

Facoltà di Ingegneria
Compito scritto di Fisica II – 17.7.2006- Compito A

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}; \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$$

Esercizio n.1

Un elettrone parte da fermo da un punto A a distanza $d = 1 \text{ cm}$ da due protoni che distano d tra loro ed arriva nel punto medio B tra i due protoni.

Il valore assoluto della carica del protone e dell'elettrone è $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; la massa dell'elettrone è $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$.

Determinare la velocità raggiunta dall'elettrone nel punto B ed il lavoro fatto sull'elettrone dal campo elettrico generato dai protoni.

Suggerimento:

Poiché l'elettrone si muove in un campo di forze conservativo (e disuniforme) e non viene richiesto l'andamento temporale del moto dell'elettrone, conviene applicare un teorema integrale molto generale, p.e. ...lavoro-energia cin. ... o altro..

Rispondere quindi alle seguenti domande:

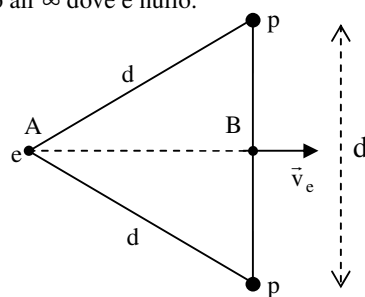
1. nel punto A il potenziale elettrostatico generato dai due protoni vale, rispetto all' ∞ dove è nullo:

A. $V_p = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 d \sin 30^\circ}$

B. $V_p = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 d} (*)$

C. $V_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 d^2}$

D. $V_p = \frac{q \sin 30^\circ}{4\pi\epsilon_0 d^2}$



2. nel punto B l'energia potenziale dell'elettrone vale, rispetto all' ∞ dove è nulla:

A. $U_Q = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d \sin 30^\circ}$

B. $U_Q = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d}$

C. $U_Q = -\frac{q^2}{\pi\epsilon_0 d} (*)$

D. $U_Q = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0 d^2}$

3. il lavoro fatto sull'elettrone, dal punto A al punto B, dal campo elettrico generato dai due protoni ha espressione:

A. $W = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 d} (*)$

B. $W = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d}$

C. $W = \frac{q^2}{\pi\epsilon_0 d^2}$

D. $W = \frac{4q^2}{\pi\epsilon_0 d}$

4. la velocità dell'elettrone nel punto B ha modulo:

A. $v_e = 61 \text{ m/s}$

B. $v_e = 175 \text{ m/s}$

C. $v_e = 253 \text{ m/s}$

D. $v_e = 318 \text{ m/s} (*)$

Esercizio n.2

Un filo rettilineo indefinito è percorso da una corrente $I(t)=\alpha t$ (la corrente è diretta verso l'alto, con α positivo). Una spira rettangolare di lati a (perpendicolare al filo) e b (parallelo al filo), avente resistenza R , è posta con il lato più vicino al filo a distanza h dal filo. Il filo e la spira giacciono nello stesso piano, come in figura.

Calcolare il campo magnetico a distanza r dal filo, il flusso del campo magnetico che attraversa la spira a un istante t , la forza elettromotrice indotta, e la corrente indotta nella spira (trascurare l'autoinduzione).

Rispondere quindi alle seguenti domande:

5. Il campo magnetico generato dal filo a distanza r dal filo ha modulo

- A. $\frac{\mu_0 \alpha t}{2\pi r} (*)$
- B. $\frac{\mu_0 \alpha t}{4\pi r}$
- C. $\frac{\mu_0 \alpha}{2\pi r}$
- D. $\mu_0 \alpha t 2\pi r$

6. Il campo magnetico generato dal filo nel piano della spira è, in ogni punto della superficie della spira,

- A. ortogonale alla superficie della spira e diretto verso l'interno del foglio(*)
- B. ortogonale alla superficie della spira e diretto verso l'esterno del foglio
- C. parallelo alla superficie della spira e diretto verso destra
- D. parallelo alla superficie della spira e diretto verso il filo.

7. Il flusso del campo magnetico che attraversa la spira a un istante t vale, in valore assoluto,

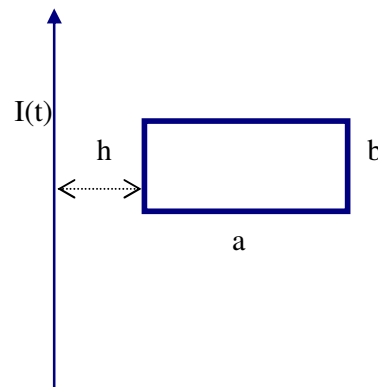
- A. $\frac{\mu_0 \alpha}{\pi h} ab$
- B. $\frac{\mu_0 \alpha ab}{\pi r}$
- C. $\frac{\mu_0 \alpha t}{2\pi} b \ln \left(1 + \frac{a}{h} \right) (*)$
- D. $\frac{\mu_0 \alpha t}{2\pi} \ln \left(\frac{a}{h} \right) + \left(\frac{b}{h} \right)$

8. La forza elettromotrice indotta nella spira vale, in valore assoluto,

- A. $\frac{\mu_0 \alpha}{2\pi} \ln \left(\frac{a}{h} \right) + \left(\frac{b}{h} \right)$
- B. $\frac{\mu_0 \alpha}{2\pi} b \ln \left(1 + \frac{a}{h} \right) (*)$
- C. $\frac{\mu_0 \alpha t}{\pi h} ab$
- D. $\frac{\mu_0 \alpha ab}{\pi r}$

9. La corrente indotta nella spira vale

- A. $\frac{\mu_0 \alpha}{2\pi R} \ln \left(\frac{a}{h} \right) + \left(\frac{b}{h} \right)$
- B. $\frac{\mu_0 \alpha}{\pi h R} ab$



C. 0

D. $\frac{\mu_0 \alpha}{2\pi R} b \ln\left(1 + \frac{a}{h}\right) (*)$

10. La corrente indotta nella spira, disposta come in figura, circola in senso

- A. Orario
- B. Antiorario (*)
- C. Alternato
- D. Non circola

Esercizio n.3

Un filo di materiale isolante, con densità di carica lineare λ costante, viene piegato fino ad assumere la forma mostrata in figura (la parte circolare ha raggio R e forma un arco con angolo al centro di $\pi/2$, i due tratti rettilinei sono ciascuno di lunghezza R). Calcolare il potenziale elettrico nel punto P (centro della parte circolare).

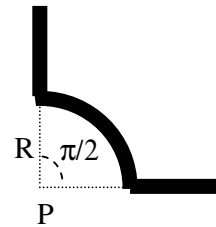
Successivamente una carica Q puntiforme viene collocata nel punto P .

Calcolare l'energia potenziale elettrostatica della carica puntiforme Q .

Rispondere quindi alle seguenti domande

11. La carica del filo vale

- A. λR
- B. $\lambda R(2 + \frac{3}{2}\pi)$
- C. $\lambda R(2 + \frac{\pi}{2}) (*)$
- D. $\lambda R(\ln 2 + \frac{\pi}{2})$



12. Il potenziale nel punto P generato dalla carica di tutto il filo, rispetto all' ∞ dove è nullo:

- A. $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} (2\pi + \ln 2)$
- B. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} [2(\ln 2) + \frac{\pi}{2}] (*)$
- C. $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} (\ln 2)$
- D. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (\frac{\pi}{2})$

13. L'energia potenziale elettrostatica della carica Q quando è posta nel punto P vale, rispetto all' ∞ dove è nulla:

- A. 0
- B. $Q \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} [2(\ln 2) + \frac{\pi}{2}] (*)$
- C. $Q \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} (2\pi + \ln 2)$
- D. $Q \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (\frac{\pi}{2})$

Esercizio n.4

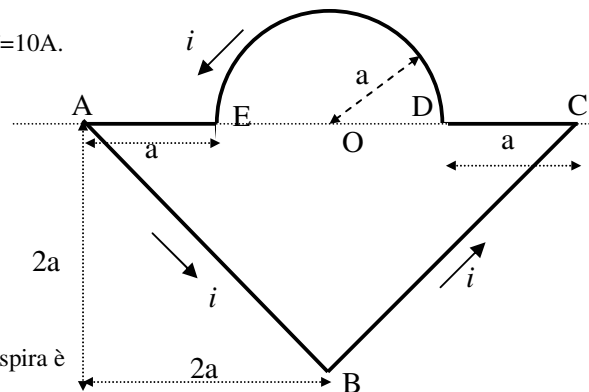
Nella spira mostrata in figura circola in senso antiorario una corrente $i=10\text{A}$.

Calcolare:

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

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

Rispondere quindi alle seguenti domande:



14. 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
15. il campo magnetico in O dovuto alla corrente nel filo EA 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 (*)
16. il campo magnetico in O dovuto alla corrente nel filo AB ha modulo
 - A. 0
 - B. $\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
 - C. $\frac{\mu_o i}{4\pi a}$ (*)
 - D. $\frac{\sqrt{2}}{16} \frac{\mu_o i}{\pi a}$
17. 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. $\frac{\mu_o i}{4a}$ (*)
18. il campo magnetico nel punto O dovuto alla corrente nella spira ha modulo
 - A. $0,1 \cdot 10^{-7} T$
 - B. $5 \cdot 10^{-7} T$ (*)
 - C. $25 \cdot 10^{-7} T$
 - D. $135 \cdot 10^{-7} T$

19. il momento magnetico della spira vale
- 0.32 Am^2
 - 85 Am^2
 - 5570 Am^2 (*)
 - 0.76 Am^2
20. il momento magnetico \vec{m} della spira è
- ortogonale al foglio ed uscente (*)
 - ortogonale al foglio ed entrante
 - parallelo al foglio ed orientato verso destra
 - parallelo al foglio ed orientato verso sinistra

Esercizio n.5 (facoltativo)

Un filo di rame, a sezione circolare di diametro $d = 2.5 \text{ mm}$ e resistenza per unità di lunghezza $R = 3.4 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{\text{m}}$, è percorso da una corrente $I = 10 \text{ A}$. Considerando il filo rettilineo ed indefinito, calcolare la densità di energia magnetica e di energia elettrica alla superficie del filo.

Rispondere quindi alle seguenti domande:

21. Sulla superficie del filo di rame il campo magnetico ha modulo
- $8.2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
 - $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ (*)
 - $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
 - $3.1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$
22. Alla superficie del filo di rame la densità di energia magnetica vale
- $0.052 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
 - $1.02 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$ (*)
 - $5.4 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
 - $38.5 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
23. Il campo elettrico lungo il filo ha modulo
- $E = 1.4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{V}}{\text{m}}$
 - $E = 8.4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$
 - $E = 5.4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{m}}$
 - $E = 3.4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{V}}{\text{m}}$ (*)
24. Alla superficie del filo di rame la densità di energia del campo elettrico vale
- $2.8 \cdot 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
 - $3.4 \cdot 10^{-10} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
 - $9.1 \cdot 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$
 - $5.1 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$ (*)

Altre domande

25. Due condensatori, rispettivamente di capacità C_1 e C_2 , collegati in serie, sono equivalenti ad un singolo condensatore di capacità
- A. $C_1 + C_2$
 - B. $C_1 - C_2$
 - C. $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (*)
 - D. $\frac{C_1 C_2}{C_1 - C_2}$
26. 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
- A. varia in funzione della posizione della bacchetta, rivelando la presenza dello studente.
 - B. rimane costante e non rivela quindi la presenza dello studente (*)
 - C. varia se la bacchetta viene agitata orizzontalmente e solo in questo caso rivela la presenza dello studente.
 - D. varia se la bacchetta viene agitata verticalmente e solo in questo caso rivela la presenza dello studente.
27. In un punto molto vicino alla superficie di un conduttore con densità di carica superficiale σ , il campo è
- A. ortogonale alla superficie del conduttore e di modulo $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ (*)
 - B. ortogonale alla superficie del conduttore e di modulo $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 - C. parallelo alla superficie del conduttore e di modulo $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
 - D. parallelo alla superficie del conduttore e di modulo $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
28. Un campo vettoriale \vec{E} è conservativo se e solo se
- A. $\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) = 0$
 - B. $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$
 - C. $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ (*)
 - D. $\vec{\nabla} E = 0$
29. Un sistema di tre cariche, $q_1 = q_2 = q_3 = q$, poste ai vertici di un triangolo equilatero di lato d , ha energia potenziale elettrostatica
- A. $U = \frac{3}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d}$ (*)
 - B. $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d^2}$
 - C. $U = \frac{1}{3\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d}$
 - D. $U = \frac{9}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2}$
30. Due fili rettilinei paralleli, molto lunghi, sono percorsi da correnti concordi. Tra i due fili vi è una forza
- A. nulla
 - B. attrattiva (*)
 - C. repulsiva
 - D. centrale
31. Il campo elettrico all'interno di un dielettrico aumenta a causa della polarizzazione indotta
- A. Vero
 - B. Falso (*)
32. Il campo elettrostatico nelle immediate vicinanze della superficie di un conduttore carico è ortogonale ad essa
- A. Vero (*)
 - B. Falso

33. 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} , è corretta la rappresentazione della

- A. Fig 1
- B. Fig 2
- C. Fig 3
- D. Fig 4 (*)

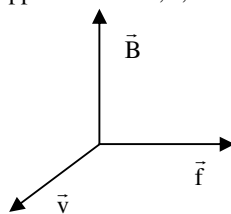


Fig. 1

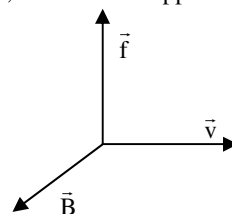


Fig. 2

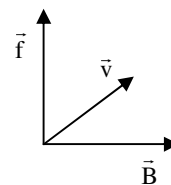


Fig. 3

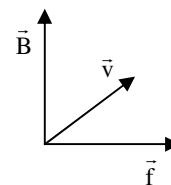


Fig. 4

34. Un magnete è fermo all'interno di un solenoide. Nel solenoide

- A. c'è una corrente indotta
- B. non c'è corrente indotta (*)
- C. c'è una corrente di spostamento
- D. c'è una corrente indotta ed una corrente di spostamento

Soluzione

Esercizio n.1

La velocità dell'elettrone in Q si ricava dalla conservazione dell'energia tra il punto P ed il punto Q:

$$U_P = U_Q + \frac{1}{2} m v_e^2$$

dove l'energia potenziale dell'elettrone nel punto P e Q è rispettivamente:

$$U_P = -qV_P = -\frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 d} = -\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 d}$$

$$U_Q = -qV_Q = -\frac{q^2}{\pi\epsilon_0 d}$$

Risolvendo per v_e si ha:

$$v_e = \frac{q}{\sqrt{\pi\epsilon_0 d m}} = 318 \frac{m}{s}$$

Il lavoro fatto dal campo è uguale alla variazione dell'energia cinetica o all'opposto della variazione di energia potenziale elettrostatica dell'elettrone:

$$W = U_P - U_Q = -\frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 d} - \left(-\frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 d/2} \right) = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 d}$$

Esercizio n.2

Il campo magnetico generato dal filo rettilineo indefinito percorso dalla corrente $I(t)$, in un punto a distanza r , ha modulo

$$B(r) = \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi r}.$$

Integrando il campo magnetico sulla superficie della spira rettangolare si ottiene il flusso tagliato dalla spira

$$\phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \int_0^b dz \int_h^{h+a} dr B(r) = \frac{\mu_0 I(t)}{2\pi} b \ln\left(1 + \frac{a}{h}\right)$$

La forza elettromotrice indotta si ottiene derivando rispetto al tempo t il flusso tagliato dalla spira.

Esercizio n.3

Essendo la carica distribuita uniformemente sul filo con densità lineare di carica λ , la carica totale sarà pari a λ per la lunghezza del filo. Quindi la carica totale è pari a $\lambda R(2 + \frac{\pi}{2})$. Il potenziale nel punto P generato da un tratto

elementare di filo è uguale a $dV = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r}$. Integrando quest'espressione su ciascun tratto rettilineo si ottiene

$\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (\ln 2)$. Integrando sul tratto circolare, otteniamo invece $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (\frac{\pi}{2})$. Il potenziale generato da tutto il filo è

quindi $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (2 \ln 2 + \frac{\pi}{2})$. L'energia elettrostatica di una carica posta nel punto P si calcola moltiplicando la carica

per il potenziale elettrostatico nel punto P.

Esercizio n.4

Il campo dovuto alla corrente nella spira, nel punto O, è ortogonale al foglio ed uscente da esso. Il suo modulo si ottiene sommando i moduli dei campi dovuti alla corrente nei fili AB, BC, CD, DE, EA:

$$\begin{aligned} B(O) &= B_{AB} + B_{BC} + B_{CD} + B_{DE} + B_{EA} = \\ &= 2 \frac{\mu_0 i}{4\pi(\sqrt{2}a)} \frac{2\sqrt{2}a}{\sqrt{(\sqrt{2}a)^2 + (\sqrt{2}a)^2}} + 0 + \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \pi + 0 \end{aligned}$$

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

$$m = i(4a^2 + \frac{\pi}{2}a^2)$$

Esercizio n.5

Sulla superficie del conduttore il campo magnetico vale

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d} = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$$

quindi alla superficie del filo la densità di energia magnetica risulta

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} = 1.02 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

Il campo elettrico lungo il filo, responsabile del moto delle cariche, per unità di lunghezza del filo, E, vale

$$E = \frac{V}{L} = \frac{RLI}{L} = 3.4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{V}}{\text{m}}, \text{ dove R è la resistenza per unità di lunghezza del filo.}$$

Alla superficie del filo la densità di energia del campo elettrico risulta quindi

$$u_E = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = 5.1 \cdot 10^{-15} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$