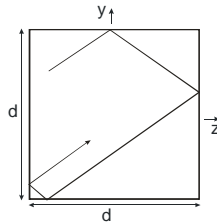


1. **Modendichte:** Ein **zweidimensionaler Spiegelresonator** besteht aus 2 orthogonalen Paaren von ebenen Spiegeln (z. B. ein Paar senkrecht zur  $z$ -Achse, das zweite senkrecht zur  $y$ -Achse). Infolge von Strahlreflexionen wird Licht somit auf die die  $z/y$ -Ebene eingegrenzt (siehe Abbildung).



Zeigen Sie, dass die Zahl der Moden pro Flächeneinheit im Frequenzintervall zwischen  $\nu$  und  $\nu + d\nu$  gleich  $M(\nu)d\nu$  ist, wobei die **Modendichte**  $M(\nu)$  (Moden pro Flächeneinheit pro Einheitsfrequenz) bei der Frequenz  $\nu$  gegeben ist durch  $M(\nu) = \frac{4 \cdot \pi \cdot \nu}{c^2}$ . Beachten Sie, dass jede Mode zwei mögliche

Polarisationen besitzt.

*Hinweis: Orientieren Sie sich an der Berechnung der Modendichte für das Rayleigh Jeans Gesetz.*

2. **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  $\tau_c = \frac{1}{\sigma_s \cdot p} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot m_{\text{He}} \cdot k_B \cdot T}{8}}$ . Schätzen Sie den

Stoßquerschnitt  $\sigma_s$  geometrisch ab.

c) Die Dopplerverbreiterung ist gegeben durch  $\Delta\nu_D = \sqrt{8 \cdot \ln 2} \cdot \frac{1}{\lambda_0} \cdot \sqrt{\frac{k_B \cdot T}{m}}$ . 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

$\Delta\nu_N \ll \nu_0 \cdot \frac{\sqrt{(k_B \cdot T)/m}}{c}$  ist. Ist diese Bedingung hier erfüllt?

d) Welcher der obigen Beiträge ist dominant?

3. **Neonlaser:** Ein Neonlaser emittiert Licht bei einer Wellenlänge von  $\lambda = 633 \text{ nm}$ . Er werde bei einer Temperatur von  $T = 600 \text{ K}$  betrieben. Die **molare Masse** von Neon beträgt **20 g/mol**.

a) Wie groß ist die **Dopplerbreite  $\Delta\nu_D$**  bei dieser Wellenlänge? Wie groß ist beträgt  $\Delta\lambda_D$ ?

(Lösung:  $\Delta\nu_D = 1,86 \text{ GHz}$ ,  $\Delta\lambda_D = 0,025 \text{ nm}$ )

b) Wie viele **Resonatormoden  $\text{TEM}_{0,0,q}$**  können bei einer **Resonatorlänge** von  $L = 1 \text{ m}$  an der Laseroszillation teilnehmen, wenn die **Laserschwelle** bei **50% der maximalen Verstärkung** liegt?

(Lösung: 12 Moden)

4. **Isolation einer Lasermode:** Die Länge des Laserresonators für einen **Ar-Lasers** betrage  $L = 120 \text{ cm}$ . Der Laser werde bei  $T = 5000 \text{ K}$  betrieben. Mittels eines **Fabry-Perot Interferometers (FPI)** soll die Mode mit  $\lambda = 488 \text{ nm}$  isoliert werden.

a) Wie groß darf die **Dicke  $d$**  der Schicht zwischen den Reflektoren des FPI (Brechungsindex  $n = 1,5$ ) maximal sein, damit nur ein Transmissionsmaximum des FPI in die Dopplerbreite  $\Delta\nu_D$  passt?

(Lösung:  $d = 2 \text{ cm}$ )

b) Wie groß muß die **Reflektivität  $R$  der Reflektorschichten** des FPI sein, damit die **Transmission  $T$**  bei der Nachbar-Resonatormode auf  $T = 1/3$  gesunken ist?

(Lösung:  $R = 0,895$ )

*Hinweis: Die Transmissionscharakteristik eines Fabry-Perot Interferometers kann als bekannt vorausgesetzt werden; Molare Masse von Ar: 40 g/mol.*