IPHO 2.Runde 2.Aufgabe

Aufgabenstellung:

Ein Kromglasprisma soll so mit einem Flintglasprisma kombiniert werden, dass das entstandene optische System die beiden Wellenlängen $\lambda_1 = 400$nm und $\lambda_2 = 700$nm nicht zerstreut. D.h., trifft ein Lichtstrahl beider Welenlängen auf das Kronglasprisma, do verlassen zwei zueinander parallele Strahlen dieser Wellenlängen das optische System. Der brechende Winkel des Kronglasprismas beträgt $\phi = 15°$ und die Brechungsindizes für dei beiden Glasarten sind (Index K:Kronglas; F:Flintglas):

$$n_{K,\lambda_1} = 1,522;\ n_{K,\lambda_2} = 1,504;\ n_{F,\lambda_1} = 1,662;\ n_{F,\lambda_2} = 1,613$$

Weiterhin ist der Brechungsindex der Umgebung als 1 und der Einfallswinkel des Lichtes als klein anzunehmen.

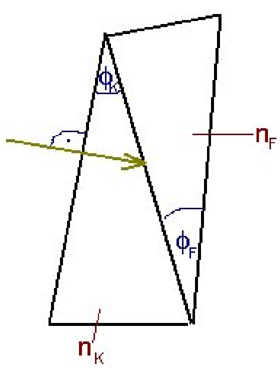
a) Leiten sie einen Ausdruck für den unbekannten brechenden Winkel des Flintglasprismas ϕ_F her und interpretieren sie ihr Ergebnis.

b) Berechnen sie mit den gegebenen Zahlenwerten den numerischen Wert von ϕ_F.

c) Diskutieren sie qualitativ den Fall, dass in das optische System zusätzlich Licht mit Wellenlängen λ eintritt, für die $\lambda_1 < \lambda < \lambda_2$ gilt.

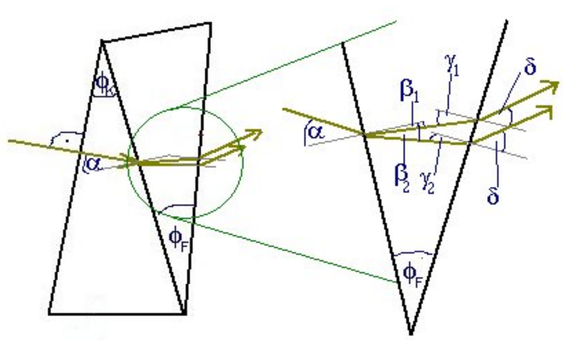
Meine Lösung:

Skizze:



Lage der brechenden Winkel zueinander entnommen aus: A.Recknagel: Physik.Optik

a)
noch eine Skizze:



Brechungsgesetz:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta_i} = \frac{n_{Fi}}{n_{Ki}} \Rightarrow \sin\beta_i = \frac{n_{Ki}\cdot\sin\alpha}{n_{Fi}}$$
$$\frac{\sin\gamma_i}{\sin\delta_i} = \frac{1}{n_{Fi}} \Rightarrow \sin\delta_i = n_{Fi}\cdot\sin\gamma_1$$

Geometrie:

$$\delta_1 = \delta_2 \text{ (parallele Strahlen)}$$
$$\alpha = 90° - (180° - 90° - \phi_K) = \phi_K \text{ (Innenwinkelsumme im } \Delta\text{)}$$
$$\delta_i = 90° - (180° - \phi_F - (90° - \beta_i)) = \phi_F - \beta_i \text{ (Innenwinkelsumme im } \Delta\text{)}$$

Einsetzen:

$$\delta_i = \arcsin(n_{Fi}\cdot\sin(\phi_F - \beta_i))$$
$$\delta_i = \arcsin\left(n_{Fi}\cdot\sin\left(\phi_F - \arcsin\left(\frac{n_{Ki}}{n_{Fi}}\cdot\sin\phi_K\right)\right)\right)$$

$$0 = \delta_1 - \delta_2$$
$$0 = \arcsin\left(n_{F1}\cdot\sin\left(\phi_F - \arcsin\left(\frac{n_{K1}}{n_{F1}}\cdot\sin\phi_K\right)\right)\right) - \arcsin\left(n_{F2}\cdot\sin\left(\phi_F - \arcsin\left(\frac{n_{K2}}{n_{F2}}\cdot\sin\phi_K\right)\right)\right)$$

Interpretation:

- komplizierte Gleichung
- Es ist mir nicht möglich explizit nach ϕ_F umzustellen
- war früher sehr schwierig und langwierig zu berechenen, wurde aber für gute optische Geräte benötigt -¿ gute potische Geräte ohne bunte Ränder waren viel wert

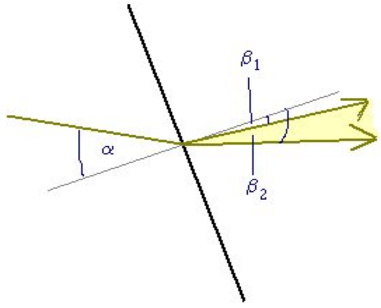
b)

Berechnung mit Excel über Regula Falsi:

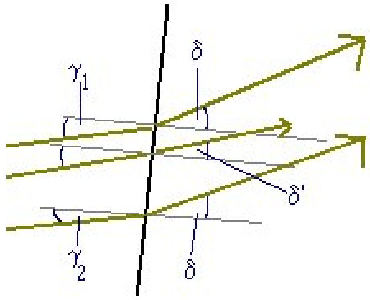
$$y = f(\phi_F) = \arcsin(\ldots) - \arcsin(\ldots)$$
$$\phi_F = 5,396°$$

c)

Für Wellenlängen, die zwischen den zwei betrachteten Wellenlängen liegen, liegen auch die Brechungszahlen der Glassorten zwischen den gegebenen. Die gebrochenen Strahlen liegen immer zwischen den zwei vorne betrachteten.
bei der ersten Brechung:



bei der zweiten Brechung:



Sie treten mit etwas anderem Ausfallswinkel aus. Die Unterschiede sind allerdings so gering, dass man das gesamte austretende Lichtbündel als parallel ansehen kann.