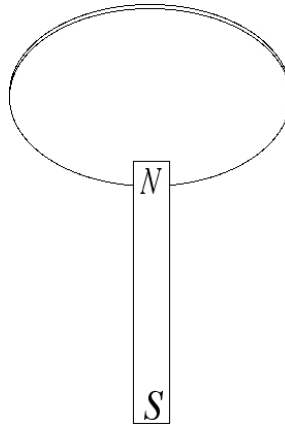


Prof. Maurizio Piccinini

## Soluzioni

1. Enunciare e discutere brevemente il principio di conservazione della carica elettrica.
2. Quale fondamentale caratteristica della carica elettrica mette in evidenza l'esperimento di Millikan? Argomentare brevemente la risposta.
3. Ad un circuito viene avvicinato il polo *nord* di un magnete (vedi figura).

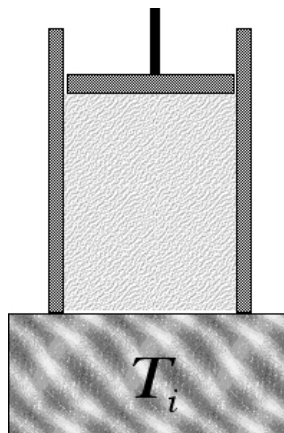


Con quale verso circola la corrente nel circuito?

- a) orario;
- b) antiorario;
- c) nel circuito circola una corrente alternata.

Dire quale tra le precedenti affermazioni è vera e motivare la risposta.

4. 6 moli di un gas perfetto monoatomico sono contenute in un recipiente costituito da un cilindro di materiale isolante chiuso nella parte superiore da un pistone anch'esso isolante. Nella parte inferiore il recipiente è in contatto termico con un termostato posto ad una certa temperatura  $T_i$  (vedi figura).



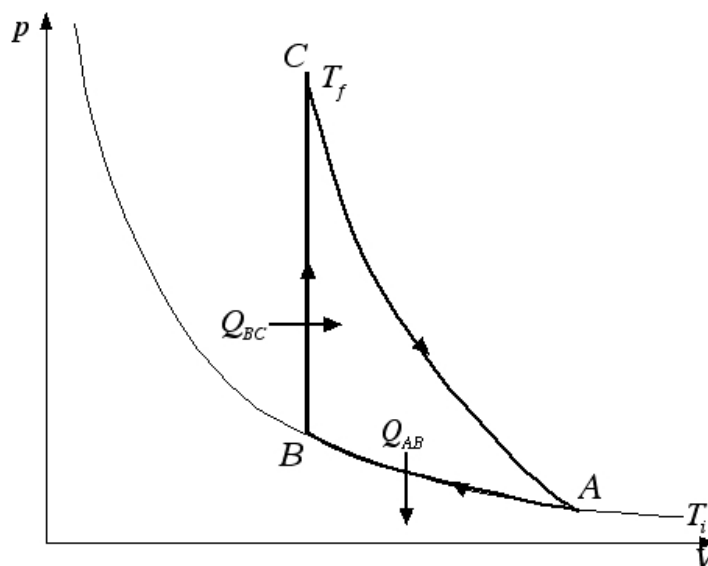
Il gas compie il ciclo seguente:

$AB$  – compressione isoterma fino a metà del volume iniziale;

$BC$  – isocora dalla pressione  $p_B$  alla pressione  $p_C$ , con  $p_C > p_B$ ;

$CA$  – espansione adiabatica (tra il termostato e il gas viene inserito un setto isolante).

- a) Disegnare in un diagramma  $p - V$  il grafico qualitativo del ciclo, evidenziando i flussi di calore.



- b) Se durante la compressione isoterma il sistema ha scambiato 2 400 calorie, qual è la temperatura  $T_i$  alla quale avviene la trasformazione?

$$T_i = \frac{-Q_{AB}}{nR} \frac{1}{\ln \frac{V_B}{V_A}} = \frac{-2\,400 \text{ cal} \cdot 4.186 \text{ J/cal}}{6 \text{ mol} \cdot 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} \frac{1}{\ln \frac{1}{2}} = \frac{-10\,046.4}{49.86} \frac{1}{-0.69} \text{ K} = \frac{201.49}{0.69} \text{ K} = 292.02 \text{ K}$$

- c) Qual è la temperatura  $T_f$  del gas al termine della trasformazione isocora?

$$T_A V_A^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1}$$

$$T_C = T_f = T_A \left( \frac{V_A}{V_C} \right)^{\gamma-1} = T_i \left( \frac{V_A}{V_B} \right)^{\gamma-1} = 292.02 \text{ K} \cdot 2^{\frac{5}{3}-1} = 292.02 \text{ K} \cdot 1.59 = 463.55 \text{ K}$$

- d) Qual è il lavoro totale compiuto dal gas nel ciclo?

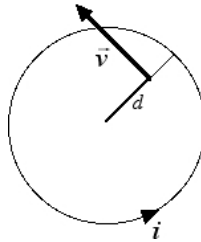
$$dQ = nc_V dT$$

$$\begin{aligned} Q_{BC} &= nc_V \int_{T_B}^{T_C} dT = nc_V (T_C - T_B) = nc_V (T_f - T_i) = 6 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} R (463.55 - 292.02) \text{ K} \\ &= 6 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} \cdot 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 171.53 \text{ K} = 9 \cdot 8.31 \cdot 171.53 = 12\,828.94 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\Delta U = 0$$

$$L = Q = Q_{BC} - Q_{AB} = (12\,828.94 - 10\,046.4) \text{ J} = 2\,782.5 \text{ J}$$

5. Un solenoide di lunghezza infinita è costituito da 15 spire per centimetro, ciascuna di raggio  $R = 4.2 \text{ cm}$ , percorse da una corrente di  $12 \text{ mA}$ . Un elettrone ( $q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) penetra nel solenoide con velocità  $\vec{v}$  perpendicolare ad un piano contenente l'asse del solenoide ad una distanza  $d = 3.5 \text{ cm}$  dall'asse (vedi figura).



- a) Calcolare il modulo della velocità che deve avere l'elettrone affinché il moto all'interno del solenoide sia una circonferenza di raggio  $d$ .

$$n = 15 \text{ cm}^{-1}$$

$$B = \mu_0 i n$$

$$m_e \frac{v^2}{d} = e v B$$

$$m_e \frac{v}{d} = e B$$

$$v = \frac{e B d}{m_e} = \frac{e \mu_0 i n d}{m_e} = \frac{1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 4\pi \times 10^{-7} \text{ Henry/m} \cdot 0.012 \text{ A} \cdot 1500 \text{ m}^{-1} \cdot 0.035 \text{ m}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}$$

$$= 1.39 \times 10^5 \text{ m/s}$$

- b) Se al posto dell'elettrone in moto circolare vi fosse una spira percorsa da una opportuna corrente, calcolare il momento di dipolo magnetico della spira equivalente.

$$T = \frac{2\pi d}{v}$$

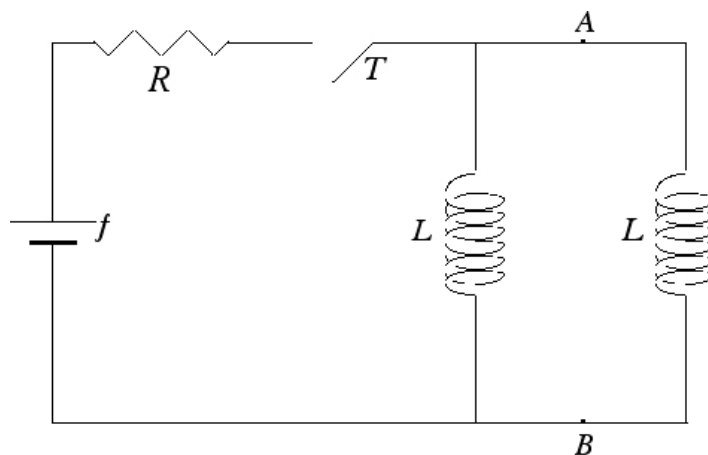
$$i = \frac{e}{T}$$

$$S = \pi d^2$$

$$\vec{m} = \mu_0 i S \hat{n} = \mu_0 \frac{e v}{2\pi d} \pi d^2 \hat{n} = \mu_0 \frac{e v}{2} d \hat{n}$$

$$m = \mu_0 \frac{e v}{2} d = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Henry/m} \frac{1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1.39 \times 10^5 \text{ m/s}}{2} 0.035 \text{ m} = 4.89 \times 10^{-22} \text{ Am}^2$$

6. Un generatore di tensione  $f = 9 \text{ V}$  con resistenza interna trascurabile è posto in serie con una resistenza  $R = 0.5 \Omega$  e il parallelo di due induttanze disaccoppiate di uguale valore  $L = 70 \text{ mH}$  (vedi figura).



All'istante  $t = 0$  viene chiuso l'interruttore  $T$ .

Calcolare:

- a) la corrente che circola nel circuito dopo 20 millisecondi dalla chiusura dell'interruttore;

$$\frac{1}{L_{\parallel}} = \frac{1}{L} + \frac{1}{L} = \frac{2}{L}$$

$$L_{\parallel} = \frac{L}{2}$$

$$f - L_{\parallel} \frac{di}{dt} = i(t)R$$

$$L_{\parallel} \frac{di}{dt} = f - i(t)R$$

$$\frac{di}{f - i(t)R} = \frac{dt}{L_{\parallel}}$$

$$\ln[f - i(t)R] = -\frac{R}{L_{\parallel}}t + c$$

$$f - i(t)R = Ae^{-\frac{R}{L_{\parallel}}t}$$

$$i(0) = 0 \Rightarrow f = A$$

$$\tau = \frac{L_{\parallel}}{R} = \frac{L}{2R} = \frac{70 \text{ mH}}{2 \cdot 0.5 \Omega} = \frac{70 \times 10^{-3} \text{ H}}{1 \Omega} = 0.07 \text{ s}$$

$$i(t) = \frac{f}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$i(0.02 \text{ s}) = \frac{9 \text{ V}}{0.5 \Omega} \left(1 - e^{-\frac{0.02}{0.07}}\right) = 18 \left(1 - e^{-0.29}\right) \text{ A} = 18(1 - 0.75) \text{ A} = 18 \cdot 0.25 \text{ A} = 4.47 \text{ A}$$

- b) la differenza di potenziale tra i punti  $A$  e  $B$  nel medesimo istante.

$$\Delta V_{AB}(t) = f - i(t)R = f - \frac{f}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) R = f - f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = fe^{-\frac{t}{\tau}} = 9 \cdot 0.75 \text{ V} = 6.76 \text{ V}$$

Permeabilità magnetica del vuoto:  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/Am} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Henry/m}$

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

Equazioni di Poisson:  $pV^\gamma = \text{costante}$ ,  $TV^{\gamma-1} = \text{costante}$ ,  $Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{costante}$