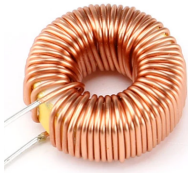
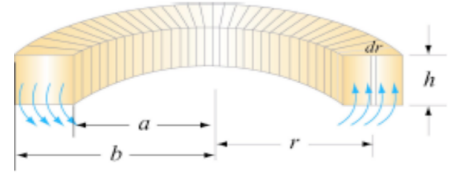


Durante la lezione del 4 verranno presentati i procedimenti risolutivi dei problemi: 2, 4, 9, 11 (e 13?)

1) Quante spire di diametro $d = 4$ cm deve avere un solenoide rettilineo lungo $h = 100$ cm affinché la sua induttanza sia di 9 mH? Trascurare gli effetti di bordo.

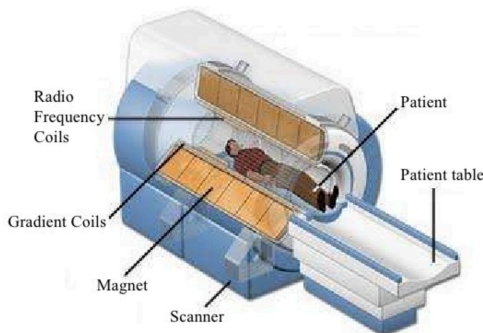


2) Calcolare il coefficiente di autoinduzione di un solenoide compatto costituito da $N = 400$ spire avvolte intorno a un supporto toroidale a sezione rettangolare alto $h = 1$ cm, di raggio interno $a = 8$ cm, raggio esterno $b = 10$ cm.



3) Un lungo conduttore cilindrico di raggio R è percorso da una corrente I uniformemente distribuita sulla sezione del conduttore. Determinare l'espressione dell'energia magnetica all'interno di un tratto lungo h del conduttore.

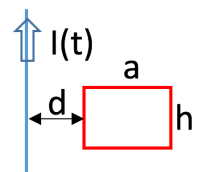
4) Un cavo coassiale è costituito da due superfici cilindriche concentriche di raggi R_1 e $R_2 > R_1$ in cui scorre la stessa intensità di corrente ma in versi opposti. Determinare l'energia magnetica in un tratto di cavo lungo h .



5) Per ottenere un campo magnetico uniforme $B = 0,7$ T, in un vecchio prototipo di apparecchiatura per Risonanza Magnetica fu necessario realizzare una bobina di $N = 2000$ spire di raggio $R = 20$ cm e lunghezza $h = 60$ cm. Calcolare, trascurando gli effetti di bordo:

- l'intensità della corrente necessaria;
- l'induttanza della bobina;
- la densità di energia del campo magnetico all'interno della bobina;
- l'energia immagazzinata nella bobina

6) Una spira rettangolare di lati a e h è posta nel piano XY a distanza d da un filo posto lungo l'asse Y percorso da una corrente $I(t) = kt$ ($k > 0$). Ricavare il valore della f.e.m. indotta nella spira



7) Un lungo solenoide di sezione circolare $S = 5$ cm² costituito da $n = 1000$ spire/m viene percorso da una corrente di intensità variabile: $I(t) = I_0 (1+t/T)$ con $I_0 = 10$ mA e $T = 1$ ms. Determinare la f.e.m. che viene indotta all'istante T in una spira quadrata di lato $L = 1$ cm posta al centro del solenoide. L'asse della spira forma in angolo di 60° rispetto all'asse del solenoide.

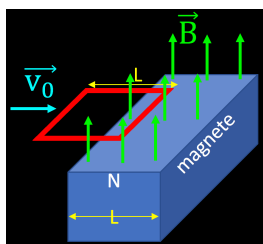
8) Al centro di un lungo solenoide di sezione circolare ($n = 200$ spire/cm, $S = 20$ cm²) è posta, coassialmente, una bobina costituita da $N = 300$ spire di raggio $R = 4$ cm. La corrente del solenoide decresce linearmente da 2A a 0 in $\Delta t = 0,314$ s. Calcolare il valore assoluto della f.e.m. indotta nella bobina mentre la corrente del solenoide varia.

9) Una spira quadrata, di lati lunghi L disposti parallelamente agli assi X e Y , si muove con velocità v_0 nel verso delle Y crescenti. Nello spazio è presente un campo magnetico di componenti $B_x = B_y = 0$ e $B_z = c y^2$. Determinare l'intensità della f.e.m. indotta nella spira che all'istante $t = 0$ ha i lati paralleli all'asse x rispettivamente a $y = 0$ e $y = L$.

10) Un avvolgimento rettangolare di lati $a = 20$ cm e $b = 50$ cm, costituito da 50 spire di filo conduttore, ruota intorno ad un asse parallelo al lato maggiore e passante per il centro dell'avvolgimento con velocità angolare costante immerso in un campo uniforme $B = 0,2$ T normale all'asse di rotazione. Determinare la frequenza di rotazione dell'avvolgimento affinché in esso si generi una forza elettromotrice massima $f_0 = 100$ V.

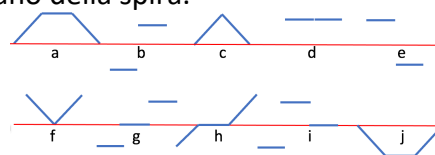
11) Un sottile anello di rame di raggio $R = 4$ cm viene teso opportunamente trasformandolo in una spira quadrata. La deformazione viene effettuata, mantenendo la planarità, in una zona dove è presente un campo magnetico uniforme $B = 0,5$ T inclinato di 30° rispetto al piano. Determinare la f.e.m. media $f_{med} = -\Delta\Phi/\Delta t$ indotta nel conduttore sapendo che il cambiamento di forma avviene in $\Delta t = 0,5$ s.

12) Una spira di raggio $R = 2$ cm formata da un filo metallico di massa $m = 5$ g cade, sotto l'azione della forza di gravità, all'interno di un campo di magnetico uniforme $B = 10^{-3}$ T. Durante la caduta la normale alla superficie della spira mantiene inalterata la sua direzione formando un angolo di 30° con la direzione di $\mathbf{B}$. Determinare l'intensità della corrente circolante nella spira.



13) Una spira quadrata di lato $L = 2$ cm entra (e poi esce) a velocità costante $v_0 = 3$ m/s in una zona di spazio profonda L dove c'è un campo uniforme $B = 0,4$ T perpendicolare al piano della spira.

Graficare l'andamento temporale del flusso, dell'intensità della fem indotta nella spira e determinare il suo valore massimo.



14) A metà lunghezza di un solenoide rettilineo lungo $d = 1$ m, di sezione circolare $S = 10$ cm², costituito da $N = 5 \times 10^4$ spire, è posta, perpendicolarmente all'asse del solenoide, una spira quadrata di lato $L = 5$ cm.

Nella spira viene indotta una fem di intensità $f = 1$ mV. Determinare l'espressione $I(t)$ dell'intensità di corrente, inizialmente nulla, che scorre nel solenoide.

15) Due solenoidi coassiali hanno rispettivamente le seguenti caratteristiche: lunghezza $h_1 = 0,1$ m e $h_2 = 20$ cm; raggio $R_1 = 0,05$ m e $R_2 = 3$ cm; densità di spire $n_1 = 2000$ spire/m e $n_2 = 50$ spire/cm. Se la corrente di 1 A che circola nel solenoide più lungo si dimezza in un decimo di secondo variando linearmente, quanto vale la fem indotta nell'altro solenoide?

Soluzioni

1: $N = 2387$

2: $2\pi r = \mu_0 N I$; $d\Phi_{1\text{spira}} = B h dr \rightarrow L = \mu_0/2\pi N^2 h \ln(b/a)$

3: $J = I/(\pi R^2)$; $2\pi r B = \mu_0 J \pi r^2$; $u = \frac{1}{2} B^2/\mu_0 = \frac{1}{2} \mu_0 [I r/(2\pi R^2)]^2$; $dU = u d\tau = u 2\pi r h dr \rightarrow U = \mu_0/(16\pi) I^2 h$

4: $2\pi r B = \mu_0 I$ $u = \frac{1}{2} \mu_0 [I/(2\pi r)]^2$ $dU = u d\tau = u 2\pi r h dr \rightarrow U = \mu_0/(4\pi) I^2 h \ln(R_2/R_1)$

5: $I = 167 \text{ A}$; $L = 1,05 \text{ H}$; $u = 195 \text{ kJ/m}^3$; $U = 14,7 \text{ kJ}$

6: f.e.m. = $\mu_0 k h/(2\pi) \ln(1+a/d)$

7: fem = $-\mu_0 n (dI/dt) L^2 \cos 60^\circ \rightarrow f = -0,63 \mu\text{V}$

8: fem = $-\mu_0 n (dI/dt) NS \rightarrow f = 96 \text{ mV}$

9: $d\Phi = B(y) L dy$ f da integrare fra $v_0 t$ e $v_0 t + L \rightarrow |f| = cL^2 v_0 (2v_0 t + L)$

10: $\omega = 2\pi \nu$; $\nu = f_0/(2\pi Nab B) \rightarrow 50/\pi \text{ Hz}$

11: $-\Delta\Phi = B_0 \cos 60^\circ [\pi^2 R^2/4 - \pi R^2] \rightarrow 0,54 \text{ mV}$

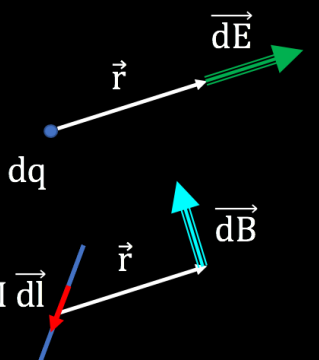
12) calcolare la variazione del flusso di B

13: grafico c; grafico b; $BLv_0 = 24 \text{ mV}$

14: $dI = \frac{f}{\mu_0 \frac{N}{d} S} dt \rightarrow i(t) = K t$ con $K = 50/\pi \text{ A/s}$ $\Phi_S[B(t)] = S \mu_0 N/d I(t)$

15: $f = (n_1 h_1 \pi R_2^2) \mu_0 n_2 K \rightarrow i(t) = I_0 - K t$ con $K = 5 \text{ A/s}$; $f = 18 \text{ mV}$

10^{-3} milli m 10^{-6} micro μ 10^{-9} nano n 10^{-12} pico p
 $\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$



$$\vec{dE}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} dq \frac{\hat{r}}{r^2}$$

$$\vec{dB}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} I d\vec{l} \times \frac{\hat{r}}{r^2}$$

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$\Phi_S(\vec{E}) = \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} dS = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

$$\oint_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{conc}}$$

$$\text{f.e.m.} = -\frac{d\Phi_S(\vec{B})}{dt} \oint_{\gamma} \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\left(\int_{S_{\gamma}} \vec{B} \cdot \hat{n} dS\right)}{dt}$$

$$\Delta V = \frac{L_{\text{CONS}}}{q} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\Delta V_{A \rightarrow B} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

$$\text{f.e.m.} = \frac{L_{\text{NON CONS}}}{q} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$\Phi_S(\vec{B}) = L I$$

$$E_{\text{piano}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$B_{\text{solenoid}} = \mu_0 n I$$

$$C_{\text{piano}} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$L_{\text{solenoid}} = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} S$$

$$U = \frac{1}{2} Q \Delta V$$

$$U = \frac{1}{2} \Phi_S(\vec{B}) I$$

$$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2$$

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$u = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$