

Facoltà di Ingegneria

Prova scritta di Fisica _____

Data: _____

Cognome: _____

Nome: _____

CdL/Matricola: _____ / _____

Aula: _____

Compito: _____

Per annullare la propria presenza a questa prova scrivere “RITIRATO” al rigo seguente:

.....

Modalità di svolgimento:

1. risolvere i problemi, il cui SVOLGIMENTO COMPLETO DEVE ESSERE RIPORTATO SUI FOGLI DI BELLA
2. successivamente, rispondere alle domande; alcune di esse si riferiscono ai problemi e prevedono 4 possibili risposte (tra le quali potrebbe anche non esserci quella giusta); altre domande sono in realtà affermazioni che possono essere vere o false.
3. alla fine, compilare il foglio a lettura ottica con i risultati di tutte le domande a cui si è riusciti a rispondere

Regole per lo svolgimento:

1. ***indicare subito*** su ogni foglio **Cognome, Nome , Data, CdL, Matricola, Aula e Compito**.
N.B.: Ad esempio, la matricola 06103/000527 corrisponde a C.d.L 6103 e Matr. 527 (sul foglio a lettura ottica annerire le caselle in successione, partendo dall’alto)
2. risolvere ciascun problema **COMMENTANDO OPPORTUNAMENTE I PASSAGGI**.
Soltanto dopo aver risolto gli esercizi, rispondere alle altre domande.
Se tra le risposte indicate non c’è quella che l’allievo ritiene corretta, le caselle relative sul foglio ottico non vanno annerite.
3. sforzarsi di risolvere almeno un problema prima di rispondere alle “altre domande”, di cui fornire, ai fini della valutazione, una breve spiegazione sul foglio di bella.

Elementi di valutazione:

1. **i compiti non corredati da calcoli numerici (ove richiesti) o costituiti da sole formule senza commenti o spiegazioni saranno penalizzati anche a fronte di risultati esatti.**
2. la mancata corrispondenza tra quanto scritto sulla bella e quanto riportato sul foglio a lettura ottica può dar luogo all’ annullamento delle risposte, ancorché giuste.

Consegna:

Inserire:

1. la traccia con tutte le altre fotocopie avute,
 2. il foglio a lettura ottica,
 3. la brutta copia dello svolgimento,
- nel foglio di bella e consegnare tutto in un unico plico.

Facoltà di Ingegneria
Prova scritta di Fisica II 20 giugno 2007 - Compito A

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T m}}{\text{A}}$$

Esercizio n. 1

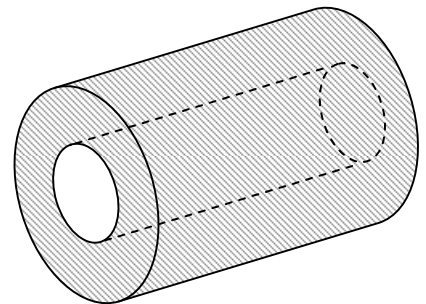
Il conduttore cilindrico cavo della figura è infinitamente lungo, ha raggi interno ed esterno rispettivamente R_1 ed R_2 ed è percorso assialmente da una corrente uniformemente distribuita sulla sua sezione. (Il cilindro di raggio R_1 è la parte cava del conduttore).

Si calcoli il campo magnetico $B(r)$ e la densità di energia magnetica, $u_M = \frac{B^2(r)}{2\mu_0}$, in funzione della distanza r

dall'asse del conduttore e si risponda alle seguenti domande:

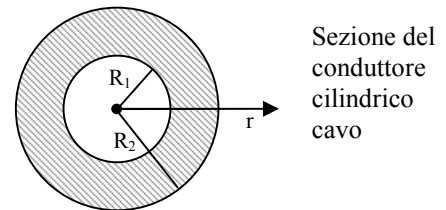
1. per $r > R_2$ il modulo del campo magnetico $B(r)$ ha la seguente espressione

- A. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{\pi r^2}$
- B. $B(r) = \mu_0 I \cdot 2\pi r$
- C. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} (*)$
- D. $B(r) = 0$



2. per $R_1 < r < R_2$ il modulo del campo magnetico $B(r)$ ha la seguente espressione

- A. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \frac{r^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} (*)$
- B. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
- C. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R_2^2 - R_1^2}$
- D. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r^2}{R_2^2 - R_1^2}$



3. per $r < R_1$ il modulo del campo magnetico $B(r)$ vale

- A. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{\pi r^2}$
- B. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R_2^2 - R_1^2}$
- C. $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
- D. $B(r) = 0 (*)$

4. per $r > R_2$ la densità di energia del campo magnetico u_M ha espressione

- A. $u_M = \frac{\mu_0 I^2}{\pi r^2}$
- B. $u_M = 0$

$$C. \quad u_M = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2} (*)$$

$$D. \quad u_M = \frac{I^2}{2\mu_0 r^2}$$

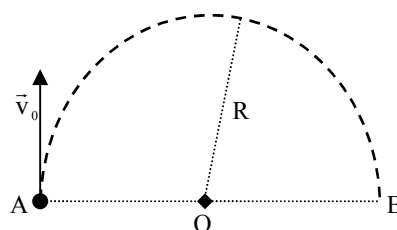
Esercizio n. 2

All'istante iniziale, $t = 0$, un elettrone passa per il punto A con velocità $v_0 = 10^7 \text{ m/s}$, diretta come mostrato in figura. Calcolare il modulo e la direzione del campo magnetico uniforme \vec{B} , che costringe l'elettrone a percorrere la traiettoria semicircolare dal punto A al punto B, avente raggio $R = 0.10 \text{ m}$ e mostrata in figura. Calcolare inoltre il tempo necessario all'elettrone per spostarsi da A a B e la sua velocità quando arriva nel punto B.

(Carica dell'elettrone (in valore assoluto) $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, massa dell'elettrone $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$).

Rispondere quindi alle seguenti domande:

5. il campo magnetico in O è
 - A. perpendicolare al foglio ed ha verso uscente
 - B. perpendicolare al foglio ed ha verso entrante (*)
 - C. parallelo al piano del foglio e diretto verso destra
 - D. parallelo al piano del foglio e diretto verso sinistra
6. il modulo del campo magnetico in O è
 - A. $B = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$
 - B. $B = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
 - C. $B = 0.7 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
 - D. $B = 5.7 \cdot 10^{-4} \text{ T} (*)$
7. il tempo T impiegato dall'elettrone per percorrere la semicirconferenza è
 - A. $T = 31.4 \text{ ns} (*)$
 - B. $T = 2.6 \mu\text{s}$
 - C. $T = 9.2 \mu\text{s}$
 - D. $T = 361 \text{ ns}$
8. la velocità v dell'elettrone nel punto B ha modulo pari a
 - A. $v = 0 \text{ m s}^{-1}$
 - B. $v = 10^{+7} \text{ m s}^{-1} (*)$
 - C. $v = 2.5 \cdot 10^{+7} \text{ m s}^{-1}$
 - D. $v = 7.1 \cdot 10^{+7} \text{ m s}^{-1}$



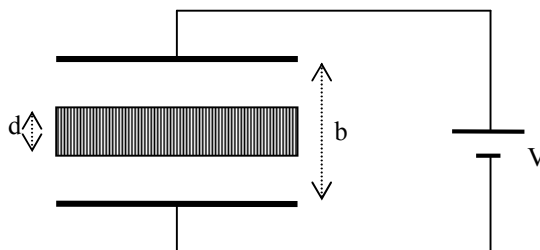
Esercizio n. 3

Un condensatore ad armature piane e parallele, distanti b e area A , è collegato ad una batteria che eroga una tensione V costante, come in figura. Inizialmente la regione tra le armature è vuota.

Determinare, in questa configurazione, il modulo del campo elettrostatico tra le armature e la carica su di esse.

Successivamente, una lastra di rame di spessore d viene inserita al centro tra le armature (vedi figura).

Determinare, in questa nuova configurazione, il campo elettrostatico nella regione vuota, al di sopra e al di sotto la lastra di rame, e calcolare la capacità del dispositivo così realizzato.



Rispondere, quindi, alle seguenti domande:

9. Nella configurazione senza la lastra metallica, nello spazio tra le armature il campo elettrostatico del condensatore ha modulo
 - A. $E = \varepsilon_0 b V$
 - B. $E = \frac{V}{b} (*)$
 - C. $E = \frac{1}{V}$

$$D. \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{b^2}$$

10. Nella configurazione senza la lastra metallica inserita, la carica Q sulle armature del condensatore ha modulo

$$A. \quad Q = \frac{\epsilon_0 A}{b} V (*)$$

$$B. \quad Q = \frac{\epsilon_0 A}{bV}$$

$$C. \quad Q = \epsilon_0 bV$$

$$D. \quad Q = \frac{A}{4\pi\epsilon_0 b}$$

11. Dopo l'inserimento della lastra metallica, il campo elettrostatico nello spazio vuoto tra le armature e la lastra di rame ha modulo

$$A. \quad E = \frac{V}{b}$$

$$B. \quad E = 2 \frac{V}{b}$$

$$C. \quad E = \frac{V}{b+d}$$

$$D. \quad E = \frac{V}{b-d} (*)$$

12. Con la lastra di rame inserita, il condensatore ha capacità

$$A. \quad C = 2 \frac{\epsilon_0 A}{b}$$

$$B. \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C. \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{b-d} (*)$$

$$D. \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{b}$$

13. Durante l'inserimento della lastra la carica sulle armature del condensatore

A. Rimane invariata

B. Aumenta (*)

C. Diminuisce

D. Cambia segno

Esercizio n. 4

Due bobine di forma geometrica data si trovano in posizioni spaziali determinate.

Si considerino, allora, i seguenti casi:

- 1) la bobina 1 non è collegata ad alcun generatore di f.e.m. e quindi non è percorsa da corrente, mentre la bobina 2 è percorsa da una corrente, variabile nel tempo, che aumenta con un incremento di 15 A/s. Conseguentemente la f.e.m. indotta nella bobina 1 è pari a 25 mV. Calcolare il coefficiente di mutua induzione M tra le due bobine.
- 2) la bobina 2 non è percorsa da corrente mentre nella bobina 1 circola una corrente di 3.60 A. Calcolare in tale caso il flusso magnetico concatenato con la bobina 2.

Rispondere quindi alle seguenti domande:

14. Il coefficiente di mutua induzione M tra le due bobine vale

$$A. \quad M = 10.3 \text{ mH}$$

$$B. \quad M = 1.7 \text{ mH} (*)$$

$$C. \quad M = 54.3 \text{ H}$$

$$D. \quad M = 738 \text{ } \mu\text{H}$$

15. Nel caso in cui la bobina 2 non è percorsa da corrente mentre nella bobina 1 circola una corrente di 3.60 A, il flusso magnetico concatenato Φ con la bobina 2 vale:
- $\Phi = 5.98 \text{ mWb} (*)$
 - $\Phi = 0.32 \text{ mWb}$
 - $\Phi = 7.01 \text{ Wb}$
 - $\Phi = 1.44 \text{ }\mu\text{Wb}$

Altre domande

16. Per un conduttore, in condizioni di equilibrio elettrostatico, all'esterno il campo elettrostatico in un punto molto vicino alla sua superficie, caratterizzata dalla densità di carica superficiale σ , risulta :

- ortogonale alla superficie del conduttore ed ha modulo pari a $\frac{\sigma}{\epsilon_0} (*)$
- ortogonale alla superficie del conduttore ed ha modulo pari a $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
- parallelo alla superficie del conduttore ed ha modulo pari a $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
- parallelo alla superficie del conduttore ed ha modulo pari a $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$

17. Un campo vettoriale \vec{E} è conservativo se e solo se

- $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 (*)$
- $\vec{\nabla} E = 0$
- $\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) = 0$
- $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$

18. Un campo vettoriale \vec{B} è solenoidale in tutti i punti dello spazio se risulta che:

- $\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0$, con Γ linea chiusa qualsiasi
- $\vec{\nabla} \wedge \vec{B} = 0$
- $\vec{\nabla} B = 0$
- $\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$, con A superficie chiusa qualsiasi (*)

19. Un sistema di tre cariche puntiformi, $q_1 = 2q_2 = q_3 = q$, poste ai vertici di un triangolo equilatero di lato d , possiede energia potenziale elettrostatica U pari a:

- $U = \frac{5}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d}$
- $U = \frac{3}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d}$
- $U = \frac{1}{3\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d}$
- $U = \frac{9}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2}$

20. Due fili rettilinei paralleli, infinitamente lunghi, sono percorsi da correnti stazionarie discordi. Tra i due fili si manifesta una azione meccanica reciproca:

- nulla
- di tipo attrattivo
- di tipo repulsivo (*)
- parallela alla loro direzione

21. All'interno di un mezzo dielettrico, immerso in un campo elettrostatico esterno, a causa della polarizzazione indotta, il valore del campo elettrostatico interno, rispetto a quello esterno, risulta
- Maggiore
 - Minore (*)
 - Identico
 - Nessuna delle precedenti risposte

22. Sia \vec{f} la forza di Lorentz agente su una carica positiva che si muove con velocità \vec{v} in un campo magnetico \vec{B} . Tra le seguenti terne rappresentanti \vec{B} , \vec{v} , ed \vec{f} , indicare la rappresentazione corretta

- Fig 1
- Fig 2
- Fig 3
- Fig 4 (*)

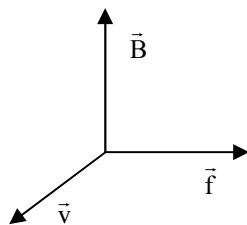


Fig. 1

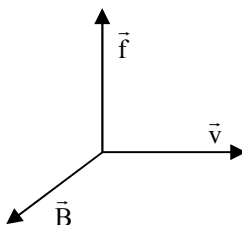


Fig. 2

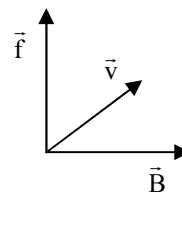


Fig. 3

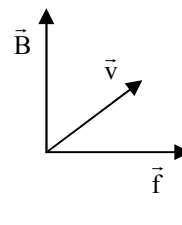


Fig. 4

23. Un magnete è fermo all'interno di un solenoide. Il solenoide
- è percorso da una corrente indotta
 - non è percorso da una corrente indotta (*)
 - è percorso da una corrente di spostamento
 - è percorso da una corrente indotta ed una corrente di spostamento
24. Una spira rigida di forma quadrata di lato L , massa M e resistenza R , viene fatta cadere dalla quota H , secondo la direzione dell'accelerazione di gravità. Se nello spazio esiste un campo magnetico uniforme diretto orizzontalmente, ovvero perpendicolarmente al piano individuato dalla spira, avviene che:
- La spira è percorsa da una corrente indotta
 - La spira non è percorsa da una corrente indotta (*)
 - La spira è percorsa da una corrente di spostamento
 - La spira è percorsa da una corrente indotta ed una corrente di spostamento

25. Nel caso del quesito precedente:

- La corrente indotta vale: $I_{indotta} = \frac{BL^2}{RT}$, con T tempo di caduta.
- La corrente indotta vale: $I_{indotta} = 0$ (*)
- La corrente indotta vale: $I_{indotta} = \frac{TBL^2}{R}$, con T tempo di caduta.
- La corrente indotta vale: $I_{indotta} = \frac{RBL^2}{T}$, con T tempo di caduta

26. Due condensatori, rispettivamente di capacità C_1 e C_2 , collegati in serie, sono equivalenti ad un singolo condensatore di capacità

- $C_1 + C_2$
- $C_1 - C_2$
- $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (*)
- $\frac{C_1 C_2}{C_1 - C_2}$

27. 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.
 - rimane costante e non rivela quindi la presenza dello studente (*)
 - varia se la bacchetta viene agitata orizzontalmente e solo in questo caso rivela la presenza dello studente.
 - varia se la bacchetta viene agitata verticalmente e solo in questo caso rivela la presenza dello studente.

28. Calcolare il flusso Φ del campo elettrostatico E uscente da una superficie gaussiana sferica A , avente raggio $R = 10$ cm e centro O nella posizione occupata dalla carica positiva, $q = 1$ nC, costituente un dipolo elettrostatico di momento di dipolo P , $P = 10^{-15}$ C · m:
- A. $\Phi = 0$ (*).
 - B. $\Phi = 1.4 \cdot 10^{-12}$ V · m
 - C. $\Phi = 3.7 \cdot 10^{-15}$ V · m
 - D. $\Phi = 4.8 \cdot 10^{-13}$ V · m
29. Calcolare il flusso Φ del campo magnetico B , uscente da una superficie chiusa cilindrica A , di raggio di base $R = 5$ cm, altezza $L = 10$ cm, e coassiale con un filo conduttore rettilineo di lunghezza L , percorso dalla corrente $I = 10$ nA.
- A. $\Phi = 1.4 \cdot 10^{-12}$ Wb
 - B. $\Phi = 3.7 \cdot 10^{-15}$ Wb
 - C. $\Phi = 4.8 \cdot 10^{-13}$ Wb
 - D. $\Phi = 0$ (*).
30. All'interno di un condensatore, vuoto, con armature piane e parallele, collegato ad una batteria erogante una tensione V costante, il campo elettrostatico vale:
- A. $E = 0$
 - B. $E = V/d$, dove d è la distanza fra le armature (*)
 - C. $E = Vd$, dove d è la distanza fra le armature
 - D. $E = \epsilon_0 A/d$, dove d è la distanza fra le armature ed A la loro area.

Soluzione

Esercizio n. 1

Vista la simmetria del problema, il calcolo del modulo del campo magnetico è particolarmente semplice se si applica il teorema di Ampère. Le linee di forza del campo sono delle circonferenze con centro sull'asse del conduttore cavo, quindi

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B 2\pi r = \mu_0 I_{ch} \rightarrow B = \frac{\mu_0 I_{ch}}{2\pi r}$$

con I_{ch} corrente concatenata alla linea amperiana, che è conveniente scegliere coincidente con una linea di forza del campo, cioè come una circonferenza di raggio r e centro sull'asse del conduttore cavo.

Per $r > R_2$

$$I_{ch} = I \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

per $R_1 < r < R_2$

$$I_{ch} = I \frac{r^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \frac{r^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}$$

per $r < R_1$

$$I_{ch} = 0 \rightarrow B = 0$$

A distanza $r > R_2$ la densità di energia del campo magnetico vale $u = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2}$.

Esercizio n. 2

La forza che agisce sull'elettrone è una forza centrale rivolta verso il punto O, centro della semicirconferenza. Il campo magnetico è perpendicolare a tale forza e alla velocità \vec{v}_0 , quindi è ortogonale al piano che contiene questi due vettori, cioè al foglio. Con la regola della mano destra si può ricavare il verso - entrante - del campo.

Dalla relazione $R = \frac{mv}{qB}$, che fornisce il raggio di curvatura di una particella in un campo magnetico uniforme perpendicolare alla sua velocità iniziale, si ha

$$B = \frac{mv}{qR} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \times 10^7 \text{ m/s}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.1 \text{ m}} = 5.7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{Cs}} = 5.7 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

Il campo magnetico cambia la direzione della velocità ma non il suo modulo; il moto dell'elettrone è quindi (semi)circolare uniforme. Il tempo per percorrere la semicirconferenza è

$$t = \frac{\pi R}{v_0} = \frac{3.14 \times 0.1 \text{ m}}{10^7 \text{ m/s}} = 3.14 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 31.4 \text{ ns}$$

Esercizio n. 3

Senza lastra inserita, il campo elettrico tra le lastre del condensatore ha modulo $E_0 = V/b$ e la carica accumulata sulle

armature risulta $Q = C_0 V = \frac{\epsilon_0 A}{b} V = \epsilon_0 A E_0$.

Il campo elettrico nelle due regioni tra le armature e la lastra metallica è lo stesso (basta applicare il teorema di Coulomb per convincersene); il campo elettrico all'interno della lastra metallica è nullo.

Negli spazi lastra-armatura, il modulo del campo elettrico è

$$E(b-d) = V \rightarrow E = \frac{V}{b-d}$$

Dopo l'inserimento della lastra, il condensatore può essere considerato come un insieme di due condensatori in serie, con spaziatura tra le armature d_1 e d_2 rispettivamente (con $d_1 + d_2 = b-d$).

Quindi la capacità cercata vale

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{d_1}{\epsilon_0 A} + \frac{d_2}{\epsilon_0 A} = \frac{b-d}{\epsilon_0 A} \rightarrow C = \frac{\epsilon_0 A}{b-d}$$

Poiché la ddp V tra le armature rimane costante, mentre la capacità del condensatore aumenta, la carica sulle armature aumenta.

Esercizio n. 4

Basta applicare la definizione di mutua induttanza: $\Phi_{1(2)} = M i_{2(1)} \rightarrow \text{fem}_{1(2)} = -M \frac{di_{2(1)}}{dt}$.

Dai dati del problema segue $|\text{fem}_1| = M \frac{di_2}{dt} \rightarrow M = \frac{|\text{fem}_1|}{di_2/dt} = 1.67\text{mH}$ e $\Phi_2 = M i_1 = 5.98\text{mWb}$.