

Übungsblatt 10

Ausgabe: 23.6.2006

Rückgabe: 3.7.2006 vor der Vorlesung

1. Welche Quantenzahlen des Gesamt-Bahndrehimpulses L sind möglich aus der Kopplung von einem p mit einem d -Elektron? Welche Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses J sind möglich?

Welche Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses J und seiner Projektion auf die z -Achse M_J sind möglich aus der Kopplung eines Drehimpulses mit Quantenzahlen $L_1, M_1 = 2, 0$ mit einem weiteren Drehimpuls mit Quantenzahlen $L_2, M_2 = 2, -1$?

(1 Punkt)

2. Berechnen Sie die Larmor-Frequenzen für ein Elektron und für ein Proton in einem Magnetfeld der Stärke 1 T. Berechnen Sie für beide Fälle die Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung mit der jeweiligen Frequenz und ordnen Sie diese in das elektromagnetische Frequenzspektrum ein. (Absorptionsspektroskopie mit Frequenzen in diesen Bereichen ist sehr wichtig in der Chemie, Biochemie und Medizin, die entsprechenden Methoden heißen 'Elektronen-Spin-Resonanz' (ESR) und 'Kernspin-Resonanz' (Nuclear Magnetic Resonance, NMR)).

(1 Punkt)

3. Das $4p$ Niveau von K befindet sich *ohne* Berücksichtigung der Feinstrukturaufspaltung 1.6147 eV über dem Grundzustand. Zeichnen Sie ein vollständiges und quantitativ richtiges Diagramm der optischen Übergänge von K ($4p \rightarrow 4s$) in einem Magnetfeld der Stärke 500 mT. Berücksichtigen Sie die Spin-Bahn-Aufspaltung und den anomalen Zeeman-Effekt. Die Konstante a der Spin-Bahn-Aufspaltung (siehe VL) ist 4.7 meV. Übergänge mit $|\Delta M_J| > 1$ sind extrem unwahrscheinlich und sollen vernachlässigt werden.

(3 Punkte)

4. Berechnen Sie den Feldgradienten in einem 50 cm langen Stern-Gerlach-Magneten, der für Silber-Atome (ein $5s$ Elektron außerhalb abgeschlossener Schalen) aus einem 960 °C heißen Ofen zu einer Aufspaltung des Atomstrahls von 1 mm führt. Hinweis: Verwenden Sie für die kinetische Energie der Atome $2kT$ (statt $3/2 kT$), da heiße Atome eine größere Wahrscheinlichkeit haben, die Öffnung des Ofens zu passieren.

(2 Punkte)

5. Betrachten Sie Atome mit einem permanenten magnetischen Moment von μ_S , das von einem Elektronenspin von $1/2$ verursacht wird (kein Bahnmagnetismus). Diese magnetischen Momente werden in einem Magnetfeld \mathbf{B} ausgerichtet. Die Besetzungswahrscheinlichkeit der beiden verschiedenen Energieniveaus im Magnetfeld wird durch die Boltzmann-Verteilung gegeben. Sei n die Anzahl der Atome pro Volumen und M das mittlere magnetische Moment pro Volumen in Feldrichtung. Zeigen Sie, dass

$$M = n\mu_B \tanh\left(\frac{\mu_B B}{kT}\right)$$

gilt. Skizzieren Sie die Abhängigkeit von M vom dimensionslosen Parameter $(\mu_B B/kT)$ für $B = 1$ T und $T = 300$ K. Zeigen Sie, dass unter diesen Bedingungen gilt

$$M = \frac{n\mu_B^2 B}{kT} . \quad (3 \text{ Punkte})$$