

ÜBUNGEN ZUR
EXPERIMENTALPHYSIK III (BACHELOR-STUDIENGANG MEDIZINPHYSIK)
WINTERSEMESTER 2015/2016

– BLATT 7 –

Ausgabe am 04.12.2015

Abgabe am 11.12.2015 bis 14:00 (Kasten 210 im Foyer des Physik-Gebäudes)

*Lösungen bitte handschriftlich und dokumentenecht (Kuli o.ä.) in Papierform. Maximal vier Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einreichen. Bitte heften Sie alle Blätter zusammen, geben Sie auf der ersten Seite alle Namen und die Übungsgruppe (oben rechts) an sowie auf den folgenden Seiten mindestens einen Namen.
Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein.*

Aufgabe 1: Relativistische Korrektur (2 Punkte)

Wie groß ist der relative Unterschied der kinetischen Energie eines Elektrons im Bohrschen Atommodell für $n = 1$ (Drehimpuls $= 1 \hbar$), wenn man statt $E_{kin} = p^2 / 2m$ den Ausdruck

$$E_{kin} = E_{tot} - m \cdot c^2 \text{ mit der relativistischen Gesamtenergie } E_{tot} \text{ ansetzt?}$$

Entwickeln Sie diesen Ausdruck und verwenden Sie den ersten Term der Taylorreihe, der sich von der nichtrelativistischen Formel unterscheidet. (Hinweis: Da der Effekt nicht groß ist, können Sie den nichtrelativistischen Impuls einsetzen).

Aufgabe 2: Stern-Gerlach-Versuch (5 Punkte)

Beim Experiment von Otto Stern und Walther Gerlach (1922 in Frankfurt) passierte ein Strahl von Silberatomen aus einem Ofen ein inhomogenes Magnetfeld und teilte sich aufgrund des magnetischen Moments der Elektronen in zwei Teilstrahlen auf. Nehmen Sie eine mittlere Geschwindigkeit der Atome von 500 m/s an. Die Magnetfeldkomponente senkrecht zur Flugrichtung sei $B(z) = 1 \text{ T} + z \cdot 1,5 \text{ T/mm}$, die Länge des Magneten in Strahlrichtung sei 5 cm und weitere 5 cm hinter dem Magneten befinde sich eine Glasplatte.

- a) Warum gibt es genau zwei Teilstrahlen? Silber besitzt in der äußersten Schale 1 Elektron ($n = 5, l = 0$). Der Bahndrehimpuls und Spin der anderen Elektronen heben sich auf. Wie groß ist das magnetische Moment aufgrund des Spins des 5s-Elektrons?
- b) Wie groß ist der Abstand der beiden Silberflecke auf der Glasplatte? Verwenden Sie für die Masse des Silberatoms 108 atomare Masseneinheiten.
- c) Welche Effekte begrenzen bei diesem Versuch die „Auflösung“, d.h. die Trennung der beiden Teilstrahlen? Nennen Sie zwei Gründe.

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Hyperfeinstruktur (2 Punkte)

Die beiden Einstellungen des Kernspins beim Wasserstoffatom führen zur Hyperfeinaufspaltung des $1s_{1/2}$ -Grundzustands, wobei Licht, das beim Übergang zwischen den beiden Niveaus absorbiert oder emittiert wird, eine Wellenlänge von 21,1 cm besitzt.

- a) Geben Sie die Formel für die Hyperfeinstrukturenergie an und setzen Sie die Quantenzahlen der beiden beteiligten Zustände, das Kernmagneton sowie den Protonen-g-Faktor $g_I = 5,58$ ein.
- b) Wie groß ist das vom Elektron verursachte Magnetfeld am Ort des Kerns (unter der Annahme, dass dieses Magnetfeld allein für die Aufspaltung verantwortlich ist)?

Aufgabe 4: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Erklären Sie in Worten, was das „gyromagnetische Verhältnis“ und was der „gyromagnetische Faktor“ (Landé-Faktor) ist.
- b) Warum ist es nicht sinnvoll, sich das Elektron als rotierende geladene Kugel vorzustellen, um den Elektronenspin zu beschreiben? Das Neutron besteht aus geladenen Teilchen (drei Quarks), ist aber insgesamt elektrisch neutral. Kann es ein magnetisches Moment haben?