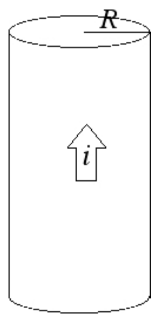
**Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria, II Facoltà - Cesena**
**Sessione autunnale 2006 - 1° appello - Prova scritta del corso di Fisica Generale L-B**
**(12 settembre 2006)**
**Prof. Maurizio Piccinini**

# Soluzioni

1. Quale risultato è evidenziato dall'esperimento di Joule dell'espansione libera adiabatica di un gas perfetto?

2. Enunciare e discutere brevemente le leggi di Kirchhoff.

3. Un conduttore cilindrico cavo di lunghezza infinita, raggio $R$ e spessore trascurabile è percorso da una corrente uniforme diretta longitudinalmente (vedi figura).




   Lungo quale direzione è diretto il campo magnetico nella porzione di spazio delimitata dal conduttore?

   a) Assiale;
   b) radiale;
   c) il campo magnetico nella regione delimitata dal conduttore è nullo.

   Motivare la risposta.

4. Un carrello metallico di massa $m_c = 120\ kg$, contenente $m_a = 12\ kg$ di acqua distillata ad una temperatura di $14.5°C$, si muove senza attrito su un piano orizzontale con velocità $v_0$. Ad un certo istante vengono azionati i freni a ganascia del carrello fino a che questo non si ferma completamente a causa dell'attrito generato; subito dopo l'arresto del carrello la temperatura dell'acqua è aumentata di $1°C$. Nell'ipotesi che tutto il calore sviluppato nel corso della frenata venga trasferito all'acqua determinare:

   a) il calore totale assorbito dall'acqua nel corso della frenata;

$$Q = 12\ kcal$$

   b) la velocità iniziale $v_0$ del carrello.

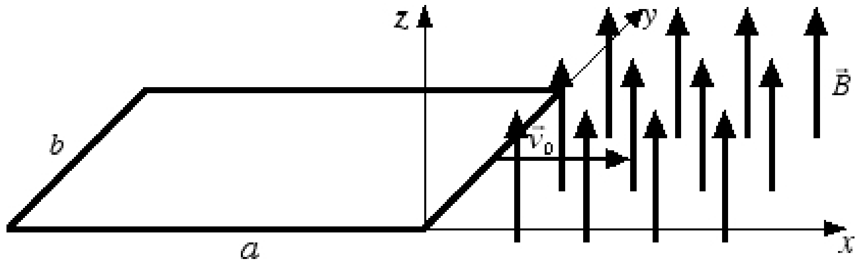
$$Q = L$$

$$L = \frac{1}{2}(m_c + m_a)v_0^2$$

$$v_0^2 = \frac{2L}{m_c + m_a} = \frac{2 \cdot 12\ 000\ cal\ 4.186\ Joule/cal}{(120 + 12)\ kg} = \frac{24\ 000 \cdot 4.186\ Joule}{132\ kg} = \frac{100\ 464}{132}\ m^2s^{-2} = 761.1\ m^2s^{-2}$$

$$v_0 = 27.59\ m/s$$

5. Una spira rettangolare, di lati $a$ e $b$ e massa $m$, è costituita da un filo di sezione $s$ e resistività $\rho$ e si muove con velocità $v_0$ parallela al lato più lungo su un piano privo di attrito (vedi figura). La spira penetra in una regione in cui è presente un campo magnetico $\vec{B}$ costante, perpendicolare al piano della spira.




Trascurando fenomeni di autoinduzione e considerando brusco il passaggio tra la zona in cui il campo magnetico $\vec{B}$ è assente e quella in cui è presente, calcolare:

a) il modulo della forza magnetica agente sulla spira quando questa è penetrata nella regione in cui è presente il campo magnetico;

$$\Phi(\vec{B}) = Bbx$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = -Bb\frac{dx}{dt} = -Bbv$$

$$\varepsilon = iR$$

$$-Bbv = iR$$

$$R = \rho\frac{2a+2b}{s} = \frac{2\rho}{s}(a+b)$$

$$i = -\frac{Bbv}{R} = -\frac{Bbv}{2\rho}\frac{s}{a+b}$$

$$\vec{F}_m = \int_0^b i\vec{dl} \wedge \vec{B} = -ibB\hat{i} = -\frac{b^2B^2}{2\rho}\frac{s}{a+b}v\hat{i}$$

b) la velocità della spira quando questa è penetrata nella regione in cui è presente il campo magnetico di un tratto $x = \frac{a}{2}$. *(Suggerimento: non è necessario ricavare la velocità in funzione del tempo)*

$$m\frac{dv}{dt} = -\frac{b^2B^2}{2\rho}\frac{s}{a+b}v$$

$$dv = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}vdt = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}dx$$

$$\int_{v_0}^{v} dv' = v - v_0 = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\int_0^{\frac{a}{2}} dx' = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}$$

$$v = v_0 - \frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}$$

oppure

$$\frac{dv}{v} = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}dt$$

$$\int_{v_0}^{v}\frac{dv'}{v'} = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\int_0^t dt'$$

$$\ln\frac{v}{v_0} = -\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t$$

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = v_0 e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t}$$

$$dx(t) = v_0 e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t}dt$$

$$\int_0^{\frac{a}{2}} dx = v_0\int_0^{t\left(\frac{a}{2}\right)} e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t}dt$$

$$\frac{a}{2} = v_0\frac{1}{\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}}\left[1-e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t\left(\frac{a}{2}\right)}\right]$$

$$\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0} = 1-e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t\left(\frac{a}{2}\right)}$$

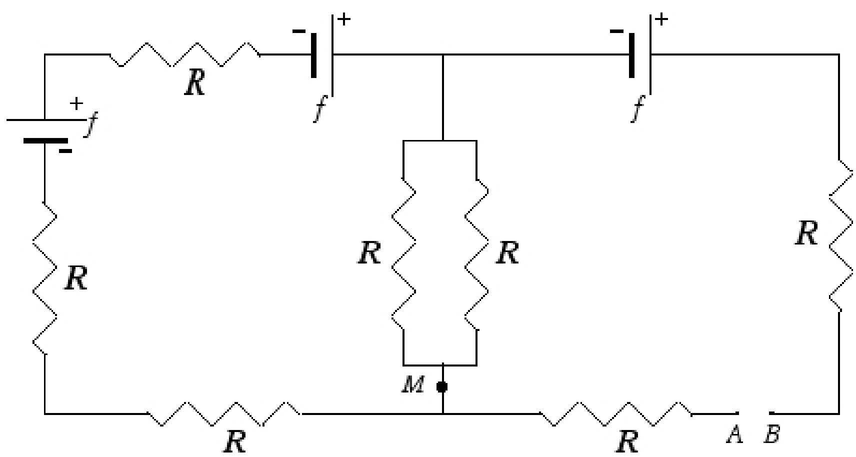
$$e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t\left(\frac{a}{2}\right)} = 1-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0}$$

$$-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}t\left(\frac{a}{2}\right) = \ln\left(1-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0}\right)$$

$$t\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{1}{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}}\ln\left(1-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0}\right)$$

$$v\left(\frac{a}{2}\right) = v_0 e^{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{1}{-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}}\ln\left(1-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0}\right)} = v_0\left(1-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}\frac{1}{v_0}\right) = v_0-\frac{b^2B^2}{2m\rho}\frac{s}{a+b}\frac{a}{2}$$

6. Nel circuito in figura ogni generatore è ideale e ha f.e.m. $f = 6\ V$ con le polarità indicate. Ogni resistenza vale R.



a) Quale generatore ideale di tensione occorre inserire fra i punti A e B affinché nel punto M passi una corrente nulla? (Specificare la f.e.m. e la polarità)

$$\frac{1}{R_{\parallel}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$R_{\parallel} = \frac{R}{2}$$

$$\begin{cases} 2f = (R+R+R)i_1 + R_{\parallel}(i_1 - i_2) = 3Ri_1 + \frac{R}{2}(i_1 - i_2) \\ f + f_x = (R+R)i_2 + R_{\parallel}(i_2 - i_1) = 2Ri_2 + \frac{R}{2}(i_2 - i_1) \end{cases}$$

$$i_1 = i_2 = i$$

$$2f = 3Ri$$

$$i = \frac{2}{3}\,\frac{f}{R}$$

$$f_x = 2R\,\frac{2}{3}\,\frac{f}{R} - f = \left(\frac{4}{3} - 1\right) f = \frac{1}{3} f = \frac{1}{3} 6\ V = 2\ V$$

b) Nelle condizioni del quesito a) a quanto ammonta l'energia dissipata nel circuito per effetto Joule in un minuto se $R = 200\ \Omega$?

$$i = \frac{2}{3}\,\frac{f}{R} = \frac{2}{3}\,\frac{6\ V}{200\ \Omega} = 0.02\ A$$

$$L = i^2\ 5R\ \Delta T = (2 \times 10^{-2} A)^2 \cdot 5 \cdot 200\ \Omega \cdot 60\ s = 4 \times 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 60\ J = 24\ J$$