

1. Linienbreiten: Spektrallinien von Emissionsspektren haben keine scharfe Frequenz sondern besitzen eine bestimmte **Linienbreite**. Diese kommt durch drei Beiträge zustande: die **natürliche Linienbreite**, gegeben durch die Lebensdauer des Überganges, die **Stoßverbreiterung** bestimmt durch die mittlere Stoßzeit der Gasatome untereinander und die **Dopplerverbreiterung**, bestimmt durch die Geschwindigkeitsverteilung der Gasatome. Wir betrachten den **Übergang bei $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$ in Ne**:

- a) Berechnen Sie die natürliche Linienbreite für die **Übergangslbensdauer $\tau = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ s}$** .
 b) Berechnen Sie die Stoßverbreiterung für **Ne-Atome bei Raumtemperatur** und einem Druck von

$p = 0,5 \text{ Torr}$. Die mittlere Stosszeit sei gegeben durch $\tau_c = \frac{1}{\sigma_s \cdot p} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot m_{Ne} \cdot k_B \cdot T}{8}}$. Schätzen Sie den Stossquerschnitt σ_s geometrisch ab.

- c) Die Dopplerverbreiterung ist gegeben durch $\Delta v_D = \sqrt{8 \cdot \ln 2} \cdot \frac{1}{\lambda_0} \cdot \sqrt{\frac{k_B \cdot T}{m}}$. Erklären Sie qualitativ woher diese Beziehung kommt und berechnen Sie die **Dopplerverbreiterung für Ne bei Raumtemperatur**. Die gegebene Beziehung gilt nur für den Fall, dass die Natürliche Linienbreite $\Delta v_N \ll v_0 \cdot \frac{\sqrt{(k_B \cdot T)/m}}{c}$ ist. Ist diese Bedingung hier erfüllt?

- d) Welcher der obigen Beiträge ist dominant?

2. Verringerung der Dopplerbreite durch Kollimation: Aus einem Dampfbehälter mit der **Temperatur $T = 500 \text{ K}$** tritt ein kollimierter Molekularstrahl von Natriumatomen mit einem **Kollimationswinkel $\epsilon = 2^\circ$** aus. Ein Laserstrahl regt die Na-Atome **senkrecht zum Molekularstrahl** an. Dabei wird **Na-D Licht** emittiert.

- a) Wie gross ist die **restliche Dopplerbreite δv_D** ? (*Lösung:* $\delta v_D = 59,3 \text{ MHz}$)
 b) Wie gross **darf ϵ sein**, damit die Hyperfeinstruktur des **$3^2P_{1/2}$ -Zustandes ($\Delta v = 190 \text{ MHz}$)** noch aufgelöst werden kann? (*Lösung:* $\epsilon = 6,42^\circ$)

Hinweis: Alle nötigen Informationen über das Na-Atom können der Literatur entnommen werden.

3. Lichtbremse: Ein Strahl von **Natriumatomen** möge anfänglich eine Geschwindigkeit in **x-Richtung** von **$v_x = 700 \text{ m/s}$** haben. Bei Absorption **eines Photons auf der D_2 -Linie** wird ein Atom jeweils um einen Betrag Δv_x abgebremst. Die **Absorptionsrate** der Photonen pro Atom betrage **$R = 3 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$** .

- a) Wie gross ist **Δv_x** , wenn man annimmt, dass die Bremswirkung **nur in x-Richtung** erfolgt?
 (*Lösung:* $\Delta v_x = 3 \text{ cm/s}$)
 b) Welche **Zeit T** vergeht, bis ein Atom des Strahles **vollständig zum Stillstand gekommen** ist? (*Lösung:* $T = 778 \mu\text{s}$)
 c) Wie gross sind **Bremsbeschleunigung a und Abbremsweg d** ? (*Lösung:* $a = 91 \text{ 743 g}$, $d = 27,2 \text{ cm}$)

Hinweis: Alle nötigen Informationen über das Na-Atom können der Literatur entnommen werden.

4. Fluoreszenzdetektor: Ein Laserstrahl einer Leistung von **$P_0 = 100 \text{ mW}$** und einer **Wellenlänge von $\lambda = 488 \text{ nm}$** durchlaufe eine Gasabsorptionszelle mit einem **Absorptionskoeffizienten von $\alpha = 10^{-6} \text{ cm}^{-1}$** :

- a) Wie viele **Floreszenzphotonen** werden **pro cm Weglänge in einer Sekunde** emittiert, wenn jedes absorbierte Laserphoton die **Emission eines Fluoreszenzphotons** zur Folge hat?
 (*Lösung:* $N = 2,45 \cdot 10^{11} \text{ Photonen/s}$)
 b) Wie gross ist der **Ausgangsstrom I_A** eines Photodetektors, welcher die in einen Raumwinkel von **$\Omega = 0,2 \text{ Sterad}$** emittierte **Floreszenzstrahlung** erfasst? Die Detektorkathode habe einen **Quantenwirkungsgrad von $\eta = 20 \%$** , die **Stromverstärkung** des Detektors sei **$G = 10^6$**
 (*Lösung:* $I_A = 0,12 \text{ mA}$)