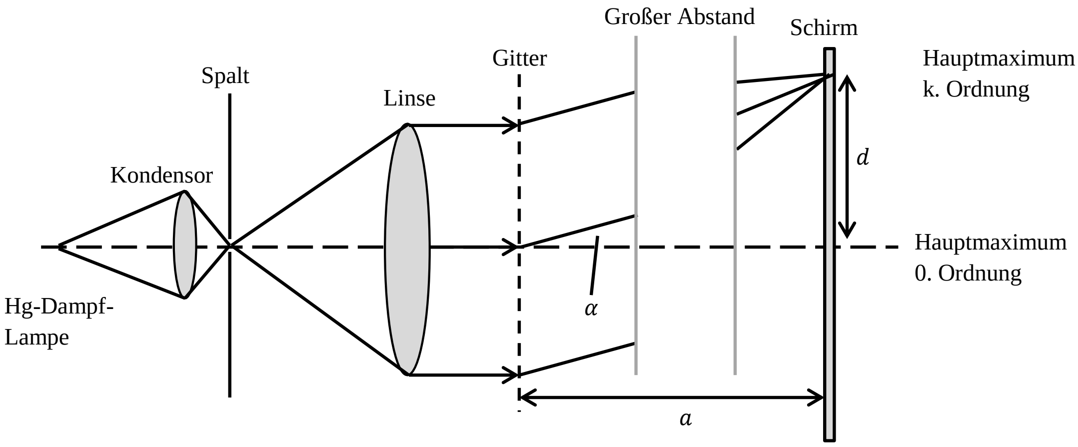
a) • Skizze des Versuchsaufbaus:



• Trifft Licht auf ein Gitter, so wird es an den Spalten gebeugt, von den Spalten gehen Elementarwellen aus, welche miteinander interferieren. Auf dem Schirm sieht man ein Ausschnitt dieses Interferenzmusters. Je nach Lage des Auftreffpunktes, unterscheidet sich der Gangunterschied der Wellen. Für den Gangunterschied gilt:

$$\sin\alpha = \frac{\delta}{g}\,.$$

Ist der Gangunterschied ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, so tritt konstruktive Interferenz auf und auf dem Schirm kann man ein Intensitätsmaximum beobachten. Man beobachtet die Spektrallinien für spezielle Winkel α auf dem Schirm, für diese Winkel gilt:

$$\sin\alpha = \frac{k\cdot\lambda}{g} \qquad k\in\mathbb{N}_0\,. \tag{1}$$

Den Winkel α bestimmt man, indem man den Abstand zwischen der Spekrallinie auf dem Schirm und dem Zentralen Hauptmaximum misst, sowie den Abstand zwischen Gitter und Schirm, dann gilt für den Winkel α:

$$\tan\alpha = \frac{d}{a}\,. \tag{2}$$

Bestimmt man mit (2) den Winkel, so kann man mit Gleichung (1) die Wellenlänge bestimmen.

• Das Gitter besitzt 100 Striche pro mm, es hat somit eine Gitterkonstante von:

$$g = \frac{1}{100}\,\mathrm{mm} = 1\cdot 10^{-5}\,\mathrm{m}$$

Um zu Überprüfen, welche Linien dritter Ordnung zwischen den Linien zweiter Ordnung liegen, genügt es die Winkel zu bestimmen, unter welchen die Linien dritter Ordnung auftreten. Sind diese Winkel kleiner als der Winkel, unterwelchem die langwelligste Linie zweiter Ordnung auftritt, so liegen diese Linien innerhalb des Spektrums zweiter Ordnung. Für die langwelligste Linie zweiter Ordnung gilt:

$$\sin\alpha_{2;\,656\,\mathrm{nm}} = 2\cdot\frac{656\,\mathrm{nm}}{g} = \frac{2\cdot 656\,\cdot^{0}\,-9\,\mathrm{m}}{1\cdot 10^{-5}} \approx 0{,}131 \quad\Rightarrow\quad \alpha\approx 7{,}53^\circ\,.$$

Die kurzwelligste Linie dritter Ordnung gilt entsprechend:

$$\sin \alpha_{3;\,410\,\mathrm{nm}} = 2 \cdot \frac{410\,\mathrm{nm}}{g} = \frac{2 \cdot 410 \cdot^{0} -9\,\mathrm{m}}{1 \cdot 10^{-5}} \approx 0,123 \quad \Rightarrow \quad \alpha \approx 7,08^\circ\,.$$

Somit überlappen sich die Spektren zweiter und dritter Ordnung. Für die Linie mit den nächstkürzeren Wellenlägen gilt:

$$\sin \alpha_{3;\,434\,\mathrm{nm}} = 2 \cdot \frac{434\,\mathrm{nm}}{g} = \frac{2 \cdot 434 \cdot^{0} -9\,\mathrm{m}}{1 \cdot 10^{-5}} \approx 0,130 \quad \Rightarrow \quad \alpha \approx 7,47^\circ$$

$$\sin \alpha_{3;\,486\,\mathrm{nm}} = 2 \cdot \frac{486\,\mathrm{nm}}{g} = \frac{2 \cdot 486 \cdot^{0} -9\,\mathrm{m}}{1 \cdot 10^{-5}} \approx 0,146 \quad \Rightarrow \quad \alpha \approx 8,40^\circ\,.$$

Somit liegen die Linien dritter Ordnung mit den Wellenlängen $\lambda = 410\,\mathrm{nm}$ und $\lambda = 434\,\mathrm{nm}$ innerhalb der Linien zweiter Ordnung.

b)
- Die Minima beim Einzelspalt treten auf, wenn der Gangunterschied der Randstrahlen ein vielfaches der Wellenlänge beträgt, wenn also gilt:

  $$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{b}\,,$$

  Wobei der Wert b die Spaltbreite darstellt. Somit gilt für den Winkel α unter welchem das Minimum erster Ordnung auftritt:

  $$\sin \alpha = \frac{1 \cdot \lambda}{b} = \frac{632 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-6}} = 0,126 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 7,26^\circ\,.$$

  Entsprechend gilt für das Minimum zweiter Ordnung:

  $$\sin \alpha = \frac{2 \cdot \lambda}{b} = \frac{2 \cdot 632 \cdot 10^{-9}}{5 \cdot 10^{-6}} = 0,253 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 14,64^\circ\,.$$

- Da die Funktion $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{b}$ maximal den Wert 1 annehmen kann, muss man das k bestimmen, für das der Quotient $\frac{k \cdot \lambda}{b}$ gerade noch kleiner 1 ist. Umstellen der Ungleichung ergibt:

  $$\frac{k \cdot \lambda}{b} < 1$$

  $$k < \frac{b}{\lambda} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{632 \cdot 10^{-9}} = 7,91\,.$$

  Somit kann man Minima bis zur 7. Ordnung beobachten, dies bedeutet dass man 14 Minima auf dem Schirm beobachten kann.

- Wird die Spaltbreite verkleinert, so verbreitert sich die Beugungsfigur und sie wird dadurch abgeflacht.

- Laut Aufgabenstellung erzeugt ein Haar das selbe Interferenzmuster wie ein Einfachspalt (allgemein gilt, dass zwei komplementäre Blenden das selbe Interferenzmuster erzeugen), somit gilt für die Beziehung der Minima:

  $$\sin \alpha = \frac{10 \cdot \lambda}{b} \quad \Rightarrow \quad b = \frac{10 \cdot \lambda}{\sin \alpha} = \frac{10 \cdot 632 \cdot 10^{-9}}{\sin 17,7^\circ} \approx 2,08 \cdot 10^{-5}\,.$$

  Das Haar hat somit eine Dicke von $20,8\,\mu$m.

c)
- Die Lichtgeschwindigkeit ist materialabhängig und hängt direkt von dem Brechungsindex n ab, so gilt für die Lichtgeschwindigkeit im Material:

$$c_{\text{mat}} = \frac{c_{\text{vak}}}{n}\,.$$

  Somit legt das Licht im Glas eine längere Stecke zurück als in der Luft, weshalb der Lichtstrahl in Luft einen Vorsprung zum Stahl im Glas hat. Somit haben beim senkrechten Durchgang durch die Platte, also im Punkt des Maximums nullter Ordnung, die beiden Lichtstrahlen einen Gangunterschied. Das Maximum ist somit verschoben. Da durch die Glasplatte der eine Wellenstrahl einen längeren Weg zurückgelegt hat muss für das Maximum nullter Ordnung, der andere Wellenstrahl entsprechend diesen Wegen ebenfalls zurücklegen, somit ist das Maximum nullter Ordnung zur Glasplatte hin verschoben.

- Da glebes Licht eine größere Ausbreitungsgeschwindigkeit hat als blaues Licht hat, ist die optische Weglänge des gelben Lichts in der Glasplatte kürzer, weshalb der Gangunterschied der beiden Lichtstrahlen zueinander geringer ist und somit ist das Maximum nullter Ordnung nicht mehr so stark verschoben wie bei blauem Licht.

d)
- Fällt Licht auf die Photokathode, können Elektronen aus dieser herausgelöst werden, wenn die Energie der Photonen $W_{\text{ph}} = h \cdot f$ größer ist als die Ablöseenergie der Elektronen. Diese verlassen die Kathode, fliegen zum Ring und können dort abfließen, so dass ein geschlossener Stromkreis entsteht. Wird die Spannungsquelle so gepolt, dass der Minuspol am Ring liegt, dann müssen die Elektronen gegen ein elektrisches Feld anlaufen. Wird die Spannung erhöht, so sinkt die Stromstärke, da nicht mehr alle Elektronen zum Ring gelangen können. Die Stromstärke wird gerade dann null, wenn die schnellsten Elektronen die Energie $W_{\text{el}} = e \cdot U_{\text{max}}$ besitzen.

- Für die Energie der Elektronen gilt:

$$W_{\text{el}} = h \cdot f - W_A\,.$$

  Zusammen mit $c = \lambda \cdot f$ gilt für die Ablöseenergie:

$$\begin{aligned} W_A = h \cdot f - W_{\text{el}} &= h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_{\text{el}} \\ &= 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{250 \cdot 10^{-9}}\,\text{J} - 1{,}8 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J} \\ &\approx 5{,}08 \cdot 10^{-19}\,\text{J} = 3{,}2\,\text{eV} \end{aligned}$$

- Eine Änderung der Intensität bedeutet, dass mehr Photonen in der gleichen Zeit an der Photokathode ankommen. Die Photonen haben jedoch wegen $W_{\text{ph}} = h \cdot f$ die gleiche Energie wie zuvor und da immer nur ein Photon ein Elektron herauslösen kann, werden durch eine Erhöhung der Intensität mehr Elektronen herausgelöst, bzw. durch eine Erniedrigung weniger herausgelöst.
  Erhöht man die Frequenz, so steigt wegen $W_{\text{ph}} = h \cdot f$ die Energie der Photonen und damit auch die Energie der Elektronen. Erniedrigt man die Frequenz, so sinkt die Energie der Elektronen so lange, bis die Energie der Photonen kleiner ist als die Ablöseenergie der Elektronen, so dass schließlich keine Elektronen mehr herausgelöst werden können.

- Durch eine Erhöhung der Intensität gelangt in gleicher Zeit mehr Energie auf die gleiche Fläche, weshalb man nach dem Wellenmodell erwarten würde, dass die Energie der Elektronen zunehmen würde.

- Licht gibt seine Energie in Portionen, Photonen ab. Die Energie eines Photons erhält man durch $W_{\mathrm{ph}} = h \cdot f$, sie wird beim Herauslösen vollständig an das Elektron abgegeben. Eine Erhöhung der Frequenz bedeutet, eine Erhöhung der Photonenenergie und somit auch eine Erhöhung der Energie der Elektronen. Eine Erhöhung der Intensität hat hingegen keine auswirkungen auf die maximale Energie der Elektronen.