

Università di Bologna - Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria, II Facoltà - Cesena
2° Appello Invernale - Prova scritta Fisica Generale B(L-B)
(15 febbraio 2011)
Prof. Maurizio Piccinini

1. Commentare brevemente le affermazioni seguenti e la loro esattezza o meno:
 - a. In una trasformazione termodinamica l'energia interna si conserva. F
 - b. In una trasformazione ciclica l'energia interna si conserva. V
 - c. In una qualsiasi trasformazione termodinamica lo scambio di calore tra sistema e ambiente è uguale al lavoro fatto o ricevuto dal sistema. F
 - d. In una trasformazione adiabatica gli stati iniziale e finale hanno la stessa energia interna. F
 - e. Il lavoro scambiato per unire due stati termodinamici di un sistema attraverso una trasformazione adiabatica è uguale alla differenza di energia interna dei due stati. V
2. Due spire identiche, parallele e coassiali, di resistenza molto piccola, sono inizialmente percorse da correnti quasi stazionarie, uguali ma con verso opposto. Le due spire possono essere avvicinate facendole scorrere lungo il loro asse. In questo caso le loro correnti:
 - a. Aumentano. b. Diminuiscono. c. Se una delle due spire è immobile la sua corrente aumenta e l'altra diminuisce. d. Se una delle due spire è immobile la sua corrente diminuisce e l'altra aumenta.

Scegliere la risposta giusta e argomentare la scelta.
3. Il potenziale vettore è un campo originato da correnti elettriche la cui divergenza fornisce il campo magnetico prodotto dalle correnti stesse.
 Dire se questa affermazione è vera o falsa ed eventualmente modificarla in modo tale che abbia un significato fisico più corretto.
4. Un filo conduttore molto lungo, rettilineo, a sezione circolare di raggio a , di resistività ρ_R è percorso dalla corrente I . Esprimere:
 - a. il campo elettrico all'interno del filo.

$$\vec{E} = \rho_R \vec{j} = \rho_R \frac{I}{\pi a^2} \hat{k} \quad \text{nella direzione e verso della corrente}$$
 - b. Il campo magnetico all'interno del filo.

$$2\pi r B = \mu_0 \pi r^2 j \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a^2} r \hat{\phi}$$
 - c. Il flusso del vettore di Poynting attraverso un tratto di superficie esterna di lunghezza h .

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \rho_R \frac{I}{\pi a^2} \hat{k} \wedge \frac{I}{2\pi a^2} r \hat{\phi} = -\rho_R \frac{I^2}{2\pi^2 a^4} \vec{r}$$

$$\vec{S} = -\rho_R \frac{j^2}{2} \vec{r} = -\frac{E^2}{2\rho_R} \vec{r}$$

$$\phi(\vec{S}) = \int \vec{S} \cdot \hat{r} ds = 2\pi a h S = -\rho_R \frac{h}{\pi a^2} I^2 = -\frac{\pi a^2 h}{\rho_R} E^2$$
 - d. Confrontare il flusso precedente con la potenza dissipata nello stesso tratto di filo di lunghezza h .

$$W = RI^2 = \rho_R \frac{h}{\pi a^2} I^2 = -\phi(\vec{S})$$
5. Due spire concentriche A e B, con raggi rispettivamente a e b dove $a \ll b$, giacciono inizialmente sullo stesso piano. A un certo punto la spira A, di resistenza R viene fatta ruotare

Costante universale dei gas: $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1,987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

con velocità angolare costante ω intorno a un suo diametro. Nella spira B, fissa, viene mantenuta una corrente continua I . Calcolare:

a) la corrente I_A indotta nella spira A, trascurando il coefficiente di autoinduzione;

$$\left. \begin{aligned} B_o &= \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{b} \\ \phi_A &= \pi a^2 B_o \cos(\omega t) \\ \varepsilon &= -\frac{d\phi_A}{dt} = \pi a^2 \omega B_o \sin(\omega t) \end{aligned} \right\} I_A = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\pi a^2}{R} \omega B_o \sin(\omega t) = \frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{bR} \omega I \sin(\omega t)$$

b) la potenza dissipata nella spira A;

$$W = RI_A^2 = \frac{1}{R} (\pi a^2 \omega B_o)^2 \sin^2(\omega t) = \frac{1}{R} \left(\frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} \omega I \right)^2 \sin^2(\omega t)$$

c) il momento delle forze sulla spira A. Si confronti il risultato con quello di b).

$$\left. \begin{aligned} \vec{M} &= \vec{m}_A \wedge \vec{B}_o \\ \vec{m}_A &= I_A \pi a^2 \hat{n} \\ \vec{B}_o &= \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{b} \hat{k} \end{aligned} \right\} \vec{M} = I_A \pi a^2 \hat{n} \wedge \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{b} \hat{k} = \frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} I I_A \sin(\omega t) \hat{\omega} = \begin{cases} \frac{1}{R} (\pi a^2 B_o)^2 \omega \sin^2(\omega t) \hat{\omega} = \\ \frac{1}{R} \left(\frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} I \right)^2 \omega \sin^2(\omega t) \hat{\omega} \end{cases}$$

$$W = \vec{M} \cdot \vec{\omega}$$

d) Si consideri ora il caso in cui A è ferma e in essa scorre la stessa corrente I che prima scorreva in B, mentre ora è B che ruota con velocità ω . Calcolare la f.e.m. indotta in B, trascurando l'autoinduzione.

$$\left. \begin{aligned} \phi_B &= MI_A \\ \phi_A &= MI_B = \pi a^2 \frac{\mu_0}{2} \frac{I}{b} \cos(\omega t) \Rightarrow M = \frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} \cos(\omega t) \end{aligned} \right\} \phi_B = MI = \frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} I \cos(\omega t)$$

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} = \frac{\mu_0}{2} \frac{\pi a^2}{b} \omega I \sin(\omega t)$$

6. Una mole di gas perfetto monoatomico è contenuta in un recipiente isolato termicamente dall'esterno. Una delle pareti del recipiente può scorrere senza attrito ma inizialmente è bloccata. All'interno del recipiente il gas è a contatto con un riscaldatore elettrico che fornisce una potenza costante $W = 100 \text{ W}$ e che viene tenuto acceso per un tempo $\Delta t = 10.0 \text{ s}$. Sapendo che il gas ha una pressione iniziale (a riscaldatore spento) $p_0 = 3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ e che la temperatura è $T_0 = 300 \text{ K}$,

a. quanto vale la pressione P_f al termine del periodo di riscaldamento, effettuato tenendo il volume costante?

Costante universale dei gas: $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1.987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

$$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

$$\left. \begin{aligned} Q &= W \Delta t \\ \Delta U &= Q = n c_v \Delta T \\ c_v &= \frac{3}{2} R \\ \frac{p}{T} &= \frac{R}{V} = \text{cost} \Rightarrow p_f = \frac{p_0}{T_0} (T_0 + \Delta T) \end{aligned} \right\} \Delta T = \frac{2W \Delta t}{3R} = 80.22 K \left\{ \begin{aligned} p_f &= p_0 \left(1 + \frac{2W \Delta t}{3RT_0} \right) = 3 \times 10^5 \left(1 + \frac{2 \times 100 \times 10}{3 \times 300 \times 8.31} \right) = 3.80 \times 10^5 Pa \end{aligned} \right.$$

- b. Il riscaldatore viene spento, la parete mobile viene sbloccata ma viene applicata alla stessa una pressione esterna pari alla pressione iniziale p_0 . In tal modo il gas si espande fino a tornare in equilibrio. Qual è il valore del volume e della temperatura nella nuova condizione di equilibrio?

$$\left. \begin{aligned} \Delta U &= -p_o \Delta V \Rightarrow \\ c_v (T_2 - T_0 - \Delta T) &= -p_o (V_2 - V_0) \\ p_0 V_2 &= RT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{p_0 V_2}{R} \\ p_0 V_0 &= RT_0 \Rightarrow V_0 = 8.31 l \end{aligned} \right\} \left\{ \begin{aligned} p_0 (V_2 - V_0) &= \frac{2}{5} W \Delta t \\ p_0 V_0 &= RT_0 \end{aligned} \right\} V_2 = \frac{RT_0 + \frac{2}{5} W \Delta t}{p_0} = 9.64 \times 10^{-3} m^3 = 9.64 l$$

$$T_2 = \frac{p_0 V_2}{R} = 348.13 K$$

- c. Di quanto varia l'entropia del sistema nell'intero processo?

$$\Delta S_1 = c_v \ln \frac{T_0 + \Delta T}{T_0} + R \ln \frac{V_f}{V_i} = \frac{3}{2} R \ln \left(1 + \frac{2W \Delta t}{3RT_0} \right) = \frac{3}{2} \times 8.31 \times \ln \left(1 + \frac{2 \times 100 \times 10}{3 \times 300 \times 8.31} \right) = 2.95 J/K$$

$$\Delta S_2 = c_v \ln \frac{p_0 V_2^\gamma}{p_f V_0^\gamma} = \frac{3}{2} \times 8.31 \times \ln \left[\frac{3}{3.80} \left(\frac{9.64}{8.31} \right)^\gamma \right] = 0.145 J/K$$

$$\Delta S = 3.10 J/K$$