

Übungsblatt 3

Ausgabe: 05.10.2024

Abgabe: 12.11.2024, vor 10:00 Uhr (Ilias)

Besprechung: 14.11.2024 (Tutorien)

Aufgabe 1

9 Punkte

Eine Lichtwelle mit der zeitlichen Abhängigkeit $E(t) = E_0 e^{i\omega t}$ tritt in Wechselwirkung mit einem Medium. Im Modell des Lorentz-Oszillators werden dabei die Valenzelektronen zu erzwungenen gedämpften harmonischen Schwingungen um die als ortsfest angenommenen Ionenrümpfe angeregt.

- a) Welche für das Modell des Lorentz-Oszillators relevanten Kräfte wirken auf ein Elektron?

1 Punkt

- b) Wie lautet die Bewegungsgleichung eines Oszillators für kleine Kräfte? **½ Punkt**

Aus der Bewegungsgleichung ergibt sich mit dem Ansatz $x(t) = x_0 e^{i\omega t}$ für die Amplitude einer

Schwingung $x_0 = -\frac{QE_0/m}{(\Omega^2 - \omega^2) + i\gamma\omega}$.

- c) Berechnen Sie das Dipolmoment p eines Oszillators sowie die dielektrische Polarisierung P im Medium mit einer Oszillatordichte N/V . **1 Punkt**

- d) Berechnen Sie die dielektrische Funktion $\varepsilon(\omega)$ über die dielektrische Verschiebungsdichte D .

1 Punkt

In der Optik wird anstelle der komplexen dielektrischen Funktion üblicherweise der komplexe Brechungsindex $n(\omega)$ verwendet.

- e) Für verdünnte Medien (etwa Gase) ist im nichtresonanten Fall ($\omega \neq \Omega$) der Beitrag des Resonanzterms klein gegen 1 und es gilt $\varepsilon(\omega) \approx 1$. Berechnen Sie für diesen Fall

$n(\omega) = \sqrt{\varepsilon(\omega)}$ näherungsweise durch eine Taylorentwicklung erster Ordnung. **½ Punkt**

- f) Berechnen Sie den Realteil $n(\omega)$ und den Imaginärteil $n''(\omega)$ von $n(\omega) = n'(\omega) - in''(\omega)$.

1 Punkt

- g) Skizzieren Sie $n'(\omega)$ und $n''(\omega)$. **1 Punkt**

- h) Zeigen Sie allgemein, dass der Realteil $n'(\omega)$ einer komplexen Funktion $n(\omega)$ die Ausbreitung einer sich im Medium ausbreitenden Lichtwelle $E = E_0 e^{i(\omega t - kz)}$ charakterisiert. Nutzen Sie dazu den Zusammenhang $k = \frac{\omega}{c} \cdot n(\omega)$. **1 Punkt**

- i) Zeigen Sie ebenso, dass der Imaginärteil $n''(\omega)$ mit der Absorption der Lichtwelle verbunden ist. Wie lässt sich ein Absorptionskoeffizient α definieren? **1 Punkt**

- j) Was versteht man unter einer evaneszenten Welle? Wann tritt sie auf? **1 Punkt**

Aufgabe 2**5 Punkte**

- a) Erklären Sie die physikalische Bedeutung der Boltzmann-Verteilung (ein bis zwei Sätze).
1 Punkt
- b) Erklären Sie die physikalische Bedeutung der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung (ein Satz). **½ Punkt**
- c) Wie lautet der Gleichverteilungssatz? **½ Punkt**
- d) Die mittlere quadratische Geschwindigkeit $\overline{v^2}$ der Teilchen eines idealen Gases lässt sich sowohl mit Hilfe des Gleichverteilungssatzes als auch mittels der Maxwellschen Geschwindigkeitsverteilung $f(v)$ bestimmen. Zeigen Sie, dass beide Wege zu demselben Ergebnis führen. **2 Punkte**
- e) Berechnen Sie die am häufigsten vorkommende (wahrscheinlichste) Geschwindigkeit \hat{v} eines Teilchens mittels des Maximums von $f(v)$. **1 Punkt**

Aufgabe 3**4 Punkte**

- a) Erklären Sie die Bedeutung der Barometrischen Höhenformel (ein Satz). **½ Punkt**

An einem kühlen Novembertag ($T = 10^\circ\text{C}$ und $P_0 = 1013 \text{ hPa}$) schenken Sie einem Kind auf der Herbstmess' einen mit reinem Helium gefüllten Ballon (Volumen $V_0 = 10 \text{ dm}^3$, Masse der Hülle $m_B = 1 \text{ g}$), um damit einen Brief in die weite Welt zu schicken.

- b) Wie schwer darf der Brief maximal sein, damit der Ballon nicht zu Boden sinkt? **2 Punkte**
- c) Auf welche Höhe über Karlsruhe kann der Ballon (bei gleichbleibender Lufttemperatur) maximal steigen, wenn er bei einer Volumenzunahme über 20% platzen würde? Vernachlässigen Sie den leichten Überdruck im Ballon. **1,5 Punkte**