

Übungen Grundlagen der Physik III
WS 2007
7. Übung am 14 Dezember 2007¹

24.) Quantenzahlen, Bahndrehimpuls

a.) Der Bahndrehimpuls \vec{L} werde entlang der z -Achse gemessen und man erhält einen Wert für L_z . Zeigen Sie, daß man über die anderen beiden Komponenten des Bahndrehimpulses nicht mehr aussagen kann als

$$(L_x^2 + L_y^2)^{1/2} = \{l(l+1) - m_l^2\}^{1/2}\hbar.$$

b.) Zwei der Elektronen von Lithium ($Z=3$) haben die Quantenzahlen $n = 1$, $l = 0$ und $m_s = \pm \frac{1}{2}$. Welche Quantenzahlen kann das dritte Elektron haben wenn sich das Atom (i) in seinem Grundzustand befindet, (ii) im ersten angeregten Zustand befindet?

25.) Spin: Stern-Gerlach-Versuch

Beim Stern-Gerlach-Versuch durchfliege ein Strahl von Wasserstoffatomen im Grundzustand die Pol-
schuhe eines Elektromagneten.

a.) Warum benötigt man ein inhomogenes Magnetfeld? Zeigen Sie, daß ein homogenes Magnetfeld keine Kraft auf einen magnetischen Dipol ausübt.

b.) Der Magnetfeldgradient $\vec{\nabla}\vec{B}$ führt zu einer Kraft auf die Atome:

$$F = -\vec{M} \cdot \vec{\nabla}\vec{B},$$

wobei \vec{M} das mit dem Elektronenspin verbundene magnetische Dipolmoment darstellt. Berechnen Sie die seitliche Ablenkung der Atome über eine Strecke von 10 cm, wenn die Geschwindigkeit der Atome 1000 m/s und der Magnetfeldgradient 100 T/m betragen.

c.) Man stellt nun im Falle wasserstoffartiger Atome fest, daß es aufgrund des Magnetfeldes zu einer Aufspaltung in zwei Teilstrahlen kommt. Warum kann man aus dem Stern-Gerlach-Experiment auf die Existenz des Spins schließen und die Beobachtungen nicht einfach mit dem Bahndrehimpuls erklären?

d.) Gibt es eigentlich immer eine Aufspaltung in zwei Teilstrahlen, unabhängig von dem Atom und seinem Anregungszustand? (Mit Begründung.)

e.) Was passiert mit Atomen, welche sich in einem Überlagerungszustand aus Spin-up und Spin-down befinden? In welchem Zustand sind sie nach durchfliegen der Stern-Gerlach-Apparatur?

26.) Zeemaneffekt In einem semiklassischen Modell des normalen Zeemaneffektes betrachtet man ein Elektron daß sich auf einer Kreisbahn um ein Proton befindet. Der Elektronenspin wird in diesem Modell außer Betracht gelassen.

a.) Leiten Sie eine Beziehung her zwischen dem Bahndrehimpuls des Elektrons und seinem magnetischen Moment $\mu_m = A \cdot I$, wenn I der Strom und A die Fläche der Kreisbahn des Elektrons ist.

b.) Das Elektron befinde sich im $4f$ -Orbital (Quantenzahlen $n = 4$ und $l = 3$), in einem äußeren Magnetfeld $\vec{B} = \{0, 0, B_z\}$. Wieviele verschiedene Werte kann die Energie des Teilchens in diesem Orbital annehmen? Wieviele Werte der Energie gibt es ohne äußeres Magnetfeld?

c.) Berechnen Sie den Energieabstand ΔE zweier benachbarter Zeemanniveaus im Falle $B_z \neq 0$.

27.) Hyperfeinstruktur

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

¹Wolfgang Werner

28.) 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?

Punkteschlüssel: Bsp. 24:1; Bsp. 25:1; Bsp. 26:1; Bsp. 27:1; Bsp. 28:1;