Hinweise und Lösungen

25. März 2014

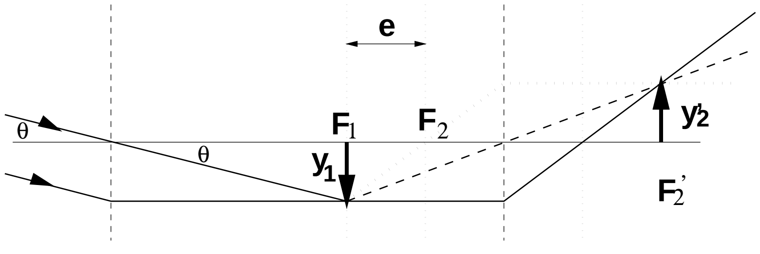
Übungen Ferienkurs Experimentalphysik III — Blatt 2

A# 1: Brechung: $n \sin\Phi = \sin\Theta$;
$\alpha = \Phi$ wegen gleichseitigem Dreieck (Annahme der Kugelform)
Ablenkung bei Brechung : Θ-Φ; bei Reflexion: π-2α;
$\Rightarrow \Psi = \Theta - \phi + \pi - 2\alpha + \Theta - \phi = 2\Theta\text{-}4\Phi{+}\pi; \quad \chi = \pi - \Psi$
Regenbogen wird durch Strahlen erzeugt, die maximal abgelenkt werden:
$\mathrm{d}\Psi/\mathrm{d}\Theta = 2\text{-}4\mathrm{d}\Phi/\mathrm{d}\Theta \overset{!}{=} 0$; Differenziere Snellius: $\mathrm{d}\sin\Theta = n\mathrm{d}\sin\Phi$
$\Leftrightarrow \ \cos\Phi\cdot\mathrm{d}\Phi/\mathrm{d}\Theta = \cos\Theta/\mathrm{n} => \cos\Phi = 2\cos\Theta/\mathrm{n}$
Elimination von Φ durch Snellius und $\cos^2\Phi + \sin^2\Phi = 1 \Rightarrow \sin^2\Theta/\mathrm{n}^2 + 4\cos^2\Theta/\mathrm{n}^2 = 1$
Lösung durch $(cos^2 + sin^2 = 1)$: $\quad \sin\Theta = \sqrt{(4-n^2/)3}; \quad \sin\Phi = \sqrt{(4-n^2)/3n^2}$

$\Phi_r = 40.422°; \ \Theta_r = 59.585° \Psi_r = 137.48°; \ \chi_r = 42.52°$
$\Phi_v = 39.705°; \ \Theta_v = 58.946° \Psi_v = 139.07°; \ \chi_v = 40.93°$
$\Delta\chi = 1.6°$

A# 2:

a) Objektiv: 1. Linse (Richtung Objekt); Okular: 2. Linse (Richtung Auge); v_F = - 40 = -f_{obj}/f_{ok} ; minus wegen verkehrtem Bild
b) Betrachte Aufweitung/Komprimierung des parallelen Strahlenbündels: Strahlensatz D = d f_1/f_2 = 140 mm
c) mit der Linsengleichung $1/b + 1/g = 1/f$ und $g = f_2 + e$, sowie $G/B = g/b$, $G = \Theta * f_1$ und $B = y_2'$ bekommt man $e = \Theta f_1 f_2/y_2' = 3.4$ mm
d)



A# 3: a) Die Brennweiten der einzelnen Linsen errechnet sich durch

$$\frac{1}{f_1} = (n_{1d}-1)\left(\frac{1}{R_{11}} - \frac{1}{R_{12}}\right)$$
$$\frac{1}{f_{1F}} = (n_{1F}-1)\left(\frac{1}{R_{11}} - \frac{1}{R_{12}}\right)$$
$$\frac{1}{f_{2C}} = (n_{2C}-1)\left(\frac{1}{R_{21}} - \frac{1}{R_{22}}\right)$$

Und analog für die drei anderen. Für zwei nahe aneinanderstehende dünne Linsen ist die Gesamtbrennweite $1/f_{ges} = 1/f_1 + 1/f_2$. Somit gilt für die Kombination zweier

Linsen bei blauem und rotem Licht

$$
\begin{aligned}
1/f_{ges}^{blau} &= \frac{(R_{12}-R_{11})(n_{1F}-1)}{R_{12}R_{11}} + \frac{(R_{22}-R_{21})(n_{2F}-1)}{R_{22}R_{21}} = \frac{n_{1F}-1}{f_1(n_{1d}-1)} + \frac{n_{2F}-1}{f_2(n_{2d}-1)} \\
1/f_{ges}^{rot} &= \frac{(R_{12}-R_{11})(n_{1C}-1)}{R_{12}R_{11}} + \frac{(R_{22}-R_{21})(n_{2C}-1)}{R_{22}R_{21}} = \frac{n_{1C}-1}{f_1(n_{1d}-1)} + \frac{n_{2C}-1}{f_2(n_{2d}-1)}
\end{aligned}
$$

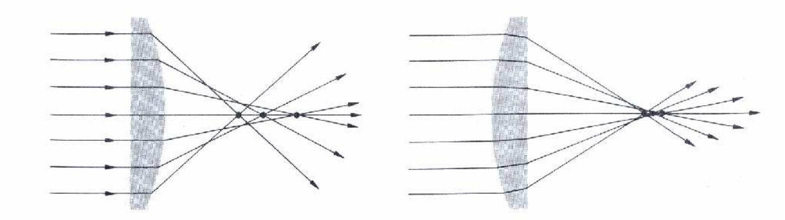
Beim Achromaten sollen die die Brennweiten bei beiden Wellenlängen gleich groß sein. Gleichsetzen der inversen Brennweiten liefert

$$
\begin{aligned}
\frac{(n_{1F}-1)-(n_{1C}-1)}{f_1(n_{1d}-1)} + \frac{(n_{2F}-1)-(n_{2C}-1)}{f_2(n_{2d}-1)} &= 0 \\
f_1\nu_1 + f_2\nu_2 &= 0
\end{aligned}
$$

b) Brennweite der plankonkaven Linse: $1/f_2 = (n_{2d}-1)(1/R_2 - 1/\infty)$. Mit der Abbe-Beziehung ist die Brennweite der Bikonvexen Linse $f_1 = -\nu_2/\nu_1 f_2$. Gesamtbrennweite:

$$
\begin{aligned}
1/f_{ges} &= 1/f_1 + 1/f_2 = \frac{n_{2d}-1}{R_2}(1-\nu_1/\nu_2) \\
\Leftrightarrow R_2 &= (n_{2d}-1)f_{ges}(1-\nu_1/\nu_2) = .74 * 40 \text{ cm}(1-54/28) = -27.49 \text{ cm} \\
f_2 &= R_2/(n_{2d}-1) = -37.14 \text{ cm} \quad f_1 = -\nu_2/\nu_1 f_2 = 19.26 \text{ cm} \\
R_1 &= \frac{R_2 f_1(n_{1d}-1)}{R_2 + f_1(n_{1d}-1)} = 27.21 \text{ cm}
\end{aligned}
$$

c) Die Kleinwinkelnäherung hält länger, wenn zweimal eine Brechung unter kleinerem Winkel geschieht als einmal unter einem größeren. Daher sollte die plane Fläche zum Fokus zeigen.



==