

Beugung an einem Doppelspalt



Trifft monochromatisches Licht auf einen Doppelspalt, so zeigen sich hinter diesem auf einem Schirm Intensitätsminima und -maxima, aus deren Lagen bei bekannter Wellenlänge die Spaltbreite und deren Spaltmittenabstand bestimmt werden kann.

Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

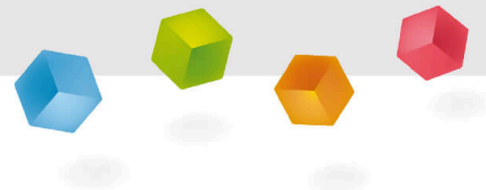
This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5f5e1359c512240003287ba3>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Trifft monochromatisches Licht auf einen Doppelspalt, so zeigt sich hinter diesem auf einem Schirm ein Interferenzmuster mit Intensitätsmaxima und -minima.

Anhand deren Lagen bei bekannter Wellenlänge die Spaltbreite und der Spaltmittenabstand bestimmt werden kann.

Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Für das Verständnis dieses Versuchs sollten die Schüler bereits mit dem Wellenverhalten von Licht vertraut sein. Für die Veranschaulichung kann es hilfreich sein, vorher Interferenz von Wasserwellen zu zeigen.

Prinzip



Ein Laserstrahl leuchtet durch eine Blende mit einem Doppelspalt und erzeugt ein Interferenzmuster an einem sich dahinter befindenen Schirm.

Anhand des Interferenzmuster lassen sich die Intensitätsminima und -maxima ablesen und bei bekannter Wellenlänge auch die ursprüngliche Spaltbreite und Spaltmittenabstand bestimmen.

Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Betrachtet man das Interferenzmuster eines Spaltes, so zeigt sich, dass die Maxima und Minima gleiche Abstände voneinander haben.

Außerdem ist das zentrale Intensitätsmaximum doppelt so breit wie die übrigen Maxima. Vergleicht man die Interferenzmuster der verschiedenen Spalten miteinander, so ist zu erkennen, dass mit abnehmender Spaltbreite die Abstände zwischen den Maxima und Minima zunehmen.

Aufgaben



- Beobachten der Interferenzmuster am Schirm.
- Markieren der Lagen der Maxima und Minima am Schirm.
- Bestimmung der Spaltbreite und des Spaltmittenabstands eines Spalts.

Sicherheitshinweise

PHYWE



Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nicht direkt in den Laserstrahl geblickt wird.

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

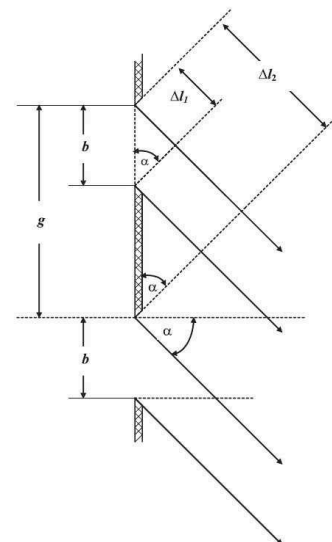
Theorie (1/3)

PHYWE

Fällt ein Laserstrahl auf einen Doppelspalt mit dem Spaltmittenabstand g und der Breite b , so kann man sich den Strahl im Doppelspaltbereich, wie rechts dargestellt, in zwei Strahlenbündel zerlegt denken, die unter dem Winkel α gebeugt werden.

Die Randstrahlen des Einfachspaltes haben den Gangunterschied Δl_1 . Beträgt dieser ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ , so interferieren diese Strahlen destruktiv. Der Einzelspalt liefert also immer dann Dunkelheit im Interferenzbild, wenn allgemein die Beziehung gilt:

$$\Delta l_1 = k * \lambda = b * \sin \alpha; k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$



Theorie (2/3)

PHYWE

Nun interferieren aber zusätzlich die Strahlen der beiden Spaltbündel miteinander. Die entsprechenden Randstrahlen des Doppelspaltes haben den Gangunterschied Δl_2 .

Beträgt dieser ein ungeradzahliges Vielfaches von $\lambda/2$, so liegt auch hier Auslöschung vor.

Somit hat man zusätzliche Dunkelheit im Interferenzbild bei

$$\Delta l_2 = \frac{2m+1}{2} * \lambda = g * \sin \alpha; m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (2)$$

Ist r der Abstand zwischen dem Doppelspalt und dem hinreichend weit entfernten Auffangschirm S und sind weiterhin $x_{k,m}$ die Abstände der Minima vom Mittelpunkt, so ist:

$$\sin \alpha_{k,m} = \frac{x_{k,m}}{\sqrt{x_{k,m}^2 + r^2}} \approx \frac{x_{k,m}}{r} \text{ für } x_{k,m} \ll r \quad (3)$$

Theorie (3/3)

PHYWE

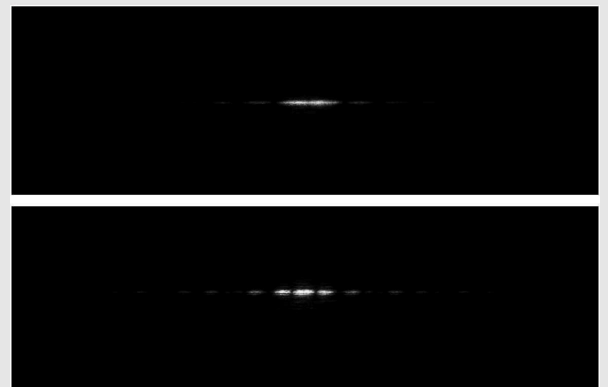
Aus (1) und (2) folgt:

$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \text{ bzw. } x_m = \frac{2m+1}{2} * \frac{r\lambda}{g} \quad (4)$$

Die Breite des zentralen Maximums des Einzelspaltes (Abstand der symmetrisch zum Zentrum liegenden Minima) beträgt $2\lambda * r/b$. Die äquidistanten Maxima eines Doppelspaltes mit gleichem b haben die Breite $\lambda * r/g$. Somit wird das Zentrale Maximum des Einzelspaltes von

$$\frac{2\lambda * r}{b} / \frac{\lambda * r}{g} = \frac{2g}{b} \quad (5)$$

zusätzlichen Maxima durchsetzt.



Beugungsmuster eines Spaltes und eines Doppelspaltes mit gleichen Spaltbreiten
oben: Spalt: $b = 0,2\text{mm}$; unten:
Doppelspalt: $b = 0,2\text{mm}$ und $g = 0,3\text{mm}$

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Reiter für optische Profilbank	09822-00	3
3	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
4	Blende mit 4 Doppelspalten	08523-00	1
5	Blende mit 3 Einfachspalten	08522-00	1
6	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
7	Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	1
8	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
9	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	1

Material

PHYWE

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Optische Profilbank, l = 1000 mm	08370-00	1
2	Reiter für optische Profilbank	09822-00	3
3	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
4	Blende mit 4 Doppelspalten	08523-00	1
5	Blende mit 3 Einfachspalten	08522-00	1
6	Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm	08062-00	1
7	Tonnenfuß, für 1 Stange, d ≤ 13 mm	02004-00	1
8	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
9	Diodenlaser, 1 mW, 635 nm (rot) mit kurzem Stiel	08761-99	1

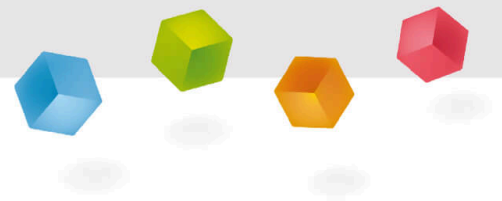
Zusätzliches Material

PHYWE

Position	Material	Menge
1	Tesafilm	1
2	weißes Blatt Papier	1

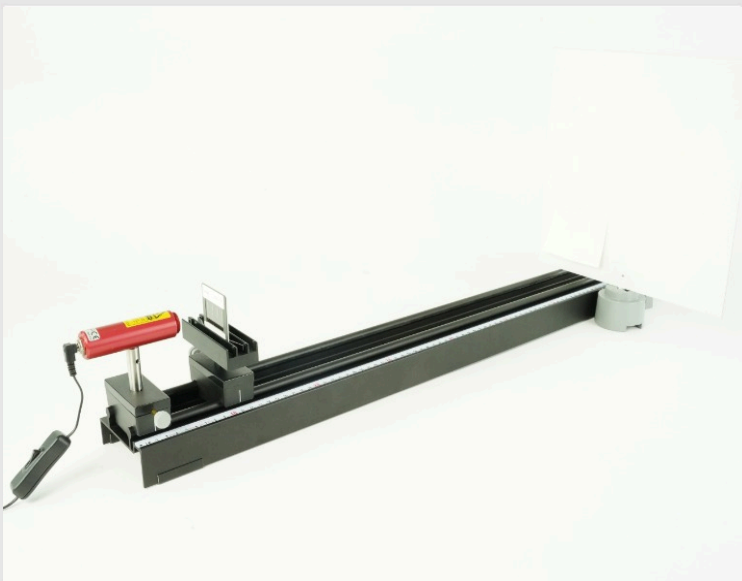
PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau

PHYWE



Der Versuchsaufbau erfolgt wie in der Abbildung gezeigt.

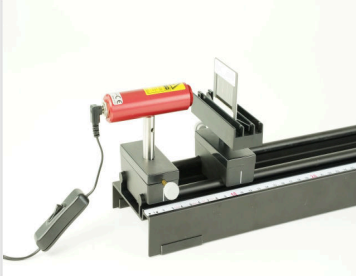
Die Strichmarken der Reiter zur Halterung der Komponenten haben auf der optischen Bank folgende Positionen.

- Reiter mit Diodenlaser bei 2cm
- Reiter mit Plattenhalter und eingesetzter Blende mit Doppelspalten bei 11cm

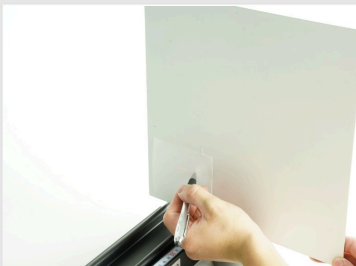
Der Tonnenfuß mit Schirm befindet sich in einem Abstand $r \leq 3\text{m}$ zur Doppelspaltblende.

Durchführung

PHYWE



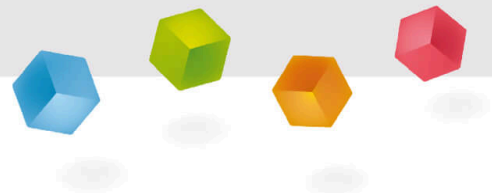
Auf dem Schirm, dessen Flächennormale in Richtung der optischen Achse zeigt, wird mit Tesafilm ein Blatt Schreibmaschinenpapier befestigt. Die Blende mit den Doppelspalten wird in dem Plattenhalter so ausgerichtet, dass jeweils ein Doppelspalt vom Laserlicht vollständig durchstrahlt wird. Man bestimmt die Positionen der Minima für verschiedene Doppelspalte. Zum Vergleich führt man eine entsprechende Messung an einem Einfachspalt mit gleicher Spaltbreite durch.



Es empfiehlt sich, mit einem wasserlöslichen Filzstift jeweils die Lagen der Minima zu markieren und deren Abstände $2x$ mit einem Lineal auf $0,5\text{mm}$ genau zu bestimmen. Der Abstand r zwischen Spaltblenden und Schirm ist mit dem Maßband zu bestimmen.

PHYWE

Auswertung



Auswertung (1/3)

PHYWE

Mit Hilfe der beispielhaft aufgenommenen Daten (rechts in den Tabellen dargestellt) lässt sich die Spaltbreite b und der Spaltemittenabstand g wie folgt berechnen:

Wie in der Theorie bereits gezeigt gilt für x_k bzw. x_m :

$$x_k = k \frac{\lambda * r}{b} \text{ bzw. } x_m = \frac{2m+1}{2} * \frac{r\lambda}{g}$$

Durch Umstellen der Gleichungen nach b bzw. g ergibt sich:

$$b = \frac{k * \lambda * r}{x_k} \text{ bzw. } g = \frac{(2m+1) * r\lambda}{2 * x_m}$$

Minima des Doppelspaltes

$\pm m$	$2x_m / mm$
0	8,6
1	25,5
2	40,0
3	59,0
4	75,0

Maxima des Einfachspaltes

$\pm k$	$2x_k / mm$
1	41,0
2	81,0
3	123,0

Doppelspalt: $b = 0,1 mm$; $g = 0,25 mm$

Einfachspalt: $b = 0,1 mm$

$r = 3325 mm$

$\lambda = 635 nm$

Auswertung (2/2)

PHYWE

Berechnete Ergebnisse aus den Beispieldaten:

$\pm m$	g / mm
0	0,246
1	0,248
2	0,264
3	0,251
4	0,253

$\pm k$	b / mm
1	0,103
2	0,104
3	0,103

Wofür steht hier b ?

Spaltbreite

Wellenlänge

Spaltemittenabstand

Auswertung (3/3)

PHYWE

Worauf muss geachtet werden, damit die Formel das richtige Ergebnis liefert?

Alle gegebenen Werte müssen in die Basiseinheiten umgerechnet werden.

Die Wellenlänge λ darf nicht kleiner als 700nm sein.

