

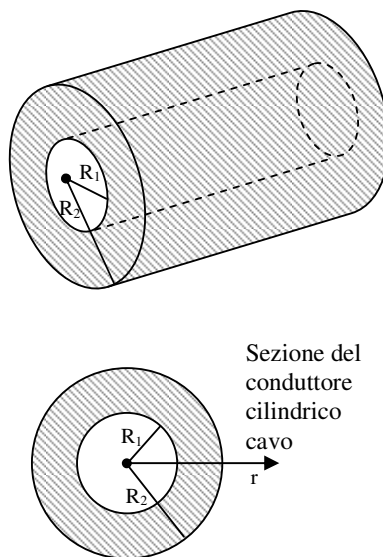
**Proposta**  
**esame scritto di Fisica II**  
**20 giugno 2007 (versione preliminare)**

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

**Esercizio n. 1**

Il conduttore cilindrico cavo della figura è infinitamente lungo, ha raggi interno ed esterno rispettivamente  $R_1$  ed  $R_2$  e porta una corrente uniformemente distribuita sulla sua sezione. (Il cilindro di raggio  $R_1$  è la parte cava del conduttore). Si calcoli il campo magnetico e la densità di energia magnetica in funzione della distanza  $r$  dall'asse del conduttore cavo e si risponda alle seguenti domande:

1. per  $r > R_2$  il modulo del campo magnetico ha espressione
  - A.  $\frac{\mu_0 I}{\pi r^2}$
  - B.  $\mu_0 I \cdot 2\pi r$
  - C.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  (\*)
  - D. 0
2. per  $R_1 < r < R_2$  il modulo del campo magnetico ha espressione
  - A.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r} \frac{r^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}$  (\*)
  - B.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
  - C.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R_2^2 - R_1^2}$
  - D.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r^2}{R_2^2 - R_1^2}$
3. per  $r < R_1$  il modulo del campo magnetico vale
  - A.  $\frac{\mu_0 I}{\pi r^2}$
  - B.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{r}{R_2^2 - R_1^2}$
  - C.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
  - D. 0 (\*)
4. per  $r > R_2$  la densità di energia del campo magnetico ha espressione
  - A.  $\frac{\mu_0 I^2}{\pi r^2}$
  - B. 0
  - C.  $\frac{\mu_0 I^2}{8\pi r^2}$  (\*)
  - D.  $\frac{I^2}{2\mu_0 r^2}$



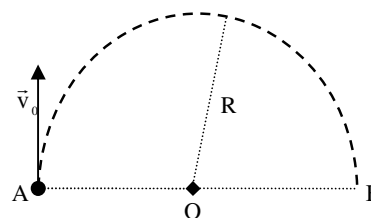
**Esercizio n. 2**

Un elettrone nel punto A della figura ha velocità  $v_0 = 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Calcolare il modulo e la direzione del campo magnetico uniforme che costringe l'elettrone a seguire il percorso semicircolare da A a B, di raggio  $R = 0.10 \text{ m}$ , mostrato in figura. Calcolare inoltre il tempo necessario all'elettrone per andare da A a B e la velocità dell'elettrone quando arriva in B.

Carica dell'elettrone  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C, massa dell'elettrone  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$  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.  $2.07 \cdot 10^{-4}$  T
  - B.  $1.26 \cdot 10^{-2}$  T
  - C.  $0.68 \cdot 10^{-2}$  T
  - D.  $5.68 \cdot 10^{-4}$  T (\*)
7. il tempo impiegato dall'elettrone per percorrere la semicirconferenza è
  - A. 31.4 ns (\*)
  - B. 2.56  $\mu$ s
  - C. 9.25  $\mu$ s
  - D. 3.61 ns
8. la velocità dell'elettrone nel punto B ha modulo
  - A. 0 m s<sup>-1</sup>
  - B.  $10^{+7}$  m s<sup>-1</sup> (\*)
  - C.  $2.53 \cdot 10^{+7}$  m s<sup>-1</sup>
  - D.  $7.12 \cdot 10^{+7}$  m s<sup>-1</sup>



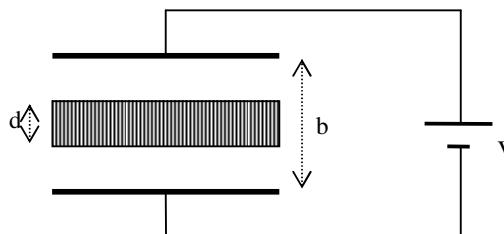
### Esercizio n. 3

Un condensatore ad armature piane e parallele con spaziatura  $b$  e area  $A$  è collegato ad una batteria avente tensione  $V$  come in figura. Inizialmente la regione tra le armature è vuota.

In questa configurazione, determinare il modulo del campo elettrico 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).

In questa nuova configurazione, determinare il campo elettrico nella regione vuota, sopra e sotto la lastra di rame, e calcolare la capacità del sistema.



Rispondere quindi alle seguenti domande:

9. Senza la lastra metallica inserita, il campo elettrico nello spazio tra le armature del condensatore vuoto ha modulo
  - A.  $\epsilon_0 bV$
  - B.  $\frac{V}{b}$  (\*)
  - C.  $\frac{1}{V}$
  - D.  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{V}{b^2}$
10. Senza la lastra metallica inserita, la carica sulle armature del condensatore vuoto ha modulo
  - A.  $\frac{\epsilon_0 A}{b} V$  (\*)
  - B.  $\frac{\epsilon_0 A}{bV}$
  - C.  $\epsilon_0 bV$
  - D.  $\frac{A}{4\pi\epsilon_0 b}$
11. Dopo l'inserimento della lastra metallica, il campo elettrico nello spazio tra le armature e la lastra di rame ha modulo
  - A.  $\frac{V}{b}$

- B.  $2 \frac{V}{b}$   
 C.  $\frac{V}{b+d}$   
 D.  $\frac{V}{b-d} (*)$

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

- A.  $C = 2 \frac{\epsilon_0 A}{b}$   
 B.  $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$   
 C.  $C = \frac{\epsilon_0 A}{b-d} (*)$   
 D.  $C = \frac{\epsilon_0 A}{b}$

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 si trovano in posizioni fissate.

Nel momento in cui la bobina 1 non ha corrente e la corrente della bobina 2 aumenta al ritmo di 15 A/s, la f.e.m. nella bobina 1 è di 25 mV. Calcolare il coefficiente di mutua induzione tra le due bobine.

Si consideri ora la situazione in cui la bobina 2 non ha corrente mentre la bobina 1 ha una corrente di 3.60 A. Calcolare in tale situazione il flusso magnetico concatenato con la bobina 2.

Rispondere quindi alle seguenti domande:

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

- A. 10.03 mH  
 B. 1.67 mH (\*)  
 C. 5.43 H  
 D. 7.33  $\mu$ H

15. Il flusso magnetico concatenato con la bobina 2, quando la bobina 2 non ha corrente mentre nella bobina 1 circolano 3.60 A, vale

- A. 5.98 mWb (\*)  
 B. 0.32 mWb  
 C. 7.01 Wb  
 D. 1.44  $\mu$ Wb

#### 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  $u = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0 I^2}{8\pi r^2}$ .

### 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

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

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

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

### 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  $\Phi_2 = M i_1 = 5.98 \text{ mWb}$ .