

**Institut f. Angewandte Physik**  
**UE Grundlagen der Physik III WS 2019/20**

**8. Übung am 5. 12. 2019**

**42) Wasserstoffatom: Spin-Bahn-Kopplung, Feinstruktur**

Im Bohrschen Atommodell hatten wir ein sehr einfaches Termschema der Energieniveaus, da die Energien nur von der Hauptquantenzahl  $n$  abhingen. Unter Verwendung der Quantentheorie spalten die Energieniveaus auf und zeigen eine Feinstruktur.

- a) Stellen sie eine Tabelle der möglichen Zustände für  $n=1, 2$  und  $3$  auf.
- b) Berechnen sie die Verschiebung der Energieniveaus für  $n=1, 2$  und  $3$  und zeichnen sie sie schematisch in ein Termschema ein (vergleich mit  $E_n$  ohne Korrekturterme). Welche Zustände sind noch immer entartet?
- c) Wie viele erlaubte elektrische Dipolübergänge gibt es für die Balmer-Alpha-Linie?

**(2 Pkte)**

**43) Normaler Zeeman-Effekt (ohne Berücksichtigung des Spins!)**

In einem äußeren Magnetfeld werden atomaren Energieniveaus durch den Zeeman-Effekt verschoben.

- a) Elektrische Dipol-Übergänge zwischen den Energieniveaus sind nur dann erlaubt, wenn die Auswahlregeln  $\Delta \ell = \pm 1$  und  $\Delta m_\ell = 0, \pm 1$  erfüllt sind. Wie lauten die möglichen Übergänge zwischen der  $n = 2$  und der  $n = 1$  Schale des Wasserstoffatoms?
- b) Was wird bei einer spektroskopischen Messung dieser Übergänge beobachtet, wenn die Stärke des Magnetfeldes erhöht wird? Illustrieren sie ihr Ergebnis.
- c) Berechnen sie die Zeeman-Aufspaltung (Einfluss auf Wellenlänge) der Spektrallinien in einem Magnetfeld von
  - i.  $B = 10 \text{ T}$ .
  - ii.  $B = 10^{-4} \text{ T}$  (dem Erdmagnetfeld).

**(3 Pkte)**

## 44) Elektronenstruktur eines Atoms

		s	$p_x$	$p_y$	$p_z$
I	L	↑	↑	↑	↑
	K	↑ ↓			
II	L	↑ ↓	↑ ↓	↑	↑
	K	↑			
III	L	↑ ↓	↑ ↓	↑	
	K	↑ ↓			
IV	L	↑ ↓	↑	↑	↑
	K	↑ ↓			

- a) Welche der angegebenen Konfigurationen des Stickstoffatoms sind dem Pauli-Prinzip zufolge erlaubt oder verboten?  
 b) Welche der Konfigurationen zeigt eine Grundzustandskonfiguration?  
 c) Welche Konfigurationen gehorchen der Hundschen Regel (auch wenn sie keinen Grundzustand darstellen) und welche nicht?  
 (1 Pkt)

## 45) Hyperfeinstruktur

Wie groß ist das durch das  $1s$ -Elektron am Ort des Protons im Wasserstoffatom verursachte Magnetfeld, wenn der Hyperfeinstrukturübergang ( $\lambda = 21 \text{ cm}$ ) im  $1s$ -Zustand durch die beiden Einstellungen des Kernspins in diesem Magnetfeld zustande kommt?

(1 Pkt)

## 46) Lithiumatom

Die Bindungsenergie des äußeren Elektrons im Lithium-Grundzustand  $\text{Li } 1s^2 2s$  ist  $E = -5,39 \text{ eV}$ , die vom Rydbergzustand  $\text{Li } 1s^2 2p$  nur noch  $E = -0,034 \text{ eV}$ . Wie groß ist

- (a) die effektive Kernladungszahl  $Z_{\text{eff}}$  und  
 (b) der mittlere Bahnradius  
 des äußeren Elektrons in beiden Zuständen?

(1 Pkt)

## 47) Bohr'sches Atommodell: Exotische Atome

Gebundene Zustände können auch bei einem Elektron-Positron-Paar erhalten werden (sog. Positronium). Das Positron ist das Antiteilchen des Elektrons und hat die entgegengesetzte Ladung, aber die gleiche Masse.

- a) Berechnen sie die Grundzustandsenergie  $E_1(e^+, e^-)$ , d.h. für Hauptquantenzahl  $n=1$ .  
 b) Bei welchen Wellenlängen würde man die Lyman-Alpha ( $L_\alpha$ ) und die Balmer-Beta ( $H_\beta$ ) Emission des Positroniums erwarten?

(2 Pkte)