Vorbemerkung

Dies ist ein korrigierter Übungszettel aus dem Modul physik411.

Dieser Übungszettel wurde von einem Tutor korrigiert. *Dies bedeutet jedoch nicht, dass es sich um eine Musterlösung handelt. Weder ich, noch der Tutor implizieren, dass dieses Dokument keine Fehler enthält.*

Alle Übungszettel zu diesem Modul können auf http://martin-ueding.de/de/university/physik411/ gefunden werden.

[disclaimer]

physik411 – Übung 6

Gruppe 2 – Florian Seidler

Martin Ueding *

2013-05-29

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	$\sum$
Punkte	/ 3	/ 4	/ 5	/ 4	/ 7	/ 5	/ 28

1. Präzession

Mit der Larmorfrequenz

$$\omega_\mathrm{L} = \frac{g_\mathrm{L}\mu_\mathrm{B}B_z}{\hbar}$$

$g_\mathrm{L} = 2$ und den gegeben Werten erhalte ich $\omega_\mathrm{L} = 8{,}7903 \times 10^6\,\mathrm{rad\,s^{-1}}$. Mit den anderen Werten erhalte ich $\omega_\mathrm{L} = 13\,405{,}7\,\mathrm{rad\,s^{-1}}$.

2. Paschen-Back-Effekt

3p nach 3s bedeutet, dass $n = 3$ und l von 2 auf 1 wechselt.

Der Zeeman-Effekt tritt bei $L, S = 0$ auf, also bei zwei-Elektronen-Atomen. Der anomale Zeeman-Effekt tritt bei $L, S > 0$ auf, also bei ein-Elektronen-Atomen. In der gleichen Konfiguration tritt auch der Paschen-Back-Effekt auf. [Vorlesung 10, Folie 1]

Bei einem externen Magnetfeld B, dass deutlich kleiner als das Magnetfeld der Spin-Bahn-Kopplung B_SO ist, tritt der anormale Zeeman-Effekt auf. Bei größeren Magnetfeldern ist der Übergang zum Paschen-Back-Effekt.

Hier fehlen noch Inhalte.

*mu@uni-bonn.de

3. Spektroskopische Notation

3a. Notation schreiben

$$n = 3, \quad l = 3, \quad j = \frac{5}{2} \iff 3\mathrm{F}_{5/2}$$
$$n = 2, \quad l = 2, \quad j = \frac{3}{2} \iff 2\mathrm{D}_{3/2}$$

3b. Notation lesen

$$6^2\mathrm{P}_{3/2} \iff n = 6, \quad l = 1, \quad s = \frac{1}{2}, \quad j = \frac{3}{2}$$
$$6^2\mathrm{S}_{1/2} \iff n = 6, \quad l = 0, \quad s = \frac{1}{2}, \quad j = \frac{1}{2}$$

4. Auswahlregeln

Die Auswahlregeln sind: [Meschede, 2010, Tabelle 15.8]

$$\Delta l = \pm 1$$
$$\Delta m = 0, \pm 1$$
$$\Delta s = 0$$
$$\Delta j = 0, \pm 1$$
$$\Delta m_j = 0, \pm 1$$

Außerdem darf nicht $j : 0 \to 0$ sowie $\Delta m_j = 0$ bei $\Delta j = 0$ stattfinden.

Die erlaubten Übergänge sind in Abbildung 1.

5. Quantendefekt

5a. Energien und Wellenlängen

n	l	$E_{n,l}/\mathrm{eV}$
3	s	5,120 89
3	p	3,027 25
3	d	1,521 87
4	s	1,967 02
4	p	1,397 69
4	d	0,854 624
5	s	1,032 54
5	p	0,801 542
5	d	0,546 411

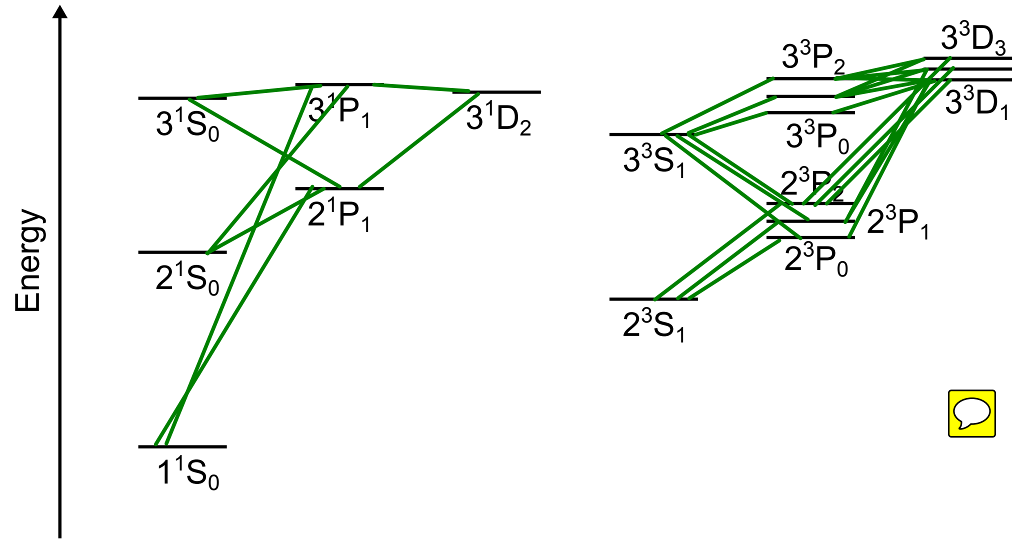

Abbildung 1: Ausgefülltes Termschema

Die Natrium-D-Linie ist der Übergang von 3p nach 3s. Die Wellenlänge dazu ist $\lambda = 592{,}196\,\mathrm{nm}$.

5b. Kernladung, Radialwellenfunktion

Die äußeren Elektronen schirmen die Kernladung ab. Wäre das Natrium nicht neutral, sondern fast vollständig ionisiert, müsste das Z mit in die Formel rein. Die Abschirmung steckt im Quantendefekt drin.

Die verschiedenen Orbitale unterscheiden sich für die s-Orbitale nur im Radialteil, für p und vor allem d kommen deutlich andere Winkelfunktionen. Außerdem haben die assoziierten Laguerre-Polynome, von dem was ich aus dem Bildern der Vorlesung ablesen kann, $n - l - 1$ Nullstellen, so dass mit höherem l die Funktion weniger stark vom Radius abhängt. Daher sollten gerade die s-Orbitale empfindlich in ihrer Energie gestört werden.

6. Lorenzkurve

6a. Fouriertransformation

Ich berechne die Fouriertransformation zu der gegebenen Entwicklung des elektrischen Feldes E:

$$\begin{aligned} E(\omega) &= \int_0^\infty \mathrm{d}t\, E(t) \exp(-\mathrm{i}\omega t) \\ &= \int_0^\infty \mathrm{d}t\, E_0 \exp\left(\mathrm{i}\left(\frac{\mathrm{i}\Gamma}{2} + \omega_0 - \omega\right) t\right) \\ &= E_0 \frac{1}{-\frac{\Gamma}{2} + \mathrm{i}(\omega_0 - \omega)} \end{aligned}$$

6b. Intensitätsspektrum

$$\begin{aligned} P(\omega) &= \left|E(\omega)\right|^2 \\ &= E_0^2 \frac{1}{\frac{\Gamma^2}{4} + (\omega_0 - \omega)^2} \end{aligned}$$

Die Maximale Intensität ist bei $\omega = \omega_0$. Die halbe Intensität ergibt sich bei

$$(\omega - \omega_0)^2 = \frac{\Gamma^2}{4},$$

Also bei $\left|\omega_0 - \omega\right| = \Gamma/2$. Die volle Halbwertsbreite ist somit:

$$\Delta\omega_{\mathrm{FWHM}} = \Gamma$$

6c. Cäsium

Bei Cäsium ist $\tau = 30\,\mathrm{ns}$, $\Gamma = 1/\tau$.

$$\Delta\nu = \frac{1}{2\pi\tau} = 5{,}3\,\mathrm{MHz}$$

Literatur

[Meschede, 2010] Meschede, D. (2010). *Gerthsen Physik*. Springer, 24. edition.