

Aufgabe 1

- (a) Die Planck-Verteilung $\rho(\lambda)$ beschreibt die Energiedichteverteilung eines Schwarzen Strahlers. Skizzieren Sie den Verlauf von $\rho(\lambda)$ als Funktion der Wellenlänge λ für zwei unterschiedliche Temperaturen T_1 und $T_2 > T_1$. (*Hinweis*: Aus den Verläufen sollte erkennbar sein, wie sich die Verteilungen für die Fälle $\lambda \rightarrow 0$ und $\lambda \rightarrow \infty$ verhalten und wie sich die Lage von Extremstellen und die zugehörigen Funktionswerte mit der Temperatur ändern.)
- (b) Wie wird das Gesetz genannt, das den Zusammenhang zwischen der Lage des Maximums der Planck-Verteilung und der Temperatur beschreibt?

Aufgabe 2

Die Austrittsarbeit von metallischem Cäsium beträgt 2,14 eV. Wie groß sind die kinetische Energie und die Geschwindigkeit der Elektronen, die durch Strahlung der Wellenlänge (a) $\lambda = 700$ nm und (b) $\lambda = 300$ nm herausgeschlagen werden?

Aufgabe 3

Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, das aus der Ruhe heraus durch eine Potenzialdifferenz $\Delta\Phi$ von (a) 10,0 V und (b) 1,00 kV beschleunigt wird?

Aufgabe 4

- (a) Geben Sie für die Wellenfunktion des Teilchens im Kasten anstelle des komplexen Ausdrucks

$$\psi_n(x) = \frac{1}{2i} \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2} \left(e^{ikx} - e^{-ikx}\right) \quad \text{mit} \quad k = \frac{n\pi}{L}$$

einen reellen (nicht komplexen) Ausdruck an. Nutzen Sie hierfür die Euler-Beziehung.

- (b) Wie groß ist der quadratisch gemittelte Impuls $\langle p_x^2 \rangle$ für ein Teilchen im Kasten mit der Quantenzahl n ?

Angaben: $(\hat{p}_x)^2 = -\hbar^2 \frac{d^2}{dx^2}$

$$\frac{2}{L} \int_0^L \sin^2\left(\frac{n\pi x}{L}\right) dx = 1$$

Aufgabe 5

Welche drei der folgenden vier Beziehungen zur Berechnung der Energieeigenwerte des Teilchens im eindimensionalen Kasten mit unendlich hohen Potenzialwänden müssen definitiv falsch sein? Begründen Sie Ihre Antwort.

$$(1) \quad E_n = \frac{h^2}{8mL^2} \frac{1}{n^2}$$

$$(2) \quad E_n = \frac{8mL^2}{h^2} \frac{1}{n^2}$$

$$(3) \quad E_n = \frac{h^2}{8mL^2} n^2$$

$$(4) \quad E_n = \frac{8mL^2}{h^2} n^2$$

Aufgabe 6

- Wie groß ist die Nullpunktsenergie eines harmonischen Oszillators, dessen Kraftkonstante $155,0 \text{ N m}^{-1}$ und dessen Masse $2,330 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ beträgt?
- Geben Sie an, wogegen eine Nullpunktsenergie von exakt null verstößt.
- Verifizieren Sie, dass die Funktion

$$\psi(x) = e^{-gx^2} \quad \text{mit} \quad g = \left(\frac{mk}{4\hbar^2} \right)^{1/2}$$

eine Lösung der Schrödinger-Gleichung für den eindimensionalen harmonischen Oszillator im Grundzustand ist.

$$\text{Angabe: } \hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1}{2} kx^2$$

Aufgabe 7

Die Rotation des Moleküls $^1\text{H}^{127}\text{I}$ kann näherungsweise als zweidimensionale Rotation des H-Atoms auf einem Ring mit dem Radius $160,0 \text{ pm}$ und dem I-Atom als Zentrum beschrieben werden.

- Welche Energie ist mindestens notwendig, um das Molekül zur Rotation in der Ringebene anzuregen?
- Wie groß ist der kleinste von null verschiedene Drehimpuls des Moleküls?

$$\text{Angabe: } m(^1\text{H}) = 1,6735 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Aufgabe 8

- (a) Wie heißen die Wellenfunktionen $Y_{l,m_l}(\vartheta, \varphi)$, welche die Rotation eines Teilchens auf einer Kugeloberfläche beschreiben?
- (b) Erläutern Sie anschaulich, warum die Energie eines solchen Teilchens nur von der Bahndrehimpulsquantenzahl l abhängt, aber nicht von der magnetischen Quantenzahl m_l .

Aufgabe 9

Die Grundzustandswellenfunktion des Elektrons im Wasserstoffatom lautet

$$\psi(r) = A \times e^{-r/a_0},$$

wobei r der Abstand des Elektrons vom Kern ist und a_0 der Bohr'sche Radius. Berechnen Sie die Normierungskonstante A .

Angaben: $d\tau = r^2 \sin(\vartheta) dr d\vartheta d\varphi$ mit $0 \leq r \leq \infty$, $0 \leq \vartheta \leq \pi$ und $0 \leq \varphi \leq 2\pi$

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$$

Aufgabe 10

- (a) Erläutern Sie anschaulich, warum sich die Bahndrehimpulsquantenzahl l eines Elektrons im Wasserstoffatom bei einem spektroskopischen Übergang, der mit Absorption oder Emission von elektromagnetischer Strahlung verbunden ist, nur um die Werte $\Delta l = \pm 1$ ändern kann.
- (b) Geben Sie an, welche der folgenden Übergänge eines Elektrons im Wasserstoffatom bei der Absorption oder Emission von elektromagnetischer Strahlung erlaubt und welche verboten sind.

(α) $2s \rightarrow 1s$

(β) $2p \rightarrow 1s$

(γ) $3d \rightarrow 2p$

(δ) $5d \rightarrow 2s$

Aufgabe 11

- (a) Was ist die Ursache der Spin-Bahn-Kopplung?
- (b) Geben Sie die zu dem Termsymbol 1D_2 gehörigen Werte für die Gesamtspinsquantenzahl S , die Gesamtbahndrehimpulsquantenzahl L und die Gesamtdrehimpulsquantenzahl J an.
- (c) Wie lauten die möglichen Termsymbole (α) für die Elektronenkonfiguration $[\text{He}]2s^1$ und (β) für die Elektronenkonfiguration $[\text{Ne}]3p^1$?

Aufgabe 12

- (a) Geben Sie an, ob für das Molekül CO ein Mikrowellenspektrum (ein reines Rotationsspektrum) beobachtet werden kann und ob für dieses Molekül ein Raman-Rotationsspektrum beobachtet werden kann.
- (b) Die Rotationskonstante von $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ beträgt $1,9316 \text{ cm}^{-1}$. Wie groß ist die Bindungslänge des Moleküls?

Angaben: $m(^{12}\text{C}) = 1,9926 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

$$m(^{16}\text{O}) = 2,6560 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$