

- a)
- Abbildung 1 zeigt das Interferenzmuster eines Gitters, man sieht hierbei, dass die Hauptmaxima scharf ausgeprägt sind und zwischen den Hauptmaxima liegen sehr viele Nebenmaxima.
 - Abbildung 2 zeigt die Intensitätsverteilung eines Einfachspaltes, es gibt hier ein breites zentrales Hauptmaximum und die Maxima höherer Ordnung sind nur sehr schwach ausgeprägt.
 - Abbildung 3 zeigt die Intensitätsverteilung eines Vierfachspaltes, dies erkennt man, da zwischen zwei Hauptmaxima jeweils zwei Intensitätsschwache Nebenmaxima liegen.
- Allgemein kann man aus der Ortsangabe x des Diagramms und der Kenntnis des Schirmabstandes a lässt sich der Winkel bestimmen unter welchem ein Minimum (oder Maximum) auftritt durch:

$$\tan \alpha = \frac{x}{a}.$$

Beim Einfachspalt treten Minima auf, wenn der Gangunterschied der Randstrahlen ein Vielfaches der Wellenlänge beträgt. Die Minima erster Ordnung treten also auf, wenn der Gangunterschied gerade λ beträgt. Dann gilt für den Winkel α unter welchem Minima auftreten:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{b}.$$

Beim Einfachspalt treten die Minima unter einem Winkel von:

$$\tan \alpha = \frac{0,05}{8,0} \Rightarrow \alpha \approx 0,358^\circ$$

auf. Somit gilt für die Spaltbreite:

$$b = \frac{\lambda}{\sin \alpha} = \frac{633 \cdot 10^{-9}}{\sin 0,358^\circ} \text{ m} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}.$$

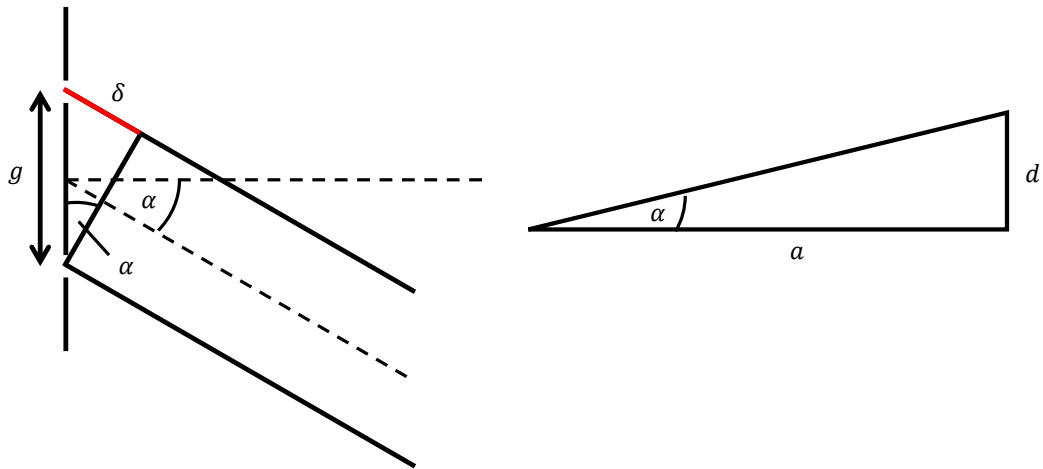
Für den Vierfachspalt und das Gitter gelten die selben Formeln für die Winkel unter welchen man Intensitätsmaxima findet. Da die Maxima beim Gitter mit den Hauptmaxima beim Vierfachspalt zusammenfallen ist der Spaltmittenabstand beim Gitter der selbe wie der beim Vierfachspalt. Da die Maxima im Abstand von 5cm vom Zentrum auftreten ergibt sich hierfür der selbe Winkel wie beim Einzelspalt. Maxima treten beim Vielfachspalt und beim Gitter genau dann auf, wenn der Gangunterschied benachbarter Strahlen gerade ein vielfaches der Wellenlänge beträgt. Für den Abstand benachbarter Spaltmitten (bzw. die Gitterkonstante) gilt dann:

$$g = \frac{\lambda}{\sin \alpha} = \frac{633 \cdot 10^{-9}}{\sin 0,358^\circ} \text{ m} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

- b)
- Trifft Laserlicht auf einen Doppelspalt, so breiten sich von den einzelnen Spalten Elementarwellen aus, welche sich überlagern. Ignoriert man die endliche Spaltbreite, so kann man die Spalte als unendlich dünn ansehen, von denen einzelne Wellenstrahlen zu einem bestimmten Punkt ausgehen. Der Gangunterschied der einzelnen Wellenstrahlen zueinander verändert sich mit dem Auftreffpunkt auf dem Schirm. Ist der Gangunterschied δ gerade ein vielfaches der Wellenlänge $\delta = k \cdot \lambda$; $k \in \mathbb{N}_0$, so tritt

konstruktive Interferenz auf und man kann auf dem Schirm Intensitätsmaxima beobachten. Dazwischen löschen sich die Wellen teilweise oder vollständig aus. Da der Spaltmittensabstand klein gegenüber dem Abstand Doppelspalt - Schirm ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewandt werden. Für den Gangunterschied der Strahlen zueinander gilt:

$$\delta = g \cdot \sin(\alpha).$$



Den Abstand x auf dem Schirm vom Zentralen Maximum nullter Ordnung erhält man durch die Beziehung:

$$\tan \alpha = \frac{x}{a},$$

wobei a dem Abstand Schirm-Doppelspalt entspricht. Sind die Winkel klein, so kann die Näherung $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ angewandt werden und man erhält:

$$1 \cdot \lambda = g \cdot \frac{x}{a}$$

$$x = \frac{\lambda \cdot a}{g}$$

Da nun aber der Abstand d der beiden Maxima erster Ordnung zueinander gesucht ist, muss man x noch mit dem Faktor 2 multiplizieren:

$$d = 2 \cdot x = 2 \cdot \frac{\lambda \cdot a}{g} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 633 \cdot 10^{-9}}{20 \cdot 10^{-6}} \text{ m} \approx 5,1 \text{ m}$$

- Maxima höherer Ordnung können ausbleiben, wenn aufgrund der endlichen Spaltbreite der jeweiligen Einzelspalte Minima dieser auf die Maxima der Doppelspalte entfallen. Die Minima der Einzelspalte findet man unter den Winkeln:

$$\sin \alpha = \frac{n \cdot \lambda}{b} \quad n \in \mathbb{N}.$$

Weiter findet man die Maxima unter den Winkeln:

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad n \in \mathbb{N}_0.$$

Das Doppelspaltmaximum dritter Ordnung fällt laut Aufgabentext auf das Einzelspaltminimum erster Ordnung, es gilt also:

$$\frac{1 \cdot \lambda}{b} = \frac{3 \cdot \lambda}{g}.$$

D.h. wenn die Spalte eine Breite von $b = \frac{1}{3}g$ haben, dann bleiben die Maxima dritter Ordnung aus.

- Weitere Doppelspaltmaxima bleiben aus, wenn sie mit einem Einzelspaltminimum höherer Ordnung zusammenfallen:

$$\frac{n \cdot \lambda}{b} = \frac{k \cdot \lambda}{g} = \frac{k \cdot \lambda}{3 \cdot b}$$

$$k = 3 \cdot n.$$

Dies bedeutet, dass jedes dritte Doppelspaltminimum ausbleibt.

- c) • Besitzen Elektronen eine Geschwindigkeit v , so kann man ihnen die de-Broglie-Wellenlänge zuordnen:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1 \cdot 10^5} \text{ m} \approx 7,27 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

- Der geeignete Doppelspalt ist für ein Interferenzexperiment mit Elektronen nicht gut geeignet, da die zugeordnete Wellenlänge der Elektronen zu klein gegenüber dem Spaltmittenabstand ist. Das Maximum erster Ordnung würde man unter einem Winkel $\alpha = 0,021^\circ$ finden, dies ergibt einen Abstand der Maxima zueinander von:

$$x = \tan \alpha \cdot a \approx 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

so dass man auf dem Schirm keine Interferenzfigur finden kann.

- Es gibt mehrere Möglichkeiten das Experiment abzuwandeln:
 - Man kann einen Doppelspalt mit entsprechend kleinerem Spaltmittenabstand verwenden, so dass wieder eine Interferenzstruktur sichtbar wird.
 - Es kann der Abstand zwischen Doppelspalt und Schirm vergrößert werden um bei gleichem Winkel die Abstände der Maxima zueinander zu vergrößern.
 - Man kann langsamere Elektronen verwenden um somit die de-Broglie-Wellenlänge zu vergrößern.
- Bei kurzer Beobachtungszeit sind die Auftreffpunkte der Elektronen scheinbar willkürlich und es ist keine Systematik zu erkennen. Bei langer Beobachtungszeit lässt sich ein Interferenzmuster erkennen, wie man es vom Doppelspaltexperiment mit Licht kennt.
- Teilchen lassen sich die sogenannte de-Broglie-Wellenlänge zuordnen. Bei den Wellen handelt es sich um Wahrscheinlichkeitswellen, das Betragsquadrat ist ein Maß für die Auftreffwahrscheinlichkeit der Elektronen in einem bestimmten Punkt. Man kann den genauen Auftreffpunkt der Elektronen nicht bestimmen, sondern nur eine Wahrscheinlichkeit angeben, dass Elektron an einer bestimmten Stelle anzutreffen, es lässt sich deshalb die Bahn der Elektronen nicht vorhersagen.

- d) • Bei einem Blitz wird eine Energie von

$$W = P \cdot t = 300 \cdot \frac{1}{30} \text{ J} = 10 \text{ J}$$

frei. Ein einzelnes Photon besitzt die Energie:

$$W_{\text{ph}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} \text{ J} \approx 3,97 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Somit folgt für die Anzahl der Photonen:

$$n = \frac{W}{W_{\text{ph}}} = \frac{10}{3,97 \cdot 10^{-19}} \approx 2,5 \cdot 10^{19}$$

- Die chemische Reaktion kann nur stattfinden, wenn die einzelnen Photonen genügend Energie haben um den chemischen Prozess auszulösen. Es gibt jeweils nur ein Photon seine Energie ab, es muss also die Photonenenergie größer sein als die Aktivierungsenergie der chemischen Reaktion. Der Versuch B kann hierbei die Reaktion nicht auslösen, da der Rotfilter nur langwelliges, rotes Licht liefert. Hierbei haben die Photonen eine geringere Energie. Blaues Licht ist energiereich, es kann also laut Aufgabentext die Reaktion auslösen. Verwendet man keinen Filter ist ebenso das Energiereiche blaue Licht enthalten, die Reaktion findet somit bei Versuch A und C statt.
- Durch verwenden eines zweiten gleichartigen Blitzgeräts mit Rotfilter, wird die Intensität des Blitzes erhöht, jedoch bleibt die Energie der einzelnen Photonen gleich, da sich die Frequenz des Lichtes gleich bleibt. Nach der klassischen Wellentheorie würde man erwarten, dass eine Erhöhung der Intensität bedeutet, dass mehr Energie pro Fläche ankommt und somit die Reaktion stattfinden kann. In diesem Versuch findet jedoch die Reaktion immer noch nicht statt, dies zeigt, dass die Energie des Lichts in Portionen abgegeben wird.