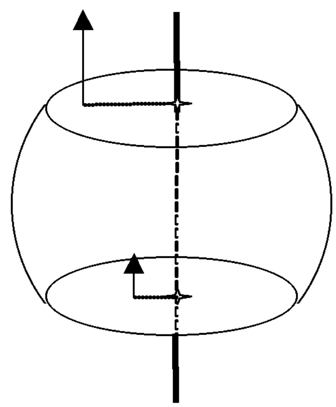
Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria, II Facoltà - Cesena
Prima sessione 2008 - Primo appello - Prova scritta del corso di Fisica Generale L-B
(18 marzo 2008)
Prof. Maurizio Piccinini

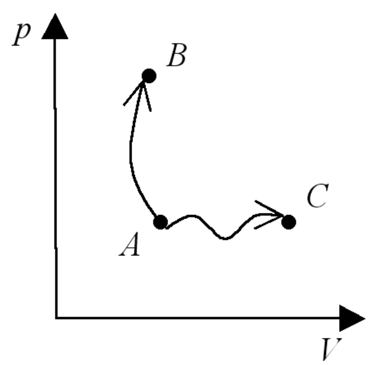
Soluzioni

1. La sfera tronca rappresentata in figura ha due basi piane circolari di area S, ed è immersa in un campo magnetico con linee di campo perpendicolari a tali basi rivolte verso l'alto. Su di esse il modulo del campo magnetico varia secondo la legge $B = kr$, con k costante ed r distanza dall'asse di simmetria dell'oggetto.



   Quanto vale il flusso del campo magnetico attraverso la superficie laterale?
   Motivare la risposta.

2. Un gas ideale nello stato A alla temperatura T_1 può raggiungere gli stati B o C di uguale temperatura T_2.



   La variazione di entropia per il percorso AB è maggiore, uguale o minore di quella per il percorso AC?

$$\Delta S_{AB} - \Delta S_{AC} = S(B) - S(A) - S(C) + S(A) = S(B) - S(C) = \frac{Q_{CB}}{T_2} < 0 \;\Rightarrow\; \Delta S_{AB} < \Delta S_{AC}$$

3. Siano dati tre solenoidi molto lunghi: il solenoide (a) con n spire per unità di lunghezza, percorso da corrente i e con sezione di area A; il solenoide (b) con $2n$ spire per unità di lunghezza, percorso da corrente i e con sezione di area $3A$; il solenoide (c) con n spire per unità di lunghezza, percorso da corrente $2i$ e con sezione di area $A/2$.
   Ordinare i tre solenoidi in base alla densità di energia magnetica da essi generata.

4. Una carica Q è distribuita uniformemente all'interno di un guscio sferico di raggio interno R_0 e raggio esterno R_1.

   a) Determinare la densità di carica di volume ρ;

$$\rho = \frac{3}{4\pi} \frac{Q}{(R_1^3 - R_0^3)}$$

   b) scrivere l'espressione del campo elettrico in funzione della distanza dal centro del guscio sferico e riportarlo in un grafico;

$$\begin{cases} 0 \leq r \leq R_0\ ; & \Phi(\vec{E}) = \frac{q(r)}{\epsilon_0} = 0 & \Rightarrow\ E(r) = 0 \\ R_0 \leq r \leq R_1\ ; & \Phi(\vec{E}) = 4\pi r^2 E(r) = \frac{1}{\epsilon_0}\frac{3}{4\pi}\frac{Q}{(R_1^3 - R_0^3)}\frac{4}{3}\pi(r^3 - R_0^3) & \Rightarrow\ E(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{(r^3 - R_0^3)}{(R_1^3 - R_0^3)}\frac{1}{r^2} \\ r \geq R_1\ ; & \Phi(\vec{E}) = 4\pi r^2 E(r) = \frac{Q}{\epsilon_0} & \Rightarrow\ E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2} \end{cases}$$

   c) ripetere i calcoli dei punti precedenti nel limite $R_0 \to R_1$.

$$\rho(R_0 \to R_1) \to \infty$$

$$\begin{cases} 0 \leq r \leq R_0\ ; & E(r) = 0 \\ R_0 \leq r \leq R_1\ ; & E(r) \to \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R_1^2} \\ r \geq R_1\ ; & E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2} \end{cases}$$

5. Un gas ideale biatomico compie un ciclo termodinamico reversibile composto dalla successione delle seguenti trasformazioni:

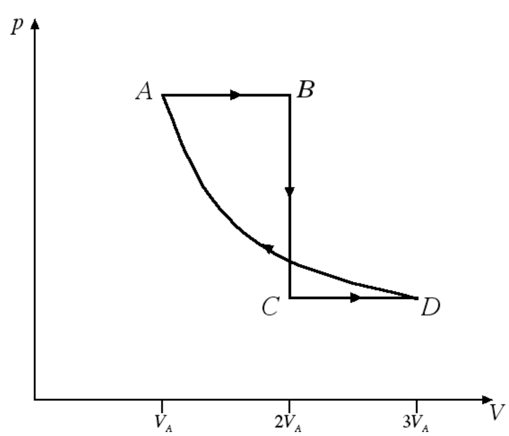
   $A \to B$: espansione isobara da V_A a $V_B = 2V_A$;

   $B \to C$: trasformazione isocora;

   $C \to D$: espansione isobara fino al volume $V_D = 3V_A$;

   $D \to A$: compressione isoterma che chiude il ciclo.

   a) Rappresentare il ciclo in un diagramma $p - V$;



   b) calcolarne il rendimento;

$$L_{AB} = p_A(V_B - V_A) = p_A(2V_A - V_A) = p_A V_A = nRT_A$$

$$\left.\begin{array}{l} L_{CD} = p_C(V_D - V_C) = p_C(3V_A - 2V_A) = p_C V_A \\ p_A V_A = p_D V_D = 3p_C V_A \end{array}\right\} \Rightarrow\ L_{CD} = \frac{1}{3}p_A V_A = \frac{1}{3}nRT_A$$

$$L_{DA} = nRT_A \int_D^A \frac{dV}{V} = nRT_A \ln\frac{V_A}{V_D} = nRT_A \ln\frac{1}{3} = -nRT_A \ln 3$$

$$\left.\begin{array}{l} Q_{AB} = \Delta U_{AB} + L_{AB} = nc_p(T_B - T_A) \\ nR\frac{T_A}{V_A} = nR\frac{T_B}{V_B} \;\Rightarrow\; \frac{T_A}{T_B} = \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{2} \;\Rightarrow\; T_B = 2T_A \end{array}\right\} \Rightarrow Q_{AB} = nc_pT_A$$

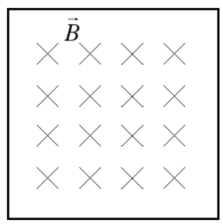
$$\left.\begin{array}{l} Q_{CD} = \Delta U_{CD} + L_{CD} = nc_p(T_D - T_C) \\ nR\frac{T_D}{V_D} = nR\frac{T_C}{V_C} \;\Rightarrow\; \frac{T_D}{T_C} = \frac{V_D}{V_C} = \frac{3}{2} \;\Rightarrow\; T_C = \frac{2}{3}T_D = \frac{2}{3}T_A \end{array}\right\} \Rightarrow Q_{CD} = nc_p\frac{1}{3}T_A$$

$$\eta = \frac{L_{AB} + L_{CD} + L_{DA}}{Q_{AB} + Q_{CD}} = \frac{nRT_A\left(1 + \frac{1}{3} - \ln 3\right)}{nRT_A\left(\frac{7}{2} + \frac{7}{6}\right)} = \frac{\frac{4}{3} - \ln 3}{\frac{14}{3}} = 0.050$$

c) calcolare il rendimento di un ciclo di Carnot che lavori fra le stesse temperature estreme.

$$\eta_C = 1 - \frac{T_C}{T_B} = 1 - \frac{\frac{2}{3}T_A}{2T_A} = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3} = 0.\bar{6}$$

6. Il circuito in figura è costituito da 50 spire di area $A = 200$ cm^2 e resistenza $R = 5\Omega$ ed è immerso in un campo magnetico di intensità $B = 5 \times 10^{-3}$ Wb/m^2, perpendicolare al circuito. Il campo viene ridotto ad un quinto del suo valore iniziale in un tempo $\Delta t = 0.2$ s.



Determinare:

a) il valore medio della forza elettromotrice indotta;

$$\Phi_0 = 5 \times 10^{-3}\ Wb/m^2 \cdot 0.02\ m^2 = 10 \times 10^{-5}\ Wb$$

$$\Phi_f = \frac{5 \times 10^{-3}\ Wb/m^2}{5} \cdot 0.02\ m^2 = 2 \times 10^{-5}\ Wb$$

$$\Delta\Phi = -8 \times 10^{-5}\ Wb$$

$$\varepsilon_{ind} = 50\frac{8 \times 10^{-5}}{0.2} = 0.02\ V$$

b) la direzione della forza elettromotrice indotta;
in senso orario

c) il valore medio della corrente e la carica totale che fluiscono nel circuito;

$$V = iR \;\Rightarrow\; i = \frac{0.02}{5} = 4 \times 10^{-3}\ A$$

$$Q = i\Delta t = 4 \times 10^{-3} \cdot 0.2 = 8 \times 10^{-4}\ C$$

d) l'energia richiesta per variare il campo magnetico.

$$U = Vq = 0.02 \cdot 8 \times 10^{-4} = 1.6 \times 10^{-5}\ J$$