

Schülerlabor

Versuch: A5 Physik der Röntgenstrahlung

1 Röntgenbremsstrahlung

Aufgaben:

- 1.1 Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Röntgen-Bremsstrahlung von der Anodenspannung der Röntgenröhre.
- 1.2. Bestimmen Sie die Grenzwellenlängen λ_{\min} und die Grenzfrequenzen f_{\max} bei 4 verschiedenen Werten der Anodenspannung.
- 1.3. Berechnen Sie mit den ermittelten Werten der Grenzfrequenzen und der Anodenspannung U_a das Plancksche Wirkungsquantum h .

Zur Bestimmung der Wellenlängen von Röntgenstrahlen werden diese auf einen Kristall gerichtet. An den Gitterebenen des Kristalls werden die Röntgenstrahlen gebeugt. Beugungsmaxima entstehen dort, wo der Gangunterschied Δs der gebeugten Röntgenwellen ein ganzzahlig Vielfaches der Wellenlänge λ ist. Für diesen Glanzwinkel φ , bei dem ein Intensitätsmaximum der gebeugten Wellen entsteht, gilt die Braggsche Reflexionsbedingung:

$$\text{Gl.1} \quad 2 d \sin \varphi_n = n \lambda,$$

Hierbei bedeuten d den Netzebenenabstand der Gitterbausteine und n die Ordnung der Beugungsmaxima.

Für den verwendeten NaCl-Kristall beträgt der Netzebenenabstand $d = 282 \text{ pm}$. Nachdem die Grenzwellenlängen der Bremsstrahlung aus den Beugungswinkeln φ für verschiedene Anodenspannungen aus dem Spektrum ermittelt wurden, kann ihre Frequenz und Energie berechnet werden. Es gilt die Energiebeziehung

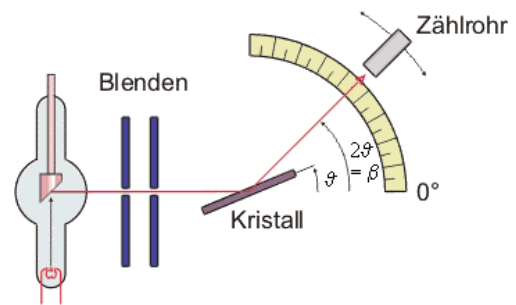
$$\text{Gl. 2} \quad e U_a = h f = h c / \lambda$$

Bestimmen Sie für alle Werte der verwendeten Anodenspannung den Wert des Planckschen Wirkungsquantums h .

Stellen Sie die Anodenspannung auf die Werte 35 kV, 30 kV, 25 kV und 20 kV ein

Vergleichen Sie den berechneten Mittelwert von h mit dem Tabellenwert.

Ergebnis: $h = \dots\dots\dots$ Abweichung: $\dots\dots\dots$ %



2. Charakteristische Röntgenstrahlung

Treffen energiereiche Elektronen auf die Metallanode der Röntgenröhre, so werden aus den kernnahen Schalen der Atome Elektronen herausgeschlagen. Durch Elektronen aus den höheren Schalen werden die entstandenen Lücken wieder aufgefüllt; dabei wird die freiwerdende Energie als Röntgenstrahlung ausgesendet. Die Wellenlängen der Röntgenstrahlung ist für das Anodenmaterial charakteristisch.

Für die Frequenz der Röntgenstrahlung gilt das Moseley-Gesetz:

$$\text{Gl.3} \quad f = (Z-1)^2 R_{\gamma} (1/n^2 - 1/m^2)$$

Hierbei bedeuten Z die Ordnungszahl des Anodenmaterials, R_γ die Rydbergfrequenz und n und m die Bezeichnungen der Elektronenschalen. Für die K-Schale ist $n=1$ und für m wird als Laufterm für die L- und M-Schalen die Werte 2,3...eingesetzt.

Beispielsweise ist für die Ordnungszahl der Molybdän-Anode der Wert $Z=41$ einzusetzen und für die $K\alpha$ -Linie, die beim Übergang von der L- zur K-Schale entsteht, ist $n=1$ und $m=2$.

Die Rydbergfrequenz hat den Wert $R_\gamma = 3,29,10^{15}$ Hz.

2.1 Berechnen Sie Frequenzen, Wellenlängen und Energien der $K\alpha$ - und $K\beta$ -Röntgenlinien für eine Molybdän-Anode.

Nehmen Sie das Spektrum der charakteristischen Strahlung der Molybdänanode auf und ermitteln Sie aus dem Spektrum die Wert für die $K\alpha$ -und $K\beta$ -Linien.

Vergleichen Sie Rechenwerte und Messwerte.

2.2 Bestimmung des Netzebenenabstand eines LiF-Kristalls

In einem Kristall wirken die Gitterbausteine als Beugungszentren für die Röntgenstrahlen. Trifft ein paralleles Bündel von Röntgenstrahlen auf eine Kristall, so erregen sie an jeden Gitterbaustein Elementarwellen, die sich im Raum in alle Richtungen ausbreiten. Es gibt für jede Wellenlänge eine bestimmte Richtung, in der alle Elementarwellen den gleichen Wegunterschied zurückgelegt haben und daher gleichphasig oder kohärent sind und sich verstärken .

Bei Kenntnis der Wellenlänge der Röntgenstrahlung lässt sich so der Netzebenenabstand der Gitterbausteine ermitteln.

Aufgabe:

Unter Verwendung der Gleichung 1 und der gemessenen Wellenlänge der $K\beta$ -Linie des Molybdäns ist der Glanzwinkel φ des LiF-Kristalls zu bestimmen und sein Netzebenenabstand d zu berechnen.