Risultati esame scritto Fisica 2 - 10/09/2013
orali: 18-09-2013 alle ore 10.30 presso aula L

gli studenti interessati a visionare lo scritto sono pregati di presentarsi il giorno dell'orale;

Nuovo ordinamento

		voto	
ATTRICE	MATTIA	23	ammesso
BARRESI	VINCENZO	11	
BIONDI	FILIBERTO	18	ammesso
CALDESI	LUCA FRANCESCO	14	
CARVETTA	ANTONIO	14	
CASSANO	LUCIO	18	ammesso
CATRAMBONE	ANGELINA	17	ammesso
CELIA MAGNO	MATTIA	18	ammesso
CERRA	GIOVANNI	17	ammesso
CLORO	MARTINA	14	
CORASANITI	SALVATORE	28	ammesso
CORSO	MARIANGELA	18	ammesso
COSTANTINO	LUCA	14	
CREDIDIO	ANDREA	18	ammesso
CRISTOFARO	RAFFAELE	11	
ESPOSITO	FRANCESCO	nc	
FUNARO	LUIGI	17	ammesso
GALUPPO	MANUEL	15	
GERVASI	GIUSEPPE	12	
GIACOBBE	SAHARA	13	
GRAZIANI	ADELE	27	ammesso
GRILLO	VINCENZO	17	ammesso
GUERRISE	MARCO	14	
IANNI'	GAETANO	15	
IUELE	ERNESTO	17	ammesso
LETTIERI	FRANCESCO	11	
LUCCHINO	GIAN MARCO	11	
LUMARE	ANGELA MOIRA	19	ammesso
MAMONE	GIUSEPPE	17	ammesso
MANNARINO	DANIELE	14	
MARINO	FRANCESCA	15	
MUSCI	CATERINA	19	ammesso
NESCI	FRANCESCA	17	ammesso
NICOLETTI	ROSSELLA	13	
NICOTERA	PASQUALE	11	
OLIVERIO	MARTA	15	
PALLONE	FRANCESCO	nc	
PERRI	LICIA	17	ammesso
PIPICELLI	ALESSANDRA	17	ammesso
PIRRONE	MATTIA	17	ammesso
PITITTO	MIRIANA	17	ammesso
PONTORIERO	MARIA GRAZIA	11	
PUCA	RENATO	18	ammesso
PUGLIESE	FILOMENA	14	
PUTRONE	MICHELE	17	ammesso
ROMANO	PIERPAOLO	12	
ROTA	FRANCESCO	12	
SCRENCI	FRANCESCO	17	ammesso
SERGIO	FRANCESCO	17	ammesso
SPAGNUOLO	SIMONE	12	
STRANGES	MARCO	17	ammesso
VEZIO	VITTORIO	13	

Per gli studenti del N.O.: possono sostenere l'orale di Fisica 2 solo gli studenti che hanno superato l'esame di Fisica 1

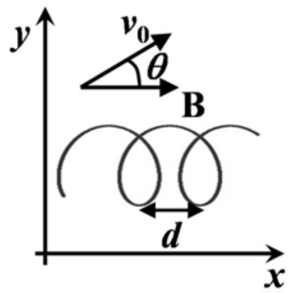
Esame di Fisica 2

Corso Interateneo di Ing. Informatica e Biomedica – 10/09/2013

Problema 1

Una particella di carica positiva q e massa m viaggia lungo una linea retta con velocità costante di modulo v_0 quando entra in una regione di spazio con campo magnetico B uniforme (diretto come l'asse x), e che forma un angolo θ con la velocità v_0. A causa della forza di Lorentz, la particella inizia a percorrere una traiettoria a forma di spirale cilindrica (vedi figura). Si calcoli il passo d della spirale cilindrica.

[Esprimere il risultato in funzione dei parametri del problema q, m, v_0, B, θ; si ricordi che in un moto circolare l'accelerazione centripeta a_c è pari a $a_c = v^2/R$, con v velocità tangenziale alla circonferenza e R raggio della circonferenza.]



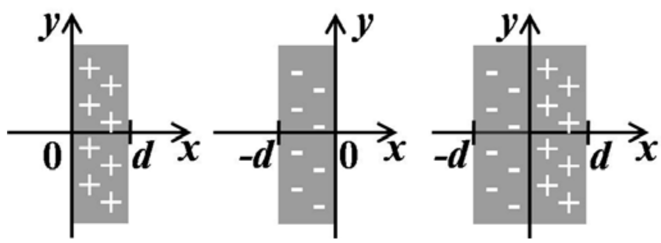
Problema 2

1) Sia data una lastra dielettrica di estensione indefinita e di spessore pari a d, posizionata fra x=0 e x=+d, come mostrato in figura (l'estensione nelle direzioni y e z è indefinita). Tale lastra ha una densità di carica di volume positiva pari a $+\rho$. Calcolare il campo elettrico E^+ in tutto lo spazio, esterno ed interno alla lastra, sfruttando la simmetria del problema.

2) Si consideri una lastra analoga alla precedente, ma con densità di carica negativa $-\rho$ e posizionata fra x=-d e x=0. Si calcoli il campo elettrico E^- in tutto lo spazio, esterno ed interno alla lastra.

3) Si consideri il sistema costituito dalle due lastre precedenti (vedi figura). Si calcoli il campo elettrico E in tutto lo spazio, esterno ed interno alle lastre, e si rappresenti il suo andamento in funzione di x.

[Esprimere i risultati in funzione dei parametri del problema ρ, d e dove necessario della variabile x]



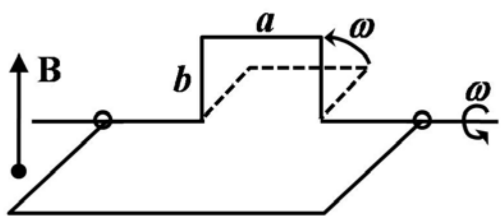
Problema 3

Si consideri un filo, con un'ansa rettangolare di lati a e b come rappresentato in figura, che ruota con velocità angolare ω attorno all'asse del filo. Durante la rotazione tale filo è in contatto elettrico con una spira rettangolare (più ampia dell'ansa ab), e la resistenza elettrica di tutta la spira così formata è pari a R. Tutto il sistema è immerso in un campo magnetico B perpendicolare alla parte ferma della spira e diretto verso l'alto (vedi figura).

1) Si determini la forza elettromotrice indotta e la corrente circolante nella spira.

2) Si determini la potenza meccanica fornita dall'esterno per mantenere il filo in rotazione con velocità angolare ω, e si dimostri che essa è pari alla potenza dissipata per effetto Joule.

[Esprimere i risultati in funzione dei parametri del problema a, b, ω, R, B]



Soluzione problema 1

Una particella carica in moto all'interno di un campo magnetico risente della forza di Lorentz $\mathbf{F_L}$:

$$\mathbf{F_L} = q(\mathbf{v_0} \times \mathbf{B})$$

Scomponiamo il vettore velocità $\mathbf{v_0}$ nelle componenti perpendicolare e parallela al vettore $\mathbf{B}$ (che coincide con l'asse x):

$$\mathbf{F_L} = q[(\mathbf{v_{0x}} + \mathbf{v_{0y}}) \times \mathbf{B}]$$

$$\mathbf{F_L} = q(\mathbf{v_{0x}} \times \mathbf{B} + \mathbf{v_{0y}} \times \mathbf{B})$$

$$\mathbf{F_L} = q(\mathbf{v_{0y}} \times \mathbf{B})$$

$$F_L = qBv_{0y}$$

dove si è tenuto conto del fatto che $\mathbf{v_{0x}}$ è parallelo al vettore $\mathbf{B}$ e $\mathbf{v_{0y}}$ è perpendicolare al vettore $\mathbf{B}$. La forza di Lorentz non modifica il moto lungo l'asse x, che continua con velocità costante v_{0x}, mentre produce un'accelerazione centripeta sulla velocità v_{0y}, che fa ruotare la particella con una traiettoria a spirale intorno all'asse x. Quindi il moto è la composizione di un moto circolare uniforme con velocità v_{0y} attorno all'asse x e di un moto traslatorio con velocità v_{0x} lungo l'asse x. Per il moto circolare uniforme, detta a_c l'accelerazione centripeta, possiamo scrivere che:

$$ma_c = F_L$$

$$ma_c = qBv_{0y}$$

e ricordando che l'accelerazione centripeta è pari a $a_c=v_{0y}^2/R$, con R raggio della traiettoria circolare, si ottiene che:

$$m\frac{v_{0y}^2}{R} = qBv_{0y}$$

$$R = \frac{mv_{0y}}{qB} = \frac{mv_0 \sin\theta}{qB}$$

Per calcolare il passo d dell'elica bisogna conoscere il periodo T impiegato a compiere una rivoluzione intorno all'asse x. Per calcolare il periodo T teniamo conto del fatto che la lunghezza della circonferenza, $2\pi R$, sarà pari al prodotto $v_{0y} \cdot T$:

$$T = \frac{2\pi R}{v_{0y}}$$

$$T = \frac{2\pi}{v_{0y}}\frac{mv_{0y}}{qB} = \frac{2\pi m}{qB}$$

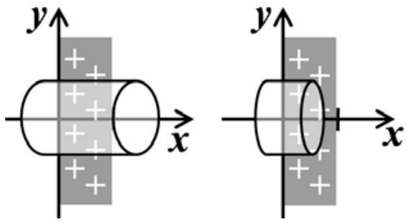
Noto il periodo T, lo spazio percorso lungo x in questo intervallo T sarà pari al passo d dell'elica:

$$d = v_{0x} \cdot T = \frac{2\pi m}{qB} v_0 \cos\theta$$

Soluzione problema 2

Punto 1): Data l'estensione indefinita nelle direzioni y e z della lastra, il campo elettrico per motivi di simmetria è ovunque diretto come l'asse delle x, possiede cioè solo componente lungo l'asse x. Per calcolare il valore del campo elettrico E^+ sfruttiamo la legge di Gauss, e consideriamo come superficie gaussiana un cilindro con asse perpendicolare alla superficie della lastra e posizionato in modo che la lastra divida il cilindro in due parti uguali (vedi figura).

Dato che le due basi del cilindro sono equidistanti dalla lastra, il campo elettrico E^+ sulle basi del cilindro sarà lo stesso, in modulo, per entrambe le basi e diretto parallelamente e con verso concorde ai vettori superficie **A** delle basi del cilindro (perché la carica racchiusa è positiva e genera quindi un campo uscente dal cilindro). Dato che il campo elettrico è parallelo all'asse *x*, e quindi alla superficie laterale del cilindro, l'unico contributo al flusso del campo elettrico attraverso la superficie del cilindro è dato dal flusso attraverso le basi. La legge di Gauss per il flusso Φ(*E*) attraverso le basi *A* del cilindro diventa allora:



$$\Phi\left(E^{+}\right)=\frac{\rho Ad}{\varepsilon_0}$$

$$2E^{+}A=\frac{\rho Ad}{\varepsilon_0}$$

$$E^{+}=\frac{\rho d}{2\varepsilon_0}$$

Si tenga presente che si è posto il prodotto **E**·**A**=*E*·*A* che compare nella definizione di flusso uguale per le due basi perché, per quello detto sopra, campo elettrico e vettore **A** sono concordi. Questo ci dice anche che il campo elettrico E^+ appena trovato è diretto nel verso positivo delle *x* per *x*>+*d* e nella direzione opposta per *x*<0:

$$\begin{cases} E^{+}=+\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} & \text{per } x>d \\ E^{+}=-\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} & \text{per } x<0 \end{cases}$$

Per calcolare il campo elettrico interno alla lastra consideriamo un cilindro che abbia una base in *x*<0 e l'altra in 0<*x*<+*d*. La legge di Gauss in questo caso diventa:

$$\Phi\left(E^{+}\right)=\frac{\rho Ax}{\varepsilon_0}$$

$$E^{+}\cdot A+\frac{\rho d}{2\varepsilon_0}\cdot A=\frac{\rho Ax}{\varepsilon_0}$$

$$E^{+}=\frac{\rho}{2\varepsilon_0}\left(2x-d\right)\quad \text{per } 0<x<+d$$

Come vediamo per *x*<*d*/2 il risultato trovato è negativo, il che vuol dire che il prodotto scalare **E**·**A** (in corrispondenza della base del cilindro che si trova in 0<*x*<+*d*) è negativo e quindi il campo elettrico non è concorde con **A** (si ha cioè un campo elettrico entrante nel cilindro, diretto nel verso negativo delle *x*).

Punto 2): Lo svolgimento è analogo a quello del punto 1). Consideriamo prima di tutto un cilindro che attraversi completamente la lastra di carica -*ρ* e applichiamo la legge di Gauss:

$$\Phi\left(E^{-}\right)=\frac{(-\rho)Ad}{\varepsilon_0}$$

$$2E^{-}A=\frac{(-\rho)Ad}{\varepsilon_0}$$

$$E^{-}=-\frac{\rho d}{2\varepsilon_0}$$

dove il segno negativo che compare nel risultato ci dice che il campo elettrico E^- non è concorde col vettore superficie **A** delle basi del cilindro, e quindi:

$$\begin{cases} E^- = -\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} \quad \text{per } x > 0 \\ E^- = +\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} \quad \text{per } x < -d \end{cases}$$

Per calcolare il campo elettrico interno al nastro, consideriamo un cilindro con una base in x>0 e una base in -d <x<0. Dato che ora il valore della coordinata x è negativo, lo spessore di lastra racchiuso nel cilindro in funzione di x è pari a (-x). Si tenga inoltre presente che per la base che si trova in -d <x<0, un campo elettrico E^->0 (concorde all'asse delle x) e il vettore superficie **A** sono discordi fra loro e ci danno quindi un contributo pari a $-E^- \cdot A$ al flusso $\Phi(E)$. La legge di Gauss si scrive allora come:

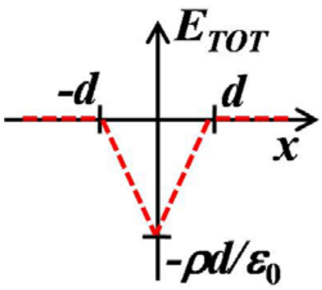
$$\Phi(E^-) = \frac{(-\rho)A(-x)}{\varepsilon_0}$$

$$-E^- \cdot A - \frac{\rho d}{2\varepsilon_0} \cdot A = \frac{\rho A x}{\varepsilon_0}$$

$$E^- = -\frac{\rho}{2\varepsilon_0}(2x+d) \quad \text{per} -d < x < 0$$

Punto 3): Nel caso le due lastre magnetiche siano entrambe presenti, il campo elettrico E_{TOT} sarà la somma dei campi elettrici calcolati sinora nelle varie regioni di spazio. Dividendo allora tutto lo spazio in 4 regioni si ottiene che:

$$\begin{cases} x < -d \rightarrow E^+ = -\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0}; \quad E^- = +\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} \rightarrow E_{TOT} = 0 \\ -d < x < 0 \rightarrow E^+ = -\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0}; \quad E^- = -\dfrac{\rho}{2\varepsilon_0}(2x+d) \rightarrow E_{TOT} = -\dfrac{\rho}{\varepsilon_0}(x+d) \\ 0 < x < +d \rightarrow E^+ = \dfrac{\rho}{2\varepsilon_0}(2x-d); \quad E^- = -\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} \rightarrow E_{TOT} = \dfrac{\rho}{\varepsilon_0}(x-d) \\ x > +d \rightarrow E^+ = \dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0}; \quad E^- = -\dfrac{\rho d}{2\varepsilon_0} \rightarrow E_{TOT} = 0 \end{cases}$$



In figura è rappresentato l'andamento di E_{TOT} in funzione di x.

Soluzione problema 3

Punto 1): Calcoliamo la forza elettromotrice indotta f_{ind} sfruttando la legge dell'induzione di Faraday. A tal proposito abbiamo bisogno di calcolare il flusso del campo B attraverso il circuito. Dalla figura si vede che il campo B è perpendicolare alla parte di spira ferma, mentre l'ansa rettangolare ruotando espone un'area sempre diversa al campo magnetico B. Di conseguenza si avrà un flusso variabile di B attraverso tutta la spira. Detta S_0 la superficie della spira rettangolare ferma e $s=a\cdot b$ l'area dell'ansa rettangolare, il flusso del campo magnetico attraverso tutta la spira è data dal prodotto scalare fra il vettore **B** e il vettore superficie **S** della spira:

$$\Phi(B) = \mathbf{B}\cdot\mathbf{S} = \mathbf{B}\cdot(\mathbf{S_0} + \mathbf{s})$$
$$\Phi(B) = \mathbf{B}\cdot\mathbf{S_0} + \mathbf{B}\cdot\mathbf{s}$$
$$\Phi(B) = BS_0 + Bs\cos(\omega t)$$
$$\Phi(B) = BS_0 + Bab\cos(\omega t)$$

dove si è tenuto conto del fatto che **B** e $\mathbf{S_0}$ sono paralleli fra loro (si ricordi che il vettore superficie è per definizione perpendicolare alla superficie che esso individua), mentre la superficie *ab* ruotando forma un angolo $\theta=\omega\cdot t$ fra la superficie *ab* e il vettore **B**. La derivata del flusso $\Phi(B)$ rispetto al tempo ci fornisce la forza elettromotrice indotta f_{ind}:

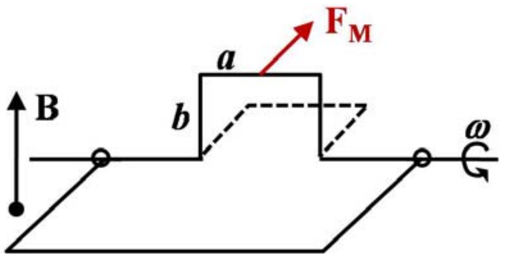
$$f_{ind} = \left|\frac{d\Phi(B)}{dt}\right| = \left|\frac{d}{dt}\left[BS_0 + Bab\cos(\omega t)\right]\right|$$
$$f_{ind} = Bab\cdot\left|\frac{d}{dt}\left[\cos(\omega t)\right]\right|$$
$$f_{ind} = Bab\omega\sin(\omega t)$$

Dalla f_{ind} possiamo calcolare la corrente I circolante nella resistenza R applicando la legge di Ohm:

$$I = \frac{f_{ind}}{R} = \frac{Bab\omega\sin(\omega t)}{R}$$

Punto 2): Un filo percorso da corrente I e immerso in un campo magnetico B risente di una forza meccanica pari a $\mathbf{F_M} = I\cdot(\boldsymbol{l}\times\mathbf{B})$. Quando inizia a circolare la corrente indotta I si hanno delle forze meccaniche che agiscono sui fili che costituiscono la spira. Per quanto riguarda la spira fissa, tali forze meccaniche non possono causare movimenti dei suoi fili perché si tratta di fili fissati nelle loro posizioni. I fili a cui bisogna prestare attenzione sono le parti mobili dell'ansa rettangolare *ab*. In particolare sui lati di lunghezza *b* la corrente va in direzioni opposte (se su un lato *b* la corrente è diretta verso l'esterno della spira, sull'altro sarà diretta verso l'interno) e di conseguenza le forze $\mathbf{F_M}$ saranno uguali in modulo ma opposte in verso e si annullano. Per quanto riguarda il lato *a*, invece, si ha una forza $\mathbf{F_M}$ non bilanciata e il cui momento calcolato rispetto all'asse di rotazione del filo si oppone alla rotazione ω. Il modulo della forza $\mathbf{F_M}$ è dato da:

$$F_M = I(\mathbf{a}\times\mathbf{B}) = IaB$$
$$F_M = \frac{B^2a^2b\omega\sin(\omega t)}{R}$$



dove si è tenuto conto del fatto che **a** e **B** sono perpendicolari fra loro. Il prodotto vettoriale **a**×**B** ha come risultato un vettore perpendicolare sia ad **a** che **B**, e giace quindi su un piano parallelo al piano contenente la parte di spira ferma e allo stesso tempo è perpendicolare al lato *a* (vedi figura). La corrente che circola nella spira è oscillante, passa cioè da senso antiorario a sensto orario man mano che il filo ruota, e di conseguenza il verso di $\mathbf{F_M}$ passa da uscente dalla spira a entrante. Il suo momento però si oppone sempre alla rotazione ω. Calcoliamo il momento M di tale forza rispetto all'asse di rotazione:

$$M = \left|\mathbf{b}\times\mathbf{F_M}\right| = bF_M\sin(\omega t)$$
$$M = \frac{B^2a^2b^2\omega\sin^2(\omega t)}{R}$$

dove si è tenuto conto del fatto che l'angolo compreso fra **b** e $\mathbf{F_M}$ è pari a ωt. Come detto, questo momento M si oppone alla rotazione ω ed è quindi necessario applicare dall'esterno un momento uguale ed opposto per mantenere la velocità angolare pari a ω. La potenza meccanica fornita è allora pari a $P_M=M\cdot\omega$:

$$P_M = M\omega = \frac{B^2 a^2 b^2 \omega^2 \sin^2(\omega t)}{R}$$

Questa potenza fornita dall'esterno è pari alla potenza dissipata per effetto Joule, P_J, all'interno della spira:

$$P_J = RI^2 = R\frac{B^2 a^2 b^2 \omega^2 \sin^2(\omega t)}{R^2}$$

$$P_J = \frac{B^2 a^2 b^2 \omega^2 \sin^2(\omega t)}{R} = P_M$$