

**Facoltà di Ingegneria**  
Esame scritto di Fisica II – N.O. e V.O.  
21- 02 - 2002

**Esercizio n. 1**

Si consideri un piano indefinito, uniformemente carico con densità superficiale  $+\sigma$ , disposto verticalmente. Una massa puntiforme  $m = 3 \text{ g}$  trasporta una carica  $q = +5 \mu\text{C}$  ed è fissata all'estremità di un filo inestensibile e privo di massa lungo  $L$ . L'altra estremità del filo è fissata in un punto A del piano carico. La massa si trova in equilibrio quando il filo forma un angolo  $\alpha = 40^\circ$  con il piano carico. Calcolare:

- Il valore della densità di carica superficiale  $\sigma$
- La tensione nel filo

Rispondere quindi alle seguenti domande:

1. Il campo elettrico generato dal piano uniformemente carico è:

- A. diretto parallelamente al piano e di modulo costante  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ .
- B. diretto perpendicolarmente al piano e di modulo variabile.
- C. diretto perpendicolarmente al piano e di modulo costante  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ .
- D. diretto perpendicolarmente al piano e di modulo costante  $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ . (\*)

2. La forza sulla massa  $m$  dovuta al campo elettrico del piano ha modulo:

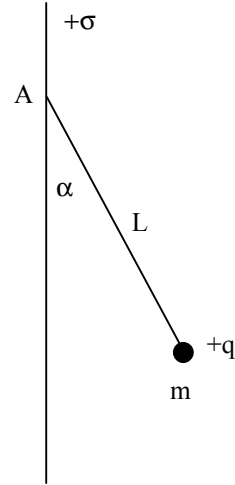
- A.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma q}{L^2 \sin^2 \theta}$ .
- B.  $\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\sigma q}{L^2 \sin^2 \theta}$
- C.  $\frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$  (\*)
- D.  $\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{L^2 \sin^2 \theta}$

3. Il valore della densità di carica superficiale è:

- A.  $\sigma = 8.73 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .
- B.  $\sigma = 1.03 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .
- C.  $\sigma = 8.73 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ . (\*)
- D.  $\sigma = 4.37 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .

4. La tensione nel filo è:

- A.  $T = \frac{q\sigma}{\epsilon_0}$ .
- B.  $T = mg(\sin \alpha + \cos \alpha)$ .
- C.  $T = \frac{mg}{\sin \alpha}$ .
- D.  $T = \frac{mg}{\cos \alpha}$ . (\*)



5. Il valore della tensione nel filo è:

- A.  $T = 0.84 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ .
- B.  $T = 3.84 \cdot 10^{-2} \text{ N}$  .(\*)
- C.  $T = 0.06 \text{ N}$ .
- D.  $T = 8 \cdot 10^{-3} \text{ N}$  .

### Esercizio n. 2

Una spira della forma riportata in figura, con  $a = 50 \text{ cm}$ , è immersa in un campo di induzione magnetica  $\vec{B}$  uniforme, perpendicolare al piano del foglio ed uscente da esso, di modulo  $B = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ . Il vertice P si sposta verso destra con velocità costante  $v = 5 \text{ m/sec}$  in modo che i tratti PQ e PR (PQ=PR), costituiti da fili flessibili di resistenza elettrica trascurabile, rimangano sempre rettilinei, mentre gli altri vertici rimangono fermi. La spira ha una resistenza elettrica  $R_0 = 2 \cdot 10^{-3} \Omega$ .

Calcolare:

- La forza elettromotrice che si induce nella spira.
- La corrente indotta in valore e verso.
- La potenza necessaria per mantenere la velocità del punto P costante.

Rispondere quindi alle seguenti domande:

6. La variazione  $dS$  dell'area della spira nel tempo  $dt$  è:

- A.  $dS = \frac{av}{2} dt$  .(\*)
- B.  $dS = avdt$ .
- C.  $dS = 2avdt$ .
- D.  $dS = \frac{av}{4} dt$ .

7. Il valore della forza elettromotrice indotta è:

- A. f.e.m.  $= 5.67 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ .
- B. f.e.m.  $= 1.04 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ .
- C. f.e.m.  $= 3.75 \cdot 10^{-5} \text{ V}$  .(\*)
- D. f.e.m.  $= 13.75 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ .

8. Il valore della corrente indotta è:

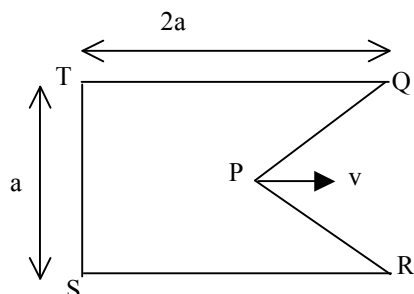
- A. inversamente proporzionale alla velocità.
- B. direttamente proporzionale al quadrato della velocità.
- C. inversamente proporzionale al campo di induzione magnetica.
- D. direttamente proporzionale alla velocità.(\*)

9. Il valore e il verso della corrente indotta sono:

- A.  $i = 34 \text{ mA}$  con verso orario.
- B.  $i = 19 \text{ mA}$  con verso antiorario.
- C.  $i$  variabile nel tempo.
- D.  $i = 19 \text{ mA}$  con verso orario.(\*)

10. La potenza necessaria per mantenere la velocità costante è:

- A.  $P = \frac{2a^2 v^2 B^2}{R_0}$ .
- B.  $P = \frac{a^2 v^2 B^2}{R_0}$ .



B uscente dal piano del foglio

C.  $P = \frac{a^2 v^2 B^2}{4R_0} .(*)$

D.  $P = \frac{a^2 v^2 B^2}{6R_0} .$

11. Il valore della potenza necessaria per mantenere la velocità costante è:
- A.  $P = 7.03 \cdot 10^{-7} \text{ W} .(*)$
- B.  $P = 7.03 \cdot 10^{-3} \text{ W} .$
- C.  $P = 1.03 \cdot 10^{-7} \text{ W} .$
- D.  $P = 1.17 \cdot 10^{-2} \text{ W} .$
12. La corrente indotta produce all' interno della spira un campo di induzione:
- A. parallelo al piano della spira.
- B. nullo.
- C. uscente dal piano della spira.
- D. entrante nel piano della spira.(\*)

### Esercizio n. 3

Si consideri il circuito riportato in figura. I valori delle forze elettromotrici, delle resistenze e della capacità sono:

$$\varepsilon_1 = 10 \text{ V} \quad \varepsilon_2 = 3 \text{ V} \quad \varepsilon_3 = 7 \text{ V}$$

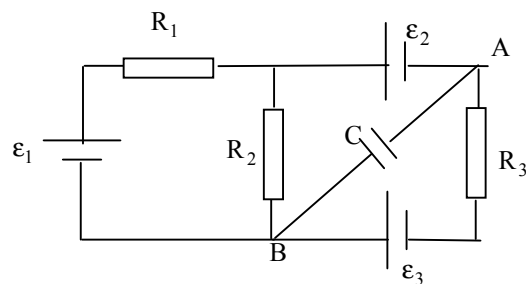
$$R_1 = 10 \Omega \quad R_2 = 5 \Omega \quad R_3 = 20 \Omega \quad C = 3 \mu\text{F} .$$

Calcolare, in condizioni di stazionarietà:

- La corrente in ogni resistenza.
- La differenza di potenziale tra A e B.
- La carica sul condensatore.
- La potenza sviluppata da  $R_3$  .

Rispondere quindi alle seguenti domande:

13. In condizioni di stazionarietà, il condensatore si comporta come
- A. un aperto (\*)
- B. un chiuso
- C. un resistore
- D. un induttore
14. Le correnti nelle resistenze  $R_1, R_2, R_3$  valgono rispettivamente:
- A.  $I_1 = 0.342 \text{ A} \quad I_2 = 0.457 \text{ A} \quad I_3 = 0.314 \text{ A} .$
- B.  $I_1 = 0.771 \text{ A} \quad I_2 = 0.457 \text{ A} \quad I_3 = 0.314 \text{ A} .(*)$
- C.  $I_1 = 0.272 \text{ A} \quad I_2 = 0.460 \text{ A} \quad I_3 = 0.317 \text{ A} .$
- D.  $I_1 = 0.771 \text{ A} \quad I_2 = 0.442 \text{ A} \quad I_3 = 0.511 \text{ A} .$
15. Riguardo alla potenza assorbita o erogata dalle tre batterie:
- A.  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_3$  erogano potenza mentre  $\varepsilon_2$  assorbe.(\*)
- B. tutte e tre erogano potenza.
- C. tutte e tre assorbono potenza.
- D.  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  assorbono potenza mentre  $\varepsilon_3$  eroga.
16. La differenza di potenziale tra i punti A e B è:
- A.  $\Delta V = 0.71 \text{ V} .(*)$
- B.  $\Delta V = 1.71 \text{ V} .$
- C.  $\Delta V = 2.91 \text{ V} .$
- D.  $\Delta V = 0.11 \text{ V} .$
17. La carica sul condensatore vale:
- A.  $Q = 5.12 \mu\text{C} .$
- B.  $Q = 2.14 \mu\text{C} .(*)$
- C.  $Q = 0.12 \mu\text{C} .$



D.  $Q = 9.54 \mu\text{C}$ .

18. La potenza dissipata dalla resistenza  $R_3$  è:

- A. 0.123 W.
- B. 11.13 W.
- C. 1.976 W.(\*)
- D. 4.123 W.

#### Altre domande

19. Nel processo di scarica di un condensatore attraverso una resistenza, la differenza di potenziale ai capi del condensatore varia nel tempo, tendendo a zero con legge esponenziale

- a. vero (\*)
- b. falso

20. L'annullarsi del flusso del campo elettrico attraverso una superficie chiusa implica che all'interno della superficie non ci sono cariche.

- a. Vero
- b. Falso (\*)

21. Il teorema di Coulomb fornisce il campo elettrico nelle immediate vicinanze della superficie di un conduttore carico.

- a. vero(\*)
- b. falso

22. Ai vertici di un quadrato ci sono quattro cariche puntiformi uguali in valore e segno. Il campo elettrico nel centro del quadrato è zero.

- a. vero(\*)
- b. falso

23. La legge dell'accoppiamento di resistenze in serie è formalmente uguale a quella dell'accoppiamento di capacità in parallelo.

- a. vero(\*)
- b. falso

24. Nel moto di una particella carica in un campo  $\vec{B}$ , la forza di Lorentz agisce parallelamente alla velocità.

- a. vero
- b. falso(\*)

25. Il campo  $\vec{B}$  all'interno di una spira circolare percorsa da corrente è uniforme.

- a. vero
- b. falso(\*)

26. La legge di Lenz è conseguenza del principio della conservazione dell'energia.

- a. vero(\*)
- b. falso

27. Le linee di forza del campo  $\vec{B}$  sono aperte.

- a. vero
- b. falso(\*)

28. La forza di interazione per unità di lunghezza tra due fili rettilinei, indefiniti e paralleli, distanti  $d$ , percorsi da cor-

renti  $i_1$  e  $i_2$ , è:  $\frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi d}$ .

- a. Vero(\*)
- b. falso

29. 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(\*)

30. La capacità di un condensatore piano, trascurando gli effetti di bordo, è:  $C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$ .

- a. Vero(\*)
- b. falso

31. Il campo di induzione magnetica si misura in  $\frac{\text{volt} \cdot \text{sec}}{\text{metri}^2}$ .

- a. Vero(\*)
- b. Falso

32. Il campo elettrico di un dipolo elettrico, nella direzione perpendicolare al dipolo e a grande distanza segue la legge dell'inverso del quadrato della distanza.
- a. vero
  - b. falso(\*)
33. La corrente di spostamento rende il teorema di Ampere compatibile con il principio della conservazione della carica elettrica.
- a. vero(\*)
  - b. falso
34. Il campo elettrico di un filo indefinito uniformemente carico è parallelo ad esso
- c. vero(\*)
  - d. falso

### Esercizio n. 1

Il campo elettrico generato da un piano indefinito, uniformemente carico con densità di carica superficiale  $\sigma$ , è diretto perpendicolarmente al piano, verso l'esterno se è positiva, di modulo costante:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Le forze che agiscono sulla massa  $m$  sono: la forza peso  $m\vec{g}$ , la tensione  $\vec{T}$  del filo e la forza  $q\vec{E}$  che il campo elettrico esercita sulla carica puntiforme  $q$ . All'equilibrio è:

$$m\vec{g} + \vec{T} + q\vec{E} = 0$$

Proiettando sugli assi  $xy$  come in figura si ottiene:

$$\begin{cases} -mg \sin \alpha + qE \cos \alpha = 0 \\ mg \cos \alpha - T + qE \sin \alpha = 0 \end{cases}$$

da cui:

$$\begin{cases} E = \frac{mg}{q} \tan \alpha \\ T = \frac{mg}{\cos \alpha} \end{cases}$$

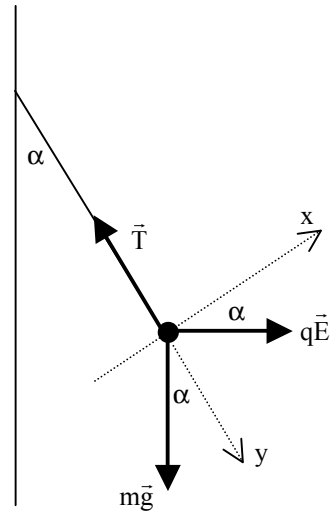
D'altra parte, essendo:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ , si ottiene:  $\sigma = 2\epsilon_0 E$  e quindi:

$$\sigma = \frac{2\epsilon_0 mg}{q} \tan \alpha$$

Passando ai valori numerici abbiamo:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8}{5 \cdot 10^{-6}} \tan 40^\circ = 8.73 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$$

$$T = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 9.8}{\cos 40^\circ} = 3.84 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$



### Risposte dell'esercizio n. 1

Domanda 1 → D

Domanda 2 → C

Domanda 3 → C

Domanda 4 → D

Domanda 5 → B

## Esercizio n. 2

Il punto P nel tempo  $dt$  si sposta del tratto  $PP' = vdt$ . L'area della spirale aumenta dunque del doppio dell'area del triangolo  $PP'Q$ :

$$dS = 2 \left( vdt \frac{a}{2} \frac{1}{2} \right) = \frac{av}{2} dt$$

Conseguentemente, il flusso del campo  $\vec{B}$  attraverso la spira varia di:

$$d\phi = B dS = \frac{avB}{2} dt$$

Pertanto, Il valore della forza elettromotrice indotta è:

$$f = \frac{d\phi}{dt} = \frac{avB}{2}$$

e la corrente indotta vale:

$$i = \frac{f}{R_0} = \frac{avB}{2R_0}$$

Passando alle grandezze numeriche abbiamo:

$$f = \frac{50 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10^{-5}}{2} = 3.75 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

$$i = \frac{50 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0.0187 \text{ A} \cong 19 \text{ mA}$$

La corrente indotta deve girare in senso orario. Solo così infatti, nel rispetto della legge di Lenz, il flusso del campo prodotto dalla corrente indotta tende ad opporsi alla variazione di flusso che l'ha generata.

Per la conservazione dell'energia, la potenza necessaria per mantenere la velocità del punto P costante, è uguale alla potenza sviluppata per effetto joule nella spira:

$$P = i^2 R_0 = \frac{a^2 v^2 B^2}{4 R_0} \quad \rightarrow \quad P = \frac{(50 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 5^2 \cdot (3 \cdot 10^{-5})^2}{4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 7.03 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

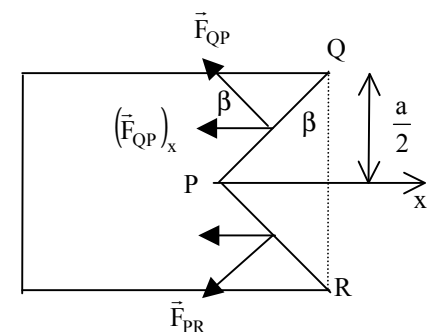
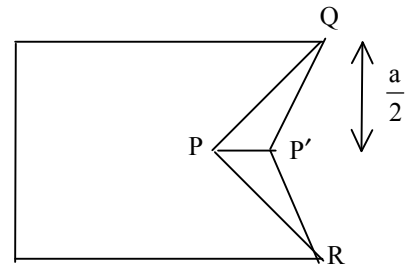
Il calcolo della potenza può essere effettuato in altro modo, valutando la forza ( $\vec{F} = i \vec{l} \wedge \vec{B}$ ) che agisce sui tratti QP e PR della spira.

Supponiamo che la corrente giri in senso orario. Le forze agenti sui tratti suddetti, riportate in figura, hanno lo stesso modulo:

$$F_{QP} = F_{PR} = i \overline{QP} B$$

Le componenti orizzontali sono:

$$(\vec{F}_{PR})_x = (\vec{F}_{QP})_x = -i \overline{QP} B \cos \beta = -iB \frac{a}{2}$$



Poiché i punti medi dei tratti QP e PR si muovono lungo l'asse x con velocità costante  $v/2$ , la potenza sviluppata sarà:

$$P = -2(F_{QP})_x \frac{v}{2} = -\frac{iBav}{2}$$

da cui, ricordando l'espressione della corrente indotta, abbiamo:

$$P = -\frac{avB}{2R_0} \frac{Bav}{2} = -\frac{a^2 v^2 B^2}{4R_0}$$

Il segno meno significa che dobbiamo spendere potenza per mantenere la velocità costante. Questa potenza spesa deve compensare la potenza generata per effetto joule, in accordo con la conservazione dell'energia.

Dunque il verso ipotizzato della corrente indotta è effettivamente orario: si è evidenziata così la connessione tra il verso della corrente indotta, quindi la legge di Lenz, e il principio della conservazione dell'energia.

### Risposte dell'esercizio n. 2

Domanda 6 → A

Domanda 7 → C

Domanda 8 → D

Domanda 9 → D

Domanda 10 → C

Domanda 11 → A

Domanda 12 → D

### Esercizio n. 3

In condizione stazionarie, la corrente che fluisce nel ramo AB è nulla perché:

$$i = C \frac{dV}{dt} = 0$$

Si tratta, dunque, di risolvere il circuito a fianco riportato.

Fissate le correnti come in figura, il 1° principio di Kirchhoff applicato al nodo C fornisce:  $I_1 = I_2 + I_3$ .

Applicando il 2° principio di Kirchhoff alle due maglie, scegliendo come verso di percorrenza quello orario, si ottiene:

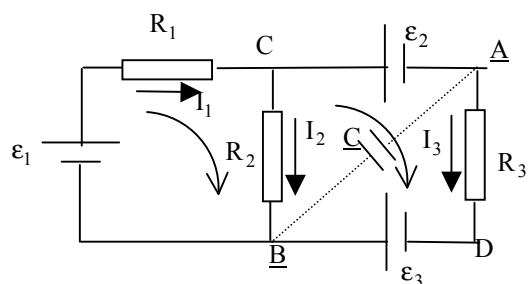
$$\begin{aligned}\epsilon_1 &= R_1 I_1 + R_2 I_2 \\ \epsilon_3 - \epsilon_2 &= R_3 I_3 - R_2 I_2\end{aligned}$$

Sostituendo le grandezze numeriche e risolvendo il sistema si ottengono i valori:

$$\begin{cases} I_1 = \frac{27}{35} = 0.771 \text{ A} \\ I_2 = \frac{16}{35} = 0.457 \text{ A} \\ I_3 = \frac{11}{35} = 0.314 \text{ A} \end{cases}$$

I segni positivi stanno a significare che i versi prefissati delle correnti sono corretti.

La differenza di potenziale ai capi del condensatore si trova applicando il 2° principio di Kirchhoff per esempio alla maglia ABD. Percorrendo la maglia in verso orario si ha:





$$\varepsilon_3 = V_B - V_A + R_3 I_3 \quad \rightarrow \quad \Delta V_{AB} = V_B - V_A = \varepsilon_3 - R_3 I_3$$

da cui:

$$\Delta V_{AB} = 7 - 20 \frac{11}{35} = \frac{5}{7} = 0.71 \text{ V}$$

La carica sul condensatore è quindi:

$$Q = C \cdot \Delta V_{AB} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5}{7} = 2.14 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 2.14 \mu\text{C}$$

La potenza sviluppata per effetto joule dalla resistenza  $R_3$  è:

$$P = I_3^2 R_3 = \left( \frac{11}{35} \right)^2 \cdot 20 = 1.976 \text{ W}$$

### Risposte dell'esercizio n. 3

- Domanda 13 → A
- Domanda 14 → B
- Domanda 15 → A
- Domanda 16 → A
- Domanda 17 → B
- Domanda 18 → C

### Risposte delle altre domande

- Domanda 19 → vero
- Domanda 20 → falso
- Domanda 21 → vero
- Domanda 22 → vero
- Domanda 23 → vero
- Domanda 24 → falso
- Domanda 25 → falso
- Domanda 26 → vero
- Domanda 27 → falso
- Domanda 28 → vero
- Domanda 29 → falso
- Domanda 30 → vero
- Domanda 31 → vero
- Domanda 32 → falso
- Domanda 33 → vero
- Domanda 34 → vero