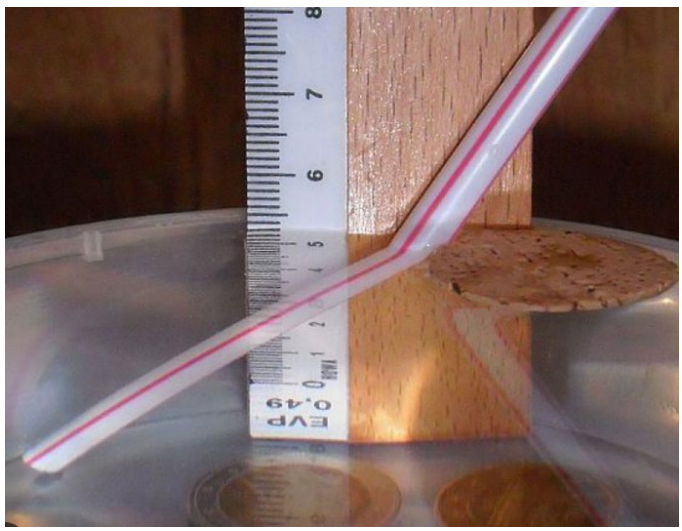
Aufgaben 1 Geometrische Optik
Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz, Parallelverschiebung, Totalreflexion

Lernziele

- das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz kennen und anwenden können.
- das Phänomen der Parallelverschiebung an einer planparellelen Platte kennen und mit Hilfe des Brechungsgesetzes erklären können.
- das Phänomen der Totalreflexion kennen und verstehen.
- die in einem Umlenk- bzw. Umkehrprisma auftretende Totalreflexion verstehen.
- die in einem Wellenleiter auftretende Totalreflexion verstehen.
- einen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.

Aufgaben

1.1 Betrachten Sie das folgende Bild:



Das Trinkröhrchen erscheint geknickt. Die Millimeterstriche auf dem Massstabe erscheinen unter der Wasseroberfläche enger beisammen als über der Wasseroberfläche.

Erklären Sie diese Erscheinungen mit Hilfe der Brechung von Lichtstrahlen an der Grenzfläche Luft-Wasser. Erstellen Sie eine geeignete Zeichnung.

1.2 Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:
- Reflexion/Brechung/Totalreflexion eines Lichtstrahls (6:45)

Im Video werden Ein- und Ausfallswinkel bei der Brechung eines Lichtstrahls an der Grenzfläche zwischen Luft und einem Modellkörper gemessen.

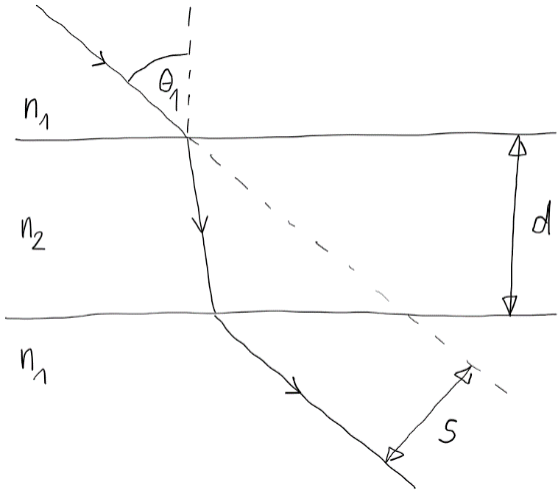
a) Überprüfen Sie, dass gemäss Brechungsgesetz das Verhältnis $\sin(\theta_2) : \sin(\theta_1)$ zwischen den Sinus-Werten von Ausfalls- und Einfallswinkel konstant ist.

b) Bestimmen Sie die Brechzahl des Materials, aus welchem der halbkreisförmige Modellkörper gefertigt ist. Wenden Sie das Brechungsgesetz an. Nehmen Sie dabei für Luft die Brechzahl $n_L = 1.00$ an.

1.3 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
28.1, 28.9, 28.21

Hinweis zu 28.1:
- Beim gesuchten Winkel ist der Ablenkwinkel gemeint.

1.4 Ein Lichtstrahl läuft durch ein Medium der Brechzahl n_1 und trifft unter dem Einfallswinkel θ_1 auf die Oberfläche einer planparallelen Platte. Die Platte hat die Dicke d, und das Material der Platte hat die Brechzahl $n_2 > n_1$. Ein Teil des Lichts wird in die planparallele Platte hineingebrochen. Dieser gebrochene Lichtstrahl erreicht die Rückseite der planparallelen Platte, wo ein Teil des Lichts wieder ins äussere Medium der Brechzahl n_1 hinausgebrochen wird. Dieser hinausgebrochene Lichtstrahl verläuft parallel zum ursprünglichen Lichtstrahl:



Bestimmen Sie die Parallelverschiebung, d.h. den senkrechten Abstand s der beiden Geraden, auf welchen der ursprüngliche und der aus der planparallelen Platte hinausgebrochene Lichtstrahl liegen.

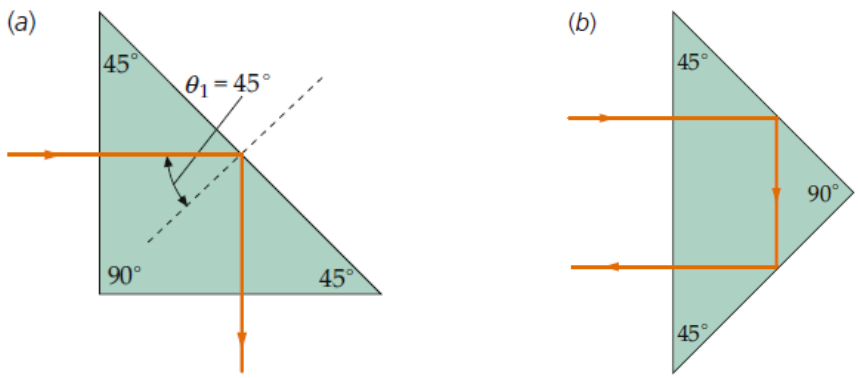
Hinweise:
- Erstellen Sie eine neue Skizze der Situation.
- Finden Sie rechtwinklige Dreiecke, an welchen Sie trigonometrische Beziehungen formulieren können.

1.5 a) Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
28.12, 28.13, 28.25

b) Anschlussaufgabe zur Aufgabe 28.13:
Zeigen Sie, dass der einfallende Lichtstrahl bei jedem beliebigen Einkoppelungswinkel θ_1 ($0° \le \theta_1 < 90°$) durch die Glasfaser geleitet würde, wenn die Glasfaser keine Ummantelung hätte.

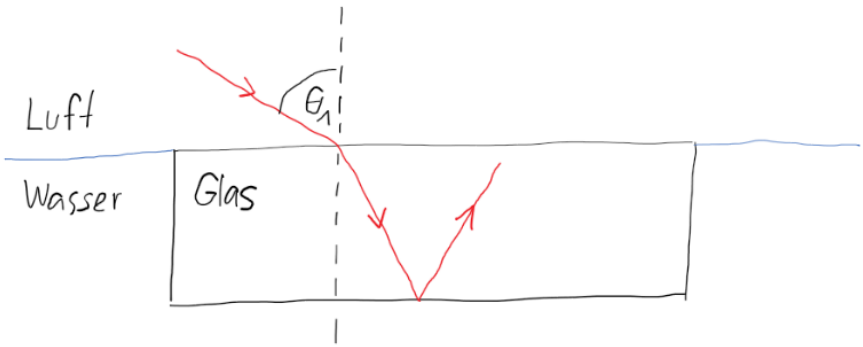
1.6 Betrachten Sie ein rechtwinkliges Prisma, d.h. ein Prisma, dessen Grundfläche aus einem gleichschenkligen rechtwinkligen Dreieck besteht.

Das Prisma kann als 90°-Umlenkprisma (a) oder als Umkehrprisma (b) verwendet werden:



Bestimmen Sie, wie gross die Brechzahl des Prismas mindestens sein muss, damit man es als Umlenk- bzw. Umkehrprisma in Luft ($n_L := 1$) verwenden kann, d.h. damit an der hinteren Fläche des Prismas wirklich Totalreflexion auftritt.

1.7 Betrachten Sie einen Lichtstrahl, welcher aus der Luft auf die trockene Oberseite einer Glasplatte mit Brechzahl 1.50 trifft. Die Glasplatte ist mit Ausnahme der Oberseite vollständig von Wasser mit Brechzahl 1.33 umgeben:



a) Berechnen Sie den Winkel, unter welchem der Strahl auf die Oberseite der Glasplatte einfallen muss, damit der in die Platte hineingebrochene Strahl gerade unter dem kritischen Winkel auf die im Wasser liegende Unterseite auftrifft, so dass dort Totalreflexion auftritt.

b) Beurteilen Sie die Totalreflexion an der Unterseite der Platte des Quaders, wenn das Wasser entfernt wird.

1.8 Führen Sie in Moodle den Test 1.1 durch.

1.9 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

		wahr	falsch
a)	Die Brechung eines Lichtstrahls beim Übertritt von einem Medium in ein anderes ist eine Folge der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Lichts in den beiden Medien.	☐	☐
b)	Wenn ein Lichtstrahl auf die Grenzfläche zweier Medium trifft, tritt im Allgemeinen sowohl Reflexion als auch Brechung auf.	☐	☐
c)	Bei der Brechung eines Lichtstrahls an der Grenzfläche zu einem optisch dünneren Medium ist der Ausfallswinkel kleiner als der Einfallswinkel.	☐	☐
d)	Bei der Brechung von Licht an einer Grenzfläche zweier Medien ist der Ausfallswinkel proportional zum Einfallswinkel.	☐	☐
e)	Beim Durchgang eines Lichtstrahls durch eine planparallele Platte hat der Strahl nach dem Austritt aus der Platte die gleiche Ausbreitungsrichtung wie vor dem Eintritt in die Platte.	☐	☐

1.10 (siehe nächste Seite)

1.10 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.
Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

		wahr	falsch
a)	Wenn ein Lichtstrahl auf die Grenzfläche zu einem Medium mit kleinerer Brechzahl trifft, dann tritt immer Totalreflexion auf.	☐	☐
b)	Ein Umkehrprisma funktioniert nur, falls die Brechzahl des Prismenmaterials deutlich grösser als 2 ist.	☐	☐
c)	Der kritische Winkel bei der Totalreflexion hängt nur von den Brechzahlen der beiden betreffenden Medien ab.	☐	☐
d)	Bei einem Lichtleiter würde das Weglassen der Ummantelung der Glasfaser die Lichtleitung in der Faser begünstigen.	☐	☐
e)	Tritt beim Einfall eines Lichtstrahls auf die Grenzfläche zweier Medien keine Totalreflexion auf, kann man folgern, dass die Brechzahl des Mediums hinter der Grenzfläche höher ist als die Brechzahl des Mediums davor.	☐	☐

Lehrbuch Tipler/Mosca

Teil VI Optik

28 Eigenschaften des Lichts

28.3 Reflexion und Brechung (bis zum Ende des Beispiels 28.3 und Teile „Totalreflexion“ und „Luftspiegelungen“, Seiten 1031 bis 1033 und 1034 bis 1038)