

Übungsaufgaben zur Laserspektroskopie / SS 2019 / M. Braun Blatt 1

03.05.2019

wird am 10.05.2019 besprochen

Aufgabe 1: Ebene Wellen

Zeigen Sie, dass der Ansatz $\vec{E}(t, \vec{r}) = \vec{E}_0 \cdot e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$ im 3-dimensionalen Raum für $|\vec{k}| = \frac{\omega}{c}$ der Wellengleichung genügt. \vec{E} ist das elektrische Feld, \vec{E}_0 die Feldamplitude, ω die Kreisfrequenz und \vec{r} der Ortsvektor.

Aufgabe 2: Schwebung

Überlagert man zwei harmonische Wellen gleicher Amplitude und unterschiedlicher Frequenz und Wellenzahl, so führt dies zu einer Schwebung. Berechnen Sie für die entstandene Welle

- die Phasengeschwindigkeit,
- die Gruppengeschwindigkeit, d.h. die Geschwindigkeit, mit der sich das Maximum der Schwebung bewegt. Zeigen Sie, dass für kleine Modulationsfrequenzen, das heißt für $\omega_2 - \omega_1 \ll \omega_1$ die Gruppengeschwindigkeit als $\frac{d\omega}{dk}$ geschrieben werden kann.

Aufgabe 3: Lichtintensität und Feldstärke

Mit Hochleistungs-Lasern lassen sich die derzeit höchsten Lichtintensitäten erzeugen. Im Labor kann z.B. ein Lasersystem mit einer Impulsdauer von 100 fs und einer Impulsenergie von 1 J eingesetzt werden. Das Licht werde auf einen Fleck von $20 \times 20 \mu\text{m}$ fokussiert.

- Berechnen Sie die Intensität und die entsprechenden E- und B-Felder der elektromagnetischen Welle.
- Bestimmen Sie zum Vergleich die elektrischen Feldstärken, die im Abstand von 0,1 nm (Atomradius) und 1 fm (Kernradius) von einer punktförmigen Elementarladung herrschen.

Aufgabe 4: Photonengetriebenes Raumschiff (Strahlungsdruck I)

Ein interstellares Raumschiff soll mit Hilfe eines Laserantriebs beschleunigt werden. Der Kernreaktor des 100 t schweren Schiffs liefert eine Leistung von 1 GW. Die dem Laser zugeführte Energie werde zu 20 % in Licht einer Ausbreitungsrichtung umgesetzt.

- Welche Schubkraft entwickelt dieser Lichtantrieb und welche Beschleunigung resultiert daraus?
- Berechnen Sie die Zeitspanne, in der das Schiff auf eine Geschwindigkeit von 25 km/s beschleunigt wird, und den dabei entstehenden Massenverlust Δm des Schiffes ($\Delta m \ll m$). Wie hoch ist der Wirkungsgrad des Antriebs (kinetische Energie/aufgewandte Energie)?
- Zum Vergleich wird ein alternativer Antrieb gleicher Leistung (20 % von 1 GW) betrachtet, der Hg^{++} -Ionen in einer Potentialdifferenz von 10 kV beschleunigt. Beantworten Sie die Fragen aus b) für diesen Antrieb.

Aufgabe 5: Sonne (Strahlungsdruck II)

Die Sonne strahlt mit einer Leistung von 1400 W/m^2 auf die Erde (Radius: ca. 6378 km) ein. Wie groß ist der Strahlungsdruck und die damit verbundene Kraft auf die Erde? Hängt der Strahlungsdruck vom Spektrum und der Polarisation des Sonnenlichts ab?