Risultati esame scritto Fisica 2 - 05/10/2012
orali: 12-10-2012 alle ore 14.30 presso aula D

gli studenti interessati a visionare lo scritto sono pregati di presentarsi il giorno dell'orale;

Nuovo ordinamento

	voto	
BOTTINO	18	ammesso
CATRAMBONE	15	
CORSO	15	
CREDIDIO	10	
CURCIO	17	ammesso
D'ALESSIO	17	ammesso
GUALTIERI	17	ammesso
GUERRISE	11	
LORUSSO	13	
MASTROIANNI L.	15	
MAURO	12	
MERCURIO	17	ammesso
MIRARCHI	17	ammesso
MONTUORO	12	
MUSCI	15	
NICOTERA	11	
PANAIA	nc	
PEDE	15	
PIPICELLI	15	
SCRENCI	17	ammesso
SILIPO	17	ammesso

Vecchio ordinamento

DE ROSE	nc

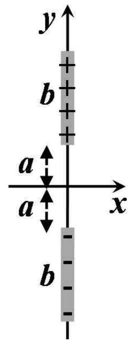
Per gli studenti del N.O.: possono sostenere l'esame di Fisica 2 solo gli studenti che hanno superato l'esame di Fisica 1

Esame di Fisica 2

Corso Interateneo di Ing. Informatica e Biomedica – 05/10/2012

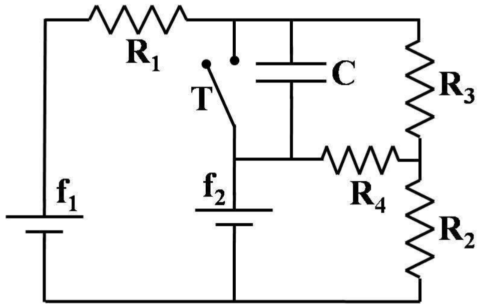
Problema 1

Siano date due sbarrette filiformi ciascuna di lunghezza pari a *b*. Le due sbarrette sono allineate una dietro l'altra come mostrato in figura e le estremità più vicine distano 2*a*. La sbarretta in alto nella figura è carica positivamente e la sua carica totale, distribuita uniformemente lungo la sbarretta, è pari a +2*q*; la sbarretta in basso invece è carica negativamente e la sua carica totale, distribuita uniformemente lungo la sbarretta, è pari a –*q*. Calcolare il campo elettrico (modulo, direzione, verso) nel punto centrale fra le due sbarrette (che coincide con l'origine degli assi in figura).



Problema 2

Nel circuito in figura i generatori di tensione hanno valori pari a f_1=10V e f_2=20V, le resistenze sono pari a R_1=10Ω, R_2=20Ω, R_3=30Ω, R_4=40Ω, mentre la capacità del condensatore C è pari a *C*=16nF. Inizialmente l'interruttore T è aperto e si ha una situazione stazionaria nel circuito. Si determini in condizioni stazionarie qual è il modulo della carica *Q* sulle piastre del condensatore C. Successivamente viene chiuso l'interruttore e si raggiunge una nuova situazione stazionaria. Si determini qual è la variazione di carica sulle piastre del condensatore nel passare dalla prima alla seconda situazione stazionaria.

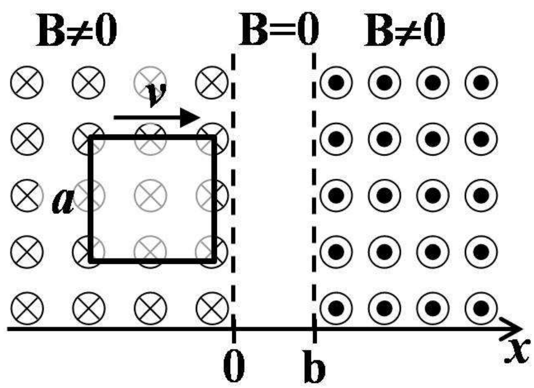


Problema 3

Sia data una spira conduttrice quadrata di lato *a* che viaggia in direzione orizzontale con velocità costante *v* mantenendo la propria orientazione e non soggetta a forze lungo la direzione verticale. La spira è disposta lungo il piano verticale e attraversa regioni con diversi campi magnetici perpendicolari alla spira (vedi figura). La prima regione per $x \leq 0$ ha un campo magnetico di modulo *B* ed entrante nel piano del foglio nella figura; quindi è presente una regione di larghezza $b<a$ in cui si ha campo magnetico nullo (B=0) per $0 \leq x \leq b$; infine una regione che si estende per $x \geq b$ in cui si ha campo magnetico di modulo *B* ed uscente dal piano del foglio. La spira inizialmente è del tutto immersa nella prima regione di campo magnetico (per $x \leq 0$).

Detta *R* la resistenza della spira, si determini la corrente indotta nella spira (modulo e verso) man mano che essa attraversa le tre regioni di campo magnetico, partendo dal semiasse negativo delle *x*. Supponendo che sia presente una forza esterna che mantiene la velocità della spira costante, si determini il lavoro meccanico totale compiuto da questa forza sulla spira per estrarla dalla regione con campo magnetico *B* entrante nel foglio e immergerla completamente nella regione con campo uscente dal foglio (ovvero tutta la spira si trova nella regione con $x \geq b$).

[Suggerimento: si divida il procedimento in tre parti: i) spira che non ha ancora raggiunto il campo magnetico uscente, ii) spira parzialmente immersa nel campo magentico entrante e in parte immersa nel campo magnetico uscente, iii) spira non più immersa nel campo magnetico entrante.]



Soluzione problema 1

La sbarretta in alto, con carica positiva, produce un campo elettrico uscente dalla sbarretta e, per motivi di simmetria, il campo prodotto nell'origine degli assi sarà parallelo all'asse y e diretto verso il basso. La sbarretta con carica negativa produce invece un campo elettrico entrante nella sbarretta e, per motivi di simmetria, il campo prodotto nell'origine degli assi sarà parallelo all'asse y e diretto verso il basso. Quindi il campo totale nell'origne degli assi è parallelo all'asse y e diretto verso la sbarretta con carica negativa. Il suo modulo sarà dato dalla somma dei moduli dei campi elettrici prodotti dalla sbarretta positiva e negativa.

Calcoliamo dapprima il campo elettrico prodotto dalla sbarretta con carica pari a $+2q$. Dato che la carica è distribuita in maniera uniforme lungo la sbarretta, possiamo suddividere la sbarretta in tanti elementi infinitesimi di lunghezza pari a dy e ciascuno con una carica pari a $dq=\lambda \cdot dy$, dove λ è la densità di carica lineare ($\lambda=2q/b$). Ciascun elemento dy dista y dall'origine degli assi e pertanto il modulo del campo elettrico infinitesimo dE_+ da esso generato sarà:

$$dE_+ = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dy}{y^2}$$

Integrando lungo la sbarretta si ottiene il valore del modulo del campo elettrico E_+ prodotto dalla sbarretta positiva:

$$E_+ = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_a^{a+b}\frac{dy}{y^2} = \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 b}\left[-\frac{1}{y}\right]_a^{a+b} = \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 b}\left[\frac{1}{a}-\frac{1}{a+b}\right] = \frac{2q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right]$$

Dato che il campo elettrico prodotto dalla sbarretta positiva è diretto verso il basso, si ha che:

$$E_+ = -\frac{2q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right]$$

Discorso analogo per la sbarretta negativa, dove però ora la densità di carica lineare $\lambda=-q/b$. Per il modulo del campo infinitesimo dE_- abbiamo che:

$$dE_- = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda dy}{y^2}$$

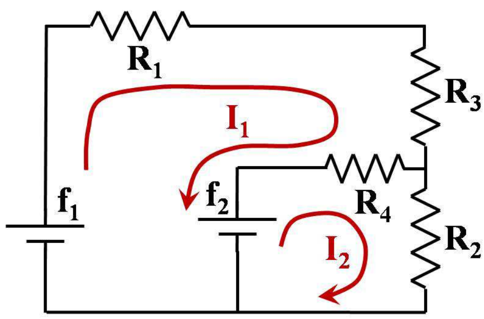
e integrando lungo la sbarretta si ottiene il modulo del campo elettrico generato dalla carica negativa:

$$E_- = \frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_{-(a+b)}^{-a}\frac{dy}{y^2} = \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 b}\left[-\frac{1}{y}\right]_{-(a+b)}^{-a} = \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 b}\left[\frac{1}{a}-\frac{1}{a+b}\right] = \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right]$$

Sommando i risultati ottenuti per E_+ ed E_- si ottiene il risultato cercato:

$$E_{TOT} = E_+ + E_- = -\frac{2q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right] - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right] = -\frac{3q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{a(a+b)}\right]$$

Soluzione problema 2



La differenza di potenziale ai capi del condensatore è data dalla caduta di potenziale che a regime si ha sulle resistenze R_3 e R_4. Applicando il metodo delle maglie possiamo calcolare quali sono le correnti circolanti nel circuito e quindi le cadute di potenziale sulle resisitenze. Quando l'interruttore è aperto, non si ha passaggio di corrente nè sul ramo dell'interruttore nè su quello del condensatore (il condensatore costituisce un tratto di circuito aperto). Si hanno allora nel circuito solo due maglie, in cui assumiamo che le correnti I_1 e I_2 circolino come in figura. Applicando il metodo delle maglie, scriviamo il seguente sistema di equazioni per le due maglie:

$$\begin{cases} f_1 - f_2 = I_1(R_1 + R_3 + R_4) - I_2 R_4 \\ f_2 = -I_1 R_4 + I_2(R_2 + R_4) \end{cases}$$

Sostituendo i valori numerici e risolvendo il sistema si ottiene che:

$$\begin{cases} 10\mathrm{V} - 20\mathrm{V} = I_1 \cdot 80\Omega - I_2 \cdot 40\Omega \\ 20\mathrm{V} = -I_1 \cdot 40\Omega + I_2 \cdot 60\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{1}{16}\mathrm{A} \\ I_2 = \dfrac{6}{16}\mathrm{A} \end{cases}$$

A questo punto possiamo calcolare la d.d.p. ΔV_C ai capi del condensatore come caduta di potenziale ai capi delle resistenze R_3 e R_4, tenendo conto che su R_4 circolano sia la corrente I_1 che I_2:

$$\Delta V_C = I_1(R_3 + R_4) - I_2 R_4 = -\frac{170}{16}\mathrm{V}$$

In condizioni stazionarie si ha allora la seguente carica Q_C sulle armature del condensatore:

$$Q_C = |C \cdot \Delta V_C| = 170\mathrm{nC}$$

Quando l'interruttore T viene chiuso, i due capi del condensatore risultano allo stesso potenziale, proprio perché la chiusura dell'interruttore li cortocircuita. Di conseguenza la nuova d.d.p. ΔV_C ai capi del condensatore è pari a zero e, nelle nuove condizioni stazionarie, sarà pari a zero anche la carica sulle piastre del condensatore. Quindi la variazione di carica sulle piastre del condensatore è:

$$\Delta Q_C = |0 - Q_C| = 170\mathrm{nC}$$

Soluzione problema 3

Detta x la posizione del lato destro della spira in figura, consideriamo l'intervallo di tempo in cui la spira non è ancora arrivata al campo magnetico uscente, ovvero per $0 \le x \le b$. In tale situazione il flusso $\Phi_1(B)$ del campo magnetico è dato da:

$$\Phi_1(B) = -Ba(a - x)$$

dove il segno meno di tiene conto del fatto che il campo magnetico è entrante nel foglio.

Quando la spira inizia ad entrare nella regione con campo magnetico uscente, ma non ha ancora abbandonato completamente la regione con campo magnetico entrante ($b \le x \le a$), il flusso $\Phi_2(B)$ è dato da:

$$\Phi_2(B) = +Ba(x - b) - Ba(a - x)$$

$$\Phi_2(B) = +2Bax - Ba(a + b)$$

dove i segni più e meno davanti ai campi magnetici tengono conto dei versi uscenti ed entranti nel foglio.

Quando la spira abbandona completamente la regione con campo magnetico entrante nel foglio, ma non è ancora completamente immersa nella regione con campo magnetico uscente ($a \le x \le a+b$), il flusso $\Phi_3(B)$ è dato da:

$$\Phi_3(B) = +Ba(x - b)$$

Da queste espressioni per i flussi dei campi magnetici possiamo ricavare mediante la legge di Faraday le forze elettromotrici indotte, f, nei tre intervalli:

$$f_1 = -\frac{d\Phi_1(B)}{dt} = -Ba\frac{dx}{dt} = -Bav$$
$$f_2 = -\frac{d\Phi_2(B)}{dt} = -2Ba\frac{dx}{dt} = -2Bav$$
$$f_3 = -\frac{d\Phi_3(B)}{dt} = -Bav$$

Il fatto che le forze elettromotrici indotte sono tutte concordi come segno significa che le correnti indotte nei tre intervalli hanno lo stesso verso. Nota la resistenza R della spira, applicando la legge di Ohm si ha la corrente indotta, I, nei tre intervalli:

$$|I_1| = \frac{|f_1|}{R} = \frac{Bav}{R}$$
$$|I_2| = \frac{|f_2|}{R} = \frac{2Bav}{R}$$
$$|I_3| = \frac{|f_3|}{R} = \frac{Bav}{R}$$

Per quanto riguarda il verso della corrente, dato che esso è lo stesso nei tre intervalli, è sufficiente determinarlo per il primo intervallo. Nel primo intervallo abbiamo la spira che abbandona la regione con campo magnetico entrante e quindi una diminuzione di flusso entrante. Per la legge di Lenz si instaura una corrente indotta che circola in senso orario nella figura, per cercare di compensare questa diminuzione di flusso entrante. Di conseguenza il verso della corrente è orario in figura per tutti e tre gli intervalli considerati.

Per calcolare il lavoro totale compiuto dalla forza esterna, prima di tutto calcoliamo la potenza meccanica richiesta per mantenere la spira con velocità costante nei tre intervalli. Nel primo di essi, man mano che la spira si muove verso destra si ha una corrente indotta (appena calcolata) e quindi si ha un'azione meccanica sulla spira dovuta al campo magnetico e alla presenza di corrente, in accordo con la formula $\mathbf{F_M}=I\mathbf{l}\times\mathbf{B}$. Tale forza agisce sugli elementi di spira ancora immersi nel campo magnetico, ma sono uguali e contrarie per quanto riguarda i lati della spira orizzontali, mentre per il lato della spira ancora immerso nella regione con campo magentico entrante si ha una forza risultante diretta verso sinistra in figura (ovvero che si oppone al moto della spira) il cui modulo è:

$$F_{M1} = I_1 aB = \frac{B^2a^2v}{R}$$

Nel secondo intervallo dobbiamo ripetere un ragionamento simile, ma ora abbiamo due lati della spira immersi in due regioni diverse di campo magnetico (per i lati orizzontali di nuovo abbiamo che le forze sono uguali e contrarie). Dato che la corrente gira in verso orario su tutta la spira e che abbiamo due direzioni opposte per il campo magnetico nelle due regioni, il prodotto vettoriale di $\mathbf{F_M}=I\mathbf{l}\times\mathbf{B}$ da' come risultato una forza che si oppone al moto della spira sia per il lato destro della spira che per quello sinistro. Abbiamo allore per la forza F_{M2}:

$$F_{M2} = I_2 aB + I_2 aB = 2I_2 aB = \frac{4B^2a^2v}{R}$$

Infine nel terzo intervallo abbiamo una forza risultante che agisce solo sul lato destro della spira (immerso nel campo magnetico uscente dal foglio) e che per il prodotto vettoriale si oppone al moto della spira:

$$F_{M3} = I_3 aB = \frac{B^2a^2v}{R}$$

Dalle forze appena determinate possiamo calcolare le potenze meccaniche fornite dall'esterno moltiplicando per la velocità v alla quale si muove la spira:

$$W_1 = F_{M1} v = \frac{B^2 a^2 v^2}{R}$$

$$W_2 = F_{M2} v = \frac{4B^2 a^2 v^2}{R}$$

$$W_3 = F_{M3} v = \frac{B^2 a^2 v^2}{R}$$

Infine per ottenere il lavoro totale svolto dall'esterno bisogna moltiplicare le potenze meccaniche per l'intervallo di tempo impiegato dalla spira ad attraversare le tre regioni $0 \leq x \leq b$, $b \leq x \leq a$, e $a \leq x \leq a+b$. Dato che la velocità è costante, per questi tre intervalli otteniamo i seguenti tempi:

$$0 \leq x \leq b \rightarrow t_1 = \frac{b-0}{v} = \frac{b}{v}$$

$$b \leq x \leq a \rightarrow t_2 = \frac{a-b}{v}$$

$$a \leq x \leq a+b \rightarrow t_3 = \frac{(a+b)-a}{v} = \frac{b}{v}$$

Infine il lavoro totale svolto dall'esterno sarà:

$$L_{TOT} = W_1 t_1 + W_2 t_2 + W_3 t_3 = \frac{B^2 a^2 v}{R}\left[b + 4(a-b) + b\right] = \frac{B^2 a^2 v}{R}\left[4a - 2b\right]$$

Alternativamente si potevano calcolare i lavori compiuti nei tre intervalli come prodotti di forze per spostamento e il lavoro risulta essere: $F_{M1} \cdot b + F_{M2} \cdot (a-b) + F_{M3} \cdot b$, arrivando allo stesso risultato.