

Übungen zur Vorlesung
Theoretische Physik B: Elektrodynamik (WS2016/2017)
BLATT XIII

34. **Totalreflexion**

Wir betrachten den Übergang vom optisch dichteren ins optisch dünnere Medium, $n_1 > n_2$.

- Bei welchem Einfallswinkel $\theta_1 = \theta_g$ tritt Totalreflexion auf?
- Was passiert im Falle $\theta_1 > \theta_g$? Zeigen Sie zunächst, dass für den Winkel im Medium 2

$$\cos \theta_2 = i \sqrt{\left(\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_g}\right)^2 - 1}$$

gilt. Drücken Sie nun mittels Fresnel-Formeln die senkrechte Komponente $(E_r/E_e)_\perp$ durch θ_1 und θ_g aus, wobei E_r die reflektierte und E_e die einfallende Komponente bezeichne. Kontrollergebnis:

$$\left(\frac{E_r}{E_e}\right)_\perp = \frac{\cos \theta_1 - i \sqrt{\sin^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_g}}{\cos \theta_1 + i \sqrt{\sin^2 \theta_1 - \sin^2 \theta_g}}.$$

Interpretieren Sie das Ergebnis.

35. **Reflexion an Silber**

In der Vorlesung wurde das Reflexionsgesetz für den Fall von Nichtleiter zu Nichtleiter hergeleitet. Wiederholt man die Schritte für den Fall von Nichtleiter zu Leiter, erhält man als Reflexionsgesetz

$$\tilde{E}_{0R} = \left(\frac{1 - \tilde{\beta}}{1 + \tilde{\beta}}\right) \tilde{E}_{0I}. \quad (1)$$

Die **komplexe** Zahl $\tilde{\beta}$ hat die Form

$$\tilde{\beta} = \frac{\mu_1 c}{\mu_2 \omega} \tilde{k}_2, \quad (2)$$

wobei die Indizes 1 und 2 für den nichtleitenden und leitenden Bereich stehen.

Berechnen Sie den Reflexionskoeffizienten für Licht bei optischen Frequenzen, $\omega = 4 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$, an einer Grenzfläche zwischen Luft und Silber, $\mu_L = \mu_S = \mu_0$, $\epsilon_L = \epsilon_0$ und $\sigma_S = 6 \cdot 10^7 \frac{1}{\Omega \text{ m}}$.

36. **Absorption in Wasser und Metall**

Der Unterschied zwischen den Eindringtiefen, also $d = 1/\kappa$, für Leiter und Nichtleiter, z.B. ein Metall und reines Wasser, ist sehr groß.

- Zeigen Sie im Fall eines schlechten Leiters, $\sigma \ll \omega \epsilon$, dass die Absorptionstiefe $d = \frac{2}{\sigma} \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}$ ist. Bestimmen Sie die Eindringtiefe [m] für reines Wasser, $\epsilon = 80.1 \epsilon_0$, $\mu \approx \mu_0$ und $\sigma^{-1} = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\Omega \text{ m}^2}{\text{m}}$.
- Zeigen Sie im Fall eines guten Leiters, $\sigma \gg \omega \epsilon$, dass die Absorptionstiefe $d = \frac{\lambda}{2\pi}$ ist, wobei λ die Wellenlänge im Leiter ist. Bestimmen Sie die Eindringtiefe [nm] für ein typisches Metall im sichtbaren Bereich, $\omega = 10^{15} \text{ s}^{-1}$, unter der Annahme $\epsilon \approx \epsilon_0$ und $\mu \approx \mu_0$.
- Zeigen Sie, dass in einem guten Leiter das magnetische Feld $\frac{\pi}{4}$ hinter dem elektrischen Feld zurückbleibt. Bestimmen Sie das Verhältnis ihrer Amplituden und vergleichen Sie es mit dem Fall im Vakuum.