

- a) • 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 Spaltmittenabstand klein gegenüber dem Abstand Doppelspalt - Schirm ist, kann die Näherung der quasiparallelen Strahlen angewandt werden. Für den Gangunterschied der Strahlen zueinander gilt:

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

- Die Maxima Beim Doppelspalt findet man, wenn der Gangunterschied der Wellen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge ist. Für den Winkel unter welchem die Maxima auftreten gilt dann:

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

Da die Maxima unter kleinen Winkeln auftreten, kann die Kleinwinkelnäherung $\tan \alpha \approx \sin \alpha$ angewandt werden und es gilt:

$$\tan \alpha = \frac{x}{a} \approx \frac{k \cdot \lambda}{g}.$$

Aus der Intensitätsverteilung entnimmt man, dass das Maximum dritter Ordnung bei $x \approx 1,2 \text{ cm}$ liegt. Somit folgt für die Wellenlänge des verwendeten Lichts:

$$\begin{aligned} \frac{x}{a} &= \frac{3 \cdot \lambda}{g} \\ \lambda &= \frac{x \cdot g}{3 \cdot a} = \frac{1,2 \cdot 554 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 3,5} \text{ m} \\ &\approx 633 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 633 \text{ nm} \end{aligned}$$

- Der Intensitätsverteilung entnimmt man, dass das Maximum fünfter, zehnter, usw. Ordnung ausbleibt. Die Maxima bleiben genau dann aus, wenn diese auf ein Minima der Einzelspalte fallen. Beim Einzelspalt treten Minima auf, wenn der Gangunterschied der Randstrahlen ein Vielfaches der Wellenlänge ist. Es gilt somit:

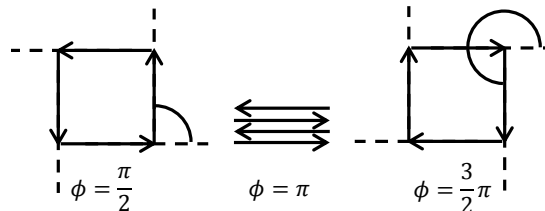
$$\begin{aligned} \frac{5 \cdot \lambda}{g} &= \frac{1 \cdot \lambda}{b} \\ b &= \frac{1}{5} \cdot g \end{aligned}$$

Die Breite der Spalte entspricht somit $\frac{1}{5}$ des Spaltmittenabstands, sie sind also $110,8 \mu\text{m}$ breit.

- b) • Die Gemeinsamkeiten: Auf em Schirm beobachtet man helle und dunkle Streifen. Die Lage der Hauptmaxima ist bei allen drei Beugungsobjekte gleich, da bei allen Beugungsobjekten der Spaltmittenabstand jeweils gleich ist.

Unterschiede: Beim Doppelspalt sind die Hauptmaxima am wenigsten scharf ausgeprägt. Beim Vierfachspalt liegen zwischen zwei Hauptmaxima jeweils zwei intensitätsschwache Nebenmaxima, die Hauptmaxima sind hier schärfer ausgeprägt. Beim Gitter sind die Maxima am schärfsten ausgeprägt und die Nebenmaxima sind zu intensitätsschwach um beobachtbar zu sein. Die Intensität beim Gitter ist am größten und nimmt mit abnehmender Spaltzahl ab.

- Zur genauen Bestimmung der Wellenlänge ist ein Gitter am besten geeignet, da die Maxima hier am schärfsten ausgeprägt sind.
- Aus einem Zeigerdiagramm folgt, dass die Minima beim Vierfachspalt auftreten, wenn die Zeiger jeweils eine Phase ϕ von $\frac{\pi}{2}$, π , bzw. $\frac{3}{2}\pi$ zueinander haben:



Dies kann man entsprechend der Beziehung $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{\phi}{2\pi}$ in einen Gangunterschied δ der benachbarten Wellen zueinander umrechnen. Somit treten die Minima beim Vierfachspalt bei einem Gangunterschied von $\frac{\lambda}{4}$, $\frac{\lambda}{2}$, bzw. $\frac{3}{2}\lambda$ auf. Die Lage der Minima erhält man aus den bekannten Beziehungen:

$$\sin \alpha = \frac{\delta}{g} \qquad \tan \alpha = \frac{x}{a}.$$

Da die Minima hier unter kleinen Winkeln auftreten, kann die Kleinwinkelnäherung $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ angewandt werden und es gilt:

$$\frac{x}{a} = \frac{\delta}{g}.$$

Die Minima treten damit unter einem Abstand von von 2,77 cm, 5,54 cm und 8,31 cm von der Schirmmitte auf.

- c) • Das Spektrum ist durch die Wellenlängen $\lambda_1 = 400$ nm und $\lambda_2 = 780$ nm begrenzt. Der Winkel unter welchem die Maxima erster Ordnung auftreten ist durch die Beziehung $\sin \alpha = \frac{\lambda}{g}$ gegeben, diese sind $\alpha_1 \approx 1,15^\circ$ und $\alpha_2 \approx 2,24^\circ$. Den Abstand vom Zentralen Hauptmaximum bestimmt man, durch $\tan \alpha = \frac{x}{a}$, somit gilt für die Breite des Spektrums Δx :

$$\Delta x = a \cdot \tan \alpha_2 - a \cdot \tan \alpha_1 \approx 6,65 \text{ cm}.$$

- die Spektren überlappen sich, wenn es eine Ordnung k gibt, so dass gilt $\sin \alpha_{2; k} = \sin \alpha_{1; k+1}$. Dies bedeutet, dass das kurzwelligste Licht $k + 1$ Ordnung auf das langwelligste Licht k Ordnung fällt.

$$\begin{aligned} \sin \alpha_{2; k} &= \sin \alpha_{1; k+1} \\ \frac{k \cdot \lambda_2}{g} &= \frac{(k+1) \cdot \lambda_1}{g} \\ k &= k \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \\ k \cdot \left(1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right) &= \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \\ k &= \frac{\frac{\lambda_1}{\lambda_2}}{\left(1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)} \approx 1,05. \end{aligned}$$

Dies bedeutet, dass sich die Spektren ab der zweiten Ordnung überlappen.

- Die Spektren zweiter und dritter Ordnung sind die ersten Spektren die sich überlappen, d.h. es muss die Wellenlänge zweiter Ordnung bestimmt werden, die mit dem kurzwelligsten Licht dritter Ordnung zusammenfällt:

$$\frac{2 \cdot \lambda}{g} = \frac{3 \cdot \lambda_1}{g}$$

$$\lambda = \frac{3}{2} \cdot \lambda_1 = 600 \text{ nm}$$

Das Spektrum dritter Ordnung beginnt somit bei einer Wellenlänge von $\lambda = 600 \text{ nm}$.

- d) Die Energie der Photonen die auf die Photozellen treffen lässt sich mittels $W_{\text{ph}} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ berechnen:

λ in nm	546	436	405
W_{ph} in eV	2,27	2,85	3,07

Da die Ablöseenergie für das Kathodenmaterial beträgt 2,5 eV somit kann nur das Licht der Wellenlänge $\lambda = 436 \text{ nm}$ und $\lambda = 405 \text{ nm}$ Elektronen aus dieser herauslösen. Für die Winkel unter welchen Photospannungen auftreten gilt:

Ordnung	0	1	2
$\alpha_{436 \text{ nm}}$	0°	$25,8^\circ$	$60,7^\circ$
$\alpha_{405 \text{ nm}}$	0°	$23,9^\circ$	$54,1^\circ$

Maxima höherer Ordnung kommen nicht zustande, da der Quotient $\frac{k \cdot \lambda}{g}$ dann größer 1 wird. Die schnellsten herausgelösten Elektronen haben die Energie $W = W_{\text{ph}} - W_A$. Im stationären Fall können diese gerade noch gegen die Spannung U anlaufen, es gilt dann:

$$e \cdot U = W_{\text{ph}} - W_A$$

$$U_{436 \text{ nm}} = 0,35 \text{ V}$$

$$U_{405 \text{ nm}} = 0,57 \text{ V}$$

- Photonen, deren Energie größer ist als die Ablöseenergie der Elektronen des Kathodenmaterials, können diese herauslösen. Dabei geben die Photonen ihre Energie an die Elektronen ab, diese gelangen zur Anode und es baut sich zwischen Anode und Kathode eine Spannung auf. Diese baut sich so lange auf, bis die schnellsten ausgelösten Elektronen nicht mehr gegen diese anlaufen können. Die energiereichsten Elektronen besitzen die Energie:

$$W_{\text{max}} = h \cdot f - W_A$$

- Diagramm:

