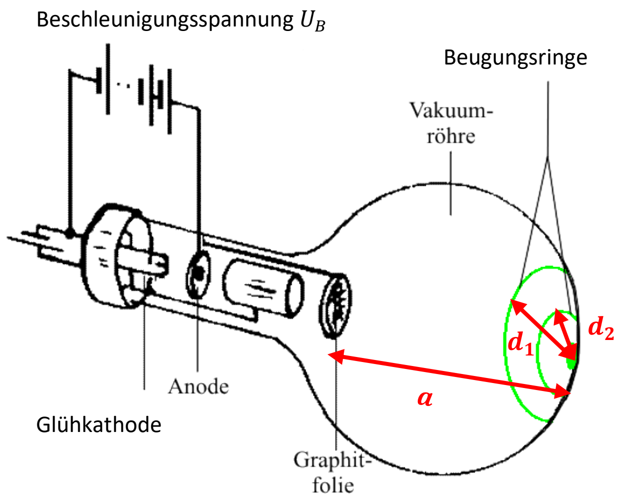
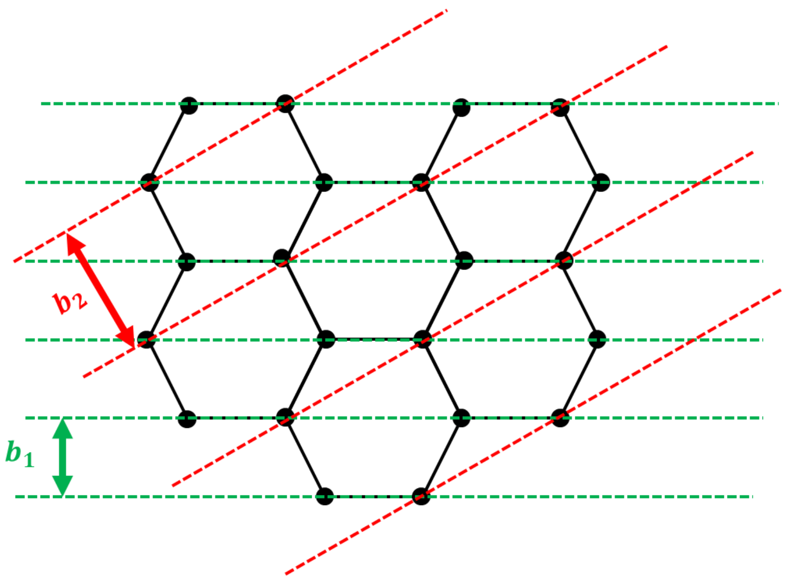
Arbeitsblatt 3: Die Elektronenbeugungsröhre



In der **Elektronenbeugungsröhre** werden in einer Glühkathode freie Elektronen erzeugt und dann in einem elektrischen Feld beschleunigt. Nachdem die Elektronen eine Graphitfolie durchlaufen haben, erzeugen sie auf einem Fluoreszenzschirm konzentrische Kreise, sogenannte Beugungsringe, mit den Radien d_1 und d_2 um einen leuchtenden Fleck in der Mitte. Es handelt sich dabei um zwei Interferenzmaxima 1. Ordnung, die durch Braggreflexion an Kohlenstoffatomen in Netzebenen der Graphitkristalle mit zwei unterschiedlichen Netzebenenabständen b_1 und b_2 erzeugt werden.



Interferenz ist eine charakteristische Welleneigenschaft.
Das Experiment legt also nahe, dass Elektronen unter bestimmten Bedingungen Welleneigenschaften zeigen.

Dem Elektron wird über seinen Impuls $\boldsymbol{p = m \cdot v = \frac{h}{\lambda}}$ die **De Broglie-Wellenlänge $\boldsymbol{\lambda}$** zugeordnet.

Aufgaben:

1) Wenn zwischen Glühkathode und Anode die Beschleunigungsspannung U_B angelegt wird, werden die Elektronen aus der Ruhe auf die Bewegungsenergie $E_{kin} = e \cdot U_B$ beschleunigt.

- Rechne nach, dass für den Impuls eines in der Elektronenbeugungsröhre durch die Beschleunigungsspannung U_B beschleunigten Elektrons gilt

$$\boldsymbol{p = \frac{1}{c} \cdot \sqrt{e^2 {U_B}^2 + 2 \cdot eU_B \cdot E_0}} \, .$$

Verwende dabei $E_{kin} = E - E_0 = e \cdot U_B$ und
die relativistische Energie-Impuls-Beziehung $E^2 = {E_0}^2 + p^2 c^2$.

2) Für die Interferenz von Licht am optischen Gitter gilt näherungsweise: $\boldsymbol{d = \frac{a}{b} \cdot \lambda}$
(vgl. Formelsammlung!)

- Mache dir klar, welche Bedeutung die in der Formel $d = \frac{a}{b} \cdot \lambda$ vorkommenden Größen bei der Erzeugung eines Inferenzmusters mit Licht am optischen Gitter und andererseits bei der Anwendung auf die Elektronenbeugungsröhre haben!

3) Miss an der Elektronenbeugungsröhre den Abstand a der Graphitfolie vom Fluoreszenzschirm und bei der Beschleunigungsspannung $U_B = 2{,}0\ kV$ die Radien d_1 und d_2 der beiden Beugungsringe!

4) Berechne die De Broglie-Wellenlänge λ, die den bei der Beschleunigungsspannung $U_B = 2{,}0\ kV$ beschleunigten Elektronen zugeordnet wird! $(\lambda \approx 2{,}74 \cdot 10^{-11}\ m)$

5) Berechne für $a = 13\ cm, d_1 = 3{,}0\ cm$ und $d_2 = 1{,}7\ cm$ mithilfe der Beziehung $d = \frac{a}{b} \cdot \lambda$ die Netzebenenabstände b_1 und b_2 der Graphitkristalle in der Graphitfolie!

Die Netzebenenabstände liegen in der Größenordnung von $10^{-10}\ m$. In dieser Größenordnung liegt der Abstand der Atome in einem Kristallgitter bzw. in der Graphitfolie der Elektronenbeugungsröhre.

Die De Broglie-Wellenlänge λ der beschleunigten Elektronen hat die Größenordnung $10^{-11}\ m$, beträgt also etwa ein Zehntel des Abstands der Netzebenen der Graphitkristalle. Damit eignet sich die Graphitfolie als atomares Beugungsgitter für die beschleunigten Elektronen.