university di ferrara

Fisica 2

Esame scritto del 20/02/2015

Corso di Laurea Ingegneria Elettronica e Informatica

Esercizio 1: Un sottile disco di raggio r_a = 3.0 cm ha al centro un foro di raggio r_b = 1.0 cm. Sul disco è distribuita uniformemente una carica positiva con densità superficiale σ = 1.33 nC/cm^2. Si supponga che l'asse del disco coincida con l'asse Z, e che il disco giaccia nel piano XY.

i. Calcolare l'ampiezza del campo $\vec{E}$ in funzione della coordinata *z*

ii. Calcolare il potenziale elettrico presente nel punto P che giace sull'asse Z, a 10 cm dal piano XY.

iii. Un protone (massa $m_p = 1.67\times10^{-27}$ kg, carica e = $1.6\text{x}10^{-19}$ C) è vincolato a muoversi sull'asse del disco. Partendo esso dal centro del disco con velocità trascurabile, quale sarà la sua velocità massima?

Esercizio 2: Una lamina metallica conduttrice a forma di parallelepipedo ha spessore *a* = 2.0 mm (parallelamente all'asse z), larghezza (lungo y) pari a *b* = 10 mm ed estensione indefinita in x. Essa è percorsa da una corrente *i* = 100 A, parallela all'asse x e distribuita uniformemente sulla sezione del conduttore. La densità volumetrica degli elettroni di conduzione è n = 5.86×10^{22} cm^{-3}. Il sistema è immerso in un campo magnetico uniforme e costante di modulo B = 2 T diretto come z.

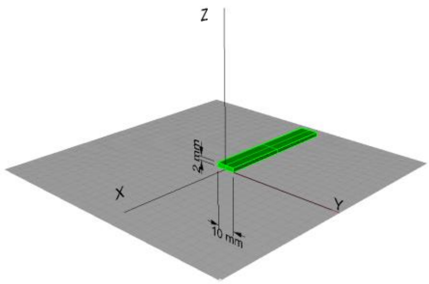
i. Calcolare la densità superficiale di corrente che fluisce nella lamina.

ii. Calcolare la velocità media dei portatori di carica che fluiscono nella lamina.

iii. Calcolare modulo e verso del campo elettrico trasverso $\vec{E}$, diretto secondo l'asse y, che compare nella lamina.

iv. Determinare inoltre la differenza di potenziale tra le facce della lamina perpendicolari all'asse y.

v. Il fenomeno descritto nei punti precedenti prende il nome di effetto Hall. Discutere come esso possa essere utilizzato per determinare il segno dei portatori di carica, per dedurre la loro densità e per misurare campi magnetici.

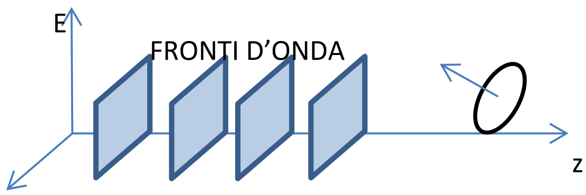


Esercizio 3: La radiazione solare all'esterno dell'atmosfera ha una intensità (IRRADIANZA) di 1400 W/m^2, e può essere rappresentata in maniera semplificata da una onda piana con lunghezza d'onda 550 nm.

i. Calcolare l'ampiezza massima del campo magnetico e del campo elettrico associato alla radiazione solare.

ii. Calcolare la densità di potenza per unità di volume associata all'onda.

i. L'onda piana associata alla radiazione solare viaggia a velocità c = $3\text{x}10^8$ m/s in direzione *z* (vedi disegno). Come occorre disporre una spira piana in modo che questa sia percorsa da una corrente elettrica per effetto del campo magnetico variabile dell'onda ?



Teoria: Il campo magnetico nella materia (teoria della magnetizzazione, variazione della frequenza di Larmor, correnti di magnetizzazione, paramagnetismo, diamagnetismo e ferromagnetismo).

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

$$c = 2.9979\times10^8\ \left[\frac{m}{s}\right]$$

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

$$m_e = 9.109\times10^{-31}\ [kg]$$

$$m_p = 1.673\times10^{-27}\ [kg]$$

$$m_n = 1.674\times10^{-27}\ [kg]$$

$$e = 1.602\times10^{-19}\ [C]$$

$$\epsilon_0 = 8.854\times10^{-12}\ \left[\frac{F}{m}\right]$$

$$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\ \left[\frac{H}{m}\right]$$

Nome: Cognome: Matricola:

università di ferrara

Fisica 2

Esame scritto del 20/02/2015

Corso di Laurea Ingegneria Elettronica e Informatica

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 20/02/2015

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: