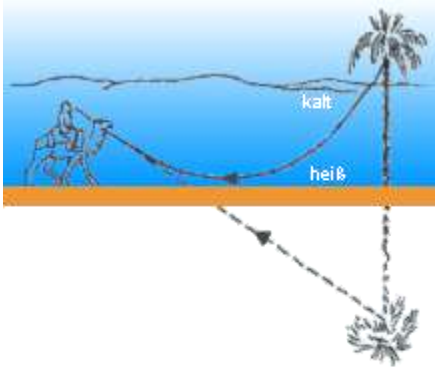
Lösung zu IV.1

Nenne zwei Beispiele für das Auftreten von Totalreflexion!

Lichtleitkabel, FATAMORGANA

Bei starker Sonneneinstrahlung kann es sein, dass über dem Boden eine heiße Luftschicht entsteht. Licht, das aus der darüber liegenden kälteren Luftschicht kommt wird dann - wenn es unter einem großen Winkel auf die Grenzschicht trifft - total reflektiert.

Du hast sicher schon beobachtet, dass an heißen Tagen in der Ferne auf einer Teerstraße Wasserpfützen zu stehen scheinen. In Wirklichkeit siehst du nur den an der Grenzschicht von heißer und kälterer Luft gespiegelten Himmel.



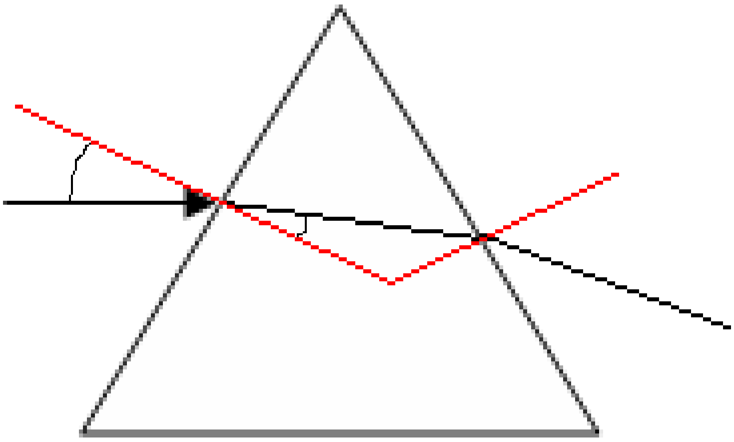
Auf dem gleichen Effekt wie die oben beschriebene Spiegelung auf der Teerstraße beruht eine Fatamorgana (man nennt sie auch untere Fatamorgana) in der Wüste.

Berechne den Grenzwinkel für Totalreflexion beim Übergang von Wasser (n = 1,33) in Luft!

$$\frac{\sin\alpha_{dünn}}{\sin\alpha_{dick}} = \frac{n_{dick}}{n_{dünn}} \Rightarrow \frac{1}{\sin\alpha_{grenz}} = \frac{1{,}33}{1} \Rightarrow \sin\alpha_{dick} = \frac{1}{1{,}33} = 0{,}752 \Rightarrow \alpha_{grenz} = 48{,}75°$$

Lösung zu IV.2

Auf ein gleichseitiges mit Wasser (n = 1,33)
gefülltes Prisma
mit Seitenlänge 5,0 cm trifft parallel zu einer der
Grundseiten
(siehe Skizze) ein einfarbiger Lichtstrahl genau in
der Mitte
einer Seitenfläche.
Konstruiere den Strahlengang maßstabsgerecht!
(Rechnung
mit Speicher – nicht zu grob runden!)



Brechungsgesetz wie zuletzt im Unterricht geübt!!

Hinweis: Wo findet die erste Brechung statt?
α_1 und β_1 einzeichnen!

Erste Brechung (von Luft in Wasser) : α_1 = 30°, β_1 = 22,08°
Winkel zwischen den (rot gezeichneten) Loten im Prisma: 120°. Daraus folgt:
Zweite Brechung (von Wasser in Luft) : α_2 = 37,91°, β_2 = 54,81°
Das zweit Lot ist bezogen auf die Waagerechte 30° nach oben geneigt.
Zieht man diese von den 54,81° ab, erhält man eine Gesamtablenkung des Lichtstrahls um 24,81 Grad.

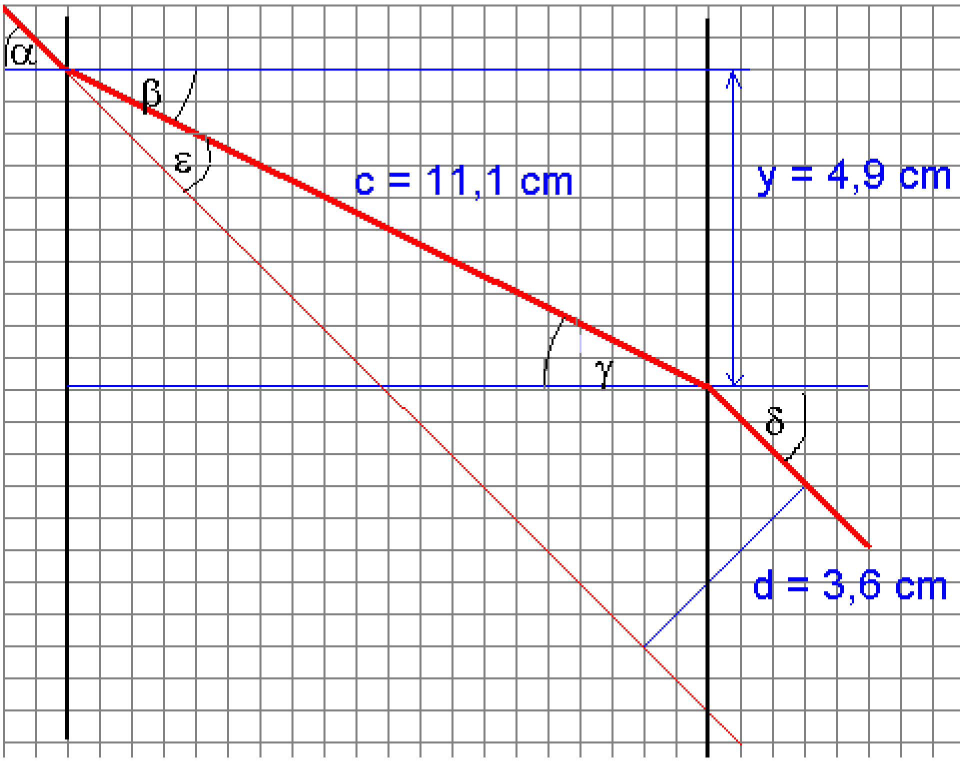
Sybille und Martin Wellmann

Lösung zu IV.3

IV.3 Ein Lichtstrahl trifft unter einem Winkel von 45° auf eine 10 cm dicke Glasscheibe (n = 1,7). Konstruiere den Strahlengang exakt im Maßstab 1:1 auf ein neues Blatt!
Erforderliche Berechnungen bitte angeben.

$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{1}{1{,}6}$ und $\alpha = 45° \Rightarrow \beta = \gamma = 26{,}23° \Rightarrow \delta = 45°$.

$y = \tan\beta \cdot 10\text{cm} = 4{,}93\text{cm} \approx 4{,}9\text{cm}$ (Genauer kann man nicht zeichnen.)
Man braucht also nur zwei parallele Geraden im Abstand 10 cm (hier schwarz) und zwei dazu senkrecht stehend zwei parallele Geraden im Abstand 4,9 cm (hier blau) zeichnen. Die rote Linie gibt den Strahlengang an. → **Fertig!**



Bemerkung:
Falls man nicht erkannt hat:
$\alpha = 45° \Rightarrow$
$\beta = \gamma = 26{,}23° \Rightarrow$
$\delta = 45°$
Der Grenzwinkel für Totalreflexion ist 38,7° und damit liegt $\gamma = 26{,}23°$ deutlich darunter.

→ **Keine** Totalreflexion!!

Zusätzlich konnte man berechnen (war aber **nicht verlangt**):

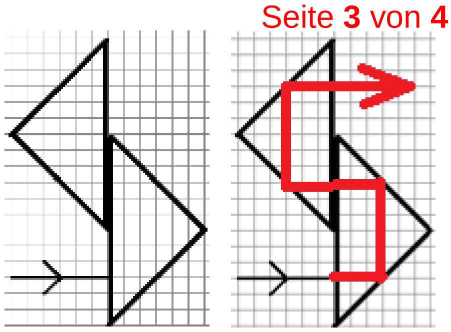
$c = \sqrt{(10\text{cm})^2 + (4{,}9\text{cm})^2} = 11{,}1\text{cm}$ und $\varepsilon = 45° - \beta = 18{,}77°$ und damit
d = $\sin\varepsilon \cdot 11{,}1$cm = 3,6 cm →
Der Lichtstrahl wir durch die Glasscheibe um 3,6 cm seitlich versetzt

---

Weitere empfohlene Übungen: Aufgabe mit 60° - Prisma (Mit und ohne Totalreflexion)

Siehe Heft!!

Sybille und Martin Wellmann



Lösung zu IV.4

IV.4. Die beiden Prismen bestehen aus Glas mit dem Brechungsindex n = 1,715.
Vervollständige den Strahlengang im Bild!
Begründe kurz!

Schritt 1: Man berechnet den Grenzwinkel der Totalreflektion:

$$\frac{sin(\alpha_G)}{\sin(90°)} = \frac{1}{1{,}715} \rightarrow \alpha_G = 35{,}67° < 45°$$

Das heißt, dass es hier im Bild entweder gerade Durchgänge (ohne Ablenkung) oder Totalreflektion gibt, weil alle interessanten Winkel 45° oder 90° groß sind.

Lösung zu IV.5

IV.5. Der untere Haken einer unbelasteten, hängenden Feder befindet sich 40 cm über dem Tisch. Jetzt wird ein 500 g - Massestück angehängt, der Haken (nicht das Massestück) befindet sich jetzt 20 cm über dem Tisch. Das Massestück wird nun um 5 cm angehoben und zum Zeitpunkt t = 0 losgelassen.
Zeichne maßstabsgerecht das t – s -, das t – v – und das t – a Diagramm untereinander. Überprüfe mittels des t – a – Diagramms, ob es sich hier um eine harmonische Schwingung handeln kann!
Wann bewegt sich das Massestück innerhalb der ersten Periode mit der halben Maximalgeschwindigkeit nach unten?

Gegeben: h1 = 0,4m
h2 = 0,2m → Δs = 0,2 m
m = 0,5kg → F_g = 4,905N
$\hat{s} = 0{,}05\text{m}$

Gesucht: D, T,ω, $\hat{v}$, $\hat{a}$

Lösung:

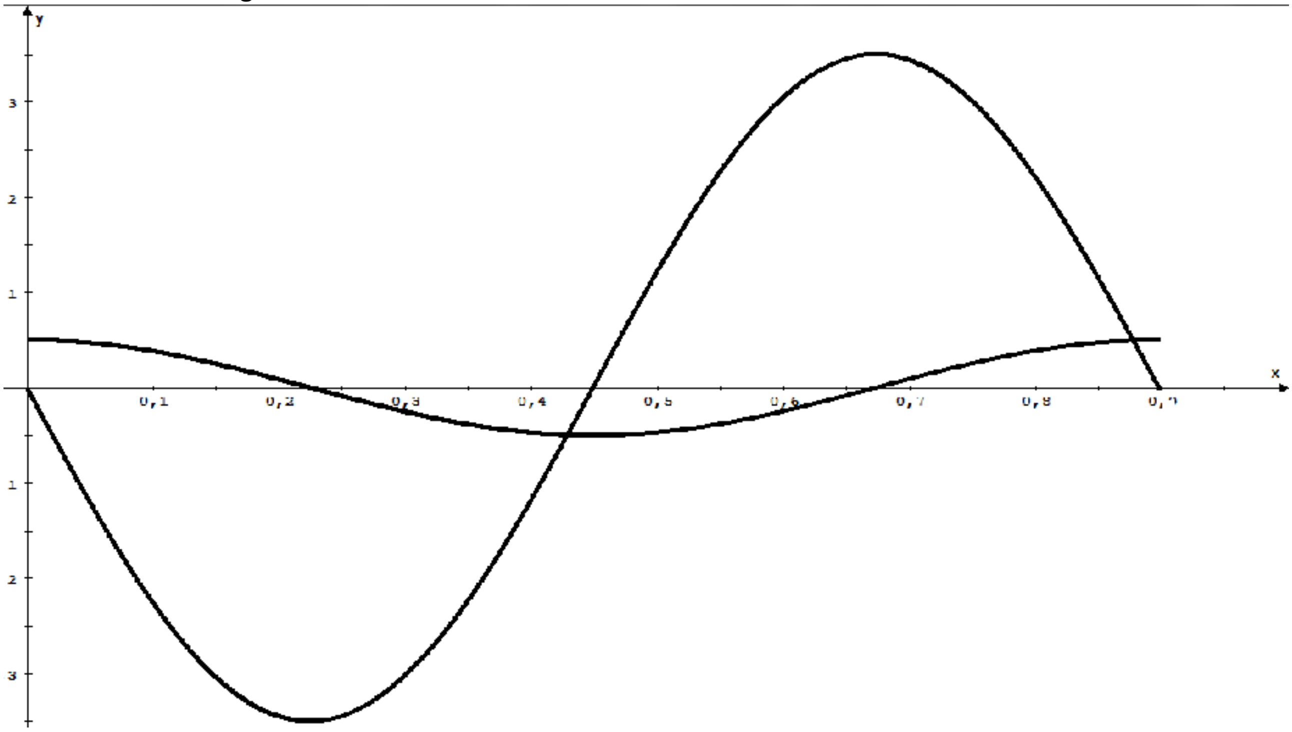
1. Hook´sches Gesetz → $D = \frac{F_g}{\Delta s} = \frac{4{,}905\text{N}}{0{,}2\text{m}} = 24{,}525\,\frac{\text{N}}{\text{m}} = 24{,}525\,\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$
2. $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0{,}5\text{kg}}{24{,}5\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}}} = 0{,}897\text{s}$
3. $\omega = \frac{2\pi}{T} = 7{,}0\,\frac{1}{\text{s}}$
4. $\hat{s} = 0{,}05\text{m}$
5. $\hat{v} = \omega \cdot \hat{s} = 0{,}35\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$
6. $\hat{a} = \omega^2 \cdot \hat{s} = 2{,}45\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} < 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow$ Es liegt eine harmonische Schwingung vor.

Mit 2. und 4. zeichnet man jetzt das t-s-Diagramm. Achtung: Aus dem Text geht hervor, dass es sich um eine Kosinusfunktion handelt.
Mit 2. und 5. zeichnet man jetzt das t-v-Diagramm. Wegen der Ableitung handelt es sich um die an der x-Achse gespiegelte Sinusfunktion („-sin(…))
Mit 2. und 6. zeichnet man jetzt das t-a-Diagramm. Wegen der Ableitung handelt es sich um die an der x-Achse gespiegelte Kosinusfunktion („-cos(…))

Diagramme auf der nächsten Seite:

Man kann drei Diagramme untereinander zeichnen. Wir haben hier das t – s – und das t – v – Diagramm in ein Koordinatensystem gezeichnet. Die x – bzw. t – Achse hat die Einheit s. **→oberes Diagramm**
Auf der y – Achse sind die s – Achse (in m) und die v – Achse (in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$) gleichzeitig dargestellt. Wir empfehlen einzelne Diagramme oder zwei verschiedene Farben.
Beim **unteren Diagramm** bedeutet y → a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ und x → t in s.

t – s- und t – v – Diagramm:



t – a – Diagramm: