

Ferienkurs Experimentalphysik 3 - Übungsaufgaben

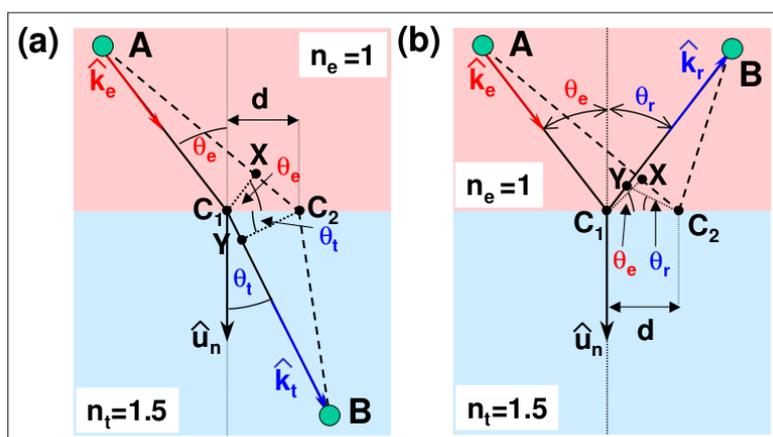
Geometrische Optik

Matthias Brasse, Max v. Vopelius

24.02.2009

Aufgabe 1:

Zeigen Sie mit Hilfe des Fermatschen Prinzips, dass aus der Minimierung des optischen Wegunterschieds für zwei mögliche Wege \overline{PQ} das Reflexions- und Brechungsgesetz folgen.



Aufgabe 2:

- Zur Korrektur der Kurzsichtigkeit eines Auges (hervorgerufen durch Verlängerung des Augapfels) ist ein Brillenglas mit einer Dioptrienzahl von $D = -2$ erforderlich. Bestimmen Sie die maximale Entfernung s_{max} , auf die das Auge ohne Brille akkomodieren kann.
- Ein altersweitsichtiges Auge (normale Länge des Augapfels) kann nur noch bis herab zu $s_{min} = 40\text{cm}$ akkomodieren. Bestimmen Sie die erforderliche Dioptrienzahl einer Brille, die scharfes Sehen bis $s_0 = 20\text{cm}$ ermöglicht. Bis zu welcher maximalen Entfernung kann das Auge mit Brille noch akkomodieren.

Aufgabe 3:

Auf einen sphärischen Konkavspiegel mit einem Durchmesser von 40cm und einem Krümmungsradius von 60cm falle ein Lichtbündel parallel zur optischen Achse. Reflektierte Strahlen schneiden die optische Achse nicht genau im Brennpunkt. Den Abstand dieses Schnittpunktes zum Brennpunkt nennt man sphärische Längenaberration.

- Bestimmen Sie die Längenaberration als Funktion des Einfallswinkels α (Winkel zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot).
- Die Breite des Lichtbündels sei größer als der Durchmesser des Spiegels. Berechnen Sie die größte vorkommende Längenaberration.
- Zeigen Sie, daß die Lichtintensität auf der optischen Achse tatsächlich im Brennpunkt maximal ist.

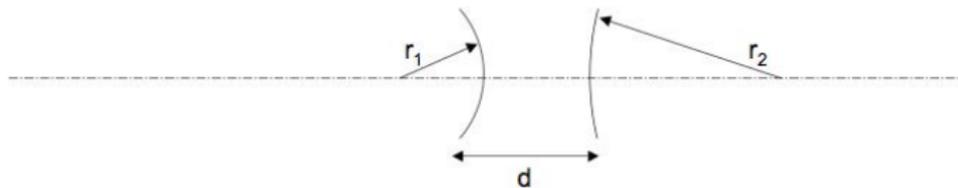
Aufgabe 4:

Gegeben sei ein Fernrohr mit dem Objektivdurchmesser D und der Vergrößerung v . Bestimmen Sie das Verhältnis der Beleuchtungsstärken (Strahlungsleistung pro Flächeneinheit) der Bilder, die von weit entfernten Gegenständen auf die Netzhaut eines Auges (Pupillendurchmesser d) mit und ohne Fernrohr projiziert werden.

Aufgabe 5:

Ein Okular bestehe aus zwei dünnen Plankonvexenlinsen mit den Krümmungsradien r_1 und r_2 im Abstand $d = 2.604\text{cm}$ voneinander (siehe Skizze). Ein solches System hat eine Brennweite f , wobei $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$.

- Das Okular soll als Lupe die Vergrößerung $v = 10$ besitzen. Wie groß muss dann die Brennweite f gewählt werden?
- Die Brennweite f des Okulars soll bei der Wellenlänge λ_0 unabhängig von kleinen Wellenlängenänderungen sein (Achromat). Bei λ_0 habe das Material beider Linsen den Brechungsindex $n = 1.4$. Berechnen Sie die Krümmungsradien r_1 und r_2 der beiden Linsen.

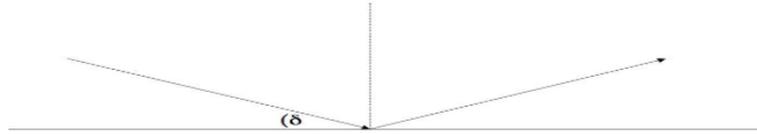


Aufgabe 6:

Quarz hat für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2nm$ den Brechungsindex $n \simeq 1 - a\lambda^2$ mit $a = 0.575 \cdot 10^{14} m^{-2}$. Beachten Sie, daß gilt: $n < 1$. Der Brechungsindex in Luft sei 1.

- Ein Neutronenstrahl werde durch ein Quarzprisma mit Öffnungswinkel $\gamma = 120^\circ$ abgelenkt. Skizzieren Sie den Strahlengang für den symmetrischen Durchgang. Zeigen Sie, daß bei symmetrischem Strahlengang im Fall $n = 1$ der Ablenkwinkel δ (Winkel zwischen Strahl vor und nach dem Prisma) in erster Näherung gegeben ist durch $\delta = 2(1 - n) \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$. Berechnen Sie in dieser Näherung den Ablenkwinkel δ und die Dispersion $d\delta/d\lambda$ für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2nm$.

- b) Der Neutronenstrahl werde an einer ebenen Quarzoberfläche totalreflektiert. Zeigen Sie, daß der Grenzwinkel δ' der Totalreflektion bei streifendem Einfall (siehe Skizze) in erster Näherung gegeben ist durch $\delta' = \dots$. Berechnen Sie den Grenzwinkel δ' für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2nm$. Neutronen welcher Wellenlänge werden bei einem festen Einfallswinkel δ (siehe Skizze) totalreflektiert?



Aufgabe 7:

Ein Gegenstand wird durch eine dünne bikonvexe Glaslinse ($n = 1.5$) mit den Krümmungsradien $30cm$ und $50cm$ auf einen Schirm abgebildet. Das Bild hat die halbe Größe des Gegenstandes. Wie weit ist die Linse vom Gegenstand und wie weit vom Schirm entfernt?

Aufgabe 8:

Auf dem Boden eines Beckens mit der Wassertiefe $d = 1m$ liegt eine Münze, die ein Junge, dessen Augen sich $h = 1m$ über der Wasseroberfläche befinden, unter einem Winkel von 45° zur Wasseroberfläche sieht. Unter welchem Winkel wird er sie sehen nachdem das Wasser abgelassen ist?

Aufgabe 9:

Berechnen Sie die Brennweite einer dicken bikonvexen Linse aus Kronglas SK1 und den Krümmungsradien $+20cm$ und $-20cm$. Die Linse sei $4cm$ dick und befinde sich in Luft ($n = 1$).

Aufgabe 10:

Ein dünner Glasstab habe die Länge $l = 30cm$, die Brechzahl $n = 1.5$, und werde durch ein planes und ein sphärisch konvexes Ende mit Krümmungsradius $r = 10cm$ abgeschlossen. Außerhalb des Stabes, im Abstand $g = 60cm$ vor der sphärischen Fläche, befinde sich auf der Symmetrieachse des Stabes eine punktförmige Lichtquelle Q .

Skizzieren Sie den Verlauf der von Q ausgehenden Lichtstrahlen. Gibt es einen Punkt, in dem sich die Strahlen wieder treffen? Und wenn ja: wo? Unter welchem Winkel ξ treffen sich Strahlen, die bei Q mit einem Winkel α mit der optischen Achse einschließen? Wie groß ist die Winkelvergrößerung?

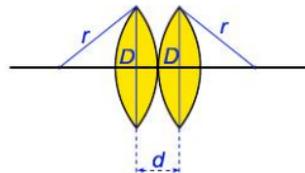
Aufgabe 11:

In der Photographie wird die Blende $1 : F = \frac{D}{f}$ als Verhältnis zwischen dem Durchmesser D der Eintrittspupille und der Brennweite f eines Objektivs angegeben.

Mit einem Teleobjektiv ($f = 150\text{mm}$) wird bei Blende 1 : 4 auf einen Gegenstand in 5m Entfernung fokussiert. Berechnen Sie den Tiefenschärfebereich. Nehmen Sie dazu an, dass ein Gegenstand als scharf erscheint, solange er auf dem Film als Kreisscheibe mit einem Durchmesser $d \leq 0.05\text{mm}$ abgebildet wird.

Aufgabe 12:

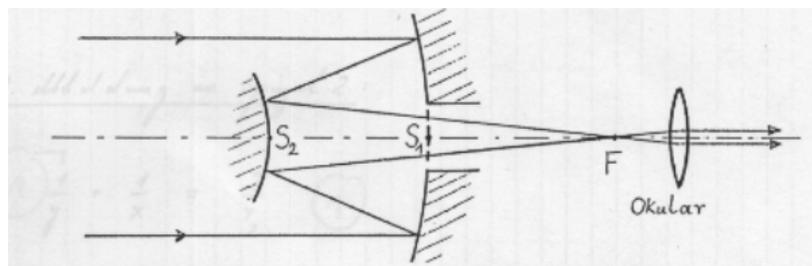
Das Modell eines Zoom-Objektivs für eine Kleinbild-Kamera soll aus zwei dünnen Sammellinsen mit veränderbarem Abstand d , gleichen Brennweiten und Brechzahlen $n = 1.57$ aufgebaut werden und folgende Eigenschaften haben: Brennweitenvariation zwischen 90mm und 210mm , Öffnungsverhältnis 1 : 3.5.



- Alle Oberflächen der sphärischen Sammellinsen haben den Krümmungsradius $r = 91\text{mm}$. Wie groß ist deren Brennweite f_1 ?
- Welchen Durchmesser D muss die Frontlinse (Eintrittspupille) haben?
- In welchem Bereich muss der Linsenabstand d veränderbar sein?
- Welche kleinste Brennweite ist möglich, wenn beide Linsen denselben Durchmesser D haben?

Aufgabe 13:

Ein Teleskop zur Betrachtung weit entfernter Sterne bestehe aus zwei sphärischen Spiegeln (siehe Skizze). Der Krümmungsradius des großen Spiegels (mit einem Loch im Zentrum) sei 2.0m , derjenige des kleinen betrage 0.6m . Der Abstand der Scheitel S_1, S_2 der beiden Spiegel sei 0.75m .

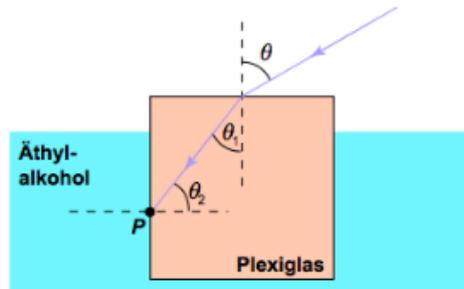


- Berechnen Sie den Abstand des bildseitigen Brennpunktes F des Spiegelsystems vom Scheitel S_2 des kleinen Spiegels (parallel einfallende Strahlen, siehe Skizze).
- Bestimmen Sie die effektive Brennweite der Anordnung beider Spiegel (effektive Brennweite = Brennweite einer Sammellinse mit gleichen abbildenden Eigenschaften wie das Spiegelsystem).
- Mit Hilfe eines Okulars ($f_{OK} = 2\text{cm}$) wird nun das reelle Zwischenbild des Sterns mit entspanntem Auge betrachtet. Berechnen Sie die Vergrößerung des Gesamtsystems.

- d) Was sind die Hauptvorteile von Spiegelteleskopen gegenüber astronomischen Fernrohren (Linsenteleskope)? (max. 2 Sätze!)

Aufgabe 14:

Ein Lichtstrahl treffe aus Luft ($n = 1$) auf einen Plexiglasquader, der fast vollständig in Äthylalkohol eingetaucht ist (siehe Abbildung).



$$n_{\text{Plexiglas}} = 1.491, n_{\text{Äthylalkohol}} = 1.3617$$

- Berechnen Sie den Winkel Θ , für den sich am Punkt P Totalreflexion ergibt.
- Wenn der Äthylalkohol entfernt wird, ergibt sich dann auch mit dem in a) berechneten Winkel Θ am Punkt P Totalreflexion? Begründung!
- Zeichnen Sie den Strahlengang ab dem Punkt P für beide Fälle weiter!