



Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie II

Übungsleiter: Tanja Asthalter · Zimmer 9-356 · Tel. 4464 · e-mail t.asthalter@ipc.uni-stuttgart.de

Übungsblatt 22

13. 1. 2004

Aufgabe 22.1

Wie groß sind die de Broglie-Wellenlängen

- eines Elektrons mit thermischer kinetischer Energie bei $T=300\text{ K}$,
- eines Wasserstoff-Atoms mit thermischer kinetischer Energie bei $T=300\text{ K}$,
- einer Amöbe (Volumen ca. $100\text{ }\mu\text{m}^3$, Dichte 1 g/cm^3), die in 10 sec 1 mm zurücklegt,
- einer Gewehrkugel (Masse 1 g, Geschwindigkeit ca. 600 km/h)?

Aufgabe 22.2

- Wie groß ist die minimale Geschwindigkeitsunschärfe einer Kugel der Masse $m = 500\text{ g}$, deren Ort auf $1\text{ }\mu\text{m}$ genau bekannt ist?
- Wie groß ist die Geschwindigkeitsunschärfe eines Elektrons, dessen Ortsunschärfe entlang der x-Achse 1 Å beträgt (typischer Atomdurchmesser!)?
- Die Halbwertsbreite der W $\text{K}\alpha_1$ -Röntgenfluoreszenzlinie beträgt 45 eV. Wie groß ist die Zeitsunschärfe (Lebensdauer) des angeregten Zustandes des W-Atoms?

Aufgabe 22.3

Welche Bedingungen muß eine Wellenfunktion für stationäre Zustände erfüllen? Prüfen Sie mit diesen Kriterien, ob folgende Funktionen als Wellenfunktionen geeignet sind:

- $\cos(x)$; $-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
- x^2 ; $-\infty \leq x \leq \infty$
- e^{-ar} ; $0 \leq r \leq \infty$
- $\psi(x) = 0$ für $|x| > 1$, $\psi(x) = 1$ für $|x| \leq 1$

Aufgabe 22.4

Ein Teilchen sei auf den Bereich $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$ beschränkt, in dem das Potential konstant sei, $V = 0$. Außerhalb dieses Bereiches sei das Potential unendlich groß (Teilchen im 2-dimensionalen Kasten).

- Geben Sie den Hamilton-Operator \hat{H} für dieses Problem an.
- Führen Sie die Separation der Variablen in der Schrödinger-Gleichung $\hat{H}\psi = E\psi$ mit dem Ansatz $\psi(x, y) = \psi_1(x)\psi_2(y)$ durch.
- Lösen Sie die separierten Gleichungen unter Beachtung der Randbedingungen analog zum eindimensionalen Fall.
- Wie lauten die möglichen Energieeigenwerte E und die zugehörigen normierten Eigenfunktionen $\psi(x, y)$? Zeichnen Sie für $a = b$ das Energietermschema.

Aufgabe 22.5

Der starre Rotator mit raumfreier Achse ist das quantenmechanische Modell für die Rotationspektren.

- Geben Sie den Ausdruck für die Energieeigenwerte des starren Rotators an! Berechnen Sie mit Hilfe der Bindungslänge von 129 pm die Frequenz des Übergangs $J = 0 \rightarrow J = 1$ für Chlorwasserstoff H^{35}Cl .

bitte wenden

- b) Skizzieren Sie das Energieniveauschema des starren Rotators! Die Auswahlregel für Anregungen lautet $\Delta J = +1$. Da sich nicht alle Moleküle im Rotations-Grundzustand ($J=0$) befinden, können auch Moleküle mit $J=1,2,3 \dots$ weiter angeregt werden. Zeichnen Sie 3 mögliche Anregungen in Ihr Energieniveauschema ein.
- c) Berechnen Sie einen Ausdruck für die Anregungsenergie eines Übergangs $J \rightarrow J + 1$. Bestimmen Sie daraus die Energiedifferenz benachbarter Absorptionslinien ($J \rightarrow J + 1$ und $J + 1 \rightarrow J + 2$). Skizzieren Sie damit das Absorptionsspektrum des starren Rotators!

Naturkonstanten:

$$m_e = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_H = 1,67367 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$k_B = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$1 \text{ eV} = e_0 \cdot 1 \text{ V} = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Die Übungen sind im PDF-Format erhältlich unter <http://www.ipc.uni-stuttgart.de/~tanja/pcuebungen.html> .