Diplomvorprüfung Experimentalphysik 2

Prof. Andreas Meyer, SS2005, 08.09.2005, 13:30

Hilfsmittel: 1 beschriebenes DIN-A4-Blatt, ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner.

Bearbeitungszeit: 90 Minuten.

Aufgabe 1

Betrachten Sie eine zylindersymmetrische, in Richtung der Symmetrieachse unendlich ausgedehnte Ladungsverteilung $\rho(r)$ (r ist der Abstand von der Symmetrieachse).

a) Leiten Sie mit Hilfe des Gauß'schen Satzes einen allgemeinen Ausdruck für das elektrische Feld im gesamten Raum her.

b) Betrachten Sie einen unendlich ausgedehnten Hohlzylinder (Innenradius r_1, Außenradius r_2), der zwischen r_1 und r_2 mit einer Substanz der konstanten Ladungsdichte ρ_0 gefüllt ist. Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r})$ innerhalb des Zylinders ($r \leq r_1$), im Ladungsbereich ($r_1 \leq r \leq r2$) und außerhalb des Zylinders ($r_2 \geq r$).

c) Berechnen Sie $E(r) = |\vec{E}(r)|$ für eine zylindersymmetrische, exponentiell abfallende Dichte $\rho(r) = \rho_0 e^{-\lambda r}$. Integralangabe: $\int x e^{ax} \mathrm{d}x = \frac{ax-1}{a^2} e^{ax} + C$

Aufgabe 2

Die Maxwellschen Gleichungen im Vakuum lauten

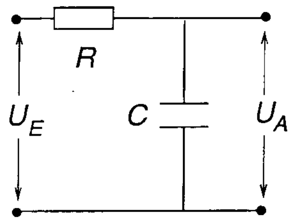
$$\operatorname{div} \vec{E}(\vec{r},t) = 0 \qquad \operatorname{div} \vec{B}(\vec{r},t) = 0 \qquad \operatorname{rot} \vec{E}(\vec{r},t) = -\frac{\partial \vec{B}(\vec{r},t)}{\partial t} \qquad \operatorname{rot} \vec{B}(\vec{r},t) = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}(\vec{r},t)}{\partial t}$$

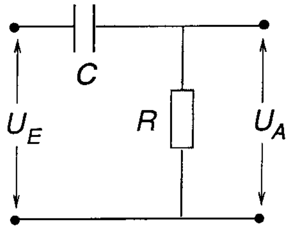
a) Zeigen Sie, dass ebene Wellen der Form $\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r})$, $\vec{B}(\vec{r},t) = \vec{B}_0 \cos(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r})$ ($\vec{k} = (2\pi/\lambda)\hat{n}$ = Wellenvektor; λ = Wellenlänge, $\hat{n}$ = Einheitsvektor in Ausbreitungsrichtung, Lichtgeschwindigkeit $c = \omega/k$) Lösungen der Maxwellgleichungen im Vakuum sind und dass das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit gleich dem Kehrwert von $\epsilon_0\mu_0$ ist. Zeigen Sie weiterhin, dass $\vec{E}$ und $\vec{B}$ senkrecht aufeinander sowie beide senkrecht auf $\vec{k}$ stehen.

b) Betrachten Sie nun ein Dielektrikum mit einer relativen Dielektrizitätskonstanten ϵ_r. Wie lauten die Maxwellgleichungen im Dielektrikum? Zeigen Sie, dass die Lichtgeschwindigkeit $\tilde{c}$ im Dielektrikum kleiner als c ist und geben Sie das Verhältnis $\tilde{c}/c$ an. Welchen Zahlenwert nimmt $\tilde{c}$ in Corning-8870-Glas ($\epsilon_r = 9.5$) an?

Bitte wenden !

Aufgabe 3





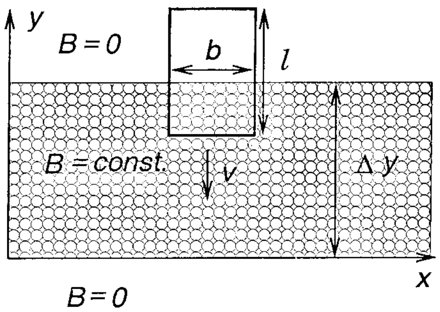
Für beide nebenstehend abgebildeten Schaltskizzen eines Tief- und Hochpasses sei jeweils die Eingangsspannung $U_E(t) = U_0 \cos(\omega t)$ (Kreisfrequenz ω) sowie die Ausgangsspannung $U_A(t) = U_1 \cos(\omega t - \delta)$ (Phasenverschiebung δ).

(a) Berechnunen Sie fuer die nebenstehende Abbildung eines Tiefpasses $U_1(\omega)$ und $\delta(\omega)$. Zeigen Sie, dass diese Schaltung hohe Frequenzen unterdrückt (Skizze von $U_1(\omega)$).

b) Berechnen Sie für die nebenstehend abgebildete Hochpassfilter-Schaltung die Ausgangsgrößen $U_1(\omega)$ und $\delta(\omega)$. Zeigen Sie, dass diese Schaltung tiefe Frequenzen unterdrückt (Skizze von $U_1(\omega)$).

Aufgabe 4

Eine rechteckige geschlossene Drahtschleife (Länge l, Breite b, Querschnitt A, Masse m, Gesamtwiderstand R, $\hat{x}$-$\hat{y}$-Ebene) fällt durch ein Gebiet der Höhe Δy, in dem ein homogenes Magnetfeld in $\hat{z}$-Richtung herrscht. Die Schleife fällt unter Einfluss der Schwerkraft $\vec{F} = -mg\hat{e}_y$ (m = Masse der Schleife) nach unten mit der Geschwindigkeit $\vec{v}(t) = -v(t)\hat{e}_y$.



a) Berechnen Sie den in der Schleife induzierten Strom I in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit $\vec{v}(t)$. Betrachten Sie hierzu das Faraday'sche Induktionsgesetz.

b) Berechnen Sie die auf die Schleife wirkende bremsende Kraft $|\vec{F}_R|$, die durch den induzierten Strom entsteht.

c) Berechen Sie $\vec{v}(t)$ für den Fall, dass $\Delta y > l$ ist und $\vec{v}(t = 0) = -v_0\hat{e}_y$ beim Eintritt in das Magnetfeld. Stellen Sie hierzu die Bewegungsgleichung auf und lösen Sie diese. Diskutieren Sie die Fälle $0 < t < t_1$, $t_1 < t < t_2$ und $t > t_2$ (Zeitpunkt t_1, bei dem die Schleife vollständig in das Magnetfeld eingetaucht ist; Zeitpunkt t_2, bei dem der untere Bügel der Schleife aus dem Magnetfeld austritt).