

Übungsaufgaben zur Quantenphysik II

1. De Broglie-Beziehung und Heisenbergsche Unschärferelation

Die De Broglie-Beziehung lässt sich so formulieren, dass das Produkt aus Wellenlänge und Impuls dem Planckschen Wirkungsquantum entspricht. Bringen Sie diese Aussage mit der Unschärferelation in Zusammenhang.

2. Röntgenröhre und Emissionsspektrum

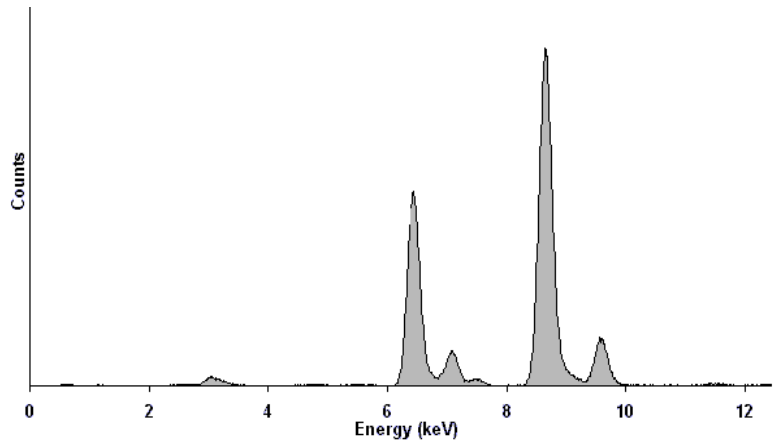
a) Stellen Sie den prinzipiellen Aufbau einer Röntgenröhre dar.

b) Das Anodenmaterial sei Cadmium und die Beschleunigungsspannung 35 kV. Berechnen Sie die Lage der beiden intensivsten Linien im Emissionsspektrum und skizzieren/beschriften Sie das Gesamtspektrum (Intensität als Funktion der Energie), das die Röhre erzeugt.

3. Röntgenfluoreszenzspektren

Neben ist das Spektrum eines metallischen Werkstoffs dargestellt, der aus zwei Metallen besteht. Die beiden intensivsten Signale werden bei 6,4 keV und 8,6 keV beobachtet.

Identifizieren Sie die beiden beteiligten Metalle und erläutern Sie den Ursprung der vier stärksten Signale im Spektrum.

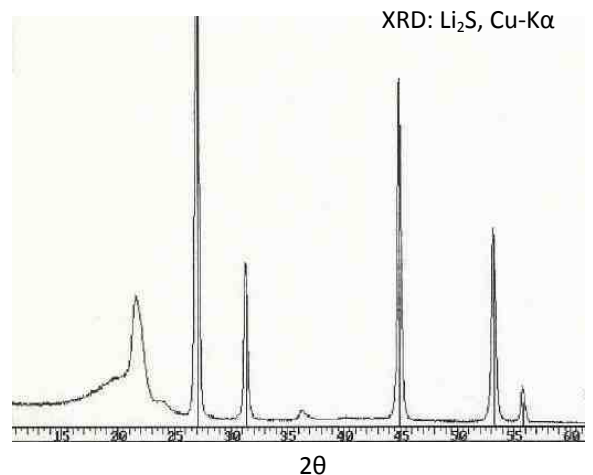


4. Röntgenbeugung

Ein Kristall aus Lithiumsulfid (Li_2S) wird mit der Röntgenstrahlung der K_α -Linie von Kupfer bestrahlt. Neben sind die Beugungssignale als Funktion des doppelten (!) Beugungswinkels 2θ dargestellt.

a) Betrachten Sie die fünf Signale bei $2\theta = 27^\circ$; $31,4^\circ$; 45° ; $53,3^\circ$ und $55,8^\circ$. Welche Schichtebenenabstände können Sie diesen Signalen zuordnen? Sind unter den Signalen auch Reflexe zweiter Ordnung?

b) Unter welchen Winkeln würden Sie die Reflexe bei einem Beugungsexperiment mit Elektronen ($U_b = 4 \text{ kV}$) erwarten? Sind demnach Röntgen- oder Elektronenstrahlen für solche Untersuchungen besser geeignet?



5. Teilchenstrahlen

a) Protonen werden auf 10% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Berechnen Sie (nicht relativistisch) die Energie und die Wellenlänge der Protonen in diesem Strahl.

b) Vergleichen Sie Energie und Wellenlänge des Protonenstrahls mit einem Positronenstrahl gleicher Geschwindigkeit.

6. Das Potentialtopf-Modell

Ein Elektron befinde sich in einem Topf der Länge $2R$, der im Innern das Potential 0 und außen ein unendlich hohes Potential hat. Seine Geschwindigkeit v sei klein im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit.

a) Welche Wellenlängen kann dann die dem Elektron zugeordnete de-Broglie-Welle haben?

b) Leiten Sie eine Formel für $v(n)$ her und zeigen Sie, dass für die Gesamtenergie gilt: $E(n) = \hbar^2 n^2 / (32m_e R^2)$.

c) Vergleichen Sie nun das Potentialtopfmodell mit dem Bohrschen Atommodell, indem Sie für die Gesamtenergie $E(n)$ im ersten Zustand ($n = 1$) die Energie E_1 des ersten Bohrschen Niveaus im Wasserstoffatom einsetzen. Welche Breite R liefert dies für den Potentialtopf? Vergleichen Sie R mit dem Bohrschen Radius.