

---

# Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Anwesenheitsübung - 1. November 2010

---

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

---

Schwierigkeitsgrad:

★ - Routineaufgabe.

★★ - Geradlinige Aufgabe.

★★★ - Herausfordernde Aufgabe.

## Aufgabe 1 (★) (2 Punkte)

Eine harmonische elektromagnetische Welle im Vakuum hat die Form

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(kx - \omega t). \quad (1)$$

Zeigen Sie, dass für die Intensität

$$I = \left(\frac{c\epsilon_0}{2}\right) E_0^2 \quad (2)$$

gilt.

## Aufgabe 2 (★) (4 Punkte)

Eine transversale elektromagnetische Welle im Vakuum sei zirkular polarisiert:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = E_0 (\cos(kz - \omega t) \mathbf{e}_x + \sin(kz - \omega t) \mathbf{e}_y) \quad (3)$$

und breite sich in z-Richtung aus. Berechnen Sie für diese Welle die magnetische Induktion  $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ , den Poynting-Vektor  $\mathbf{S}(\mathbf{r}, t)$  und den Strahlungsdruck auf eine um den Winkel  $\theta$  gegen die Ausbreitungsrichtung geneigte, total absorbierende Ebene.

## Aufgabe 3 (★★) (6 Punkte)

- a) Zeigen Sie, dass  $\psi(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}, t)$  eine ebene Welle darstellen kann, wobei  $\mathbf{k}$  senkrecht zur Wellenfront steht. Lassen Sie dabei die Ortsvektoren  $\mathbf{r}_1$  und  $\mathbf{r}_2$  zu beliebigen Punkten auf der Ebene laufen und zeigen Sie, dass

$$\psi(\mathbf{r}_1, t) = \psi(\mathbf{r}_2, t). \quad (4)$$

- b) Wie kann man eine Kugelwelle, wie eine Zylinderwelle beschreiben? Wie entstehen solche Wellen?

c) Zeigen Sie, dass

$$\psi(r, t) = \frac{f(r - vt)}{r} \quad (5)$$

eine Lösung der Wellengleichung ist und eine kugelförmig fortschreitende Erregung darstellt, deren Zentrum im Ursprung liegt und die sich mit der Geschwindigkeit  $v$  nach außen ausbreitet. Dabei ist  $f(r - vt)$  eine beliebige zweifach differenzierbare Funktion.

#### Aufgabe 4 (★★) (6 Punkte)

Eine kleine Kugel mit Radius  $R$  und Dichte  $\rho$  soll durch den Strahlungsdruck in einem senkrecht nach oben verlaufenden Laserstrahl gegen die Schwerkraft in der Schwebe gehalten werden (siehe Abbildung).

- Wie groß muss die Intensität des Lasers sein, wenn sie über den Kugelquerschnitt als konstant angesehen werden kann und das Reflexionsvermögen der Kugel 100% beträgt?
- Wie ändert sich das Ergebnis, wenn die Strahlung anstatt auf eine Kugel senkrecht auf eine ebene Kreisfläche  $\pi R^2$  trifft?

Figure 1: Eine Kugel der Dichte  $\rho$  und Radius  $R$  wird von einem Laserstrahl in der Schwebe gehalten.

