

FREIE UNIVERSITÄT BERLIN

Fachbereich Physik

Übungen zur Vorlesung

‘‘Einführung in die Physik der Atome und Moleküle I’’ (SoSe 2008)

- Prof. Karsten Heyne -

Aufgabenblatt 8 vom 05.06.2008

Abgabe bei der Vorlesung oder per E-Mail an: fidder@physik.fu-berlin.de

vor Donnerstag 12.06.2008, 12h30.

Aufgabe 8–1 (1 + 2 + 1.5 + 1.5 Punkte)

Für elektronischen Übergänge zwischen den Energieniveaus m und k verwenden wir jetzt den folgenden Wechselwirkungsoperator $H_{int}^{(1)}(t) = \frac{e}{m} A_0(\vec{k} \cdot \vec{r})(\hat{\epsilon} \cdot \vec{p})$.

(a) Beweisen Sie, dass

$$(\vec{k} \cdot \vec{r})(\hat{\epsilon} \cdot \vec{p}) = \frac{1}{2} \left[(\vec{k} \cdot \vec{r})(\hat{\epsilon} \cdot \vec{p}) + (\hat{\epsilon} \cdot \vec{r})(\vec{k} \cdot \vec{p}) \right] + \frac{1}{2} \left[(\vec{k} \times \hat{\epsilon})(\vec{r} \times \vec{p}) \right]$$

(b) Zeigen Sie dass:

$$\frac{1}{2} \left[(\vec{k} \cdot \vec{r})(\hat{\epsilon} \cdot \vec{p}) + (\hat{\epsilon} \cdot \vec{r})(\vec{k} \cdot \vec{p}) \right]$$

zum elektrischen Quadrupol-Übergangsmoment Q_{ij} führt.

Hinweis: Verwenden Sie, dass $\vec{p} = m \frac{i}{\hbar} [H_0, \vec{r}]$ und dass Ψ_m und Ψ_k Eigenfunktionen von H_0 sind. Außerdem gilt: $\vec{k} \cdot \hat{\epsilon} = 0$.

(c) Leiten Sie, ausgehend von Q_{ij} , die Auswahlregeln für elektronische Quadrupolübergänge her (Berechnen Sie Δm , verwenden Sie die Parität und nutzen Sie die Ergebnisse zur Berechnung von $\Delta \ell$).

(d) Die Herleitung der Auswahlregeln für magnetische Dipolübergänge ist einfacher, da die Anfangs- und Endzustände Eigenfunktionen von L^2 und L_z sind. Für L_x L_y ist es wieder ratsam, mit Hilfe von L_+ , L_- zu rechnen. Wie lauten die Auswahlregeln für magnetische Dipolübergänge?

Aufgabe 8–2 (1 + 1 + 1 Punkte)

Skizzieren Sie für das Natriumatom das Energieniveauschema für die Elektronenkonfigurationen $[Ne]3s^1$ und $[Ne]3p^1$

(a) wenn es kein Magnetfeld gibt,

(b) für den normalen Zeeman-Effekt (keine L-S Kopplung)

(c) für den anomalen Zeeman-Effekt (mit L-S Kopplung)

Markieren Sie alle Energieniveaus mit den geeigneten Magnetquantenzahlen (m_ℓ, m_J) .

Geben Sie in den Skizzen an, welche Übergänge erlaubt sind.

Skizzieren Sie auch ein Absorptionsspektrum als Funktion der Energie für die Situationen (a),(b)und (c).

Aufgabe 8–3 (1 Punkt)

Was sind die Termsymbole für die $1s$ - und $2p$ -Zustände eines Wasserstoffatoms? Geben Sie auch die Entartung für jedes Termsymbol an.