Probeklausur Experimentalphysik IV

Aufgabe 1

Gegeben sei eine 1-dimensionale Potentialstufe

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } x < 0 \\ V_0 & \text{für } x > 0 \end{cases}$$

(a) Ein Teilchen der Masse m bewege sich mit definierter Energie $E = 2V_0$ in positive x-Richtung auf die Stufe zu. Geben Sie die Lösung $\varphi(x)$ der zeitunabhängigen Schrödinger-Gleichung für $-\infty < x < \infty$ an, die diesen Zustand des Teilchens beschreibt.

(b) Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird das Teilchen an der Stufe reflektiert?

Aufgabe 2

Im Spektrum des Wasserstoffs tritt eine Linie mit der Wellenlänge $\lambda = 1874$ nm auf.

(a) Welche Hauptquantenzahlen n_1 und n_2 entspricht dieser atomare Übergang?

(b) Treten zusammen mit diesem Übergang weitere Übergänge auf? Wenn ja, warum und bei welchen Wellenlängen? Wenn nein, warum nicht? Wie heißen die entsprechenden Wellenlängenbereiche?

(c) Das Trägheitsmoment einer Schallplatte[1] beträgt etwa 10^{-3} kg $\cdot\, m^2$. Berechnen Sie den Drehimpuls $L = T\omega$ bei den bekannten 33 (U/min). Wie groß ist etwa die Drehimpulsquantenzahl l? Interpretieren Sie diese Zahl.

(d) Wie groß ist der Winkel θ zwischen $\mathbf{L}$ und der z-Achse (Richtung des Magnetfelds) bei $l = 1,\ 4$ und 50? Fertigen Sie eine Skizze an. Interpretieren Sie diese Quantenzahlen. Diskutieren Sie den Fall $\theta = 0$.

Aufgabe 3

(a) Beschreiben Sie ein Zweielektronsystem bestehend aus zwei p-Elektronen (np und $n'p$, mit $n \neq n'$ verschiedene Hauptquantenzahlen) in LS-Kopplung. Skizzieren Sie dazu qualitativ die energetische Lage aller möglichen Terme und benennen Sie die Terme. Geben Sie die Zahl der möglichen magnetischen Unterzustände an.

[1] Schwarze Scheibe, die man noch vor den so genannten Compact Discs (CDs) verwendet hat.

(b) Geben Sie die Elektronenkonfiguration von $_{14}$Si, $_{15}$P, $_{16}$S im Grundzustand an. Skizzieren Sie dabei die Besetzung der Unterschalen. Geben Sie das Termsymbol für den Grundzustand an.

(c) Was unterscheidet die in Teilaufgabe 2 erhaltenen $_{14}$Si Grundzustandskonfiguration von dem Ergebnis von Teilaufgabe 1.

Aufgabe 4

In einem Atomstrahlexperiment ähnlich dem Stern-Gerlach-Experiment wird ein Strahl von $^{23}Na(^2S_{\frac{1}{2}})$-Atomen durch ein stark inhomogenes Feld B_1 geschossen (Paschen-Back-Bereich).
Was passiert mit der Kopplung von **I** und **J** zu **F**?
Man beobachtet, dass der Strahl in acht Teilstrahlen aufspaltet. Wie groß ist die Zusatzenergie ΔE_{PBE}?
Wie groß ist die Kernspinquantenzahl I von ^{23}Na?
Was geschieht eigentlich mit der LS-Kopplung?
In wieviel Teilstrahlen würde der Strahl in einem schwachen inhomogenen Feld aufspalten (Zeeman-Bereich)?
Präzediert **I** im Paschen-Back-Bereich? Wenn ja, um welche Richtung? Wenn nein, warum nicht?

Aufgabe 5

Wir betrachten nun ein Molekül das nicht rotiert $(J = 0)$, aber dafür ist der Abstand R der beiden Atomkerne nicht mehr konstant. Die Kerne können also gegeneinander schwingen. Die Schrödingergleichung für die Radialbewegung lautet:

$$\frac{\hbar^2}{2M}\left[\frac{1}{R^2}\frac{d}{dR}\left(r^2\frac{dS}{dR}\right) - E_{Pot}(R)\right] S(R) = E \cdot S(R) \tag{1}$$

Für die potentielle Energie zwischen den Kernen ist das Morse-Potential eine sehr gute Näherung

$$E_{Pot}(R) = E_{diss}(1 - e^{-a(R-R_0)})^2 \tag{2}$$

Da die Lösung der Schrödingergleichung mit Morse-Potential kompliziert ist, wollen wir uns hier auf die harmonische Näherung beschränken.

a) Geben Sie die Entwicklung des Morsepotentials bis zur 2. Ordnung an und bringen Sie es auf die Form $E_{Pot}(R) \approx \frac{1}{2}k(R - R_0)^2$

b) Geben Sie die Energieeigenwerte für dieses Potential an.

c) Berechnen Sie die Anregungsenergien für die harmonischen Energieniveaus für ein H_2-Molekül $(E_{diss} = 4,75eV, R_0 = 1,44)$

Aufgabe 6

Im folgenden soll der Carnot-Zyklus diskutiert werden. Er besteht aus zwei Prozessen bei denen kein Wärmeaustausch mit der Umgebung stattfindet. Und zweien bei denen die Temperatur durch Wärmeaustausch konstant gehalten wird.

a) Zeichnen Sie das p-V-Diagramm.

b) Benennen Sie die einzelnen Zustandsänderungen und berechnen Sie jeweils die dem System zugeführte Wärme Q und die am System verrichtete Arbeit W.

c) Führen Sie den Wirkungsgrad auf die Zustandsgrößen zurück. Eliminieren Sie anschließend alle Größen, bis der Wirkungsgrad ausschließlich von den Temperaturen abhängt.