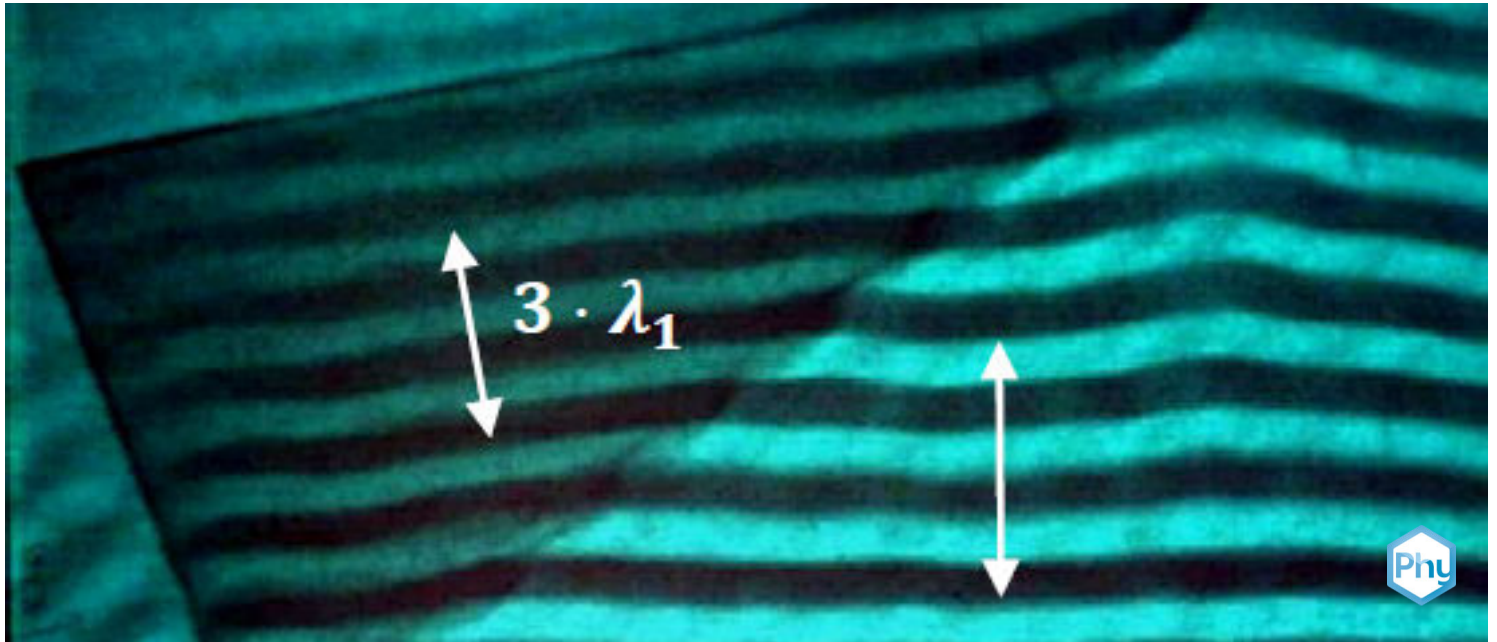


Brechung an einer planparallelen Platte / einem Prisma



Die Schüler und Studenten messen mit Hilfe einer Wellenwanne und eines Wasserwellengerätes unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Wellen und leiten das Brechungsgesetz daraus ab.

Physik

Mechanik

Schwingungen & Wellen



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

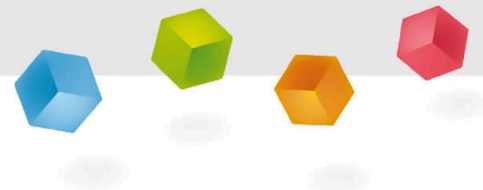
20 Minuten

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/5fa928af7db7e80003bfe02a>

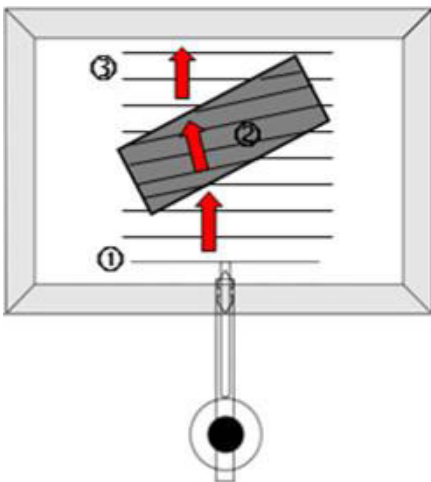
PHYWE



Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

In diesem Versuch werden zwei Analogieversuche behandelt:

Im ersten Teil des Versuches wird die Brechung von Lichtwellen beim Durchgang durch eine planparallele Platte veranschaulicht. Aus dem beobachteten Wellenbild kann das Brechungsgesetz abgeleitet werden.

In einem zweiten Analogieversuch wird die Brechung von Wasserwellen in einem Prisma untersucht.

Sonstige Informationen (1/7)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits mit dem Thema "Lichtwellen" und deren Brechung vertraut sein. Außerdem sollten sie bereits wissen, wie Wasserwellen entstehen und welche Eigenschaften diese aufweisen.

Prinzip



Mit Hilfe von Wasserwellen werden Analogieversuche durchgeführt, um die Brechung von Lichtwellen beim Durchgang durch eine planparallele Platte sowie in einem Prisma zu veranschaulichen. Das optisch dichtere Medium wird dabei durch eine Flachwasserzone simuliert, die im ersten Teil mittels einer schräg in die Wellenwanne gelegten rechteckigen Platte und im zweiten Teil mittels einer Dreiecksplatte erzeugt wird.

Sonstige Informationen (2/7)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler und Studenten leiten das Brechungsgesetz aus diesem Versuch ab.

Aufgaben



Die Schüler und Studenten führen Analogversuche zur Brechung von Licht- und Wasserwellen durch eine planparallele Platte sowie durch ein Prisma durch.

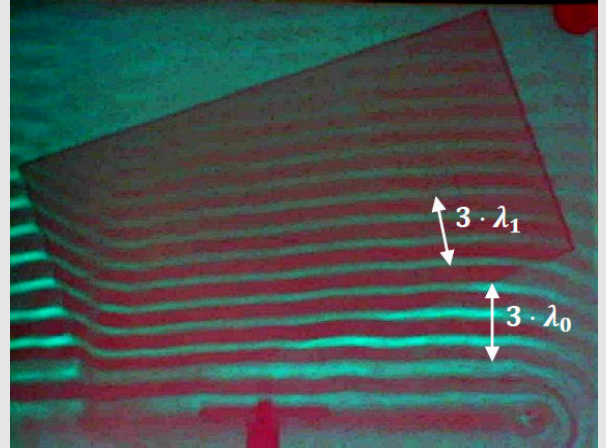
Sonstige Informationen (3/7)

PHYWE

Ergebnis - Versuch 1

Beim Eintritt der ebenen Wellen in den Flachwasserbereich ist ein deutliches Abknicken der Wellenberge und Wellentäler zu erkennen (Abb. rechts). Man erkennt deutlich eine Änderung der Ausbreitungsrichtung der Wellen zum Einfallslot hin. Beim Austritt aus der Flachwasserzone erfolgt eine Brechung um den gleichen Winkel in entgegengesetzter Richtung: Hinter der Platte sind die Wellenberge in etwa wieder parallel zu den Wellenbergen der ursprünglichen Welle.

Die Wellenlänge ist in der Flachwasserzone geringer als im tieferen Wasser der Wellenwanne ($\lambda_1 < \lambda_0$).



Das Abknicken der ebenen Wellenfront beim Eintritt in die Flachwasserzone oberhalb der rechteckigen Platte ist deutlich zu erkennen.

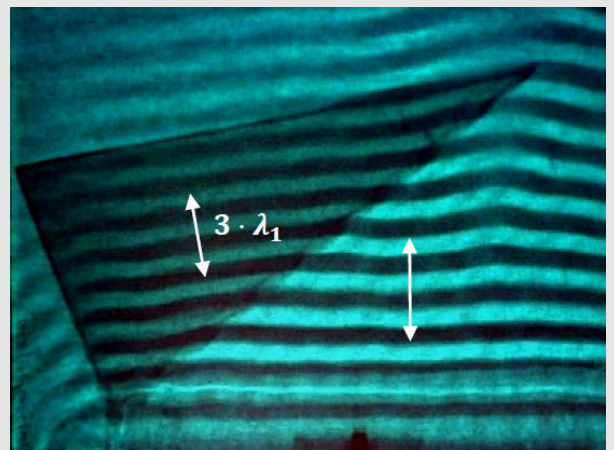
Sonstige Informationen (4/7)

PHYWE

Ergebnis - Versuch 2

Beim Eintritt der Wellen in den Bereich über der Dreiecksplatte ist ein deutliches Abknicken der Wellenberge und Wellentäler zu erkennen. Die Wellen werden zur Basis des Prismas hin gebrochen. Beim Austritt aus dem Bereich der Flachwasserzone ist schwach eine nochmalige Ablenkung in der gleichen Richtung zu erkennen (Abb. rechts).

Die nochmalige schwache Ablenkung beim Verlassen der Dreiecksplatte ist schwer zu erkennen. Diese Ablenkung wird deutlicher, wenn man die Wellenberge und Wellentäler oberhalb der Dreiecksplatte und dahinter auf dem Blatt Papier des Experimentiertisches einzeichnet.



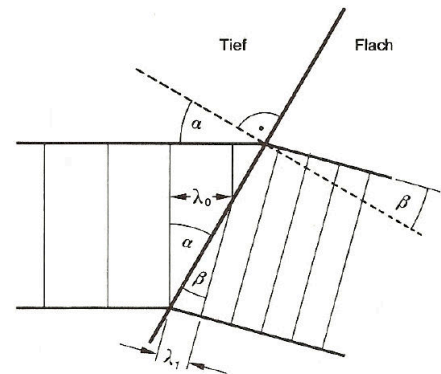
Beim Eintritt der Wellen in den Bereich über der Dreiecksplatte ist ein Abknicken der Wellenberge und Wellentäler zu erkennen.

Sonstige Informationen (5/7)

PHYWE

Interpretation (1/3)

Aus den Abbildungen zu Versuch 1 und 2 ist deutlich ersichtlich, dass die Wellenlänge im Flachwasserbereich geringer ist als im tiefen Wasser. Außerdem erkennt man, dass die Wellenberge (helle Streifen) an den Grenzlinien der beiden Bereiche stetig verlaufen. Das beobachtete Bild des ersten Versuches ist in der Abbildung rechts schematisch dargestellt, wobei abweichend von Versuch 1 ein begrenztes Wellenbündel gezeichnet wurde.



Geometrische Beschreibung der Brechung einer ebenen Welle an einem Übergang zwischen zwei unterschiedlichen Wassertiefen.

Sonstige Informationen (6/7)

PHYWE

Interpretation (2/3)

Für den Zusammenhang zwischen dem Einfallswinkel α und dem Ausfallswinkel β entnimmt man aus der Abbildung unmittelbar die Beziehung

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{\lambda_0}{\lambda_1}.$$

Der Quotient $n_{01} = \frac{\lambda_0}{\lambda_1} = \frac{c_0}{c_1}$ (c_0 = Phasengeschwindigkeit im tiefen Wasser, c_1 = Phasengeschwindigkeit im flachen Wasser) wird Brechzahl für den Übergang vom tiefen in das flache Wasser genannt.

Sonstige Informationen (7/7)

PHYWE

Interpretation (3/3)

Durch Zusammenfassung erhält man das Brechungsgesetz in der aus der Optik bekannten Form

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_0}{c_1} = n_{01}$$

Beide Versuche veranschaulichen unmittelbar die geometrische Konstruktion, die der Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Huygens-Fresnelschen Prinzip zugrunde liegt. Die Ablenkung der Wasserwellen beim Eintreten und beim Austreten aus der Flachwasserzone entspricht der Brechung von Licht beim Durchgang durch eine planparallele Platte bzw. der Brechung in einem Prisma.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

Theorie

PHYWE

Da die Ablenkung der Wasserwellen beim Eintreten und beim Austreten aus der Flachwasserzone der Brechung von Licht beim Durchgang durch eine planparallele Platte bzw. der Brechung in einem Prisma entspricht, können Analogieversuche zur Brechung von Licht- und Wasserwellen hierzu durchgeführt werden.

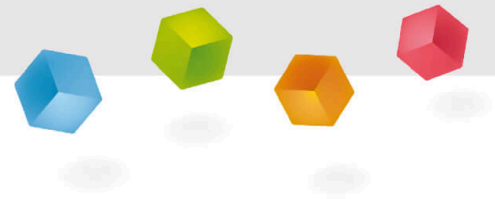
Somit lassen sich die geometrischen Konstruktionen veranschaulichen, die der Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Huygens-Fresnelschen Prinzip zugrunde liegen.

In diesem Versuch soll somit anhand eines Wellenbildes von Lichtwellen das Brechungsgesetz abgeleitet werden und die Brechung von Wasserwellen in einem Prisma untersucht werden.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Wasserwellengerät mit LED-Lichtquelle, komplett	11260-88	1

PHYWE

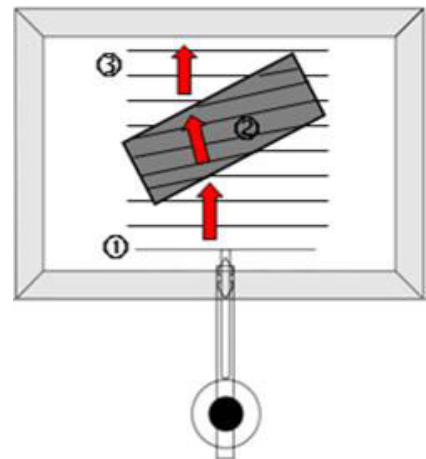


Aufbau und Durchführung

Aufbau - Versuch 1

PHYWE

- Der Planwellenerreger wird am Erregerarm befestigt und dieser dann an den unteren Rand des Wasserwellengeräts positioniert. (Optional können beide Versuche auch mit dem externen Vibrationsgenerator durchgeführt werden. Die verschiedenen Platten müssen dann entsprechend ausgerichtet werden.)
- Die planparallele Platte aus dem Brechungsobjektesatz wird gegenüber den Wellenfronten verkippt in die Wellenwanne gelegt, die dann soweit mit Wasser befüllt wird, bis die Platte vollständig mit Wasser bedeckt ist (Abb. rechts).
- Anschließend werden die Wellenwanne und der Wellenerreger sorgfältig einjustiert.

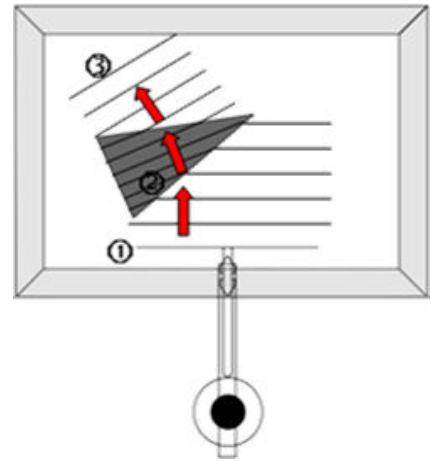


Anordnung zur Brechung von Wasserwellen an einer planparallelen Platte.

Aufbau - Versuch 2

PHYWE

- Versuch 2 wird genau so wie Versuch 1 aufgebaut, jedoch wird anstelle der rechteckigen Platte eine Dreiecksplatte gemäß der Abbildung rechts in die Wellenwanne gelegt.



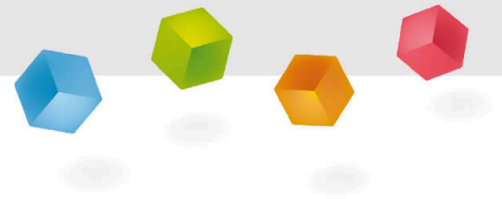
Anordnung zur Brechung von Wasserwellen an einem Prisma.

Durchführung

PHYWE

- Für beide Versuche gelten die gleichen Einstellungen. Die überzeugendsten Ergebnisse erhält man bei einer Erregerfrequenz von etwa 20 Hz bis 25 Hz.
- Man wählt die Amplitude so, dass sich ein deutliches Wellenbild ergibt und schaltet dann die Stroboskopbeleuchtung ein. Dabei sollte die Stroboskopfrequenz so gewählt werden, dass eine langsame Vorwärtsbewegung der Wasserwellen zu erkennen ist ($\lambda f > 0$ Hz).
- Mithilfe der Spritzflasche wird nun so viel Wasser aus der Wellenwanne gesaugt, bis die Brechung der Wellen beim Eintritt in die Flachwasserzone gut zu erkennen ist.
- Man beobachtet nun die Wellenausbreitung vor, im und hinter dem Flachwasserzonenbereich. Evtl. kann es hilfreich sein, die Amplitude nochmals zu verstellen, um eine deutliche Brechung zu erkennen.
- Mit dem Absinken des Wasserspiegels nimmt nicht nur die Brechzahl, sondern auch die Dämpfung zu. Der für das Experiment optimale Wasserstand ist dann erreicht, wenn man hinter der jeweiligen Platte das Wellenbild gerade noch erkennen kann.

PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Was ist beim Eintritt der Wellen in den Flachwasserbereich von Versuch 1 zu erkennen?

- ☐ Es ist keine Veränderung in den Wellenbergen und Wellentälern zu erkennen.
- ☐ Ein deutliches Ansteigen der Wellenberge und Wellentäler. Man erkennt deutlich die Änderung der Ausbreitungsrichtung der Wellen vom Einfallslot weg.
- ☐ Ein deutliches Abknicken der Wellenberge und Wellentäler. Man erkennt deutlich die Änderung der Ausbreitungsrichtung der Wellen zum Einfallslot hin.

✓ Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Was ist beim Eintritt der Wellen in den Bereich über der Dreiecksplatte von Versuch 2 zu erkennen?

- ☐ Es entstehen keine Wellen mehr. Die Basis des Prismas wirkt als Wellenschlucker und behindert die Wellen schon in der Entstehung.
- ☐ Ein deutliches Abknicken der Wellenberge und Wellentäler. Die Wellen werden zur Basis des Prismas hin gebrochen.
- ☐ Ein deutliches Ansteigen der Wellenberge und Wellentäler. Die Wellen werden von der Basis des Prismas weg gebrochen.

☒ Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

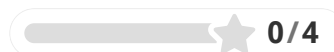
Wähle die richtigen Aussagen aus.

- ☐ Die Wellenlängen im Flachwasserbereich ist höher als im tiefen Wasser.
- ☐ $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_0}{c_1} = n_{01}$ ist die Formel für das Brechungsgesetz.
- ☐ Keine der Aussagen ist richtig.
- ☐ Die Wellenlängen im Flachwasserbereich ist geringer als im tiefen Wasser.

☒ Überprüfen

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 18: Beobachtung zu Versuch 1	0/1
Folie 19: Beobachtung zu Versuch 2	0/1
Folie 20: Wellenlängen	0/2

Gesamtsumme

 Lösungen Wiederholen