

Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers mit einem optischen Gitter



Fällt ein Laserstrahl auf ein Strichgitter, so entstehen hinter diesem durch Interferenz Intensitätsminima und -maxima, aus deren Lagen die Wellenlänge des Laserstrahls bestimmt werden kann. In diesem Versuch erfolgt die Bestimmung der Wellenlänge eines Lasers mit einem optischen Gitter.

| | | | |
|---|---|---|--|
| Physik | Licht & Optik | Welleneigenschaften des Lichts | |
| Physik | Licht & Optik | Laseroptik | |
|  Schwierigkeitsgrad |  Gruppengröße |  Vorbereitungszeit |  Durchführungszeit |
| mittel | 2 | 10 Minuten | 20 Minuten |



Allgemeine Informationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Fällt ein Laserstrahl auf ein Strichgitter, so entstehen hinter diesem durch Interferenz Intensitätsminima und -maxima, aus deren Lagen die Wellenlänge des Laserlichts bestimmt werden kann.

Interferenz ist ein Grundlegendes Phänomen der Wellenoptik, welches viele wichtige Anwendungen in der Physik findet. So muss man zum Beispiel bei der Konstruktion von Teleskopen und Mikroskopen Interferenzphänomene beachten.

Um Gravitationswellen zu messen, wird durch die Interferenz zweier Laserstrahlen, die sehr weite Entfernungen zurücklegen, eine Längenänderung im Raum nachgewiesen.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



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

Prinzip



Die Lichtwellen des Lasers fallen auf das Gitter. Die Spalte des Gitters können als Ausgangspunkte von Elementarwellen angesehen werden.

Diese treffen auf den Schirm, wo sie sich abhängig vom Ort entweder verstärken oder auslöschen. Dadurch entstehen Intensitätsminima und -maxima.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Fällt ein Laserstrahl auf ein Gitter, entstehen hinter diesem durch Interferenz Intensitätsminima und -maxima, aus deren Abstände die Wellenlänge des Laserlichts bestimmt werden kann.

Verkleinert man den Abstand zwischen den Gitterspalten, so vergrößert sich der Abstand der Maxima und diese werden schärfer.

Aufgaben



- Beobachten der Interferenzmuster am Schirm (wenn nötig nach vorne kommen).
- Beobachten der Abhängigkeit des Interferenzbildes von der Gitterkonstante.
- Berechnen der Wellenlänge des Lasers.

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science



Es muss unbedingt vermieden werden, direkt in das Laserlicht zu blicken.

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

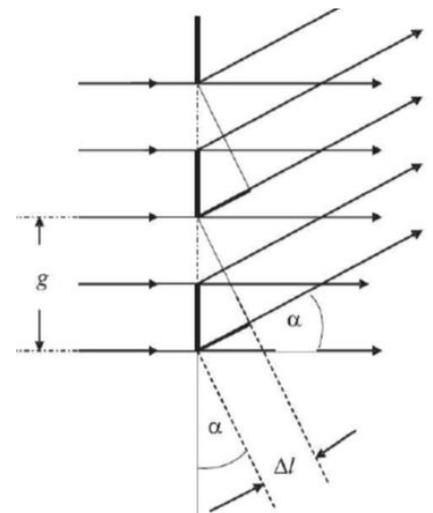
Theorie

PHYWE
excellence in science

Nach dem Huygensschen Prinzip wirken die periodischen Strukturen eines optischen Gitters als Erregerzentren von Elementarwellen, die miteinander interferieren. Im Interferenzmuster sind dann bei Beleuchtung mit monochromatischem Licht Intensitätsmaxima zu erwarten, wenn der Gangunterschied Δl von Teilstrahlen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ beträgt.

Ist der Abstand zwischen Gitter und Schirm sehr viel größer als die Gitterkonstante g , so sind Teilstrahlen, die von verschiedenen Spalten ausgehen und sich am Schirm treffen annähernd parallel zueinander. Dann gilt:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta l}{g} = \frac{k * \lambda}{g}; k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$



Material

| Position | Material | Art.-Nr. | Menge |
|----------|----------------------------------|----------|-------|
| 1 | Optische Profilbank, l = 1000 mm | 08370-00 | 1 |
| 2 | Diodenlaser 0,2 / 1,0 mW, 635 nm | 08760-99 | 1 |
| 3 | Halter für Diodenlaser | 08384-00 | 1 |
| 4 | Reiter für optische Profilbank | 09822-00 | 3 |
| 5 | Plattenhalter für 3 Objekte | 09830-00 | 1 |
| 6 | Gitter, 50 Striche/mm | 08543-00 | 1 |
| 7 | Gitter, 80 Striche/mm | 09827-00 | 1 |
| 8 | Schirm, Metall, 300 mm x 300 mm | 08062-00 | 1 |
| 9 | Maßband, l = 2 m | 09936-00 | 1 |

Material

PHYWE
excellence in science

| <u>Position</u> | <u>Material</u> | <u>Menge</u> |
|-----------------|-----------------|--------------|
| 1 | Tesafilm | 1 |
| 2 | Blatt Papier | 1 |

PHYWE
excellence in science

Aufbau und Durchführung

Aufbau

PHYWE
excellence in science



Zunächst werden die Reiter mit dem Laser und dem Plattenhalter bestückt und der Schirm in den Fuß gesteckt. Das erste Gitter wird in den Plattenhalter eingesetzt.

Der weitere Versuchsaufbau erfolgt wie in der Abbildung gezeigt.

Die Strichmarke des Reiters zur Halterung des Diodenlasers befindet sich bei 2cm, die das Reiters mit dem Gitter bei 11cm.

Den Schirm platziert man am Ende der optischen Bank bei 98cm.

Durchführung

PHYWE
excellence in science



Auf dem Schirm wird mit Tesafilm ein Blatt Schreibmaschinenpapier befestigt.

Mit einem wasserlöslichen Filzstift sind die Maxima mehrerer Beugungsordnungen des in den Plattenhalter eingesetzten Gitters zu markieren.

Dies wird mit dem zweiten Gitter wiederholt.

Der Abstand r zwischen Gitter und Schirm ist mit dem Maßband zu bestimmen.

Mit einem Lineal oder einer Schieblehre bestimmt man mit einer Genauigkeit von $0,5\text{cm}$ die Abstände $2x$ der verschiedenen Intensitätsmaxima $\pm k$ -ten-Ordnungen.





Auswertung

Auswertung (1/3)

Beispielhafte aufgenommene Daten:

| $\pm k$ | $2x/mm$ für $g = 0,02mm$ | $2x/mm$ für $g = 0,0125mm$ |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 55,0 | 87,5 |
| 2 | 110,0 | 177,5 |
| 3 | 166,0 | 268,0 |
| 4 | 222,0 | |

$$r = 865mm$$

Mit Hilfe der aufgenommenen Daten lässt sich die Wellenlänge des Lasers wie folgt berechnen:

Wie in der Theorie bereits gezeigt gilt für den Winkel α :

$$\sin \alpha = \frac{k * \lambda}{g}; k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Mit dem Satz des Pythagoras folgt für die Wellenlänge λ :

$$\lambda = \frac{x_k * g}{k * \sqrt{x_k^2 + r^2}}$$

Auswertung (2/3)

PHYWE
 excellence in science

Berechnete Wellenlängen aus den Beispieldaten:

| $\pm k$ | λ/nm für $g = 0,02mm$ | λ/nm für $g = 0,0125mm$ |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 635,5 | 631,4 |
| 2 | 634,6 | 637,9 |
| 3 | 636,8 | 637,9 |
| 4 | 636,4 | |

 Wofür steht die Gitterkonstante g ?

Auswertung (3/3)

PHYWE
 excellence in science

Welche Farbe hat der Laser, der im Beispiel verwendet wurde?

 Grün

 Rot

 Blau

 Überprüfen

Was muss erfüllt sein, damit die verwendete Formel stimmt?

 Die Wellenlänge des Lichts darf nicht kleiner als 450nm sein.

 g muss viel kleiner als der Abstand zwischen Schirm und Gitter sein

 Lichtstrahlen benachbarter Spalte, die sich am Schirm treffen, müssen annähernd parallel laufen.

 Überprüfen

| Folie | Punktzahl/Summe |
|----------------------------|-----------------|
| Folie 14: Gitterkonstante | 0/2 |
| Folie 15: Mehrere Aufgaben | 0/3 |

Gesamtpunktzahl  0/5



Lösungen anzeigen



Wiederholen