

1) Spektroskopie am Atomstrahl

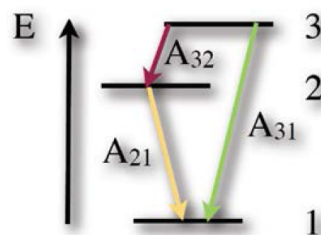
Der Kollimationswinkel an einem Natrium-Atomstrahl ist $\epsilon = 2^\circ$. Wie groß ist die restliche Dopplerbreite, wenn ein Laserstrahl senkrecht zum Molekularstrahl die Na-Atome anregt (Temperatur der Na Quelle vor den Kollimationsschlitzen $T=500\text{K}$)? Wie groß darf ϵ sein, damit die Hyperfeinstruktur des $3^2P_{1/2}$ -Zustandes ($\Delta \nu = 190\text{MHz}$), noch aufgelöst werden kann?

Hinweis: Die Dopplerbreite der in der Vorlesung behandelten Gauss-Spektrallinie ist

$$\delta \omega_D = (\omega_0/c) \sqrt{(8k_B T \cdot \ln 2)/m} .$$

2) Spontane und stimulierte Emission

- a) Schätzen Sie das Verhältnis von spontaner zu stimulierter Emission in einem Gas ab, das bei 1000 K im thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung ist (incl. dem Strahlungsfeld). Die Atome in dem Gas seien durch ein Zwei-Niveau-System modelliert dessen höheres Niveau 2 eV über dem tieferen liegt.
- b) Nun sei das Strahlungsfeld gegeben durch einen künstliche Lichtquelle die schmalbandig bei der Übergangsfrequenz ω_{12} des obigen Zwei-Niveau-Systems emittiert. Berechnen sie die Gleichgewichts-Besetzung des oberen Niveaus N_2 als Funktion der Lichtleistungsdichte (Intensität) $W(\omega_{12})$. Ist es möglich, im Gleichgewicht eine Besetzungsinversion $N_2 > N_1$ zu erreichen?
- c) Betrachten sie ein Dreiniveau-System wie im Bild mit Besetzungen $N_{1,2,3}$ und Einstein A-Koeffizienten A_{31}, A_{21} und A_{32} . Das System befinde sich anfänglich im Grundzustand. Nun werde Licht mit der Frequenz ω_{13} eingestrahlt. Stellen sie die Ratengleichungen für die drei Zustände in diesem Fall auf. Was ist der Gleichgewichtszustand des Systems für den Fall dass A_{21} verschwindet und nur obiges Lichtfeld vorhanden ist? Was ist die Besetzung N_2 für ein nicht verschwindendes A_{21} ?



Bitte wenden ...

- 3) Zusatzaufgabe (es gibt 5% beim Vorrechnen, auch ohne diese Aufgabe gilt Blatt als gelöst):
Stoßverbreiterung von Spektrallinien

zur Beschreibung der Stoßverbreiterung nimmt man an, dass das natürliche Ausschwingen eines angeregten Zustands nach einer Zeit t durch einen Stoß unterbrochen wird. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Stoßes im Zeitintervall t und $t + dt$ ist gegeben durch die Verteilung

$$\rho(t)dt = \left(\frac{1}{\tau_0}\right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_0}\right) dt$$

- a) Zeigen Sie, dass in dem Fall die spektrale Leistungsdichte beschrieben wird durch

$$p(\omega) = \frac{p_0}{2\pi} \frac{\gamma/2 + 1/\tau_0}{(\omega - \omega_0)^2 + (\gamma/2 + 1/\tau_0)^2}$$

wobei γ die natürliche Linienbreite ist und $1/\tau_0$ eine mittlere Stoßfrequenz beschreibt.

- b) Machen Sie eine Abschätzung für die Stoßverbreiterung für Spektrallinien von Na-Atomen bei Normaldruck und Zimmertemperatur sowie bei 500 K. Nehmen Sie dazu an, dass die Zeit zwischen zwei Stößen gegeben ist durch $1/\tau_0 = n\sigma v$, wobei n die Teilchenzahldichte, v die thermische Geschwindigkeit und σ den Wirkungsquerschnitt beschreiben. Nehmen Sie für σ einen Wert von 10^{-15} cm^2 an.