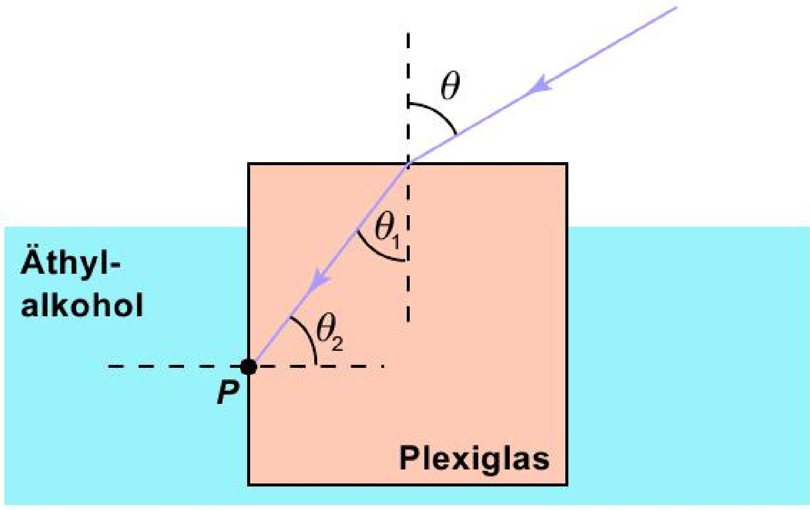
Lösungen zur Experimentalphysik III

Wintersemester 2008/2009

Prof. Dr. L. Oberauer | Blatt 4 | 10.11.08

Aufgabe 1:

a) Es ist $n_{Plexiglas} = 1.491$ und $n_{Alkohol} = 1.3617$.



Für die erste Brechung gilt nach dem Brechungsgesetz $sin\theta = n_{Plexi} sin\theta_1$. Am Punkt P folgt aus der Symmetrie der Anordnung, dass $\theta_2 = 90° - \theta_1$. Das Brechungsgesetz lautet hier:

$$n_{Plexi} sin(90° - \theta_1) = n_{Plexi} cos\theta_1 = n_{Alkohol} sin\theta_3$$

Damit nun bei P Totalreflexion auftritt, muss $\theta_3 = 90°$ gelten. Daraus folgt rückschließend:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= arccos(\frac{n_{Alkohol}}{n_{Plexi}}) = arccos(0.91328) = 24.0° \\ \Rightarrow \theta &= arcsin(n_{Plexi} sin\theta_1) = 37.4° \end{aligned}$$

b) Für Äthylalkohol ist der kritische Winkel der Totalreflexion $\theta_2 = 66.0°$. Für Luft ist er allerdings nur etwa 42°. Also findet natürlich immer noch Totalreflexion statt.

c) Es gibt im Prinzip immer einen transmittierten und einen reflektierten Strahl. Für Winkel, die kleiner als der Winkel der Totalreflexion sind, ist der reflektierte Strahl sehr schwach. Am Winkel der Totalreflexion läuft der transmittierte Strahl parallel zur Oberfläche, seine Intensität ist null. Die Intensität steckt also im reflektierten Strahl. Es ergibt sich kein Unterschied für die beiden Fälle. Bei einer weiteren Brechung an der unteren Fläche, wird der Winkel für Totalreflexion aber nicht erreicht und es ergibt sich ein Strahlweg analog zum einfallenden Licht.

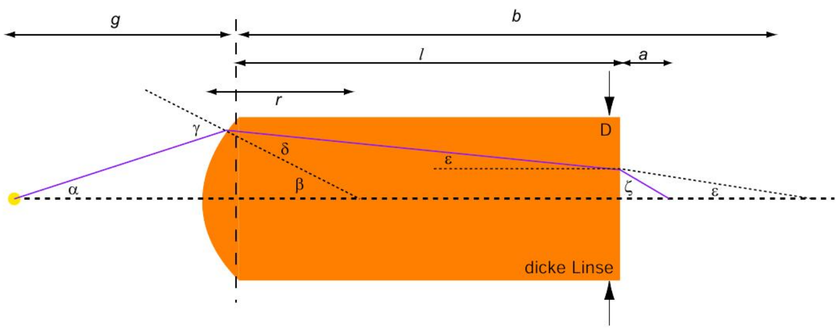
Aufgabe 2:

Um die Brennweite einer Linse zu bestimmen, setzt man g = ∞. Dann entsteht das Bild in der Brennebene, also b = f. An beiden Oberflächen gelten die Formeln für die Brechung an einer Kugelschale (Für Kronglas ist $n_{SK1} = 1.61016$):

$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{r} \tag{1}$$

An der ersten Oberfläche ist $n_1 = n_{Luft} = 1$ und man erhält nach Einsetzen: b = 52.8 cm. Da die Linse 4 cm dick ist, ist die Gegenstandsweite für die zweite Brechung g' = -48.8 cm. Die Bildweite b', die dann automatisch die Brennweite des Systems darstellt, ist 15.75 cm.

Aufgabe 3:



Da D $\ll$ l können wir die Näherungen für kleine Winkel verwenden:

$$sin\alpha = tan\alpha = \alpha. \tag{2}$$

Es gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} g \cdot tan\alpha &= r \cdot tan\beta \rightarrow \beta = \frac{g}{r}\alpha \\ \gamma &= \alpha + \beta \\ \frac{\gamma}{\delta} &= n \\ \epsilon &= \beta - \delta \end{aligned}$$

Nach ϵ aufgelöst ergibt sich:

$$\epsilon = \beta - \frac{\gamma}{n} = \frac{(n-1)\frac{g}{r} - 1}{n}\alpha$$

Benutzt man b·tanϵ = g·tanα so erhält man unter Einsetzen von ϵ die Gleinung für die Brechung an einer Kugelschale (die wir schon in der Aufgabe vorher benutzt hatten):

$$\frac{n}{b} + \frac{1}{g} = \frac{n-1}{r}$$

Mit den angegebenen Werten erhält man b = 45 cm, was allerdings länger ist, als der Stab selbst. Mit den Winkeldefinitionen aus der Zeichnung ergibt sich:

$$\begin{aligned}\frac{\zeta}{\epsilon} &= n \\ a &= (b-l)\frac{\epsilon}{\zeta} = 10cm\end{aligned}$$

Die Strahlen treffen sich also 10 cm hinter der planen Abschlussfläche. Die Winkelvergrößerung beträgt:

$$\frac{\zeta}{\alpha} = (n-1)\frac{g}{r} - 1 = 2$$

Aufgabe 4:

Wir benutzen einfach die Linsenformel

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \tag{3}$$

mit der Randbedingung, dass der Abstand L zwischen Schirm und Gegenstand gegeben ist als L = g + b.

$$\begin{aligned}\frac{1}{g} + \frac{1}{L-g} &= \frac{1}{f} \\ (L-g)f + gf &= g(L-g) \\ g^2 - Lg + Lf &= 0 \\ g_{1,2} &= \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2 - 4Lf}{4}} \\ \Rightarrow d &= \Delta g = 2\sqrt{\frac{L^2-4Lf}{4}} \\ \Rightarrow f &= \frac{L^2 - d^2}{4L}\end{aligned}$$

Das ganze macht natürlich nur Sinn, wenn g > f.