

Aufgaben: Schwingungen und Wellen

Teil 3: Interferenz am Doppelspalt und am optischen Gitter

Aufgabe 1. In einem Doppelspaltversuch messen Sie folgende Werte: Schirmabstand: $4,10\text{ m}$, Abstand vom nullten zum achten Maximum: $3,2\text{ cm}$. Der Spaltabstand ist mit $0,65\text{ mm}$ angegeben. Berechnen Sie die Wellenlänge des verwendeten Laserlichts.

Aufgabe 2. a) Ein Doppelspalt besteht aus zwei Spalten der Länge 2 cm . In einem optischem Bild dieses Doppelspalts misst man eine Spaltlänge von $87,9\text{ cm}$ und außerdem einen Spaltabstand von 8 mm .

Beurteilen Sie mit diesen Werten rechnerisch die Angaben des Spaltherstellers, der den Spaltabstand mit $0,18\text{ mm}$ angibt.

- b) Berechnen Sie für den Doppelspalt aus a) den Abstand vom nullten zum zehnten Maximum des Interferenzbildes bei Verwendung eines Lasers mit Licht der Wellenlänge 532 nm und einem Schirmabstand von $2,5\text{ m}$.
- c) In der Herleitung der Formel für das Interferenzbild des Doppelspalts hat man die Näherung $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha)$ verwendet. Man kann annehmen, dass diese Näherung für Winkel bis 10° akzeptabel ist.

Wie viele Maxima passen im Versuch aus b) in diesen akzeptablen Bereich?

Aufgabe 3. Welche Gitterkonstante hat eine Gitter, wenn bei Verwendung von Natriumlicht ($\lambda = 590\text{ nm}$) in dem Interferenzbild auf dem 1 m entfernten Schirm die beiden Maxima erster Ordnung einen Abstand von $11,8\text{ cm}$ haben?

Aufgabe 4. Bei Nutzung von weißem Licht im Gitterversuch wird das Lichtspektrum auf dem Schirm aufgespalten und man erhält die Interferenzmuster für die Farben getrennt. Die jeweiligen Maxima heißen Spektrallinien.

Welchen Abstand hat die erste Spektrallinie von der zweiten Spektrallinie im Interferenzbild jeweils für rot ($\lambda = 760\text{ nm}$) und blau ($\lambda = 400\text{ nm}$) bei einem Gitter mit 500 Strichen pro Zentimeter und einem Schirmabstand von $1,5\text{ m}$?

Aufgabe 5. Ein Gitter mit 1000 Strichen pro Zentimeter wird durch Laserlicht senkrecht bestrahlt. Auf dem Schirm im Abstand vom 380 cm haben die Maxima zweiter Ordnung einen Abstand von 97 cm .

Bestimmen Sie die Wellenlänge des Laserlichts.

Hinweis: Beachten Sie, dass Sie hier die Näherung $\tan \alpha \approx \tan(\alpha)$ nicht verwenden dürfen, denn $\arctan\left(\frac{97}{380}\right) \approx 14,3^\circ > 10^\circ$.

Aufgabe 6. Ein Doppelspalt, der aus zwei identischen Einzelspalten besteht, wird mit einem Laser beleuchtet ($\lambda = 532 \text{ nm}$). Jedes sechste Maximum des Doppelspaltinterferenzbildes ist nicht sichtbar.

- a) Berechnen Sie die Breite s der beiden Spalten, wenn der Spaltabstand $d = 0,08 \text{ mm}$ beträgt.
- b) Berechnen Sie den Abstand vom Doppelspalt zum Schirm, wenn das erste verschwindende Maximum einen Abstand von $7,0 \text{ cm}$ zur optischen Achse hat.

Aufgabe 7. In einem Doppelspalt ist d der Spaltabstand und s die Breite der beiden Spalten.

- a) Begründen Sie, dass in jedem Fall die Gleichung $\frac{d}{s} > 1$ erfüllt ist.
- b) Begründen Sie: Ist $\frac{d}{s} = \frac{m}{n}$ ein gekürzter Bruch, dann ist das m -te Maximum des Doppelspaltinterferenzbildes das erste unsichtbare Maximum und es wird von dem n -ten Minimum des Einzelspaltinterferenzbildes überdeckt. Außerdem ist die Ordnung jedes weiteren unsichtbaren Maximums ein Vielfaches von m , etwa $\ell \cdot m$, und das zugehörige Minimum hat dann die Ordnung $\ell \cdot n$.

Aufgabe 8. In einem Gitterversuch werden zwei Laserstrahlen gebündelt verwendet. Dabei misst man für die Abständen vom nullten bis zum zehnten Maximum der beiden Interferenzmuster jeweils die Längen $x_1 = 13,4 \text{ cm}$ und $x_2 = 11,5 \text{ cm}$.

- a) Zeigen Sie rechnerisch, dass die verwendeten Wellenlängen des Laserlichtes und die gemessenen Abstände die folgende Gleichung erfüllen:

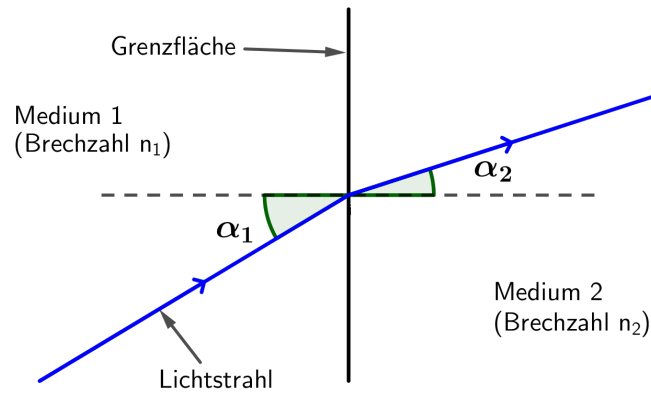
$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

- b) Beurteilen Sie, ob die Angabe, dass die Wellenlänge ist 540 nm und 630 nm verwendet wurden, plausibel ist.
- c) Der Schirmabstand beträgt $3,2 \text{ m}$. Wie groß ist der Abstand der Spalten?

Aufgabe 9. Wenn Licht von einem Medium in ein anderes wechselt, dann ändert sich gemäß der Strahlenoptik die Richtung der Lichtstrahlen. Dieses Phänomen kennt jeder, der schon einmal versucht hat, auf dem Grund eines Beckens einen Gegenstand anzuvisieren, um diesen dann mit einem Stock zu treffen.

Genauer gilt beim Übergang vom Vakuum in das Medium die Beziehung $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n$ und die Konstante n heißt der Brechungsindex des Mediums.

Haben zwei Medien die Brechungskonstanten n_1 und n_2 , dann gilt allgemeiner $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$ (vgl. dazu die Abbildung).



- a) In einem Doppelspaltversuch (Spaltabstand $0,2\text{ mm}$, Schirmabstand $1,2\text{ m}$) wird zwischen dem nullten und zwanzigstem Maximum ein Abstand von $8,1\text{ cm}$ gemessen
- Bestätigen Sie rechnerisch, dass ein Laser mit Licht der Wellenlänge 540 nm verwendet wurde.
- b) Füllt man im Versuch aus a) den Raum zwischen Doppelspalt und Schirm mit einer Flüssigkeit, dann verringert sich der gemessene Abstand von $8,1\text{ cm}$ auf $6,3\text{ cm}$.
- Berechnen Sie den Brechungsindex der Flüssigkeit.
- c) Berechnen Sie den zu erwartenden Abstand auf dem Schirm, wenn als Flüssigkeit Kohlenstoffdisulfid (CS_2 - Schwefelkohlenstoff) verwendet wird ($n = 1,63$).