

Atom & Molekülphysik

FSU Jena - SS 2007

Klausur - Aufgabenstellung

13.07.2007

Aufgabe 01 - Energieniveauschemata (9P)

- Zeichnen Sie qualitativ von $n = 1$ bis $n = 3$ das Termschema von Wasserstoff (${}_1\text{H}$) ohne und mit Feinstruktur, letzteres also unter Berücksichtigung von Spin-Bahn-Kopplung und relativistischer Korrektur. Benennen Sie die Niveaus.
- Zeichnen Sie qualitativ das Termschema von Helium (${}_2\text{He}$) von $n = 1$ bis $n = 3$ und von Lithium von $n = 2$ bis $n = 3$ ohne Feinstruktur! Benennen Sie die Niveaus.
- Wie lauten die Auswahlregeln für elektrische Dipolübergänge. Zeichnen Sie **alle nach diesen Auswahlregeln** erlaubten Übergänge für Helium ein!

Hinweis: Achten Sie in allen Schemata auf die qualitativ korrekte Lage der Energieniveaus!

Aufgabe 02 - Zeeman-Effekt (5P)

Die Natrium D-Linien emittieren Licht der Wellenlänge 589.5932 nm (D1) und 588.9965 nm (D2). Diese charakteristischen Spektrallinien entstehen beim Übergang eines Elektrons von $3^2\text{P}_{1/2}$ (D1) bzw. $3^2\text{P}_{3/2}$ (D2) auf $3^2\text{S}_{1/2}$.

- Skizzieren Sie die Aufspaltung der Energieniveaus in einem schwachen Magnetfeld und geben Sie diese in Einheiten von $\mu_B B$ an! Zeichnen Sie alle erlaubten Übergänge unter Berücksichtigung der Auswahlregeln entsprechend Aufgabe 1c) ein.
- Wie stark muss das Magnetfeld sein, damit der energetische Abstand des niedrigsten Zustands des $3^2\text{P}_{3/2}$ und des höchsten Zustands von $3^2\text{P}_{1/2}$ 90% der Feinstrukturaufspaltung ($\Delta E_{\text{FS}} = 3 \times 10^{-22}$ J) beträgt?

Bemerkung: $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24}$ A m²

Aufgabe 03 - Zweielektronensystem (7+2P)

- Beschreiben Sie ein Zweielektronensystem bestehend aus zwei p-Elektronen (np und $n'p$, mit $n \neq n'$ verschiedene Hauptquantenzahlen) in LS-Kopplung. Skizzieren Sie dazu qualitativ die energetische Lage aller möglichen Terme unter Verwendung der Hund'schen Regeln und benennen Sie die Terme. Geben Sie die Zahl der möglichen magnetischen Unterzustände an!
- Geben Sie die Elektronenkonfiguration von ${}_{14}\text{Si}$, ${}_{15}\text{P}$, ${}_{16}\text{S}$ im Grundzustand an! Skizzieren Sie dabei die Besetzung der Unterschalen. Geben Sie das Termsymbol für den Grundzustand an!
- Zusatzfrage:** Diskutieren Sie den Unterschied der in Aufgabe b) erhaltenen Grundzustandskonfiguration von ${}_{14}\text{Si}$ mit dem Ergebnis von Aufgabe a)!

Aufgabe 04 - Übergänge (3P)

Berechnen Sie den Erwartungswert $\langle r \rangle$ des Elektrons eines H-Atoms, das sich im 2s-Zustand befindet! Nutzen Sie dabei

$$\int_0^{\infty} r^n e^{-ar} = \frac{n!}{a^{n+1}}$$

Die Wellenfunktion für den 2s-Zustand lautet

$$\psi_{200} = \frac{1}{2\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{2a_0}} \left(2 - \frac{r}{a_0} \right)$$

Drücken Sie das Ergebnis mit der Einheit des Bohrschen Radius aus!

Aufgabe 05 - Moleküle (4P)

Erklären Sie das Zustandekommen der Molekülbindung im Wasserstoffmolekül-Ion (H_2^+) mit Hilfe des LCAO-Verfahrens (Linear Combination of Atomic Orbitals)!. Skizzieren Sie dazu qualitativ den Verlauf der beiden möglichen molekularen Wellenfunktionen und den dazugehörigen Verlauf der Gesamtenergie in Abhängigkeit des Kernabstands! Welcher der beiden Zustände führt zur Bindung? Begründen Sie!