

**Università degli Studi di Salerno – Facoltà di Ingegneria**  
**Esame scritto di Fisica II - 27.2.2004**

**Esercizio n.1**

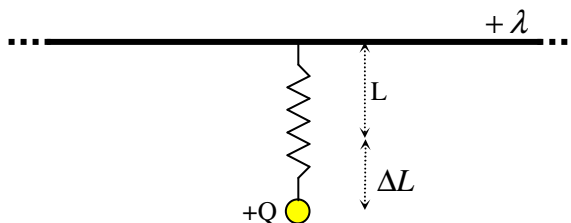
Una pallina di plastica, di massa e dimensioni trascurabili, è sospesa tramite una molla di costante elastica  $k = 200 \text{ N/m}$  e lunghezza a riposo  $L = 50 \text{ cm}$  ad un filo rigido, di materiale isolante e lunghezza molto maggiore di quella della molla (filo infinitamente lungo).

Il filo, che è uniformemente carico con densità di carica lineare  $\lambda > 0$ , respinge la pallina, che possiede una carica

$Q = 2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ . All'equilibrio la molla risulta allungata di un tratto  $\Delta L = 2 \text{ cm}$ .

Si determini il valore di  $\lambda$ .

Si calcoli inoltre la variazione dell'energia potenziale elettrostatica della pallina tra la posizione in cui la molla è a riposo e quella in cui la molla è allungata di  $\Delta L = 2 \text{ cm}$ .



Rispondere quindi alle seguenti domande ( $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$ ):

1. Nella posizione di equilibrio, la forza esercitata dalla molla sulla pallina ha modulo
  - a.  $0.1 \text{ N}$
  - b.  $4 \text{ N} (*)$
  - c.  $23 \text{ N}$
  - d.  $54 \text{ N}$
2. Il modulo del campo elettrico del filo indefinito, a distanza  $r$  da esso, ha espressione
  - a.  $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} (*)$
  - b.  $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
  - c.  $E = \frac{\lambda r}{2\pi\epsilon_0}$
  - d.  $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r^3}$
3. Nella posizione di equilibrio, il modulo della forza elettrica sulla pallina ha espressione
  - a.  $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 (L + \Delta L)^2} Q$
  - b.  $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 (L + \Delta L)} Q (*)$
  - c.  $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{Q}{L}$
  - d.  $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 L^3} Q$
4. La densità di carica lineare del filo vale
  - a.  $\lambda = 2.8 \frac{\text{C}}{\text{m}}$
  - b.  $\lambda = 1.3 \frac{\mu\text{C}}{\text{m}}$
  - c.  $\lambda = 12.3 \frac{\text{C}}{\text{m}}$
  - d.  $\lambda = 57.8 \frac{\text{nC}}{\text{m}} (*)$
5. la variazione  $\Delta U = U(L + \Delta L) - U(L)$  dell'energia potenziale elettrostatica della pallina tra la posizione in cui la molla è a riposo e quella in cui la molla è allungata di  $\Delta L$  ha espressione
  - a.  $\Delta U = \frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{L} - \frac{1}{L + \Delta L} \right]$

$$\begin{aligned} \text{b. } \Delta U &= \frac{Q\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{L + \Delta L} - \frac{1}{L} \right] \\ \text{c. } \Delta U &= \frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L}{L + \Delta L} \quad (*) \\ \text{d. } \Delta U &= \frac{Q\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{L + \Delta L}{L} \end{aligned}$$

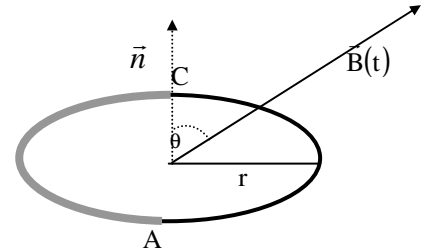
### Esercizio n.2

Un anello circolare di raggio  $r$ , realizzato saldando due fili metallici di materiale diverso, ciascuno a forma di semicirconferenza, di resistività  $\rho_1$  e  $\rho_2$  e sezione  $S_1$  ed  $S_2$  ( $\sqrt{S_1}, \sqrt{S_2} \ll r$ ), è immerso in un campo magnetico uniforme la cui direzione forma un angolo  $\theta$  con la normale al piano dell'anello.

Il modulo del campo magnetico varia nel tempo secondo la legge  $B(t) = B_0 e^{\sin \omega t}$ .

Calcolare l'intensità della corrente indotta nel filo.

Si trascuri l'autoinduzione e l'effetto Volta.



Rispondere quindi alle seguenti domande:

6. la resistenza del tratto di filo di resistività  $\rho_1$  e sezione  $S$  vale

$$\begin{aligned} \text{a. } R &= \pi r \frac{\rho_1}{S_1} \left( \frac{\rho_1}{S_1} + \frac{\rho_2}{S_2} \right) \\ \text{b. } R &= 2\pi r \frac{S_1}{\rho_1} \\ \text{c. } R &= \frac{\pi r \rho_1}{S_1} \quad (*) \\ \text{d. } R &= 2\pi r \left( \frac{\rho_1}{S_1 + S_2} \right) \end{aligned}$$

7. la resistenza totale dell'anello vale:

$$\begin{aligned} \text{a. } R_{tot} &= \pi r \left( \frac{\rho_1}{S_1} + \frac{\rho_2}{S_2} \right) \quad (*) \\ \text{b. } R_{tot} &= \pi r \left( \frac{S_1}{\rho_1} + \frac{S_2}{\rho_2} \right) \\ \text{c. } R_{tot} &= \pi r (\rho_1 + \rho_2) \\ \text{d. } R_{tot} &= 2\pi r \left( \frac{\rho_1 \rho_2}{S_1 + S_2} \right) \end{aligned}$$

8. il valore assoluto della forza elettromotrice indotta nell'anello è

$$\begin{aligned} \text{a. } B(t) \pi r^2 \cos \omega t \\ \text{b. } B(t) r^2 \cos \theta |\cos \omega t| \\ \text{c. } B(t) \pi r^2 \omega \cos \theta |\cos \omega t| \quad (*) \\ \text{d. } B_0 \pi r \cos \theta |\cos \omega t| \end{aligned}$$

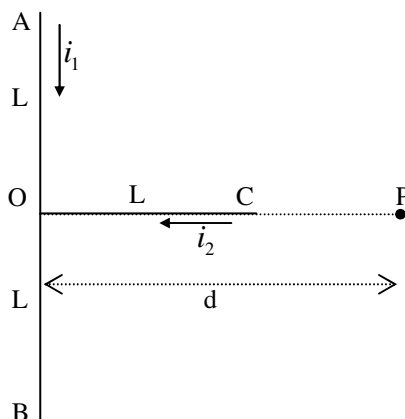
9. l'intensità della corrente indotta nella spira è

$$\begin{aligned} \text{a. } i &= \frac{S_1 S_2 B_0 e^{\sin \omega t} \pi r^2 \cos \omega t}{r(\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1)} \\ \text{b. } i &= \frac{B_0 e^{\sin \omega t} r^2 \cos \omega t}{r(\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2)} \\ \text{c. } i &= \frac{2 B_0 e^{\sin \omega t} r \cos \theta \cos \omega t}{\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1} \end{aligned}$$

$$d. \quad i = \frac{S_1 S_2 B_0 e^{\sin \omega t} r \omega \cos \theta \cos \omega t}{\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1} (*)$$

### Esercizio n.3

Ad un filo conduttore rettilineo, AB, di lunghezza  $2L$ , è saldato nel suo punto medio O e perpendicolarmente ad esso un terzo filo conduttore rettilineo, OC, di lunghezza  $L$ . I due fili sono percorsi da correnti stazionarie (vedi figura). Determinare il campo magnetico (modulo, direzione e verso) nel punto P, posto sul prolungamento del filo OC, a distanza  $d$  dal filo di lunghezza AB.



Rispondere quindi alle seguenti domande ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$ ):

10. la corrente nel tratto di filo OB ha intensità:

- $i_1$
- $i_1 - i_2$
- $i_1 + i_2$  (\*)
- $i_2$

11. il modulo del campo magnetico in P dovuto alla corrente nel tratto di filo AO vale

- $\frac{\mu_0 i_1}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$  (\*)
- $\frac{\mu_0 i_1}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{d^2 + L^2}}$
- $\frac{\mu_0 i_1}{4\pi} \frac{d}{L}$
- 0

12. il modulo del campo magnetico in P dovuto alla corrente nel tratto di filo CO vale

- $\frac{\mu_0 i_2}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$
- $\frac{\mu_0 i_2}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{d^2 + L^2}}$
- $\frac{\mu_0 i_2}{4\pi} \frac{d}{L}$
- 0 (\*)

13. il modulo del campo magnetico in P dovuto alle correnti nei fili AB ed OC è

- $\frac{\mu_0 (2i_1 + i_2)}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$  (\*)
- $\frac{\mu_0 i_2}{4\pi} \frac{1}{\sqrt{d^2 + L^2}}$
- $\frac{\mu_0 i_2}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$
- $\frac{\mu_0 (i_1 + 2i_2)}{4\pi} \frac{d}{L\sqrt{d^2 + L^2}}$

14. Il campo magnetico nel punto P dovuto alle correnti nei fili AB ed OC è

- perpendicolare al piano del foglio ed entrante
- perpendicolare al piano del foglio ed uscente (\*)
- parallelo al piano del foglio e rivolto verso destra
- parallelo al piano del foglio e rivolto verso sinistra

### Altre domande

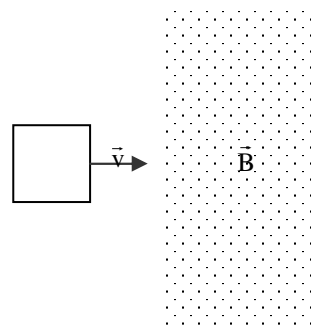
15. L'induttanza per unità di lunghezza,  $L$ , di una solenoide ideale di sezione  $A$  e con  $n$  spire per unità di lunghezza è pari a

- $L = \frac{\mu_0 n^2}{A}$

- b.  $L = \mu_0 n^2 A$  (\*)
- c.  $L = \mu_0 n A^2$
- d.  $L = \mu_0^2 n^2 A$
16. Due condensatori, rispettivamente di capacità  $C_1$  e  $C_2$ , collegati in parallelo, 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.  $\frac{C_1 C_2}{C_1 - C_2}$
17. Una carica  $-Q$  è posta al centro della cavità praticata all'interno di un conduttore neutro isolato. Le cariche indotte sulla parete interna ed esterna del conduttore sono rispettivamente:
- a.  $Q_{\text{int}} = 0, Q_{\text{ext}} = -Q$
- b.  $Q_{\text{int}} = -Q, Q_{\text{ext}} = 0$
- c.  $Q_{\text{int}} = -Q, Q_{\text{ext}} = +Q$
- d.  $Q_{\text{int}} = +Q, Q_{\text{ext}} = -Q$  (\*)
18. Un filo di materiale isolante, uniformemente carico (densità di carica lineare  $\lambda$ ), forma una circonferenza di raggio  $R$ . Il campo elettrico generato dal filo al centro della circonferenza ha modulo
- a.  $0$  (\*)
- b.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{R^2}$
- c.  $\frac{1}{2\epsilon_0} \frac{\lambda}{R}$
- d.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{R^2}$
19. La resistenza di un filo metallico cilindrico di lunghezza  $L$  e sezione  $S$  (con  $\rho$  resistività del metallo) vale
- a.  $\rho \frac{L}{S}$  (\*)
- b.  $\rho \frac{S}{L}$
- c.  $\frac{L}{\rho S}$
- d.  $\rho LS$
20. Un dipolo elettrico di momento di dipolo  $\vec{p}$  in un campo elettrico uniforme  $\vec{E}$  tale che  $\frac{\vec{E} \cdot \vec{p}}{E \cdot p} = \cos \theta$  è soggetto ad un momento meccanico di modulo
- A.  $0$
- B.  $pE \cos \theta$
- C.  $pE \sin \theta$  (\*)
- D.  $pE \tan \theta$
21. Un protone avente quantità di moto  $\vec{p}$  e carica elettrica  $e$  entra in una regione con campo di induzione magnetica  $\vec{B}$  ortogonale a  $\vec{v}$ ; la sua traiettoria diventa un arco di circonferenza di raggio di curvatura
- a.  $\frac{p}{eB}$  (\*)
- b.  $\frac{eB}{p}$
- c.  $\frac{ep}{B}$

d.  $\frac{e}{pB}$

22. Un condensatore è inserito nel ramo di un circuito alimentato da un generatore di forza elettromotrice  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$  (dove  $\omega = 1\text{KHz}$  e  $t$  è il tempo). In condizioni di regime, nel ramo di circuito contenente il condensatore
- non può passare corrente perché il condensatore si comporta come un aperto
  - può passare corrente perché il condensatore si comporta come un chiuso (\*)
  - può passare corrente solo quando la forza elettromotrice è positiva  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t > 0$
  - può passare corrente solo quando la forza elettromotrice è negativa  $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t < 0$
23. Per simmetrizzare le sue famose 4 equazioni, Maxwell introdusse la corrente di spostamento, che corrisponde
- ad un flusso di cariche nel vuoto
  - ad un flusso di cariche in un dielettrico
  - ad una variazione nel tempo del flusso del campo magnetico
  - ad una variazione nel tempo del flusso del campo elettrico (\*)
  - falso
24. Una spira conduttrice quadrata, non percorsa da corrente, viene lanciata in una regione con campo magnetico  $\vec{B}$  uniforme, ad essa ortogonale. La spira entrando nella regione del campo
- non subisce alcuna forza
  - viene attratta nella regione del campo magnetico
  - viene respinta dalla regione del campo magnetico (\*)
  - subisce una forza parallela alla direzione del campo magnetico  $\vec{B}$
25. La forza su un filo percorso da una corrente  $i$  e giacente in un piano in cui agisce un campo magnetico uniforme, in generale, dipende
- dalla forma del filo
  - dalla distanza tra gli estremi del filo (\*)
  - dalla lunghezza del filo
  - dal materiale di cui è fatto il filo
26. Un dipolo elettrico genera un potenziale che
- va come l'inverso del quadrato della distanza dal dipolo (\*)
  - va come l'inverso del cubo della distanza dal dipolo
  - come l'inverso della distanza dal dipolo
  - è zero ovunque
27. Con  $V(\infty)=0$  il potenziale elettrico all'interno di un guscio sferico conduttore di raggio  $R$  e carica  $-Q$  vale:
- 0
  - $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$
  - $-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$  (\*)
  - $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$
28. Il campo elettrico può cambiare
- la direzione della velocità di una particella carica, ma non il modulo di essa
  - il modulo della velocità di una particella carica, ma non la direzione di essa
  - né il modulo né la direzione della velocità di una particella carica
  - il modulo e la direzione della velocità di una particella carica (\*)
29. In un punto esterno, molto vicino alla superficie di un conduttore con densità di carica superficiale  $\sigma$ , il campo elettrico è
- ortogonale alla superficie del conduttore e di modulo  $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$  (\*)
  - ortogonale alla superficie del conduttore e di modulo  $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
  - parallelo alla superficie del conduttore e di modulo  $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$



d. parallelo alla superficie del conduttore e di modulo  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$

30. Il potenziale elettrico in un punto P dello spazio vale V. Una carica q viene portata in P. La sua energia potenziale vale:

- a.  $\frac{1}{2}qV^2$
- b.  $qV$  (\*)
- c.  $\frac{1}{2}qV$
- d.  $\frac{1}{2}q^2V$

**Soluzione:**

**Esercizio n.1**

All'equilibrio, la molla esercita sulla pallina una forza elastica (rivolta verso l'alto) di modulo

$$F_{el} = k \cdot \Delta L = 200 \frac{N}{m} \cdot 0.02m = 4N$$

All'equilibrio, il filo respinge la pallina con una forza elettrica (diretta verso il basso) di modulo

$$F = E(L + \Delta L) \cdot Q = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{L + \Delta L} \cdot Q$$

$E(L + \Delta L) = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{L + \Delta L}$  è il modulo del campo elettrico del filo indefinito a distanza  $L + \Delta L$  da esso.

L'equilibrio si ha quando forza elastica e forza elettrica si bilanciano, cioè per  $F = F_{el}$ . Questa condizione permette di ottenere  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{2\pi\epsilon_0 k(L + \Delta L)\Delta L}{Q} = 57.8 \frac{nC}{m}$$

Il potenziale elettrostatico V in cui è immersa la pallina ha espressione

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} \rightarrow V(r) = -\int \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} dr = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln r + c$$

dove r è la distanza dal filo e c una costante arbitraria.

L'energia potenziale elettrostatica della pallina è quindi

$$U(r) = QV(r) = -\frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln r + c'$$

e la sua variazione tra la posizione in cui la molla è a riposo e quella in cui la molla è allungata di  $\Delta L$  ha espressione:

$$\Delta U = U(L + \Delta L) - U(L) = -\frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln(L + \Delta L) - \left[ -\frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln(L) \right] = \frac{Q\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{L}{L + \Delta L}$$

**Esercizio n.2**

Le resistenze delle due parti semicircolari dell'anello, essendo in serie, si sommano per dare la resistenza totale

dell'anello:  $R_{tot} = \frac{\rho_1 \pi r}{S_1} + \frac{\rho_2 \pi r}{S_2} = \pi r \left( \frac{\rho_1}{S_1} + \frac{\rho_2}{S_2} \right)$

Applicando la legge di Faraday, il modulo della forza elettromotrice indotta risulta

$$\epsilon = \left| -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} \right| = \left| \frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \pi r^2 \vec{n}) \right| = \left| \frac{d}{dt} (B \pi r^2 \cos \theta) \right| = B_0 e^{\sin \omega t} \pi r^2 \omega \cos \theta |\cos \omega t| = B \pi r^2 \omega \cos \theta |\cos \omega t|$$

e quindi la corrente che circola nella spira ha intensità

$$i = \frac{\epsilon}{R_{tot}} = \frac{B \pi r^2 \omega \cos \theta \cos \omega t}{\pi r \left( \frac{\rho_1}{S_1} + \frac{\rho_2}{S_2} \right)} = \frac{S_1 S_2 B_0 e^{\sin \omega t} \pi r^2 \omega \cos \theta \cos \omega t}{\pi r (\rho_1 S_2 + \rho_2 S_1)}$$

**Esercizio n.3**

La corrente che fluisce nel tratto di filo OB è  $i_1 + i_2$  (legge di Kirchhoff dei nodi).

Il campo magnetico in P, generato dalla corrente che passa nel tratto di filo AO, è perpendicolare al piano del foglio, uscente ed ha modulo  $\frac{\mu_0 i_1}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$ ; la corrente nel filo CO non dà alcun contributo al campo magnetico; la corrente nel tratto di filo OB è anch'esso perpendicolare al piano del foglio, uscente e di modulo  $\frac{\mu_0 (i_1 + i_2)}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$ .

Il campo magnetico, dovuto alle correnti nel filo AB e OC, nel punto P è quindi perpendicolare al foglio, uscente, e di modulo  $\frac{\mu_0 (2i_1 + i_2)}{4\pi} \frac{L}{d\sqrt{d^2 + L^2}}$ .