Versuch 20 – Wasserstoffspektrum

Gruppe 1
Name: Ondrej Burkacky
Doris Weber

Aufgabe

Aus den gemessenen Wellenlängen der Linien der Balmer-Serie im Wasserstoffspektrum soll die Rydberg Konstante berechnet werden.

Theorie

Nach der Bohrschen Atommodell bewegen sich die Elektronen in einem Atom auf diskreten Kreisbahnen mit konstanter Geschwindigkeit. Für eine stabile Bahn muss die Kernanziehungskraft und die Zentrifugalkraft gleich groß sein, denn sonst würde das Elektron entweder in den Kern stürzen oder sich vom Kern entfernen. Es muss also gelten:

$\frac{1}{4\pi \varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$, wobei sich die Energie einer Bahn wiederum aus der kinetischen und der potentiellen Energie zusammensetzt: $E = -\frac{1}{4\pi \varepsilon_0}\frac{e^2}{r} + \frac{1}{2}mv^2$. Aus diesen beiden Gleichungen ergibt sich für die Energie $E = -\frac{e^2}{8\pi \varepsilon_0 r}$

Durch die Quantelung des Bahndrehimpulses kann sich das Elektron nach Bohr nur auf bestimmten Kreisbahnen aufhalten, die durch $r = \frac{4\pi \varepsilon_0 n^2\hbar^2}{e^2 m}$ bzw. $E = -\frac{e^4 m}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$ (n=1,2,3...) gegeben sind.

Somit ergibt sich für die Differenz zwischen zwei solchen Bahnen in Wellenzahlen ausgedrückt: $\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ mit $R = \frac{e^4 m}{8\varepsilon_0 h^3 c}$. R wird die Rydberg-Konstante genannt.

Beim Wasserstoffatom bilden die Übergänge n_1=2 und n_2=3 (rot), n_2=4 (türkis), n_2=5 (blau), n_3=6 (violett) die sogenannte Balmer-Serie. Betrachtet man das Licht einer mit Wasserdampf gefüllten Lampe ($H_20 \rightarrow H+OH^-$), kann man diese Übergänge mit Hilfe eines Strichgitters beobachten und messen (Beugung).
Es treten nämlich dann keine Auslöschungen ein, wenn gilt $n\lambda = d \sin \alpha$ (n=0,1,2..).
Der Gitterabstand d beträgt in diesem Versuch 10^{-3} cm und α kann am Spektrometertisch abgelesen werden.

Versuchsdurchführung

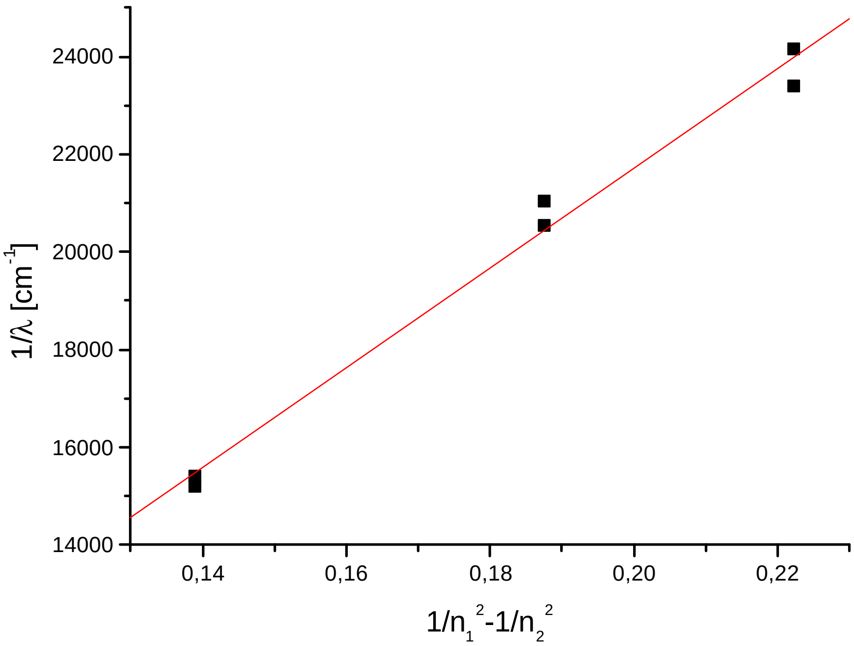
Nach einer exakten Justierung des Spektrometers wird die Balmer-Lampe eingeschaltet und die Beugungswinkel der drei langwelligsten Linien der Balmer-Serie in 1. und 2. Beugungsordnung rechts und links vom Beugungswinkel 0° (rosa Linie) gemessen. Leider ist die Lampe vor der Messung der 2. Beugungsordnung in eine Richtung kaputt gegangen, und somit existieren hier keine Messwerte. Die Werte in der folgenden Tabelle sind falls nicht anders angegeben in Grad (es wurde jeweils der linke und rechte Rand gemessen und dann gemittelt). Δ gibt jeweils den Unterschied zum Mittelpunkt der rosa Linie (entspricht Beugungswinkel 0°) an.

Unter dem gesamten Mittelwert von Δ ist der gemittelte Wert zwischen den beiden Δ der Ablesewerte gemeint.

λ wurde gemäß $n l = d \sin a$ berechnet (α entspricht dem gesamten Mittelwert von Δ).

	rechts	links	Mittelwert	links	rechts	Mittelwert
rosa						
	0,1	0,45	0,275	180	180,3	180,3583
violett						
	358,1	358	358,058	178	177,8	177,8833
			2,21667			2,475
			Mittelwert von Δ	2,3		
violett		(andere Seite)				
	3,083	2,95	3,01667	183	182,6	182,725
		Δ	2,74167		Δ	2,366667
			Mittelwert von Δ	2,6		
	gesamter Mittelwert von Δ.			2,4	λ [m]	4,27E-07
türkis						
	357,8	358	357,742	178	177,5	177,5667
			2,53333			2,791667
			Mittelwert von Δ	2,7		
türkis		(andere Seite)				
	3,35	3,28	3,31667	183	183,1	183,15
		Δ	3,04167		Δ	2,791667
			Mittelwert von Δ	2,9		
	gesamter Mittelwert von Δ:			2,8	λ [m]	4,87E-07
rot						
	356,8	357	356,758	177	176,5	176,5667
		Δ	3,51667		Δ	3,791667
			Mittelwert von Δ	3,7		
rot		(andere Seite)				
	4,333	4,25	4,29167	184	184,1	184,125
		Δ	4,01667		Δ	3,766667
			Mittelwert von Δ	3,9		
	gesamter Mittelwert von Δ			3,8	λ [m]	6,58E-07
violett	(2.)					
	355,6	356	355,55	176	175,3	175,5833
		Δ	4,725		Δ	4,775
			Mittelwert von Δ	4,7	λ [m]	4,14E-07
türkis	(2.)					
	355	355	354,95	175	174,7	174,775
		Δ	5,325		Δ	5,583333
			Mittelwert von Δ	5,5	λ [m]	4,75E-07
rot	(2.)					
	353,1	353	352,942	173	172,7	172,775
		Δ	7,33333		Δ	7,583333
			Mittelwert von Δ	7,5	λ [m]	6,49E-07

Aus den eingerahmten Werten lässt sich die Rydberg-Konstante bestimmen, wenn man 1/λ [cm^{-1}] gegen $\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}$ in einem Graphen aufträgt. Die Steigung entspricht dann genau der Rydberg-Konstante.



$\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}$	$\frac{1}{l}$ [cm^{-1}]
0,13889	15407,70814
0,13889	15197,0513
0,1875	21041,67614
0,1875	20547,30588
0,22222	24152,1953
0,22222	23393,16074

Die Regression ergibt für die Steigung 107825 cm^{-1}. Der theoretische Wert liegt bei 109596 cm^{-1}, was einer Abweichung von 1,6% entspricht. Vielleicht hätte die Messung von der anderen Seite der 2. Ordnung die Genauigkeit erhöht.