

1 Streuexperimente

- (a) Betrachten Sie die Streuung von punktförmigen Teilchen an einer harten Kugel vom Radius R . Bestimmen Sie die Ablenkfunktion $\theta(b)$ unter der Annahme, dass die Projektilteilchen gemäß dem Reflexionsgesetz elastisch von der Oberfläche der Kugel abprallen.
- (b) Berechnen Sie aus der Ablenkfunktion den Streuquerschnitt $d\sigma/d\Omega$ gemäß der in der Vorlesung angegebenen Formel. Vereinfachen Sie das Ergebnis mit Hilfe der Identität $\sin x = 2 \sin x/2 \cos x/2$.
- (c) Die Kugel befinde sich nun in einem Strahl aus Punktteilchen der Geschwindigkeit v und Teilchendichte n . Wie viele Teilchen werden pro Sekunde insgesamt gestreut? Ist das Ergebnis plausibel?

2 Bohrsches Atommodell

Berechnen Sie nach dem Bohrschen Atommodell die Energieniveaus für ein Elektron eines Li^{2+} -Ions in Zuständen mit $n = 1, 2$. Die Kernbewegung sei hierbei vernachlässigbar.

3 Myon-Atom

Ein Myon-Atom besteht aus einem Atomkern der Kernladungszahl Z und einem eingefangenen Myon, das sich im Grundzustand befindet. Myonen sind Elementarteilchen mit $m_\mu = 207m_e$, $q = -e$ und einer Lebensdauer von $\tau_\mu = 2.2 \cdot 10^{-6}s$.

- (a) Berechnen Sie die Bindungsenergie eines Myons, das von einem Proton eingefangen wird.
- (b) Berechnen Sie den Radius der Bohrschen Bahn mit $n = 1$.
- (c) Wie groß ist die Energie des Photons, das ausgestrahlt wird, wenn ein Myon vom Zustand $n = 2$ in den Grundzustand übergeht?

4 Wasserstoffatom

Zeigen Sie, dass die Grundzustands-Wasserstoff-Wellenfunktion

$$\psi_{100}(r, \phi, \theta) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \exp \left[-\frac{Zr}{a_0} \right]$$

eine Lösung der Schrödinger-Gleichung

$$-\frac{\hbar^2}{2mr^2} \frac{\partial}{\partial r} - \frac{\hbar^2}{2mr^2} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} \right] + U(r)\psi = E\psi$$

mit

$$U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

ist und bestimmen Sie den Ausdruck für E_{100} .

5 Spin-Bahn-Kopplung

Ein Elektron sei in einem Zustand mit Bahndrehimpuls \mathbf{L} und Spinvektor \mathbf{S} . Diese koppeln zu einem Gesamtdrehimpuls \mathbf{J} .

- Wie ergeben sich die verschiedenen Vektoren auseinander?
- Welche möglichen Gesamtlängen haben die Vektoren? Was sind ihre möglichen Komponenten in einer gemeinsam ausgezeichneten Richtung? Verwenden Sie hierzu die nötigen Quantenzahlen. Welche Werte können diese im Wasserstoffatom annehmen?
- Berechnen Sie für die Bahndrehimpulsquantenzahl $l = 1$ und die Spinquantenzahl $s = 1/2$ die Vektorlängen. Berechnen Sie den Winkel zwischen \mathbf{L} und \mathbf{S}

6 Zeeman-Effekt

- Erläutern Sie das Zustandekommen des normalen Zeeman-Effekts. In welchen Fällen reduziert sich der anomale auf den normalen Zeeman-Effekt und worin liegen deren Unterschiede?
- Welche guten Quantenzahlen sind zusätzlich zur Hauptquantenzahl n und zur Spinquantenzahl s notwendig zur vollständigen Beschreibung der Zustände beim anomalen Zeeman-Effekt?
- Betrachten Sie zwei angeregte Zustände in Natrium $Z = 11$ mit den spektroskopischen Symbolen $3^2D_{3/2}$ und $3^2P_{1/2}$. Für die Energieniveaus gilt $E(3^2D_{3/2}) > E(3^2P_{1/2})$. Es wird nun ein schwaches Magnetfeld angelegt. Zeichnen Sie das Termschema für die beiden Zustände. Zeichnen Sie die erlaubten Zeeman-Übergänge ein unter Berücksichtigung der Auswahlregeln: $\Delta j = 0, \pm 1$, $\Delta l = \pm 1$, $\Delta m_j = 0, \pm 1$.

7 Übergänge

Zwei Elektronen bilden einen Gesamtspin $S = 1$ und einem Bahndrehimpuls $L = 2$.

- (a) Welche möglichen Quantenzahlen hat der Gesamtdrehimpuls?
- (b) Welchen Winkel bilden S und L für $J = 2$?
Betrachten Sie nun ein Wasserstoffatom mit Spin $S = 1/2$ in einem schwachen Magnetfeld.
- (c) Kopieren und erweitern Sie die folgende Skizze, indem Sie die magnetisch induzierten Aufspaltungen sowie die erlaubten Übergänge einzeichnen. Vernachlässigen Sie dabei die unterschiedlichen Aufspaltungen beim anomalen Zeeman-Effekt.

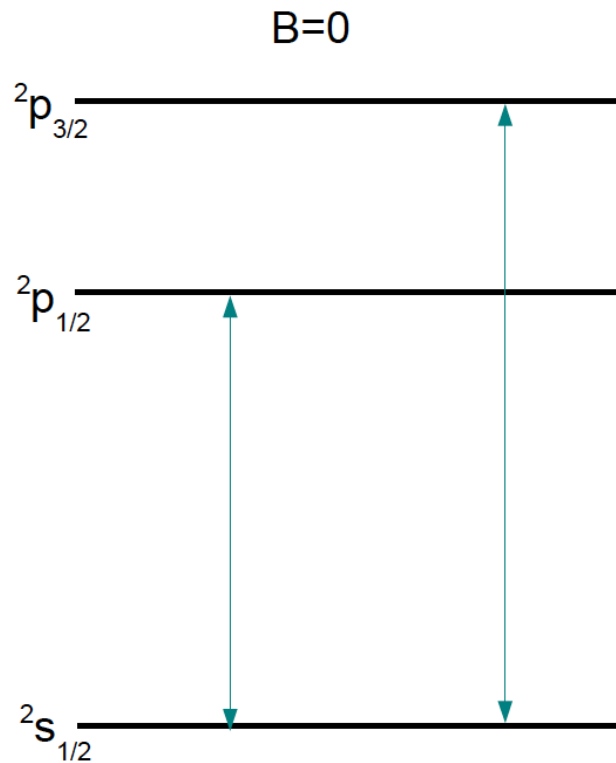


Abbildung 1

- (d) Welches Magnetfeld braucht man, um einen Übergang von $2s_{1/2}, m_j = \frac{1}{2}$ auf $2s_{-1/2}, m_j = -\frac{1}{2}$ mit einer 3 cm Mikrowelle zu induzieren?