

Aufgabenblatt 3 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Mi./Fr., 9./11. Mai

3.1 Übergänge im Na-Atom (1 Punkt)

Im Natrium-Atom finden Übergänge innerhalb der Hauptquantenzahl $n = 3$ zwischen den Zuständen mit Drehimpulsquantenzahl von $L = 1$ nach $L = 0$ statt. Die dazugehörigen Spektrallinien sind die sogenannten D-Linien im Natrium-Atom und haben Wellenlängen von $\lambda_1 = 5895.9 \text{ \AA}$ und $\lambda_2 = 5889.6 \text{ \AA}$.

- Zeichnen Sie das Termschema der beteiligten Zustände im Na-Atom unter der Annahme einer Aufspaltung der magnetischen Unterzustände in einem Magnetfeld und tragen Sie die an den D-Linien jeweils beteiligten Übergänge ein.
- Die Lebensdauer des angeregten $^3P_{1/2}$ Zustands beträgt 16 ns. Schätzen Sie daraus die natürliche Linienbreite im Frequenzspektrum ab und vergleichen Sie zur mittleren Frequenz des Übergangs.

3.2 Charakteristische K_α -Röntgenstrahlung (1 Punkt)

Die Energie der charakteristischen K_α -Röntgenstrahlung, die von einem Atom mit der Kernladungszahl Z emittiert wird, wurde von Moseley zu $13.6 \times (1 - 1/4)(Z - 1)^2 \text{ eV}$ bestimmt.

- Interpretieren Sie die einzelnen Faktoren dieses Ausdrucks.
- Welche Feinstruktur ergibt sich für die K_α -Übergänge? Wie lauten die entsprechenden Quantenzahlen?
Hinweis: Überlegen Sie sich unter Annahme von LS -Kopplung die Termschemata der beteiligten Schalen.
- Einige Atome gehen durch einen sogenannten Auger-Übergang in einen niedrigeren Energiezustand über. Beschreiben Sie diesen Prozess in wenigen Sätzen.

3.3 Übergänge im Heliumatom (1 Punkt)

Betrachten Sie folgende Zustände und Lebensdauern im Heliumatom, bei denen jeweils ein Elektron angeregt ist, wobei das andere Elektron die Quantenzahlen des Grundzustands trägt.

- $2^1P_1, \tau = 0.5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.
- $2^3S_1, \tau = 7870 \text{ s}$.
- $2^1S_0, \tau = 19.6 \text{ ms}$.

- Warum sind die Lebensdauern so unterschiedlich?
- Abhängig von der Spinorientierung der zwei Elektronen des Heliumatoms spricht man vom Parahelium im Falle von zwei einander entgegengerichteten Spins ($S = 0$) und von Orthohelium bei zwei parallelen Spins ($S = 1$). Warum beobachtet man keine Übergänge zwischen Parahelium und Orthohelium?
- Interpretieren Sie die Auswahlregel $\Delta L = \pm 1$.

3.4 Abschätzung von Größenordnungen (1 Punkt)

(i) Schätzen Sie die mittlere kinetische Energie folgender Systeme unter Verwendung der Heisenberg'schen Unschärferelation ab:

- für Elektronen im Wasserstoffatom
- für Nukleonen im Bleikern

c) für Quarks im Nukleon

(ii) Am Elektron-Proton Beschleuniger HERA, der bis 2007 am DESY (Hamburg) betrieben wurde, wurden Impulsüberträge zwischen Elektronen und Protonen von bis zu $150 \text{ GeV}/c$ gemessen. Wie groß sind die kleinsten Strukturen, die bei diesem Impulsübertrag noch aufgelöst werden können?