

Übungsblatt 9 zur Quantenelektronik I

Bereitgestellt: 21.05.07

Abgabe: 29.05.07

Rückgabe: 05.06.07

Aufgabe 1 Axiale Moden

- a) Die Verstärkungsbandbreite in einem Helium-Neon-Laser beträgt ungefähr 1.5 GHz. Wie lange muss ein einfacher linearer Resonator (mit Brechungsindex ≈ 1) sein, damit der axiale Modenabstand der Verstärkungsbandbreite entspricht?
- b) Wie verhält sich ein Helium-Neon-Laser, wenn er einen linearen Resonator enthält, dessen Länge wie in Teil a) berechnet ist, oder deutlich grösser, oder deutlich kleiner? (Welches Problem könnte im letzteren Fall auftreten?) Welchen zeitlichen Verlauf der optischen Leistung würde man mit einem schnellen Detektor beobachten können?
- c) Wie stark müsste sich die Resonatorlänge etwa durch thermische Ausdehnung ändern, damit der Laser auf die nächstliegende axiale Mode "springt"?
- d) Zeigen Sie, dass mit einem dispersiven Medium in einem linearen Resonator der Modenabstand in guter Näherung durch $\Delta f = v_g / 2L$ mit der Gruppengeschwindigkeit v_g gegeben ist, und dass die Verwendung der Phasengeschwindigkeit statt der Gruppengeschwindigkeit zu einem weniger genauen Ergebnis führen würde.

Aufgabe 2 Doppler- und Druckverbreiterung

- a) Leiten Sie die Formel $\Delta v_D = \sqrt{8 \ln 2} \sqrt{\frac{k_B T}{m c^2}} v_0$ (Skript, Kapitel 6.5.6, Gl. (30)) für die Dopplerverbreiterung von Spektrallinien aus der Maxwell-Boltzmann-Verteilung her. Tipp: Verwenden Sie die Maxwell-Boltzmann-Verteilung für die Teilchengeschwindigkeiten in der Form $n(\mathbf{v}) dv_x dv_y dv_z \propto \exp(-m v^2 / 2k_B T) d\mathbf{v}$, wobei $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$.
- b) Schätzen Sie ab, wie viele Stöße ein Molekül in einem Gas pro Zeiteinheit erfährt, wenn die Temperatur T , die Anzahldichte N und der Stossquerschnitt σ der Gasmoleküle gegeben sind.
Tipp: Gehen Sie davon aus, dass ein Molekül innerhalb der mittleren Zeit zwischen zwei Stößen im Mittel gerade ein anderes Molekül trifft innerhalb eines Zylinders, dessen Länge durch die durchflogene Wegstrecke und dessen Radius durch den Wirkungsquerschnitt gegeben ist. Machen Sie sich ausserdem klar, dass der Wirkungsquerschnitt πd^2 ist, nicht $\pi(d/2)^2$, wenn d der Durchmesser eines Moleküls ist.
- c) Verifizieren mit Hilfe des Ergebnisses aus Teil b) die Formel $\Delta v_p = \sqrt{\frac{8}{\pi}} \frac{p d^2}{\sqrt{m k_B T}}$ in Kapitel 6.5.6 des Skripts.