

# FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 4

WS09/10

## Übung 3

### 1 Elektronenpotential

Wie sieht das Potential für das zweite Elektron im He-Atom aus, wenn das erste Elektron durch eine 1s-Wellenfunktion beschrieben werden kann, d.h. die Wechselwirkung zwischen beiden Elektronen nur summarisch berücksichtigt wird.  $\left( \Psi_{1s} = \frac{Z^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{\pi} \cdot a_0^{\frac{3}{2}}} e^{-Z \frac{r_1}{a_0}} \right)$

### 2 Helium-Atom

a) Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus dem Termschema des Helium-Atoms für die niedrigsten Energieniveaus: Gegeben sind die Energien der einzelnen

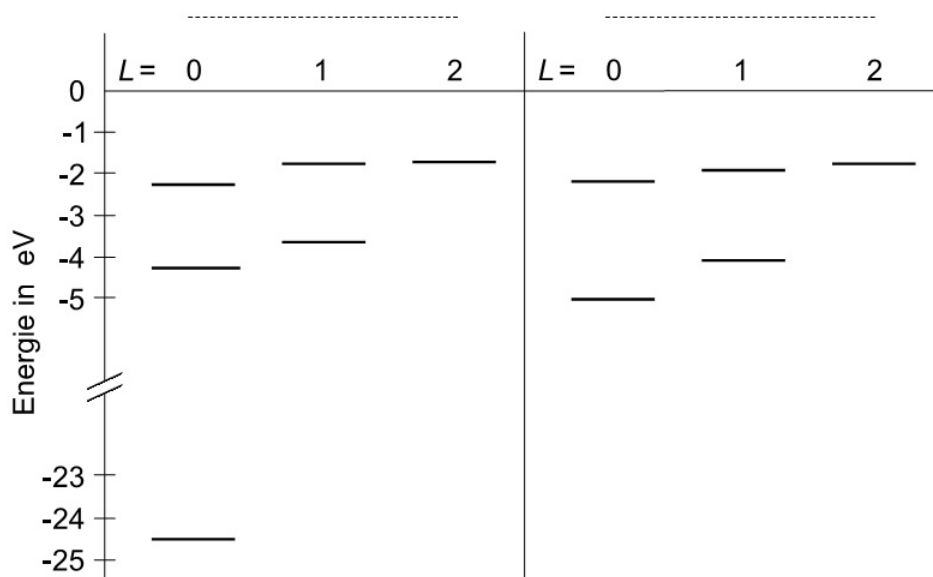


Abbildung 1:

Energieniveaus sowie der jeweilige Drehimpuls L. Mögliche Aufspaltungen der Energieniveaus durch Feinstruktur sind nicht eingezeichnet. Beschriften Sie die Energieniveaus vollständig mit den entsprechenden, spektroskopischen Symbolen (nicht aus Vorlesung abschreiben). Welches der beiden Termschemata gehört zum Triplett- welches zum Singulett-Helium? (Beschriften Sie die gestrichelten Linien.)

b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen dem Triplett- und Singulett-System des Helium-Atoms. Welches der beiden Systeme weist für  $L \neq 0$  Feinstrukturaufspaltung auf? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Warum gibt es keinen  $1^3S_1$ -Zustand? Geben Sie für diesen (hypothetischen) Zustand für beide Elektronen alle relevanten Quantenzahlen an.

d) Warum werden die Übergänge  $2^1S_0 \rightarrow 1^1S_0$  und  $2^3S_1 \rightarrow 1^1S_0$  nicht beobachtet?

### 3 L-S vs. j-j-Kopplung

Man diskutiere ein Zweielektronensystem mit einem 2p und einem 3d Elektron für den Fall der jj-Kopplung und zeige, dass die Zahl der möglichen Zustände und deren Gesamtdrehimpuls  $J$  die gleichen sind wie bei der LS-Kopplung.

### 4 Einsteinium und exotische Atome

Berechnen Sie für ein fast vollständig ionisiertes Einsteiniumion ( ${}_{99}^{254}\text{Es}^{98+}$ ) den Bahnradius und die Gesamtenergie im Grundzustand mit verschiedenen gebundenen Teilchen in der Hülle ( $a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{e^2 m_e}$ ):

(a) ein Elektron

(b) ein Myon  $m_\mu \approx 207m_e$

(c) ein Anti-Proton

(d) Berechnen sie für alle drei Fälle die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im 1s-Zustand innerhalb des Kern-Volumens ( $R_K \approx a_0 \cdot \sqrt[3]{A}$ ). Verwenden Sie  $R_{10}(r) = \sqrt{\frac{\alpha^3}{2}} e^{-\frac{\alpha}{2}}$  mit  $\alpha = \frac{Z}{a_0}$ . Interpretieren Sie das Ergebnis.

### 5 Termsymbole

a) Bestimmen Sie unter Beachtung der L-S-Kopplung die Anzahl der möglichen Terme eines angeregten Kohlenstoff-Atoms mit der Elektronenkonfiguration  $1s^2 2s^2 2p 3d$ .

b) Bestimmen Sie den Grundzustand der Atome mit der Elektronenkonfiguration  $4d 5s^2$  (Y) bzw.  $4d^2 5s^2$  (Zr) [Die abgeschlossenen Schalen sind nicht angegeben].

c) Das Manganatom ( $Z=25$ ) hat in seinem Grundzustand eine mit 5 Elektronen gerade zur Hälfte gefüllte Unterschale. Geben Sie die Elektronenkonfiguration und den Grundzustand des Atoms an.

## 6 Natriumspektren in äußerem Magnetfeld

Skizzieren Sie das Aufspaltungsbild der Na-D-Linien (Übergänge  $3P \leftrightarrow 3S$ ) für kein äußeres Magnetfeld sowie für ein schwaches und ein starkes Magnetfeld. Berücksichtigen Sie dabei nur die L-S-Kopplung. Welche Spektrallinien können Sie beobachten?

*Hinweis: Im Na-Atom sind im Gegensatz zum H-Atom das  $3^2P_{1/2}$  und das  $3^2S_{1/2}$  Niveau nicht entartet.*

*Hinweis: In erster Näherung kann elektrische Dipolstrahlung keine Spinumkehr bewirken*

## 7 Röntgenstrahlung

1. Ein Strahl Elektronen wird mit der Spannung  $U$  beschleunigt und trifft auf eine Wolframplatte. Wie sieht das beobachtete Spektrum (qualitativ) aus. Erklären sie die einzelnen Bestandteile. Berechnen Sie die minimale Wellenlänge.
2. Gibt es einen Konkurrenzprozess zur Emission von Photonen?
3. Nun wird die Wolframplatte mit Röntgenstrahlen durchleuchtet. Beim Durchgang durch Materie wird Strahlung absorbiert und gestreut. Die Intensität nimmt gemäß  $I = I_0 \cdot \exp(-\mu x)$  mit zunehmender durchstrahlter Dicke  $x$  ab. Skizzieren sie die Wellenlängenabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten  $\mu$  im relevanten Bereich.