

Übungen zur Atom- und Quantenphysik (SS 2018)

Prof. Dr. G. Münster, Jun.-Prof. Dr. C. Schuck; Koordinator: Dr. J. Salomon

Übungsblatt 10

Abgabe: 05.07.2018, Besprechung: 10./11.07.2018

Aufgabe 51: β -Zerfall eines Tritium-Atoms (3 Punkte)

Betrachten Sie den β -Zerfall ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}^+ + \text{e}^- + \bar{\nu}_\text{e}$ eines Tritium-Atoms in ein Helium-3-Ion, ein Elektron und ein Neutrino. Das ${}^3\text{H}$ -Atom befindet sich vor dem Zerfall im Grundzustand. Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird das ${}^3\text{He}^+$ -Ion im Grundzustand angetroffen?

Aufgabe 52: Grundzustand des Wasserstoffatoms (2 Punkte)

Berechnen Sie für den Grundzustand des Wasserstoffatoms

- (1 Punkt) den wahrscheinlichsten Wert des Elektron-Kern-Abstands r ,
- (1 Punkt) alle Erwartungswerte $\langle r^k \rangle$ für $k \geq -2$.

Aufgabe 53: Pauli-Matrizen (2 Punkte)

Beweisen Sie die Identität

$$(\vec{\sigma} \cdot \vec{A})(\vec{\sigma} \cdot \vec{B}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + i\vec{\sigma} \cdot (\vec{A} \times \vec{B}),$$

wobei \vec{A} und \vec{B} Vektor-Operatoren sind, die mit den σ_j kommutieren, aber nicht zwangsläufig miteinander kommutieren.

Aufgabe 54: Die Unschärfe eines Spins (3 Punkte)

Seien $|+\rangle$ und $|-\rangle$ die Eigenzustände zu S_3 für ein Teilchen mit Spin $\frac{1}{2}$. Berechnen Sie für beide Eigenzustände $\langle S_1 \rangle$, $\langle S_2 \rangle$, $\langle S_1^2 \rangle$ und $\langle S_2^2 \rangle$. Überprüfen Sie jeweils, ob die Unschärferelation für S_1 und S_2 erfüllt ist.

Aufgabe 55: Exotische Atome (3 Punkte) [Atom- und Molekülphysik]

Das gebundene System aus Proton und Antiproton wird als antiprotonischer Wasserstoff bezeichnet. Mit welcher Wahrscheinlichkeit befinden sich Proton und Antiproton im Bereich der Kernkräfte (d.h. in einem Abstand $< 1,5 \text{ fm}$)? Gehen Sie von punktförmigen Protonen und Antiprotonen aus.

Aufgabe 56: Zeeman-Effekt (Feinstruktur) (3 Punkte) [Atom- und Molekülphysik]

- (1,5 Punkte) Geben Sie die g_j -Faktoren für alle P & D Zustände des Heliumatoms an, bei denen eines der beiden Elektronen in einem Zustand mit Hauptquantenzahl $n = 3$ ist. Berücksichtigen Sie nur die LS -Kopplung.
- (0,5 Punkte) Warum ändert sich die Energie des ${}^4D_{1/2}$ -Zustands des Stickstoffatoms nicht, wenn man ein (schwaches) äußeres Magnetfeld anlegt?
- (1 Punkt) Unter welchem Winkel stehen Bahndrehimpuls \vec{L} und Gesamtdrehimpuls \vec{J} im ${}^4D_{3/2}$ -Zustand des Stickstoffatoms?

Aufgabe 57: Hyperfeinstruktur und Magnetfeld (3 Punkte) [Atom- und Molekülphysik]

Der Graph zeigt die Aufspaltung der Hyperfeinstruktur eines Alkalimetall-Atoms im Magnetfeld. Bestimmen Sie die Kernspinquantenzahl I . Welche Werte haben die geeigneten Quantenzahlen bei schwachen und starken B -Feldern?

