Name: Luca Cordes, 444900

RWTH AACHEN UNIVERSITY

Experimentalphysik III (WS 2023/2024)

Übung 4

Tutorium: 8 Abgabe: 07.11.2023

Aufgabe 1: Zweilinsensystem

Welchen Abstand müssen zwei Sammellinsen von je 10 cm Brennweite haben, damit ihre Gesamtbrennweite $f = 8\,\text{cm}$ ist?

$$\begin{aligned} D' &= D_1 + D_2 - dD_1D_2 \\ &= 2D - dD^2 \\ d &= \frac{2D - D'}{D^2} \\ &\approx \frac{2 \cdot \frac{1}{10\,\text{cm}} - \frac{1}{8\,\text{cm}}}{\frac{1}{10^2\,\text{cm}^2}} \\ &\approx 7.5\,\text{cm} \end{aligned}$$

Aufgabe 2: Vorsatzlinse für Kamera

Eine Kamera mit Brennweite $f_1 = 5\,\text{cm}$ soll mit einer Vorsatzlinse versehen werden, sodass eine Briefmarke in natürlicher GröSSe erscheint, wenn die Kamera auf ∞ eingestellt wird. Wie groSS ist die Brennweite f_2 der Vorsatzlinse?

Die Briefmarke erscheint in natürlicher GröSSe, wenn das gesamt System aus Objektiv und Vorsatzlinse das Licht ungebrochen durchlässt $\implies D' = 0$. Für dünne Linsen kann die Brechkraft einfach auf addiert werden:

$$\begin{aligned} D' &= D_V + D_L = 0 \\ f_V &= -f_L \end{aligned}$$

Aufgabe 3: Vergrößerung am Kepler'schen Fernrohr

Ein Keplersche Fernrohr besteht aus einem Objektiv mit Brennweite f_{obj} und einem Okular mit Brennweite f_{okl} die sich den selben Brennpunkt teilen.

(a)

Bestimmen Sie für einen Strahl der in der Höhe h und Winkel α das Objektiv trifft die Abbildungsmatrix. Das Objektiv ist eine plankonvexe Linse mit dem Radius von $r_1 = 24\,\text{cm}$, das Okular ist eine bikonvexe Linse mit Biegeradius $r_2 = 12\,\text{cm}$. Beide Linsen sind aus Kronglas mit einem Brechnungsindex von $n_L = 1.6$ gefertigt.

$$D_1 = (n_L - n_0)\left(\frac{1}{r_{11}} + \frac{1}{r_{12}}\right) \approx (1.6 - 1)\left(\frac{1}{24\,\text{cm}} + \frac{1}{\infty\,\text{cm}}\right) \approx \frac{1}{40}\,\text{dpt}$$

$$D_2 = (n_L - n_0)\left(\frac{1}{r_{21}} + \frac{1}{r_{22}}\right) \approx (1.6-1)\left(\frac{1}{12\,\mathrm{cm}} + \frac{1}{12\,\mathrm{cm}}\right) \approx \frac{1}{10}\,\mathrm{dpt}$$

Abbildungsmatrix für das ganze System:

$$\begin{aligned}
M &= M_{L_2} \cdot M_T \cdot M_{L_1} \\
&= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -D_2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{n_0} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -D_1 & 1 \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{n_0} \\ -D_2 & 1 - D_2\frac{d}{n_0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -D_1 & 1 \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} 1 - D_1\frac{d}{n_0} & \frac{d}{n_0} \\ D_1 D_2 \frac{d}{n_0} - D_2 - D_1 & 1 - D_2\frac{d}{n_0} \end{pmatrix} \\
&\approx \begin{pmatrix} -\frac{1}{4} & 50\,\mathrm{cm} \\ 0 & -4 \end{pmatrix} \quad , \quad \text{mit } \begin{cases} d = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} = 50\,\mathrm{cm} \\ n_0 \approx 1 \end{cases}
\end{aligned}$$

(b)
Mit der Abbildungsmatrix:

$$\begin{aligned}
S_2 &= M \cdot S_1 = M \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \alpha \end{pmatrix} \\
\implies \beta &= -4\alpha \\
V &= \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{\tan(-4\alpha)}{\tan\alpha} \approx -4 \ , \quad \text{da } \tan\alpha = \alpha + \mathcal{O}\left(\alpha^3\right)
\end{aligned}$$

Mithilfe die Geometrie:

$$V = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{b_z/F_2}{-b_z/F_1} = -\frac{D_2}{D_1} = -4$$

Aufgabe 4: Öffnungsfehler plankonvexe Linse