

Ferienkurs Experimentalphysik IV

Übung 3

Michael Mittermair und Daniel Jost

03.09.14

Aufgabe 1

Wie groß ist das Magnetfeld, das im Wasserstoff durch ein 1s-Elektron am Ort des Protons erzeugt wird? Die Hyperfeinstruktur ($\lambda = 21\text{cm}$) des 1s-Niveaus wird durch die unterschiedlichen Spineinstellungen verursacht. Das magnetische Moment eines Protons beträgt das 2,79-fache des Kernmagnetons.

Hinweis: Kernmagneton entspricht Bohrschem Magneton mit Protonen- statt Elektronenmasse

Aufgabe 2

Wie sieht das Potential für das zweite Elektron im He-Atom aus, wenn das erste Elektron durch eine 1s-Wellenfunktion beschrieben werden kann. Dabei soll die Wechselwirkung zwischen den beiden Elektronen nur summarisch berücksichtigt werden.

Hinweis: $\left(\Psi_{1s} = \frac{Z^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{\pi}a_0^{\frac{3}{2}}} e^{-Z\frac{r_1}{a_0}} \right)$

Aufgabe 3

In wie viele Zustände spalten die angeregten 2P -Zustände des Natriums beim Anlegen schwacher bzw. starker Magnetfelder auf? Skizzieren Sie die Zustände und bezeichnen Sie sie mit ihren Drehimpuls und Spin-Quantenzahlen.

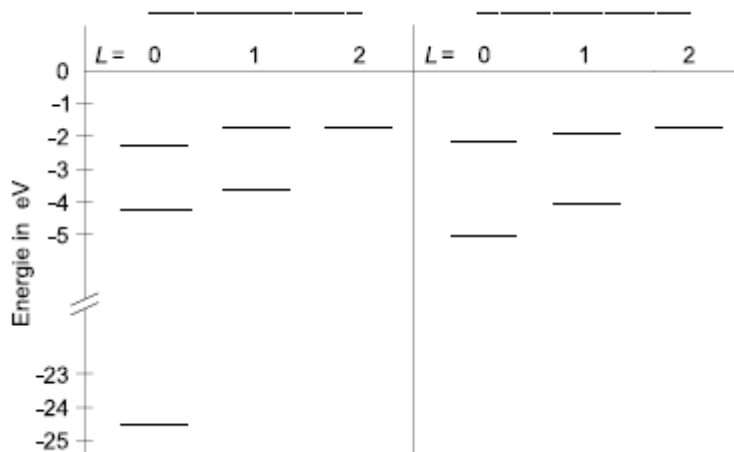
Aufgabe 4

Bestimmen Sie mit Hilfe der Hundschen Regeln das $^{2S+1}L_J$ -Symbol für folgende Grundzustandskonfigurationen

- Kobald mit $[Ar]3d^74s^2$
- Bor das 5 Elektronen hat
- Silizium $[Ne]3s^23p^2$
- Gold mit $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^1$
- Jod mit $[Kr]4d^{10}5s^25p^5$
- Technetium $[Kr]4d^55s^2$

Aufgabe 5

Die folgende Abbildung zeigt die niedrigsten Energieniveaus aus dem Termschema von Helium.



Gegeben sind Energien und Drehimpuls der Niveaus. Feinstruktur und weitere Korrekturen wurden nicht eingezeichnet.

- Beschriften Sie die Energieniveaus mit all ihren entsprechenden spektroskopischen Symbolen. Welches der beiden Schemata gehört zum Triplett und welches zum Singulett-Helium?

- 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?

Aufgabe 6

Radioaktives Tritium (3H) im Grundzustand wandelt sich durch β -Zerfall in ein $^3He^+$ -Atom um. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich das entstandene Helium im 1s-Zustand befindet. Die Grundzustandswellenfunktion von wasserstoffähnlichen Atomen ist gegeben durch

$$\Psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{Z}{a_0} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{Zr}{a_0}} \quad (1)$$

Aufgabe 7

- a) Wie groß ist die Dopplerbreite der Lyman- α -Linie des Wasserstoffatoms bei 300K?
- b) Ein kollimierter Strahl aus H-Atomen (Düsendurchmesser sei $50\mu m$, Abstand zur Kollimationsblende sei $d = 10cm$, Breite der Blende sei $b = 1mm$) wird hinter der Blende senkrecht mit einem monochromatischen durchstimmbaren Laser bestrahlt. Wie groß ist die restliche Dopplerbreite der Absorptionslinie?
- c) Man vergleiche die restliche Dopplerbreite mit der natürlichen Linienbreite ($\tau(2p) \approx 1,2ns$). Kann man damit die Hyperfeinstruktur des $1^2S_{\frac{1}{2}}$ Grundzustandes¹ auflösen?

Aufgabe 8

Man zeige durch Rechnung, dass das Dipolmatrixelement $M_{ik} = \int \Psi_i^* \mathbf{p} \Psi_k d\tau$ für einen Übergang von $1s \rightarrow 2s$ gleich Null ist.

¹siehe Aufgabe 1