

**Nachklausur Atom-, Molekül- und Quantenphysik**  
**Prof. Tünnermann WS 08/09**  
**3.3. 2009**

**Aufgabe 1** (*Termschemata*)

- (a) Zeichnen Sie das Termschema von Helium mit Feinstruktur für  $n = 1, 2, 3$ ! Benennen Sie die Terme!
- (b) Zeichnen Sie alle erlaubten elektrischen Dipolübergänge in das Schema aus (a) ein!
- (c) Wie lauten die Auswahlregeln für elektrische Quadrupolübergänge? Zeichnen Sie einen möglichen Quadrupolübergang in das Schema aus (a) ein!
- (d) Begründen Sie, ob Triplettzustände eine symmetrische oder antisymmetrische Ortswellenfunktion haben!

**Aufgabe 2** (*Elektronenkonfigurationen*)

- (a) Benennen Sie die Elektronenkonfigurationen und Termsymbole der Elemente Fluor ( $Z = 9$ ), Titan ( $Z = 22$ ) und Cobalt ( $Z = 27$ ) im Grundzustand!
- (b) Gegeben sei ein Zweielektronensystem aus einem  $4f$ - und einem  $3d$ -Elektron in  $jj$ -Kopplung. Nennen Sie die Anzahl der möglichen Zustände und magnetischen Unterzustände!

**Aufgabe 3** (*Atome in externen Feldern*)

Der Hamiltonoperator  $H$  des Wasserstoffatoms in einem externen Magnetfeld  $\vec{B} = B\vec{e}_z$  lässt sich wie folgt darstellen:

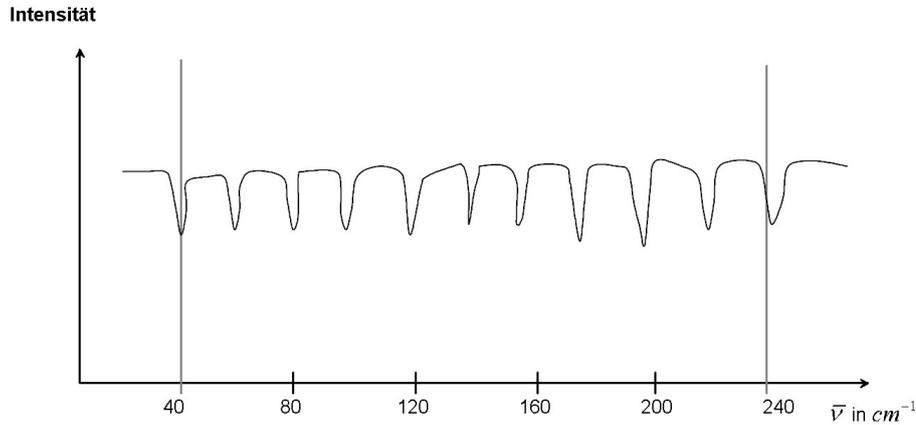
$$H = H_0 + H_{SB} + H_z,$$

$H_0$ ... Hamiltonoperator des Wasserstoffatoms,  $H_{SB}$ ... Spin-Bahn-Kopplung,  $H_z$ ... Hamiltonoperator des externen Magnetfeldes

- (a) Welche Vereinfachung des Hamiltonoperators  $H$  kann man im Fall des Paschen-Back-Effektes annehmen?
- (b) Berechnen Sie für diesen Fall die Energieniveaus durch Einsetzen von  $H$  in die (zeitunabhängige) Schrödingergleichung!

#### Aufgabe 4 (Rotationsspektren)

Gegeben sei folgender Ausschnitt aus dem Rotationsspektrum eines zweiatomigen homonuklearen Moleküls:



Für die Rotationsenergie zweiatomiger homonuklearer Moleküle gilt:

$$E_J = B \cdot J(J + 1), B = \frac{\hbar^2}{2\mu R_0^2}$$

- (a) Es sei  $\mu = 35/36u$ . Bestimmen Sie aus der Abbildung den Gleichgewichtsabstand  $R_0$ .
- (b) Zeigen Sie, dass für die Besetzungszahlen der Rotationsszustände gilt:

$$\frac{N_J}{N_0} = (2J + 1) \cdot \exp\left(-\frac{E_0 - E_J}{kT}\right)$$

- (c) Für welches  $J$  ist die maximale Absorption zu erwarten? Berechnen Sie dieses  $J$  für  $T = 300K$  !

#### Aufgabe 5 (Röntgenstrahlung)

Die K-Absorptionskante von Wolfram ( $Z = 74$ ) liegt bei  $\lambda_K = 0,178 \text{ nm}$ , die Wellenlängen der  $K_\alpha$ -,  $K_\beta$ - und  $K_\gamma$ -Linien liegen bei  $\lambda_\alpha = 0,210 \text{ nm}$ ,  $\lambda_\beta = 0,184 \text{ nm}$  und  $\lambda_\gamma = 0,179 \text{ nm}$ .

- (a) Zeichnen Sie das Energieniveauschema aller beteiligten Niveaus!
- (b) Wie hoch ist die Mindestanregungsenergie der L-Schale?
- (c) Berechnen Sie die Abschirmkonstanten der K-, L- und M-Schale!

*Naturkonstanten:*

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$$

$$\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ J/T} = 5,79 \cdot 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 6,58 \cdot 10^{-16} \text{ eVs}$$

$$1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2$$