

Brýlová optika



stručná osnova

- základy geometrické optiky pro brýlovou optiku
- Gullstrandovo schématické oko, další modely,
- vizus, optotypy
- myopie, hypermetropie, afakie a jejich korekce
- povaha axiální refrakce
- akomodace oka, presbyopie a její korekce
- brýlové čočky: výpočty, bodově zobrazující čočky
- prizmatický účinek
- bifokální, trifokální a multifokální čočky
- oční astigmatismus a jeho korekce

kontrola a hodnocení studia

jarní semestr:

2 kontrolní práce (50 + 50 bodů)
zápočet (> 49 bodů)

podzimní semestr:

2 kontrolní práce (50 + 50 bodů)
zápočet (> 49 bodů)
zkouška (ústní, 1/3 hodnocení za body z KP,
2/3 za 2 otázky u zkoušky)

literatura

1. R. Baštecký: **Praktická brýlová optika**. R+H optik 1997.
2. **Technický sborník oční optiky**. 2. vyd. (J. Polášek, ed.) SNTL, Praha 1975.
3. E. Keprt: **Teorie optických přístrojů III. Oko a jeho korekce**. SPN, Praha 1966.
4. M. Rutrle: **Brýlová optika**. IDVPZ, Brno 1993.
5. S. H. Schwartz: **Geometrical and Visual Optics: A Clinical Introduction**. McGraw-Hill, New York 2002.
6. J. Schwiegerling: **Field Guide to Visual and Ophthalmic Optics**. SPIE, Bellingham 2004.
7. B. Havelka: **Geometrická optika, I. a II. díl**. NČAV, Praha 1955.
Též na www.opto.cz

kontakt

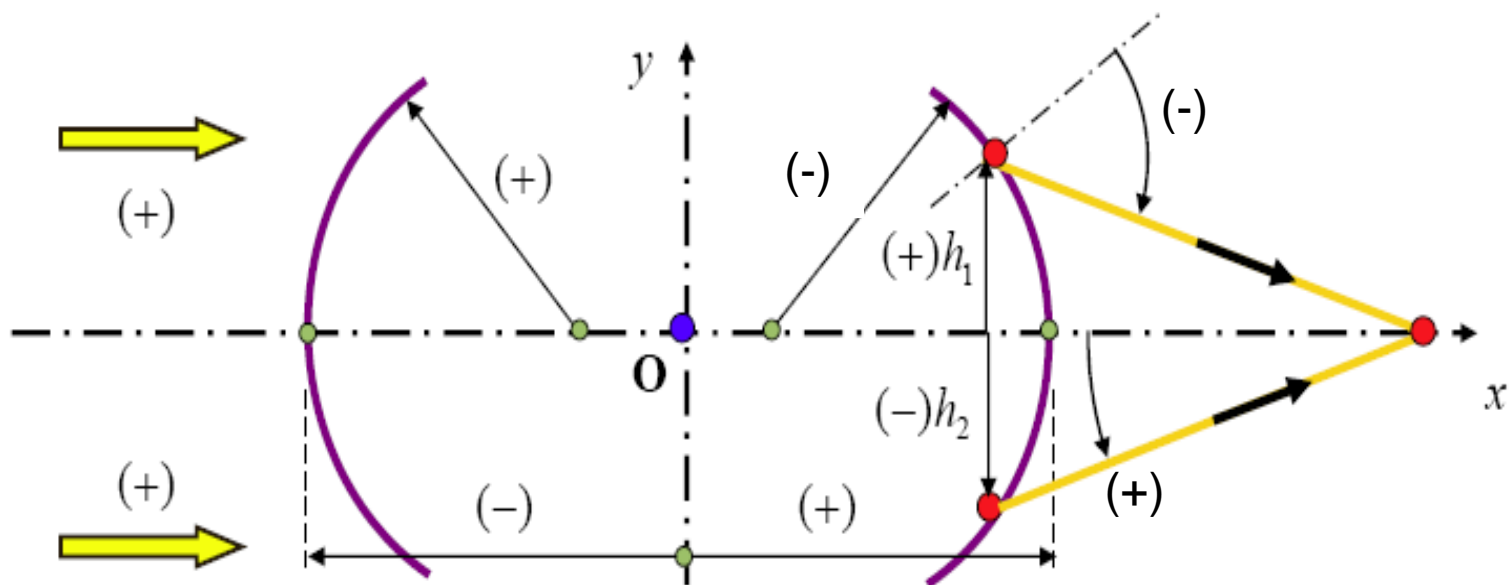
doc. RNDr. Radim Chmelík, Ph.D.
Ústav fyzikálního inženýrství
FSI VUT v Brně
e-mail: chmelik@fme.vutbr.cz
tel. 541 14 2795

vstupní znalosti

1. Zákony geometrické optiky, index lomu prostředí, index lomu vzduchu, vzájemné vztahy.
2. Disperze, Abbeovo číslo, katalogy optických materiálů.
3. Hranol, optický klín.
4. Zobrazení kulovou plochou obecně a v paraxiálním prostoru.
5. Základní body jedné kulové plochy.
6. Zobrazení soustavou kulových ploch, polohy základních bodů soustavy, ohniskové vzdálenosti.
7. Zobrazovací rovnice (pro paraxiální prostor).
8. Zobrazení tenkou čočkou, reálné zobrazení tlustou čočkou.
9. Zobrazení soustavou čoček, trasování paprsků.
10. Omezení paprskových svazků v optické soustavě.

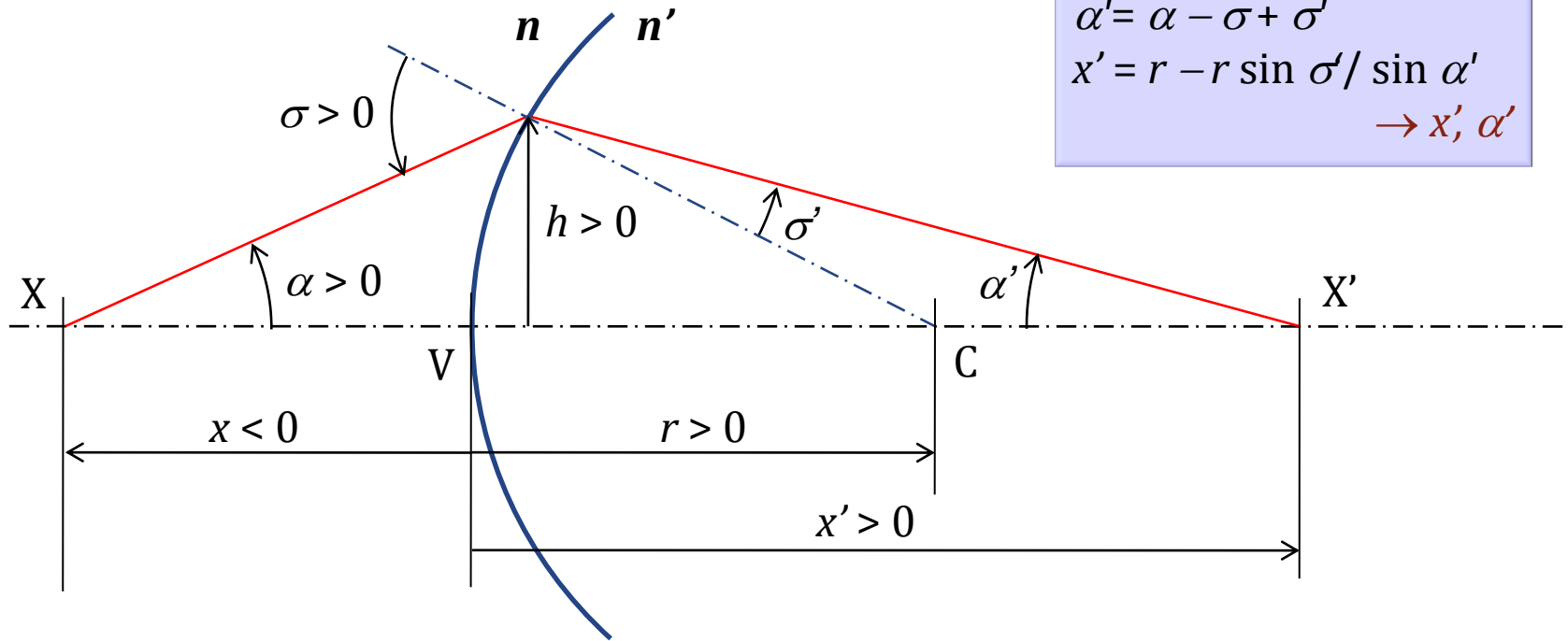
(Geometrická optika – 1. semestr)

znaménková konvence

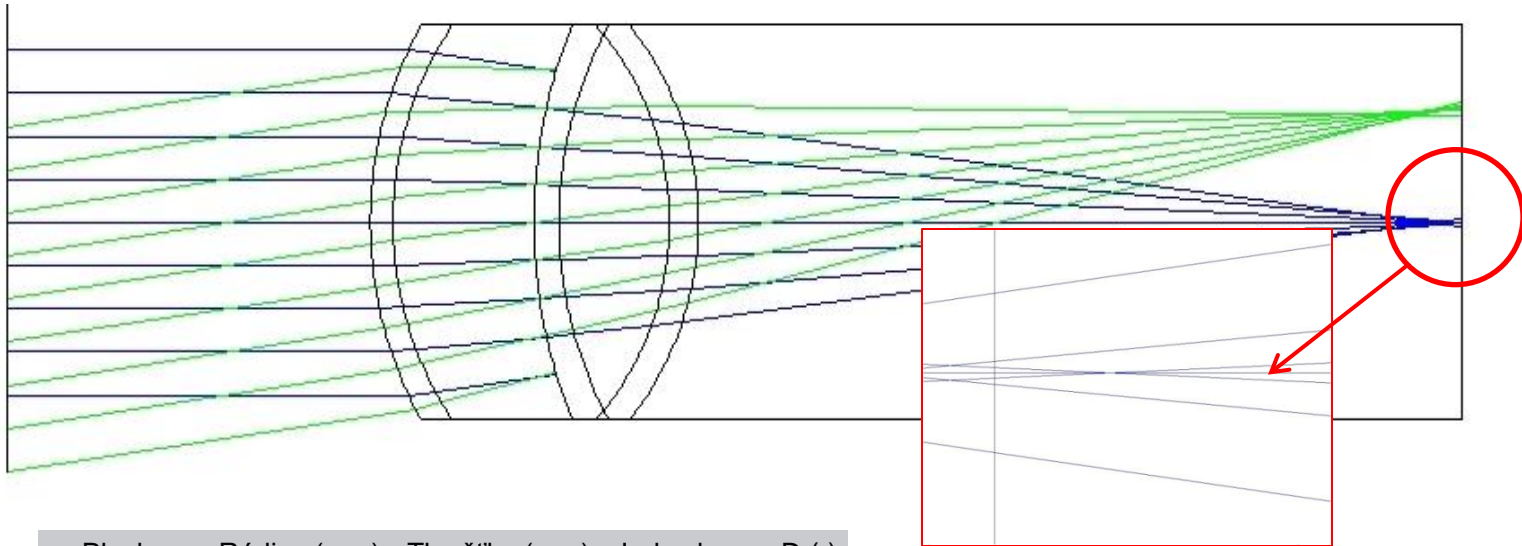


lom kulovou plochou

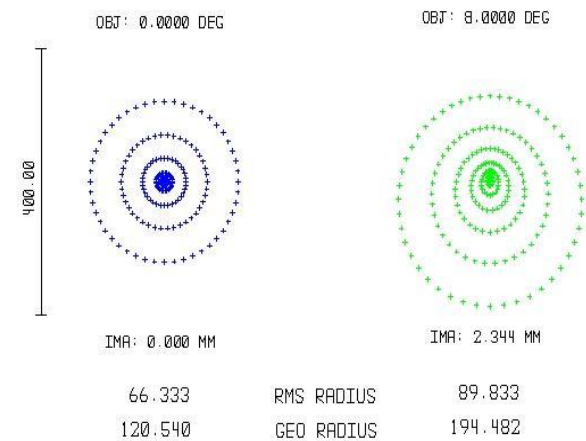
$x, \alpha \rightarrow$
 $\sin \sigma = (r - x)/r \sin \alpha$
 $\sin \sigma' = n/n' \sin \sigma$
 $\alpha' = \alpha - \sigma + \sigma'$
 $x' = r - r \sin \sigma' / \sin \alpha'$
 $\rightarrow x', \alpha'$



trasování paprsků (ray tracing)

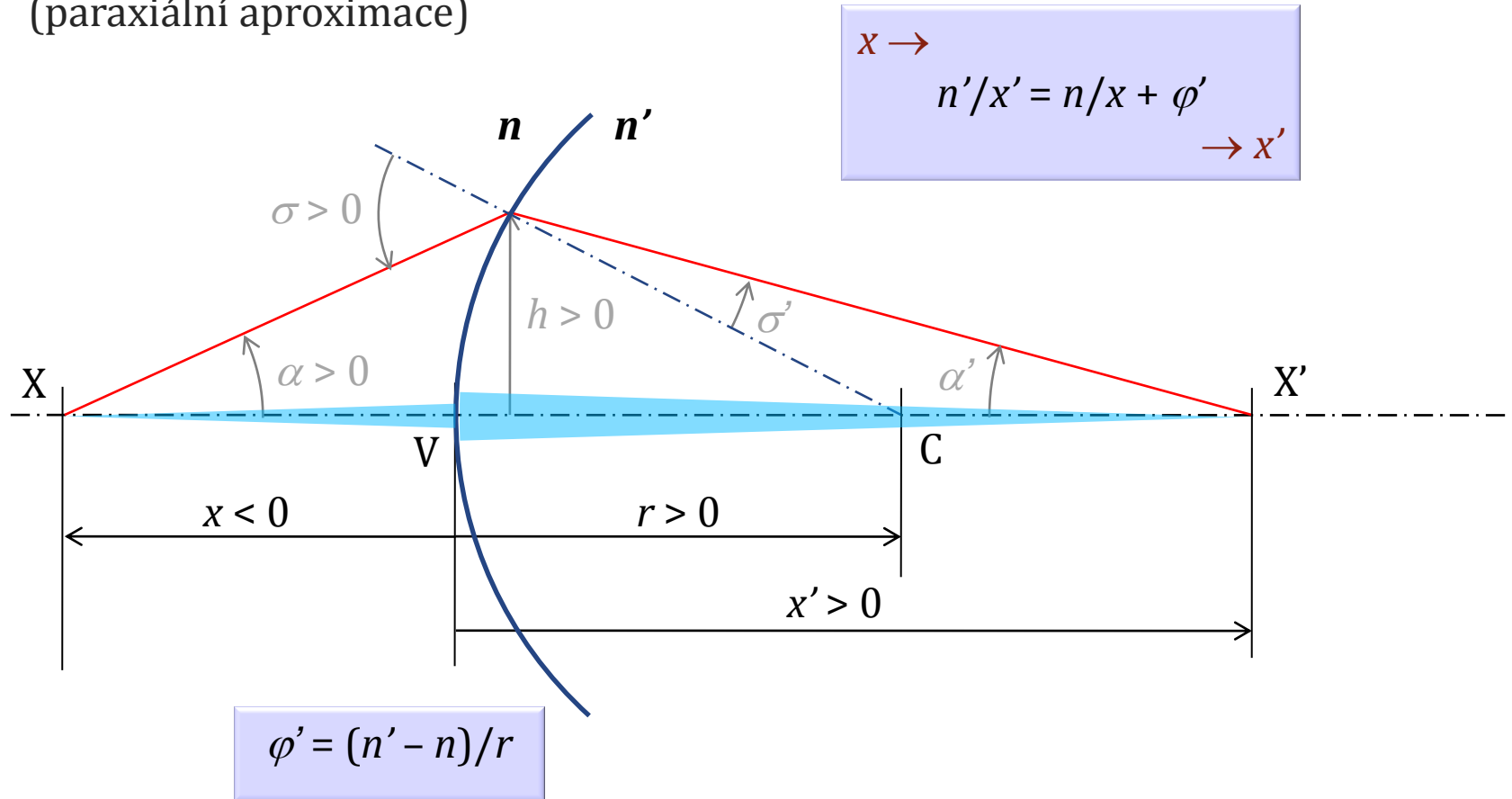


Plocha	Rádus (mm)	Tloušťka (mm)	Index lomu nD (-)
Objekt	nekonečno	nekonečno	1,0000
2	7,70	0,50	1,3771
3	6,80	3,10	1,3374
STO	10,00	0,55	1,3860
5	7,91	2,42	1,4060
6	-5,76	0,64	1,3860
7	-6,00	16,79	1,3360



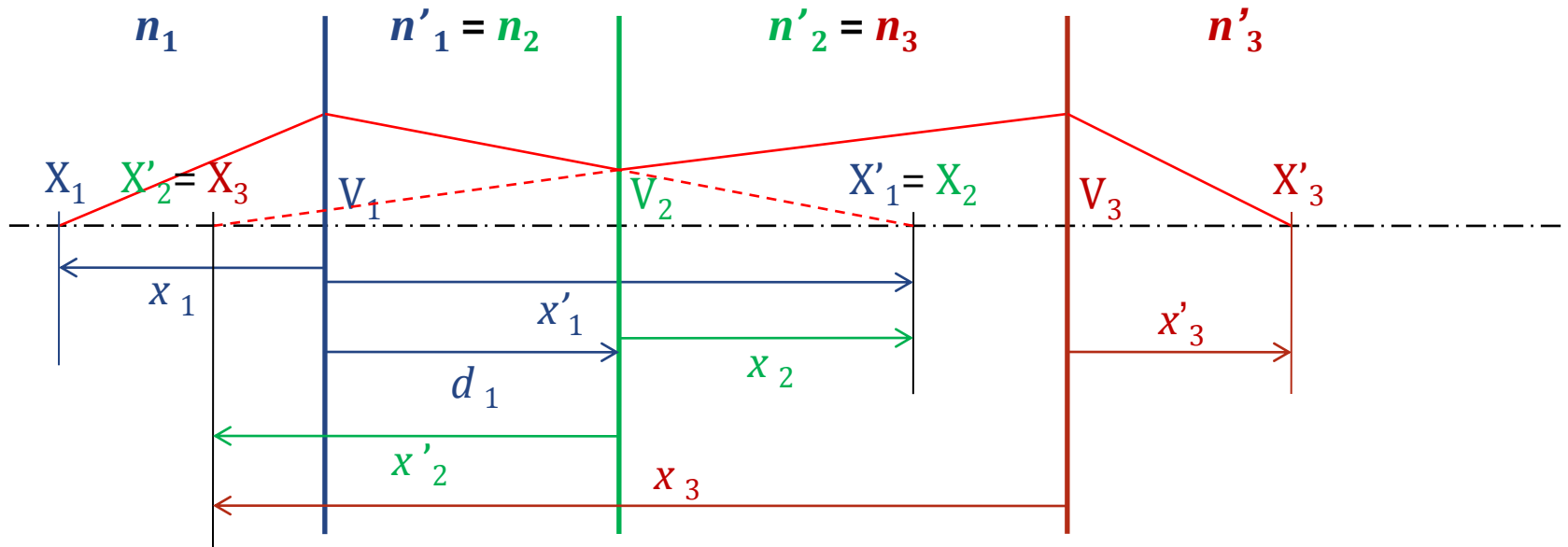
Gaussova zobrazovací rovnice

(paraxiální aproximace)



soustava lámavých ploch

(paraxiální aproximace)

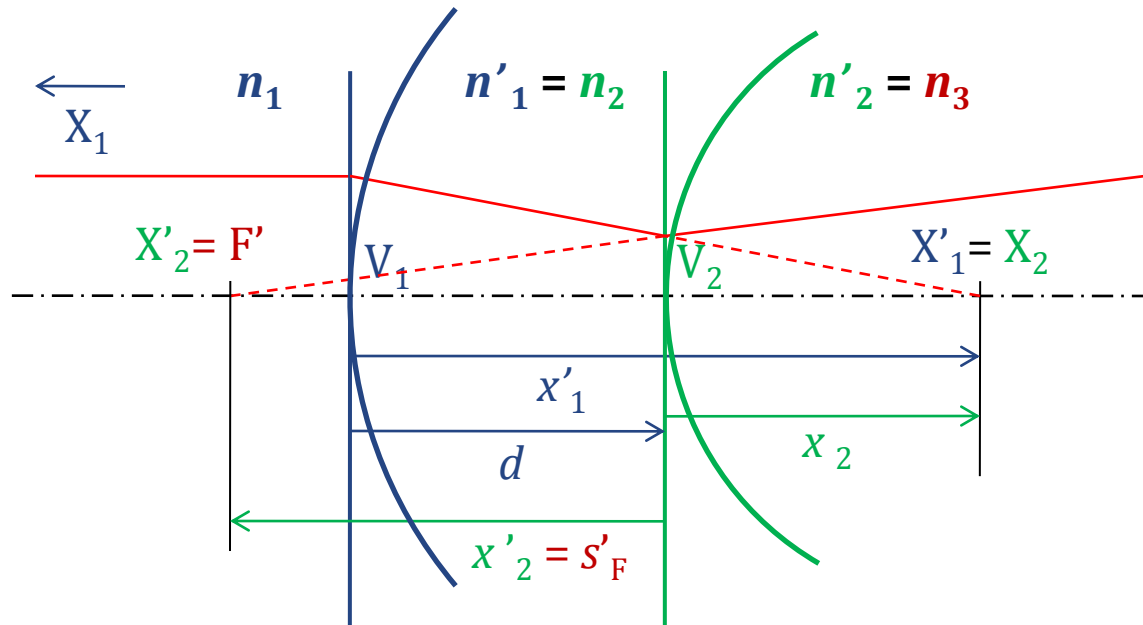


$$\varphi'_i = (n'_i - n_i)/r_i$$

$$n'_i/x'_i = n_i/x_i + \varphi'_i$$

$$x_{i+1} = x'_i - d_i$$

příklad: rozptylka

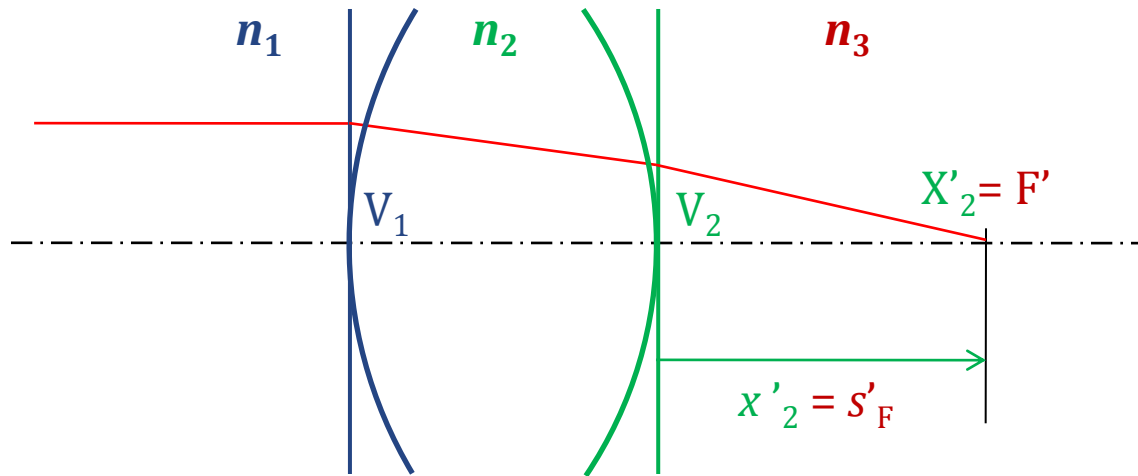


$$\varphi'_i = (n'_i - n_i)/r_i$$

$$n'_i/x'_i = n_i/x_i + \varphi'_i$$

$$x_{i+1} = x'_i - d_i$$

vrcholová lámavost

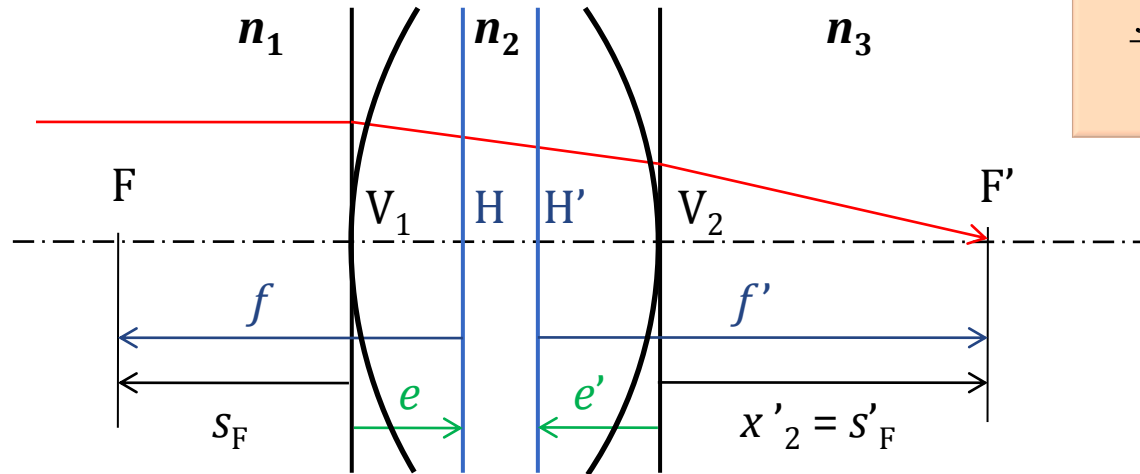


vrcholová lámavost:

$$S' = n'_2 / s'_F$$

$$S' = \frac{1}{1 - \frac{d}{n_2} \varphi_1'} \varphi_c' = \Gamma' \varphi_c'$$

hlavní body a roviny



$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'_p}{n_1}$$

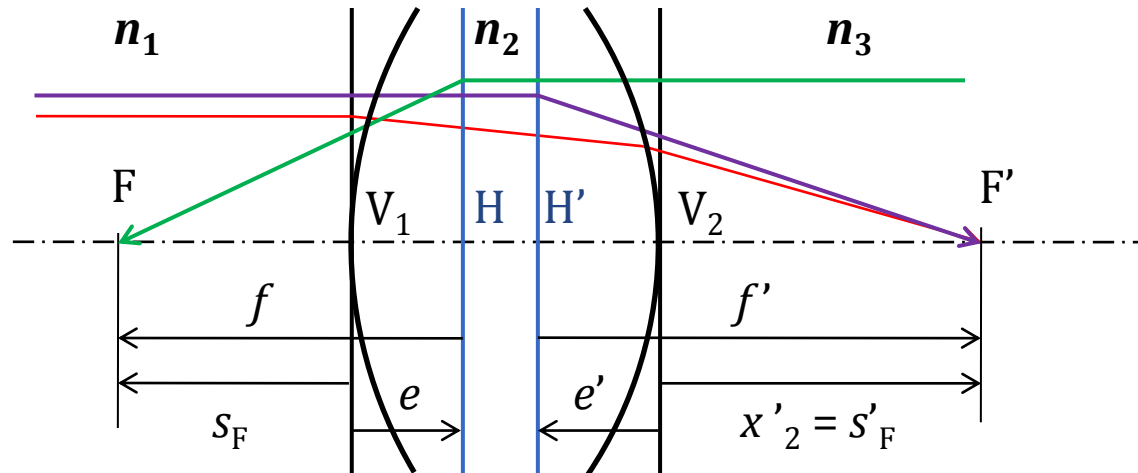
$$x(H) = x(F) - f$$

$$x'(H') = x'(F') - f'$$

$$e = + \frac{d}{n_2} \frac{\varphi_2'}{\varphi_c'} n_1$$

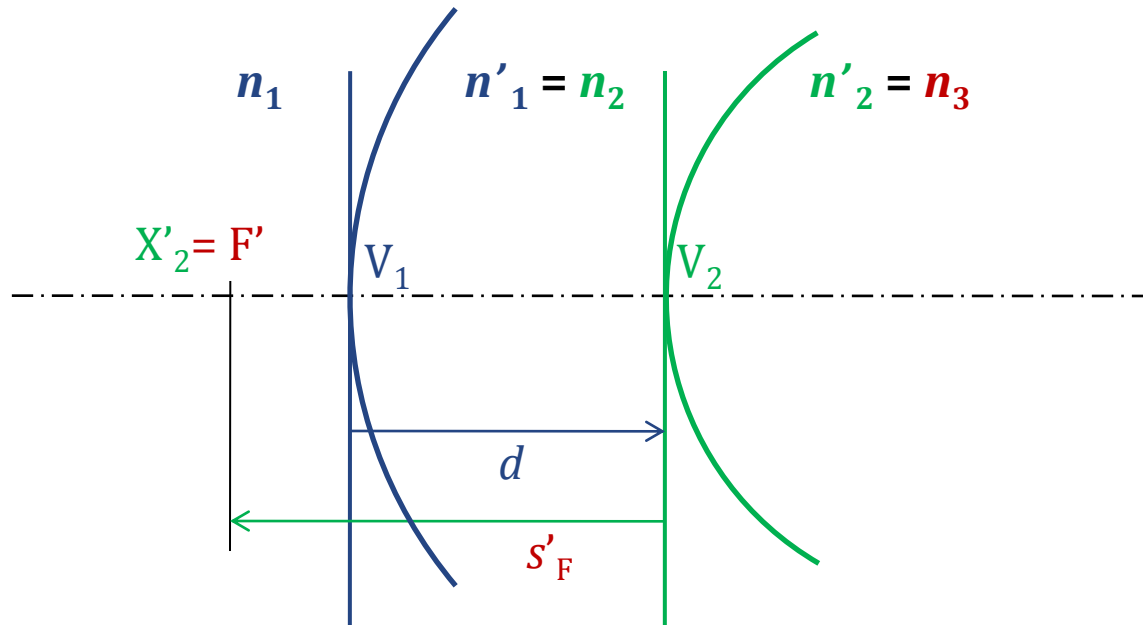
$$e' = - \frac{d}{n_2} \frac{\varphi_1'}{\varphi_c'} n_3$$

hlavní body a roviny



Účinek všech ploch optické soustavy lze nahradit
obrazovou hlavní rovinou.
Při opačném chodu paprsků **předmětovou hlavní rovinou.**

příklad: rozptylka

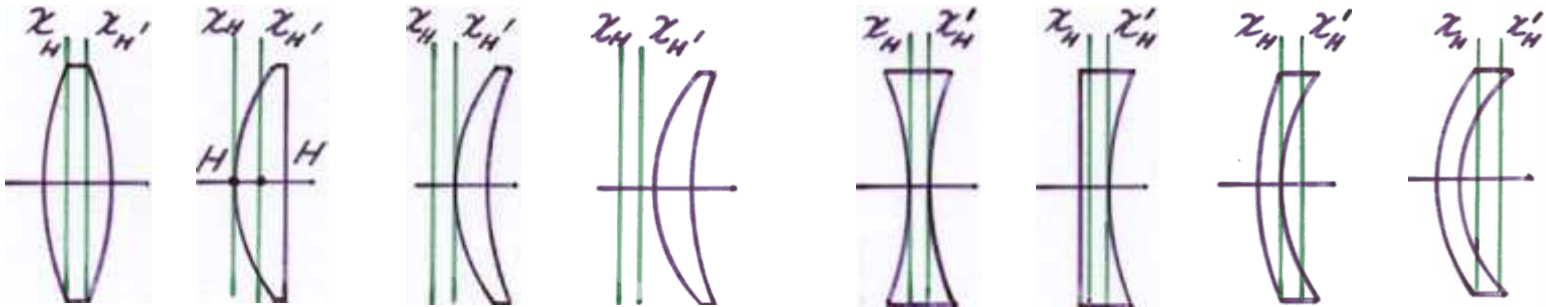


$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'_p}{n_1}$$

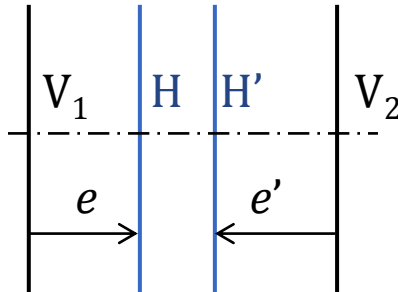
$$e = +\frac{d}{n_2} \frac{\varphi_2'}{\varphi_c'} n_1$$

$$e' = -\frac{d}{n_2} \frac{\varphi_1'}{\varphi_c'} n_3$$

polohy hlavních rovin u čoček

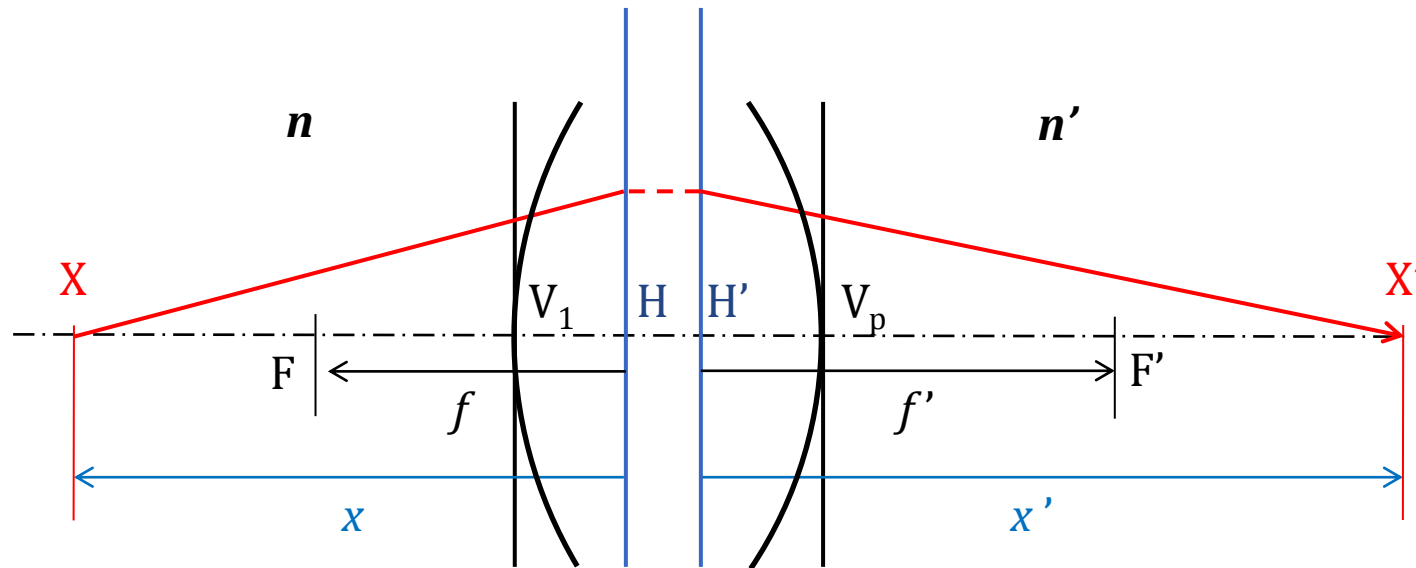


$$e = + \frac{d}{n_2} \frac{\varphi_2'}{\varphi_c'} n_1$$



$$e' = - \frac{d}{n_2} \frac{\varphi_1'}{\varphi_c'} n_3$$

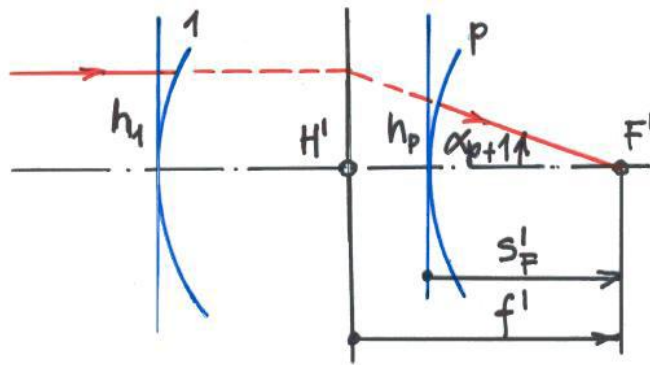
Gaussova zobrazovací rovnice



$$\begin{aligned}
 & X \rightarrow \\
 & n'/x' = n/x + \varphi_c' \\
 & \rightarrow x'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n'/f' &= 0 + \varphi_c' \\
 0 &= n/f + \varphi_c'
 \end{aligned}$$

polohy hlavních rovin tabelárně



Obrazová ohnisková vzdálenost:

$$f' = \frac{h_1}{\alpha_{p+1}}$$

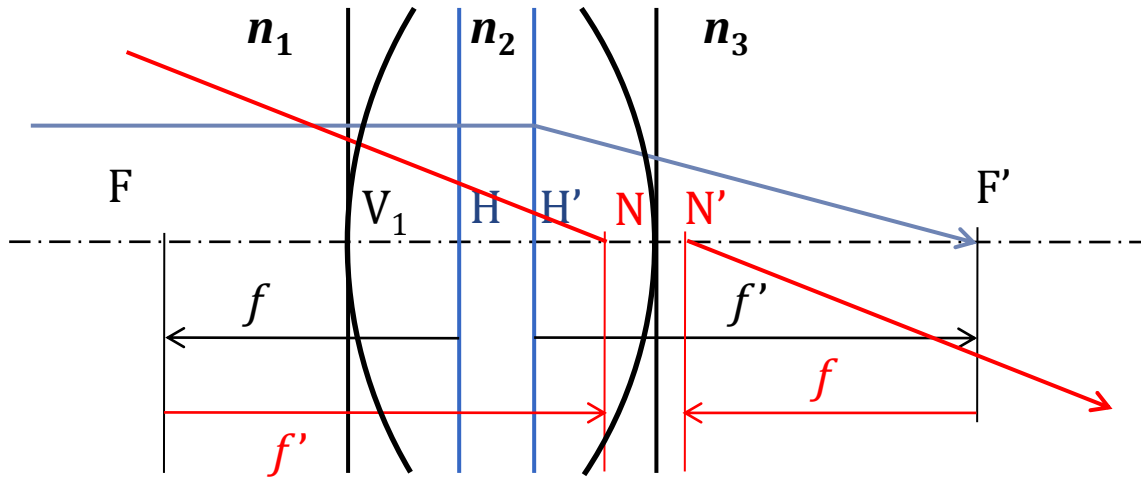
Sečná vzdálenost obrazového ohniska

$$s'_F = \frac{h_p}{\alpha_{p+1}}$$

$$f' = \frac{h_1}{h_p} s'_F = \frac{x'_1 x'_2 \dots x'_{p-1}}{x_2 x_3 \dots x_p} s'_F = \frac{x'_1}{x'_1 - d_1} \frac{x'_2}{x'_2 - d_2} \dots \frac{x'_{p-1}}{x'_{p-1} - d_{p-1}} s'_F$$

x'				s'_F
$x'-d$				
$x'/(x'-d)$	$x'_1/(x'_1-d_1)$	$x'_2/(x'_2-d_2)$	$x'_3/(x'_3-d_3)$	

uzlové body



$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'_p}{n_1}$$

$$x(N) = x(F) + f'$$

$$x(H) = x(F) - f$$

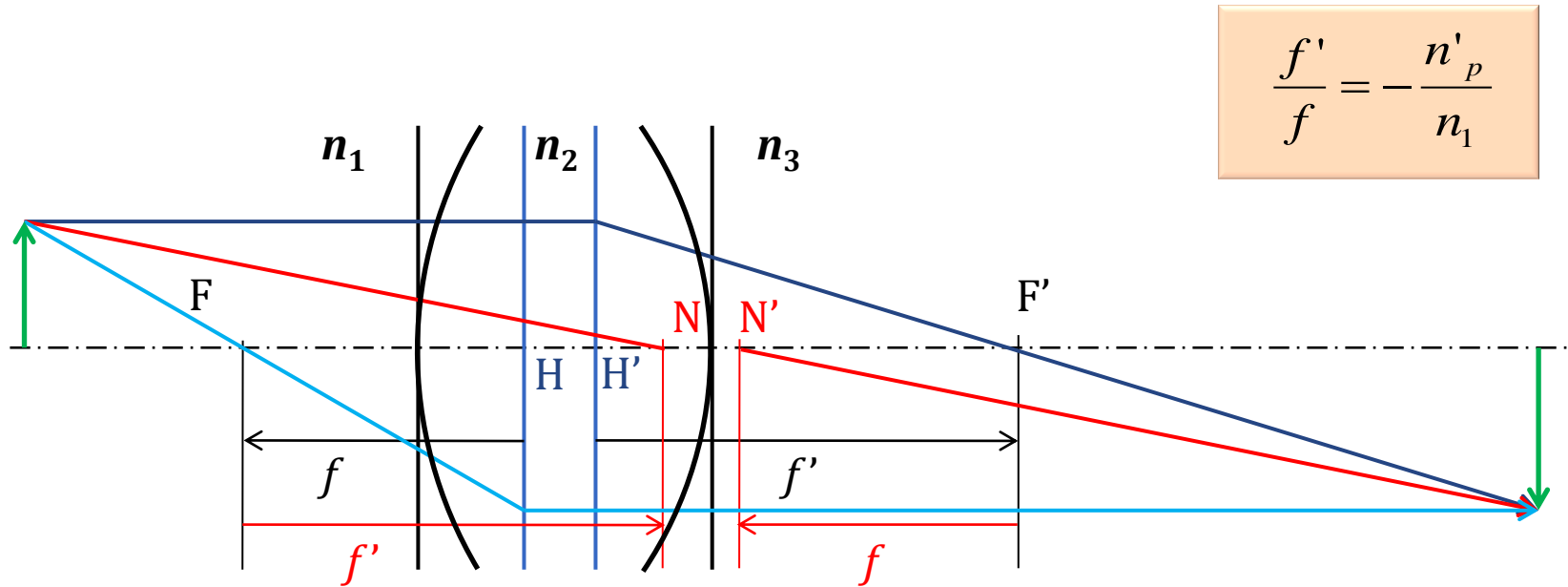
$$\begin{aligned} x(N) &= x(H) + f' + f \\ &= x(H) + f' \left(1 - \frac{n_1}{n_p}\right) \end{aligned}$$

$$x'(N') = x'(F') + f$$

$$x'(H') = x'(F') - f'$$

$$\begin{aligned} x'(N') &= x'(H') + f' + f \\ &= x'(H') + f' \left(1 - \frac{n_1}{n_p}\right) \end{aligned}$$

konstrukce zobrazení



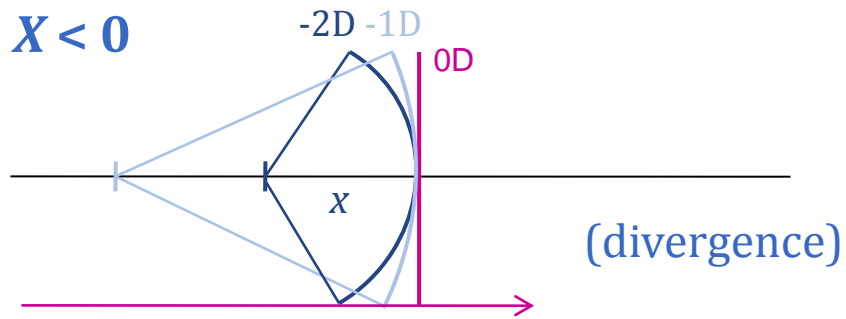
$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'_p}{n_1}$$

$$x(N) = x(H) + f' \left(1 - \frac{n_1}{n_p}\right)$$

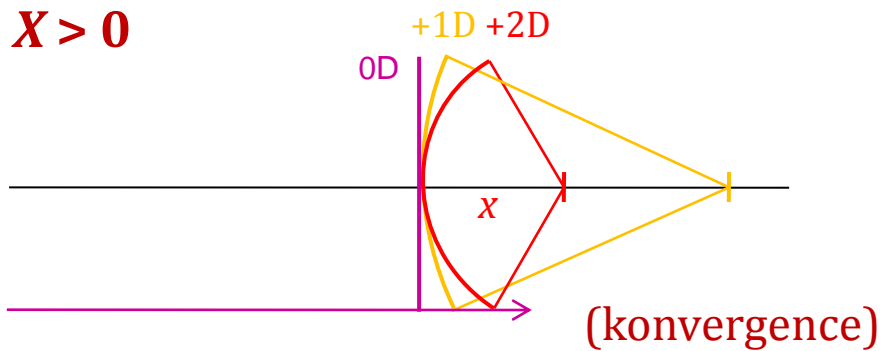
$$x'(N') = x'(H') + f' \left(1 - \frac{n_1}{n_p}\right)$$

vergence

$X < 0$



$X > 0$

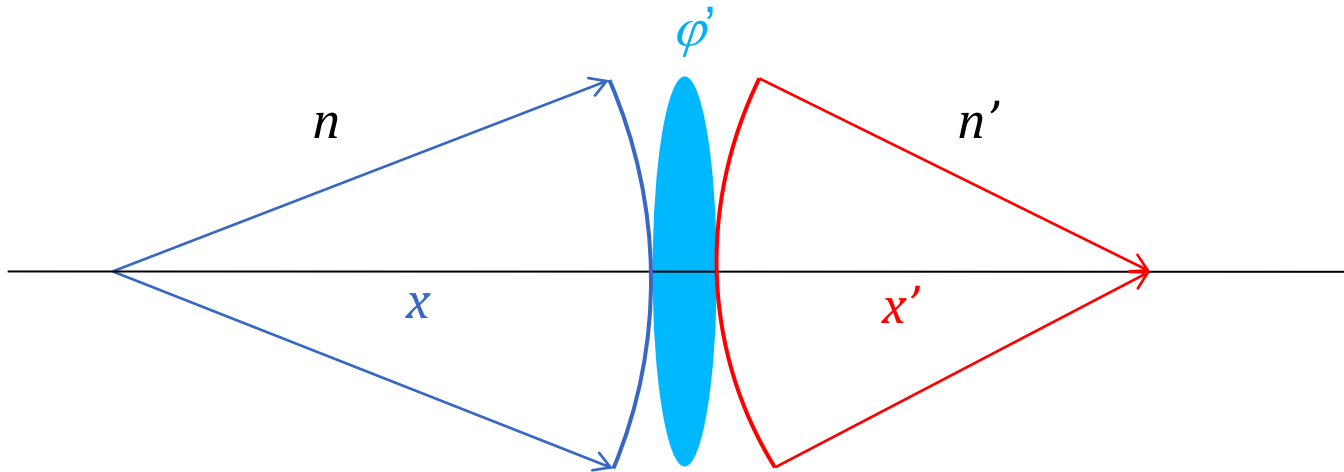


x (m)	X (m^{-1} , D)
-0.1	-10
-0.2	-5
-0.25	-4
-0.33	-3
-0.5	-2
-1	-1
∞	0
+1	+1
+0.5	+2
+0.1	+10

čočka transformuje vergenci

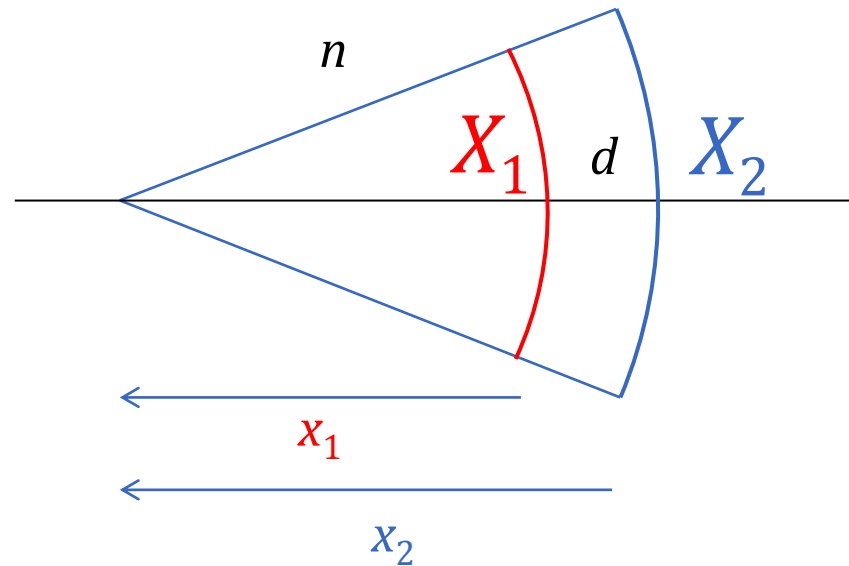
Gaussova zobrazovací rovnice:

$$X + \phi' = X'$$



vergence svazku se mění při šíření

$$X_2 \approx X_1(1 - X_1 d/n)$$

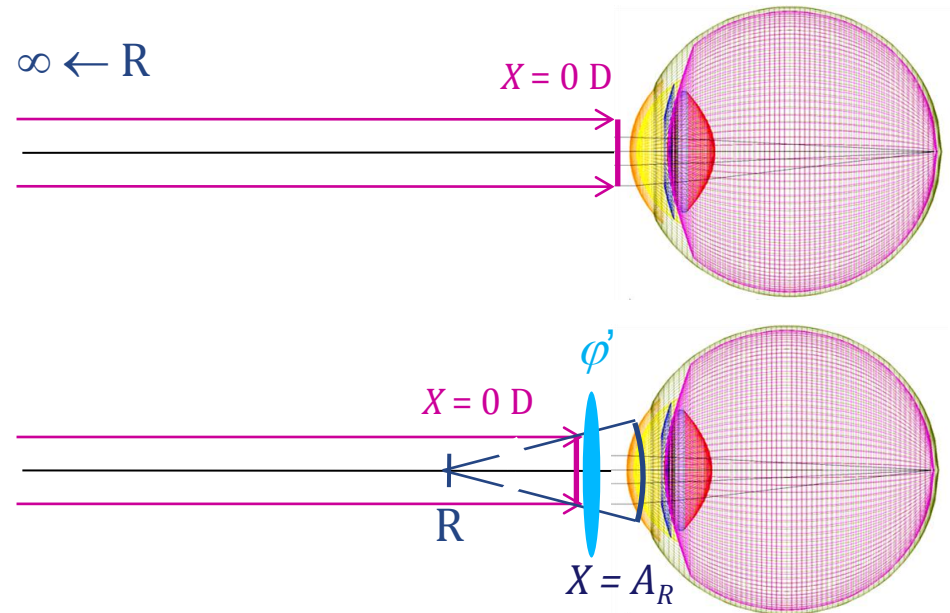


vergence a korekce vady oka

emetropické oko (bez vady)
vidí ostře bod R v nekonečnu
($X = 0 \text{ D}$)

ametropické oko (s vadou)
vidí ostře bod R ve
vzdálenosti a_R – svazek s
vergencí $X = A_R = 1/a_R$

korekce vady čočkou
mohutnosti φ' , která
převádí svazek s $X = 0$ na
svazek s vergencí A ,
tj. $\varphi' = A_R$.



$$0 \text{ D} + \varphi' = A_R$$