

THEMENSCHWERPUNKT A
Atom- und Molekülphysik

Aufgabe 1: Wasserstoff

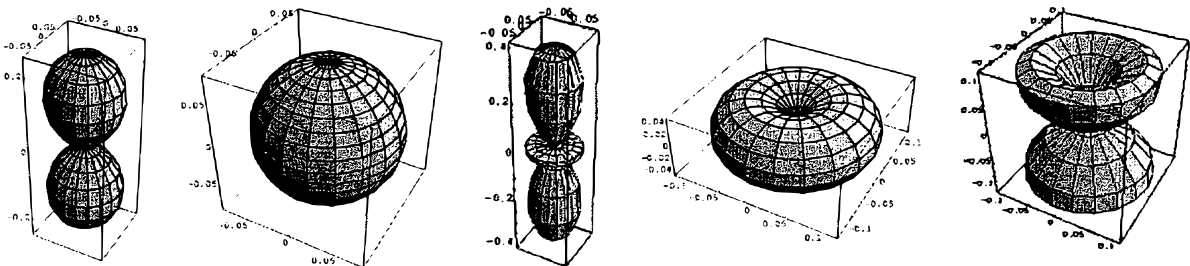
- a) Welcher formale Zusammenhang beschreibt die Abhängigkeit der Übergangsfrequenzen $\nu_{n' \rightarrow n}$ von n' , die alle auf gleichem n aufbauen? Erklären sie alle verwendeten Größen (z. B. c : Vakuumlichtgeschwindigkeit) und bestimmen Sie n unter Verwendung der Daten aus der folgenden Tabelle:

n'	$\nu_{n' \rightarrow n}$ [Hz]	λ [nm]
3	$15233,00 \text{ cm}^{-1} \cdot c$	656,3 nm
4	$20564,55 \text{ cm}^{-1} \cdot c$	486,1 nm
5	$23032,29 \text{ cm}^{-1} \cdot c$	434,0 nm
6	$24372,80 \text{ cm}^{-1} \cdot c$	410,2 nm
7	$25181,08 \text{ cm}^{-1} \cdot c$

Nennen Sie drei Spektralserien des Wasserstoffs, geben Sie an, auf welchem n diese aufbauen und in welchen Spektralbereichen sie beobachtet werden! (5 Punkte)

- b) Die Rydberg-Konstante lässt sich aus anderen fundamentalen Größen darstellen. Leiten Sie diese Abhängigkeit unter Anwendung des Korrespondenzprinzips her: Berechnen Sie hierfür die klassische Umlauffrequenz $\omega/2\pi$ des Elektrons und setzen Sie diese gleich der Übergangsfrequenz $\nu_{n' \rightarrow n}$ benachbarter Niveaus ($n' = n+1$) bei großen n . (6 Punkte)

- c) Nachstehend sind einige Orbitale für $n = 2$ dargestellt. Ordnen Sie diesen die relevanten Quantenzahlen zu! Wie viele Elektronen befinden sich in jedem Zustand und warum?



(4 Punkte)

- d) Neben dem Bahndrehimpuls besitzt das Elektron einen Spin (Eigendrehimpuls). Durch die so genannte Spin-Bahn-Kopplung spaltet der Übergang $1s \rightarrow 2p$ in mehrere Linien auf. In wie viele? Begründen Sie ihre Antwort! (2 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

- e) Aufgrund der thermischen Bewegung der Atome bei einer Temperatur T zeigt Wasserstoff eine Verbreiterung der beobachteten Spektrallinien. Erklären Sie die Ursache dieser Verbreiterung! Geben Sie eine Formel für die Frequenzverschiebung in Abhängigkeit von v_z (= Geschwindigkeit eines Atoms in Richtung der Lichtwelle) für $v_z \ll c$ an! (3 Punkte)

Aufgabe 2: Stern-Gerlach-Versuch

Wasserstoffatome im Grundzustand strömen (geeignet fokussiert) mit einer Geschwindigkeit $v_x = 1,80$ km/s aus einem Ofen und passieren auf einer Länge $\Delta x_1 = 0,75$ m ein hinreichend starkes inhomogenes Magnetfeld, das in z -Richtung zeigt. Auf sie wirkt eine Kraft vom Betrag $F_z = \mu_B \frac{\partial B}{\partial z}$. Die

Größe μ_B ist das Bohrsche Magneton: $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24}$ J/T.

Der Gradient des Feldes sei 12 T/m und zeige ebenfalls in z -Richtung. Anschließend treffen die Wasserstoffatome auf einen Detektor, der in einer Entfernung $\Delta x_2 = 1,25$ m hinter dem Magnetfeld steht.

- a) Fertigen Sie eine Skizze des Experiments an! (3 Punkte)
- b) Auf dem Detektor beobachtet man zwei räumlich getrennte Signale. Begründen Sie dieses Ergebnis! (4 Punkte)
- c) Berechnen Sie den Betrag der Beschleunigung der Wasserstoffatome im Magnetfeld!
(Ersatzlösung: $a = 7 \cdot 10^4$ m/s²) (4 Punkte)
- d) Berechnen Sie den Abstand der beiden Signale im Detektor und skizzieren Sie den Weg der Atome vom Ofen zum Detektor! (5 Punkte)
- e) Erläutern Sie, in welcher Art sich das Bild auf dem Schirm verändert, wenn sich die Wasserstoffatome im ersten angeregten Zustand (Hauptquantenzahl $n = 2$) befinden! Wie viele räumlich getrennte Signale wird man nun beobachten? (4 Punkte)