

Totalreflexion und Grenzwinkel



Physik

Licht & Optik

Reflexion & Brechung



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f43727673f9e40003d15f8c>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Brechung beim Übergang von Glas zu Luft

Unter dem Phänomen der Totalreflexion versteht man in der Optik, wenn ein Lichtstrahl komplett an der Grenzfläche zweier Medien reflektiert wird und es zu keiner Transmission kommt. Diese Art von Reflexion tritt nur bei einem bestimmten Winkel auf, dem sogenannten Grenzwinkel.

Besonders gut lässt sich die Totalreflexion, beim Übergang zwischen einem transparenten Medium wie Wasser oder Glas und Luft beobachten.

Eine Anwendung dessen sind beispielsweise Lichtleiter in Form von Glasfaserkabeln. Diese können Informationen nahezu verlustfrei bis zu 20.000 Meter weit transportieren.

Sonstige Lehrerinformationen (1/4)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten zuvor die Grundlagen der geradlinigen Ausbreitung und Reflexion von Licht erlernt haben. Der Begriff des Lots sollte bekannt sein.

Prinzip



Das Licht wird beim Übergang von einem optisch dünnerem zu einem optisch dichterem Medium gebrochen (auch ein umgekehrter Übergang ist möglich). Totalreflexion tritt auf, wenn das Licht aus einem optisch dichteren Medium auf die Grenzfläche zu einem optisch dünneren Medium einfällt und der Einfallswinkel größer als der Grenzwinkel ist.

Sonstige Lehrerinformationen (2/4)

PHYWE

Lernziel



Mit der Totalreflexion lernt der Schüler einen wichtigen Sonderfall des Brechungsgesetzes beim Übergang des Lichts vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium kennen, der für die Technik von sehr großer Bedeutung ist (Lichtleitkabel).

Aufgaben



Die Schüler soll bei diesem Versuch zunächst die bekannte Erscheinung der Brechung beim Übergang des Lichts von Glas in Luft beobachten, aber ihr Augenmerk auch auf den Bereich innerhalb des Modellkörpers und damit auf die zunehmende Reflexion des Lichts richten. Im weiteren Vorgehen beobachten und untersuchen sie den Fall genauer, wenn das Licht unter dem Grenzwinkel der Totalreflexion auf die Grenzfläche Glas zu Luft trifft.

Sonstige Lehrerinformationen (3/4)

PHYWE

Anmerkung

Auf die bei Einfallswinkeln nahe dem Grenzwinkel beobachtbare Dispersion des gebrochenen Lichts kann der Schüler aufmerksam gemacht werden.

Sonstige Lehrerinformationen (4/4)

PHYWE

Hinweise zum Aufbau und zur Durchführung

Der Versuchserfolg und insbesondere die genaue Bestimmung des Grenzwinkels hängen im entscheidenden Maße von einer sorgfältigen Justierung der Versuchsanordnung (0° -Methode) und einem genauen Einfall des Lichts in Richtung des Lotfußpunktes ab. Der Modellkörper sollte mit der aufgerauhten Seite nach unten auf der optischen Scheibe liegen, damit der Lichtweg innerhalb des Körpers sichtbar wird.

Gegebenenfalls sollte der Lehrer beim Finden des Grenzwinkels Hilfestellung geben, da die Schüler erfahrungsgemäß das Licht sehr schnell über den kritischen Winkel hinaus einfallen lassen.

Als mögliche Hilfe bietet sich auch die Nutzung eines kleinen, weißen Papierstückes an, welches senkrecht auf die optische Scheibe in den Strahlengang des gebrochenen Lichtbündels gehalten wird und auf dem dieses einen Lichtfleck erzeugt.

Sicherheitshinweise

PHYWE



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

PHYWE

Schülerinformationen

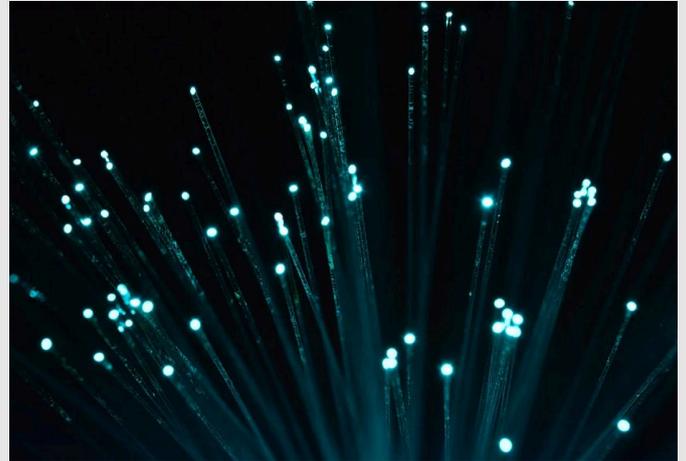


Motivation

PHYWE

Eine besondere Form der Reflexion ist die sogenannte Totalreflexion. Sie tritt auf, wenn Licht unter einem bestimmten Winkel, dem Grenzwinkel, auf eine Grenzfläche trifft. Dabei wird nahezu das komplette Licht reflektiert und es kommt zu keinem Eintritt in das Medium.

Dieses Phänomen findet beispielsweise in Lichtleitern oder Glasfaserkabeln statt. Mit Hilfe dessen können Informationen bis zu 20.000 m nahezu verlustfrei transportiert werden.



Totalreflexion in Lichtleitern

Aufgabe

PHYWE



Versuchsaufbau

Was versteht man unter Totalreflexion?

Untersuche das Verhalten von schmalen Lichtbündeln beim Übergang des Lichts von Glas in Luft, wenn der Einfallswinkel größer als 40° ist.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Modellkörper, halbkreisförmig, r = 30 mm	09810-01	1
3	Optische Scheibe	09811-00	1
4	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

Aufbau

PHYWE

Achtung!

Achte darauf, dass das von der Leuchtbox kommende schmale Lichtbündel stets genau in Richtung des Zentrums der optischen Scheibe (zum Lotfußpunkt) verläuft und dass der Modellkörper seine Lage beim Bewegen der Leuchtbox nicht verändert.

- Lege die optische Scheibe vor dich auf den Tisch und stelle den halbkreisförmigen Modellkörper (mit der aufgerauhten Fläche nach unten) innerhalb der Markierungen an die senkrechte Linie.



Versuchsaufbau

Durchführung (1/5)

PHYWE

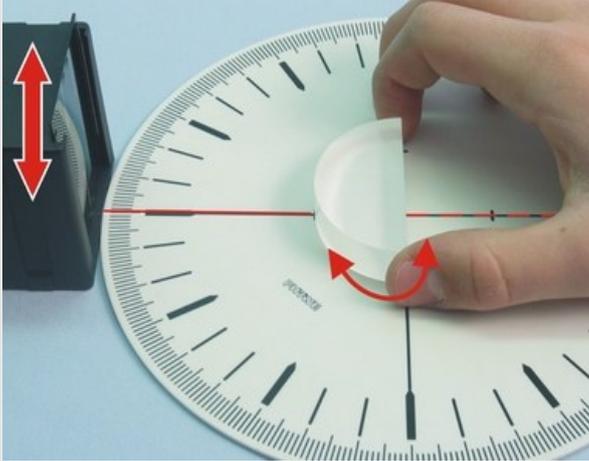
- Stelle die Leuchtbox mit der Einspaltblende auf der Linsenseite gegenüber dem Modellkörper auf. Die halbbrunde Seite des Modellkörpers und die Leuchtbox stehen sich dabei gegenüber.
- Schließe die Leuchtbox an das Netzgerät (12 V ~) an.



In Betriebnahme des Netzgerätes

Durchführung (2/5)

PHYWE



Justieren des Strahlengangs

- Justiere deine Versuchsanordnung, sodass ein entlang der optischen Achse einfallendes schmales Lichtbündel nach dem Durchgang durch das Glas weiter auf der optischen Achse verläuft.
- Verschiebe die Leuchtbox nun so weit bis das Licht unter einem Winkel von 35° auf den Modellkörper einfällt.
- Beobachte das Verhalten des schmalen Lichtbündels nach dem Durchgang durch den Modellkörper beim Auftreffen auf die Grenzfläche Glas zu Luft. Notiere deine Beobachtungen.
- Miss den Brechungswinkel β und notiere den Messwert ebenfalls.

Durchführung (3/5)

PHYWE



Drehen der Leuchtbox

- Verschiebe nun die Leuchtbox bis das einfallende Lichtbündel den Winkel von 40° mit dem Einfallslot einschließt.
- Beobachte das Verhalten des schmalen Lichtbündels beim Auftreffen auf die Grenzfläche von Glas zu Luft (insbesondere auch den Bereich innerhalb des Modellkörpers). Notiere deine Beobachtungen.
- Miss den zugehörigen Brechungswinkel β und notiere den Messwert.

Durchführung (4/5)

PHYWE



Verschieben der Leuchtbox

- Vergrößere durch vorsichtiges Verschieben der Leuchtbox den Einfallswinkel und beobachte dabei den Verlauf des gebrochenen Lichtbündels und den Bereich innerhalb des Modellkörpers. Notiere deine Beobachtungen.
- Miss den Einfallswinkel α und den Reflexionswinkel genau dann, wenn der Brechungswinkel gerade $\beta = 90^\circ$ beträgt. Notiere deine Beobachtungen und deine Messwerte.

Durchführung(5/5)

PHYWE



Verschieben der Leuchtbox

- Verschiebe nun die Leuchtbox bis das einfallende Lichtbündel den Winkel von 50° mit dem Einfallslot einschließt. Beobachte und notiere deine Ergebnisse.
- Miss auch in diesem Fall den Winkel zwischen reflektiertem Lichtbündel und Einfallslot und notiere wieder den Messwert.
- Schalte das Netzgerät aus.

PHYWE



Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Beschreibe anhand deiner Beobachtungen und Messwerte wie sich schmale Lichtbündel beim Auftreffen auf eine Grenzfläche Glas zu Luft verhalten, wenn der Einfallswinkel $\alpha < 42^\circ$ ist.

Das einfallende Lichtbündel durchdringt vollständig die Grenzfläche Glas zu Luft und wird dabei vom Lot weggebrochen.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft aufgespalten. Ein Teil des Lichts durchdringt die Grenzfläche und wird dabei vom Lot weggebrochen. Der andere Teil wird an der Grenzfläche reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft vollständig reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper. Es kommt zu einer Totalreflexion.

Aufgabe 2

PHYWE

Beschreibe anhand deiner Beobachtungen und Messwerte wie sich schmale Lichtbündel beim Auftreffen auf eine Grenzfläche Glas zu Luft verhalten, wenn der Einfallswinkel $\alpha = 42^\circ$ ist.

Das einfallende Lichtbündel durchdringt vollständig die Grenzfläche Glas zu Luft und wird dabei vom Lot weg gebrochen.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft aufgespalten. Ein Teil des Lichts durchdringt die Grenzfläche und wird dabei vom Lot weg gebrochen. Der andere Teil wird an der Grenzfläche reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft aufgespalten. Ein Teil des Lichts verläuft genau entlang der Grenzfläche (Brechungswinkel $\beta = 90^\circ$). Der andere Teil wird an der Grenzfläche reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper.

Aufgabe 3

PHYWE

Beschreibe anhand deiner Beobachtungen und Messwerte wie sich schmale Lichtbündel beim Auftreffen auf eine Grenzfläche Glas zu Luft verhalten, wenn der Einfallswinkel $\alpha > 42^\circ$ ist.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft aufgespalten. Ein Teil des Lichts durchdringt die Grenzfläche und wird dabei vom Lot weg gebrochen. Der andere Teil wird an der Grenzfläche reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft aufgespalten. Ein Teil des Lichts verläuft genau entlang der Grenzfläche (Brechungswinkel $\beta = 90^\circ$). Der andere Teil wird an der Grenzfläche reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper.

Das einfallende Lichtbündel wird an der Grenzfläche Glas zu Luft vollständig reflektiert und verläuft weiter im Modellkörper. Es tritt keine Brechung mehr auf.

Aufgabe 4

PHYWE

Die von Dir beobachtete Erscheinung nennt man Totalreflexion. Unter welchen Bedingungen tritt sie auf? Beurteile, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist.

Totalreflexion tritt auf, wenn das Licht aus einem optisch dünneren Stoff (Luft) auf die Grenzfläche zu einem optisch dichteren Stoff (Glas) einfällt und der Einfallswinkel kleiner als ein bestimmter Winkel (Grenzwinkel) ist.

 Wahr Falsch Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE

Warum scheint an warmen Sommertagen eine Asphaltstraße in der Ferne nass zu sein, wenn aus dem Auto auf die Straße gesehen wird? Fülle den Lückentext.

Die Luft wird in unmittelbarer Nähe der Asphaltstraße stark [] und ist damit [] als die darüber liegende [] Luftschicht.

Bei sehr [] Lichteinfall ist damit die Bedingung für die

[] erfüllt. Das Sonnenlicht wird an der [] reflektiert und gelangt in das Auge des Beobachters, der dadurch den Eindruck gewinnt, vor sich in der Ferne eine spiegelnde Wasserfläche zu haben.

 Überprüfen

Aufgabe 6

PHYWE

Was sind Anwendungen der Totalreflexion?

 Glasfaserkabel Lichtleitkabel Prismenfernglas Fatamorgana Scheinwerfer Überprüfen

Zusatzaufgabe

PHYWE

Versuche mit Hilfe des Brechungsgesetzes und der Umkehrbarkeit des Lichtweges eine Begründung für das Auftreten der Totalreflexion anzugeben. Fülle den Lückentext.

Wenn das Licht auf die Luft zu Glas trifft, kann der keine größeren Werte als 90° annehmen.

Damit können aber auch keine größeren als 90° auftreten, wenn der Lichtweg in umgekehrter Richtung verläuft. Der , von dem ab eine totale Reflexion des Lichts erfolgt, ist also derjenige, bei dem das gebrochene Lichtbündel die Grenzfläche Glas zu gerade streift.

 Brechungswinkel Einfallswinkel Luft Grenzwinkel Grenzfläche Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 19: Verhalten bei Einfallswinkeln $<42^\circ$	0/1
Folie 20: Verhalten bei einem Einfallswinkel von 42°	0/1
Folie 21: Verhalten bei einem Einfallswinkel $>42^\circ$	0/1
Folie 22: Bedingungen für Totalreflexion	0/1
Folie 23: Ursachen für eine "scheinbar" nasse Straße	0/6
Folie 24: Anwendungen der Totalreflexion	0/4
Folie 25: Ursache der Totalreflexion	0/5

Gesamtsumme

 Lösungen Wiederholen