

Übungen zu Physik III*H.F. Arlinghaus, R. Friedrich*, Veranstaltung Nr. 110969, WS 2005/06<http://pauli.uni-muenster.de/menu/Arbeitsgebiete/friedrich/lehrews0506.html>

*=Aufgaben aus der Experimentalphysik

SCHRIFTLICH:

Aufgabe 1: Energiedichte und Poynting-Vektor

(a) Bestimmen Sie die Energiedichte

$$u(\mathbf{x}, t) = \frac{1}{2} [\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}] \quad (1)$$

für eine ebene elektromagnetische Welle im Vakuum mit dem Wellenvektor \mathbf{k} und der Feldstärke $\mathbf{E} = \text{Re} \mathbf{E}'$, $\mathbf{E}' = \mathbf{E}_0 \exp\{i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{x} - \omega t)\}$, wobei ω die Kreisfrequenz der Welle ist. Bestimmen Sie zunächst \mathbf{D} , \mathbf{B} , \mathbf{H} und berechnen Sie dann u . (3 P)

(b) Berechnen Sie die gemittelte Energiedichte

$$\bar{u}(\mathbf{x}) = \frac{1}{T} \int_0^T dt u(\mathbf{x}, t) \quad (2)$$

mit $T = 2\pi/\omega$. (1 P)

(c) Berechnen Sie den Poynting-Vektor

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (3)$$

sowie die zeitgemittelte Grösse

$$\bar{\mathbf{S}}(\mathbf{x}) = \frac{1}{T} \int_0^T dt \mathbf{S}(\mathbf{x}, t) \quad (4)$$

Welcher Zusammenhang besteht zur gemittelten Energiedichte? (3 P)

MÜNDLICH:

Aufgabe 2: Trafo* (1 P)

Für den Betrieb von elektrischem Spielzeug wird oft eine Wechselspannung von $U_{\text{eff},s} = 24 \text{ V}$ eingesetzt, die aus der Netzspannung von $U_{\text{eff},p} = 230 \text{ V}$ mit einem Transformator erzeugt wird. Die Windungszahl der Primärspule sei $n_p = 690$, die Leistung im Sekundärkreis betrage $P_s = 60 \text{ W}$. Berechnen Sie die Windungszahl n_s der Sekundärspule und die Ströme $I_{\text{eff},p}$ und $I_{\text{eff},s}$ in beiden Spulen unter der Voraussetzung, dass der Trafo verlustfrei arbeitet und die Last nur aus einem Wirkwiderstand besteht.

Aufgabe 3: Wechselstromkreis* (2 P)

Ein rein ohmscher Widerstand von $R = 50 \Omega$, eine reine Selbstinduktion L und ein Kondensator der Kapazität C werden der Reihe nach einzeln an eine Wechselspannungsquelle angeschlossen und die Stromstärken zu 4 A, 2 A und 1 A gemessen. Wie groß ist die Stromstärke, wenn diese drei Glieder in Serie an die Spannungsquelle gelegt werden? Wie groß ist die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung in diesem Fall?

Aufgabe 4: Transversale Wellen

Eine transversale elektromagnetische Welle sei

linear polarisiert mit

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(kz - \omega t) \quad (5)$$

oder zirkular polarisiert mit

$$\mathbf{E} = E_0 [\cos(kz - \omega t)\mathbf{e}_x + \sin(kz - \omega t)\mathbf{e}_y] \quad (6)$$

und breite sich im Vakuum in z -Richtung aus. Berechnen Sie für beide Fälle

1) die magnetische Induktion \mathbf{B} (2 P)

2) den Poynting-Vektor \mathbf{S} (1 P)

Aufgabe 5: Kugelwellen

Betrachten Sie die Wellengleichung

$$\left(\Delta - \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \Phi(\mathbf{x}, t) = 0 \quad (7)$$

für das Wellenfeld Φ . Bestimmen Sie kugelsymmetrische Lösungen der Wellengleichung. Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

(a) Schreiben Sie den Laplace-Operator in Kugelkoordinaten und zeigen Sie, dass eine Kugelwelle die Gleichung

$$\frac{1}{u^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Phi(r, t) = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) \Phi(r, t) \quad (8)$$

löst mit $r = |\mathbf{x}|$. (1 P)

(b) Zeigen Sie, dass sich diese Gleichung mit Hilfe der Transformation $r\Phi = v$ schreiben läßt als

$$\frac{1}{u^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} v(r, t) = \frac{\partial^2}{\partial r^2} v(r, t) \quad (9)$$

(1 P)

(c) Geben Sie die allgemeine Lösung für v und damit für Φ an. Bestimmen Sie die Dispersionsrelation $\omega = \omega(k)$. (1 P)

(d) Diskutieren Sie mögliche Typen von Kugelwellen (z.B. einlaufende, auslaufende Kugelwellen) (2 P).