

Versuch AS1 (neue Fassung 3/2010)

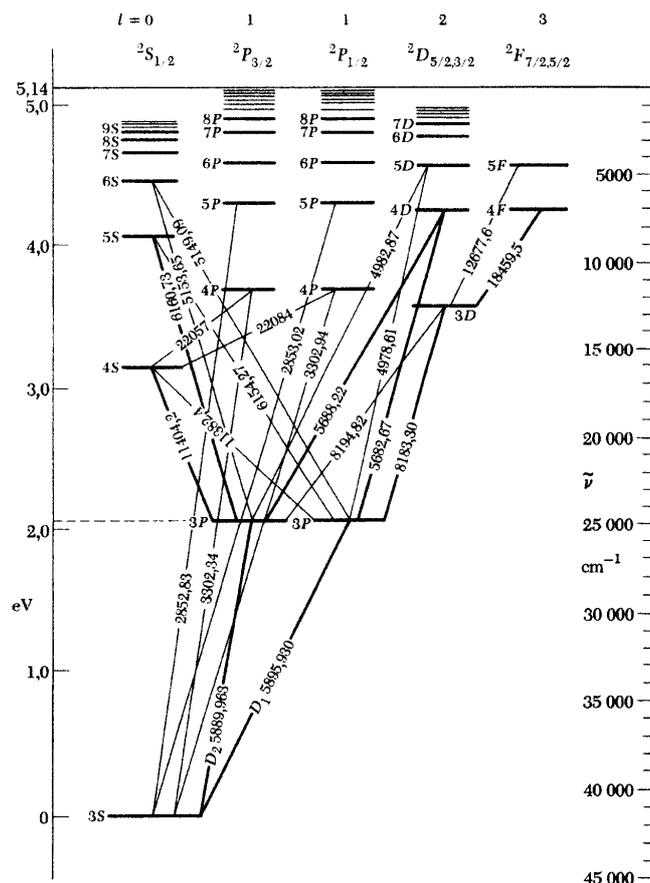
Atomspektren

10.3.10

I. Zielsetzung des Versuchs

Bei diesem Versuch werden Sie sich zum ersten Mal quantitativ mit atomaren Spektren beschäftigen, und zwar zunächst mit dem Linienspektrum des einfachsten quantenmechanischen Systems, des Wasserstoffatoms. Damit können Sie die Vorhersagen des Bohrschen Atommodelles überprüfen und eine wichtige Naturkonstante, die Rydberg-Konstante, bestimmen. Das Wasserstoffatom stellt einen wichtigen Modellfall für ein quantenmechanisches System dar, das aus mehreren Elementarteilchen (hier: Proton und Elektron) aufgebaut ist. Sämtliche natürliche wie auch künstlich gebildete Elementarteilchen-Systeme weisen diskrete Energieniveaus auf. Dies gilt für den Atomkern (Protonen und Neutronen), wie auch für die Kernbausteine selbst, die aus Quarks aufgebaut sind.

Anschließend widmen Sie sich der Untersuchung der Spektrallinien des Alkaliatoms Natrium. Dabei richten Sie Ihr besonderes Augenmerk auf die Feinstrukturaufspaltung der Spektrallinien, deren Ursache der Eigendrehimpuls oder Spin des Elektrons ist. Die quantitative Bestimmung dieses Effektes wird erst durch das hohe spektrale Auflösungsvermögen eines Gitterspektralapparates ermöglicht. Sie sollten sich daher über diese Besonderheit entsprechend gut informiert haben. Ferner können Sie durch die Analyse der von Ihnen beobachteten Spektren von Alkaliatomen (wasserstoffähnliche Spektren) die Gültigkeit der Auswahlregeln für erlaubte Übergänge überprüfen



II. Vorkenntnisse

Die Existenz diskreter Energieniveaus.

Das Termschema eines Atoms; das Ritz'sche Kombinationsprinzip. Übergänge zwischen verschiedenen Energieniveaus; quantisierte Licht- Emission und -Absorption.

Anregungswahrscheinlichkeit und Breite eines Energieniveaus.

Das Modell des klassischen Elektronen-Oszillators.

Das Bohr'sche Atommodell; die Bohr'schen Postulate.

Die Sommerfeld'sche Erweiterung des Bohr'schen Atommodells.

Das Termschema der Alkaliatome.

Bezeichnung der Energieniveaus durch Quantenzahlen (spektroskopische Schreibweise).

Bedeutung von und Zusammenhänge zwischen den Haupt-, Gesamtdrehimpuls-, Bahndrehimpuls- und Spinquantenzahlen (n , j , l und s).

Das Pauli-Verbot.

Spin-Bahn-Kopplung und die Feinstrukturaufspaltung.

Auswahlregeln für erlaubte Übergänge.

Die Schalenstruktur der Elektronenhülle und seine Bedeutung für das Periodensystem der Elemente.

Aufbau und Funktionsweise eines Gitterspektralapparates. Spektrales Auflösungsvermögen eines Gitterspektralapparates.

Literaturangaben/Lehrbücher:

Literaturbeispiele / Lehrbücher

A. C. MELISSINOS: Experiments in Modern Physics, S. 28-43

H. HAKEN UND H. C. WOLF: Atom- und Quantenphysik,

Kap. 8.1 - 8.5, Kap. 8.9 - 8.11, 11, 12.1-12.4 und 12.7-12.10

Berkely-Physik-Kurs, Band 4, Quantenmechanik

Signatur Univ.-Bibliothek

91 UAP 1794

91 UHI 1535(6)

91 UAP 2211(3)-4

Originalliteratur:

E. RUTHERFORD: The scattering of α - and β -particles by matter and the structure of the atoms, Philosophical Magazine 21, 669 (1911)

N. BOHR: On the constitution of atoms and molecules, Philosophical Magazine 26, 1 (1913).

III. Versuchsprogramm

1. Beobachtung des Wasserstoffspektrums mit dem Prismenspektralapparat sowie Eichung des Gitterspektralapparates

Im ersten Versuchsteil sollen Sie zunächst das Wasserstoffspektrum mit einem Prismenspektralapparat beobachten. Neben den vier sichtbaren Linien des atomaren Wasserstoffs (Balmer-Serie) beobachten Sie noch eine Fülle weiterer Spektrallinien. Geben Sie hierfür eine qualitative Erklärung. Vermeiden Sie ein zu starkes Aufheizen der Spektrallampe! Die Lampen dürfen nicht abgedeckt werden!

Bauen Sie nach dieser qualitativen Untersuchung des Spektrums den Spektralapparat auf ein Gitterspektrometer um. Justieren Sie den Spektralapparat, was insbesondere bedeutet, daß Sie das Fernrohr auf Unendlich stellen.

Bestimmen Sie die Gitterkonstante d des Spektralapparates mit einer Cd-Lampe für folgende Wellenlängen:

Farbe	Wellenlänge λ [nm]
Rot	643,84696
Grün	508,5824
Hellblau	479,9914
Blau	467,8136
Violett	441,463

Überprüfen Sie Ihre Meßergebnisse für d im Hinblick auf eine systematische Abhängigkeit von λ und bilden Sie einen geeigneten Mittelwert unter Angabe des Fehlers.

2. Bestimmung der Rydbergkonstanten

Bestimmen Sie die Wellenlängen aller vier sichtbaren Linien des Wasserstoffspektrums und bestimmen Sie daraus die Rydbergkonstante R_H . Die äußerste (violette) Linie ist nur bei optimaler Justierung der Spektrallampe und genügend langer Akkomodation an die Dunkelheit auffindbar. Korrigieren Sie zur Bestimmung von R_H die gemessenen Wellenlängen auf den Vakuumwert (Brechungsindex $n_{\text{Luft}} - 1 = 2,9 \times 10^{-4}$) und führen Sie eine Fehlerrechnung durch. Berücksichtigen Sie bei Ihren Berechnungen auch die Mitbewegung des Kerns.

3. Messung des Spektrums von Natrium

Im ersten Teil des Experimentes sollen Sie das Linienspektrum einer Natriumdampflampe (siehe Abbildung Term-schema oben) mit einem Gitterspektralapparat ausmessen. Justieren Sie dazu zunächst den Spektralapparat und bestimmen Sie die Gitterkonstante wie beim ersten Versuchsteil. Messen Sie dann alle sichtbaren Linien aus und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit einer Wellenlängentabelle. Beachten Sie die Feinstrukturaufspaltung der roten, gelben und grünen Na-Linien und versuchen Sie, diese zu quantifizieren.

4. Die Feinstrukturaufspaltung der roten, gelben und grünen Na-Linien

Zur genaueren Bestimmung der Feinstrukturaufspaltung, die Sie im Versuchsteil 3. bereits beobachten konnten, gehen Sie folgendermaßen vor:

Verwenden Sie ein Beobachtungsfernrohr mit einer Skalenmarkierung. Eichen Sie diese Skala mit Hilfe einiger Linien (z.B. gelb grün) in der ersten Ordnung des Spektrums in Winkleinheiten, wobei Sie die Werte der Winkel aus dem Versuchsteil 3. nutzen. Darauf basierend bestimmen Sie die Feinstrukturaufspaltung in einer möglichst hohen Ordnung des Spektrums. Um sich dieses Vorgehen plausibel zu machen, bedenken Sie bitte folgende Zusammenhänge:

Die Gitterformel $n\lambda = d - \sin(\theta)$ läßt sich für die kleinen Wellenlängenunterschiede λ und $\lambda + \Delta\lambda$ der Feinstrukturaufspaltung entwickeln gemäß:

$$n(\lambda + \Delta\lambda) - n\lambda = d[\sin(\theta + \Delta\theta) - \sin(\theta)]$$

$$\text{Daraus ergibt sich } \Delta\lambda \approx \frac{d}{n} \cos(\theta) \Delta\theta.$$

Vergleichen Sie die Meßgenauigkeit der differentiellen Vorgehensweise mit der aus dem Versuchsteil 3. und vergleichen Sie Ihre Meßergebnisse mit Literaturwerten.