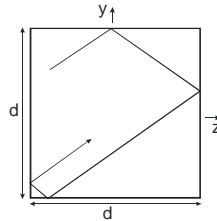


- 1. Modendichte:** Ein **zweidimensionaler Spiegelresonator** besteht aus 2 orthogonalen Paaren von ebenen Spiegeln (z. B. ein Paar senkrecht zur z -Achse, das zweite senkrecht zur y -Achse). Infolge von Strahlreflexionen wird Licht somit auf die z/y -Ebene eingegrenzt (siehe Abbildung).



Zeigen Sie, dass die Zahl der Moden pro Flächeneinheit im Frequenzintervall zwischen ν und $\nu + d\nu$ gleich $M(\nu)d\nu$ ist, wobei die **Modendichte** $M(\nu)$ (Moden pro Flächeneinheit pro Einheitsfrequenz) bei der Frequenz ν 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. Zweiniveausystem:** In einem **Zweiniveausystem** mit zwei **Energieniveaus** E_1 und E_2 ($E_1 < E_2$) in dem sich $n = \text{const.}$ Atome befinden seien die **Besetzungszahlen** für die Energie E_1 n_1 und für E_2 n_2 . Es gilt daher $n = n_1 + n_2$. Befindet sich dieses System in einem **Strahlungsfeld mit der Energiedichte** $w_\nu(\nu)$, so kommt es zu spontaner und induzierter Emission, sowie zu Absorption von Photonen aus dem Strahlungsfeld. Die Ratengleichung für die Besetzungszahl n_2 lautet:

$$\frac{dn_2}{dt} = B_{12} \cdot w_\nu(\nu) \cdot n_1 - B_{21} \cdot w_\nu(\nu) \cdot n_2 - A_{21} \cdot n_2$$

Dabei sind A_{21} , B_{12} und B_{21} in dieser Reihenfolge die Einstein Koeffizienten für spontane Emission, spontane Absorption und induzierte Emission eines Photons. Bei gleichem statistischem Gewicht des Überganges gilt $B_{12} = B_{21}$.

- Wie lautet die **Ratengleichung für die Besetzungszahl n_1** ?
- Lösen Sie die Differentialgleichung für die **Anfangsbedingung $n_1 = n$** .
- Bestimmen Sie das Verhältnis n_2/n_1 für den **stationären Zustand**, also für große Zeiten t , und erklären Sie aus dieser Lösung heraus, warum in einem Zweiniveausystem **keine Besetzungszahleninversion** erreicht werden kann. (Lösung: $\frac{n_2}{n_1} = \frac{B_{12} \cdot w_\nu(\nu)}{B_{12} \cdot w_\nu(\nu) + A_{21}}$)

Bitte Seite wenden!

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:* $\Delta\nu_D = 1,86 \text{ GHz}$, $\Delta\lambda_D = 0,0025 \text{ nm}$)

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.