

Thema Nr. 2

(Aufabengruppe)

Es sind alle Aufgaben dieser Aufabengruppe zu bearbeiten!**Teilaufgabe 1: Atmosphärische Gase**

(10 Punkte)

- a) Skizzieren Sie die möglichen Molekülschwingungsmoden von N_2 und CO_2 . (3 Punkte)
- b) Vergleichen Sie die Infrarotabsorption der Gase N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O .
Begründen Sie die Unterschiede unter Berücksichtigung des jeweiligen Bindungstyps! (3 Punkte)
- c) Beschreiben Sie die Ursachen, die Konsequenz und physikalische Grundlage des Treibhauseffekts! (4 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Thema Nr. 1

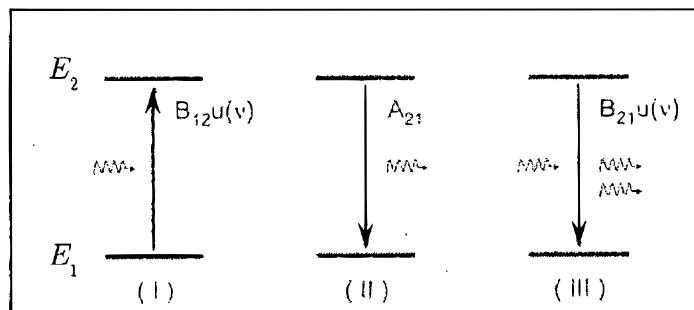
(Aufabengruppe)

Es sind alle Aufgaben dieser Aufabengruppe zu bearbeiten!

Teilaufgabe 1: Atomphysik – Laser

(10 Punkte)

Wir betrachten ein Ensemble von Atomen mit dem optisch erlaubten Übergang zwischen den beiden Energieniveaus E_1 und E_2 . Es seien N_1 Atome im Zustand E_1 und N_2 Atome im Zustand E_2 .



Dabei gelten die Gleichungen $\frac{dN_1}{dt} = N_1 \cdot B_{12} \cdot u(\nu)$ und $\frac{dN_2}{dt} = N_2 \cdot A_{21} + N_2 \cdot B_{21} \cdot u(\nu)$

- Geben Sie die Bezeichnungen für die drei Übergänge an, die in der Abbildung dargestellt sind, und erklären Sie die Terme in den Gleichungen. (4 Punkte)
- Erklären Sie den Begriff Besetzungsinversion und beschreiben Sie, wie man sie erreichen kann. (4 Punkte)
- Höher angeregte Zustände des Helium-Atoms relaxieren in die Zustände 2^1S_0 und 2^3S_1 . Erklären Sie die Notation vollständig. (2 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

Aufgabe 2: Spektroskopie von ^{85}Rb -Atomen**(20 Punkte)**

Wir betrachten ein Gas von ^{85}Rb -Atomen mit Atommasse $m = 1,41 \cdot 10^{-25}$ kg unter Normalbedingungen. Der Übergang $5^2S_{1/2} \rightarrow 5^2P_{3/2}$ (D₂-Linie) der Rb-Atome bei der Wellenlänge $\lambda_0 = 780$ nm hat eine natürliche Linienbreite von $\Delta\omega = 2\pi \cdot 6$ MHz und wird mit Hilfe eines Lasers spektroskopiert.

- a) Geben Sie die Bedeutung der Buchstaben und Ziffern in der Notation $5^2S_{1/2}$ bzw. $5^2P_{3/2}$ an. Bestimmen Sie die möglichen Werte für die Gesamtdrehimpulsquantenzahl F in den beiden Niveaus unter Berücksichtigung der Kernspinquantenzahl $I = 5/2$ von ^{85}Rb . (4 Punkte)
- b) Im Absorptionsspektrum der D₂-Linie von ^{85}Rb werden bei entsprechender Auflösung zwei Linien aufgrund der Aufspaltung des Grundzustandes $5^2S_{1/2}$ in zwei Niveaus beobachtet (s. untenstehendes experimentelles Absorptionsspektrum). Erläutern Sie den Ursprung dieser Aufspaltung. Geben Sie die Position der Resonanz relativ zu der im Spektrum eingezeichneten Position ν_0 an, wenn es diese Aufspaltung nicht geben würde. Nehmen Sie hierfür an, dass nur der Wechselwirkungsterm $W = A\vec{I} \cdot \vec{S}$ für die Aufspaltung verantwortlich ist, mit \vec{I} dem Kernspin von ^{85}Rb , \vec{S} dem Elektronenspin und $A > 0$ einer Konstante. (4 Punkte)
- c) Wodurch ist die minimale Breite der beiden Resonanzen im Absorptionsspektrum gegeben? Nennen Sie zwei Effekte, die die Linienbreite vergrößern können. (3 Punkte)

Eine Möglichkeit, Verbreiterungsmechanismen zu unterdrücken und damit die spektroskopische Auflösung des Übergangs zu erhöhen, ist die Abkühlung des Gases durch Laserkühlung. Dazu betrachten wir die Rate R , mit der ein Atom des Gases Photonen des Lasers absorbiert. Die Rate beträgt für ein ruhendes Atom:

$$R = \frac{\gamma}{2} \frac{s_0}{(2\delta/\gamma)^2 + 1}$$

Hierbei ist $\delta = \omega_L - \omega_0$ die Verstimmung der Laserfrequenz ω_L gegenüber der atomaren Resonanzfrequenz ω_0 und $s_0 = I/I_0$ der (einheitenlose) Sättigungsparameter (mit I_0 der Sättigungsintensität).

- d) Bestimmen Sie den Impuls eines Photons bei der Wellenlänge λ_0 . Leiten Sie daraus mit Hilfe obiger Formel für R einen Ausdruck für Betrag und Richtung der Lichtdruckkraft her, die ein ruhendes Atom im Mittel durch Impulsübertrag bei der *Absorption* der Laserphotonen erfährt. Erläutern Sie auch kurz, welche Kraft das Atom im Mittel durch die *Emissionsprozesse* erfährt. (4 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

- e) Betrachten Sie jetzt ein Atom, das sich im Lichtfeld von zwei entgegengesetzt ausgerichteten Laserstrahlen gleicher Frequenz ω_L befindet. Das Atom bewegt sich mit der Geschwindigkeit \vec{v} in die Ausbreitungsrichtung des einen Laserstrahls und entgegengesetzt zur Ausbreitungsrichtung des anderen Laserstrahls. Wir betrachten nur die Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Laserstrahlen. Ersetzen Sie in der Formel aus d) die Verstimmung δ durch die *effektive* Verstimmung δ_v , die das Atom aufgrund des Doppler-Effekts erfährt. Überlegen Sie sich dazu, wie der Dopplereffekt die Frequenz der beiden Laserstrahlen ω_L aus Sicht des Atoms modifiziert. Addieren Sie dann die Kräfte, die die beiden Laserstrahlen auf das Atom ausüben. Leiten Sie aus dem entsprechenden Ausdruck ab, wie das Vorzeichen von δ gewählt werden muss, um eine Reibungskraft und damit eine Abbremsung und Kühlung des Atoms zu erreichen. (5 Punkte)

