

Aufgabe 1: Schwarzkörperstrahlung

- Um die Plancksche Strahlungsformel – welche die Strahlungsverteilung eines schwarzen Körpers angibt – aus den Ratengleichungen herzuleiten, vergleiche man die aus der Vorlesung bekannte Energiedichte $\rho(\nu) = \frac{A/B}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$ mit dem für sehr kleine Frequenzen ν gültigen Rayleigh-Jeans-Gesetz $\rho(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}kT$. Hierzu entwickle man den Boltzmann-Faktor um kleine Frequenzen.
- Zeigen Sie nun mit der so errechneten Planckschen Strahlungsformel, dass die gesamte abgestrahlte Intensität eines schwarzen Körpers proportional zu T^4 ist.
- Wie vereinfacht sich die Plancksche Strahlungsformel für hohe Frequenzen?

Aufgabe 2: Zwei-Niveau-Systeme

Betrachten Sie einen Laserübergang mit der Übergangsfrequenz eines Nd:YAG-Lasers ($\lambda_1 = 1064 \text{ nm}$) bzw. eines mit der Übergangsfrequenz eines Röntgen-Lasers ($\lambda_2 = 10 \text{ nm}$).

- Vergleichen Sie mit Hilfe der Einstein-Koeffizienten das Verhältnis von induzierter zu spontaner Emission der beiden Übergänge. Welcher der beiden Lasertypen ist schwieriger zu konstruieren?
- Bestimmen Sie im thermodynamischen Gleichgewicht das Verhältnis der Besetzungen der beiden Niveaus der Übergänge aus (a) für $T = 77 \text{ K}$, 300 K und 500 K . Warum kann man ein Zwei-Niveau-System durch reines Erhitzen oder optisches Pumpen nicht als Laser verwenden?
- Skizzieren und vergleichen Sie ein Lasersystem mit drei bzw. vier atomaren Niveaus. Wie sollten die Lebenszeiten der einzelnen Niveaus vorteilhafterweise sein?