

**Teil 1:****Complete Hyperfine Structure of a Molecular Iodine Line**T.W. Hänsch *et al.*, Physical Review Letters 26, p. 946 (1971)

- 1) Wie funktioniert Sättigungsspektroskopie? Wie wird diese hier technisch umgesetzt?
- 2) Wodurch ist die Linienbreite, der in Abbildung 2b zu sehenden "Dopplerfreien" Linien begrenzt? Erklären Sie den Effekt.
- 3) Berechnen sie den Absorptionskoeffizienten der Jod-Zelle. Wie drückt sich die im Paper beschriebene Modulation des Signal Levels von 1,1% in einer Änderung des Absorptionskoeffizienten aus (Achtung keine lineare Abhängigkeit)? Berechnen Sie damit  $I_{sat}$ . Um wie viel weicht der so berechnete Wert vom dem im Paper berechneten Wert ab? Wie erklären Sie sich diese Abweichung?

**Teil 2: Dopplerverbreiterung von Spektrallinien**

Leiten Sie die Formel für die Dopplerverbreiterung von Emissionslinien ab. Gehen Sie dabei von einer Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung von Atomen der Masse  $m$  und Dicht  $N$  bei der Temperatur  $T$  aus:

$$n(v_z)dv_z = \frac{N}{v_p\sqrt{\pi}} \exp[-(v_z/v_p)^2] dv_z \quad (1)$$

$v_p = \sqrt{2k_B T/m}$  ist die wahrscheinlichste Geschwindigkeit. Die Atome emittieren Licht der Frequenz  $\omega_0$ , das aber für einen Betrachter aufgrund der Geschwindigkeitskomponente in seine Richtung  $v_z$  Doppler-verschoben ist:  $\omega = \omega_0(1 + v_z/c)$ . Zeigen Sie, dass die beobachtete Intensität  $I_D(\omega)$  des abgestrahlten Lichts gegeben ist durch:

$$I_D(\omega) = N \frac{c}{\omega_0 v_p \sqrt{\pi}} \exp[-(\frac{c}{v_p} \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0})^2] \quad (2)$$

und dass sich die volle Breite der Emissionslinie bei halber Intensität schreiben lässt als

$$\delta\omega_G = 2\sqrt{\ln 2} \omega_0 v_p / c \quad (3)$$

Berechnen Sie die Breiten folgender Linien:

1. Wasserstoff Lyman- $\alpha$  (Temperatur  $T = 77K$ ,  $\lambda = 121,6nm$ , natürliche Lebensdauer  $\tau = 1,6ns$ ,  $m = 1amu$ ),
2. Natrium D1-Linie ( $T = 300K$ ,  $\lambda = 589,6nm$ ,  $\tau = 16,3ns$ ,  $m = 23amu$ ),
3. einen Übergang in einem CO<sub>2</sub> Molekül ( $T = 300K$ ,  $\lambda = 10\mu m$ ,  $\tau = 10ms$ ,  $m = 44amu$ )

und vergleichen Sie diese mit den jeweiligen natürlichen Linienbreiten.

$$\delta\nu_L = \gamma / (2\pi) = 1 / (2\pi\tau) \quad (4)$$