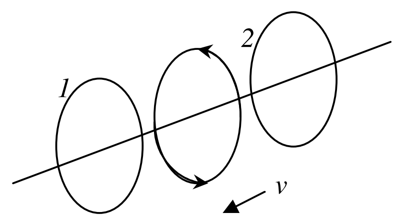
Università di Bologna – Corsi di Laurea in Ingegneria II Facoltà – Cesena
Sessione Invernale – Prova scritta del corso di Fisica Generale B ed L-B
(12 gennaio 2010)

Prof. Maurizio Piccinini

1. Quando un sistema termodinamico interagisce con l'ambiente la sua entropia
    a) aumenta sempre;
    b) aumenta o rimane costante;
    c) aumenta, diminuisce o rimane costante;
    d) diminuisce sempre;
    e) nessuna delle risposte è quella giusta.

2. Due sferette conduttrici identiche portano rispettivamente le cariche Q e 2Q, dello stesso segno. Quando sono a distanza *d* l'una dall'altra, interagiscono con una forza ***F***. Ad un certo punto vengono messe a contatto e quindi riportate alla stessa distanza *d* iniziale, senza dispersione di carica. La forza di repulsione tra le sfere diventa:
    a) 1/2 *F*; b) 3/4 *F*; c) 8/9 *F*; d) 9/8 *F*; e) Nessuna risposta è giusta.

3. Tre spire conduttrici sono disposte su piani paralleli con l'asse in comune (vedi figura). Sulla spira centrale circola una corrente in verso antiorario, mentre la spira stessa si muove con velocità *v* verso la spira *1*. Individuare la risposta giusta e motivarla:



    a) Le correnti indotte nelle spire *1* e *2* hanno verso antiorario.
    b) Le correnti indotte nelle spire *1* e *2* hanno verso orario.
    c) La corrente nella spira *1* ha verso orario e quella nella spira *2* antiorario.
    d) La corrente nella spira *1* ha verso antiorario e quella nella spira *2* orario.
    e) Le affermazioni sono tutte sbagliate.

4. Un recipiente cilindrico isolato, di volume $V_0 = 40\ l$ è diviso in due parti uguali da una parete rigida di sezione S = 100 cm^2 e spessore trascurabile, perfettamente scorrevole. In una delle due parti è contenuta una mole di gas ideale monoatomico, mentre l'altra parte è vuota. La parete mobile è mantenuta in equilibrio da una molla di costante elastica $k = 10^4\ N/m$, compressa di $\Delta l = 0.1\ m$. Praticando un piccolo foro nella parete, il gas diffonde nella parte vuota. Calcolare:

    a) La variazione di energia interna del gas.

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_m = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta U_g = -\Delta U_m = \frac{1}{2}k\left(\Delta l\right)^2 = 50J$$

    b) La variazione di entropia del gas (si trascuri la capacità termica di recipiente, parete mobile e molla).

$$\Delta S = nc_V \ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_0}{V_0/2}; \quad p_1 = \frac{k\Delta l}{S} = 10^5\,Pa\,; \quad V_1 = V_0/2$$

$$\left.\begin{array}{l} \Delta U_g = nc_V\left(T_2 - T_1\right) \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1 + \dfrac{\Delta U_g}{nc_V} \\ T_1 = \dfrac{p_1V_1}{nR}; \quad c_V = \dfrac{3}{2}R; \quad n = 1 \end{array}\right\} \frac{T_2}{T_1} = 1 + \frac{2\Delta U_g}{3p_1V_1} = 1{,}017$$

$$\Delta S = R\left(\frac{3}{2}\ln 1{,}017 + \ln 2\right) = 5.97\ J/K$$

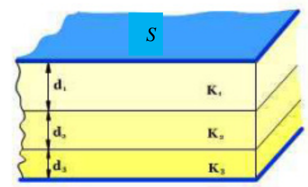
    c) Il valore delle variabili termodinamiche *p*, *V* e *T* negli stati iniziale e finale.

$R = 8{,}31\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$; $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\ \mathrm{N/A^2}(Tm/A)$

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{nR} = 240.67K$$

$$T_2 = T_1 + \frac{\Delta U_g}{nc_V} = 244.69K\ ; \quad p_2 = \frac{nRT_2}{V_0} = 5.08\times 10^4\, Pa$$

5. Sia dato un condensatore a facce piane parallele di area S, riempito con tre materiali dielettrici di costanti dielettriche $\varepsilon_i = K_i\varepsilon_0$ e di spessori d_i (i = 1,2,3) come rappresentato in figura. Il condensatore è carico con densità superficiale di carica $\pm\sigma$.



Calcolare:

a) Il campo elettrico in ognuno dei tre materiali.

Si considerino superfici gaussiane cilindriche, con una base (di area A) in una armatura e l'altra nel dielettrico i-esimo.

$$AE_i = \frac{A\sigma}{\varepsilon_i} = \frac{A\sigma}{K_i\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E_i = \frac{\sigma}{K_i\varepsilon_0}$$

b) Le cadute di potenziale ΔV_i in ciascuno dei tre materiali e la differenza di potenziale tra le armature.

$$\Delta V_i = E_i d_i = \frac{\sigma d_i}{K_i\varepsilon_0}\ ; \quad \Delta V = \sum_{i=1}^{3}\Delta V_i$$

c) La capacità totale del condensatore (commentare il risultato).

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{S\sigma}{\sum_{i=1}^{3}\Delta V_i} = \frac{S\sigma}{\sum_{i=1}^{3}E_i d_i} = \frac{S\sigma}{\sum_{i=1}^{3}\frac{\sigma}{K_i\varepsilon_0}d_i} = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d_1}{K_1}+\frac{d_2}{K_2}+\frac{d_3}{K_3}}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{d_1}{K_1\varepsilon_0 S} + \frac{d_2}{K_2\varepsilon_0 S} + \frac{d_3}{K_3\varepsilon_0 S} = \frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

d) L'energia elettrostatica in esso contenuta.

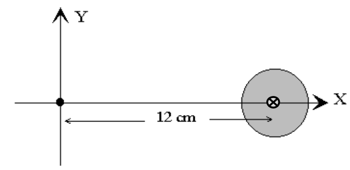
$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{S\sigma^2}{2\varepsilon_0}\left(\frac{d_1}{K_1}+\frac{d_2}{K_2}+\frac{d_3}{K_3}\right)$$

e) L'energia del campo elettrico in ciascuno dei tre dielettrici (commentare il risultato in relazione al punto precedente).

$$\left.\begin{aligned} &U_i = S d_i u_i \\ &u_i = \frac{1}{2}\varepsilon E_i^2 = \frac{1}{2}K_i\varepsilon_0 E_i^2 \\ &E_i = \frac{\sigma}{K_i\varepsilon_0} \end{aligned}\right\} U_i = \frac{S\sigma^2}{2\varepsilon_0}\frac{d_i}{K_i}$$

$$U = \frac{S\sigma^2}{2\varepsilon_0}\left(\frac{d_1}{K_1}+\frac{d_2}{K_2}+\frac{d_3}{K_3}\right)$$

6. Un lungo filo rettilineo perpendicolare al foglio è attraversato dalla corrente i = 4 A uscente dal foglio. Un cavo cilindrico di raggio R = 3 cm, ugualmente rettilineo e parallelo al filo, il cui asse di simmetria sta a L = 12 cm dal filo, è percorso da una corrente uguale, uniformemente distribuita sulla sezione del cavo ma con verso opposto (vedi figura).



a) Si determini simbolicamente (senza i numeri) l'espressione del campo magnetico dovuto al sistema in funzione delle coordinate x e y (suggerimento: si usi il principio di sovrapposizione).

$$\left.\begin{aligned} B_f &= \frac{\mu_0 i}{2\pi r_f} \\ r_f &= \sqrt{x^2+y^2} \end{aligned}\right\} \begin{cases} B_{fx} = -\dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{y}{x^2+y^2} \\ B_{fy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{x}{x^2+y^2} \end{cases}$$

$$\left.\begin{aligned} & B_c = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_c}, \quad r_c > R; \quad B_c = \frac{\mu_0 i r_c}{2\pi R^2}, \quad r_c < R \\ & r_c = \sqrt{(x-L)^2+y^2} \end{aligned}\right\} r_c > R \begin{cases} B_{cx} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{y}{(x-L)^2+y^2} \\ B_{cy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{L-x}{(x-L)^2+y^2} \end{cases} \quad r_c < R \begin{cases} B_{cx} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi R^2}\, y \\ B_{cy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi R^2}(L-x) \end{cases}$$

$$B_x = B_{fx} + B_{cx}$$
$$B_y = B_{fy} + B_{cy}$$

b) Trovare modulo, direzione e verso del campo magnetico nel punto A (x = 13 cm, y = 0 cm) e nel punto B (x = 0 cm, y = 4 cm), dovuto alle due correnti.

$$A \begin{cases} B_{fx} = 0 \\ B_{fy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{1}{x} = \dfrac{8}{13}\times 10^{-5}\,T \end{cases} \qquad \begin{cases} B_{cx} = 0 \\ B_{cy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi R^2}(L-x) = -\dfrac{8}{9}\times 10^{-5}\,T \end{cases}$$

$$\vec{B}_A = \frac{32}{117}\times 10^{-5}\,\hat{j}\,T = 2.74\times 10^{-6}\,\hat{j}\,T$$

$$B \begin{cases} B_{fx} = -\dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{1}{y} = -2\times 10^{-5}\,T \\ B_{fy} = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} B_{cx} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{y}{L^2+y^2} = 2\times 10^{-6}\,T \\ B_{cy} = \dfrac{\mu_0 i}{2\pi}\dfrac{L}{L^2+y^2} = 6\times 10^{-6}\,T \end{cases}$$

$$\vec{B}_B = \left(-1.8\hat{i} + 0.6\hat{j}\right)\times 10^{-5}\,T$$