Risultati esame scritto Fisica 2 - 15/07/2013
orali: 19-07-2013 alle ore 12.00 presso aula O

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

Nuovo ordinamento

		voto	
ARCIERI	MARTINA	17	ammesso
ATTRICE	MATTIA	13	
BARRESI	VINCENZO	13	
BIONDI	FILIBERTO	13	
BOVE	MARIA GIULIA	15	
CALDAROLA	CESARE	17	ammesso
CALDESI	LUCA FRANCESCO	14	
CARUSO	FRANCESCA	12	
CARVETTA	ANTONIO	13	
CASSANO	LUCIO	nc	
CATRAMBONE	ANGELINA	14	
CELIA MAGNO	MATTIA	14	
CERRA	GIOVANNI	14	
CLORO	MARTINA	18	ammesso
CORASANITI	SALVATORE	13	
CORSO	MARIANGELA	17	ammesso
COSTANTINO	LUCA	14	
CREDIDIO	ANDREA	10	
DOLCE	FABIOLA	11	
FUNARO	LUIGI	15	
FURFARO	ALBA	12	
GALUPPO	MANUEL	12	
GIACOBBE	SAHARA	12	
GRAZIANI	ADELE	14	
GRILLO	VINCENZO	12	
GUERRISE	MARCO	13	
IUELE	ERNESTO	12	
LETTIERI	FRANCESCO	12	
LO RUSSO	ANGELA	17	ammesso
LUCCHINO	GIAN MARCO	15	
LUMARE	ANGELA MOIRA	13	
MADIA	MARCO	18	ammesso
MAMONE	GIUSEPPE	12	
MANNARINO	DANIELE	15	
MARINO	FRANCESCA	15	
METE	PAOLA	nc	
MUSCI	CATERINA	14	
NESCI	FRANCESCA	13	
NICOLETTI	ROSSELLA	14	
OLIVERIO	MARTA	12	
PANELLA	DAVIDE	17	ammesso
PIPICELLI	ALESSANDRA	14	
PIRRONE	MATTIA	14	
PITITTO	MIRIANA	12	
PLUTINO	CLAUDIA	17	ammesso
PONTORIERO	MARIA GRAZIA	12	
PUCA	RENATO	nc	
PUGLIESE	FILOMENA	11	
PUTRONE	MICHELE	12	
RESTUCCIA	MARZIA	28	ammesso
ROMANO	PIERPAOLO	12	
ROTA	FRANCESCO	12	
SCALE	PAOLA	17	ammesso
SERGIO	FRANCESCO	15	
SOLLAZZO	AMALIA	11	
VESCIO	FRANCESCO	17	ammesso
VEZIO	VITTORIO	11	

Vecchio ordinamento

DE ROSE	18	ammesso
GUARNIERI	17	ammesso
MASCARO	16	ammesso

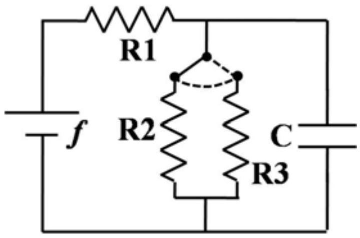
Per gli studenti del N.O.: possono sostenere l'esame di Fisica 2 solo gli studenti che hanno superato l'esame di Fisica 1

Esame di Fisica 2

Corso Interateneo di Ing. Informatica e Biomedica – 15/07/2013

Problema 1

Sia dato un generatore di tensione f, una capacità C, e tre resistenze, R_1, $R_2=2\cdot R_1$, $R_3=3\cdot R_1$, collegati come nel circuito rappresentato in figura. In particolare è presente un interruttore che commuta fra le resistenze R_2 e R_3. Inizialmente l'interruttore è in posizione tale da includere nel circuito R_2 e da escludere R_3; successivamente l'interruttore viene attivato, escludendo R_2 e includendo R_3 nel circuito. Si determini la variazione di carica ΔQ presente sul condensatore, esprimendo il risultato in funzione di f e C.



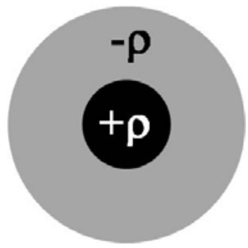
Problema 2

Sia data una sfera dielettrica di raggio R in cui è distribuita uniformemente una densità di carica positiva $+\rho$ per $r < r_1$ (con $r_1 < R$), mentre per $r > r_1$ si ha una distribuzione uniforme di carica negativa $-\rho$. Sapendo che la carica totale della sfera è nulla, si determini:

1) un'espressione per il valore di r_1 (in funzione di R);

2) un'espressione per il campo elettrico $E(r)$ in tutto lo spazio, internamente ed esternamente alla sfera (in funzione, oltre che di r, dei parametri del problema ρ ed R)

3) un'espressione per la differenza di potenziale ΔV fra il centro della sfera e la sua superficie esterna (in funzione dei parametri del problema ρ ed R), specificando dove si ha il potenziale maggiore.



Problema 3

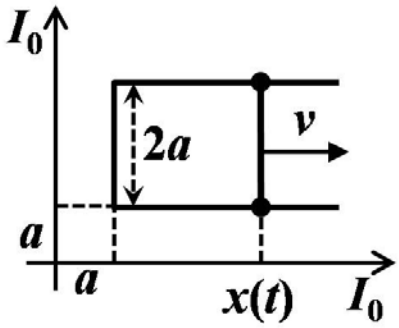
Sia dato un circuito a forma di U sui cui binari si può muovere liberamente senza attito una barretta conduttrice di lunghezza $2a$; tale barretta chiude il circuito con dei contatti striscianti e la resistenza totale del circuito è pari a R. A distanza a dal ramo fermo del circuito ad U (vedi figura) si trova un filo infinito percorso da corrente I_0, complanare al circuito e perpendicolare ai suoi binari. Supponendo che la barretta conduttrice libera di muoversi abbia velocità costante v, diretta verso destra in figura, si determini:

1) la corrente elettrica indotta nel circuito, indicando se gira in senso orario o antiorario in figura (giustificare tale risposta) [esprimere il risultato in funzione di I_0, a, R, v e della posizione x della barretta];

2) la forza esterna necessaria a mantenere costante la velocità della barretta, indicando se è diretta verso destra o sinistra in figura (giustificare tale risposta) [esprimere il risultato in funzione di I_0, a, R, v e x].

Si supponga che sia presente un altro filo infinito percorso da corrente I_0 diretto parallelamente ai binari del circuito ad U e complanare anch'esso al circuito, disposto sul lato inferiore del circuito in figura. La distanza fra tale filo e il circuito è anch'essa pari ad a, e la corrente in questo filo è diretta verso destra in figura.

3) Supponendo che all'istante iniziale $t=0$ la barretta che si muove con velocità v parta dal ramo fermo del circuito ad U, si determini per quale istante t la corrente indotta nel circuito cambia verso [esprimere il risultato in funzione di a e v].



Soluzione problema 1

Per calcolare la variazione di carica ΔQ sul condensatore C calcoliamo la carica iniziale Q_i presente su C e quella finale Q_f. Nella situazione iniziale il condensatore è collegato in parallelo con R_2, pertanto la d.d.p. ΔV ai capi di C è quella che si ha ai capi di R_2. La parte di circuito in cui circola corrente è costituita da una sola maglia, avente il generatore f, e le resistenze R_1 e R_2. Pertanto la legge di Ohm per tale maglia si scrive come:

$$f = (R_1 + R_2) \cdot I$$

$$I = \frac{f}{(R_1 + R_2)}$$

La d.d.p. ΔV ai capi di R_2 e di C sarà allora:

$$\Delta V = IR_2 = \frac{f \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$$

La carica iniziale Q_i risulta essere quindi:

$$Q_i = C \cdot \Delta V = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} Cf = \frac{2R_1}{(R_1 + 2R_1)} Cf = \frac{2}{3} Cf$$

Dopo aver commutato l'interruttore, la resistenza R2 è esclusa dal circuito e l'unica maglia in cui gira corrente è costituita dal generatore f e le resistenze R_1 e R_3. La corrente sarà ora:

$$f = (R_1 + R_3) \cdot I$$

$$I = \frac{f}{(R_1 + R_3)}$$

Da cui segue che la d.d.p. ΔV è la seguente:

$$\Delta V = IR_3 = \frac{f \cdot R_3}{(R_1 + R_3)}$$

La carica finale Q_f risulta essere quindi:

$$Q_f = C \cdot \Delta V = \frac{R_3}{(R_1 + R_3)} Cf = \frac{3R_1}{(R_1 + 3R_1)} Cf = \frac{3}{4} Cf$$

Per concludere la variazione di carica su C è data da $\Delta Q = Q_f - Q_i$:

$$\Delta Q = Q_f - Q_i = \frac{3}{4} Cf - \frac{2}{3} Cf = \frac{1}{12} Cf$$

Soluzione problema 2

Punto 1): all'interno della sfera di raggio r_1 si ha solo carica positiva $+\rho$, per cui la carica Q^+ racchiusa all'interno di $r < r_1$ è data da:

$$Q^+ = \frac{4}{3} \pi \rho r_1^3$$

Per $r > r_1$ si ha invece carica negativa Q^- racchiusa all'interno del guscio sferico con $r_1 < r < R$, la cui espressione è:

$$Q^- = -\frac{4}{3} \pi \rho \left(R^3 - r_1^3\right)$$

La carica totale della sfera, data dalla somma $Q^+ + Q^-$, deve essere nulla, da cui segue che:

$$0 = Q^+ + Q^- = \frac{4}{3}\pi\rho r_1^3 - \frac{4}{3}\pi\rho\left(R^3 - r_1^3\right) = \frac{4}{3}\pi\rho\left(r_1^3 - R^3 + r_1^3\right)$$

$$0 = \frac{4}{3}\pi\rho\left(2r_1^3 - R^3\right)$$

$$0 = 2r_1^3 - R^3$$

$$r_1^3 = \frac{R^3}{2} \rightarrow r_1 = \frac{R}{2^{1/3}}$$

Punto 2): data la simmetria radiale del problema, il campo elettrico può essere calcolato mediante il teorema di Gauss. Consideriamo inizialmente una superficie gaussiana sferica avente raggio $r > R$. La carica totale racchiusa al suo interno è nulla, da cui segue che:

$$4\pi r^2 E = 0 \rightarrow E = 0 \quad \text{per } r > R$$

Consideriamo ora una superficie gaussiana sferica avente raggio $r < r_1$; al suo interno è racchiusa solo carica positiva con densità $+\rho$, da cui seguer pe il teorema di Gauss:

$$4\pi r^2 E = \frac{4\pi r^3}{3\varepsilon_0}\rho$$

$$E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0} \quad \text{per } r < r_1 = \frac{R}{2^{1/3}}$$

Infine consideriamo una superficie gaussiana sferica avente raggio $r_1 < r < R$, che racchiude tutta la carica positiva e parte della carica negativa. Sempre per il teorema di Gauss, si ha che:

$$4\pi r^2 E = \frac{4\pi r_1^3}{3\varepsilon_0}\rho - \frac{4\pi}{3\varepsilon_0}\rho\left(r^3 - r_1^3\right)$$

$$Er^2 = \frac{\rho r_1^3}{3\varepsilon_0} - \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(r^3 - r_1^3\right)$$

$$Er^2 = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(2r_1^3 - r^3\right)$$

$$E = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{\left(2r_1^3 - r^3\right)}{r^2} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{\left(R^3 - r^3\right)}{r^2} \quad \text{per } r_1\left(= \frac{R}{2^{1/3}}\right) < r < R$$

Punto 3): Per la differenza di potenziale fra il centro della sfera e la sua superficie esterna, V_0-V_R, applichiamo la definizione di d.d.p. e integriamo il campo elettrico $E(r)$ trovato al punto 2) fra il centro e la superficie esterna:

$$V_0 - V_R = \int_0^R E(r)dr = \int_0^{r1}\frac{\rho r}{3\varepsilon_0}dr + \int_{r1}^R \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\frac{R^3}{r^2}dr - \int_{r1}^R \frac{\rho}{3\varepsilon_0}rdr$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left[\int_0^{r1} rdr + \int_{r1}^R \frac{R^3}{r^2}dr - \int_{r1}^R rdr\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left[\left.\frac{r^2}{2}\right|_0^{r1} + \left.\frac{R^3}{r}\right|_R^{r1} + \left.\frac{r^2}{2}\right|_R^{r1}\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left[\frac{r_1^2}{2} + \frac{R^3}{r_1} - R^2 + \frac{r_1^2}{2} - \frac{R^2}{2}\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left[r_1^2 + \frac{R^3}{r_1} - \frac{3R^2}{2}\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left[\frac{R^2}{2^{2/3}} + 2^{1/3}R^2 - \frac{3R^2}{2}\right] = \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\left[\frac{1}{2^{2/3}} + 2^{1/3} - \frac{3}{2}\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\left[\frac{2^{1/3} + 2^{4/3} - 3}{2}\right] = \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\left[\frac{2^{1/3}(1+2) - 3}{2}\right]$$

$$V_0 - V_R = \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\frac{3}{2}\left(2^{1/3} - 1\right) \approx 0.39 \cdot \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}$$

Dall'ultima espressione scritta si vede che V_0-V_R > 0, da cui segue che il potenziale è maggiore al centro della sfera rispetto alla superficie esterna.

Soluzione problema 3

Punto 1): il filo verticale produce un campo magnetico B_0 che gira in senso antiorario intorno al filo stesso, ed è pertanto entrante nel piano del circuito ad U (campo magnetico entrante nel piano del foglio in figura). Questo campo magnetico è inversamente proporzionale alla distanza x dal filo ed è dato da:

$$B_0 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi x}$$

Si consideri una sottile striscia verticale di circuito, di spessore dx trascurabile (e quindi B_0 è uniforme in tale striscia) e di altezza pari alla larghezza dei binari, $2a$. Il flusso infinitesimo $d\Phi(B)$ attraverso tale striscia è dato da:

$$d\Phi(B_0) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi x} 2a \cdot dx$$

Integrando fra la posizione iniziale del circuito a distanza a e la posizione finale, $x(t)$, dove si trova la sbarretta conduttrice che si muove a velocità v, si ottiene che:

$$\Phi(B_0) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \int_a^{x(t)} \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \cdot \ln\left(\frac{x}{a}\right)$$

Quest'ultima espressione dipende dal tempo, dato che x=$x(t)$, da cui segue per la legge dell'induzione di Faraday che la forza elettromotrice indotta, f_i, è pari a:

$$f_i = \frac{d\Phi(B_0)}{dt} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \frac{d}{dt}\left[\ln\left(\frac{x}{a}\right)\right] = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \frac{a}{x}\frac{d}{dt}\left(\frac{x}{a}\right) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \frac{a}{x}\frac{1}{a}\frac{dx}{dt}$$

$$f_i = \frac{2a\mu_0 I_0}{2\pi}\frac{v}{x}$$

Dato che il campo magnetico è entrante nel foglio e col moto della barretta aumenta il flusso di campo magnetico entrante nel foglio, per la legge di Lenz questa forza elettromotrice f_i cercherà di produrre un campo magnetico opposto (cioè uscente dal foglio) e pertanto genererà una corrente che circola in senso antiorario all'interno del circuito ad U. Il valore di tale corrente è per la legge di Ohm:

$$I = \frac{f_i}{R} = \frac{2a\mu_0 I_0}{2\pi R}\frac{v}{x}$$

Punto 2): dal momento in cui inizia a circolare corrente I all'interno del circuito, dato che esso è immerso nel campo magnetico generato dalla corrente I_0, si avrà la forza meccanica F_M di origine magnetica sugli elementi del circuito:

$$\mathbf{F_M} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B_0}$$

Dal prodotto vettoriale, dato il verso della corrente I e quello del campo B_0, segue che tale forza si oppone al moto verso destra della barretta, cioè F_M è diretta verso sinistra. E' necessaria quindi una forza uguale ed opposta applicata dall'esterno per mantenere costante la velocità v della barretta. Dato che $\mathbf{l}$ (su cui circola la corrente I) e $\mathbf{B_0}$ sono fra loro perpendicolari, la forza esterna F_{ext} avrà modulo pari a:

$$F_{ext} = I \cdot 2a \cdot B_0 = \frac{2a\mu_0 I_0}{2\pi R}\frac{v}{x} \cdot 2a \cdot \frac{\mu_0 I_0}{2\pi x} = \left(\frac{2a\mu_0 I_0}{2\pi}\right)^2 \frac{v}{R}\frac{1}{x^2}$$

Punto 3): Dato che sono presenti due fili, entrambi percorsi da corrente I_0, avremo due campi magnetici, B_0 (dovuto al filo verticale visto prima) e B_1 (dovuto al filo orizzontale). Entrambi questi campi magnetici sono perpendicolari al piano del foglio sul circuito a forma di U, ma B_0 è entrante e B_1 è uscente. Il flusso totale dei campi magnetici attraverso il circuito sarà pari alla somma dei flussi calcolati separatamente per i due campi magnetici. Allora per B_0 troviamo il risultato precedente:

$$\Phi(B_0) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} 2a \cdot \ln\left(\frac{x}{a}\right)$$

mentre per B_1 bisogna calcolare un integrale analogo al precedente per B_0, ma le striscie di circuito questa volta sono orizzontali e con spessore verticale infinitesimo dy:

$$d\Phi(B_1) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi y}(x-a) \cdot dy$$

$$\Phi(B_1) = \int d\Phi(B_1) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi}(x-a)\int_a^{3a}\frac{dy}{y} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi}(x-a)\ln(3)$$

Entrambi questi flussi variano con la posizione $x(t)$ della barretta conduttrice, per cui si hanno due forze elettromotrici indotte, $f_{i,0}$ (trovata prima) e $f_{i,1}$:

$$f_{i,0} = \frac{d\Phi(B_0)}{dt} = \frac{2a\mu_0 I_0}{2\pi}\frac{v}{x}$$

$$f_{i,1} = \frac{d\Phi(B_1)}{dt} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi}\ln(3) \cdot \frac{d}{dt}[x-a] = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} v \ln(3)$$

Dato che i campi magnetici B_0 e B_1 hanno verso opposto queste forze elettromotrici generano correnti con senso opposto, antiorario quella dovuta a $f_{i,0}$ e orario quella dovuta a $f_{i,1}$. La forza elettromotrice indotta totale sarà allora la differenza di $f_{i,0}$ e $f_{i,1}$:

$$f_i = f_{i,0} - f_{i,1} = \frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi}\left(\frac{2a}{x} - \ln 3\right)$$

Come si vede dal termine in parentesi tonde dell'ultima espressione, al variare di x varierà il verso della forza elettromotrice indotta f_i e della relativa corrente. Pertanto la corrente cambia verso nella posizione x che annulla il termine fra parentesi tonde:

$$\frac{2a}{x} - \ln 3 = 0$$

$$x = \frac{2a}{\ln 3}$$

Dato che la barretta si muove con velocità v e parte dalla posizione x=a, dalla legge oraria si ottiene che l'istante t per il quale si inverte la corrente è:

$$\frac{2a}{\ln 3} = a + v \cdot t$$

$$t = \left(\frac{2 - \ln 3}{\ln 3}\right)\frac{a}{v}$$