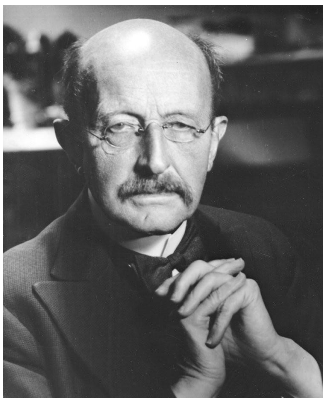
Finn Lorbeer & Arndt Quer

Physikalisches Praktikum für Anfänger – Teil 1
Gruppe 3 - Atompühysik

3.8 Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums aus der Grenzfrequenz von Röntgenstrahlung

Motivation:

In dem Versuch ist es das Ziel, das Planksche Wirkungsquantum zu ermitteln. Dies ist eine fundamentale Naturkonstante, welche Teilchen- und Welleneigenschaften eines Quants verbindet.


Max Planck

Benannt nach Max Planck, der sie 1900 als als Hilfe für die Beschreibung des Verhaltens schwarzer Strahler erstmals einführte.

Es gilt, dass die Energie eines Quants von der Wellenlänge und somit von der Energie des Lichts mit folgender Beziehung abhängen:

$E_{Quant}=h\cdot f$, wobei h das Plancksche Wirkungsquantum ist und f die Frequenz des Lichts.

In einer Röntgenröhre werde Elektronen beschleunigt, abhängig von der Anodenspannung U_A. Sie bekommen bis zum Auftreffen auf die Anode folgende kinetische Energie:

$E_{kin}=e\cdot U_A$, mit der Elementarladung e.

In der Anode werden die Elektronen sehr schnell gebremst, wandeln also ihre kinetische Energie um und zwar in Wärmeenergie Q oder in „Lichtenergie“, also Quanten mit der oben beschriebenen Energie.

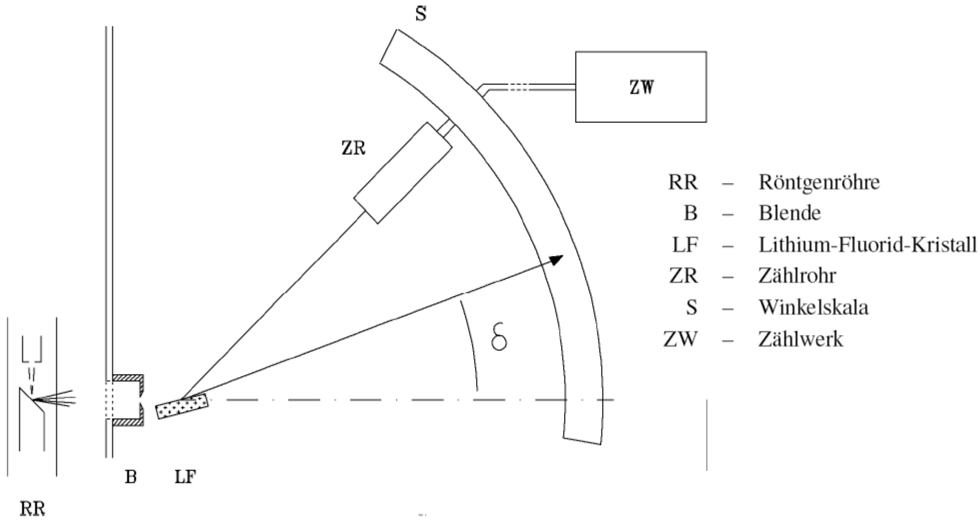
Je energiereicher die Quanten werden, desto weniger Energie wird in Wärme umgewandelt. Für Quanten mit der höchsten Energie hier gilt, dass keine Wärmeenergie erzeugt wird, also:

$$E_{Kin}=e\cdot U_A=h\cdot f_{max}=E_{Quant}$$

Da wir die Anodenspannung kontrollieren können, wissen wir dass wir die Energiereichsten Elektronen (in Abh. Von der Anodenspannung) finden müssen. Damit können wir das plancksche Wirkungsquantum h errechnen.

Die Frequenz messen wir aus der Wellenlänge des Lichts mit $f_{max}=\frac{c}{\lambda_{min}}$ (c=Lichtgeschwindigk.)

Versuchsaufbau:



In einer Röntgenröhre ist ein Lithium-Fluorid-Kristall in den Röntgenstrahl eingebaut.
Der Röntgenstrahl wird anfangs durch eine 2mm breite Blende begrenzt und trifft danach auf den Kristall. Dieser ist drehbar gelagert, sodass der Aufprallwinkel verändert werden kann.

Ablauf:

Zunächst wird die Nullrate bei ausgeschalteter Röntgenröhre (über eine Dauer, nicht kürzer als 5 Minuten) bestimmt.

Nun messen wir für 5 oder mehr Kristallstellungen (Winkel δ) beginnend bei 21kV in 1kV Schritten abwärts über jeweils ½ Minute die Zählrate.
Zuvor stellen wir das Zählrohr (bei maximaler Anodenspannung) auf das reflektierende Bündel ein.

Es werden in ein Diagramm jeweils aufgetragen: Die Zählrate n über der Anodenspannung U_A.
Durch Extrapolation wird die Einsatzspannung U_e, als Schnitt mit der Abszisse herausgefunden.

Mit der Bragg-Bedingung $\lambda=2\cdot d\cdot\sin\delta$ und dem bekanntem Netzebenenabstand vom Kristial $d=201pm$ lässt sich die zur Einsatzpannung zugehörige Grenzwellenlänge λ_{min} errechnen.

Da nun damit direkt die Frequenz f_{max} folgt, schätzen wir den Fehler Δf_{max} aus dem Fehler der Winkeleinstellung ab.
Als weiteren Fehler können wir aus der Graphik den Δu_e ablesen.

Wenn wir nun Einsatzspannung U_e über der maximalen Frequenz f_{max} auftragen, können wir aus der Geradensteigung s das Plancksche Wirkungsquantum ablesen, da die Linearität $e\cdot U_e=h\cdot f_{max}$ und damit $\Rightarrow U_e=\frac{h}{e}\cdot f_{max}$ gilt.

Also gilt $h=s\cdot e$. Unter Berücksichtigung der Fehler bestimmen wir nun so experimentell das Plancksche Wirkungsquantum.

Messungen:

Nullrate (5 Minuten): ______________ $\Rightarrow$ Nullrate ($^1/_2$ Minute): ______________

U_a/kV	n_1 bei δ_1=	n_2 bei δ_2=	n_3 bei δ_3=	n_4 bei δ_4=	n_5 bei δ_5=	n_6 bei δ_6=
21						
20						
19						
18						
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
10						
9						
8						
7						
6						
5						
4						
3						
2						
1						
0						

Aus dem Graphen n über U_A Abgelesen:

U_{e1}/kV	U_{e2}/kV	U_{e3}/kV	U_{e4}/kV	U_{e5}/kV	U_{e6}/kV	$\langle U_e \rangle$/kV

Standartabweichung: $\delta U_e = \sqrt{\sum_{k=1}^{6} \left(U_{ek} - < U_e >\right)^2}$

Errechnung von λ_{min} und f_{max} mit $\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin\delta$, $d = 201 \cdot 10^{-12} m$

$\lambda_{min} =$

$\Delta\lambda_{min} =$

und mit $f_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}}$ folgt

$f_{max} =$

$\Delta f_{max} =$

Aus der Graphik U_e über f_{max}:

Geradensteigung: $s =$

Fehlerbetrachtung (graphisch):

Plancksche Wirkungsquantum:

$h = s \cdot e$ mit ($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19} J$ und $[s] = V \cdot s$)

$h =$

$\Delta h =$

Theoretischer Wert: $h_{theo} = 6{,}6260693 \cdot 10^{-34} J = 4{,}13566743 \cdot 10^{-15} eVs$

Abweichung des experimentellen Werts: