

Seminar zur Vorlesung Theoretische Physik II (Elektrodynamik)

WS 2014/2015

Blatt 11

14.01.2015

Aufgabe 27 Ebene Wellen

Eine ebene monochromatische Welle für das elektrische Feld kann in der Form

$$\vec{E}(\vec{x}, t) = \frac{\vec{\mathcal{E}}}{2} e^{i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)} + \frac{\vec{\mathcal{E}}^*}{2} e^{-i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)} = \text{Re} \left[\vec{\mathcal{E}} e^{i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)} \right]$$

geschrieben werden. Dabei ist $\vec{\mathcal{E}}$ ein komplexer Vektor mit $\vec{k} \cdot \vec{\mathcal{E}} = 0$ und $\omega = c|\vec{k}|$. Wir betrachten die Ausbreitung der Welle im Vakuum.

- Berechnen Sie das zugehörige \vec{B} -Feld und zeigen Sie, dass der Wellenvektor \vec{k} senkrecht zum \vec{E} - und \vec{B} -Feld steht. (2 Punkte)
- Berechnen Sie die Energiedichte und den Poyntingvektor für die ebene Welle. Wie sehen diese Größen im zeitlichen Mittel (gemittelt über eine Periode) aus? Wann macht eine solche Mittelung Sinn? (2 Punkte)
- Berechnen Sie den zeitgemittelten Maxwell'schen Spannungstensor T für die ebene Welle. Legen Sie das Koordinatensystem so, dass sich die Welle entlang der z -Achse ausbreitet. Was bedeutet Ihr Ergebnis für die Strahlungskraft $\Delta \vec{F} = -T \cdot \Delta \vec{f}$, die die ebene Welle auf eine Absorberfläche Δf ausübt (Der Normalenvektor $\vec{n} = \Delta \vec{f} / \Delta f$ zeigt ins Innere des Absorbers)? (2 Punkte)

Aufgabe 28 Polarisation ebener Wellen

- Zeigen Sie, dass jedem komplexen Vektor $\vec{\mathcal{E}}$ durch $\text{Re}\{\vec{\mathcal{E}} \exp[-i\omega t]\}$ eine Ellipse zugeordnet werden kann, welche die Gleichung

$$\frac{x'^2}{|\vec{\epsilon}_1|^2} + \frac{y'^2}{|\vec{\epsilon}_2|^2} = 1$$

erfüllt. Hierbei sind $\vec{\epsilon}_i$ reelle Vektoren.

Anleitung: Führen Sie für den Beweis den komplexen Vektor $\vec{\epsilon} = \vec{\epsilon}_1 + i\vec{\epsilon}_2$ so ein, dass $\vec{\mathcal{E}} = \vec{\epsilon} \exp[\frac{i}{2} \arg \vec{\mathcal{E}}]$ ist. Legen Sie dann die x' - und y' -Achse des Koordinatensystems geschickt fest. (2 Punkte)

- Das elektrische Feld einer ebenen, monochromatischen elektromagnetischen Welle, die sich in z -Richtung ausbreitet, kann in der Form

$$\vec{E}(\vec{x}, t) = \text{Re} \left[\vec{\mathcal{E}}_0 e^{i(kz - \omega t)} \right]$$

mit Wellenvektor k , Frequenz ω und komplexer Amplitude $\vec{\mathcal{E}}_0$ geschrieben werden. Diskutieren Sie die Polarisation der Welle: Wann liegt lineare, zirkulare, elliptische Polarisation vor? Wie ist der Drehsinn des elektrischen Feldvektors als Funktion der Zeit bei zirkularer und elliptischer Polarisation? (2 Punkte)

- Gegeben seien zwei monochromatische ebene Wellen gleicher Frequenz ω , die sich in z -Richtung ausbreiten, sich in Phase befinden und in entgegengesetzter Richtung zirkular polarisiert sind. Untersuchen Sie die möglichen Polarisationszustände der Überlagerung der beiden Wellen in Abhängigkeit von den Amplituden A, B . (2 Punkte)