UNIVERSITÄT LEIPZIG

Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Übungsaufgabenblatt A-IX
Experimentalphysik III, WS 2013/14 (Aufgabe 32 updated)

Prof. Grundmann

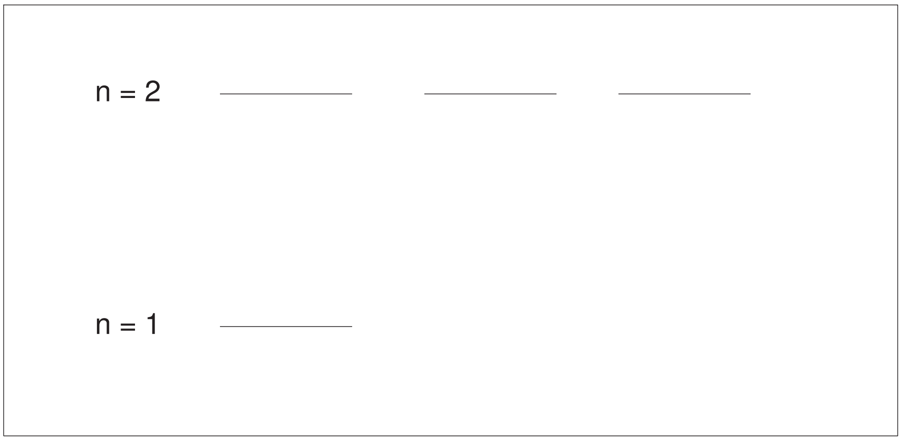
Ausgabe: 12. 12. 2013
Abgabe: 06. 01. 2014, 12:00 Uhr

A29. Wir betrachten das Wasserstoffatom im Bohr-Modell. Um wie viel unterscheidet sich die Masse des H-Atoms im Zustand $n = 2$ von der für $n = 1$

(a) auf Grund der relativistischen Massenzunahme des Elektrons, **[3 Punkte]**

(b) auf Grund der größeren potentiellen Energie (kleineren Bindungsenergie)? **[2 Punkte]**

A30. Wir betrachten den Grundzustand und den ersten angeregten Zustand des Wasserstoffatoms.



(a) Geben Sie in einem Energiediagramm (s. Bild) die vollständige spektroskopische Notation ($^{2S+1}L_J$) für alle vier Zustände an. **[2 Punkte]**

(b) Aus experimentellen Befunden ist bekannt, das man vier Korrekturen berücksichtigen muss, um dieses einfache Zustandsdiagramm richtig dazustellen. Diese Korrekturen sind i) die Lamb-Verschiebung, ii) Feinstruktur (Spin-Bahn-Kopplung, Darwin-Term, relativistische Änderung der kinetischen Energie des Elektrons) und iii) die Hyperfeinstruktur. Welche dieser Korrekturen hat Einfluss auf den $n = 1$ Zustand? Welche dieser Korrekturen beeinflusst den $n = 2$, $l = 0$ Zustand und welche beeinflussen den $n = 2$, $l = 1$ Zustand? **[1 Punkte]**

(c) Ordnen Sie diese Effekte bzgl. der Größe der energetischen Korrektur von groß nach klein. Gibt es Korrekturen, die in etwa ähnlich große Korrekturen bewirken? **[2 Punkte]**

A31. Wie groß ist das durch das $1s$-Elektron am Ort des Protons im Wasserstoffatom verursachte Magnetfeld, wenn die Hyperfeinaufspaltung ($f = 1{,}42\,\mathrm{GHz}$) im $1s$-Zustand durch die beiden Einstellungen des Kernspins in diesem Magnetfeld erklärt wird?

(Das Kernmoment des Protons ist $\mu_\mathrm{p} = \pm 2{,}79 \cdot \mu_\mathrm{K} = \pm 1{,}41 \cdot 10^{-26}\,\mathrm{J/T}$)

[3 Punkte]

A32. Ein ruhendes Elektron befinde sich in einem externen magnetischen Feld in positiver z-Richtung $\vec{B} = (0, 0, B_z)$. Der Hamiltonoperator ist für dieses Problem durch $\hat{H} = -\vec{\mu_s} \cdot \vec{B}$ gegeben. ($\vec{\mu_s}$ ist das Spinmoment, der Landéfaktor des Elektrons ist $g_\mathrm{s} = 2$)

(a) Berechnen Sie die Differenz der potentiellen Energie zwischen den beiden möglichen Spineinstellungen ($|\psi_-\rangle$ und $|\psi_+\rangle$) wenn $B_z = 1\,\mathrm{T}$.

(b) Zeigen Sie durch Lösen der Schrödinger-Gleichung

$$\hat{H}\left|\psi_+\right\rangle = i\hbar\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\left|\psi_+(t)\right\rangle\right)$$
$$\hat{H}\left|\psi_-\right\rangle = i\hbar\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\left|\psi_-(t)\right\rangle\right)$$

dass die Zeitentwicklung durch:

$$\left|\psi_+(t)\right\rangle = e^{-i\omega t}\left|\psi_+(0)\right\rangle$$
$$\left|\psi_-(t)\right\rangle = e^{i\omega t}\left|\psi_-(0)\right\rangle$$

gegeben ist. Berechnen Sie ω!