

## Übungen zu Experimentalphysik III – WS 2008/09

### Aufgabe 1:

Freie Atome in einem verdünnten Gas werden durch ein äußeres elektrisches Feld polarisiert, d.h. der Schwerpunkt der elektronischen Ladungsverteilung verschiebt sich gegenüber dem Kern. Aus der dadurch entstehenden makroskopischen Polarisation ergibt sich die Dielektrizitätskonstante.

- Schätzen Sie die elektrische Feldstärke ab, die ein Proton eines Wasserstoffatoms am Ort des Elektrons erzeugt, wobei der wahrscheinlichste Abstand Proton - Elektron durch den Bohrschen Radius  $a_B = 0.5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  gegeben sei. Vergleichen Sie dies mit elektrischen Feldstärken, die durch Licht verursacht werden, z.B. durch einen 100mW Laser, der einen divergenzfreien Lichtstrahl von 2mm Durchmesser emittiert. Zeigen Sie, dass die Kraft durch das magnetische Feld der Lichtwelle vernachlässigt werden kann.
- Zeigen Sie, daß auf Grund der kleinen zu erwartenden Auslenkung der Elektronenwolke das Atom für typische Lichtquellen als harmonischer Oszillator (lineare Rückstellkraft mit Federkonstante  $k = m\omega_0^2$ ) betrachtet werden kann. (Hinweis: 2 Argumentationen möglich. Entweder man berechnet die rücktreibende Kraft auf ein positiv geladenes Teilchen, das in einer als homogen angenommenen elektronischen Ladungsverteilung kleine Verschiebungen erfährt. Oder man betrachtet das Elektron als klassischen Massenpunkt, der sich im Zentralfeld des Protons auf einer stationären Kreisbahn bewegt, wobei der Gesamtdrehimpuls erhalten bleibt.)
- Wie lautet die Bewegungsgleichung eines mit der Konstanten  $\gamma$  gedämpften Oszillators unter Einwirkung einer harmonischen erregenden Kraft  $F_0 \exp(i\omega t)$  (Begründung der Terme)? (Lsg:  $\ddot{x} + \gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \exp(i\omega t)$ )
- Bestimmen Sie die Lösung für den stationären Fall (Hinweis: Zunächst Exponentialschreibweise verwenden, dann den Realteil berechnen und in die Form  $x(t) = A \cos(\omega t + \theta)$  bringen).
- Stellen Sie das Quadrat der Amplitude und den Phasenverlauf als Funktion der Erregerfrequenz  $\omega$  graphisch dar und diskutieren Sie diese.
- Verwenden Sie diese Ergebnisse, um die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten eines Gases mit Teilchenzahldichte  $N$  abzuleiten (Hinweis: Die Polarisation (Dipolmoment pro Volumeneinheit) ist  $P(t) = -ex(t)N$ . Für die dielektrische Verschiebung gilt:  $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0\vec{E} = \epsilon_0\vec{E} + \vec{P}$ )
- Was ändert sich qualitativ in dichter Materie (nichtleitender Festkörper)?

### Aufgabe 2:

Welche Brechzahl muss ein zylindrischer Stab mindestens haben, wenn *alle* in seine plane Grundfläche eintretenden Strahlen durch Totalreflexion weitergeleitet werden sollen?

Wie groß ist der maximale Eintrittswinkel bei  $n = 1.33$ ? Welcher numerischen Apertur entspricht das?

### Aufgabe 3:

Beantworten Sie qualitativ folgende Fragen:

- a) Warum ist der bayerische Himmel weiß-blau?
- b) Warum ist das Himmelslicht teilweise polarisiert?
- c) Warum ist die auf- oder untergehende Sonne rötlich gefärbt?