

Übungen zur Atom- und Quantenphysik (SS 2008)

Blatt 11

Aufgabe 40: ZEEMAN-Effekt und Elektronenspin-Resonanz (5 Punkte)

- Skizzieren Sie qualitativ die Energieverschiebungen der Hyperfeinniveaus des Deuterium-Atoms im Grundzustand als Funktion der von außen angelegten magnetischen Flussdichte (Übergang vom ZEEMAN-Effekt zum PASCHEN-BACK-Effekt).
- Welche Frequenz ist nötig, um in einem Magnetfeld von 0,13 T Elektronenspin-Übergänge zwischen der parallelen und der antiparallelen Ausrichtung zu induzieren? Ignorieren Sie Kopplungen des Spins an andere Drehimpulse.

Aufgabe 41: Grundzustand des Wasserstoffatoms (4 Punkte)

Berechnen Sie für den Grundzustand des Wasserstoffatoms

- den wahrscheinlichsten Wert des Elektron-Kern-Abstands r ,
- alle Erwartungswerte $\langle r^k \rangle$ für $k \geq -2$,
- das mittlere Schwankungsquadrat $\Delta r = \sqrt{\langle r^2 \rangle - \langle r \rangle^2}$,
- die Wahrscheinlichkeit dafür, das Elektron außerhalb des Bohr'schen Radius anzutreffen.

Aufgabe 42: 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 43: Wasserstoff-Zustände mit maximalem Drehimpuls (5 Punkte)

- Benutzen Sie die Rekursionsgleichung für die Koeffizienten a_k der zugeordneten Laguerre-Polynome um zu zeigen, dass im Fall $l = n - 1$ die Radialfunktion die Form annimmt

$$f_{n,n-1} = N_n r^{n-1} e^{-r/na},$$

und bestimmen Sie die Normierungskonstante N_n durch direkte Integration.

- Berechnen Sie $\langle r \rangle$ und $\langle r^2 \rangle$ für Zustände mit $l = n - 1$.
- Berechnen Sie $\Delta r / \langle r \rangle$ für solche Zustände. Vergleichen Sie das Ergebnis für große n mit dem Bohr'schen Atommodell und kommentieren Sie den Vergleich.