

### Aufgabe 21

Durch die Spin-Bahn-Kopplung koppeln der Bahndrehimpuls  $L$  und der Spindrehimpuls  $S$  zum Gesamtdrehimpuls  $J$ . Betrachten Sie das Elektron eines Wasserstoffatoms im 2p-Zustand.

- Bestimmen Sie die Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses
- Berechnen Sie die Energieunterschiede dieser Niveaus.

Nutzen Sie dazu  $W_{LS} = \lambda LS$  mit  $\lambda = \frac{e^2 \mu_0}{8\pi m_e^2} \langle r^{-3} \rangle$ . Berechnen Sie den Erwartungswert  $\langle r^{-3} \rangle$  und

schreiben Sie  $LS$  so um, dass nur noch Beträge der Vektoren  $J, L$  und  $S$  vorkommen.

### Aufgabe 22

Welchen Winkel bilden  $L$  und  $S$  im Vektorgerüstmodell miteinander für den Term  ${}^7F_6$ ?

### Aufgabe 23

Beim Natrium werden die Übergänge  $3p_{1/2} \rightarrow 3s_{1/2}$  bei  $\lambda = 5895,92 \text{ \AA}$  und  $3p_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$  bei  $\lambda = 5889,95 \text{ \AA}$  gefunden.

- Wie groß sind die g-Faktoren der 3 beteiligten Energieniveaus?
- Skizzieren Sie das zugehörige Termschema mit den Zeeman-Aufspaltungen für  $B = 1,3 \text{ T}$  und zeichnen Sie die erlaubten Übergänge mit  $\Delta m_j = 0, \pm 1$  ein.
- Berechnen Sie die Wellenzahlen der erlaubten Übergänge (unterscheiden Sie nach Übergängen mit  $\Delta m_j = 0, +1$  und  $-1$ ) und skizzieren Sie das Spektrum (gegen die Wellenzahl) für  $B = 0 \text{ T}$  und  $B = 1,3 \text{ T}$ .
- Für sehr starke Magnetfelder ist die Spin-Bahn-Kopplung aufgehoben (Paschen-Back-Effekt). Wie sieht das Aufspaltungsbild in diesem Fall aus? Zeichnen Sie wieder die erlaubten Übergänge ein und skizzieren Sie das Spektrum. Wie groß muss das Magnetfeld mindestens sein, um den Paschen-Back-Effekt beobachten zu können?

### Aufgabe 24

Durch die Hyperfeinkopplung koppeln der Drehimpuls  $J$  und der Kernspindrehimpuls  $I$  zum Gesamtdrehimpuls  $F$ . Für  ${}^{155}\text{Gd}^{3+}$  hat die Hyperfeinkonstante  $A$  den Wert  $A \cdot h^{-2} = 3 \cdot 10^{-26} \text{ J}$ . Die Quantenzahlen  $I$  des Kernspins und  $J$  des Gesamtdrehimpulses der Elektronen sind  $I = 3/2$  und  $J = 7/2$ .

- Bestimmen Sie die Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses  $F$ .
- Skizzieren Sie die Hyperfeinaufspaltung und bestimmen Sie den energetischen Abstand benachbarter Hyperfeinniveaus ( $F, F-1$ ) in Abhängigkeit von  $F$ . Wie groß sind die entsprechenden Frequenzen?