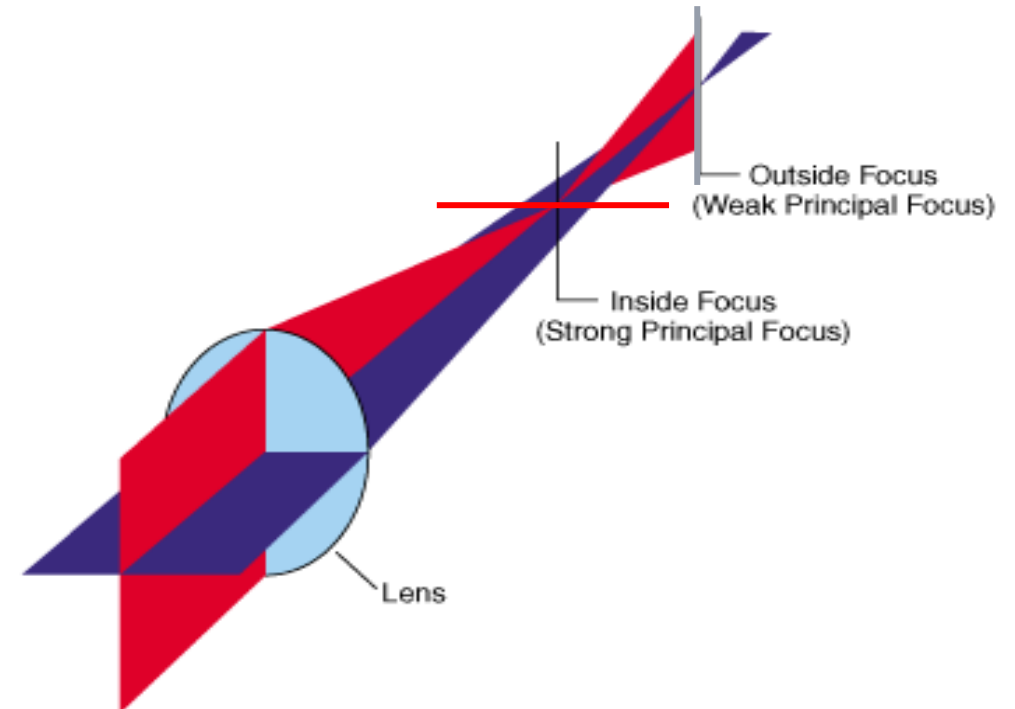
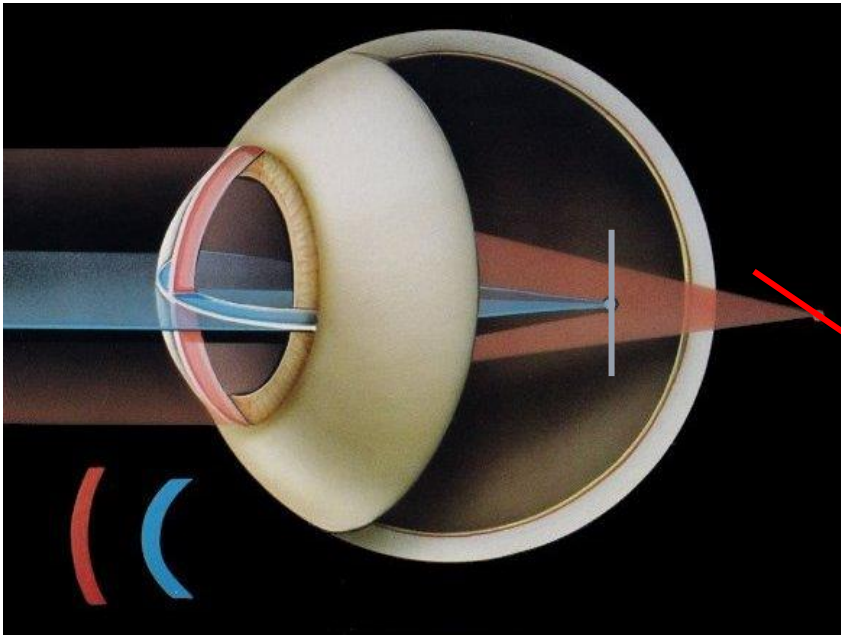


Oční (osový) astigmatismus



Astigmatismus obecně



Astigmatismus je optická vada způsobená různou optickou mohutností optického systému (např. oka) v různých řezech (meridiánech; na obrázcích rozlišeny **modře** a **červeně**).

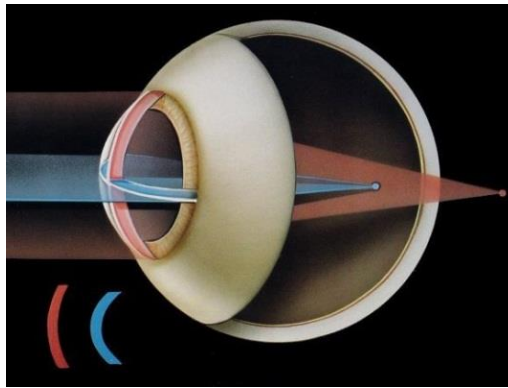
Největší rozdíl mohutností je pro tzv. **hlavní řezy**.

Velikost astigmatismu (astigmatická difference) je dána absolutní hodnotou rozdílu těchto hlavních mohutností (tj. také rozdílu vergencí astigmatického svazku v příslušných řezech).

Pravidelný a nepravidelný astigmatismus

pravidelný (astigmatismus regularis)

existují dva navzájem kolmé hlavní řezy s maximálním a minimálním optickým účinkem (mohutností), nemění se v různých oblastech oka, lze korigovat BČ



nepravidelný (astigmatismus irregularis)

(též „nepravidelná refrakce“): astigmatismus má v různých místech dopadu svazku různé hodnoty, případně sklon hlavních řezů

to může mít různé příčiny, např. nepravidelnost rohovky (keratokonus), ...

na celém oku se pak mohou řezy s maximálním a minimálním optickým účinkem jevit, jako by nebyly na sebe kolmé (**astigmatismus biobliquus**)

Astigmatismus podle směru hlavních řezů

přímý (astigmatismus rectus)

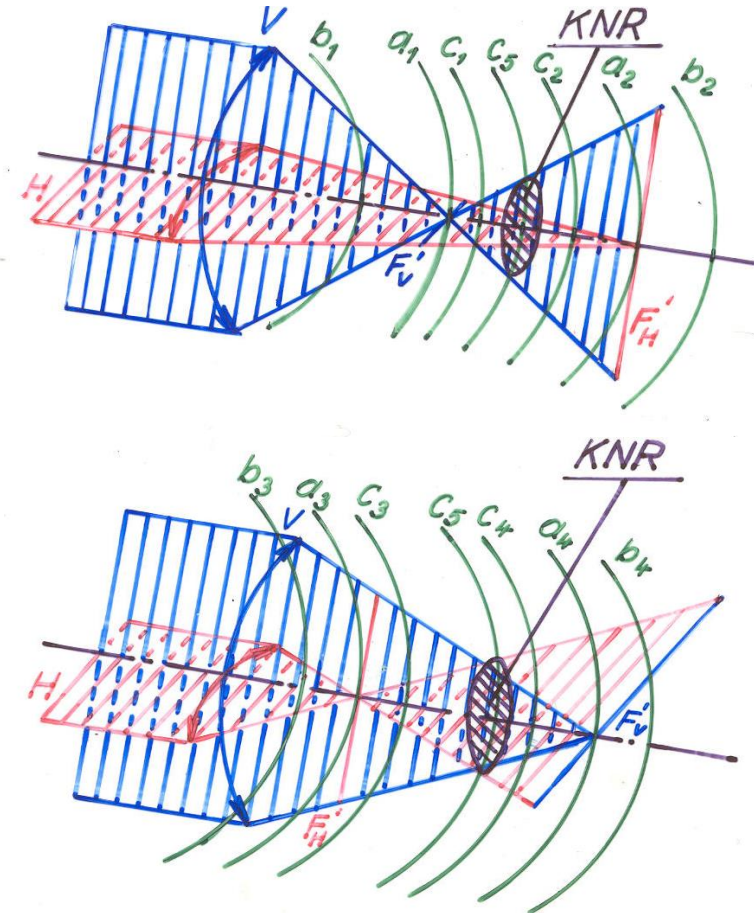
(podle pravidla) - větší mohutnost ve svislém řezu
- lomivější řez ve směru asi 90°

nepřímý (astigmatismus inversus)

(proti pravidlu) - větší mohutnost ve vodorovném řezu
- lomivější řez ve směru asi 180°

šikmých os (astigmatismus obliquus)

odchylka hlavních řezů od horizontály a vertikály je podstatná (větší než stanovená hodnota, např. 10° , 15° , $22,5^\circ$, jistě, pokud jsou směry hlavních řezů poblíž 45° a 135°)



Astigmatismus podle místa vzniku

rohovkový

vliv deformace rohovky, obvykle větší mohutnost ve svislém řezu (tj. přímý astigmatismus, astigmatismus podle pravidla)
rozhoduje vliv první plochy rohovky (vysoký rozdíl indexů lomu)

čočkový

často kompenzuje rohovkový astigmatismus, hodnota obvykle pod 1,5 D, obvykle větší mohutnost ve vodorovném řezu (tj. nepřímý astigmatismus, astigmatismus proti pravidlu)

doplňkový

(sítnicový, vychýlení čočky) – obvykle zanedbatelný

CROSS SECTION OF ASTIGMATIC EYE

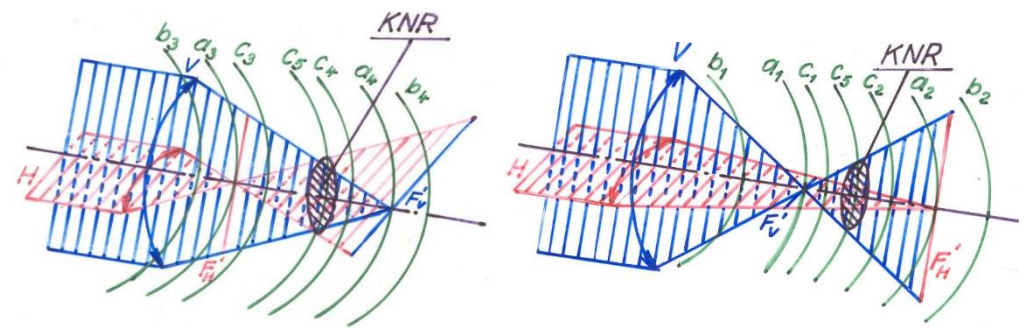
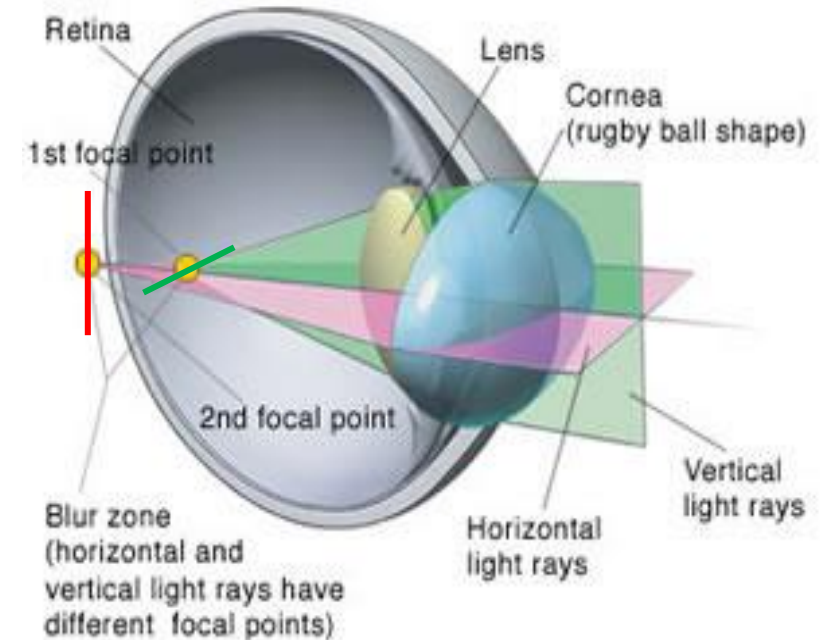
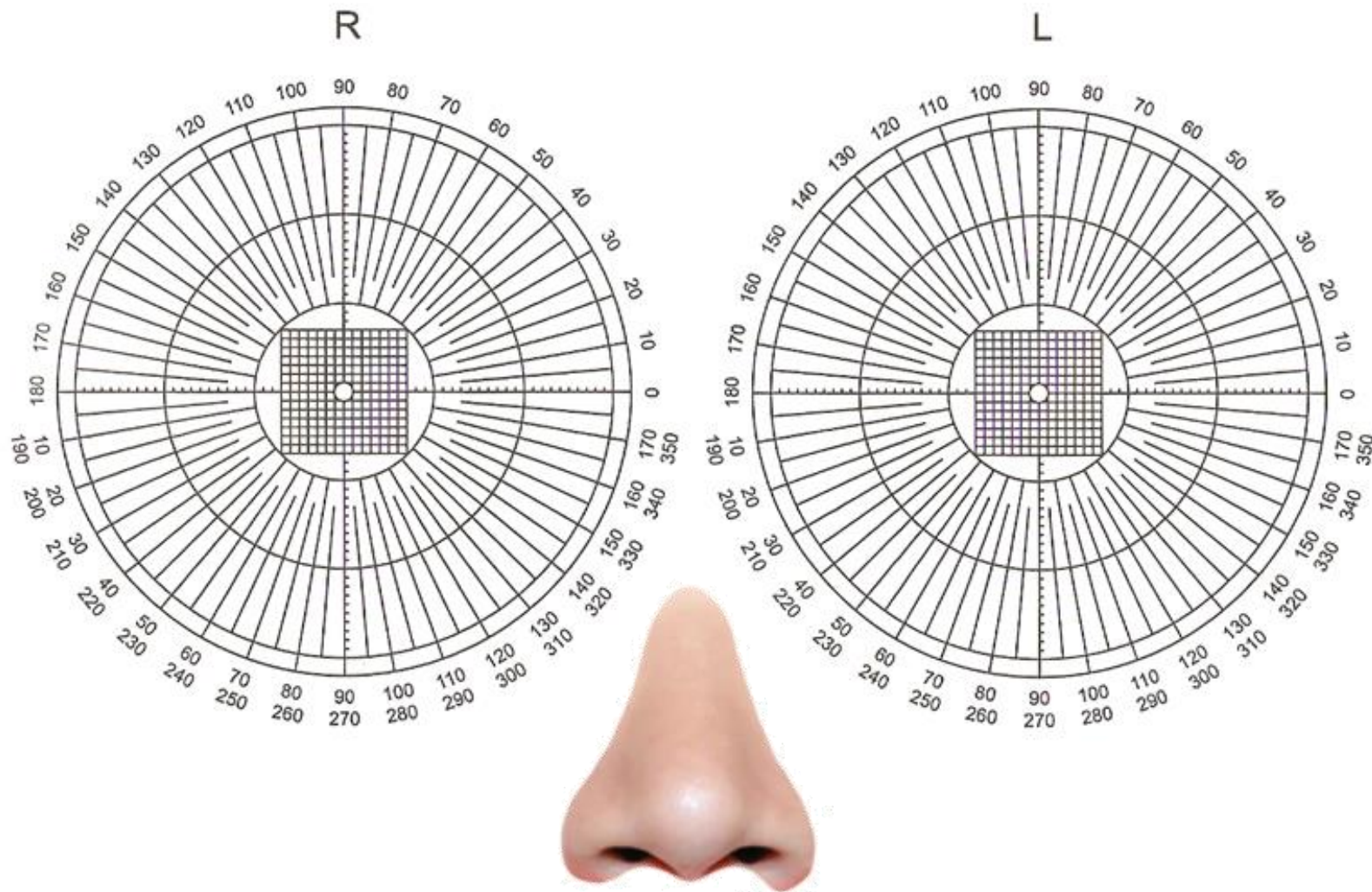


Schéma TABO



Směry:

Pravé oko:

nazálně: 0°

temporálně: 180°

Levé oko:

nazálně: 180°

temporálně: 0°

Astigmatismus podle polohy fokál

jednoduchý (astigmatismus simplex)

jedna fokála leží na sítnici (jeden hlavní řez emetropický),
druhá před či za sítnicí (druhý hlavní řez myopický či hypermetropický)

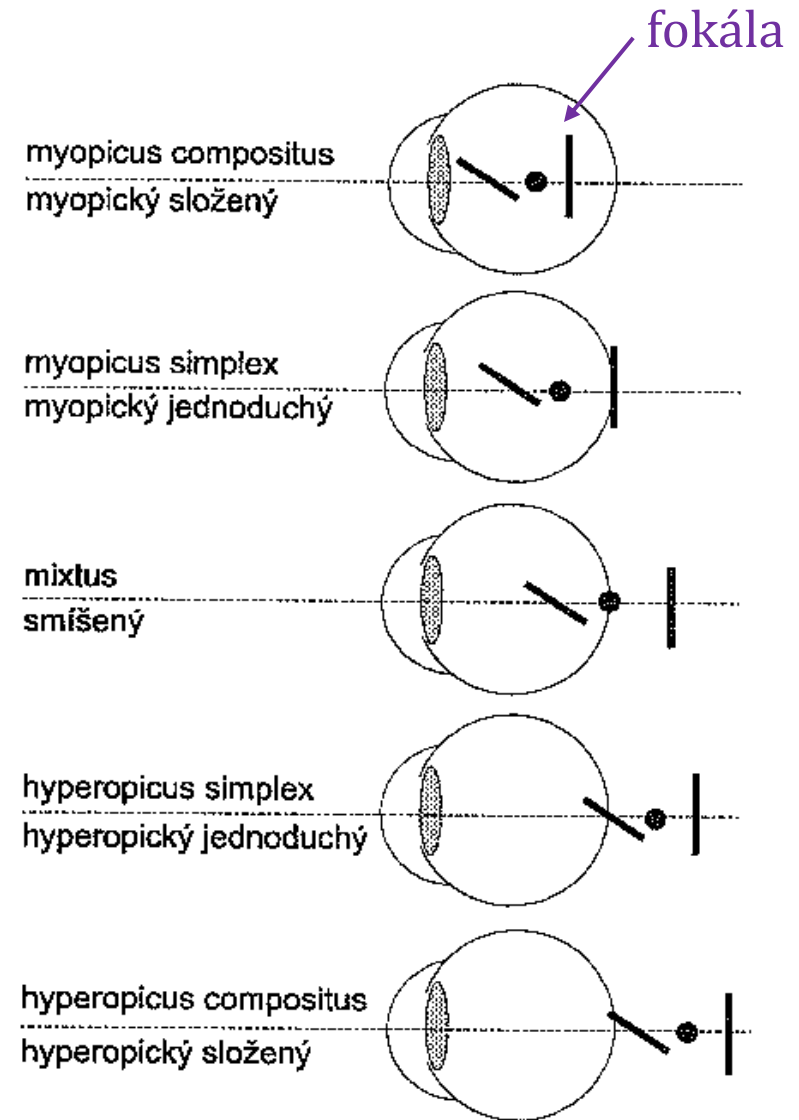
složený (astigmatismus compositus)

obě fokály leží před nebo za sítnicí
(oba hlavní řezy myopické či hypermetropické)

smíšený (astigmatismus mixtus)

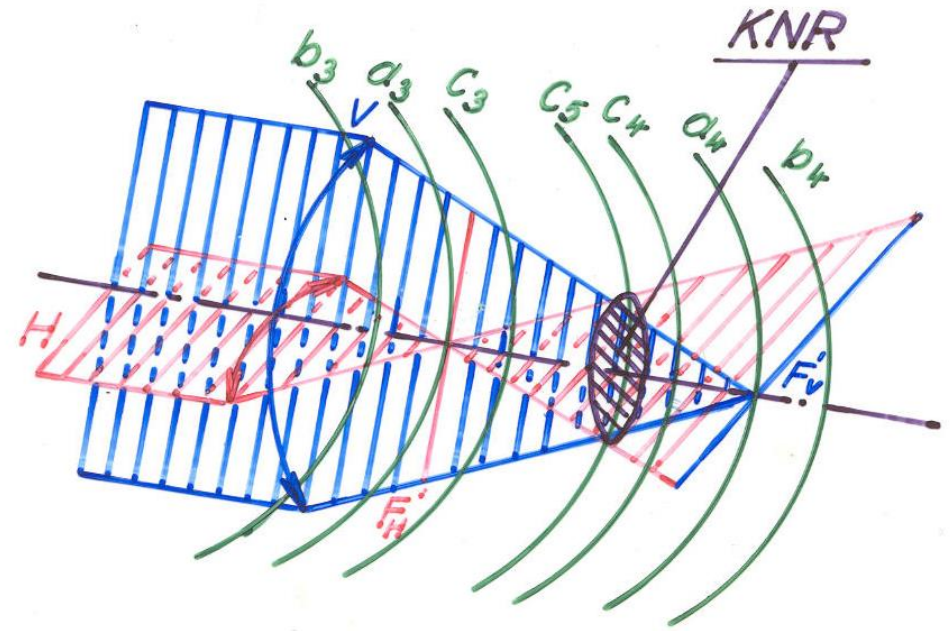
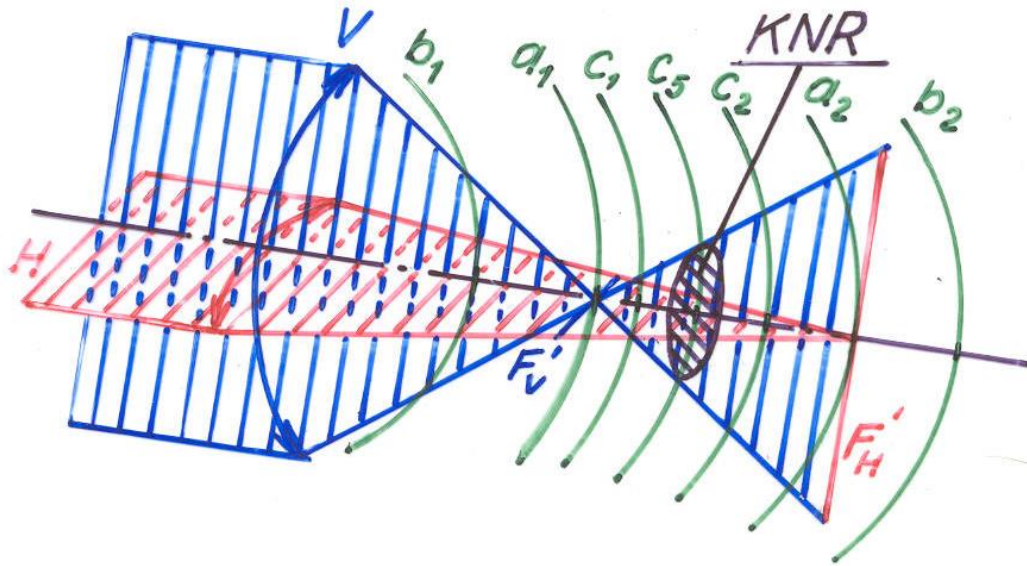
jedna fokála leží před sítnicí a druhá za sítnicí
(jeden řez myopický a druhý řez hypermetropický)

ryze smíšený: kroužek nejmenšího rozptylu (KNR) na sítnici



Cvičení 1, klasifikace astigmatismu

klasifikujte následující případy astigmatismu:



- přímý (podle pravidla) / nepřímý (proti pravidlu)
- jednoduchý / složený / (ryze) smíšený
- myopický / hypermetropický

Empirické vztahy

Javalova podmínka

pro očekávaný celkový astigmatismus:

$$A_C \approx 1,25A_R \mp 0,25 D$$

naměříme-li na rohovce oftalmometrem přímý/nepřímý astigmatismus ($A_{C,R}$... celkový, rohovkový astigmatismus v dioptriích)

Pro **astigmatismus oční čočky** platí přibližná formule:

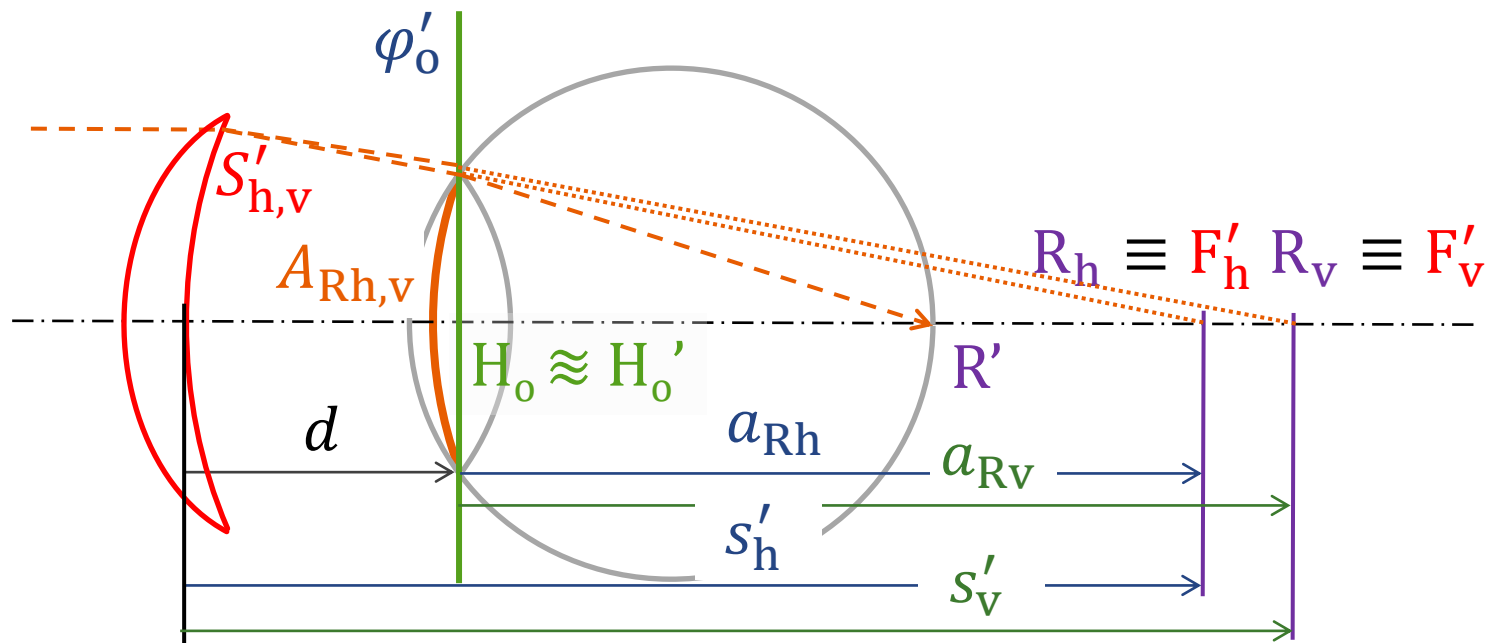
$$A_L \approx 1,5(A_C - A_R)$$

Spojením **obou vztahů** dostaneme velmi přibližnou závislost:

$$A_L \approx \frac{3}{8} (A_R \mp 1 D)$$

Princip korekce astigmatismu

Provádí se jako korekce ametropie, která má však různou hodnotu **pro každý z hlavních řezů** (A_{Rh}, A_{Rv}): daleký bod $R_{h,v}$ oka nalezený zvlášť **pro každý z hlavních řezů** musí splývat s příslušnou fokálou $F'_{h,v}$ brýlové čočky, která tudíž musí sama vytvářet **astigmatický svazek**. Jinými slovy: Svazek těsně za zadní plochou brýlové čočky má v hlavních řezechvergence (S'_h, S'_v), které při propagaci svazku přecházejí navergence (A_{Rh}, A_{Rv}) v předmětové hlavní rovině oka odpovídající ostrému zobrazení na sítnici.



Pro přepočet tedy platí obvyklý vztah, zvlášť pro každý hlavní řez:

$$S'_{h,v} = \frac{A_{Rh,v}}{1 + dA_{Rh,v}}$$

Zvětšení brýlové čočky při korekci astigmatismu

Splníme-li korekční podmínku, leží obrazy dalekého předmětu vytvořené paprsky v obou hlavních řezech na sítnici.

Situace však není rovnocenná emetropickému oku, liší se **velikost obrazu** ve směrech obou hlavních řezů (např. h, v).

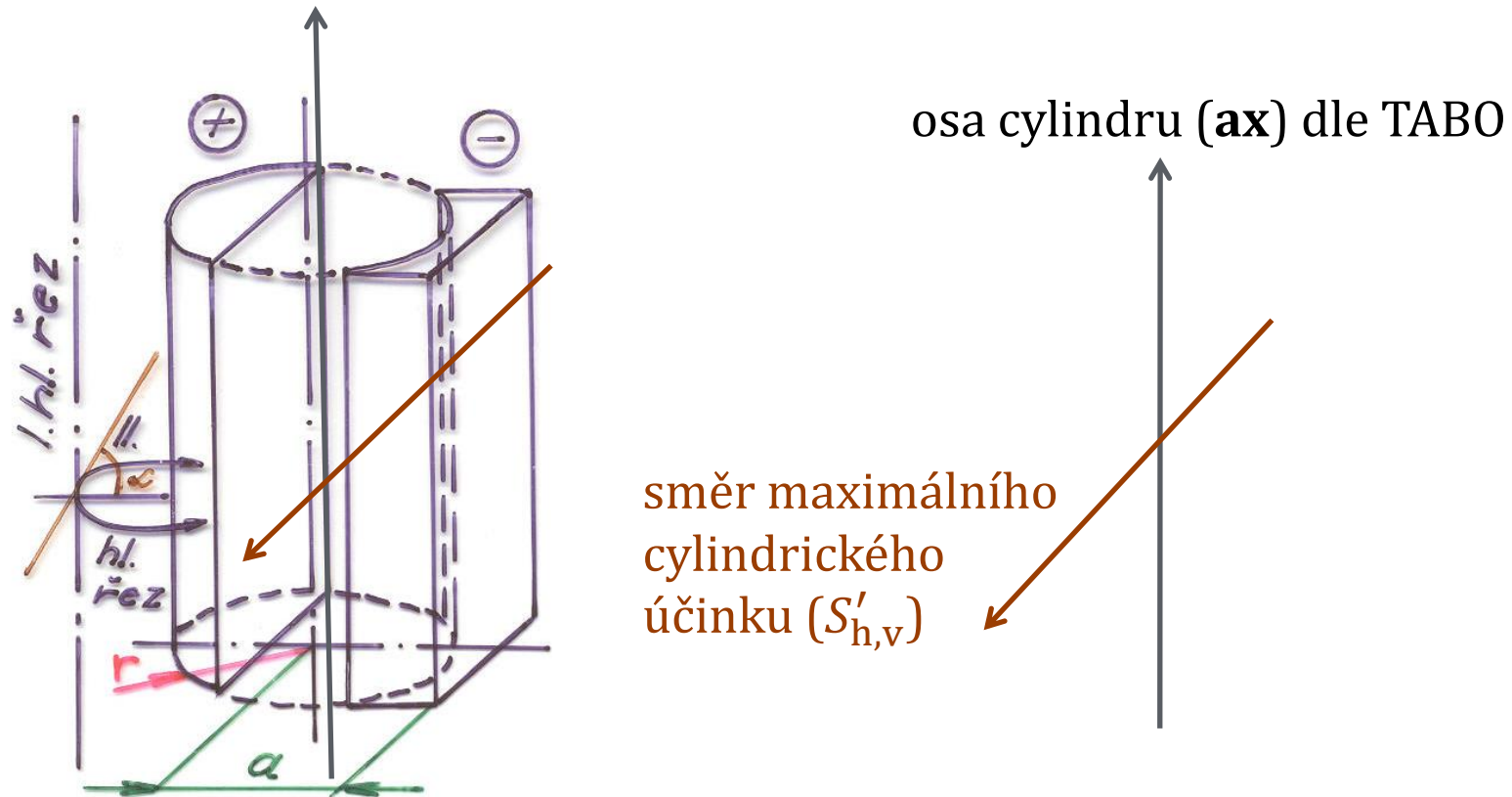
Zvětšení
korekční čočky:

$$M_{K,h,v} = \frac{1}{(1 - dS'_{h,v})} \frac{1}{(1 - \bar{d}_K \varphi'_{K1,h,v})} = F_{P,h,v} \times F_{F,h,v}$$

Ve vztahu pro tvarový faktor vystupuje mohutnost $\varphi'_{K1,h,v}$ první plochy násobená redukovanou tloušťkou \bar{d}_K brýlové čočky, která je malá pro záporné korekce, ale významná pro kladné korekce.

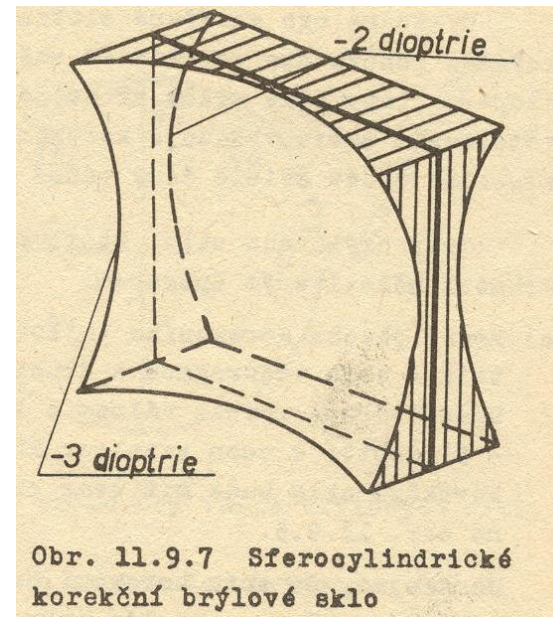
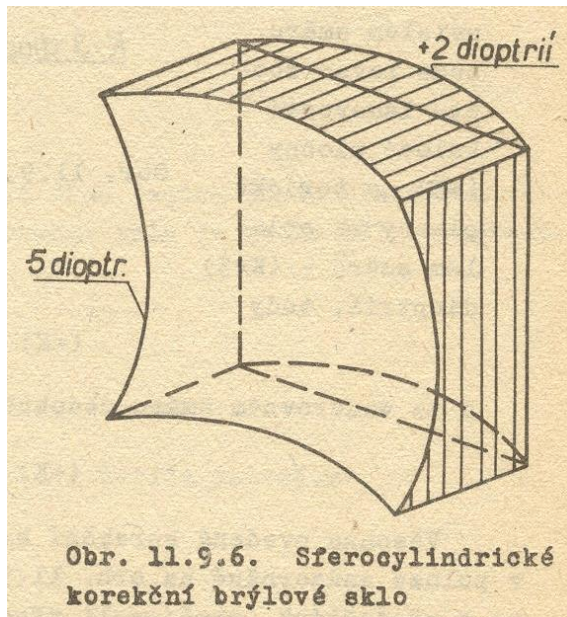
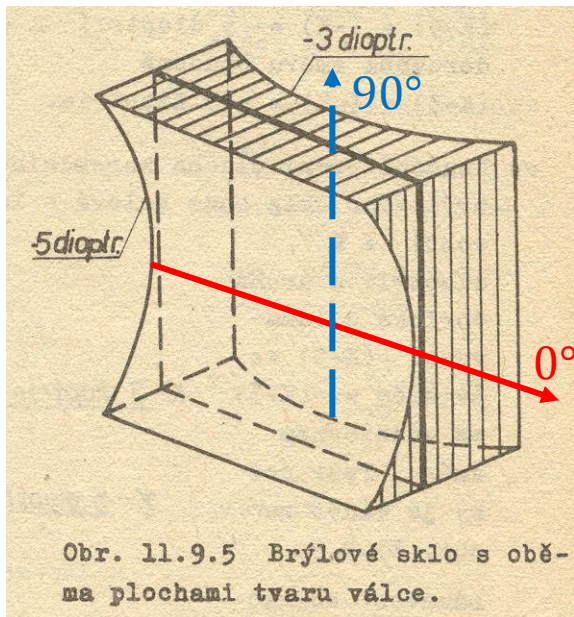
Plancylindrická čočka

- čočka, která vytváří astigmatický svazek
- maximální lámavý účinek má směr kolmý k ose cylindru
- poloha cylindru se charakterizuje podle jeho osy na stupnici TABO



$$\varphi'_d = \varphi'_{max} \cdot \cos^2 \alpha$$

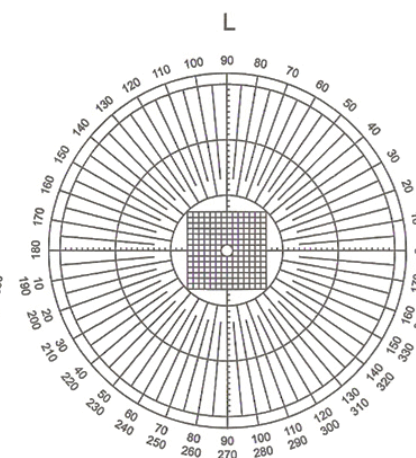
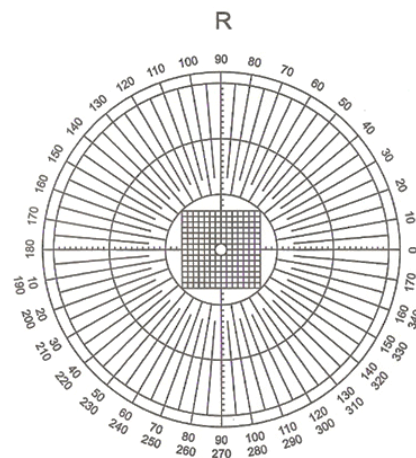
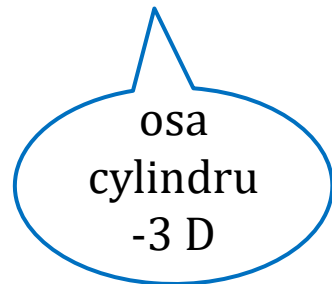
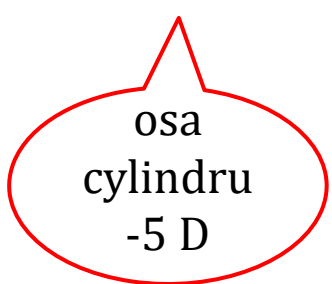
Sférocylindrická čočka



cyl -5 D ax 0° komb cyl -3 D ax 90°

sph -5 D komb cyl +2 D ax 90°

sph -3 D komb cyl -2 D ax 0°



Přepočet astigmatismu

obecný postup pro přepočet

cyl C_1 ax A_1 komb cyl C_2 ax A_2

→ sph S komb cyl C ax A

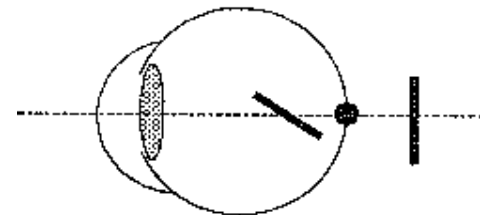
příčemž

- $S = C_1, C = C_2 - C_1, A = A_2$
- $S = C_2, C = C_1 - C_2, A = A_1$

(„plus-cylindr“ ... ophthalmologisté, „minus-cylindr“ ... optometristé)

sférický ekvivalent (“best sphere“)

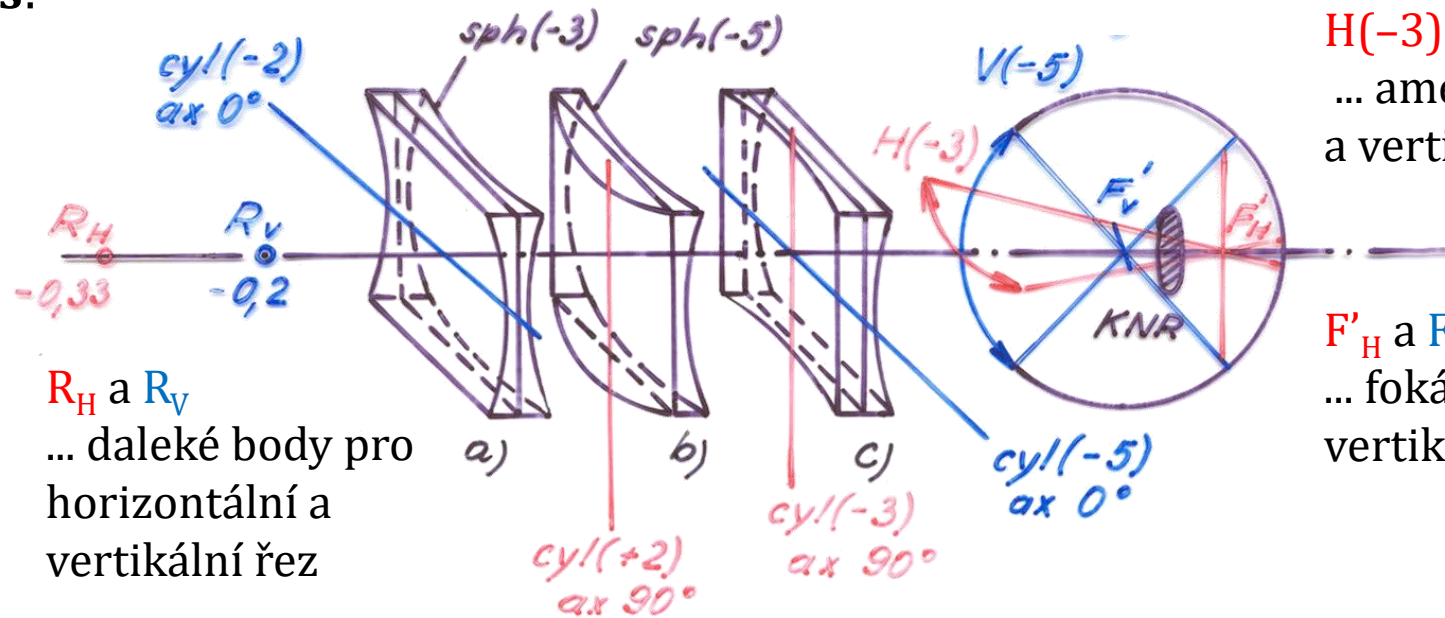
- posouvá KNR na sítnici
- má hodnotu $(C_1 + C_2)/2$ nebo $S + C/2$



Celkový popis korekce astigmatismu

korekce:	cyl -5 D ax 0°	komb	cyl -3 D ax 90°	(c)
	sph -5 D	komb	cyl +2 D ax 90°	(b)
	sph -3 D	komb	cyl -2 D ax 0°	(a)

nákres:



$H(-3)$ a $V(-5)$

... ametropie oka v horizontálním a vertikálním řezu

F'_H a F'_V

... fokály pro horizontální a vertikální řez

klasifikace:

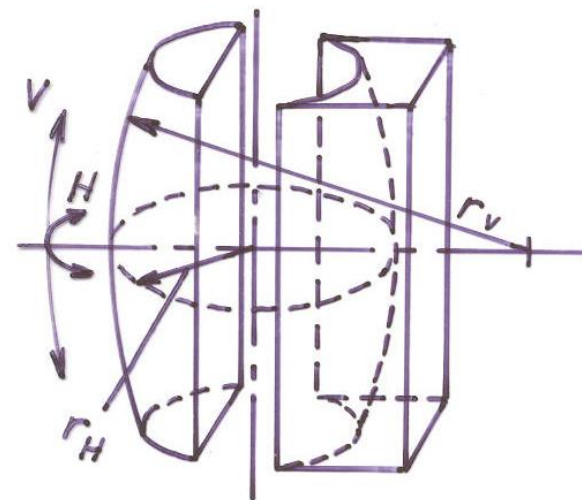
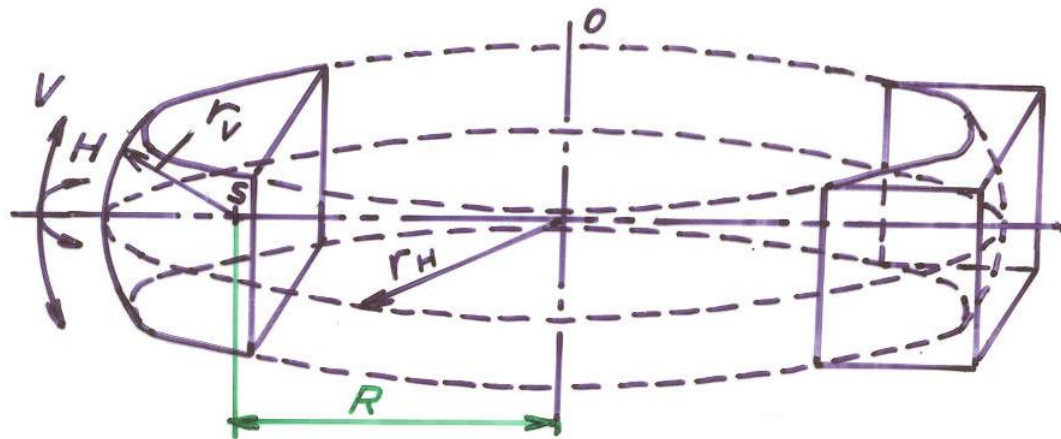
- astigmatismus pravidelný
- přímý (podle pravidla)
- složený myopický

sférický ekvivalent: -4 D

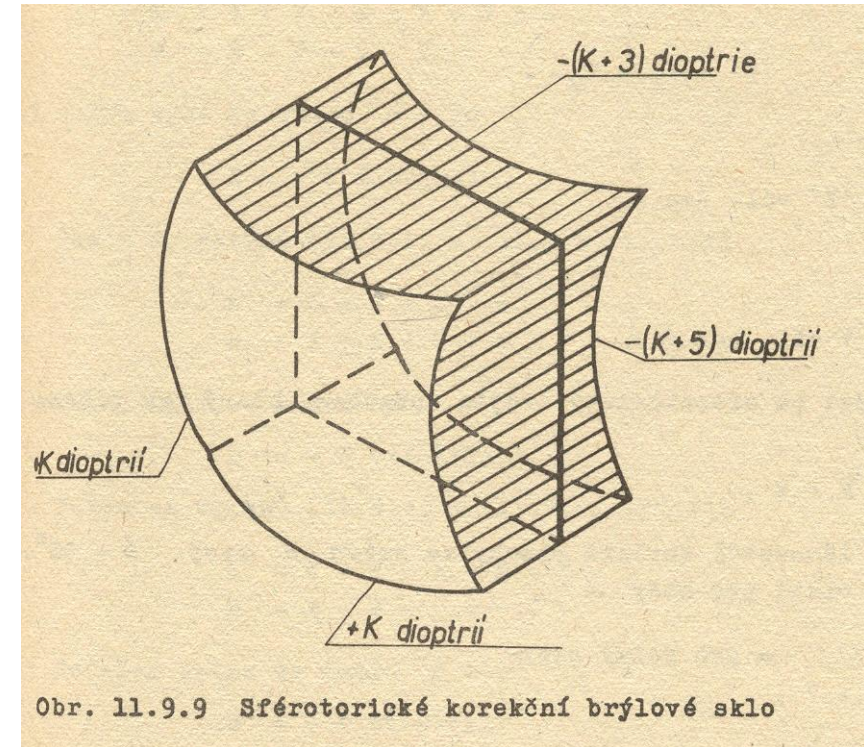
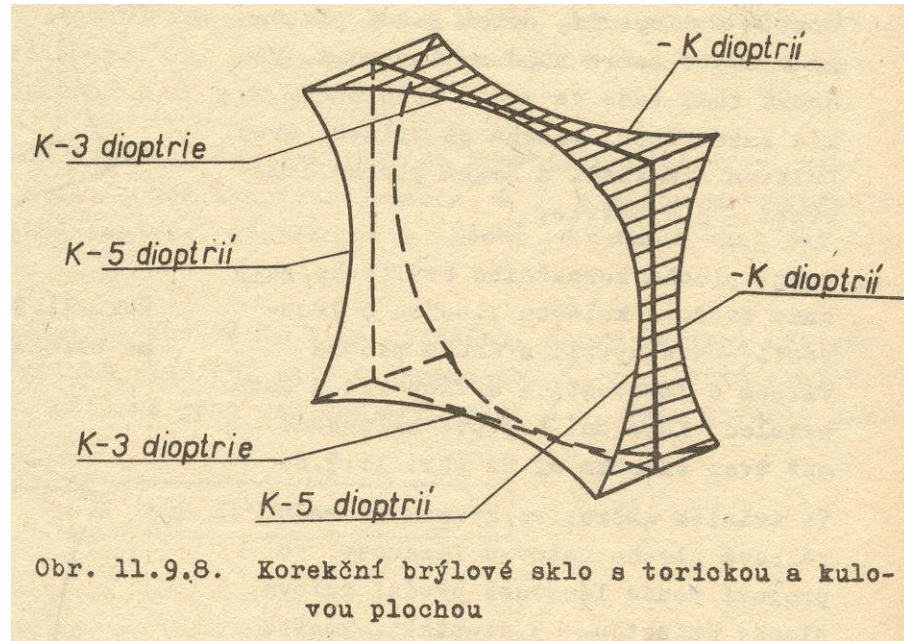
Klasifikace astigmatismu

předpis korekce	astigmatismus
existuje	pravidelný
$\text{cyl ax } 0^\circ < \text{cyl ax } 90^\circ$	podle pravidla (přímý)
$\text{cyl ax } 0^\circ > \text{cyl ax } 90^\circ$	proti pravidlu (nepřímý)
jeden z cylindrů nulový, druhý kladný	jednoduchý hypermetropický
jeden z cylindrů nulový, druhý záporný	jednoduchý myopický
oba cylindry jsou nenulové a kladné	složený hypermetropický
oba cylindry jsou nenulové a záporné	složený myopický
cylindry mají opačná znaménka	smíšený
cylindry mají opačná znaménka a stejné absolutní hodnoty	ryze smíšený

Torická plocha



Sférotorická čočka

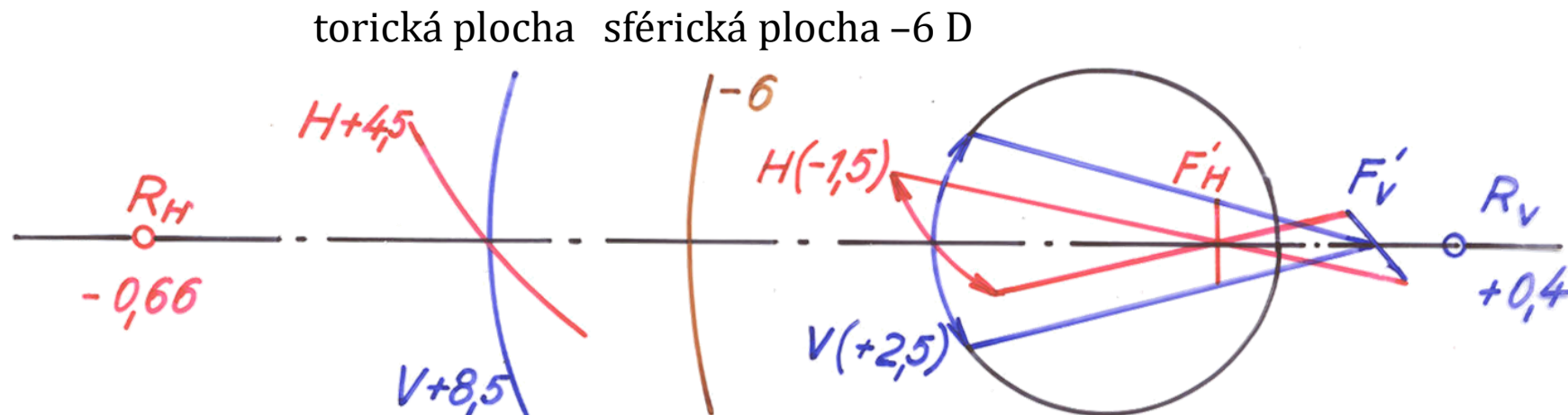


cyl -5 D ax 0° komb cyl -3 D ax 90°

Cvičení 2

korekce:

cyl +2,5 D ax 0°	komb	cyl -1,5 D ax 90°
sph -1,5 D	komb	cyl +4 D ax 0°
sph +2,5 D	komb	cyl -4 D ax 90°



klasifikace:

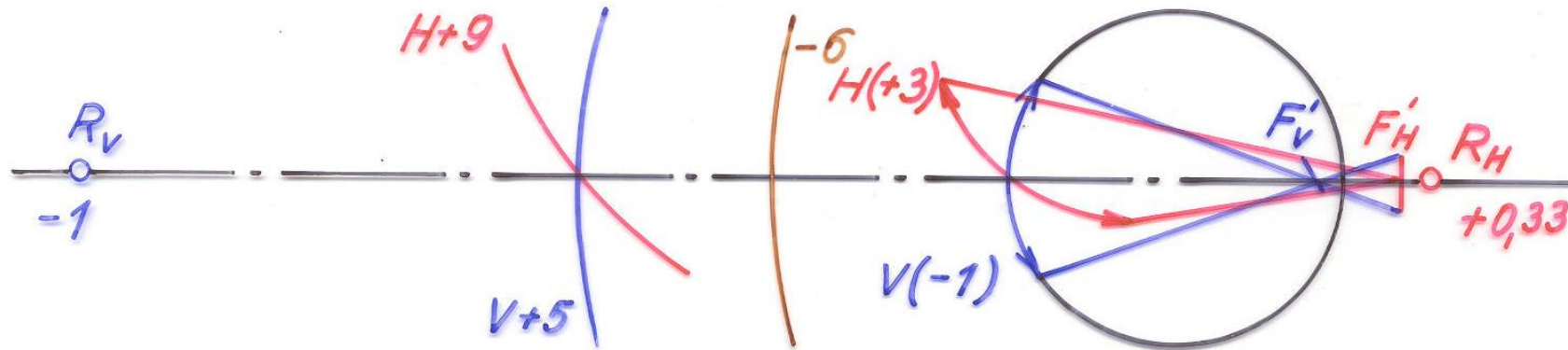
- astigmatismus pravidelný
- nepřímý (proti pravidlu)
- smíšený

sférický ekvivalent: +0,5 D

Cvičení 3

korekce:

cyl -1 D ax 0°	<i>komb</i>	cyl +3 D ax 90°
sph +3 D	<i>komb</i>	cyl -4 D ax 0°
sph -1 D	<i>komb</i>	cyl +4 D ax 90°



klasifikace:

- astigmatismus pravidelný
- přímý (podle pravidla)
- smíšený

sférický ekvivalent: +1 D

Další příklady

cyl -1 D ax 0° *komb* cyl -3 D ax 90°

- pravidelný, nepřímý, složený myopický
- SE = -2 D

cyl $+1$ D ax 0° *komb* cyl $+3$ D ax 90°

- pravidelný, přímý, složený hypermetropický
- SE = $+2$ D