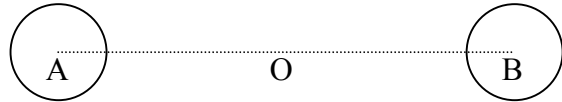


Facoltà di Ingegneria
Esame scritto di Fisica II
20-11-2001
Vecchio ordinamento

Esercizio n.1

Due piccole sfere conduttrici cariche, di uguale raggio R , poste con i centri ad una distanza d , si respingono con una forza di intensità F .

Se le due sfere sono portate a contatto e poi ridisposte nelle precedenti posizioni, la forza di repulsione risulta $k^2 F$.



Calcolare:

- le cariche iniziali e finali di ciascuna sfera
- i potenziali iniziali e finali di ciascuna sfera
- il valore del campo elettrico nel punto medio O della retta congiungente i centri A e B delle due sfere

Valori numerici: $R=0.1$ cm, $k=1.5$, $F=4 \cdot 10^{-5}$ N, $d=6$ cm ($\epsilon_o = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$)

Rispondere quindi alle seguenti domande:

1. Siano Q_1 e Q_2 le cariche iniziali delle due sfere; la forza F con cui le due sfere si respingono è

a. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ (*)

b. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{Q_1 Q_2}{(d + 2R)^2}$

c. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{Q_1 + Q_2}{d^2}$

d. $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{Q_1 Q_2}{(2R)^2}$

2. Quando le due sfere sono messe a contatto

- a. Le cariche su di esse si annullano
- b. Tutta la carica si concentra su una soltanto delle due sfere
- c. Il potenziale di ciascuna delle due sfere si annulla
- d. Il potenziale di una sfera diventa uguale a quello dell' altra (*)

3. Prima del contatto, la carica di una delle due sfere vale

- a. 100.24 nC
- b. 10.48 nC (*)
- c. 38.18 pC
- d. 54.91 nC

4. Prima del contatto, la carica dell' altra sfera (quella non considerata alla domanda 3) vale

- a. 1.53 nC (*)
- b. 75.47 nC
- c. 98.23 pC
- d. 103.08 nC

5. Prima del contatto il potenziale di una delle due sfere vale

- a. $9.4 \cdot 10^4$ V (*)
- b. $32.8 \cdot 10^4$ V
- c. $75.1 \cdot 10^4$ V
- d. $0.06 \cdot 10^4$ V

6. Prima del contatto il potenziale dell' altra sfera (quella non considerata alla domanda 5) vale

- a. $19.3 \cdot 10^4$ V
- b. $13.7 \cdot 10^4$ V
- c. $57.1 \cdot 10^4$ V
- d. $1.4 \cdot 10^4$ V (*)

7. Dopo il contatto il potenziale di una delle due sfere vale

- a. $9.4 \cdot 10^3 \text{ V}$
 - b. $5.4 \cdot 10^4 \text{ V (*)}$
 - c. $56.9 \cdot 10^4 \text{ V}$
 - d. $0.88 \cdot 10^4 \text{ V}$
8. Dopo il contatto il potenziale dell' altra sfera (quella non considerata alla domanda 7) vale
- a. $9.4 \cdot 10^3 \text{ V}$
 - b. $5.4 \cdot 10^4 \text{ V (*)}$
 - c. $56.9 \cdot 10^4 \text{ V}$
 - d. $0.88 \cdot 10^4 \text{ V}$
9. Il campo elettrico nel punto O, dopo il contatto, vale
- a. $0 \frac{N}{C} (*)$
 - b. $1.7 \cdot 10^2 \frac{N}{C}$
 - c. $1.7 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$
 - d. $1.7 \cdot 10^6 \frac{N}{C}$
10. Dopo il contatto il potenziale nel punto O vale
- a. $7.9 \cdot 10^3 \text{ V}$
 - b. $15.5 \cdot 10^4 \text{ V}$
 - c. $7.3 \cdot 10^3 \text{ V (*)}$
 - d. $0.1 \cdot 10^4 \text{ V}$

Esercizio n. 2

In una camera al buio una candela è posta a 1.50 m da una parete bianca. Una lente è posta tra la candela e la parete in una posizione per cui viene a formarsi sulla parete un' immagine della candela ingrandita e capovolta. Quando la lente viene spostata di 90 cm verso la parete, si forma un' altra immagine della candela.

Trovare:

- le due distanze oggetto che producono le immagini descritte in precedenza
- la lunghezza focale della lente
- calcolare l' ingrandimento e dire qual è l' orientamento della seconda immagine

Rispondere quindi alle seguenti domande:

11. La distanza oggetto-lente corrispondente alla prima immagine vale
 - a. 0.3 m (*)
 - b. 1.7 m
 - c. 0.8 m
 - d. 2.1 m
12. La distanza oggetto-lente corrispondente alla seconda immagine vale
 - a. 0.2 m
 - b. 5.7 m
 - c. 0.6 m
 - d. 1.2 m (*)
13. La lunghezza focale della lente vale
 - a. 0.01 m
 - b. 7.66 m
 - c. 0.24 m (*)
 - d. 2.51 m
14. L' ingrandimento vale (in modulo)
 - a. 10.8
 - b. 0.25 (*)
 - c. 0.02
 - d. 5.21
15. La seconda immagine è
 - a. Reale e dritta
 - b. Reale e capovolta (*)
 - c. Virtuale e dritta

d. Virtuale e capovolta

Esercizio n.3

Nella figura a fianco è rappresentato un circuito contenente due resistenze, R_1 ed R_2 , ed un' induttanza L .

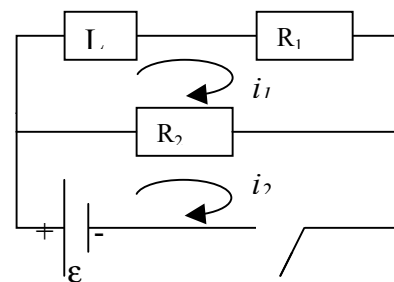
L' interruttore viene chiuso al tempo $t = 0$.

Calcolare i_1 ed i_2 in funzione del tempo e l' istante t_c in cui la corrente attraverso R_1 è uguale alla corrente attraverso R_2 .

Calcolare inoltre l' energia immagazzinata nell' induttanza all' istante t_c .

Valori numerici:

$\mathcal{E}=30 \text{ V}$, $L=5 \text{ H}$, $R_1=10 \Omega$, $R_2=20 \Omega$



Rispondere quindi alle seguenti domande:

16. Prendendo come verso positivo quello antiorario, la corrente i_1 ha la seguente espressione

a. $i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right) (*)$

b. $i_1 = -\frac{\mathcal{E}}{R_1} e^{-\frac{R_1}{L}t}$

c. $i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 + e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$

d. $i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{L}{R_1}t} \right)$

17. Prendendo come verso positivo quello antiorario, la corrente in R_2 ha la seguente espressione

a. $\frac{\mathcal{E}}{R_2} - \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$

b. $\frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$

c. $\frac{\mathcal{E}}{R_1 - R_2} \left(1 + e^{-\frac{L}{R_1}t} \right)$

d. $\frac{\mathcal{E}}{R_2} (*)$

18. Quando l' interruttore è chiuso la tensione ai capi di R_2 vale

a. $\mathcal{E} - \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$

b. $\mathcal{E} (*)$

c. $\frac{R_2 \mathcal{E}}{R_1 - R_2} \left(1 + e^{-\frac{L}{R_1}t} \right)$

d. $\mathcal{E} e^{-\frac{R_1}{L}t}$

19. $i_{R_1} = i_{R_2}$ all' istante

a. $t_c = 3.79 \text{ s}$

b. $t_c = 1.81 \text{ s}$

c. $t_c = 0.35 \text{ s} (*)$

d. $t_c = 5.21 \text{ s}$

20. L' energia immagazzinata nell' induttanza al tempo t_c risulta

- a. 5.63 J (*)
- b. 12.71 J
- c. 1.12 J
- d. 0.25 J

Altre domande

21. Uno studente, imprigionato nella cavità interna di un conduttore, segnala la propria presenza all' esterno agitando una bacchetta isolante carica. Il campo elettrico all' esterno del conduttore varia in funzione della posizione della bacchetta, rivelando la presenza dello studente.
 - a. Vero
 - b. Falso (*)
22. Il campo elettrico non può cambiare il modulo della velocità di una particella carica, ma soltanto la direzione
 - a. Vero
 - b. Falso (*)
23. La resistività di un metallo aumenta con l' aumentare della temperatura perché il moto degli elettroni è maggiormente ostacolato dall' agitazione termica degli ioni del reticolo cristallino
 - a. Vero (*)
 - b. Falso
24. Il momento di un dipolo ha intensità $p=3$ Cm e direzione e verso del campo \vec{E} . Quando l' intensità del campo vale 2 V/m , l' energia potenziale del dipolo è maggiore di quella che si ha quando il campo vale 5 V/m (supponendo che la disposizione sia identica nei due casi) .
 - a. Vero (*)
 - b. falso
25. Il campo elettrico all' interno di un dielettrico aumenta a causa della polarizzazione indotta
 - a. Vero
 - b. Falso (*)
26. Il campo elettrostatico nelle immediate vicinanze della superficie di un conduttore carico è ortogonale ad essa
 - a. Vero (*)
 - b. Falso
27. La costante di tempo (di carica/scarica) di un circuito RC raddoppia quando si raddoppia la resistenza e la capacità
 - a. Vero
 - b. Falso (*)
28. La f.e.m di una pila è la forza che spinge le cariche da un polo all' altro
 - a. Vero
 - b. Falso (*)
29. Un protone avente velocità \vec{v} entra in una regione con campo di induzione magnetica \vec{B} ortogonale a \vec{v} . La forza di Lorentz $\vec{f} = e\vec{v} \times \vec{B}$ devia il protone nella direzione antiparallela al campo.
 - a. vero
 - b. falso (*)
30. Una spira di forma qualsiasi percorsa da una corrente i ed immersa in un campo \mathbf{B} uniforme ha un momento magnetico di modulo $m = Ai$
 - a. vero (*)
 - b. falso
31. Il flusso di \mathbf{B} attraverso una qualunque superficie è sempre nullo.
 - a. vero
 - b. falso (*)
32. Le linee di forza del campo magnetico possono incrociarsi in un punto.
 - a. vero
 - b. falso (*)
33. Un ago magnetico avvicinato ad una spira inizialmente senza corrente viene attratto da essa
 - a. vero
 - b. falso (*)
34. Il campo magnetico all' interno di una bobina percorsa da una corrente i aumenta in intensità se all' interno della bobina viene inserito del ferro.
 - a. vero (*)
 - b. falso

35. Una barretta metallica si muove con velocità v su un piano ortogonale alle linee di forza di un campo di induzione magnetica uniforme \mathbf{B} . Se la velocità v è costante, gli estremi della barretta sono allo stesso potenziale.
- vero
 - falso (*)
36. La (auto)induttanza di una bobina non dipende dalla corrente che circola in essa.
- vero (*)
 - falso
37. Il campo magnetico al centro di una spira circolare percorsa da una corrente i costante è nullo
- vero
 - falso (*)
38. Un elettrone attraversa una regione con campo magnetico B . Il campo compie lavoro sull' elettrone, quindi l' energia cinetica dell' elettrone aumenta.
- vero
 - falso (*)
39. Due fili paralleli percorsi da correnti concordi si attraggono
- vero (*)
 - falso
40. Un condensatore è collegato ad un generatore di tensione costante (batteria). Se esso viene riempito con un dielettrico, l' intensità del campo al suo interno non varia.
- vero (*)
 - falso

Soluzione

Esercizio n.1

Siano Q_1 e Q_2 le cariche iniziali delle due sfere. La forza tra di esse è

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{d^2} \quad (1)$$

Quando le due sfere vengono poste a contatto, i loro potenziali diventano uguali e, essendo i raggi uguali, altrettanto avviene per le cariche. Ciascuna sfera ha quindi dopo il contatto una carica

$$Q_f = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

La forza di repulsione diviene quindi

$$F' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_f^2}{d^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{4d^2} = k^2 F \quad (2)$$

Dalla (1) e dalla (2) si ottiene

$$\begin{cases} Q_1 = d\sqrt{4\pi\epsilon_0 F} \left(k + \sqrt{k^2 - 1} \right) = 10,48nC \\ Q_2 = d\sqrt{4\pi\epsilon_0 F} \left(k - \sqrt{k^2 - 1} \right) = 1,53nC \end{cases}$$

Note le cariche si possono calcolare i potenziali che risultano inizialmente

$$\begin{cases} V_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R} = 9,4 \cdot 10^4 V \\ V_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R} = 1,4 \cdot 10^4 V \end{cases}$$

e dopo il contatto

$$V_{f1} = V_{f2} = \frac{Q_f}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{2R} = 5,4 \cdot 10^4 V$$

Dopo che le sfere si sono toccate, tenuto conto della simmetria del problema, si vede immediatamente che il campo elettrico in O è nullo; il potenziale è invece la somma del potenziale di ciascuna sfera e vale

$$V_f(O) = V_{f2} = \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 + Q_2}{d/2} = 7,3 \cdot 10^3 V$$

Esercizio n.2

Siano p e q la distanza oggetto e la distanza immagine rispettivamente.

Per la prima immagine si ha

$$p_1 + q_1 = 1.50m$$

per la seconda immagine invece risulta

$$p_2 + q_2 = 1.50m$$

con

$$p_2 = p_1 + 0.9m$$

Dall'equazione della lente sottile si ha inoltre

$$\begin{cases} \frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f} \\ \frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f} \end{cases}$$

dove f è la distanza focale.

Combinando le equazioni scritte sopra si ricava

$$\begin{cases} p_1 = 0.3m \\ p_2 = 1.2m \\ f = 0.24m \end{cases}$$

La seconda immagine è reale, capovolta e rimpicciolita con $M = \frac{-q_2}{p_2} = -0.25$

Esercizio n.3

Usiamo il metodo delle correnti circolanti come mostrato in figura.

La prima legge di Kirchhoff applicata alle due maglie del circuito dà

$$\begin{cases} \mathcal{E} - R_2 i_2 + R_2 i_1 = 0 \\ -L \frac{di_1}{dt} - R_1 i_1 + R_2 i_2 - R_2 i_1 = 0 \end{cases}$$

Sostituendo la prima equazione nella seconda, si ottiene un'equazione differenziale per i_1

$$L \frac{di_1}{dt} + R_1 i_1 = \mathcal{E}$$

che può essere risolta per separazione delle variabili

$$\frac{di_1}{\mathcal{E} - R_1 i_1} = \frac{dt}{L} \Rightarrow \int \frac{di_1}{\mathcal{E} - R_1 i_1} = \int \frac{dt}{L} \Rightarrow \ln(\mathcal{E} - R_1 i_1) = -\frac{t}{L} + C \Rightarrow \mathcal{E} - R_1 i_1 = K e^{-\frac{R_1}{L}t}$$

dove la costante $K = e^C$ si ricava imponendo la condizione iniziale $i_1=0$ a $t=0$ e risulta $K = \mathcal{E}$.

In definitiva

$$i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$$

i_2 invece è data da

$$i_2 = \frac{\mathcal{E} + R_2 i_1}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_2} + i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_2} + \frac{\mathcal{E}}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right)$$

La corrente in R_2 è $i_2 - i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_2}$ (risultato prevedibile perché quando si chiude l'interruttore la tensione ai capi di R_2 è

\mathcal{E}); la corrente in R_1 è i_1 .

La condizione di uguaglianza di i_1 ed i_2 permette di ottenere il tempo richiesto dal problema:

$$i_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t} \right) \Rightarrow t = -\frac{L}{R_1} \ln \frac{R_2 - R_1}{R_2}$$

Sostituendo i valori numerici si ottiene $t = 0.35s$.

L' energia immagazzinata nell' induttanza L vale $E = \frac{1}{2} Li_1^2 \Big|_{t=t_c} = \frac{1}{2} Li_2^2 = 5.625J$