

Facoltà di Ingegneria
 Prova in itinere di FISICA II
 28-06-2002 compito B

Esercizio n.1

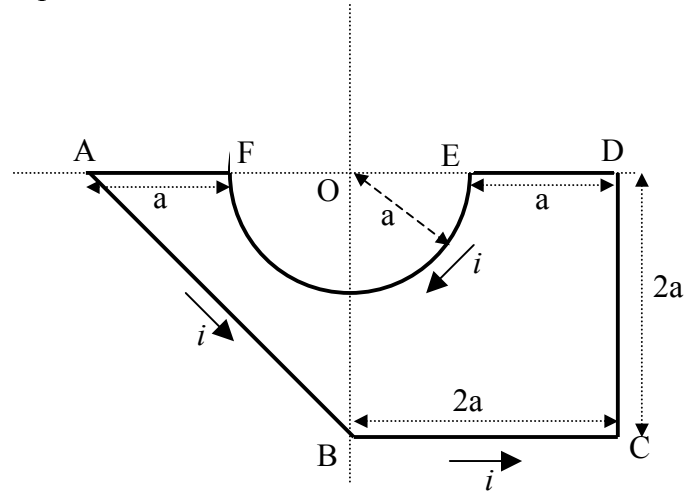
Nella spira mostrata in figura circola in senso antiorario una corrente $i=1\text{A}$.

Calcolare:

- il campo magnetico \vec{B} nel punto O (centro della semicirconferenza, vedi figura)
- il momento magnetico \vec{m} della spira

($a=10\text{cm}$, $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$)

Rispondere quindi alle seguenti domande:



1. il campo magnetico in O dovuto alla corrente nel filo FA ha modulo
 - A. $\frac{\mu_o i}{2\pi a}$
 - B. $\frac{\mu_o i}{2\pi a^2}$
 - C. $\frac{\mu_o i}{4\pi a}$
 - D. 0 (*)
2. il campo magnetico in O dovuto alla corrente nel filo CD ha modulo
 - A. $\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
 - B. $\frac{\mu_o i}{4a}$
 - C. $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{\mu_o i}{\pi a}$ (*)
 - D. 0
3. il campo magnetico in O dovuto alla corrente nel filo AB ha modulo
 - A. $\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
 - B. $\frac{\mu_o i}{4\pi a}$ (*)
 - C. $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
 - D. 0
4. il campo magnetico nel punto O dovuto alla corrente nella semicirconferenza di raggio a ha modulo
 - A. $\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\mu_o i}{a}$
 - B. $\frac{\mu_o i}{4\pi a}$
 - C. $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
 - D. $\frac{\mu_o i}{4a}$ (*)

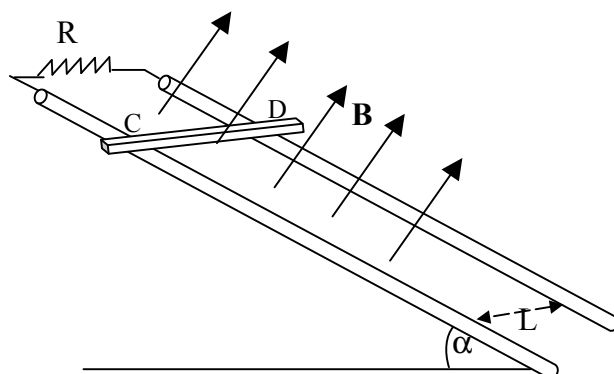
5. il campo magnetico nel punto O dovuto alla corrente nella spira ha modulo
 - A. $0.02 \mu\text{T}$
 - B. $1.43 \mu\text{T}$ (*)
 - C. $85.32 \mu\text{T}$
 - D. $10.04 \mu\text{T}$
6. il campo magnetico \vec{B} nel punto O dovuto alla corrente nella spira è
 - A. ortogonale al foglio ed uscente
 - B. ortogonale al foglio ed entrante (*)
 - C. parallelo al foglio ed orientato verso destra
 - D. parallelo al foglio ed orientato verso sinistra
7. il momento magnetico della spira vale
 - A. 6.041 Am^2
 - B. 13.008 Am^2
 - C. 35.771 Am^2
 - D. 0.0443 Am^2 (*)
8. il momento magnetico \vec{m} della spira è
 - A. ortogonale al foglio ed uscente (*)
 - B. ortogonale al foglio ed entrante
 - C. parallelo al foglio ed orientato verso destra
 - D. parallelo al foglio ed orientato verso sinistra

Esercizio n. 2

Un campo magnetico \vec{B} è perpendicolare al piano individuato da due fili paralleli, cilindrici e conduttori, distanti L l'uno dall'altro e di resistenza trascurabile (vedi figura). Il piano è inclinato di un angolo α rispetto all'orizzontale. I due fili cilindrici sono collegati nella parte superiore da un filo conduttore di resistenza R (vedi figura). Una sbarretta conduttrice di massa m scivola senza attrito sui fili cilindrici, restando sempre parallela al filo di resistenza R . Trascurando l'autoinduzione, si scriva l'equazione del moto della sbarretta e si determini il valore della sua velocità limite.

Rispondere quindi alle seguenti domande:

(v è la velocità della sbarretta CD lungo il piano inclinato)



9. la corrente indotta nella spira formata dal filo di resistenza R , dai due fili cilindrici e dalla sbarretta mobile CD vale
 - A. $I = \frac{BLv}{R}$ e circola in senso orario (da D verso C) (*)
 - B. $I = \frac{BLv}{R}$ e circola in senso antiorario (da C verso D)
 - C. $I = \frac{BR}{Lv}$ e circola in senso orario (da D verso C)
 - D. $I = \frac{BR}{Lv}$ e circola in senso antiorario (da C verso D)
10. la componente parallela al piano inclinato della forza totale agente sulla sbarretta CD ha modulo
 - A. $mg \sin \alpha$
 - B. $mg \sin \alpha + BLI \cos \alpha$
 - C. $mg \sin \alpha - BLI \sin \alpha$
 - D. $mg \sin \alpha - BLI$ (*)
11. l'accelerazione della sbarretta lungo il piano inclinato è
 - A. nulla
 - B. costante e diversa da zero
 - C. funzione lineare della velocità (*)
 - D. funzione lineare della posizione

12. col trascorrere del tempo, la velocità della sbarretta CD tende al valore limite

- A. $\frac{mB^2 L^2 \operatorname{tg} \alpha}{gR}$
 B. $\frac{mgR \sin \alpha}{B^2 L^2} (*)$
 C. 0
 D. $g \sin \alpha$

13. quando la sbarretta CD si muove con velocità limite v_L , la potenza dissipata dalla corrente indotta vale

- A. 0
 B. $\frac{B^2 v_L^2 \sin \alpha}{R}$
 C. $\frac{R v_L}{B^2 L^2}$
 D. $\frac{B^2 L^2 v_L^2}{R} (*)$

14. se al posto della resistenza R ci fosse stata una capacità C, il moto della sbarretta lungo il piano inclinato sarebbe avvenuto con accelerazione di modulo

- A. 0
 B. $\frac{g \sin \alpha}{BLv}$
 C. $\frac{mg \sin \alpha}{m + CB^2 L^2} (*)$
 D. $mg \sin \alpha - CB^2 L^2 v$

Esercizio n. 3

Un filo rettilineo indefinito è percorso da una corrente $I = I_o \sin(\omega t + \phi)$ e giace in un piano in cui è collocata una bobina rettangolare di N spire (vedi figura).

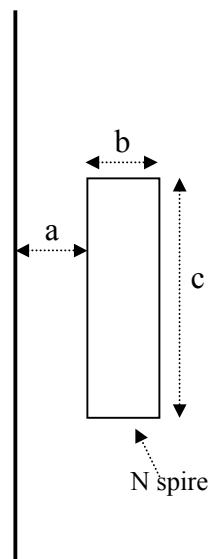
Determinare:

- il valore assoluto della f.e.m. indotta nella bobina dal campo magnetico prodotto dalla corrente nel filo rettilineo
- il coefficiente di mutua induzione tra il filo e la bobina
- l'energia dissipata per effetto Joule nella bobina nel tempo T se la bobina ha resistenza (totale) R

Valori numerici:

- $\omega = 200 \pi \text{ s}^{-1}, \phi = \pi, I_o = 50 \text{ A}$
- N=100
- a=b=5 cm, c=20 cm
- $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.01 \text{ s}$
- $R = 100 \Omega$

(Si trascuri lo spessore della bobina nella direzione ortogonale al foglio e l'autoinduzione. Potrebbe inoltre essere utile la formula $\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$)



Rispondere quindi alle seguenti domande:

15. il campo magnetico prodotto dalla corrente nel filo indefinito, a distanza r dal filo, vale:

- A. 0
 B. $\frac{\mu_o i}{4\pi r}$
 C. $\frac{\mu_o i}{2\pi r} (*)$
 D. $\frac{\mu_o i}{2r^2}$

16. il flusso del campo magnetico generato dalla corrente nel filo indefinito attraverso la bobina vale

- A. $\frac{\mu_o c}{2\pi N} I_o \cos(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$
- B. $\frac{\mu_o N c}{2\pi} I_o \sin(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) (*)$
- C. $\frac{\mu_o N c}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$
- D. $\frac{\mu_o N}{2\pi c} I_o \sin(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a}{a+b}\right)$

17. la fem indotta nella bobina ha valore assoluto

- A. 0
- B. $\frac{\mu_o N c}{2\pi} \omega I_o \cos(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) (*)$
- C. $\frac{\mu_o N}{2\pi c} I_o \cos(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a}{a+b}\right)$
- D. $\frac{\mu_o N c}{2\pi \omega} I_o \cos(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{b}{a+b}\right)$

18. il coefficiente di mutua induzione M tra il filo e la bobina ha valore

- A. $81.77 \mu H$
- B. $5.24 mH$
- C. $10.32 mH$
- D. $2.77 \mu H (*)$

19. l'energia dissipata nella resistenza R nel tempo T vale

- A. $76.1 \mu J$
- B. $0.38 \mu J (*)$
- C. $16.4 \mu J$
- D. $5.31 \mu J$

Altre domande

20. La forza di interazione per unità di lunghezza tra due fili rettilinei, indefiniti e paralleli, distanti d, percorsi da correnti i_1 e i_2 rispettivamente, ha intensità: $\frac{\mu_o i_1 i_2}{2\pi d}$.

- A. Vero(*)
- B. Falso

21. Una particella carica si muove con velocità v parallelamente ad un filo rettilineo indefinito percorso da corrente. La forza di Lorentz agente su di essa è nulla.

- A. Vero
- B. Falso(*)

22. Una spira rettangolare percorsa da corrente in un campo magnetico uniforme **B** si orienta in modo che il piano da essa definito sia ortogonale alle linee di forza del campo

- A. Vero (*)
- B. Falso

23. La costante di tempo (di carica/scarica) di un circuito RC raddoppia quando si raddoppia la resistenza e la capacità

- A. Vero
- B. Falso (*)

24. Un pezzo di ferro non magnetizzato viene immerso in una bobina. Il campo magnetico B_o della bobina, inizialmente nullo, viene fatto aumentare fino a raggiungere il valore di 10T e poi viene di nuovo riportato al valore iniziale (nullo). La magnetizzazione del pezzo di ferro viene quindi misurata e risulta nulla.

- A. Vero
- B. Falso (*)

25. L'induttanza di un cavo coassiale aumenta se si aumenta il raggio del conduttore esterno lasciando invariato il raggio del conduttore interno.
 A. Vero (*)
 B. Falso
26. Un campo magnetico variabile nel tempo induce un campo elettrico non conservativo
 A. Vero (*)
 B. Falso
27. Un campo elettrico variabile nel tempo induce un campo magnetico solenoidale
 A. Vero (*)
 B. Falso
28. La corrente di spostamento ha origine atomica, essendo dovuta al moto degli elettroni intorno al nucleo
 A. Vero
 B. Falso (*)
29. L'induttanza per unità di lunghezza L di una solenoide ideale di sezione A è pari a $L = \frac{\mu_0 n^2}{A}$ dove n è la densità lineare di spire
 A. Vero
 B. Falso (*)
30. La 3^a equazione di Maxwell (legge di induzione di Faraday-Neumann-Lenz) dice che $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}$ e quindi conferma che il campo elettrico non è in generale conservativo
 A. Vero (*)
 B. Falso
31. Il lavoro (esterno) necessario per ruotare di 180° una spira avente momento di dipolo magnetico μ originariamente allineato con il campo magnetico è $2\mu B$ (con B intensità del campo magnetico)
 A. Vero (*)
 B. Falso
32. Una particella carica con massa m e carica q che si muove con velocità v perpendicolare al campo magnetico \mathbf{B} percorre un cerchio di raggio $r = \frac{qB}{mv}$
 A. Vero
 B. Falso (*)
33. La differenza di potenziale alle estremità di una batteria può essere maggiore della forza elettromotrice della batteria
 A. Vero
 B. Falso (*)
34. Il principio di sovrapposizione vale per il campo elettrico ma non per il campo magnetico.
 A. Vero
 B. Falso (*)
35. La legge di Lenz è conseguenza del principio della conservazione dell'energia.
 A. Vero(*)
 B. Falso
36. Le linee di forza del campo \vec{B} possono essere linee aperte.
 A. Vero
 B. Falso (*)
37. Il campo di induzione magnetica si può misurare in $\frac{\text{volt} \cdot \text{sec}}{\text{metri}^2}$.
 A. Vero(*)
 B. Falso
38. Il campo magnetico di un filo indefinito percorso da corrente è parallelo ad esso
 A. Vero
 B. Falso (*)
39. La forza magnetica totale su una spira percorsa da una corrente i in un campo magnetico uniforme è nulla
 A. Vero (*)
 B. Falso

Soluzioni:

Esercizio n.1

Il campo dovuto alla corrente nella spira, nel punto O, è ortogonale al foglio; le parti rettilinee della spira generano un campo uscente, la semicirconferenza invece produce un campo entrante. Il modulo del campo della spira si ottiene sommando algebricamente i moduli dei campi dovuti alla corrente nei fili AB, BC, CD, DE, EF, FA:

$$\begin{aligned} B(O) &= B_{AB} + B_{BC} + B_{CD} + B_{DE} + B_{EF} + B_{FA} = \\ &= \frac{\mu_o i}{4\pi(\sqrt{2}a)} \frac{2\sqrt{2}a}{\sqrt{(\sqrt{2}a)^2 + (\sqrt{2}a)^2}} + \frac{\mu_o i}{4\pi(2a)} \frac{2a}{\sqrt{(2a)^2 + (2a)^2}} + \frac{\mu_o i}{4\pi(2a)} \frac{2a}{\sqrt{(2a)^2 + (2a)^2}} + 0 - \frac{\mu_o i}{4\pi a} \pi + 0 = -1.43 \mu T \end{aligned}$$

Il campo magnetico in O ha quindi verso entrante.

Il momento magnetico della spira è

$$\vec{m} = iA\hat{n}$$

dove A è l'area della superficie delimitata dalla spira ed \hat{n} è un versore ortogonale al piano della spira, cioè al foglio, e con verso uscente. Il modulo di \vec{m} vale quindi

$$m = 4a^2 + 2a^2 - \frac{\pi}{2}a^2 = 0.0443Am^2$$

Esercizio n.2

Quando la sbarretta CD scivola verso il basso, nella spira formata dal filo con resistenza R, dai due fili cilindrici e dalla sbarretta CD viene indotta una fem di valore assoluto $\mathcal{E} = BLv$ che fa circolare una corrente $I = \frac{BLv}{R}$ in verso orario. Il

verso della corrente può essere fissato con la legge di Lenz, che richiede che la corrente indotta nella sbarretta CD sia tale da opporsi alla causa che la genera (scivolamento della sbarretta).

La forza magnetica su CD, dovuta alla corrente in essa indotta, è parallela al piano definito dai due fili cilindrici ed è rivolta verso l'alto; il suo modulo vale $F_M = ILB = \frac{L^2 B^2 v}{R}$.

L'equazione del moto della sbarretta lungo il piano inclinato è di conseguenza

$$ma = mg \sin \alpha - \frac{L^2 B^2 v}{R}$$

L'accelerazione è quindi una funzione lineare della velocità. La velocità limite si ha per $a=0$:

$$mg \sin \alpha - \frac{L^2 B^2 v}{R} = 0 \Rightarrow v_L = \frac{mgR \sin \alpha}{L^2 B^2}$$

Quando la sbarretta si muove con velocità limite v_L , la potenza dissipata dalla corrente indotta vale

$$P = RI^2 = \frac{L^2 B^2 v_L^2}{R}$$

Se al posto della resistenza R vi fosse stato un condensatore di capacità C, la fem indotta sarebbe stata $\mathcal{E} = BLv = V_c = \frac{Q}{C}$ e nella spira sarebbe circolata una corrente $i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(CBLv) = CBL \frac{dv}{dt} = CBLa$; la forza

magnetica sulla sbarretta CD sarebbe stata $F_M = ILB = CL^2 B^2 a$ e l'equazione del moto lungo il piano inclinato si sarebbe scritta come

$$ma = mg \sin \alpha - CL^2 B^2 a$$

Il moto sarebbe stato quindi uniformemente accelerato con accelerazione

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + CL^2 B^2}$$

Esercizio n. 3

Consideriamo la superficie piana rettangolare avente la bobina come contorno. Il campo magnetico prodotto dalla corrente nel filo rettilineo è ovunque ortogonale a questa superficie ed ha modulo $B = \frac{\mu_o i}{2\pi r}$ con r distanza dal filo indefinito.

Il flusso del campo attraverso la bobina è quindi

$$\Phi = N\Phi_o = \frac{\mu_o Nc}{2\pi} I \int_a^{a+b} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_o Nc}{2\pi} I_o \sin(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a+b}{a}\right)$$

La fem indotta nella bobina ha valore assoluto

$$\varepsilon = \frac{\mu_o N c}{2\pi} \omega I_o \cos(\omega t + \phi) \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) = 87.1 \cos(200\pi t + \pi) \text{ mV}$$

La mutua induzione tra il filo e la bobina vale

$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_o N c}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) = 2.773 \mu H$$

L' energia dissipata nella resistenza R nel tempo T risulta

$$U = \int_0^T \frac{\varepsilon^2}{R} dt = \frac{1}{2R} \left[\frac{\mu_o N c \omega I_o}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \right]^2 = 0.379 \mu J$$

essendo

$$\int_0^{T=\frac{2\pi}{\omega}} \cos^2(\omega t + \phi) dt = \frac{T}{2}$$