

6. Übungsblatt zur Einführung in die Theoretische Physik II

Abgabe: bis Dienstag 5.12.2006 14:00 Uhr im Briefkasten im Physik Altbau/Ernst-Ruska Bau.

Aufgabe 7 (12 Punkte): *Transversale Wellen*

(a) Leiten Sie aus den Maxwell-Gleichungen im Vakuum für verschwindende Ladungen und Ströme ($\rho = 0$ und $\underline{j} = 0$) die Wellengleichung für \underline{E} und \underline{B} her.

(b) Welche Beziehung muss zwischen \underline{k} , ω und c bestehen, damit ebene Wellen der Form

$$\underline{E}(\underline{r}, t) = \underline{E}_0 e^{i(\underline{k} \cdot \underline{r} - \omega t)}, \quad \underline{B}(\underline{r}, t) = \underline{E}_0 e^{i(\underline{k} \cdot \underline{r} - \omega t)}$$

die Wellengleichungen lösen?

(c) Wie erhält man die *physikalisch relevanten* Lösungen

$$\underline{E}, \underline{B} \propto \cos(\underline{k} \cdot \underline{r} - \omega t)$$

aus den obigen Lösungen?

(d) Zeigen Sie aus den Maxwellgleichungen, dass elektromagnetische Wellen transversale Wellen sind, d.h.

$$\underline{E} \perp \underline{k}, \quad \underline{B} \perp \underline{k}, \quad \underline{E} \perp \underline{B}.$$

Tipp: Versuchen Sie als erstes \underline{B} durch \underline{E} auszudrücken.

(e) Berechnen Sie den Poynting-Vektor und die Energiedichte für die ebenen Wellen aus (b). In Welche Richtung wird die Energie transportiert? Wie oszilliert die Energiedichte im Raum und in der Zeit im Vergleich mit \underline{E} und \underline{B} ?

Aufgabe 8 (8 Punkte): *Interferenz*

(a) Betrachten Sie zwei ebene Wellen:

$$\begin{aligned} \underline{E}_i(\underline{r}, t) &= E_0 \cos(\omega t - \underline{k}_i \cdot \underline{r}) \underline{e}_x, \quad i = 1, 2 \\ \underline{B}_i(\underline{r}, t) &= \underline{B}_{i0} \cos(\omega t - \underline{k}_i \cdot \underline{r}), \end{aligned}$$

wobei gilt $\underline{k}_1 = -k_y \underline{e}_y + k_z \underline{e}_z$ und $\underline{k}_2 = k_y \underline{e}_y + k_z \underline{e}_z$.

Berechnen Sie \underline{B}_{10} und \underline{B}_{20} aus den Maxwell-Gleichungen bei bekanntem E_0 .

(b) Berechnen Sie die Überlagerung der Wellen, also $\underline{E} = \underline{E}_1 + \underline{E}_2$ und $\underline{B} = \underline{B}_1 + \underline{B}_2$. Sind \underline{E} und \underline{B} ebenfalls Lösungen der Maxwellgleichungen?

Hinweis: Bei der Berechnung von \underline{E} und \underline{B} sind Additionstheoreme hilfreich.

(c) Zeigen Sie, dass die durch \underline{E} und \underline{B} beschriebene Welle eine Kombination aus einer stehenden und einer laufenden Welle ist. In welcher Richtung breitet sie sich aus?