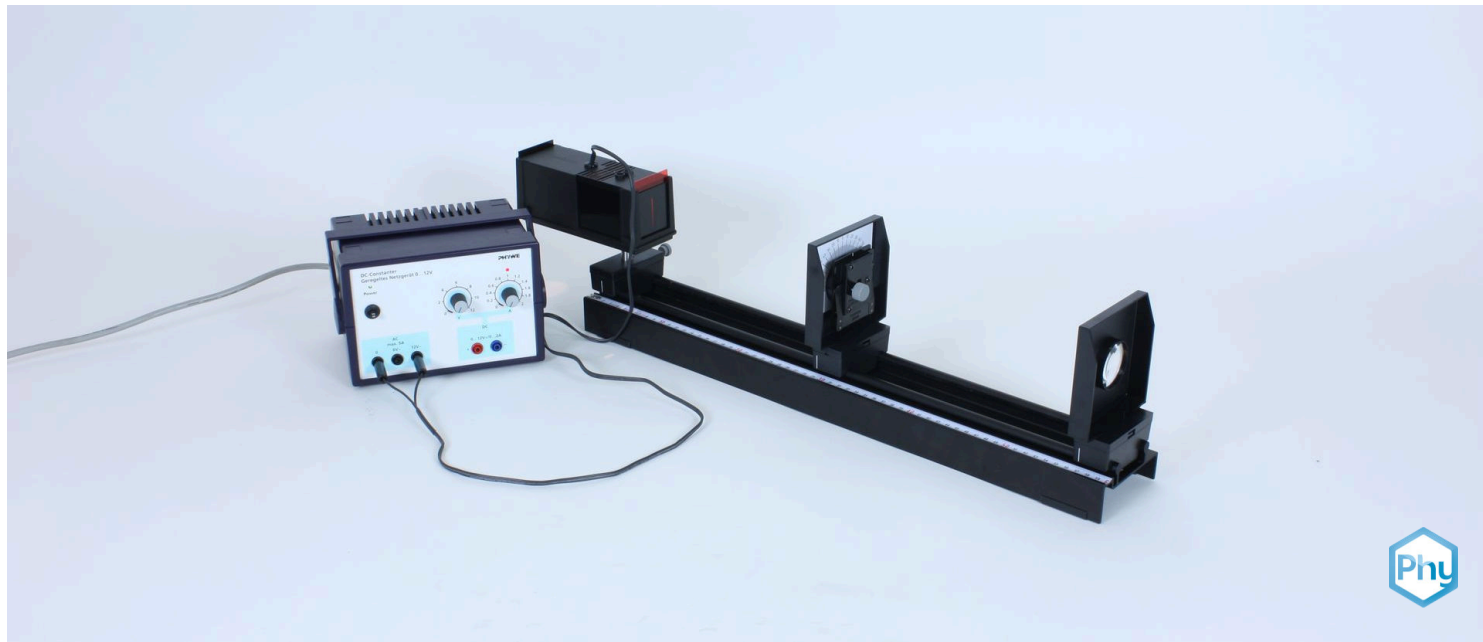


Beugung am Spalt



Physik

Licht & Optik

Beugung & Interferenz



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

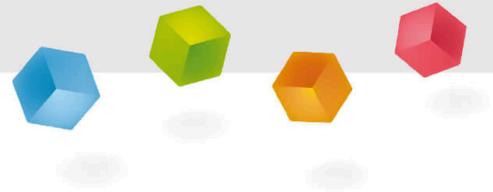
10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f96e93767b32e0003b7d25d>

PHYWE

Lehrerinformationen



Anwendung

PHYWE



Spalt für den Versuchsaufbau

Beugung von Licht tritt, obwohl sie nicht immer beobachtbar ist, praktisch überall im Alltag auf, auch an simplen Objekten wie einer Spalte. Durch diesen Versuch werden die geeigneten Bedingungen geschaffen, damit man die Wellennatur von Licht bei Durchtritt durch eine Spalte beobachten kann.

Sonstige Lehrerinformationen (1/6)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler brauchen für diesen Versuch keine besonderen Vorkenntnisse.

Prinzip



Wenn ein Lichtbündel auf einen Spalt auftrifft, dann wird es dort gebeugt. Nach dem Huygenschen Prinzip wird das ankommende Lichtbündel als eine Wellenfront verstanden, wobei jeder Punkt auf dieser Wellenfront ein Ausgangspunkt für eine neue Welle, der sogenannten Elementarwelle, darstellt. Die einzelnen Elementarwellen überlagern sich, und es kommt aufgrund der Kohärenz zu einem Interferenzmuster.

Sonstige Lehrerinformationen (2/6)

PHYWE

Lernziel



Der Versuch soll den Schüler den Wellencharakter des Lichtes veranschaulichen. Die Schüler lernen, unter welchen Bedingungen ein Interferenzmuster entsteht.

Aufgaben



Die Schüler sollen ein Lichtbündel auf einen Spalt richten und das Interferenzmuster hinter dem Spalt untersuchen.

Sonstige Lehrerinformationen (3/6)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Die Experimente können in einem Raum normaler Helligkeit durchgeführt werden. Wenn die Justierung sorgfältig vorgenommen wurde, werden sie keine technischen Schwierigkeiten machen.

Sonstige Lehrerinformationen (4/6)

PHYWE

Zusätzliche Informationen

Im Gegensatz zur Beugung an einer Kante können bei Experimenten zur Beugung am (einfachen) Spalt die Beugungsmuster in weiten Grenzen variiert und auch ästhetisch eindrucksvoll dargestellt werden, vor allem dann, wenn mehrere unterschiedlich breite Spalte oder ein verstellbarer Spalt zur Verfügung stehen.

Das Experiment 1 wird als Vorversuch empfohlen. Es ist schnell aufgebaut und durchgeführt und hat den Vorteil, dass die Schüler den funktionalen Zusammenhang zwischen der Spaltbreite einerseits und dem Abstand sowie der Intensität der Interferenzstreifen andererseits erleben können.

Sonstige Lehrerinformationen (5/6)

PHYWE

Zusätzliche Informationen

Ein Ergebnis des Experiments 1 ist eine halbquantitative Aussage (Je ... desto ...) über den Zusammenhang zwischen b und d . Damit ist die Zielorientierung für das Experiment 2 gegeben.

Im Experiment 2 wird die Fraunhofersche Anordnung für die Beugung am Spalt gewählt, weil diese nicht zuletzt auch bezüglich der geometrischen Überlegungen zur mathematischen Durchdringung der Erscheinung einfacher ist.

Sonstige Lehrerinformationen (6/6)

PHYWE

Anmerkungen

Mit den im Experiment 2 ermittelten Messwerten kann man auch die Wellenlänge von rotem Licht ermitteln. Für das n -te Interferenzminimum ist folgendes gültig:

$$\sin(\alpha_n) = n \cdot (\lambda/b) \text{ und auch } \tan(\alpha_n) = d_n/e,$$

wobei e = Abstand Abbildungslinse - Beobachtungslinse. Da $\alpha_n \ll 1$ ist, gilt in guter Näherung: $\sin(\alpha_n) \approx \tan(\alpha_n)$. Dies führt zu:

$$n \cdot (\lambda/b) = d_n/e \text{ oder } \lambda = (b \cdot d_n)/(n \cdot e).$$

Weil aber d_n nur relativ ungenau gemessen werden kann, ist es zu empfehlen, für λ -Messungen die Beugung am Doppelspalt, oder - noch besser - die Beugung am Gitter zu nutzen.

Sonstige Lehrerinformationen (6/6)

PHYWE

Anmerkungen

Mit den im Experiment 2 ermittelten Messwerten kann man auch die Wellenlänge von rotem Licht ermitteln. Für das n-te Interferenzminimum ist folgendes gültig:

$$\sin(\alpha_n) = n \cdot (\lambda/b) \text{ und auch } \tan(\alpha_n) = d_n/e,$$

wobei e = Abstand Abbildungslinse - Beobachtungslinse. Da $\alpha_n \ll 1$ ist, gilt in guter Näherung: $\sin(\alpha_n) \approx \tan(\alpha_n)$. Dies führt zu:

$$n \cdot (\lambda/b) = d_n/e \text{ oder } \lambda = (b \cdot d_n)/(n \cdot e).$$

Weil aber d_n nur relativ ungenau gemessen werden kann, ist es zu empfehlen, für λ -Messungen die Beugung am Doppelspalt, oder - noch besser - die Beugung am Gitter zu nutzen.

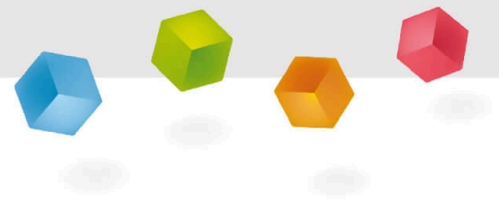
Sicherheitshinweise

PHYWE



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

PHYWE



Schülerinformationen

Motivation

PHYWE



Die Sonne als natürliche Lichtquelle

Als Licht bezeichnet man den für den Menschen sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Mit Beugungsobjekten, wie beispielsweise ein Spalt, kann ein besonderes Phänomen des Lichtes - die Interferenzfähigkeit - beobachtet werden, die auf einen Wellencharakter des Lichtes hinweisen.

Doch wie sieht ein Interferenzmuster aus und welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten liegen ihm zugrunde? Diese Fragen werden in diesem Versuch untersucht.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Boden mit Stiel für Leuchtbox für optische Profilbank	09802-20	1
3	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	1
4	Farbfiltersatz für additive Farbmischung	09807-00	1
5	Blende mit Spalt, d = 1 mm	09816-02	1
6	Linse auf Reiter, f = +50 mm	09820-01	1
7	Linse auf Reiter, f = +300 mm	09820-04	2
8	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
9	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	1
10	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	2
11	Messlupe	09831-00	1
12	Blende mit 3 Einfachspalten	08522-00	1
13	Spalt bis 1 mm verstellbar	11604-07	1
14	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	1
15	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
16	Karton, schwarz, 200 x 300 mm, 10 Stück	06306-01	1

Material

PHYWE

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Boden mit Stiel für Leuchtbbox für optische Profilbank	09802-20	1
3	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	1
4	Farbfiltersatz für additive Farbmischung	09807-00	1
5	Blende mit Spalt, d = 1 mm	09816-02	1
6	Linse auf Reiter, f = +50 mm	09820-01	1
7	Linse auf Reiter, f = +300 mm	09820-04	2
8	Reiter für optische Profilbank	09822-00	2
9	Fassung mit Skale auf Reiter	09823-00	1
10	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	2
11	Messlupe	09831-00	1
12	Blende mit 3 Einfachspalten	08577-00	1

Aufbau (1/8)

PHYWE

Versuch 1

- Baue mit den beiden Stativstangen und dem variablen Stativfuß die optische Bank auf und lege den Maßstab an (Abb. 1).



Abbildung 1

Aufbau (2/8)

PHYWE

- Setze die Leuchte nach den Abbildungen 2 und 3 zusammen und spanne sie so in den linken Teil des Stativfußes ein, dass sie mit der Linsenseite von der optischen Bank weg weist (Abb. 4).
- Schiebe die lichtundurchlässige Blende vor die Linse der Leuchte (Abb. 5).



Abbildung 2



Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 5

Aufbau (3/8)

PHYWE

- Schiebe den Rotfilter (Abb. 6) und die Spaltblende mit $d = 1\text{ mm}$ (Abb. 7) in den Schacht der Leuchte.

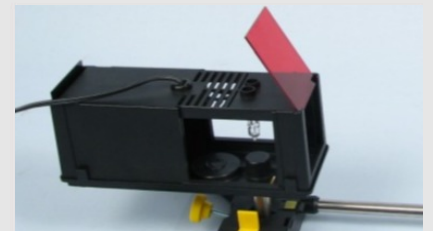


Abbildung 6



Abbildung 7

Aufbau (4/8)

PHYWE

- Stecke den verstellbaren Spalt (Leuchtsplatt) auf die Fassung auf (Abb. 8 und 9) und befestige dieses auf die Fassung mit Skale (Abb. 10).
- Setze die Fassung mit Skale etwa auf die Mitte der optischen Bank auf (Abb. 11).



Abbildung 8



Abbildung 9



Abbildung 10

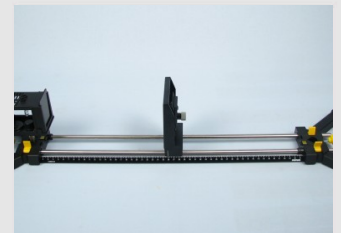


Abbildung 11

Aufbau (5/8)

PHYWE

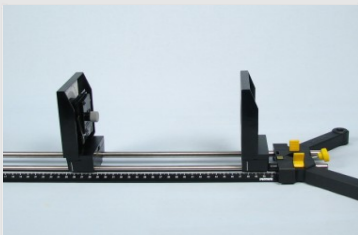


Abbildung 12



Abbildung 13

- Stelle die Linse mit $f = +50 \text{ mm}$ auf das rechte Ende der optischen Bank (Abb. 12).
- Schließe die Leuchte an das Netzgerät an (12 V~) und schalte das Netzgerät ein (Abb. 13).

Durchführung (1/4)

PHYWE

Versuch 1

- Drehe den verstellbaren Spalt ggf., sodass er zum Leuchtschlitz im Schacht der Leuchte parallel verläuft.
- Stelle den Spalt auf maximale Breite.
- Sieh dem Licht durch die Linse entgegen und lasse den Spalt in kleinen Schritten immer schmaler werden
- Beobachte die auftretenden Erscheinungen.

Durchführung (2/4)

PHYWE

- Benutze einen engen Spalt und beobachte die Muster ohne Nutzung des Rotfilters.
- Variiere einige Male die Spaltbreite und notiere deine Beobachtungen.
- Schalte das Netzgerät aus.

Aufbau (6/8)

PHYWE



Abbildung 14



Abbildung 15

Versuch 2

- Belasse die optische Bank mit Maßstab und Leuchte wie im 1. Versuch, jedoch ohne Spaltblende und Farbfilter.
- Stelle die Linse mit $f = +50$ mm bei 6 cm auf und platziere die Fassung mit Skale, Blendenhalter und verstellbaren Spalt (Leuchtspace) bei etwa 9,5 cm (Abb. 14).
- Stelle eine Linse mit $f = +300$ mm bei 40 cm und die zweite am Ende der optischen Bank, sowie dazwischen einen Reiter mit Plattenhalter auf (Abb. 15).

Aufbau (7/8)

PHYWE



Abbildung 16

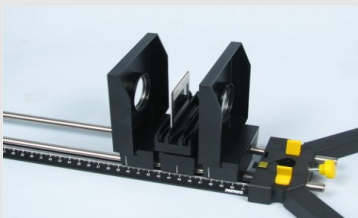


Abbildung 17

- Stelle den anderen Reiter mit Plattenhalter und Beobachtungsoptik etwa 30 cm entfernt von der am Ende der optischen Bank stehenden Linse auf (Abb. 16) und schalte das Netzgerät ein.
- Verschiebe die Beobachtungsoptik längs der optischen Achse, bis der Leuchtspace in der Beobachtungsebene scharf abgebildet ist.
- Stecke die Blende mit 3 Einfachspalten in den Plattenhalter zwischen die Linsen mit $f = +300$ mm (Abb. 17).

Aufbau (8/8)

PHYWE

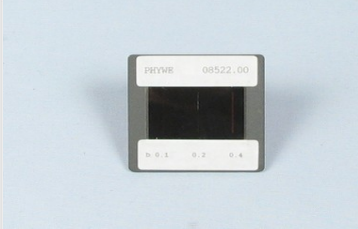


Abbildung 18

- Verschiebe die Blende so, dass zuerst der Spalt mit der Spaltbreite $b = 0,4$ mm (vgl. Abb. 18) in der optischen Achse steht
- Decke die anderen Spalte mit schwarzem Karton ab (Abb. 19).

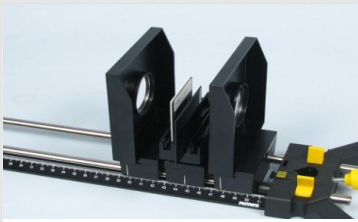


Abbildung 19

Durchführung (3/4)

PHYWE

Versuch 2

- Betrachte das Beugungsbild mit Hilfe der Beobachtungsoptik und justiere - falls notwendig - die folgenden Punkte der Anordnung: Parallelität von Leuchtspalt und Beugungsspalt; gleichmäßige (symmetrische) Ausleuchtung des Beugungsspalts; optimale Breite des Leuchtspalts.
- Beschreibe das Beugungsbild und notiere deine Beobachtungen.
- Schiebe den Rotfilter in den Schacht der Leuchte (Abb. 20).

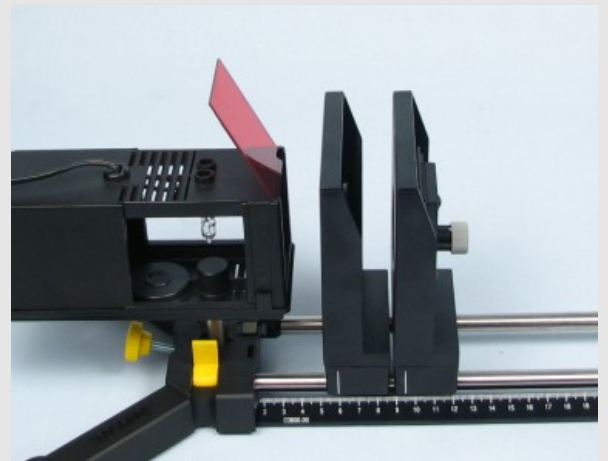
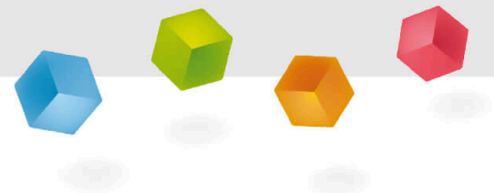


Abbildung 20

Durchführung (4/4)

- Bestimme den Abstand d_n des n -ten Intensitätsmaximums (dunkler Streifen) von der Mitte (0. Intensitätsmaximum). Wähle dazu n möglichst groß und messe den Abstand $2d_n$ vom linken n -ten Minimum zum rechten n -ten Minimum, und teile den gemessenen Wert durch 2. Notiere das Ergebnis.
- Rücke den Spalt mit $b = 0,2$ mm in die optische Achse. Decke die anderen Spalte mit schwarzem Karton ab. Messe den Abstand d_n wie oben beschrieben und notiere das Ergebnis.
- Verfahre mit dem dritten Spalt ($b = 0,1$ mm) in gleicher Weise.
- Schalte das Netzgerät aus.

PHYWE

Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Je enger der [] wird, um so geringer wird die [] des hindurchtretenden Lichtes. Bei einer bestimmten Spaltbreite ist deutlich ein System von parallelen hellen Streifen zu beobachten, die bei weiterer [] der Spaltbreite immer weiter auseinanderrücken. Je weiter die [] jeweils von der Mitte entfernt sind, um so geringer ist ihre [].

Intensität

Helligkeit

Beugungsspalt

Verkleinerung

hellen Streifen

☒ Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Interferenzbedingungen

Für konstruktive Interferenz gilt:

$$\Delta = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\Delta = n \cdot \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Für destruktive Interferenz gilt:

$$\Delta = (n + \frac{1}{2}) \lambda \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

☒ Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

Berechne das Produkt $b \cdot (d_n/n)$. Welcher der folgenden Aussagen kann man daraus ableiten?

- ☐ Das Produkt steigt im Rahmen der Messgenauigkeit linear mit n an: $b \cdot d_n \approx n \cdot \text{konst.}$
 $\rightarrow b \sim n/d_n$.
- ☐ Je kleiner die Spaltbreite b ist, um so größer ist der Abstand d.
- ☐ Das Produkt ist im Rahmen der Messgenauigkeit eine Konstante: $b \cdot d_n \approx \text{konst.}$ $\rightarrow b \sim 1/d_n$.
- ☐ Die Variation der Spaltbreite b hat keinen Einfluss auf den Abstand d.

✓ Überprüfen