

1. Elektronenbeugung

Ein monoenergetischer Elektronenstrahl der kinetischen Energie 0,1 MeV fällt senkrecht auf eine dünne Folie mit polykristalliner Struktur. Auf einem Schirm, der 10,0 cm von der Folie entfernt ist, wird ein System von konzentrischen Kreisen beobachtet.

- Berechnen Sie die DeBroglie-Wellenlänge der Elektronen.
- Berechnen Sie den Netzebenenabstand d , wenn der Radius des zugehörigen Interferenzringes 2. Ordnung 2,0 cm beträgt.
- Wie ändert sich die Interferenzfigur, wenn unter Beibehaltung aller anderen Versuchsbedingungen ein Elektronenstrahl niedrigerer Energie verwendet wird?
- Wie lässt sich ohne großen experimentellen Aufwand nachweisen, dass die Interferenz nicht durch Röntgenstrahlung hervorgerufen wird?

2. Elektronenbeugung II

Elektronen mit der kinetischen Energie 70 keV durchstrahlen eine dünne polykristalline Aluminiumfolie. Die Elektronen sind zu einem Bündel mit kleinem Querschnitt eingengt. Auf der $L = 54,0\text{cm}$ von der Folie entfernten, senkrecht zur ursprünglichen Strahlrichtung angebrachten Photoplatte entsteht ein System von konzentrischen Ringen, von denen der kleinste einen Radius von $r_1 = 6,0\text{ mm}$ besitzt.

- Erklären Sie – möglichst unter Zuhilfenahme klarer Skizzen – diese Erscheinung, insbesondere das Auftreten von Kreisringen.
- Leiten Sie einen Zusammenhang zwischen der DeBroglie-Wellenlänge, dem Netzebenenabstand d und den Größen r (Ringradius) und L her. Die üblichen Näherungen für kleine Winkel dürfen verwendet werden.
- Aufgrund der bisherigen Angaben können die Radien weiterer Kreisringe angegeben werden. Wie groß ist der Radius des nächstgrößeren Ringes, der zur selben Netzebenenschar wie der kleinste Ring gehört?
- Bei Aluminium gehört zu den kleinsten beobachteten Ringen ein Netzebenenabstand von $d = 0,405\text{ nm}$. Mit den übrigen angegebenen Werten lässt sich nun der DeBrogliesche Ansatz für die Materiewellenlängen überprüfen. Führen Sie die erforderlichen Rechnungen durch. (Relativistische Rechnung, wenn erforderlich!)
- Durch welche einfache Maßnahme an der Versuchsanordnung kann man zeigen, dass die Interferenzfigur tatsächlich durch Elektronen selbst und nicht etwa durch von ihnen in der Metallfolie ausgelöste Röntgenstrahlen erzeugt werden?

3. Photonen

W. Hallwachs (1887) belichtete eine mit einem empfindlichen Elektroskop verbundene Metallplatte mit UV-Licht. Er beobachtete eine sofort einsetzende positive Aufladung der Platte bis zu einem Maximalwert U_m , der sich auch bei weiterer Bestrahlung mit dem gleichen Licht nicht mehr änderte.

- Erklären Sie dieses Ergebnis auf der Grundlage der heutigen quantenoptischen Kenntnisse.
- Was ändert sich im Ablauf des obigen Versuches, und was bleibt gleich, wenn man die Lichtintensität – in für normale Lichtquellen übliche Bereichen – variiert?
- Berechnen Sie U_m für Kalium bei der Bestrahlung mit monochromatischem UV-Licht der Wellenlänge 250nm. Die Kaliumschicht befinde sich im Vakuum.
- Die Lichtquelle von Teilaufgabe c) beleuchte die Kathode einer Vakuumphotozelle. Die Kathode sei aus Kalium, ihre Oberfläche betrage $1,0\text{cm}^2$. Die Bestrahlungsstärke am Ort der Kathode ist $2,0\text{W/m}^2$. Die Quantenausbeute beträgt unter den genannten Bedingungen im Mittel 1 Elektron auf $4 \cdot 10^7$ einfallende Photonen. Berechnen Sie hieraus die maximale Zahl der Elektronen, die aus der Kaliumkathode in einer Sekunde ausgelöst werden können.

Die Spannung an der Photozelle in Teilaufgabe d) werde nun an einem Voltmeter mit endlichem Eingangswiderstand R_e gemessen.

- Bei einer bestimmten Lichtintensität I_0 fließen in einer Sekunde $6,0 \cdot 10^6$ Elektronen durch das Voltmeter. Berechnen Sie R_e , wenn genau die Spannung U_m angezeigt wird.
- Die Lichtintensität wird nun von Null beginnend allmählich über I_0 hinaus gesteigert. Beschreiben und erläutern Sie qualitativ den Verlauf der Spannungsanzeige.