

ÜBUNGSAUFGABEN (XII)

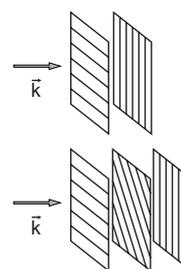
(Besprechung am Mittwoch, 11.07.2012)

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Ein typischer Helium-Neon-Laser hat einen Strahldurchmesser von 1 mm und eine Ausgangsleistung von 1.5 mW. Die Linse des menschlichen Auges fokussiert den Strahl auf einen Brennfleck von etwa $50 \mu\text{m}$ Durchmesser. Welcher mittlere Betrag des Poynting-Vektors trifft beim Blick in den Laser auf die Netzhaut und welche elektrische Feldstärke E und Magnetflußdichte B herrschen dort? Einfachheitshalber werde angenommen, dass $\epsilon_r \cong \mu_r = 1$.

Aufgabe 2: (5 Punkte)

Ein Drahtgitterpolarisator ist nur für elektromagnetische Wellen durchlässig, deren lineare Polarisation senkrecht auf den parallelen Drähten steht. Fällt eine unpolarisierte ebene elektromagnetische Welle auf eine Anordnung von zwei zueinander orthogonalen Drahtgitterpolarisatoren (obere Skizze), so ist die elektrische Feldamplitude \vec{E} am Ausgang der Anordnung identisch Null. Es werde nun ein dritter, um 45° gedrehter Polarisator zwischen den schon vorhandenen geschoben (untere Skizze). Berechnen Sie die Feldamplitude nach Durchgang durch die drei Polarisatoren.



Betrachten Sie dann den verallgemeinerten Fall von n Polarisatoren, die jeweils um einen Winkel von $90^\circ/n$ gedreht hinter dem ersten Polarisator stehen. Wie groß ist nun die Feldamplitude am Ausgang? Wie groß wird die Feldamplitude im Grenzwert $n \rightarrow \infty$?

Hinweis: Zeigen Sie, dass der Ausdruck $(\cos ax)^{1/x} = \exp(\ln(\cos ax)/x)$ mit einer Konstanten a für $x \rightarrow 0$ gegen Eins strebt (z.B. mit Regel von L'Hospital).

Aufgabe 3: (3 Punkte)

Für hohe Frequenzen ω wird die elektrische Leitfähigkeit σ eines Leiters frequenzabhängig. Mit Ladung q , Masse m und Teilchendichte n der Ladungsträger im Leiter sowie einer materialspezifischen Konstanten γ_s gilt

$$\sigma(\omega) = \frac{n q^2}{\gamma_s - i m \omega} .$$

Leiten Sie diesen Ausdruck her, indem Sie Ladungsträger der Dichte n in einem homogenen elektrischen Feld $E(t) = E_0 e^{-i\omega t}$ betrachten und ihre Stromdichte $j = n q v$ mit Geschwindigkeit v berechnen. Stellen Sie dazu die Newtonsche Bewegungsgleichung für v unter Berücksichtigung der Stokesschen Dämpfungskraft $F_s = -\gamma_s v$ auf.

Aufgabe 4: (4 Punkte)

In einem zylindrischen Draht mit Leitfähigkeit σ und Stromdichte j ist die Stromdichteverteilung über den Querschnitt für Wechselströme der Frequenz ω nicht mehr homogen, sondern nimmt mit wachsendem Abstand x zur Achse entsprechend dem Faktor $\exp(-x/l)$ mit Eindringtiefe $l = \sqrt{2/\mu_0 \sigma \omega}$ zu (normaler Skineffekt, vgl. Vorlesung). Bei hohen Frequenzen ist auch die Leitfähigkeit frequenzabhängig, $\sigma(\omega) = n q^2 / (\gamma_s - i m \omega)$ (vgl. frühere Aufgabe), wodurch der Skineffekt modifiziert wird. Berechnen Sie die komplexe Eindringtiefe $\delta = |\delta| \exp(i\varphi)$ dieses *anomalen Skineffekts*. Welches Verhalten ergibt sich für sehr hohe und für sehr niedrige Frequenzen?