Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Übungsblatt 3 - 8.November 2010

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

Schwierigkeitsgrad:
★ - Routineaufgabe.
★★ - Geradlinige Aufgabe.
★★★ - Herausfordernde Aufgabe.

Die Angabe in Klammern ist die verfügbare Punktzahl.

Aufgabe 1 (★) (2 Punkte)

Berechnen Sie die Fourier-Transformierte des Rechteckimpulses:

$$f(x) = \begin{cases} C & \text{für } |x| < a \\ C/2 & \text{für } |x| = a \\ 0 & \text{für } |x| > a \end{cases}$$

Aufgabe 2 (★★) (11 Punkte)

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.

a) 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 $a_B = 0,5 \times 10^{-10}m$ 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.

b) 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 sind möglich. Entweder man berechnet die rücktreibende Kraft auf ein positiv geladenes Teilchen, das in einer als homogen angenommenen elektrischen 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.)

c) Wie lautet die Bewegungsgleichung eines mit der Konstanten γ gedämpften Oszillators unter Einwirkung einer harmonischen erregenden Kraft $F_0 e^{(i\omega t)}$ (Begründung der Terme)? (Lsg:$\ddot{x} + \gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} e^{i\omega t}$)

d) 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).

e) Stellen Sie das Quadrat der Amplitude und den Phasenverlauf als Funktion der Erregerfrequenz ω graphisch dar und diskutieren Sie diese.

Aufgabe 3 (★★) (7 Punkte)

In einer 1 cm Küvette befindet sich flüssiger Chlorwasserstoff HCl mit der Dichte ρ=1,1$\frac{\text{g}}{\text{mL}}$. Ein vereinfachtes Modell beschreibt das Molekül als ein positiv geladenes Proton, das elastisch (Federkonstante D=700 N/m) an ein negatives Zentrum (Schwerpunkt im Chlorkern) gebunden ist. Harmonische Schwingungen des Protons um seine Ruhelage werden durch die Stöße mit benachbarten Molekülen gedämpft ($t_{\text{Stoß}} = 1\text{ps}$, d.h. $\gamma = \frac{1}{t_{\text{Stoß}}}$).

a) Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω_0 des harmonischen Oszialltors, sowie die entsprechende Wellenlänge des Lichtes.

b) Die Schwingung wird durch einen linear polarisierten Laser mit der Intensität 1 W/cm^2 resonant erregt. Berechnen Sie die Amplitude der Auslenkung der Protonen, sowie der makroskopischen Polarisation P. (1/3 der Moleküle sind parallel zur Polarisation ausgerichtet.)

c) Berechnen und skizzieren Sie den Real- und Imaginärteil von ϵ als Funktion von $\omega' = \frac{\omega}{\omega_0}$ für $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$, $\omega = \infty$, $\omega = 0,99\omega_0$ und $\omega = 1,01\omega_0$.