

Übung 9

Abgabe: Dienstag, 13. Januar 2004

Aufgabe 1

Ein *Myon* ist ein negativ geladenes Elementarteilchen, dessen Masse 206,8mal größer als die Elektronenmasse ist. Myonen können von Kernen eingefangen werden und sich dort anstelle von Elektronen aufhalten. Ein solches Gebilde nennt man *Myonen-Atom*.

Wie groß ist der Radius der Kugelschale mit der größten Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte $|\varrho(r)|^2 = r^2 R(r)^2$ für ein 1s-Orbital eines myonischen Bleiatoms? Der Radius eines Bleiatomkerns beträgt $6,7 \cdot 10^{-15}$ m. Kommentar?

Aufgabe 2

2.1 Man vergleiche numerisch die Rydberg-Konstante R_∞ für unendliche Kernmasse mit den Rydberg-Konstanten R_H und R_D für ein Wasserstoff- bzw. Deuteriumatom.

Die Wellenzahlen $\tilde{\nu}$ der Absorptions- und Emissionslinien im Wasserstoffspektrum sind gegeben durch

$$\tilde{\nu} = \frac{E_{n'} - E_{n''}}{hc} = -R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n''^2} \right), \quad (1)$$

mit $n' > n''$. Spektrallinien mit gleichem n'' faßt man zu sogenannten *Serien* zusammen.

2.2 Bei welcher Serie (d. h. für welches n'') liegen die Spektrallinien größtenteils im sichtbaren Bereich?

2.3 Warum ist es schwierig, diese Serie in einem *Absorptionsspektrum* sichtbar zu machen? *Hinweis:* Man vergleiche die thermischen Populationen der unteren beiden Energieniveaux.

Aufgabe 3

Bei Abbaureaktionen in der Troposphäre stellt sich oft die Frage, unter welchen Umständen eine Molekel photochemisch, d. h. durch Absorption von Photonen, dissoziiert werden kann, und ob vor der Dissoziation angeregte Zwischenformen entstehen oder nicht. Auf Abbildung 1 sind für drei verschiedene Molekeln die Energien des elektronischen Grundzustands sowie eines oder mehrerer angeregter Zustände in Abhängigkeit vom Kernabstand r skizziert.

3.1 Inwiefern dissoziiert jede dieser drei Molekeln, wenn sie vom elektronischen Grundzustand in einen elektronisch angeregten Zustand überführt wird?

Auf Abbildung 2 findet man – in anderer Reihenfolge – die UV-Spektren dieser drei Molekeln.

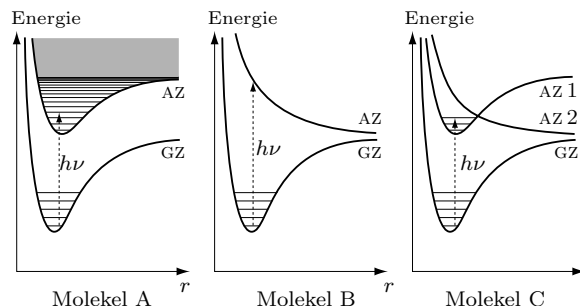


Abbildung 1: Potentielle Energie und Vibrationsenergieniveaus für den elektronischen Grundzustand (GZ) und angeregte Zustände (AZ, zwei verschiedene bei Molekel C) dreier Molekeln

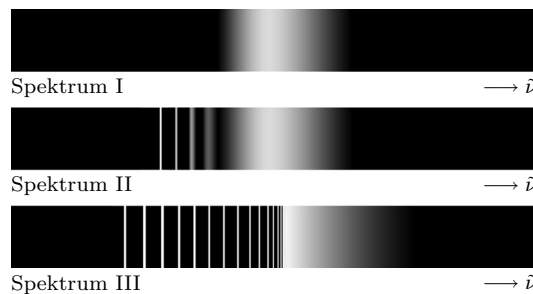


Abbildung 2: UV-Spektren bei Zimmertemperatur der drei Molekeln A, B und C (nicht notwendigerweise in dieser Reihenfolge)

3.2 Welche Energiekurven entsprechen welchem Spektrum? Welche Spektrallinie (soweit vorhanden) entspricht jeweils dem mit dem gestrichelten Pfeil bezeichneten Übergang?

Hinweise und Annahmen:

- In den Spektren sieht man nur Übergänge, bei denen der energetisch tiefere Zustand genügend populiert ist. Bei allen Molekeln betragen die Vibrationswellenzahlen mehrere Tausend cm^{-1} .
- Eine Spektrallinie ist umso breiter (unschärfer), je kürzer die Lebensdauer vom energetisch höheren Zustand des betreffenden Übergangs ist.

Aufgabe 4

Der Spindrehimpuls ist eine Form des Drehimpulses, welche kein klassisch-mechanisches Analogon besitzt. Das sieht man z. B. an den Widersprüchen, die sich ergeben, wenn man ein Elek-

tron als ein sich um die eigene Achse drehendes geladenes Kugelchen auffaßt. Wir nehmen dabei an, der Radius dieses Kugelchens sei gleich dem sogenannten *klassischen Elektronenradius*

$$r_e := \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2};$$

r_e ist der Radius, den eine geladene Kugel haben muß, damit die von der inneren Abstoßung herrührende elektrostatische Energie gleich der relativistischen Ruheenergie $E = m_e c^2$ ist.

Wie groß ist die aus dem Spindrehimpuls des Elektrons folgende Umdrehungsfrequenz ω ? Wie groß ist dann die (lineare) Geschwindigkeit der Elektronenoberfläche? *Hinweise:* Das Trägheitsmoment einer homogenen Kugel mit Radius r und Masse m ist $I = \frac{2}{5}mr^2$. Atomare Einheiten benutzen!