

Physik IV – Atome und Moleküle

Sommer 2005, Prof. Wim de Boer, Universität Karlsruhe

Aufgabenblatt 10; Übung am 21. Juni (Dienstag)

1. Charakteristische Röntgenstrahlung

- (a) Welche Spannung muss mindestens an eine Röntgenröhre angelegt werden, damit man alle Linien der K-Serie erhält, wenn man das Anodenmaterial Wolfram verwendet? (Moseley)
Die tatsächlichen Wellenlängen der K-Linien von Wolfram sind 0.210, 0.184 und 0.179 Å für K_α , K_β und K_γ ; die K-Absorptionskante liegt bei 0.178 Å.
- (b) Konstruieren Sie das Termschema!
- (c) Welche Energie wird benötigt, um die L-Serie anzuregen, und wie groß ist die Energie der L_α -Linie?
- (d) Wie groß ist die kürzeste charakteristische Wellenlänge von Wolfram?
- (e) Wie groß ist die kinetische Energie des energiereichsten Auger-Elektrons, das statt der L_α -Linie emittiert wird?

2. Feinstruktur beim Wasserstoff

Für die gesamte Feinstrukturaufspaltung (einschließlich relativistischer Korrekturen) gilt:

$$\Delta E_{n,j} = E_n \frac{\alpha^2}{n} \left(\frac{1}{j+1/2} - \frac{3}{4n} \right) \text{ mit } E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

- (a) Welche relativistischen Korrekturen sind gemeint?
- (b) Berechnen Sie die Aufspaltung der Zustände in eV mit $n=1,2,3$ und diskutieren Sie die Unterschiede zu den Ergebnissen der Spin-Bahn Kopplung (siehe letzte Übung)!

3. Hyperfeinstruktur

- (a) Wie kommt die Hyperfeinstruktur in Vergleich zur Feinstruktur zustande?
- (b) In wieviele Hyperfeinstrukturkomponenten sind die Grundzustände folgender Atome aufgespalten:
 ${}^3\text{H}(2s_{1/2}, I = \frac{1}{2})$; ${}^6\text{Li}(2s_{1/2}, I = 1)$; ${}^{14}\text{N}(4s_{3/2}, I = 1)$; ${}^{15}\text{N}(4s_{3/2}, I = \frac{1}{2})$
- (c) Für die magnetische Hyperfeinwechselwirkung bei atomaren Wasserstoff gilt für die s-Zustände:

$$E_{\text{Hyperfein}} = \frac{a}{\hbar^2} \langle \vec{I} \vec{j} \rangle \text{ mit der Hyperfeinkonstanten}$$

$$a = \frac{2\mu_o}{3\pi a_o^3} \times g_e \times \mu_B \times g_p \times \mu_K \frac{1}{n^3}$$

(Kernspin $I=1/2$, g-Faktor des Protons $g_p=5.585$, g-Faktor des Elektrons $g_e=2.002$, Kernmagneton $\mu_K = 5.051 \times 10^{-27} \text{ Am}^2$; Bohr'sches Magneton $\mu_B = 9.274 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$, Bohr'scher Radius $a_o = 5.292 \times 10^{-11} \text{ m}$, $\mu_o = 1.257 \times 10^{-6} \text{ Vs/(Am)}$)

In wieviele Niveaus spaltet der elektronische Grundzustand von atomarem Wasserstoff infolge der Hyperfeinwechselwirkung auf? Welche Werte hat die Gesamtdrehimpulszahl F ? Berechnen Sie die Hyperfeinaufspaltung in den Einheiten eV, cm^{-1} und Hz. Verifizieren Sie mit diesem Resultat die Intervallregel: $\Delta E_{F+1} - \Delta E_F = a(F+1)$!

4. Positronium

Warum hat das Positronium kein magnetisches Moment?

Matrix: $1a+b/1c+d//2/3a+b/3c/4$ Die Klausur findet am 14. Juli um 11.30 bis

13.30 Uhr im Gerthsen Hörsaal statt.

Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,

Tel.: 07247 82 6330; Email: Frank.Hartmann@cern.ch

www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom.html