorsi dalla stessa corrente i sono disposti come in figura, perpendicolari al piano del foglio.

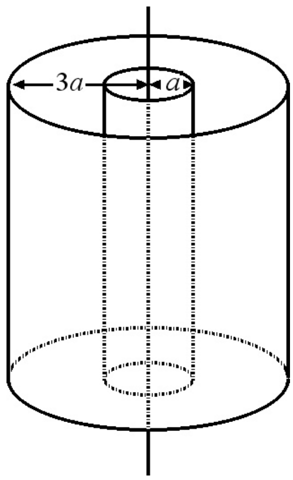


Tenendo conto del verso della corrente scrivere i rapporti tra le forze che agiscono su ogni filo a causa degli altri due.

3. Si consideri un anello di raggio R, uniformemente carico con densità di carica lineare λ.
Dire quale delle seguenti affermazioni è vera e motivare la risposta

   a) Il campo elettrostatico ed il potenziale elettrostatico al centro dell'anello sono nulli.
   b) Il campo elettrostatico sull'asse di simmetria dell'anello è nullo.
   c) Il campo elettrostatico al centro dell'anello vale $\frac{2\lambda}{R\epsilon_0}$.

4. Due cilindri conduttori di lunghezza infinita e spessore infinitesimo hanno raggi rispettivamente a e $3a$ e sono disposti in posizione concentrica rispetto al comune asse di simmetria. Il cilindro più interno è percorso da una corrente uniforme pari a I, quello più esterno da una corrente uniforme pari a $3I$. Le due correnti hanno verso discorde (vedi figura).



Determinare il campo magnetico in funzione della distanza dall'asse comune ai due cilindri nelle tre regioni, specificandone la direzione:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 I_{conc} \;\Rightarrow\; B = \frac{\mu_0 I_{conc}}{2\pi r}$$

a) $r < a$;

$$I_{conc} = 0 \ \Rightarrow \ B(r < a) = 0$$

b) $a < r < 3a$;

$$I_{conc} = -I \ \Rightarrow \ B(a < r < 3a) = -\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

c) $r > 3a$.

$$I_{conc} = 3I - I = 2I \ \Rightarrow \ B(r > 3a) = \frac{\mu_0 I}{\pi r}$$

5. 2 moli di un gas perfetto biatomico, che inizialmente occupano un volume $V_1 = 4\ l$ alla pressione $p_1 = 2.5 \cdot 10^4\ Pa$, compiono una trasformazione ciclica così composta:

1 - 2: espansione isobara fino al volume $V_2 = 2V_1$;

2 - 3: compressione isoterma al volume iniziale;

3 - 1: isocora.

Calcolare:

a) il lavoro totale compiuto dal gas;

$$L_{12} = \int_1^2 p_1\ dV = p_1(V_2 - V_1) = p_1 V_1$$

$$L_{23} = \int_2^3 p\ dV = \int_2^3 \frac{nRT}{V} dV = nRT_2 \int_2^3 \frac{dV}{V} = p_2 V_2 \ln\frac{V_3}{V_2} = 2p_1 V_1 \ln\frac{1}{2}$$

$$L_{31} = 0$$

$$L = p_1 V_1 \left(1 + 2\ln\frac{1}{2}\right) = 2.5 \cdot 10^4\ N/m^2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}\ m^3 (1 - 1.39) = 100 \cdot (-0.39)\ J = -38.6\ J$$

b) il calore scambiato dal gas, specificando se è assorbito o ceduto all'ambiente;

$$\Delta Q = \Delta U + L = 0 + L = L$$

c) la variazione di entropia del gas in ogni trasformazione.

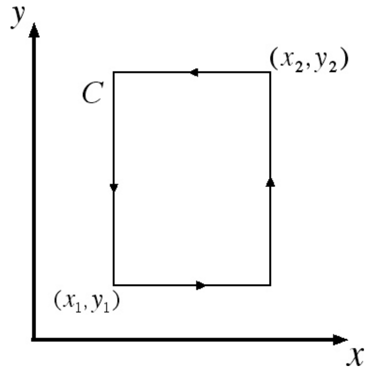
$$\Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{nc_p\ dT}{T} = nc_p \ln\frac{T_2}{T_1} = nc_p \ln\frac{V_2}{V_1} = nc_p \ln 2 = 2\frac{7}{2} 8.31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} \cdot 0.69 = 40.3\ J\ K^{-1}$$

$$\Delta S_{23} = \int_2^3 \frac{dQ}{T} = \frac{\Delta Q}{T_2} = \frac{L}{T_2} = \frac{1}{T_2}\int_2^3 p\ dV = \frac{1}{T_2}\int_2^3 \frac{nRT_2}{V} dV$$
$$= nR \ln\frac{V_3}{V_2} = nR \ln\frac{1}{2} = 2 \cdot 8.31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} \cdot (-0.69) = -11.5\ J\ K^{-1}$$

$$\Delta S_{31} = \int_3^1 \frac{dQ}{T} = \int_3^1 \frac{nc_v\ dT}{T} = nc_v \ln\frac{T_1}{T_3} = nc_v \ln\frac{V_1}{V_2} = nc_v \ln\frac{1}{2}$$
$$= 2\frac{5}{2} 8.31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} \cdot (-0.69) = -28.8\ J\ K^{-1}$$

$$\Delta S = nc_p \ln 2 + nR\ln\frac{1}{2} + nc_v \ln\frac{1}{2} = n\left[\frac{7}{2}\ln 2 + \left(1 + \frac{5}{2}\right)\ln\frac{1}{2}\right] R = \frac{7}{2} n(\ln 2 - \ln 2) R = 0$$

6. Un campo elettrico ha la forma $\vec{E} = Ay\hat{\imath}$, con A costante.



a) Calcolare $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l}$ lungo la curva C rappresentata in figura.

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = A(y_1 - y_2)(x_2 - x_1)$$

Si assuma l'esistenza di un campo magnetico spazialmente uniforme $\vec{B} = B(t)\hat{k}$.
Calcolare:

b) il flusso di $\vec{B}$ attraverso la superficie definita dalla curva C;

$$\Phi(\vec{B}) = B(t)(y_2 - y_1)(x_2 - x_1)$$

c) l'espressione di $B(t)$.

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \;\Rightarrow\; A(y_1 - y_2)(x_2 - x_1) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}(y_2 - y_1)(x_2 - x_1) \;\Rightarrow\; B(t) = At + cost$$

d) Verificare che $\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial E_x}{\partial y}\hat{k} = -A\hat{k} \;;\; -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -A\hat{k}$$

e) Da quanto esposto è possibile stabilire che il campo elettrico dato è dovuto solo alla variazione del campo magnetico?

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0 \;\Rightarrow\; \rho = 0$$

Costante universale dei gas: $R = 8.31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$