Universität
Konstanz

Integrierter Kurs Physik III
Exp.-Teil, Optik und Thermodynamik
WS 10/11

Prof. G. Maret, Dr. P. Keim

Übungsblatt Nr. 2,
Ausgabedatum: 29.10.2010
Abgabedatum: Mo 8.11.2010 in der Vorlesung
Besprechung: Mi 10.11.2010 in den Übungsgruppen

Aufgabe 4: Energiestromdichte

a) Die Solarkonstante beträgt $I = 1,35kW/m^2$. Gehen Sie davon aus, dass dies der über eine Periode gemittelte Betrag des Poyntingvektors einer linear polarisierten Lichtwelle ist. Berechnen Sie die Amplituden des elektrischen Feldes $\vec{E}$ und des magnetischen Feldes $\vec{B}$ der Lichtwelle. Errechnen Sie auch die Impulsstromdichte. Vergleichen Sie die Kraft, die der Strahlungsdruck der Sonne auf eine Fläche von einem Quadratdezimeter ausübt mit der Coulombkraft zwischen Elektron und Kern im Wasserstoffatom; der Abstand vom Elektron zum Proton beträgt 0,53 Å.

b) Selbe Aufgabenstellung wie in a) für einen Laser-Spot mit einer Fläche von $10^{-9}\ m^2$ und einer Leistung von $200\ mW$.

Aufgabe 5: Gedämpfter Oszillator

Die Gleichung eines angeregten, gedämpften Oszillators lautet

$$m_e\ddot{x} + m_e\gamma\dot{x} + m_e\omega_0^2 x = q_e E(t)$$

a) Erläutern Sie die Bedeutung jedes Terms!

b) Es sei nun $E = E_0 e^{i\omega t}$ und $x = x_0 e^{i(\omega t - \alpha)}$; E_0 und x_0 seien reel. Setzen Sie dies in die obige Gleichung ein und zeigen Sie, dass dann gilt:

$$x_0 = \frac{q_e E_0}{m_e} \frac{1}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \gamma^2\omega^2}} \quad .$$

Leiten Sie einen Ausdruck für die Phasenverschiebung α her und diskutieren Sie, wie α sich ändert, wenn ω variiert von $\omega \ll \omega_0$ über $\omega = \omega_0$ bis $\omega \gg \omega_0$.

Aufgabe 6: Hertzscher Dipol
(schriftlich abzugeben)

Einen Hertzschen Dipol kann man sich als schwingende Ladung q vorstellen, die mit der Amplitude d_0 und der Frequenz ω entlang einer Achse schwingt. ObdA nehmen wir an, dass die Dipolachse in z-Richtung liegt, dann ist das zeitabhängige Dipolmoment durch

$$\vec{p}(t) = q \cdot d_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot \vec{e_z}$$

gegeben. Das Vektorpotential des Hertzschen Dipols ist

$$\vec{A}(\vec{r}_1, t) = \frac{\mu_0}{4\pi r} \frac{d}{dt} \vec{p}(t - r/c) = \frac{\mu_0}{4\pi} q \cdot d_0 \cdot \omega \frac{cos(\omega t - kr)}{r} \vec{e}_z \quad .$$

Aus dem Vektorpotential läßt sich über $\vec{B} = rot\vec{A}$ das Magnetfeld berechnen (hier nicht gefordert), wobei für unser Koordinatensystem $\vec{A} = (0, 0, A_z)$ ist. Das elektrische Feld $\vec{E}$ lässt sich aus dem elektrischem Potential ϕ_{el} berechnen, wenn wir die Eichfreiheit des Vektorpotentials mit der Lorenzeichung $div\vec{A} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial \phi_{el}}{\partial t}$ festnageln.

a) Machen Sie sich klar, was die Lorenzeichung ist und nennen Sie eine andere häufig genutzte Eichung. Wofür ist letztere geeignet? Warum wird im Argument des Dipolmoments eine retardierte Zeit $t - r/c$ eingesetzt?

b) Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r}, t)$ des Dipols und zeigen Sie dass im Fernfeld folgendes gilt:

$$\left|\vec{E}_2(r, \theta, t)\right| = \frac{\ddot{p}(t - r/c)\sin\theta}{4\pi\epsilon_0 c^2 r} \quad .$$

c) Aus welchen zwei Anteilen besteht das elektrische Feld, und welcher dominiert im Nahfeld?

d) Eine homogen elektrisch geladene Kugel (Radius R, Ladung Q) rotiert mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit ω um eine feste Achse. Wie viel Energie wird pro Zeiteinheit abgestrahlt?

8 Punkte