

Aufgaben 2 Reflexion und Brechung Totalreflexion, Lichtleiter

Lernziele

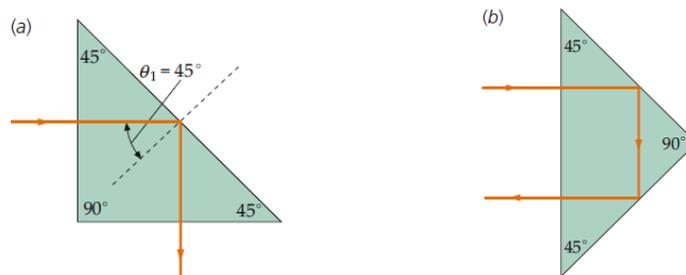
- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- das Reflexionsgesetz und das Brechungsgesetz kennen und anwenden können.
- aus einem Experiment neue Erkenntnisse gewinnen können.
- das Phänomen der Totalreflexion kennen und mit Hilfe des Brechungsgesetzes erklären können.
- die in einem Umlenk- bzw. Umkehrprisma auftretende Totalreflexion verstehen.
- die in einem Wellenleiter auftretende Totalreflexion verstehen.

Aufgaben

2.1 Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:
- 28.3 Reflexion und Brechung (Teile „Totalreflexion“ und „Luftspiegelungen“, Seiten 1034 bis 1038)

2.2 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 (vgl. Unterricht):



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.

2.3 Studieren Sie das folgende **YouTube-Video**:

- [Lichtleiter](#) (1:04)

2.4 a) Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die Aufgabe 28.13.

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

2.5 Betrachten Sie einen Lichtstrahl, welcher aus der Luft auf die trockene Oberseite eines Glasquaders mit Brechzahl 1.50 trifft. Der Glasquader steht ansonsten fast vollständig im Wasser mit Brechzahl 1.33.

a) Berechnen Sie den Winkel, unter welchem der Lichtstrahl auf die Oberseite des Glasquaders einfallen muss, damit an der im Wasser stehenden Seitenfläche gerade Totalreflexion auftritt.

b) Bleibt diese Totalreflexion unter dem in a) ermittelten Winkel erhalten, wenn das Wasser entfernt wird?

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

	wahr	falsch
a) Bei einem Umkehrprisma wird ein Lichtstrahl um 180° umgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Ein Umkehrprisma funktioniert nur, falls die Brechzahl des Prismenmaterials deutlich grösser als 2 ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Die Lichtleitung in einer Glasfaser beruht auf der Totalreflexion des einfallenden Lichtstrahls auf das Glas der Faser beim Einkoppeln des Lichts.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Bei einem Lichtleiter würde das Weglassen der Ummantelung der Glasfaser die Lichtleitung in der Faser begünstigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lösungen

2.1 ...

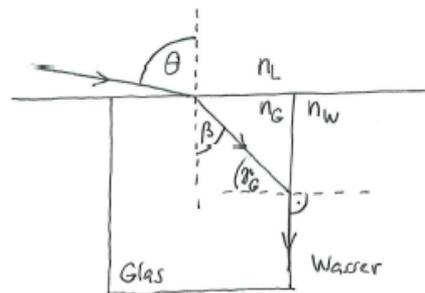
2.2 $n_{\text{Prisma}} \geq \sqrt{2} \cdot n_L = 1.41$

2.3 ...

2.4 a) ...

b) Unter den Voraussetzungen $n_1 := 1$ und $n_2 > \sqrt{2}$ (bei Glas erfüllt) erhält man für die numerische Apertur $\sin(\theta_1)$ einen Wert, der grösser als 1 ist. Dies bedeutet, dass bei allen Einfallswinkeln θ_1 ($0^\circ \leq \theta_1 < 90^\circ$) Totalreflexion auftritt.

2.5 a)



		<u>Unb.</u>	<u>Bek.</u>
$\frac{\sin(\theta)}{\sin(\beta)} = \frac{n_G}{n_L}$	I	θ	$n_G = 1.50$
$\frac{\sin(\theta_G)}{\sin(90^\circ)} = \frac{n_W}{n_G}$	II	β	$n_L = 1$
$\beta + \theta_G = 90^\circ$	III	θ_G	$n_W = 1.33$

$$\begin{aligned}
 \text{I: } \sin(\theta) &= \frac{n_G}{n_L} \sin(\beta) \\
 &= \frac{n_G}{n_L} \sqrt{1 - \cos^2(\beta)} \\
 &\stackrel{\text{III}}{=} \frac{n_G}{n_L} \sqrt{1 - \cos^2(90^\circ - \theta_G)} \\
 &= \frac{n_G}{n_L} \sqrt{1 - \sin^2(\theta_G)} \\
 &\stackrel{\text{II}}{=} \frac{n_G}{n_L} \sqrt{1 - \left(\sin(90^\circ) \cdot \frac{n_W}{n_G}\right)^2} \\
 &= \frac{n_G}{n_L} \sqrt{1 - \frac{n_W^2}{n_G^2}} \\
 &= \sqrt{\frac{n_G^2}{n_L^2} \left(1 - \frac{n_W^2}{n_G^2}\right)} \quad \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{n_G^2 - n_W^2}{n_L^2}} \\ &= \sqrt{\frac{n_G^2 - n_W^2}{n_L}} \\ &= 0.63 \\ \theta &= 43.9^\circ \end{aligned}$$

Wasser entfernen $\hat{=}$ $n_W \rightarrow n_L \hat{=}$ $\theta \rightarrow \theta_{\text{neu}}$

$$\sin(\theta_{\text{neu}}) = \frac{\sqrt{n_G^2 - n_L^2}}{n_L} > \frac{\sqrt{n_G^2 - n_W^2}}{n_L} = \sin(\theta)$$

↑
da $n_L < n_W$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \sin(\theta) &< \sin(\theta_{\text{neu}}) \\ \theta &< \theta_{\text{neu}} \end{aligned}$$

\Rightarrow Immer noch Totalreflexion
bei altem θ

Hinweis:

- Die Aufgabe 2.5 ist physikalisch identisch zur Aufgabe 2.4.

- 2.6
- a) wahr
 - b) falsch
 - c) falsch
 - d) wahr
 - e) falsch