Musterlösung zur Übungsklausur Wellen/Optik TMP19

M. Oettinger 3.2021

Zeit: 60Min.

Aufgabe 1

Wellenfunktion für eine harmonische Welle:

$$\begin{aligned} y(x,t) &= A\sin(\omega t + kx) \\ \dot{y}(x,t) &= A\omega\cos(\omega t + kx) \\ \ddot{y}(x,t) &= -A\omega^2\sin(\omega t + kx) \\ y'(x,t) &= Ak\cos(\omega t + kx) \\ y''(x,t) &= -Ak^2\sin(\omega t + kx) \end{aligned}$$

Einsetzen der gefundenen Ableitungen in die Differentialgleichung liefert

$$\begin{aligned} y''(x,t) - \frac{1}{c^2}\ddot{y}(x,t) &= -Ak^2\sin(\omega t + kx) - \frac{1}{c^2}(-A)\omega^2\sin(\omega t + kx) = 0 \\ 0 &= A\frac{k^2}{\omega^2}\sin(\omega t + kx) - \frac{1}{c^2}A\sin(\omega t + kx) \\ &= \left(\left(\frac{k}{\omega}\right)^2 - \frac{1}{c^2}\right)A\sin(\omega t + kx) \end{aligned}$$

Wegen

$$c = \frac{\omega}{k} \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{k}{\omega}\right)^2 - \frac{1}{c^2} = \frac{1}{c^2} - \frac{1}{c^2} = 0$$

löst die Wellenfunktion die DGL mit Sicherheit.

Aufgabe 2

Durch die Brechung an der Waseroberfläche wird das Licht, das der Fisch reflektiert vom Einfallslot weggebrochen. Die Position des Fisches scheint also vom Fischer weg bzw. nach oben verschoben zu sein - der Punkt C ist der richtige.

Aufgabe 3

a) Konstruktion der Abbildung:

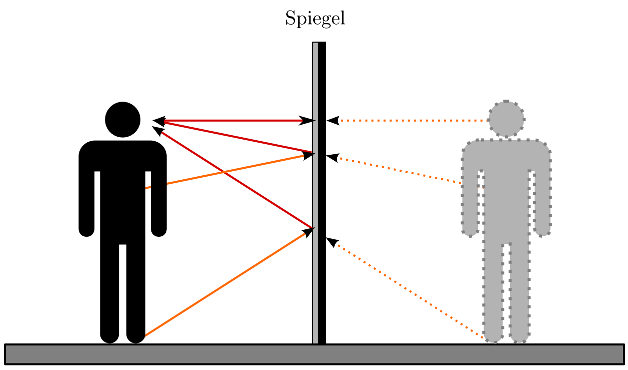


Abbildung 1: Konstruktion der Abbildung am Spiegel.

Nimmt man an, dass sich die Augen der Person an der höchsten Stelle befinden, muss der Spiegel die halbe Höhe der Person besitzen, also 87cm. In diesem Fall wird ein Lichtstrahl vom oberen Ende am Spiegel senkrecht reflektiert, ein Strahl vom tiefsten Punkt aber genau auf halber Höhe der Person reflektiert.

b) Der Spiegel muss natürlich noch immer die Höhe 87cm besitzen, der senkrecht reflektierte Strahl befindet sich aber auf Höhe der Augen (160cm). Ein Lichtstrahl aus einer Höhe von 0cm wird jetzt bei 80cm Höhe reflektiert. Ein Lichtstrahl aus dem höchsten Punkt (174cm) wird auf halber Höhe zwischen Auge und Scheitel reflektiert, bei 167. Der Spiegel muss folglich auf einer Höhe von 80cm angebracht sein, die Höhe für eine vollständige Abbildung ist wieder 80cm + 7cm = 87cm.

c) Da bei der Reflexion an einer ebenen Fläche der Einfallswinkel immer gleich dem Ausfallswinkel ist, schneidet der Lichtstrahl von einem beliebigen Punkt des Bildes zum Auge stets exakt in der Mitte (auf halber Höhe zwischen Bildpunkt und Auge). Die Entfernung vom Spiegel ist völlig unerheblich.

d) Es handelt sich um ein virtuelles Bild, es entsteht durch die gedachte Verlängerung der Lichtstrahlen, die ins Auge fallen. Das Bild lässt sich nicht auf einem Schirm einfangen.

Aufgabe 4

a) Abbildung durch den konkaven Spiegel:

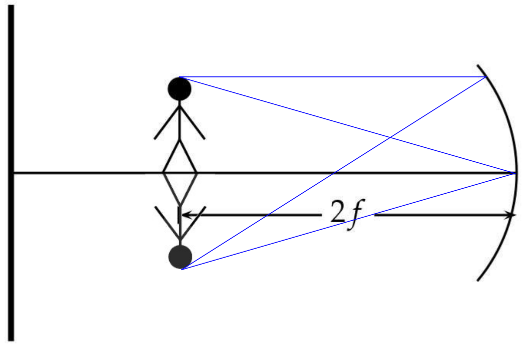


Abbildung 2: Konstruktion der Abbildung am Hohlspiegel.

b) Mit der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{g-f}{f \cdot g}$$

für die gegebenen Daten wird

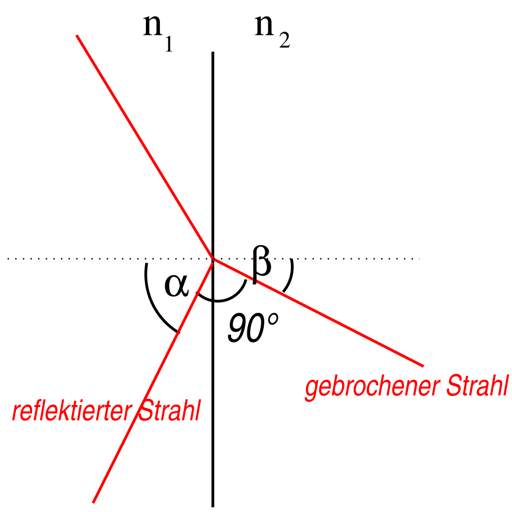
$$\frac{1}{b} = \frac{2a - a)}{2a \cdot a} \Rightarrow b \qquad = \frac{2a^2}{a} = 2a$$

Das Bild befindet sich also ebenfalls an der Stelle $2a$. Die Vergrößerung ist

$$V = \frac{B}{G} = (-1) \cdot \frac{b}{g} = -\frac{2a}{2a} = -1,$$

das Bild steht auf dem Kopf. Es handelt sich um ein reelles Bild.

Aufgabe 5



a)

Abbildung 3: Konstruktion der Abbildung.

b) Der Konstruktion oben kann man entnehmen, dass

$$\alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ \quad \Leftrightarrow \quad \alpha + \beta = 90^\circ \quad \Leftrightarrow \quad \beta = 90^\circ - \alpha$$

Das Snellius-Gesetz lautet

$$\begin{aligned}
\frac{\sin(\alpha)}{\sin(90^\circ - \alpha)} &= \frac{n_2}{n_1} \\
&= \frac{\sin(\alpha)}{\sin(90^\circ)\cos(-\alpha) + \cos(90^\circ)\sin(-\alpha)} = \frac{\sin(\alpha)}{1 \cdot \cos(-\alpha) + 0 \cdot \sin(-\alpha)} \\
&= \frac{\sin(\alpha)}{\cos(-\alpha)} = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} \\
&= \tan(\alpha)
\end{aligned}$$