Institut f. Angewandte Physik

UE Grundlagen der Physik III WS 2013/14

12. Übung am 23. 1. 2014

49) Laseranregung eines Systems mit 2 Niveaus

Auf ein Ensemble von gleichartigen Atomen, welche idealisiert durch zwei nicht entartete Energieniveaus 1 und 2 (Grundzustand und angeregter Zustand; statistische Gewichte $g_1=g_2=1$) beschrieben werden, fällt ab dem Zeitpunkt t = 0 eine intensive Laserstrahlung (Dauerstrichlaser), deren spektrale Energiedichte w_ν in der Nähe des Übergangs 2 nach 1 ein Maximum aufweist.

a) Die möglichen Übergangswahrscheinlichkeiten und damit die Änderungen der Besetzungszahlen N_1 und N_2 der beiden Zustände pro Zeiteinheit sind durch die Einsteinkoeffizienten A_{21}, B_{21} und B_{12} gegeben. Stellen Sie Ratengleichungen auf, welche die zeitliche Änderung der Besetzungszahlen N_1 und N_2 beschreiben.

b) Bevor Sie das Gleichungssystem lösen, überlegen Sie, welche Anfangsbedingungen sinnvoll sind: Wie ist das angeregte Niveau im Verhältnis zum Grundzustand vor der Wechselwirkung mit dem Laser besetzt (Raumtemperatur ca. 300 K), wenn es einige eV über dem Grundzustand liegt?

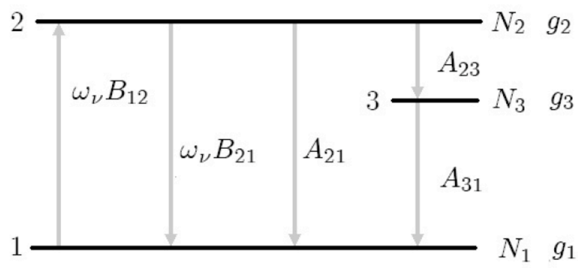
c) Lösen Sie das Differentialgleichungssystem (allgemein).

Skizzieren Sie die Lösungsfunktionen $N_1(t)$ und $N_2(t)$ für kleine und große Laserleistungen.

(3 Pkte)

50) Laseranregung eines Systems mit 3 Niveaus

Gegeben sei ein System von N Atomen mit 3 diskreten, nicht entarteten ($g_1 = g_2 = g_3 = 1$; bzw. $B_{12} = B_{21} = B$) Energieniveaus $E_1 < E_3 < E_2$. Ein Laser mit geeigneter Wellenlänge λ regt das System von Zustand 1 in Zustand 2 an. Dieser angeregte Zustand kann dann auf drei Arten zerfallen:



Direkt in den Zustand 1 durch spontane Emission (A_{21}) oder induzierte Emission ($w_\nu B_{21}$), oder indirekt über den Zustand 3 ($A_{23} \to A_{31}$) (wobei A und B die Einsteinkoeffzienten sind).

a) Stellen Sie die Ratengleichungen für alle 3 Niveaus auf.

b) Unter der Annahme, dass die spontane Emission von Niveau 2 auf 1 vernachlässigt werden kann ($A_{21} = 0$), leiten Sie für die stationäre Lösung der Ratengleichungen ($dN_i/dt = 0$) eine Beziehung zwischen N_3 und N der folgenden Form ab: $N_3 = N \cdot f\left(w_\nu B, A_{23}, A_{31}\right)$.

c) Bilden Sie den Grenzwert für sehr hohe Energiedichte: $N_3(w_\nu \to \infty)$.

(2 Pkte)

51) Rotationsspektrum

das Infrarot-Rotationsspektrum von HBr (Masse Br-Atom: 80 u, Masse H-Atom: 1 u) besteht aus einer Serie von Linien, die im Frequenzspektrum um $\Delta\overline{\nu}$ =17 cm^{-1} voneinander entfernt sind. Berechnen Sie daraus den internuklearen Abstand von HBr.

(2 Pkte)

52) Schwingungs-Rotations-Übergänge

Es wird die Rotationsschwingungsbande des CO-Moleküls untersucht. Für die erste Linie des P-Zweiges werde die Wellenzahl 2165.4 cm^{-1}, für die erste Linie des R-Zweiges die Wellenzahl 2173.0 cm^{-1} gemessen. Berechnen Sie aus diesen Angaben

a) die Oszillationsfrequenz

b) das Trägheitsmoment

c) den Gleichgewichtsabstand des CO-Moleküls.

Hinweis: $h\nu = E_{v'J'} - E_{v''J''}$ wobei $E_{vJ} = \left(v + \frac{1}{2}\right) \cdot \hbar\omega + \frac{J(J+1)\hbar^2}{2MR_e^2}$

R-Linien: $\Delta v = v' - v'' = +1$ und $\Delta J = J' - J'' = +1$

P-Linien: $\Delta v = v' - v'' = +1$ und $\Delta J = J' - J'' = -1$

(3 Pkte)