

# Übungen zur Atom- und Quantenphysik (SS 2008)

## Blatt 11

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

- a) 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).
- b) 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

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

### Aufgabe 42: $\beta$ -Zerfall eines Tritium-Atoms (3 Punkte)

Betrachten Sie den  $\beta$ -Zerfall  ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}^+ + e^- + \bar{\nu}_e$  eines Tritium-Atoms in ein Helium-3-Ion, ein Elektron und ein Neutrino. Das  ${}^3\text{H}$ -Atom befinde 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)

- a) 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.

- b) Berechnen Sie  $\langle r \rangle$  und  $\langle r^2 \rangle$  für Zustände mit  $l = n - 1$ .
- c) 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.