

Bestimmung der Wellenlängen H_α , H_β und H_γ aus der Balmer-Serie des Wasserstoff

Versuchsziele

- Beobachtung der Spektrallinien des atomaren Wasserstoff mit einem hochauflösenden Gitter.
- Messung der Wellenlängen H_α , H_β und H_γ aus der Balmer-Serie.
- Bestimmung der *Rydberg*-Konstanten R_∞ .

Grundlagen

Das Emissionsspektrum des atomaren Wasserstoff hat im sichtbaren Bereich die Linien H_α , H_β , und H_γ . Sie setzen sich in den Ultraviolettbereich zu einer vollständigen Serie fort. Für die Frequenzen dieser Serie stellte *Balmer* 1885 empirisch die Formel

$$\nu = R_\infty \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad m: 3, 4, 5, \dots \quad (I)$$

$R_\infty = 3,2899 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$: *Rydberg*-Konstante

auf, die später durch das *Bohrsche* Atommodell erklärt werden konnte (siehe Fig. 1).

Zur Anregung des Emissionsspektrums dient im Versuch eine mit Wasserdampf gefüllte *Balmer-Lampe*, in der Wassermoleküle durch elektrische Entladung in angeregten atomaren Wasserstoff und eine Hydroxylgruppe aufgespaltet werden. Mit einem hochauflösenden Gitter werden die Wellenlängen der Linien H_α , H_β und H_γ bestimmt. In der ersten Beugungsordnung des Gitters besteht zwischen der Wellenlänge λ und dem Beobachtungswinkel ϑ der Zusammenhang

$$\lambda = d \cdot \sin \vartheta \quad (II)$$

d : Gitterkonstante

Die Messwerte werden mit den nach der *Balmer-Formel* (I) berechneten Frequenzen verglichen.

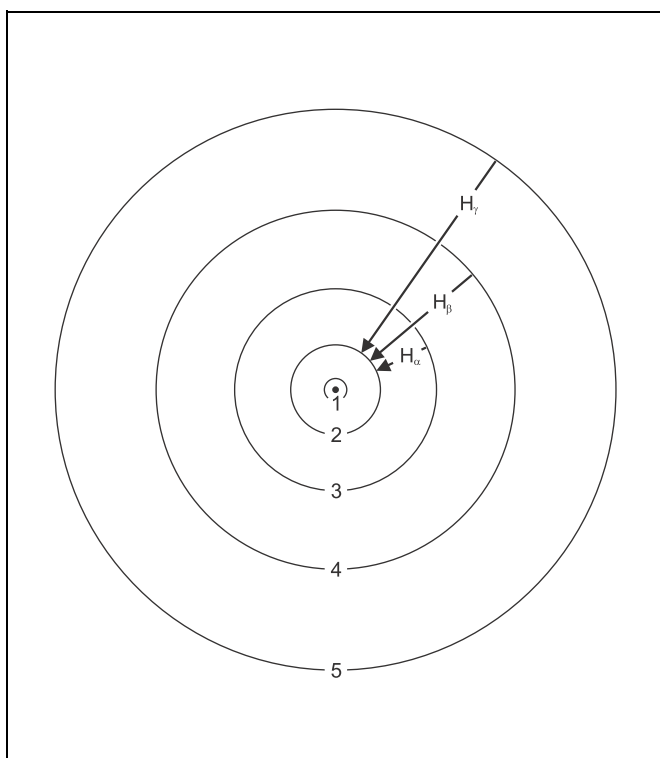


Fig. 1 *Bohrsches* Atommodell des Wasserstoff mit Übergängen aus der *Balmer*-Serie (schematische Darstellung).

Geräte

1 Balmer-Lampe	451 13
1 Betriebsgerät zur Balmer-Lampe	451 14
1 Kopie eines Rowlandgitters	471 23
1 Halter mit Federklemmen	460 22
1 Linse $f = + 50$ mm	460 02
1 Linse $f = + 100$ mm	460 03
1 Verstellbarer Spalt	460 14
1 Durchscheinender Schirm	441 53
1 Kleine Optische Bank	460 43
1 Großer Stativfuß, V-förmig	300 01
6 Leybold-Muffen	301 01
1 Rollbandmaß, 2 m	311 77

Montage:

- Ggf. Balmer-Lampe gemäß Gebrauchsanweisung in den Halter einsetzen.
- Kleine Optische Bank aufbauen und Leybold-Muffen wie in Fig. 2 dargestellt befestigen, dabei zweite Muffe um 180° gedreht anbringen.
- Halter mit Balmer-Lampe auf der Optischen Bank montieren, Betriebsgerät an das Netz anschließen und einschalten.
- Beide Linsen, verstellbaren Spalt und Halter mit Federklemmen montieren und in der Höhe ausrichten.
- Durchscheinenden Schirm Fig. 3 entsprechend anordnen.

Feinjustierung:

- Balmer-Lampe durch Drehen des Halters in der Leybold-Muffe und durch vertikale Verschiebung auf die optische Achse ausrichten.
- Linse $f = 50$ mm parallel und senkrecht zur optischen Achse verschieben, bis die Balmer-Lampe scharf auf den verstellbaren Spalt abgebildet wird.
- Spaltbild durch Verschieben der Linse $f = 100$ mm scharf auf den durchscheinenden Schirm abbilden.

Aufbau

Hinweis:

Die Beobachtung der Spektrallinien ist nur in einem vollständig verdunkelten Raum möglich.

Der Versuchsaufbau ist in Fig. 2 und 3 dargestellt.

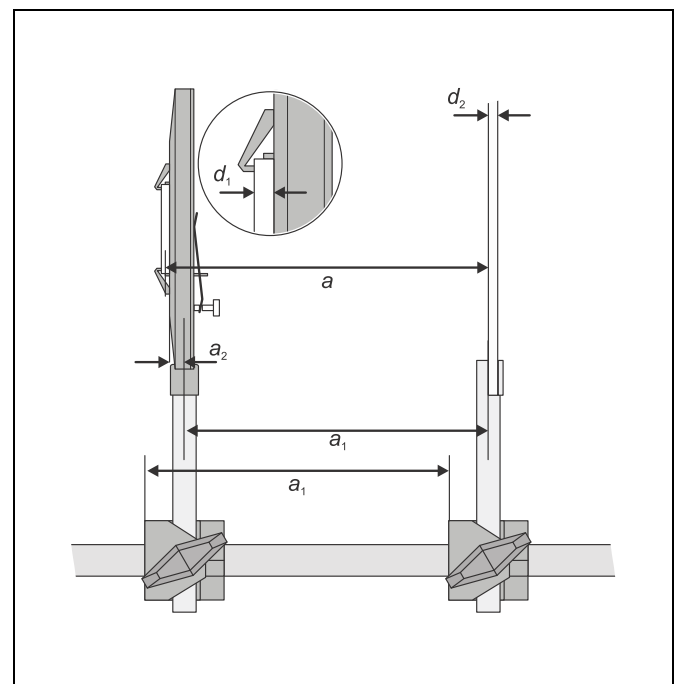
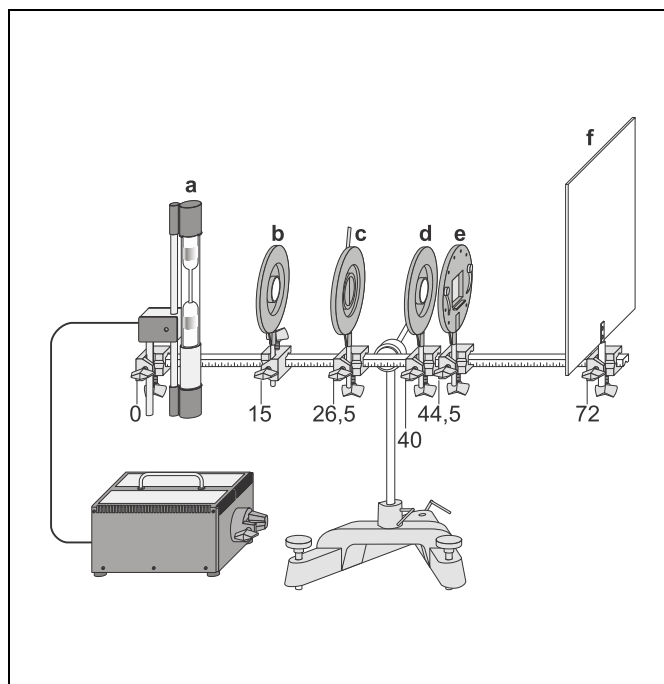


Fig. 2 Versuchsaufbau zur Untersuchung der Balmer-Serie des Wasserstoff (mit Positionsangabe in cm für den linken Muffenrand auf der Optischen Bank).

- a** Balmer-Lampe
- b** Abbildungslinse $f = 50$ mm
- c** Verstellbarer Spalt
- d** Abbildungslinse $f = 100$ mm
- e** Gitter
- f** Beobachtungsschirm

Fig. 3 Detaildarstellung mit Rowlandgitter und durchleuchtendem Schirm

Sicherheitshinweis

Das Betriebsgerät der *Balmer-Lampe* erzeugt berührungsfähliche Spannungen, die an den Kontakten des Halters frei zugänglich sind, solange die Balmer-Lampe nicht eingebaut ist.

- Betriebsgerät nicht an das Netz anschließen, wenn die Balmer-Lampe nicht in den Halter eingebaut ist.

Durchführung

- Kopie eines Rowlandgitters in den Strahlengang schieben.
- Experimentierraum vollständig verdunkeln und durchscheinenden Schirm in Transmission beobachten.
- Verstellbaren Spalt soweit schließen, bis getrennte Linien auf dem Schirm beobachtet werden können.
- Evtl. mit einer Sichtblende aus Pappe störendes Licht aus der Balmer-Lampe ausblenden.
- Position der Linien und der 0-ten Beugungsordnung auf dem Schirm markieren.
- Abstände b der Linien zur 0-ten Beugungsordnung auf dem Schirm messen.
- Abstand a zwischen Rowlandgitter und durchscheinendem Schirm bestimmen (siehe Fig. 3).

Messbeispiel

Gitterabstand a :

- Muffe 1 – Muffe 2: $a_1 = 275 \text{ mm}$
- Stielmitte – Halterrand: $a_2 = 5 \text{ mm}$
- Rowlandgitter: $d_1 = 2,5 \text{ mm}$
- Durchscheinender Schirm: $d_2 = 3 \text{ mm}$

Linienabstände:

Tab. 1: Abstände b der Linien zur 0-ten Beugungsordnung (Gitterkonstante $g = 600 \text{ mm}^{-1}$)

Farbe	$\frac{b}{\text{mm}}$	
	links	rechts
rot	121	123
türkis	89	87
blau	78	76

Auswertung

Gitterkonstante: $d = \frac{1}{g} = 1,67 \mu\text{m}$

Gitterabstand (siehe Fig. 3): $a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2 = 284 \text{ mm}$

Fig. 4 entnimmt man $\sin \vartheta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$.

Daraus folgt mit (II) $\lambda = d \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ bzw. $\nu = \frac{c}{d} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b}$

c : Vakuumlichtgeschwindigkeit

Tab. 2: Wellenlängen und Frequenzen der beobachteten Linien

Farbe	Linie	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$	$\frac{\nu}{\text{THz}}$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$
rot	H_α	658	456	0,1389
türkis	H_β	493	608	0,1875
blau	H_γ	436	688	0,2100

In Tab. 2 sind die ermittelten Wellenlängen und Frequenzen der Linien H_α , H_β und H_γ angegeben. Fig. 5 zeigt die Frequenzen in Abhängigkeit von dem Term $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$ in einem Diagramm. Die Steigung der eingezeichneten Ursprungsgeraden ist $R = 3,27 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$. Dieser Wert stimmt hervorragend mit dem Literaturwert für die *Rydberg*-Konstante überein (s. o.).

Ergebnis

Die Frequenzen der *Balmer*-Serie des Wasserstoff sind durch die *Balmer*-Formel gegeben, die sich unmittelbar aus dem *Bohrschen* Atommodell ergibt.

Fig. 4 Beugung am Gitter in der ersten Beugungsordnung.

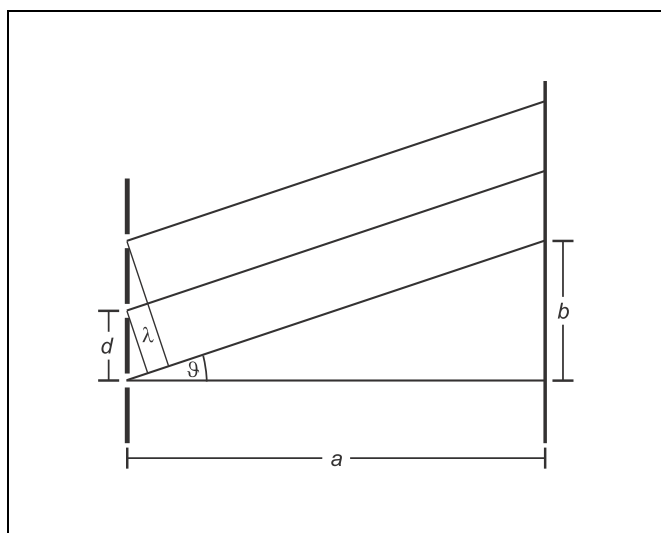


Fig. 5 Frequenzen ν in Abhängigkeit von $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$

