

PRAKTIKUM 4

ATOME, MOLEKÜLE, KONDENSIERTE MATERIE

Versuch 401: Elektronische Übergänge in Atomen

GRUPPE A201

PARTH GADHAVI

JAFFAR AL NAGGAR

Versuchsdurchführung 28/29. April 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zeemann-Effekt	2
2.1	Theoretischer Hintergrund	2
2.2	Aufbau	3
3	Franck-Hertz-Versuch	4
3.1	Aufbau	4
3.1.1	Subsection	4

1 Einleitung

In Versuch 401: *Elektronische Übergängen in Atomen* werden elektronische Übergänge zwischen diskreten Energieniveaus in Atomen anhand zweier experimenteller Methoden untersucht.

Im ersten Versuchsteil wird die Aufspaltung atomarer Spektrallinien im externen Magnetfeld, der *Zeemann*-Effekt, betrachtet. Anhand eines ausgewählten Übergangs im Cadmium(Cd)-Atom ($5^1D_2 \rightarrow 5^1P_1$) wird die Abhängigkeit der Linienaufspaltung von der Magnetfeldstärke sowie die Polarisations-eigenschaften der emmittierten Strahlung untersucht. Zur hochauflösenden Darstellung werden ein Fabry-Pérot-Etalon und eine CCD-Kamera verwendet.

Im Rahmen der Auswertung werden das *Bohrsche-Magneton* sowie die Finesse und das Auflösungsvermögen des Etalons bestimmt.

Der zweite Versuchsteil befasst sich mit dem *Franck-Hertz*-Versuch, der die diskrete Energieaufnahme von Atomen bei Elektronenstößen untersucht.

Durch Aufnahme der Anodenstrom-Spannungs-Kurve und deren Analyse wird die Anregungsenergie von Quecksilber(Hg)-Atomen ermittelt.

Zusätzlich werden die Einflüsse von Temperaturänderung und variabler Gegenspannung auf die Form der Stromkurve untersucht, um die Wechselwirkung zwischen freien Elektronen und Hg-Atomen unter verschiedenen Bedingungen zu analysieren.

Der gesamte Versuch dient dazu, die Quantelung atomarer Eigenschaften experimentell nachzuweisen und daraus charakteristische Größen herzuleiten.

2 Zeemann-Effekt

Für den Übergang von Cadmium $5^1D_2 \rightarrow 5^1P_1$ wird der normale Zeemann-Effekt untersucht. Dafür folgt zunächst ein theoretischer Einschub.

2.1 Theoretischer Hintergrund

Der Zeemann-Effekt beschreibt die Aufspaltung von Spektrallinien, und somit Aufhebung der Entartung der Energieniveaus gleicher Gesamtdrehimpulse J , in einem externen Magnetfeld. Diese Aufspaltung ist auf die Wechselwirkung des magnetischen Moments der Atome mit dem äußeren Magnetfeld zurückzuführen. Unterschieden wird zwischen dem *normalen* ($S = 0$) und dem *anormalen* ($S \neq 0$) Zeemann-Effekt.

Da beide Niveaus des Cd einen Gesamtspin von $S = 0$ besitzen, ist nur der normale Zeemann-Effekt relevant. Der Hamiltonian des Elektrons im Atom und im Magnetfeld folgt mit:

$$\hat{H} = \underbrace{-\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}}_{H_0} + \underbrace{\beta \frac{\hat{\vec{L}} \cdot \hat{\vec{S}}}{\hbar^2}}_{H_{\text{Spin-Bahn}}} + \underbrace{\mu_B \frac{\hat{\vec{L}} + 2\hat{\vec{S}}}{\hbar} \vec{B}}_{H_{\text{Zeemann}}} \quad (2.1)$$

mit dem *Spin-Bahn*-Kopplungsterm $H_{\text{Spin-Bahn}}$ aus der Feinstruktur und dem *Zeemann*-Kopplungsterm H_{Zeemann} aus der Wechselwirkung mit dem äußeren Magnetfeld mit Richtung $\vec{B} = B\vec{e}_z$.

Da jedoch $S = 0$ fallen einige Terme weg. Die guten Quantenzahlen, also die, die sich nicht ändern, sind L, S, J und M_J (wobei $J = L + S = L$) und die Energiekorrektur zum Hamiltonian ist:

$$\Delta E = \mu_B g_J M_J B \quad (2.2)$$

mit dem Bohrschen Magneton $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m}$ und dem Landé-Faktor g_J :

$$g_J = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \quad (2.3)$$

Die Aufspaltung der Energieniveaus und möglichen Übergänge für die verschiedenen M_J anhand der Auswahlregeln

$$\Delta J = 0, \pm 1$$

$$\Delta M_J = 0, \pm 1$$

sind in Abb. 2.1 dargestellt.

Die Polarisation der Strahlung hängt von der Änderung der magnetischen Quantenzahl M_J im Übergang ab (siehe Abb. 2.2):

- ▷ **π -Übergänge:** $\Delta M_J = 0$ — linear polarisiert parallel zur Magnetfeldrichtung
- ▷ **σ^+ -Übergänge:** $\Delta M_J = +1$ — rechtszirkular polarisiert (bei longitudinaler Beobachtung)
- ▷ **σ^- -Übergänge:** $\Delta M_J = -1$ — linkszirkular polarisiert (bei longitudinaler Beobachtung)

Je nach Beobachtungsrichtung relativ zum Magnetfeld lassen sich unterschiedliche Polarisationen der emittierten Strahlung beobachten:

- ▷ **Longitudinale Konfiguration:** Magnetfeld B ist parallel zur Beobachtungsrichtung. Es treten ausschließlich zirkular polarisierte Anteile auf (σ^+ und σ^-).
- ▷ **Transversale Konfiguration:** Magnetfeld B ist senkrecht zur Beobachtungsrichtung. Es treten linear polarisierte Komponenten auf (π - und σ -Komponenten).

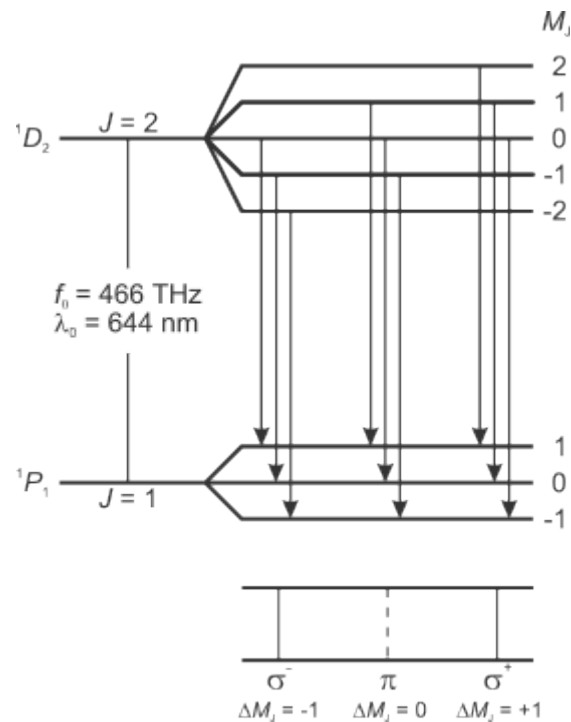


Abbildung 2.1: Niveaufspaltung des $5^1D_2 \rightarrow 5^1P_1$ -Übergangs beim normalen Zeemann-Effekt an Cadmium [LD]

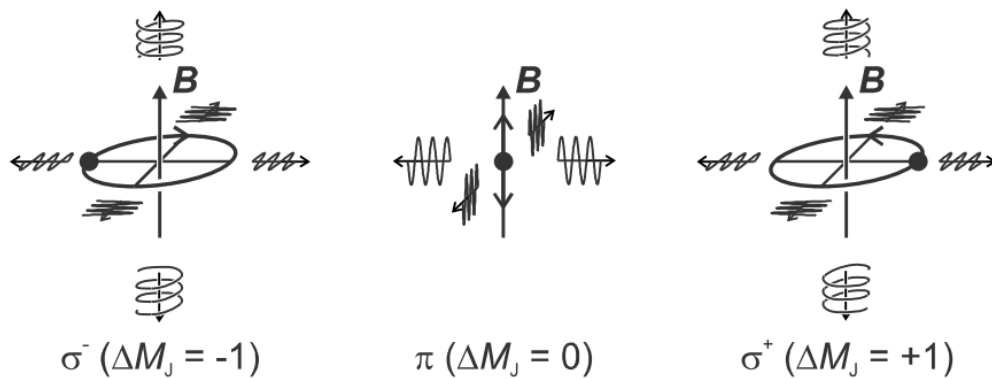


Abbildung 2.2: Winkelverteilung der elektischen Dipolstrahlung; ΔM_J - Drehimpulsrichtung der emittierten Photonen [LD]

2.2 Aufbau

Zur Untersuchung des Zeemann-Effekts wird eine

Subsubsection

3 Franck-Hertz-Versuch

3.1 Aufbau

3.1.1 Subsection

Subsubsection

Abbildungsverzeichnis

2.1	Niveaufspaltung des $5^1D_2 \rightarrow 5^1P_1$ -Übergangs bei Cd	3
2.2	Winkelverteilung der elektischen Dipolstrahlung	3

Tabellenverzeichnis

Literatur

- [LD] LD Handblätter Physik. „Beobachtung des normalen Zeemann-Effekts in transversaler und in longitudinaler Konfiguration“. In: ().