

Name: Marius Pfeiffer
E-Mail: marius.pfeiffer@stud.uni-heidelberg.de

Matrikel-Nr.: 4188573

Betreut durch: Valentin Krems

13.02.2025

Versuch 255: Röntgenspektrometer

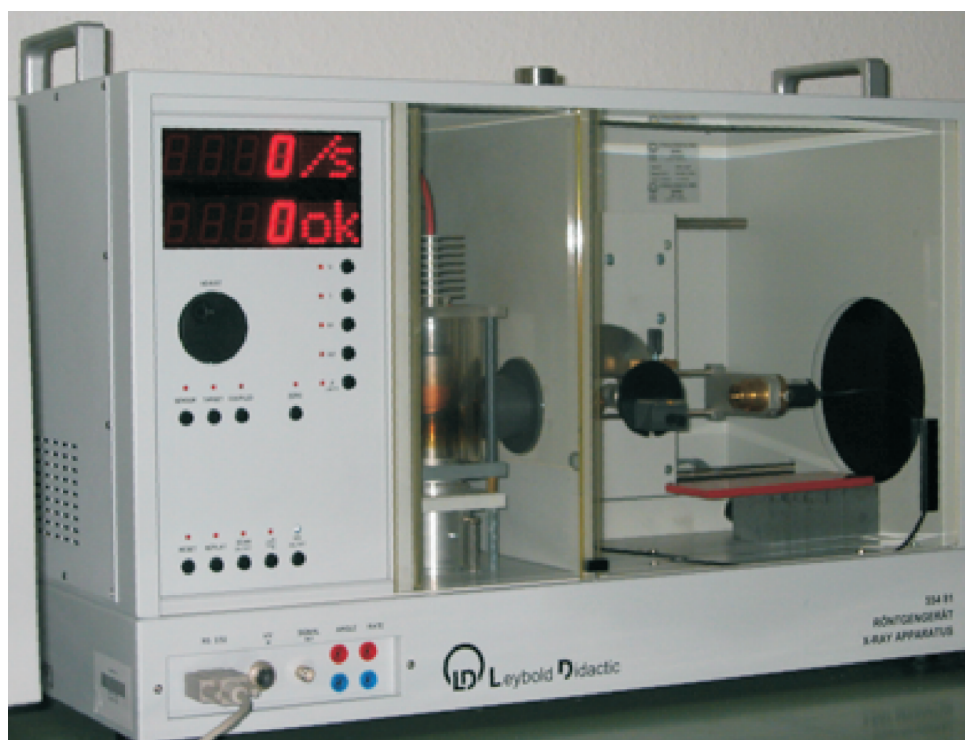


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Physikalische Grundlagen	2
1.2	Versuchsdurchführung	2
2	Messprotokoll	3
3	Auswertung	5
4	Zusammenfassung und Diskussion	6

1 Einleitung

In Versuch 255 setzen wir uns mit der Funktionsweise einer Röntgenröhre, sowie dem charakteristischen Spektrum der Röntgenstrahlung auseinander. Neben quantitativen Untersuchungen des Röntgenspektrums selbst, nutzen wir das Prinzip der Bragg-Reflexion, um unter anderem die Gitterkonstante eines NaCl-Kristalls zu bestimmen.

1.1 Physikalische Grundlagen

Die Röntgenröhre

Eine Röntgenröhre ist aufgebaut aus einer Glühkathode und einer Anode, welche sich in einem evakuierten Glaskolben befinden. Durch Glühemission werden aus der Kathode Elektronen freigesetzt, welche durch eine Beschleunigungsspannung von 10 bis 100kV, welche zwischen Kathode und Anode anliegt beschleunigt werden. Der kontinuierliche Teil des Röntgenspektrums wird durch die ausgehende Bremsstrahlung beim Abbremsen der Elektronen im Anodenmaterial verursacht. Diese Strahlung setzt bei einer bestimmten Grenzwellenlänge λ_{gr} ein, welche sich nach

$$\lambda_{gr} = \frac{hc}{eU} \quad (1)$$

berechnen lässt. Hierbei sind h, c, e das Plank'sche Wirkungsquantum, die Lichtgeschwindigkeit und die Elementarladung. U ist die an der Röntgenröhre anliegende Beschleunigungsspannung. Durch frei werdende Strahlung bei der Ionisation des Anodenmaterials ist dem kontinuierlichen Spektrum ein diskretes Spektrum überlagert, welches charakteristisch für das jeweilige Anodenmaterial ist. Die Positionen der Linien im diskreten Spektrum sind abhängig von der Ursprungs- und Ziel-Schale von bzw. zu welcher der Übergang des Elektrons stattfindet. Beispielsweise bezeichnen wir die Strahlung der Übergänge von der L - auf die K -Schale als K_α -Strahlung, die für die Übergänge der M - auf die K -Schale als K_β -Strahlung. Die freiwerdende Energie eines Übergangs von der n -ten zur m -ten Schale lässt sich durch das Moseley'sche Gesetz

$$E_{n \rightarrow m} = hcR_\infty(Z - A)^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

berechnen. Hier gehen die Rydbergkonstante R_∞ , sowie die Kernladungszahl Z und die Abschirmung der Kernladung als Abschirmungskonstante A mit ein. Nähert man die Abschirmungskonstante als $A \approx 1$ an, so lässt sich mit dem Moseley'schen Gesetz eine Näherung der Energie für die K_α -Strahlung abhängig von der Kernladungszahl angeben:

$$E_{2 \rightarrow 1} = hcR_\infty(Z - 1)^2 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4}hcR_\infty(Z - 1)^2. \quad (3)$$

Es ist zu beachten, dass bei genauerer Betrachtung, neben der Hauptquantenzahl, noch eine Entartung der Drehimpuls- und Spinquantenzahl in die freigesetzte Energie der Übergänge eingeht. Das Moseley'sche Gesetz gibt somit nur eine Näherung an.

Bragg-Reflexion

Als Bragg-Reflexion bezeichnet man die Beugung von Röntgenstrahlung durch die Gitterstruktur von Kristallen. Die Atomabstände in der Kristallstruktur befinden sich in der gleichen Größenordnung wie die Wellenlängen der Röntgenstrahlung, weshalb sich die Bragg-Reflexion zur Untersuchung des Röntgenspektrums eignet.

1.2 Versuchsdurchführung

Versuchsprotokoll 255

Manius Pfeiffer
Robert Grosch

13.07.2025

Aufgabe 1 (LiF)

$$U = 35 \text{ kV}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$I = 1 \text{ mA}$$

$$\Delta\beta = 0.2^\circ$$

$$\beta \in [3^\circ, 22^\circ]$$

Aufgabe 2 (LiF)

$$U = 35 \text{ kV}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

$$I = 1 \text{ mA}$$

$$\Delta\beta = 0.1^\circ$$

β - Bereiche:

K_β 1. Ordnung

ca. 8.5° bis 9.5°

K_α 1. Ordnung

ca. 9.6° bis 10.7°

K_β 2. Ordnung

ca. 17.5° bis 18.9°

K_α 2. Ordnung

ca. 20.1° bis 21.2°

Aufgabe 3 (LiF)

$$I = 1 \text{ mA} \quad t = 20 \text{ s} \quad \beta = 7.5^\circ$$

Spannung [kV]	Zählrate [$\frac{1}{s}$]
20	0.65
21	1.60
22	1.40
23	10.35
24	123.9
25	236.5
26	425.3
27	551.3
28	646.8
29	740.4
30	841.4
31	937.4
32	1005
33	1092
34	1155
35	1213

Aufgabe 4 (NaCl)

$$U = 35 \text{ kV}$$

$$I = 1 \text{ mA}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$\Delta\beta = 0.2^\circ$$

$$\beta \in [3^\circ, 18^\circ]$$

V. LG

3 Auswertung

4 Zusammenfassung und Diskussion