Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Primo appello invernale, 27/1/2021

Cognome .... Nome ....

<u>*Istruzioni per gli esercizi:*</u>
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***

1. Una sfera metallica di raggio R=12.4 cm, posta al centro del nostro sistema di riferimento, ha una carica $Q=-1.99\,\mu C$. Poniamo a distanza r=44.4 cm, lungo l'asse x, un dipolo con d=1.3 mm e $q=8.12\,nC$; il vettore dipolo e` bloccato in modo da essere allineato con l'asse z.

a. Calcolare il momento meccanico esercitato dalla sfera sul dipolo.

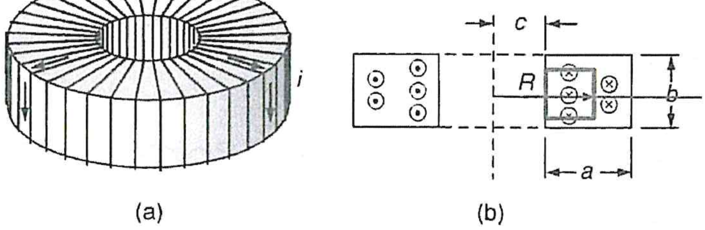
$$\vec{\tau} = \frac{q d |Q|}{4\pi\varepsilon_0 r^2}(-\hat{j}) = 9.58\times10^{-7}\ \text{Nm}\ (-\hat{j})$$

b. Lasciamo il dipolo bloccato in quella posizione, ma libero di ruotare su se` stesso; calcolare quanta energia si libera nell'allineamento del dipolo col campo elettrico.

$$U = 9.58\times10^{-7}\ \text{J}$$

c. Calcolare la forza elettrica esercitata dalla sfera sul dipolo quando questo si e` allineato.

$$\vec{F} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(r-d/2)^2}-\frac{1}{(r+d/2)^2}\right)\hat{i} = -4.32\times10^{-6}\ \hat{i}\ \text{N}$$



(a) (b)

2. Un grande solenoide toroidale, rappresentato in figura, ha dimensioni: raggio interno c=1.10 m, spessore radiale a=42 cm, altezza b=2.0 m. E` composto da N=65000 spire, nelle quali scorre una corrente di I=110 A. Al suo interno abbiamo (in rosso) una spira quadrata di lato L=31 cm, che parte dal raggio polare c (vedi figura), e che ha una resistenza $R=1.24\,m\Omega$.

a. Calcolare il campo magnetico nel solenoide, riportando la formula e il valore numerico al raggio c.

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{NI}{r}, \quad |\vec{B}|(r=c) = 1.3T$$

b. Calcolare il flusso del campo magnetico attraverso la spira.

$$\Phi_B = \frac{\mu_0}{2\pi} NIL \ln\left(\frac{c+L}{c}\right) = 0.11\ Wb$$

c. Il solenoide viene spento, in modo tale che la corrente diminuisca linearmente col tempo, fino ad annullarsi dopo t=3s. Calcolare la corrente indotta nella spira.

$$i = \frac{1}{R}\frac{\Phi_B}{t} = 29.6\ A$$

3. Un circuito RLC serie e` caratterizzato da $R=100\,\Omega$, $L=0.5\,H$ e $C=2\,\mu F$. Il generatore di f.e.m. alternata ha $V_{max}=200\,V$ e $\nu=80\,Hz$.

a. Calcolarne l'impedenza, sia come numero complesso che come modulo e fase.

$$Z = R + j(X_L - X_C) = 100 - 743j\ \Omega;\ |Z| = 750\ \Omega,$$
$$\phi_Z = -82.3^\circ$$

b. Calcolare la potenza dissipata sulla resistenza e il fattore di potenza.

$$P = \frac{V_{max}^2}{2|Z|}\cos\phi = 3.55\,W, \quad \cos\phi = \frac{R}{Z} = 0.133$$

c. Come dobbiamo cambiare la frequenza se vogliamo che diventi prevalentemente induttivo?

$$\omega > \omega_0 = 1000\ rad\ s^{-1},$$
$$\nu > 159\ Hz$$

$$NB:\ Q = \omega_0\frac{L}{R} = 5,\ \Delta\omega = 200,\ \Delta\nu = 16\,Hz$$

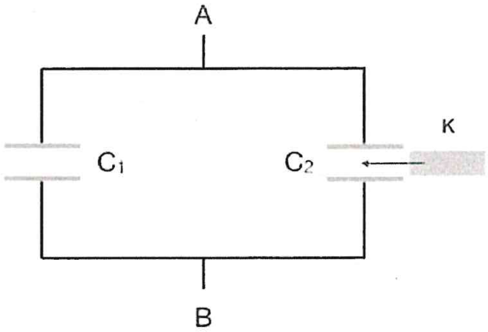
Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Secondo appello invernale, 10/2/2021

Cognome .... Nome ....

<u>*Istruzioni per gli esercizi:*</u>
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***



1. I due condensatori piani indicati in figura, montati in parallelo, hanno capacita` C_1=1.25 nF e C_2=400 pF. Vengono caricati imponendo sui punti A e B una differenza di potenziale di 200 V fornita da una batteria, e vengono poi isolati. Successivamente viene inserito un dielettrico di costante $\kappa=6$ tra le armature del condensatore 2.

a. Calcolare la variazione della differenza di potenziale ΔV tra le armature dei due consensatori quando viene inserito il dielettrico.

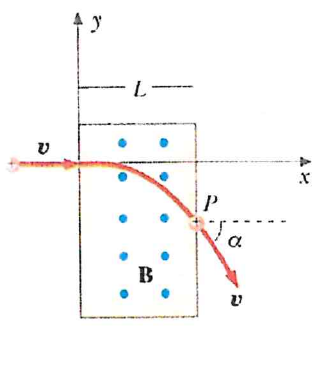
$$\Delta V = Q\left(\frac{1}{C_1+\kappa C_2} - \frac{1}{C_1+C_2}\right) = -110\ V$$

b. Calcolare come si ridistribuisce la carica tra i due condensatori.

$$Q_1' = C_1 \frac{C_1+C_2}{C_1+\kappa C_2} V = 1.13\times10^{-7} C, \quad Q_2' = CV - Q_1' = 2.17\times10^{-7}\ C$$

c. Adesso togliamo il dielettrico, ricolleghiamo i punti A e B alla batteria e reinseriamo il dielettrico, stavolta senza isolare il sistema. Quanta energia viene fornita (segno +), o assorbita (segno -), dalla batteria?

$$\Delta U = \frac{1}{2}(\kappa-1)C_2V^2 = 4\times10^{-5}\ J$$



2. Un protone (m_p=1.67 10^{-27} kg) di energia cinetica K=91 MeV viene iniettato in una regione, di spessore L=0.81 m, dove e` presente un campo magnetico, allineato con $\hat{k}$ nella figura, di B=0.85 T.

a. Calcolare la velocita` (in modulo) con cui il protone esce dalla regione.

$$v = \sqrt{\frac{2Ke}{m_p}} = 1.32 \times 10^8 \ m\,s^{-1} \quad (44\% \text{ di } c)$$

b. Calcolare l'angolo α di deflessione del protone.

$$\alpha = \arcsin \frac{L}{R} = 30.0^\circ \qquad R = \frac{mv}{eB}$$

c. Se al posto del campo magnetico ci fosse stato un campo elettrico, allineato con $-\hat{j}$, che valore avrebbe dovuto avere questo per far deflettere il protone dello stesso angolo α?

$$E = \frac{v^2 m_p \tan\alpha}{eL} = 1.30 \times 10^8 \ V\,m^{-1}$$

3. Un circuito e` composto dalla serie di una induttanza e di un parallelo tra una capacita` e una resistenza. Si ha che $R=1\,k\Omega$, $L=0.5\,H$ e $C=2\,\mu F$. Il generatore di f.e.m. alternata ha $V_{max}=220\,V$ e $\nu=\cancel{50}$ 120 Hz.

a. Calcolarne l'impedenza, sia come numero complesso che come modulo e fase.

$$Z = \frac{R X_c^2}{R^2 + X_c^2} + j\left(X_L - \frac{R^2 X_c}{R^2 + X_c^2}\right) = 305 + 83{,}6\,j \ \Omega$$

$$|Z| = 316\,\Omega, \quad \phi_z = -15.3^\circ$$

b. Calcolare la frequenza di risonanza del sistema.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{R^2 C^2}} = 866 \ rad\,s^{-1}, \quad \nu_0 = 138 \ Hz$$

c. Calcolare la potenza dissipata sulla resistenza.

$$P = \frac{V_{eff}^2}{R} \left| 1 - \frac{\omega L}{|Z|} e^{j\left(\frac{\pi}{2} - \phi_z\right)} \right|^2 = 73.7 \ W$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V^2}{R} \frac{|Z_{RC}|^2}{|Z|^2} = 73.7 \ W$$

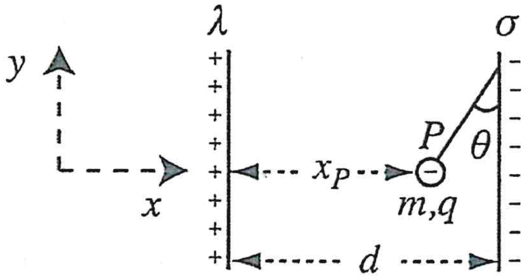
Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Terzo appello invernale - 24/2/2021

Cognome .... Nome ....

<u>*Istruzioni per gli esercizi:*</u>
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***



1. Una sferetta carica di massa m=0.42 g e` appesa a un cavo (neutro e isolante) di lunghezza l=14 cm, e il cavo e` a sua volta agganciato ad piano isolante, uniformemente carico con densita` $\sigma = -4.16\, nC/m^2$, perpendicolare all'asse x in figura. A distanza d=12.1 cm troviamo un filo isolante di lunghezza indefinita, allineato all'asse y, uniformemente carico con $\lambda = 3.03\, nC/m$. Il cavo e` inclinato di un angolo $\theta = 4.32^o$.

a. Calcolare il campo elettrico $\vec{E}$ sulla sferetta.

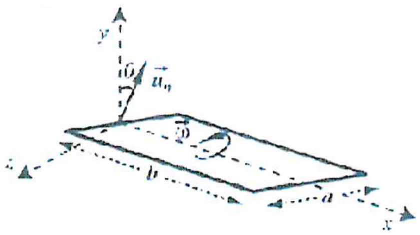
$$\vec{E} = \left(\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x_P} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right)\hat{i} = 728\,\hat{i}\ V/m \quad , x_P = d - l \sin\vartheta = 11.0\ cm$$

b. Calcolare simbolicamente la tensione del filo $\vec{T}$ come forza che agisce sulla sferetta, e il suo modulo anche come valore.

$$\vec{T} = -q\vec{E} - m\vec{g} \quad , |\vec{T}| = \frac{mg}{\cos\vartheta} = 4.13 \times 10^{-3}\ N$$

c. Ricavare la carica q della sferetta.

$$q = -\frac{mg}{E}\tan\vartheta = -4.27 \times 10^{-7}\ C$$



2. Una spira rettangolare di lati a=12 cm e b=24 cm e` imperniata in modo da ruotare attorno all'asse x, come mostrato in figura. La spira e` immersa in un campo magnetico $\vec{B} = \alpha x \hat{j}$, linearmente variabile lungo la componente x con un coefficiente $\alpha = 0.42\, T/m$. La spira ha

una resistenza $R = 14.1\,\Omega$ e ruota ad una velocita` angolare di $\omega = 31.3\,rad\,s^{-1}$. Indichiamo con $\theta = \omega t$ l'angolo tra il vettore superficie della spira e l'asse y.

a. Calcolare il flusso del campo magnetico in funzione del tempo, ed il suo valore a t=0.

$$\phi(\vartheta) = \frac{\alpha a b^2}{2} \cos\omega t \;,\quad \phi(0) = \frac{\alpha a b^2}{2} = 1.45 \times 10^{-3}\ Wb$$

b. Calcolare la corrente indotta nella spira, ed il valore del suo massimo. Determinare in che senso scorre la corrente quando $\theta = 30^o$ (considerate dove punta il vettore superficie, supponendo che a t=0 sia allineato con l'asse y, e sapendo il segno della corrente determinate se il verso e` orario o antiorario quando e` visto da un osservatore sopra il circuito, con y>0).

$$i = \frac{\alpha a b^2 \omega}{2R} \operatorname{sen} \omega t \;,\quad i_{max} = \frac{\alpha a b^2 \omega}{2R} = 3.22 \times 10^{-3}\ A$$

senso antiorario

c. Calcolare il massimo momento meccanico esercitato sulla spira.

$$\tau_{max} = i_{max} \frac{\alpha a b^2}{2} = \frac{\alpha^2 a^2 b^4}{4R} = 4.68 \times 10^{-6}\ Nm$$

3. Un circuito RLC parallelo ha valori dei suoi componenti $R = 100\,\Omega$, $L = 0.5\,H$ e $C = 2\,\mu F$. Il generatore di f.e.m. alternata ha $V_{eff} = 220\,V$ e $\nu = 50\,Hz$.

a. Calcolarne l'impedenza, sia come numero complesso che come modulo e fase.

$$z_{eq} = \frac{R\left[1 + jR\left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)\right]}{1 + R^2\left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} = 75.2 + 43.2j\ \Omega \;,\quad |Z| = 86.7\ \Omega$$

$$\phi_z = 29.8^\circ$$

b. Calcolare la potenza dissipata sulla resistenza.

$$P_R = \frac{V_{eff}^2}{R} = 484\ W$$

c. Supponiamo di volere inserire un elemento in serie a questo circuito, in modo che tutto il sistema vada in risonanza alla frequenza data qui sopra. Che elemento aggiungiamo, e di che valore?

$$Z_{inserito} = -43.2j = -\frac{j}{\omega C} \;,\quad C = 73.7\ \mu F$$

Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Primo appello estivo - 16/6/2021

Cognome .... Nome ....

Istruzioni per gli esercizi:

Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***

1. Un cilindro isolante di lunghezza indefinita ha una sezione circolare di raggio a=11.4 cm, ed ha una densita` di carica lineare di $\lambda=5.41\,nC/m$, uniforme al suo interno.

a. Calcolate la sua densita` volumetrica di carica ρ .

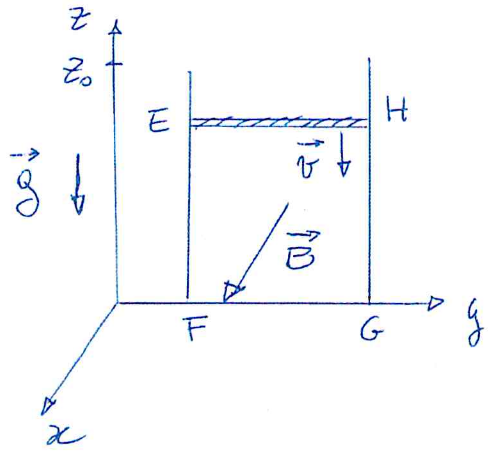
$$\rho = \frac{\lambda}{\pi a^2} = 1.33 \times 10^{-7}\ C m^{-3}$$

b. Calcolate il campo elettrico in tutti i punti dello spazio, sia interni che esterni al cilindro, quantificandone il valore alla superficie.

$$E(r) = \begin{cases} \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} & r > a \\ \dfrac{\lambda\, r}{2\pi\varepsilon_0 a^2} & r < a \end{cases} \qquad E(a) = 853\ V/m^3$$

c. Un antiprotone ($m_p=1.67\,x\,10^{-27}\ kg$) e` in orbita circolare attorno a questo cilindro, ad una distanza d=44.1 cm. Qual'e` la sua velocita`?

$$v = \sqrt{\frac{e\lambda}{2\pi\varepsilon_0 m_p}} = 9.65 \times 10^{4}\ m s^{-1}$$



2. Una barretta orizzontale EH di massa $m=0.01\,g$, lunghezza $l=20\,cm$ (da $y_1=5\,cm$ a $y_2=25\,cm$) e resistenza $R=4\,\Omega$ puo` scorrere senza attrito lungo una guida metallica verticale di resistenza trascurabile e chiusa ad un estremo, formando cosi` un circuito (EFGH nella figura a fianco). Il circuito e` immerso in un campo magnetico variabile, allineato con l'asse x, il cui modulo e` una funzione della posizione

lungo l'asse y: $\vec{B}=\alpha y \hat{i}$, linearmente variabile lungo la componente y con un coefficiente $\alpha=3.8\,T/m$. La sbarretta lasciata cadere da un'altezza z_0 si porta repentinamente a velocita` $\vec{v}$ costante.

a. Calcolare il flusso del campo magnetico attraverso il circuito ad un generico istante t, quando la barretta e` alla generica altezza z, quantificandolo per $z=10\,cm$.

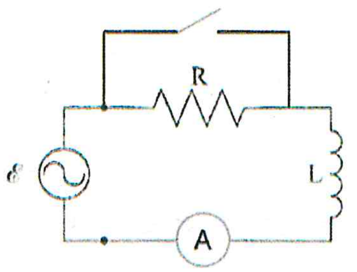
$$\phi_B = z\alpha \frac{y_2^2 - y_1^2}{2} \quad , \phi(z = 10\,cm) = 1.14\times 10^{-2}\ Wb$$

b. Trascurando attriti e autoinduzione, calcolare la velocita` a cui la barretta cade.

$$v = \frac{mgR}{\alpha^2} \frac{4}{(y_2^2 - y_1^2)^2} = 0.0302\ m s^{-1}$$

c. Determinare la potenza dissipata nella barretta nel periodo in cui questa e` a velocita` costante. Come si confronta con l'energia gravitazionale liberata nella caduta?

$$P = R\left[\frac{2mg}{\alpha(y_2^2 - y_1^2)}\right]^2 = 7.96\times 10^{-6}\ W = mgv$$



3. Nel circuito in figura il generatore di f.e.m. alternata ha $V_{eff}=220\,V$ e $\nu=50\,Hz$. Con l'interruttore aperto l'amperometro A misura una corrente efficace di $i_1=0A$, 0,63 A mentre con l'interruttore chiuso $i_2=0A$. 14 A

a. Ricavate l'induttanza L.

$$L = \frac{V_{eff}}{2\pi\nu\, i_2} = 50\ mH$$

b. Ricavate la resistenza R.

$$R = \sqrt{\left(\frac{V_{eff}}{i_1}\right)^2 - \omega^2 L^2} = 343\ \Omega$$

c. Ricavate lo sfasamento tra corrente e tensione e la potenza dissipata nei due casi.

chiuso: $\phi_i = -\frac{\pi}{2}$, $P = 0$

aperto: $\phi_i = -7.58°$, $P = 138\ W$

Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Primo appello estivo - 21/7/2021

Cognome .... Nome ....

Istruzioni per gli esercizi:
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***

1. Due sfere conduttrici, di raggi $R_1=12.0\,cm$ e $R_2=4.5\,cm$, sono fisse a una certa distanza d (da intendere come distanza tra i due centri). Queste sono caricate con la stessa carica $Q=7.4\,nC$.

a. Calcolate la differenza di potenziale tra le due sfere $\Delta V=V_2-V_1$, ipotizzando che la distanza d sia tale che le sfere non si influenzino.

$$\Delta V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right) = 1478\,V - 554\,V = 924\,V$$

b. Richiedendo che il campo elettrico che la sfera 2 esercita sulla superficie della sfera 1 sia molto piu` piccolo (per es., < 1/100) del campo elettrico sulla superficie della sfera grande, suggerite a quale distanza devono stare le due sfere per non influenzarsi.

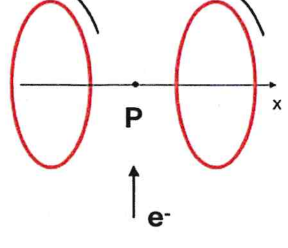
$$d > 11 R_1 \approx 1.32\,m$$

c. Le due sfere vengono collegate con un filo conduttore, per un tempo sufficientemente lungo da far tornare il sistema statico. Calcolare la differenza di energia potenziale $\Delta U=U'-U$ tra le due configurazioni, prima (senza ') e dopo (con ') il collegamento del filo.

$$Q_1' = \frac{2R_1Q}{R_1+R_2} = 10.8\,nC \,,\quad Q_2' = \frac{2R_2Q}{R_1+R_2} = 4.0\,nC$$

$$\Delta U = \left(\frac{Q_1'^2}{R_1}+\frac{Q_2'^2}{R_2}\right)\frac{1}{8\pi\varepsilon_0} - \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q^2}{R_1}+\frac{Q^2}{R_2}\right) = 5.97\,\mu J - 7.52\,\mu$$

$$= -1.55\,\mu$$



2. Un elettrone ($m_e=9.11\,x\,10^{-31}$ kg) viene sparato tra due "bobine di Helmoltz" (Fig. 2), due bobine coassiali di N=50 spire l'una, di raggio $R=5.40$ cm, separate da una distanza $d=2R$ ed attraversate, nello stesso senso come in figura, da una corrente $I=1.2\,A$. La velocita` dell'elettrone e` $v=1.43\,x\,10^{8}$ m/s.

a. Calcolare il campo magnetico $\vec{B}$ nel punto P a meta` tra i centri delle due bobine.

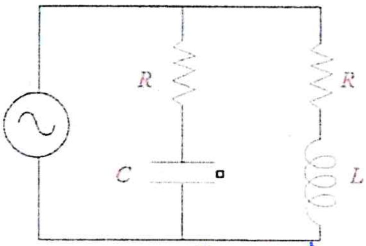
$$\vec{B} = \mu_0 \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{NI}{R} \hat{\imath} = 6.83 \times 10^{-4}\, T\, \hat{\imath}$$

b. Supponendo che il campo magnetico sia uniforme nel cilindro che ha le due bobine come basi, e nullo al di fuori, calcolate la forza $\vec{F}$ esercitata sull'elettrone dal campo magnetico e il tempo δt di durata dell'interazione, supponendo che la traiettoria dell'elettrone sia approssimativamente imperturbata.

$$|\vec{F}| = eBv = 1.13 \times 10^{-14}\, N \ , \ \delta t = \frac{2R}{v} = 7.55 \times 10^{-10}\, s$$

c. Eguagliando l'impulso $\vec{F}\delta t$ alla variazione della quantita` di moto dell'elettrone, calcolare l'angolo di deflessione dello stesso. Quanto era buona l'ipotesi di traiettoria imperturbata?

$$\delta v = \frac{eB2R}{m_e} = 8.36 \times 10^6\, m/s \ , \ \vartheta \simeq \frac{\delta v}{v} \simeq \frac{F\delta t}{m_e v} \simeq 3.75^\circ$$



3. Un circuito e` composto dal parallelo di un RC serie e di un RL serie, con $R = 12.0\,\Omega$ uguale per le due resistenze, $C = 120\,\mu F$ e $L = 16.0\,mH$. Viene attraversato da una corrente alternata di $\nu = 80.0\,Hz$ e $V_{eff} = 20.0\,V$.

a. Calcolare l'impedenza totale del circuito.

$$Z = \frac{2R(R^2 + L/C) + R(\omega L - 1/\omega C)}{4R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} + j\, \frac{(R^2 - L/C)(\omega L - 1/\omega C)}{4R^2 + (\omega L - 1/\omega C)} = 11.6 - 0.14\, \Omega$$

$$|Z| = 11.6\,\Omega \ , \ \phi_Z = -0.69^\circ$$

b. Calcolare il valore efficace della corrente che circola nei due rami e il suo sfasamento con la tensione.

$$i_{RC} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{R^2 + 1/\omega^2 C^2}} = 0.98\, A \ , \ \phi_{iRC} = -\arctan \frac{-1}{R\omega C} = +54.1^\circ$$

$$i_{RL} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = 1.38\, A \ , \ \phi_{iRL} = -\arctan \frac{\omega L}{R} = -33.8^\circ$$

c. Calcolare la frequenza di risonanza del circuito e la sua impedenza in questo caso.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 721\, rad/s \ , \ \nu_0 = 115\, Hz \ , \ Z_{RIS} = \frac{R^2 + L/C}{2R} = 11.6\,\Omega$$

Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Primo appello autunnale - 2/9/2021

Cognome ....   Nome ....

Istruzioni per gli esercizi:
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***

1. Tre piccole sfere identiche di dimensioni trascurabili e massa $m=3\,g$, cariche con $q_1=248\,nC$, $q_2=240\,nC$ e $q_3=62\,nC$, giacciono allineate su un piano orizzontale, vincolate a mantenere la propria posizione. La sfera 2 sta in mezzo, la sua distanza dalle sfere 1 e 3 e` rispettivamente $d_{12}=0.8\,m$ e $d_{23}=0.4\,m$. Definiamo l'asse x come la retta che interseca le tre cariche (in direzione dalla 1 alla 3), e poniamo l'origine sulla carica 2.

a. Calcolate l'energia elettrostatica del sistema.

$$U=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_2}{d_{12}}+\frac{q_2q_3}{d_{23}}+\frac{q_1q_3}{d_{12}+d_{23}}\right)=1.12\times10^{-3}\,J$$

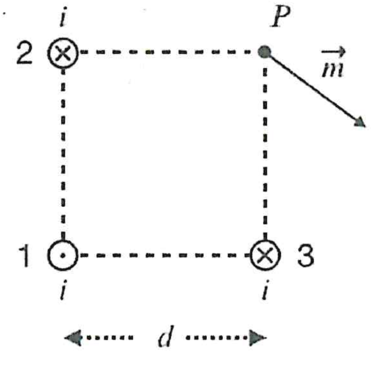
b. La sfera 2 viene lasciata libera di muoversi lungo l'asse y, e le viene dato un minuscolo impulso in direzione delle y positive. Calcolate la forza (vettore!) del campo elettrico quando la carica e` a $y=0.5\,m$.

$\alpha_1=\arctan\left(\frac{y}{d_{12}}\right)$, $\alpha_3=\arctan\left(\frac{y}{d_{23}}\right)$

$$\vec{F}=\frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{d_{12}^2+y^2}\left(\cos\alpha_1\,\hat{i}+\operatorname{sen}\alpha_1\,\hat{j}\right)+\frac{q_3}{d_{23}^2+y^2}\left(-\cos\alpha_3\,\hat{i}+\operatorname{sen}\alpha_3\,\hat{j}\right)\right]=$$
$$=\left(3.06\,\hat{i}+5.73\,\hat{j}\right)\times10^{-4}\,N$$

c. Calcolate la velocita` della carica dopo un tempo adeguatamente lungo.

$$U_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_2}{d_{12}}+\frac{q_2q_3}{d_{23}}\right),\quad v=\sqrt{\frac{2U_2}{m}}=0.82\,m/s$$



2. Tre fili indefiniti, paralleli tra di loro, sono disposti sui quattro vertici di un quadrato di lato d=2 cm (vedi figura) e sono percorsi da correnti i_1=0.48 A (uscente), i_2=0.22 A (entrante), i_3=0.76 A (entrante). Nel punto P della figura poniamo l'ago di una calamita, con momento magnetico $\vec{m}=16(\hat{i}-\hat{j})\ \mu Am^2$, dove $\hat{i}$ e $\hat{j}$ sono i versori degli assi x (orizzontale) e y (verticale) nella figura.

a. Determinare il campo magnetico $\vec{B}$ nel punto P.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi d}\left[\left(i_3 - \frac{i_2}{2}\right)\hat{i} + \left(\frac{i_1}{2} - i_2\right)\hat{j}\right] = 5.2\hat{i} + 0.2\hat{j}\ \mu T$$

b. Quale momento meccanico dobbiamo esercitare sul magnete per mantenerlo in quella posizione?

$$\tau_{vincolo} = -\vec{m} \times \vec{B} = -8.64 \times 10^{-11}\,\hat{k}\ Nm$$

c. Lasciamo l'ago libero di ruotare senza attrito. Con quanta energia l'ago si ritrova riallineato con il campo magnetico?

$$U = |\vec{m} \cdot \vec{B}| = 8.0 \times 10^{-11}\ J$$

3. Un circuito e` composto dalla serie di un condensatore e del parallelo di una resistenza e un'induttanza, al quale e` applicata una f.e.m. alternata. Si ha che $V_0 = 350\,V$, $\nu = 100\,Hz$, $L = 0.4\,H$, $R = 470\,\Omega$, $C = 7\,\mu F$.

a. Calcolare l'impedenza totale del circuito (sia complessa, riportando la formula, che come modulo, riportando solo il valore) e lo sfasamento della corrente sul capacitore rispetto alla tensione (solo il valore).

$$Z = \frac{R X_L^2}{R^2 + X_L^2} + j\left(\frac{R^2 X_L}{R^2 + X_L^2} - X_C\right) = 104 - 31j\ \Omega,\quad |Z| = 108\ \Omega$$

$$\phi_i = -\phi_Z = 17.0°$$

b. Calcolare a quale frequenza il circuito va in risonanza.

$$\nu_{ris} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{LC - \frac{L^2}{R^2}}} = 110\ Hz$$

c. Calcolare la potenza dissipata sulla resistenza.

$$i_{eff}^2 = \frac{V_0^2}{2}\frac{1}{|Z|^2}\frac{X_L^4 + R^2 X_L^2}{(R^2 + X_L^2)^2} = (1.07\,A)^2,\quad P = i_{eff}^2 R = 536\ W$$

Universita` di Trieste, A.A. 2020/2021

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica

Fisica Generale 2 - Primo appello autunnale - 17/9/2021

Cognome .... Nome ....

Istruzioni per gli esercizi:
Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: ***la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date o di quelle ottenute in altre risposte, e il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate.***

1. Un sistema di due condensatori in serie, di capacita` $C_1$=46 pF e $C_2$, e` caricato a V=12 V e isolato. Il secondo condensatore e` composto da due lastre di A=220 mm^2 poste a distanza d=0.1 mm e separate dal vuoto. Nel secondo condensatore viene inserito un dielettrico con $\kappa=3.12$.

a. Calcolate la differenza di potenziale ai capi del sistema dopo l'inserimento del dielettrico.

$$V' = V\frac{C_1 + KC_2}{K(C_1+C_2)} = 6.77\ V, \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 A}{d} = 19.5\ pF$$

b. Calcolate la differenza di energia elettrostatica causata dall'inserimento del dielettrico.

$$\Delta U = \frac{1}{2}Q^2\left[\frac{1}{C'} - \frac{1}{C}\right] = \frac{V^2}{2}\frac{C_1^2 C_2}{(C_1+C_2)^2}\frac{1-K}{K} = -4.7\times10^{-10}\ J$$

$$C = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}, \quad C' = \frac{KC_1C_2}{C_1+KC_2}$$

c. Chi inserisce il dielettrico deve esercitare una forza per farlo entrare?

NO, $\Delta U < 0$

2. Una bobina quadrata, di N=20 spire e di lato d=10 cm, e` vincolata a ruotare (con frequenza $\omega=510\ rad\ s^{-1}$) attorno ad un asse che coincide con l'asse x del nostro sistema di riferimento, e quando e` sul piano xy si estende da x=0 a x=d, e da y=-d/2 a y=d/2. La bobina e` immersa in un campo magnetico statico, allineato con l'asse z e di modulo variabile $\vec{B}(x)=\alpha x \hat{k}$ dove il coefficiente vale $\alpha=3.2\ T\,m^{-1}$. La resistenza complessiva della bobina e` $R=0.12\Omega$.

a. Calcolate il flusso del campo magnetico sulla ~~spira~~ bobina per un generico angolo di rotazione $\theta(t)=\omega t$, riportando la formula in funzione del tempo e quantificandone il valore massimo.

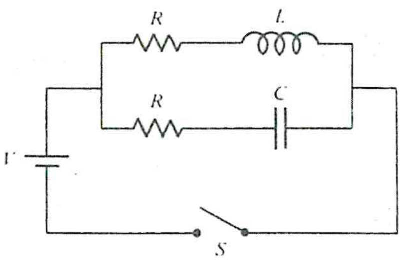
$$\phi(t) = N\frac{\alpha d^3}{2}\cos\omega t \quad , \quad \phi(t=0) = 3.2\times10^{-2}\ Wb$$

b. Calcolate la corrente indotta sulla bobina in funzione del tempo, quantificandone il valore ~~effettivo~~. efficace

$$I = \frac{1}{R}\,\omega\, N\frac{\alpha d^3}{2}\,\mathrm{sen}\,\omega t \quad , \quad I_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\frac{\omega}{R}\,\frac{\alpha d^3}{2} = 36.2\ A$$

c. Calcolate il momento meccanico necessario per mantenere il moto in funzione del tempo, quantificandone il valore massimo.

$$\vec{\tau} = \frac{\omega}{R}\left(N\frac{\alpha d^3}{2}\right)^2 \mathrm{sen}^2\omega t\ \hat{i} \quad , \quad |\vec{\tau}_{max}| = 6.35\ Nm$$



3. Nel circuito in figura si ha $R=10\Omega$, $C=120\mu F$ e $L=16.0\,mH$, mentre la f.e.m. e` di $V=12\,V$. L'interruttore viene chiuso all'istante t=0.

a. Trovare l'espressione della corrente, in funzione del tempo, che circola sul ramo dell'induttore.

$$i_L(t) = \frac{V}{R}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_L}}\right) = 1.2\left(1-e^{-\frac{t}{1.6\,ms}}\right)\ A$$

b. Trovare l'espressione della corrente, in funzione del tempo, che circola sul ramo del condensatore.

$$i_C(t) = \frac{V}{R}\,e^{-\frac{t}{\tau_C}} = 1.2\,e^{-\frac{t}{1.2\,ms}}\ A$$

c. Per quale valore della resistenza la corrente del ramo che contiene la batteria e l'interruttore parte istantaneamente?

$$\tau_L = \tau_C \Rightarrow R' = \sqrt{\frac{L}{C}} = 11.55\ \Omega$$