

## Aufgaben 10      Optische Instrumente Auge

### Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen bekannten oder neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.
- den anatomischen Aufbau eines Auges kennen.
- die Bildentstehung bei einem Auge verstehen.
- den Vorgang der Akkomodation kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, was der Nahpunkt und die deutliche Sehweite sind.
- die Phänomene Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit kennen und verstehen.
- wissen und verstehen, wie Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit mit Hilfe von Brillen bzw. Kontaktlinsen korrigiert werden können.
- die Abbildungsgleichungen für sphärische Oberflächen und dünne sphärische Linsen bei der Bildentstehung am Auge anwenden können.
- die Gleichung für die Lateralvergrößerung des Bildes bei einer dünnen sphärischen Linse bei der Bildentstehung am Auge anwenden können.

### Aufgaben

#### 10.1      Vorgängiges Selbststudium

- a)      Studieren Sie im Lehrbuch Tipler/Mosca den folgenden Abschnitt:  
- 29.4 Optische Instrumente (Teil „Das Auge“, Seiten 1084 bis 1087)
- b)      Führen Sie in Moodle den [Test 10.1](#) durch.

Hinweise zu den Aufgaben 10.2 bis 10.6:

- Betrachten Sie das Auge (d.h. die Gesamtheit aller lichtbrechenden Teile des Auges) ohne anderslautende Annahme als dünne sphärische Linse
- Betrachten Sie alle Brillengläser als dünne sphärische Linsen.
- Vernachlässigen Sie jeweils den Abstand Brillenglas-Auge.

10.2      Betrachten Sie noch einmal das Beispiel 29.9 im Lehrbuch Tipler/Mosca (Seiten 1085 und 1086). Darin wird die Wirkung einer Lesebrille mit dem virtuellen Bild erklärt, welches die Brille von einem Gegenstand erzeugt. Zusätzlich wird die Brechkraft der Brille sowie eine Vergrößerung bestimmt.

In dieser Aufgabe 10.2 sollen Sie die Brechkraft der Brille sowie die Vergrößerung ohne Argumentation mit einem virtuellen Bild bestimmen.

- a)      Bestimmen Sie, um wieviel die Brechkraft des Systems Auge-Brille höher sein muss als die Brechkraft des Auges allein, damit die deutliche Sehweite von 75 cm (Auge allein) auf 25 cm (System Auge-Brille) reduziert werden kann.

Hinweise:

- Die Gegenstandsweite ist jeweils die deutliche Sehweite.
- Die Bildweite ist in beiden Fällen (Auge allein, System Auge-Brille) gleich gross.

- b)      Zeigen Sie schlüssig, dass die folgende Aussage wahr ist:

Die im Beispiel 29.9 bestimmte Vergrößerung  $V$  ( $V = 3$ ) ist das Verhältnis der beiden folgenden Lateralvergrößerungen  $V_1$  und  $V_2$  (d.h.  $V = V_2 : V_1$ ):

$V_1$  ist die Lateralvergrößerung bei der Abbildung des Gegenstandes durch das **Auge allein**, d.h. das Verhältnis der Grösse  $B_1$  des reellen Bildes auf der Netzhaut zur Gegenstandsgrösse  $G$  (d.h.  $V_1 = B_1 : G$ ), wenn der Gegenstand **ohne Brille** betrachtet wird.

(Fortsetzung siehe nächste Seite)

$V_2$  ist die Lateralvergrößerung bei der Abbildung des Gegenstandes durch das **System Auge-Brille**, d.h. das Verhältnis der Grösse  $B_2$  des reellen Bildes auf der Netzhaut zur Gegenstandsgrösse  $G$  (d.h.  $V_2 = B_2 : G$ ), wenn der Gegenstand **mit Brille** betrachtet wird.

- 10.3 Betrachten Sie noch einmal den Schluss des Teils „Das Auge“ im Abschnitt 29.4 Optische Instrumente im Lehrbuch Tipler/Mosca (Seite 1087). Dort wird erklärt, dass die Bildgrösse proportional zur Gegenstandsgrösse und umgekehrt proportional zur Gegenstandsweite ist.

Zeigen Sie, dass diese beiden Proportionalitäten auch direkt aus der Gleichung für die Lateralvergrößerung bei einer dünnen sphärischen Linse folgen.

- 10.4 Bearbeiten Sie im Arbeitsbuch Mills zu Tipler/Mosca die folgenden Aufgaben: 29.26, 29.27, 29.28 a)

Hinweis zu 29.26:

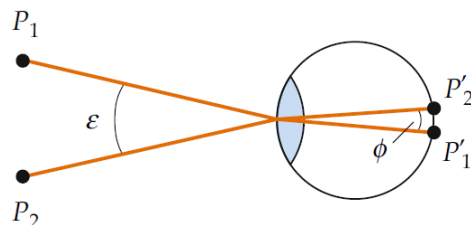
- Bei der gesuchten Verschiebung der Linse ist die Verschiebung gegenüber derjenigen Position der Linse gemeint, bei welcher ein unendlich weit entfernter Gegenstand scharf abgebildet würde.

Hinweis zu 29.28 a):

- Hier soll das Auge (d.h. die Gesamtheit aller lichtbrechenden Teile des Auges) nicht als sphärische dünne Linse betrachtet werden, sondern als homogene Kugel. Das Bild eines betrachteten Gegenstandes soll innerhalb dieser Kugel liegen. Es handelt sich hier also um eine Bildentstehung an einer brechenden Oberfläche (Übergang Luft-Hornhaut), und nicht um eine Bildentstehung an einer Linse. Entsprechend ist die Abbildungsgleichung für die Abbildung an einer brechenden sphärischen Oberfläche zu verwenden.

- 10.5 Damit zwei sehr nahe beieinander liegende punktförmige Gegenstände  $P_1$  und  $P_2$  getrennt erkennbar sind, müssen ihre Bilder  $P'_1$  und  $P'_2$  auf der Netzhaut des Auges auf zwei nicht benachbarte Zäpfchen fallen. Zwischen ihren Bildern muss also mindestens ein nicht aktiviertes Zäpfchen liegen. Die Zäpfchen haben einen Abstand von etwa  $1.00 \mu\text{m}$ .

Stellen Sie sich den Augapfel als homogene Kugel mit dem Durchmesser  $2.50 \text{ cm}$  und der Brechzahl  $1.34$  vor.



- a) Bestimmen Sie, wie gross der Winkel  $\epsilon$  mindestens sein muss, damit die beiden Punkte  $P_1$  und  $P_2$  noch getrennt zu erkennen sind.

Hinweis:

- Da die Winkel  $\phi$  und  $\epsilon$  sehr klein sind, sind die üblichen Kleinwinkelnäherungen zulässig, z.B.  $\phi \approx \sin(\phi) \approx \tan(\phi)$

- b) Bestimmen Sie, welchen Abstand die beiden Punkte  $P_1$  und  $P_2$  dabei voneinander haben dürfen, falls sie  $20.0 \text{ m}$  vom Auge entfernt sind.

- 10.6 Betrachten Sie ein Brillenglas mit Brechzahl  $1.52$ , welches die Brechkraft  $-4.5 \text{ dpt}$  aufweisen soll. Der Krümmungsradius der äusseren (dem Auge abgewandten) brechenden Oberfläche beträgt  $320 \text{ mm}$ .

- a) Beurteilen Sie, ob es sich um ein Brillenglas zur Korrektur von Kurz- oder Weitsichtigkeit handelt.  
b) Bestimmen Sie den Krümmungsradius der inneren (dem Auge zugewandten) brechenden Oberfläche.

- 10.7 (siehe nächste Seite)

10.7 Ein kurzsichtiger Brillenträger hat Brillengläser mit der Brechkraft  $-4.0$  dpt.

Bestimmen Sie, um wieviel Prozent der Augapfel dieses Brillenträgers länger ist als derjenige eines normalsichtigen Menschen.

Hinweis:

- Schätzen Sie allfällige unbekannte numerische Werte von Grössen ab.

10.8 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind.

Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

	wahr	falsch
a) Für die Brechkraft des Auges ist hauptsächlich die Augenlinse verantwortlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Bei einem normalsichtigen Menschen werden im entspannten Auge, d.h. ohne Akkomodation, einfallende parallele Lichtstrahlen so gebrochen, dass sie auf der Netzhaut zusammentreffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Durch Akkomodation wird die Brennweite des Auges vergrößert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Mit der Korrektur einer Fehlsichtigkeit mit Hilfe einer Brille wird die Akkomodationsfähigkeit des Auges erhöht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Die Altersweitsichtigkeit wird durch eine altersbedingte Veränderung der Augengrösse hervorgerufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Lösungen**

10.1 -

10.2 a)  $\Delta D = D_2 - D_1$  (Index 1: Auge allein, Index 2: System Auge-Brille)

$$D_1 = \frac{1}{f_1}$$

$$D_2 = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{g_1} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{g_2} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_2}$$

-----  
 $\Rightarrow \Delta D = \frac{1}{g_2} - \frac{1}{g_1} = \frac{1}{0.25 \text{ m}} - \frac{1}{0.75 \text{ m}} = 2.7 \text{ dpt}$

b)  $x = \frac{V_2}{V_1}$

$$V_1 = \frac{B_1}{G} = -\frac{b}{g_1}$$

$$V_2 = \frac{B_2}{G} = -\frac{b}{g_2}$$

-----  
 $\Rightarrow x = \frac{g_1}{g_2} = \frac{0.75 \text{ m}}{0.25 \text{ m}} = 3.0$

10.3 Aus  $V := \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$  folgt  $B \sim G$  und  $B \sim \frac{1}{g}$

10.4 (siehe Arbeitsbuch Mills)

Hinweis zu den Lösungen von 29.28 a) im Arbeitsbuch Mills:

- Die angegebene Gleichung wird fälschlicherweise als „Linsengleichung“ bezeichnet. Es ist jedoch die Abbildungsgleichung für sphärische Oberflächen.

10.5 a)  $\varepsilon_{\min} = 1.07 \cdot 10^{-4}$

b)  $s_{\min} = 2.14 \text{ mm}$

10.6 a) Das Brillenglas hat eine negative Brechkraft und ist daher eine Zerstreuungslinse zur Korrektur von Kurzsichtigkeit.

$$b) \frac{1}{f} = \left( \frac{n_{\text{Glas}}}{n_{\text{Luft}}} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$D = \frac{1}{f}$$

-----  
 $\Rightarrow r_2 = \frac{(n_{\text{Glas}} - n_{\text{Luft}}) r_1}{n_{\text{Glas}} - n_{\text{Luft}} - D r_1 n_{\text{Luft}}} = \frac{(1.52 - 1.00) \cdot 320 \text{ mm}}{1.52 - 1.00 - (-4.5 \text{ m}^{-1}) \cdot 320 \text{ mm} \cdot 1.00} = 85 \text{ mm}$

$$10.7 \quad x = \frac{1}{1 + D_B \cdot l_0} - 1 = \frac{1}{1 + (-4.0 \text{ dpt}) \cdot 0.025 \text{ m}} - 1 = 0.11 = 11\%$$

$D_B :=$  Brechkraft Brillenglas = -4.0 dpt

$l_0 :=$  Länge Augapfel normalsichtiges Auge = 2.5 cm (Annahme)

10.8 (siehe nächste Seite)

- 10.8
- a) falsch
  - b) wahr
  - c) falsch
  - d) falsch
  - e) falsch