università di ferrara

Fisica 2

Esame scritto del 30/04/2015

Corso di Laurea Ingegneria Elettronica e Informatica

Esercizio 1: Un cilindro metallico isolato di raggio R = 10 cm e altezza h, ruota attorno al suo asse con velocità angolare $\omega = 3\times10^3$ rad/s. Si assuma che gli elettroni di conduzione, trascinati nel moto di rotazione del cilindro, siano liberi di muoversi radialmente.

i. Calcolare l'espressione delle forze a cui sono soggetti gli elettroni in condizioni di equilibrio dinamico.

ii. Calcolare le componenti del campo $\vec{E}$ in un generico punto P a distanza r = 7 cm dall'asse di rotazione.

iii. Calcolare la densità volumetrica di carica ρ in un generico punto all'interno del cilindro ed esplicitarne il segno.

iv. Calcolare la densità superficiale di carica σ in un generico punto sulla superficie esterna del cilindro ed esplicitarne il segno.

Esercizio 2: Con riferimento al circuito indicato in figura, si considerino C_1 = 8 µF, C_2 = 4 µF e V_0 = 300 V.

i. Calcolare la differenza di potenziale $V_a - V_b$ quando l'interruttore S è aperto.

ii. Calcolare l'energia elettrostatica del sistema nella condizione del punto i.

iii. Calcolare la variazione di energia elettrostatica del sistema un volta che viene chiuso l'interruttore S.

iv. Calcolare la quantità di carica che fluisce attraverso l'interruttore a seguito della chiusura.

Esercizio 3: Un atomo di H è formato da un protone e da un elettrone che, in approssimazione classica, percorre un orbita circolare di raggio $a_0 = 0.53\times10^{-10}$ m (raggio di Bohr) centrata sul protone.

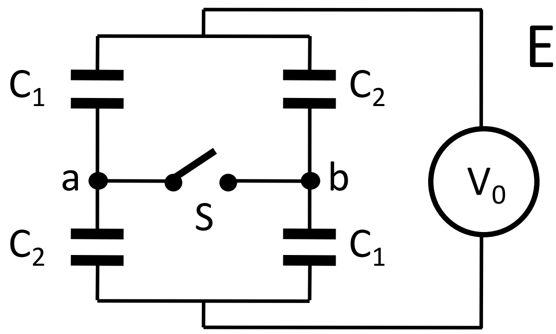
i. Calcolare le forze che agiscono sull'elettrone ed esplicitare la velocità tangenziale dell'elettrone. Si suggerisce di considerare la massa del protone infinitamente più grande rispetto a quella dell'elettrone.

ii. Calcolare l'intensità della corrente dovuta alla rotazione dell'elettrone..

iii. Calcolare il campo induzione magnetica $\vec{B}$ generato dalla rotazione dell'elettrone nella posizione in cui è presente il protone.

iv. Calcolare il momento magnetico $\vec{\mu}$ della spira atomica.

Teoria: La legge di Faraday-Newmann-Lenz (formula, significato fisico, esempi applicativi, correnti parassite).



Ex. 2

Nome: Cognome: Matricola:

Elettrostatica

Legge di Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

Campo generato da una carica puntiforme

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

Potenziale generato da una carica puntiforme

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

Teorema di Gauss

$$\iint_S \vec{E}\cdot\hat{n}\ ds = \frac{q_{tot}}{\epsilon_0}$$

Campo generato da un piano carico

$$|\vec{E}| = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Campo generato da un filo carico di lunghezza infinita

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}\hat{r}$$

Teorema di Coulomb (campo in prossimità di un conduttore carico)

$$|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Capacità di un condensatore piano

$$C = \varepsilon_0\varepsilon_r\frac{S}{d}$$

Campo E in un condensatore piano

$$|\vec{E}| = \frac{V}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon_r} = \frac{q}{S\cdot\varepsilon_0\varepsilon_r}$$

Campo D in un mezzo isotropo e omogeneo

$$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P} = \varepsilon_0(1+\chi)\vec{E} = \varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}$$

Campo D in un condensatore piano

$$|\vec{D}| = \sigma_{lib} = \frac{q_{lib}}{S}$$

Teorema di Gauss applicato al campo D

$$\iint_S \vec{D}\cdot\hat{n}\ ds = q_{lib}$$

Campo P di polarizzazione

$$\vec{P} = \epsilon_0\chi\vec{E}$$

Densità superficiale di carica di polarizzazione

$$\sigma_p = \vec{P}\cdot\hat{n}$$

Densità volumetrica di carica di polarizzazione

$$\rho_p = -\vec{\nabla}\cdot\vec{P}$$

Energia elettrostatica in un condensatore

$$U_{el} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Forza a carica costante

$$\vec{F} = -\frac{\partial U_{tot}}{\partial x}\hat{x} = -\frac{\partial U_{el}}{\partial x}\hat{x}$$

Forza a potenziale costante

$$\vec{F} = -\frac{\partial U_{tot}}{\partial x}\hat{x} = +\frac{\partial U_{el}}{\partial x}\hat{x}$$

Costanti universali

$$c = 2.9979\times 10^8\ \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$g = 9.806\ \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$m_e = 9.109\times 10^{-31}\ [kg]$$

$$m_p = 1.673\times 10^{-27}\ [kg]$$

$$m_n = 1.674\times 10^{-27}\ [kg]$$

$$e = 1.602\times 10^{-19}\ [C]$$

$$\epsilon_0 = 8.854\times 10^{-12}\ \left[\frac{F}{m}\right]$$

$$\mu_0 = 4\pi\times 10^{-7}\ \left[\frac{H}{m}\right]$$

Nome: Cognome: Matricola:

Magnetismo

Prima legge di Laplace

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \cdot \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Seconda legge di Laplace

$$d\vec{F} = i \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$$

Legge di Biot-Savart

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{circuito} i \cdot \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

Forza di Lorentz

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

Flusso del vettore induzione magnetica

$$\Phi(\vec{B}) = \iint_S \vec{B} \cdot \hat{n}\, ds$$

Legge di Faraday-Newmann-Lenz

$$V_i = -\frac{\partial \Phi(\vec{B})}{\partial t}$$

Teorema di Ampere

$$\oint_\gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot \sum (i_c + i_d)$$

$$\oint_\gamma \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum i_c$$

Equazioni di Maxwell

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho_{tot}}{\varepsilon_0}$$

Campi ausiliari D e H

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \xrightarrow[\text{campo E piccolo}]{\text{mezzo isotropo}} = \varepsilon_0 \vec{E} + \varepsilon_0 \chi \vec{E} := \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \xrightarrow[\text{senza isteresi}]{\text{mezzo isotropo}} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi_m \vec{H} := \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

Vettore magnetizzazione

$$\vec{M} = \frac{\sum \vec{\mu_i}}{N}$$

Densità volumetrica di corrente di magnetizzazione

$$j_m = \vec{\nabla} \times \vec{M}$$

Densità superficiale di corrente di magnetizzazione

$$\mathrm{j_{ms}} = \vec{\mathrm{M}} \times \hat{n}$$

Condizioni di continuità dei campi B e H all'interfaccia

$$B_{1\perp} = B_{2\perp}$$

$$H_{1\parallel} = H_{2\parallel}$$

Circuiti magnetici (legge di "rifrazione" del campo B)

$$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{\mu_0 \mu_{r1}}{\mu_0 \mu_{r2}} = \frac{\mu_{r1}}{\mu_{r2}} = cost.$$

Legge di Hopkinson

$$f.m.m. = \Phi(\vec{B}) \cdot \Re$$

Riluttanza magnetica

$$\Re = \oint_\gamma \frac{dl}{\mu_0 \mu_r \cdot S}$$

Riluttanze in serie

$$\Re_{tot} = \sum \Re_i$$

Riluttanze in parallelo

$$\Re_{tot} = \frac{1}{\frac{1}{\Re_1} + \frac{1}{\Re_2} + \frac{1}{\Re_3} + \cdots}$$

Densità volumetrica di energia del campo magnetico

$$u = \frac{1}{2} \vec{\mathrm{H}} \cdot \vec{B}$$

Nome: Cognome: Matricola:

università di ferrara

Fisica 2

Esame scritto del 30/04/2015

Corso di Laurea Ingegneria Elettronica e Informatica

Densità volumetrica di energia del campo elettro-magnetico

$$u = \frac{1}{2}(\vec{\mathrm{H}} \cdot \vec{B} + \vec{\mathrm{E}} \cdot \vec{D})$$

Autoflusso in un solenoide

$$\Phi_{\mathrm{A}}(\vec{B}) = N \iint_S \vec{B} \cdot \hat{n}\, ds$$

Coefficiente di autoinduzione in un solenoide

$$\mathrm{L} = \frac{\Phi_{\mathrm{A}}(\vec{B})}{\mathrm{i}}$$

Energia magnetica in un solenoide

$$U_M = l \cdot S \cdot \frac{1}{2}\vec{\mathrm{H}} \cdot \vec{B} = \frac{1}{2}Li^2$$

Forza magnetica a corrente costante

$$|\vec{F}| = -\frac{\partial U_{tot}}{\partial x} = \frac{\partial U_M}{\partial x}$$

Forza magnetica a flusso costante

$$|\vec{F}| = -\frac{\partial U_{tot}}{\partial x} = -\frac{\partial U_M}{\partial x}$$

Campo B in un solenoide toroidale

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 \mu_r N i}{l}$$

Campo H in un solenoide toroidale

$$|\vec{H}| = \frac{Ni}{l}$$

Capacità di un condensatore piano

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

Campo E in un condensatore piano

$$|\vec{E}| = \frac{V}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon_r} = \frac{q}{S \cdot \varepsilon_0 \varepsilon_r}$$

Campo D in un condensatore piano

$$|\vec{D}| = \sigma = \frac{q}{S}$$

Pressione di radiazione

Densità volumetrica di quantità di moto

$$p = \frac{u_0}{c}\hat{S} = \varepsilon_0 \vec{E} \times \vec{B} = \frac{1}{c^2}\vec{S}$$

Impulso ceduto nel tempo dt

$$dP = pAc\, dt$$

Pressione di radiazione

$$P_{rad} = u_0(1+k) = \frac{\vec{S}}{c}(1+k)$$

Valor medio della pressione di radiazione

$$\langle P_{rad} \rangle = \frac{\langle \vec{S} \rangle}{c}(1+k) = \frac{I}{c}(1+k)$$

Nome: Cognome: Matricola: