

Aufgaben 1 **Reflexion und Brechung** **Axiome der geometrischen Optik, Reflexionsgesetz, Brechungsgesetz,** **Totalreflexion, Parallelverschiebung**

Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- die vier Axiome der geometrischen Optik kennen.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- wissen und verstehen, wie die Brechzahl eines Mediums definiert ist.
- das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz kennen und anwenden können.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- das Phänomen der Totalreflexion kennen und mit Hilfe des Brechungsgesetzes erklären können.
- das Phänomen der Parallelverschiebung an einer planparallelen Platte kennen und mit Hilfe des Brechungsgesetzes erklären können.

Aufgaben

- 1.1 Im Kurs „Optik 1“ beschäftigen wir uns mit dem Strahlenmodell des Lichts. Man spricht dann von der „Strahlenoptik“ oder der „Geometrischen Optik“.

Es gibt in der geometrischen Optik vier Grundannahmen oder Grundgesetze, sogenannte Axiome.

Wie lauten die vier Axiome? Recherchieren Sie verschiedene Quellen im Internet.
- 1.2 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 28.3 Reflexion und Brechung (Seiten 1031 bis 1033, nur bis zum Ende des Beispiels 28.3)
- 1.3 Studieren Sie ...
 - a) ... das folgende **Applet**:
- [Reflexion und Brechung von Licht](#)
 - b) ... die folgenden **YouTube-Videos**:
- [Experimente aus der Physik: Brechung und Reflexion von Lichtstrahlen](#) (5:19)
- [Brechung: Messung des Brechungswinkels in Abhängigkeit vom Einfallswinkel](#) (6:45)
- 1.4 Im zweiten YouTube-Video in der Aufgabe 1.3 b) werden Ein- und Ausfallswinkel bei der Brechung eines Lichtstrahls an der Grenzfläche zwischen Luft und einem Modellkörper gemessen.
 - a) Überprüfen Sie, dass gemäss dem 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 $n_1 = 1.00$ an.
- 1.5 Ein Lichtstrahl läuft durch ein Medium der Brechzahl n_1 und trifft auf die Grenzfläche zu einem Medium mit kleinerer Brechzahl $n_2 < n_1$.
 - a) Erklären Sie mit Hilfe des Brechungsgesetzes, dass nur für genügend kleine Einfallswinkel θ_1 ein Teil des Lichts gebrochen wird.
 - b) Bestimmen Sie den sogenannten kritischen Einfallswinkel θ_k , ab welchem kein gebrochener Strahl mehr auftritt.

- 1.6 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 Skizze der Situation.
- Finden Sie rechtwinklige Dreiecke, an welchen Sie trigonometrische Beziehungen formulieren können.

- 1.7 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
28.1, 28.3, 28.4, 28.7, 28.9

Hinweis zu 28.1:

- Beim gesuchten Winkel ist der Ablenkwinkel gemeint.

Hinweis zu 28.7:

- Allgemeine Definition des relativen Fehlers einer Grösse:

Ist x_0 der wahre und x_1 der falsche Wert einer Grösse x , so ist der relative Fehler δx wie folgt definiert:

$$\delta x := \frac{x_1 - x_0}{x_0}$$

$$\text{Bsp.: } x_0 = 25, x_1 = 27 \Rightarrow \delta x = \frac{27 - 25}{25} = \frac{2}{25} = 0.08 = 8\%$$

- 1.8 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben:
28.12, 28.14, 28.21, 28.25

- 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) Ein Lichtstrahl, der senkrecht auf die Grenzfläche zwischen zwei Medien trifft, wird nicht gebrochen.	☐	☐
c) Wenn ein Lichtstrahl auf die Grenzfläche zu einem Medium mit kleinerer Brechzahl trifft, dann tritt immer Totalreflexion auf.	☐	☐
d) Der kritische Winkel bei der Totalreflexion hängt nur von den Brechzahlen der beiden betreffenden Medien ab.	☐	☐
e) Wenn ein Lichtstrahl auf die Grenzfläche zu einem anderen Medium trifft, tritt immer sowohl Reflexion als auch Brechung auf.	☐	☐

1.1 (mögliche Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Geometrische_Optik)

1.3 ...

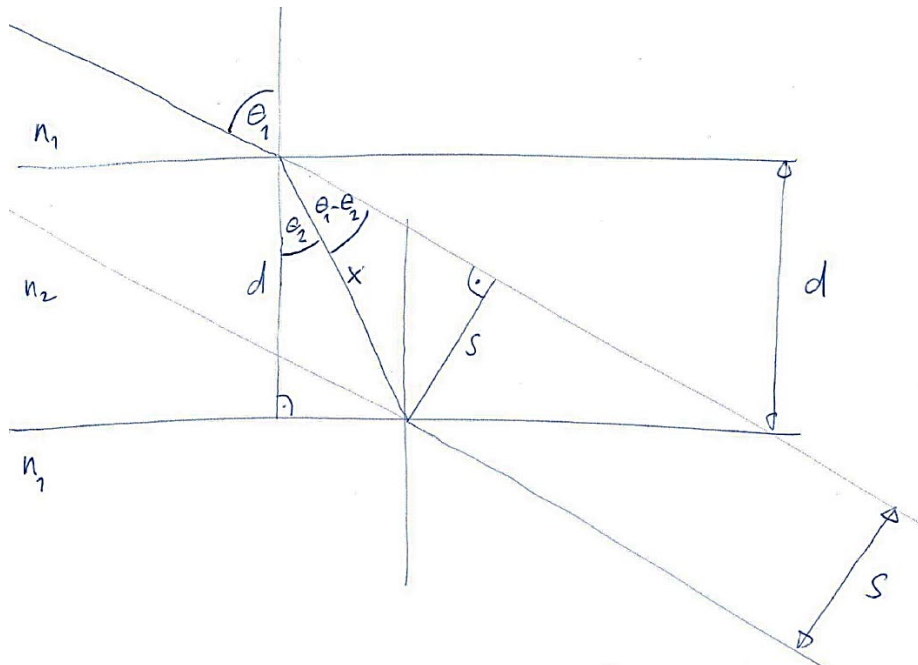
b) ...

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} n_1 = \frac{\sin(70^\circ)}{\sin(39^\circ)} \cdot 1.00 = 1.49$$

b) Brechungsgesetz $n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$ mit $\theta_1 = \theta_k$ und $\theta_2 = 90^\circ$

$$\Rightarrow \theta_k = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$



$$\frac{d}{x} = \cos(\theta_2) \quad \text{I}$$

$$\frac{s}{x} = \sin(\theta_1 - \theta_2) \quad \text{II}$$

$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2) \quad \text{III}$$

Auflösen des Gleichungssystems I-III unter Verwendung eines Additionstheorems für $\sin(\theta_1 - \theta_2)$

$$\Rightarrow s = \left(\sin(\theta_1) - \frac{\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_1)}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin(\theta_1)\right)^2}} \cos(\theta_1) \right) \cdot d$$

1.7 ...

1.8 ...

Hinweise zur Lösung von 28.14 b) im Arbeitsbuch Mills:

- Die beiden letzten Sätze der Lösung enthalten je einen Fehler.
- Im zweitletzten Satz sollte es heissen: „Dies ist der kritische Winkel ... an einer Glas-**Luft**-Grenzfläche.“
- Im letzten Satz sollte es heissen: „Daher tritt der Lichtstrahl ..., wenn $\theta_1 < 41.8^\circ$ ist.“
- Die Folgerung ist also, dass $\theta_1 < 41.8^\circ$ gelten muss, damit der Strahl in die Luft hinausgebrochen wird, und zwar unabhängig davon, ob sich ein Wasserfilm auf der Glasoberfläche befindet oder nicht.
- Die Antwort auf die in der Aufgabenstellung gestellte Frage „Gibt es einen Bereich von Einfallswinkeln, die grösser ...?“ lautet „Nein“.

- 1.9
- a) wahr
 - b) wahr
 - c) falsch
 - d) wahr
 - e) falsch