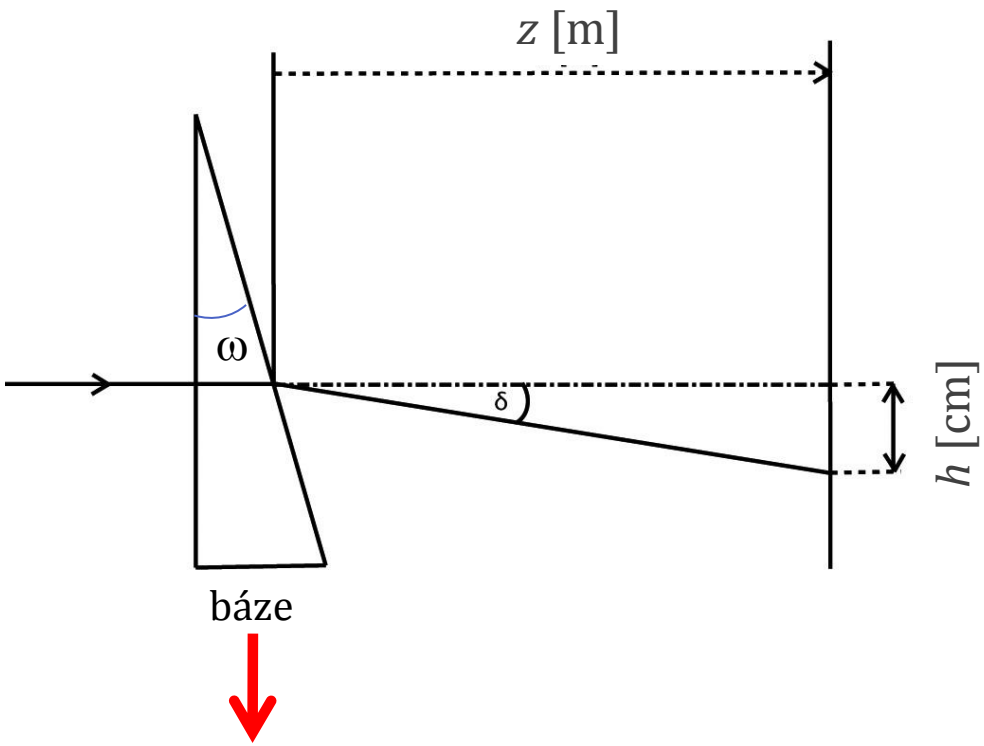
prismatický účinek
bi(tri)fokální a progresivní čočky

prizmatický účinek



deviace

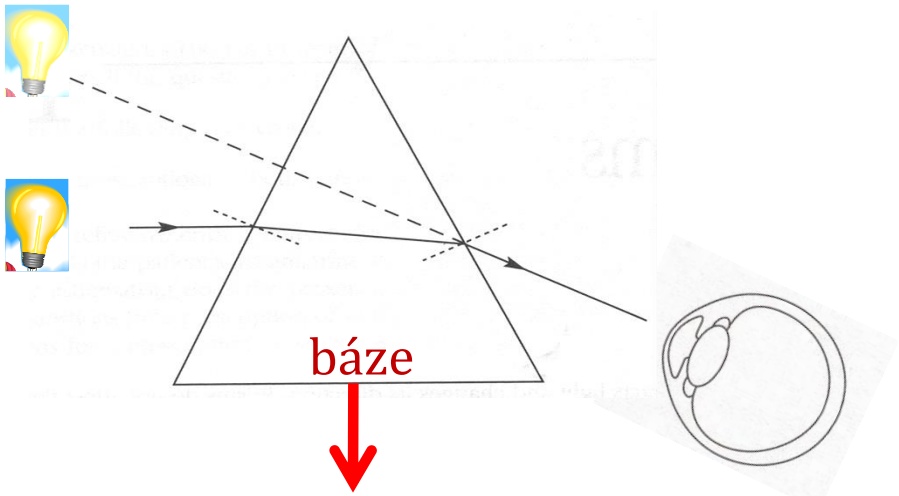
$$\delta = (n-1)\omega$$

prizmatický účinek

$$\Delta\,(\mathrm{pD}) = 100\,\frac{h(\mathrm{m})}{z(\mathrm{m})} = 100\mathrm{tg}\delta = \frac{h(\mathrm{cm})}{z(\mathrm{m})}$$

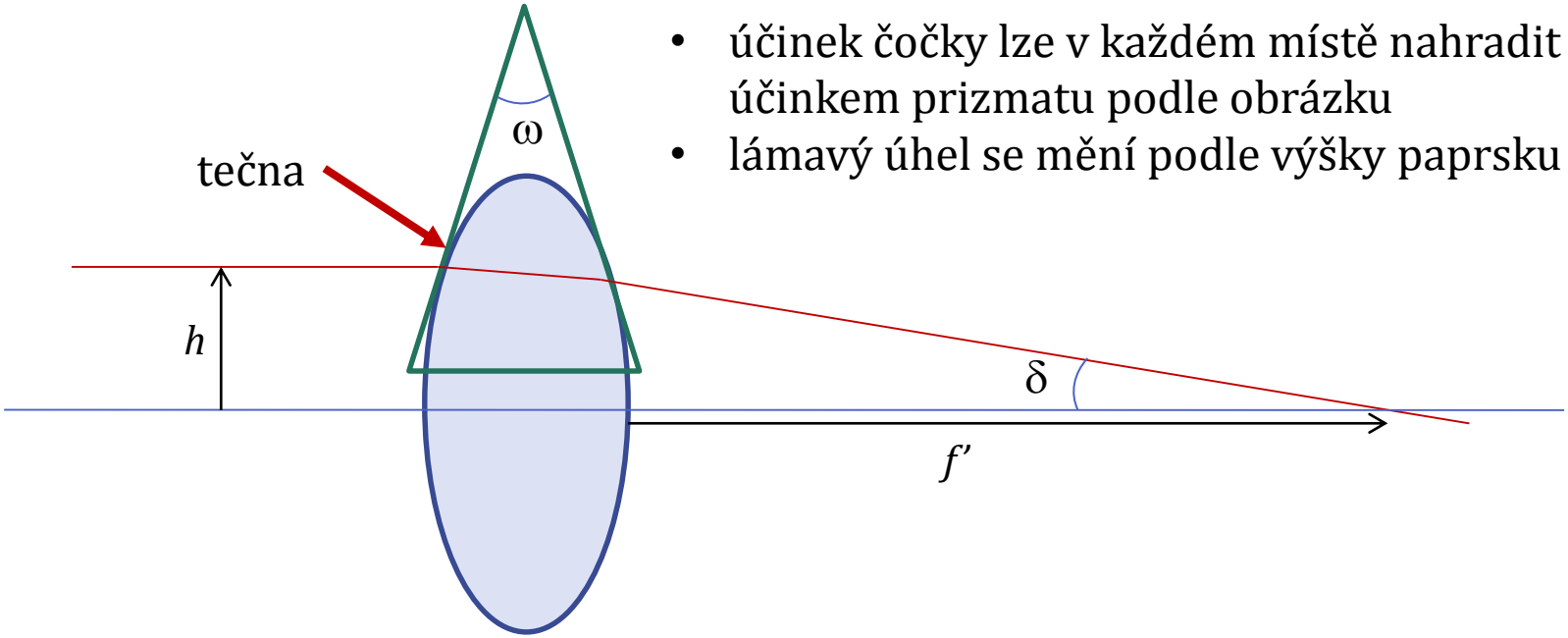
prizmatický účinek – orientace báze

- při pohledu přes prizma je obraz posunut směrem od báze prizmatu
- toho se využívá pro odstranění obtíží spojených s heteroforiemi (odstranění astenopických obtíží) a strabismem (překonání diplopie, získání jednoduchého binokulárního vidění)



orientace báze korekčních prizmat vzhledem k oku se udává směrem:
dovnitř x ven/nasálně x temporálně, nahoru x dolů
nebo pomocí TABO schématu

prizmatický účinek čočky



- účinek čočky lze v každém místě nahradit účinkem prizmatu podle obrázku
- lámavý úhel se mění podle výšky paprsku *h*

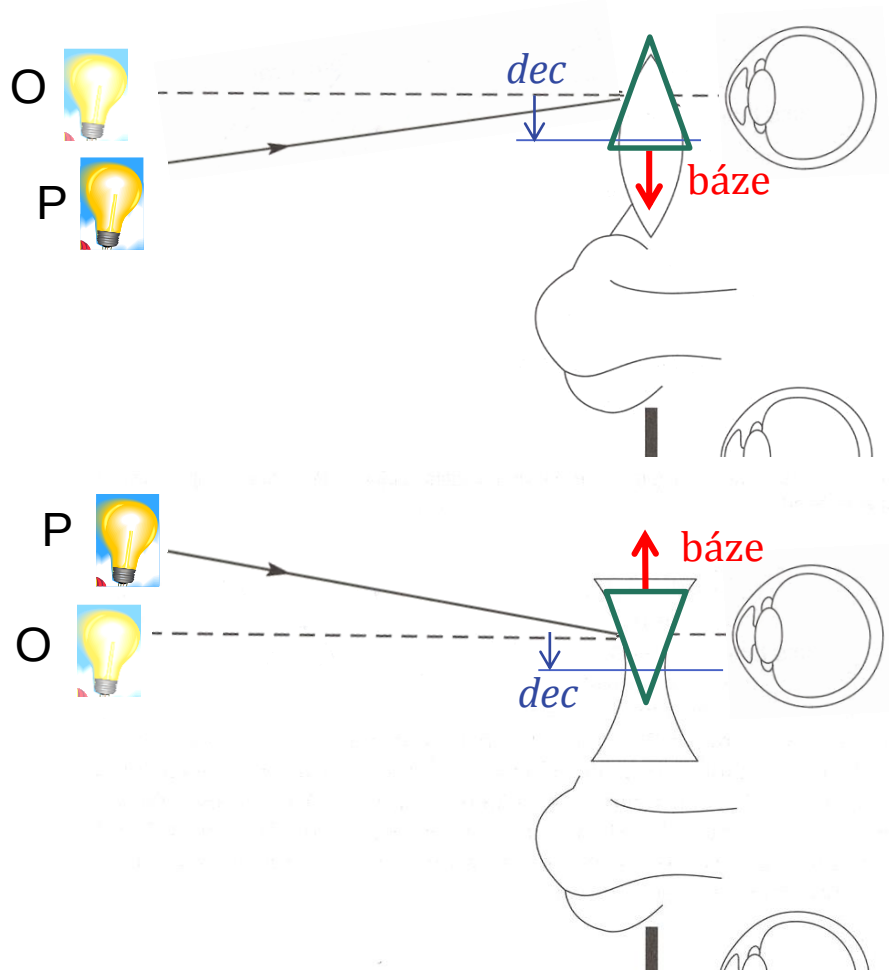
$$\Delta\,(\mathrm{pD}) = 100\,\mathrm{tg}\,\delta = 100\,\frac{h(\mathrm{m})}{f'(\mathrm{m})} = 100\,h(\mathrm{m})\,\varphi'_c(\mathrm{D}) = \;h(\mathrm{cm})\,\varphi'_c(\mathrm{D})$$

„Prenticeho pravidlo“ (Prentice’s rule)

prizmatický účinek decentrované čočky

Decentrovaná čočka
má prizmatický účinek:

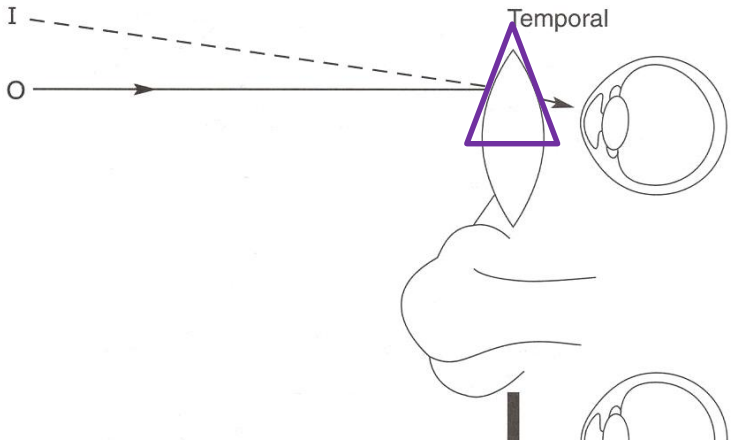
$$\Delta\,(\mathrm{pD}) = \frac{dec\ (\mathrm{mm})\ \varphi'_C(\mathrm{D})}{10}$$



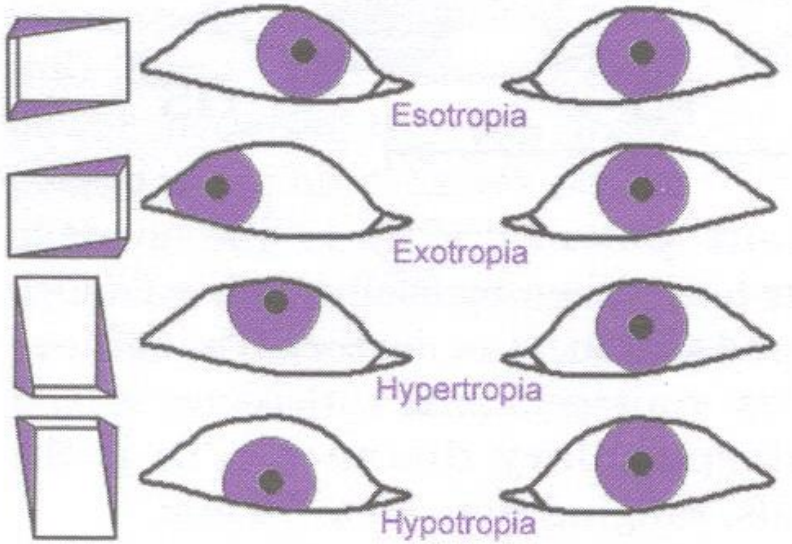
prizmatický účinek decentrované čočky

Decentrovaná čočka
má prizmatický účinek:

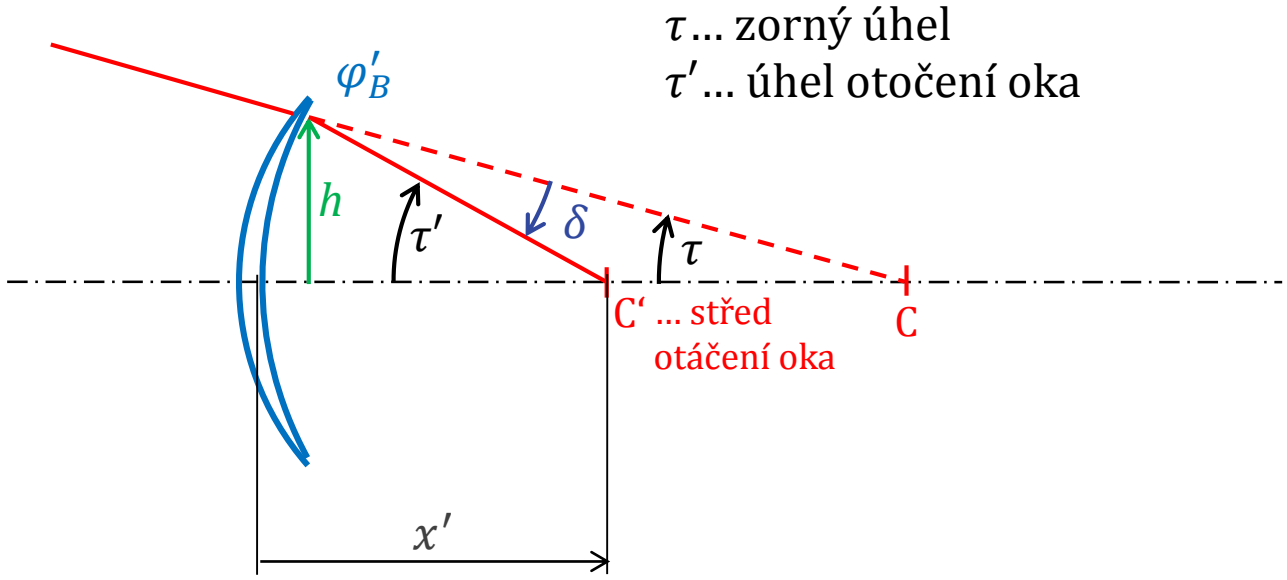
$$\Delta\,(\mathrm{pD}) = \frac{dec\ (\mathrm{mm})\ \varphi'_C(\mathrm{D})}{10}$$



Prizmatické korekce získané decentrací lze využít pro odstranění obtíží spojených s heteroforiemi a strabismem.
Nestačí-li prizmatický účinek dosažitelný decentrací celé čočky, decentruje se první nebo druhá plocha. Tím vzniká **prismatická čočka**, jejíž prismatický účinek je dán úhlem os prvé a druhé plochy.



prizmatický účinek a zorné pole



Z geometrie vyplývá:

$\tau = \tau' - \delta$

Z Prenticeho pravidla vyplývá:

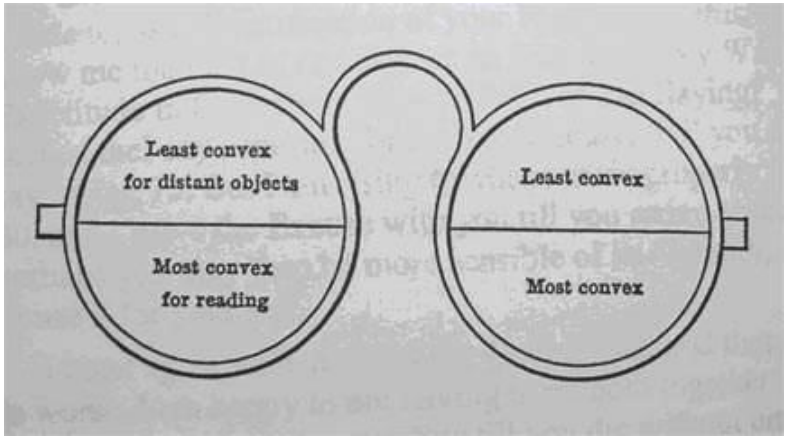
$\delta \approx h\varphi'_B \approx x'\tau'\varphi'_B$

$$\frac{\tau}{\tau'} \approx 1 - x'\varphi'_B$$

$x' > 0$, tedy pro spojku je zorný úhel menší než příslušný úhel otočení oka, pro rozptylku větší. Rozptylka tedy poskytuje větší zorné pole, než spojka stejných příčných rozměrů.

vynález bifokálních čoček

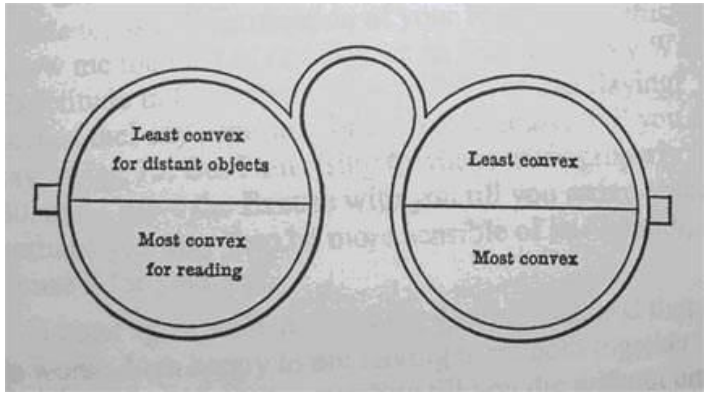
Benjamin Franklin

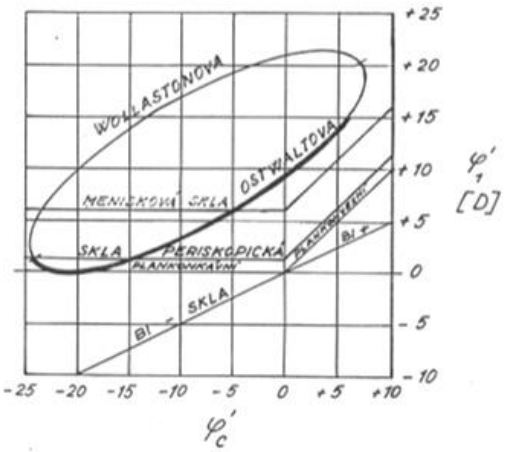


nákres z dopisu – knihovna kongresu

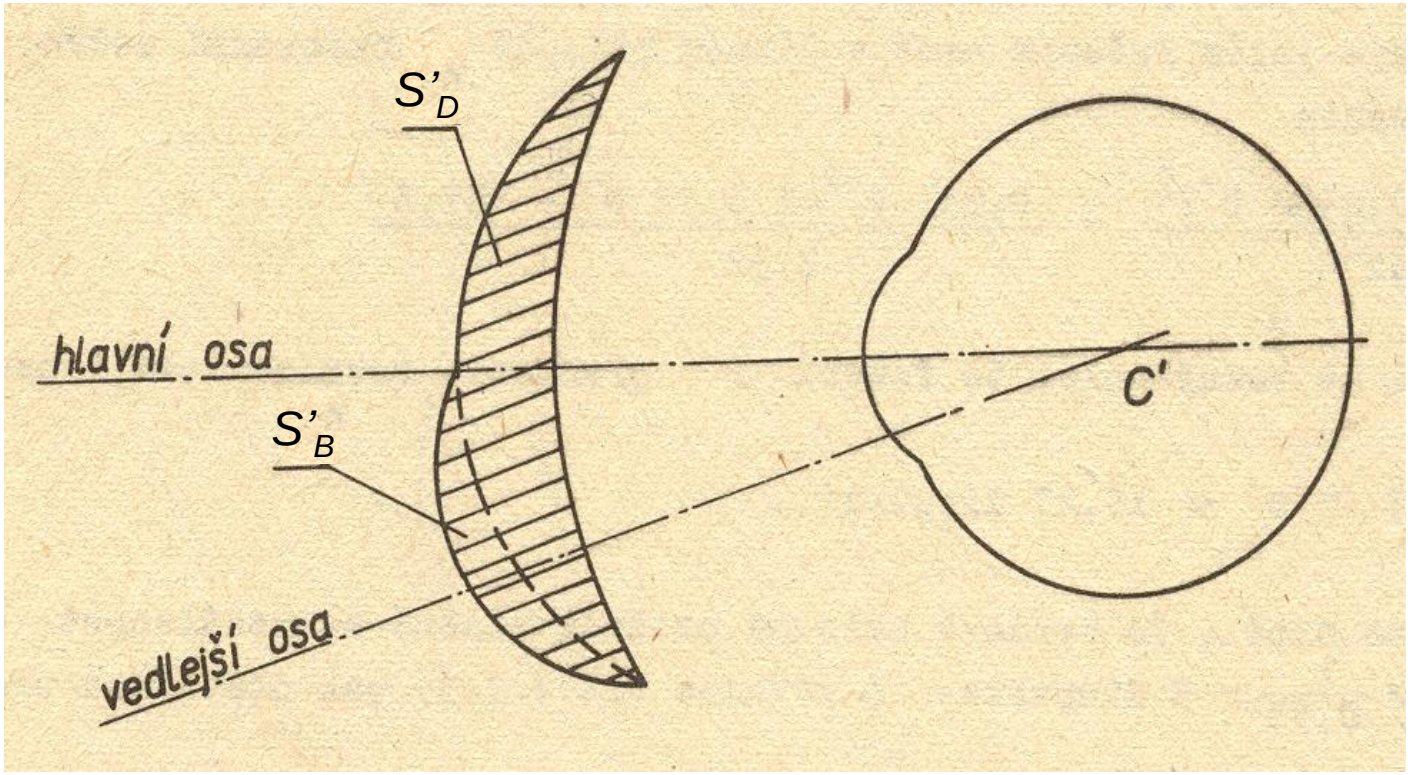
požadavky na bifokální čočky

- řádné centrování obou dílů vůči oku (optické osy procházejí skutečným středem otáčení oka)
- korekce periferního astigmatismu obou dílů (bodově zobrazující čočky)
- odstranění „skoku obrazu“ na předělu (shodný prizmatický účinek na předělu co do hodnoty i orientace báze)
- vhodné provedení z hygienického a estetického hlediska (pokud možno bez vroubku na předělu)

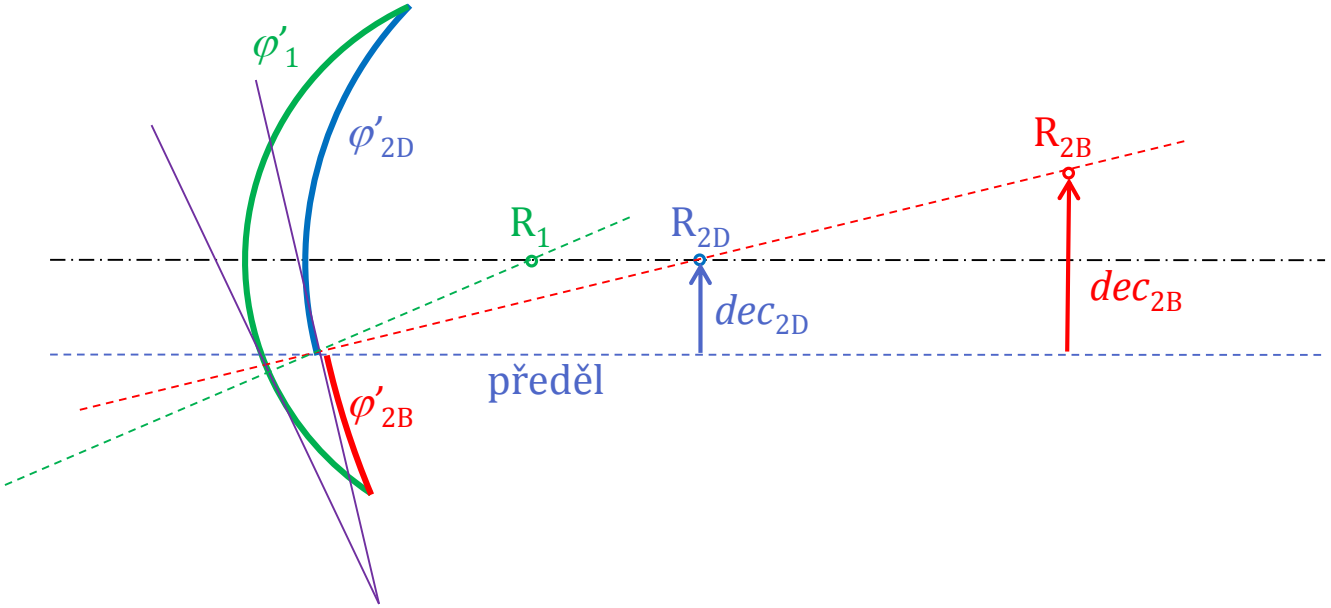




centrování dílů bifokální čočky



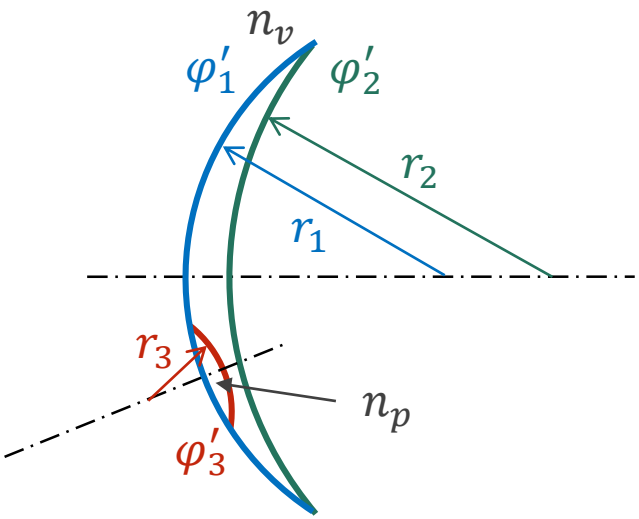
skok obrazu u vybrušované bifokální čočky



Podmínka odstranění skoku obrazu na předělu:

$$dec_{2D}\varphi'_{2D} = dec_{2B}\varphi'_{2B}$$

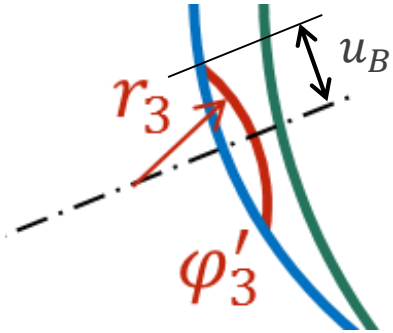
zatavované bifokální čočky



$$r_3 = \frac{n_v - n_p}{Add - \frac{n_p - n_v}{r_1}}$$

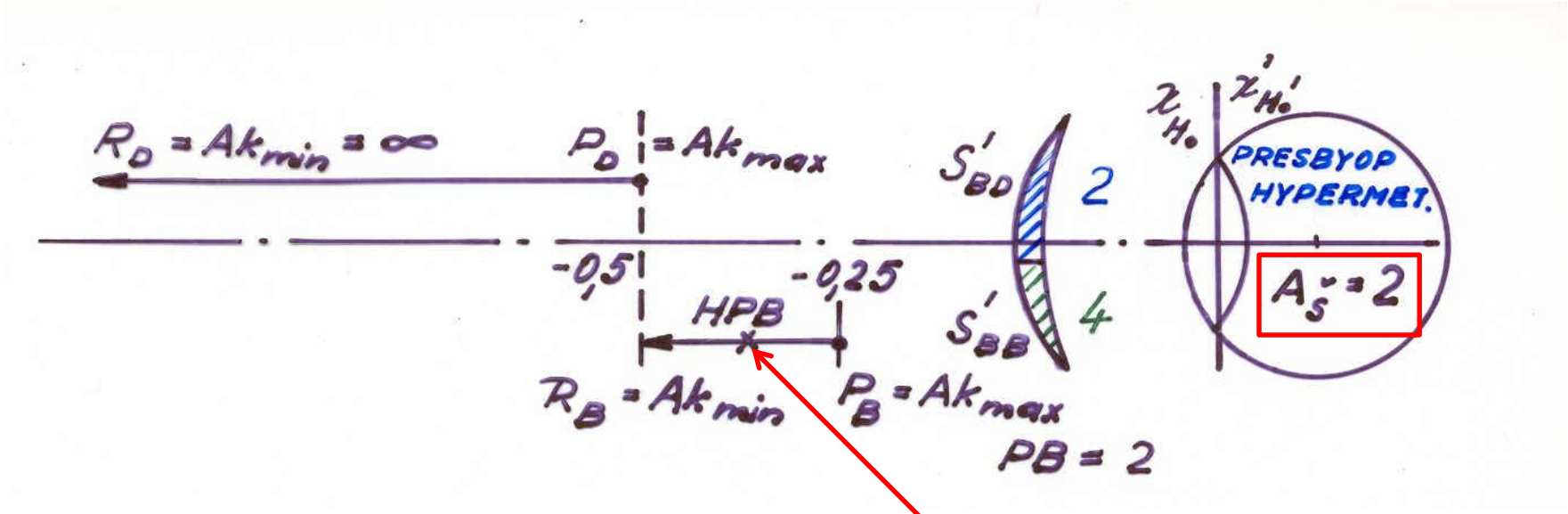
$$n_p = n_v + Add\,\frac{r_1 r_3}{r_3 - r_1}$$

rozdíl prismatických účinků na předělu:



$$\Delta = Add \cdot u_B$$

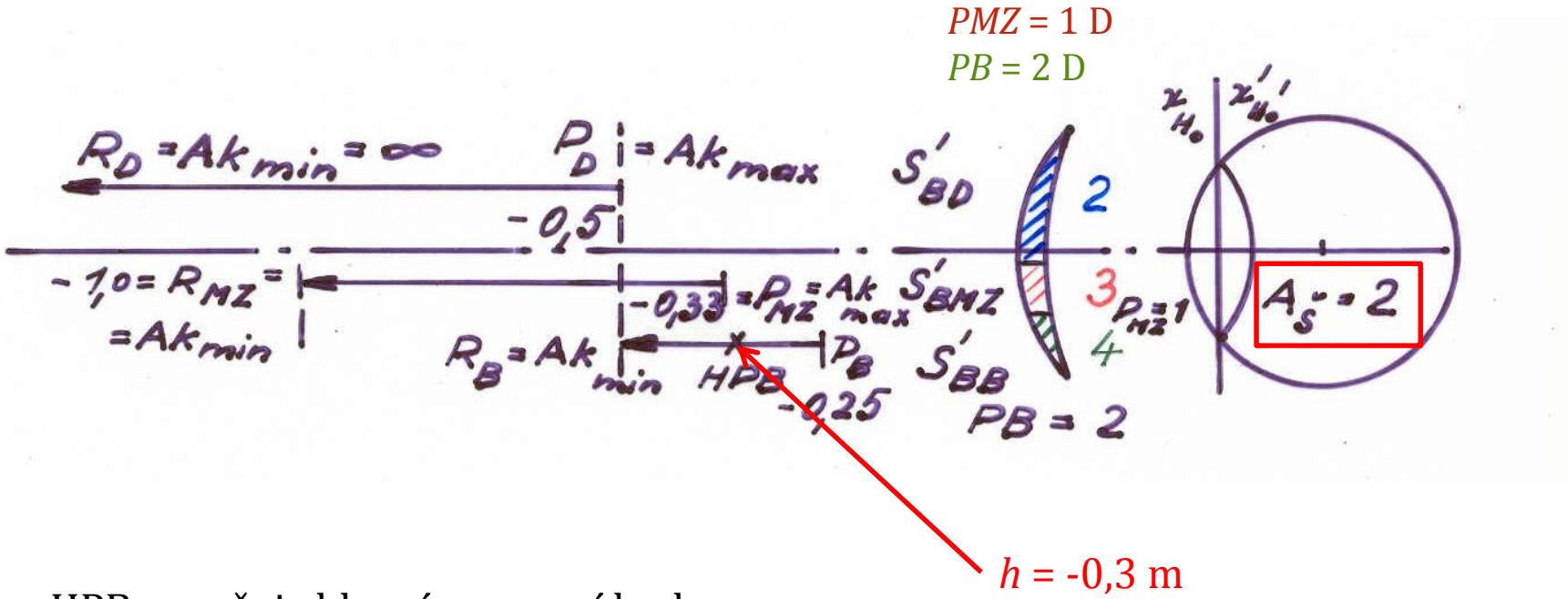
akomodační intervaly pro bifokální čočku



- HPB označuje hlavní pracovní bod
- přídavek do blízka (adici) značíme *Add* nebo *PB*

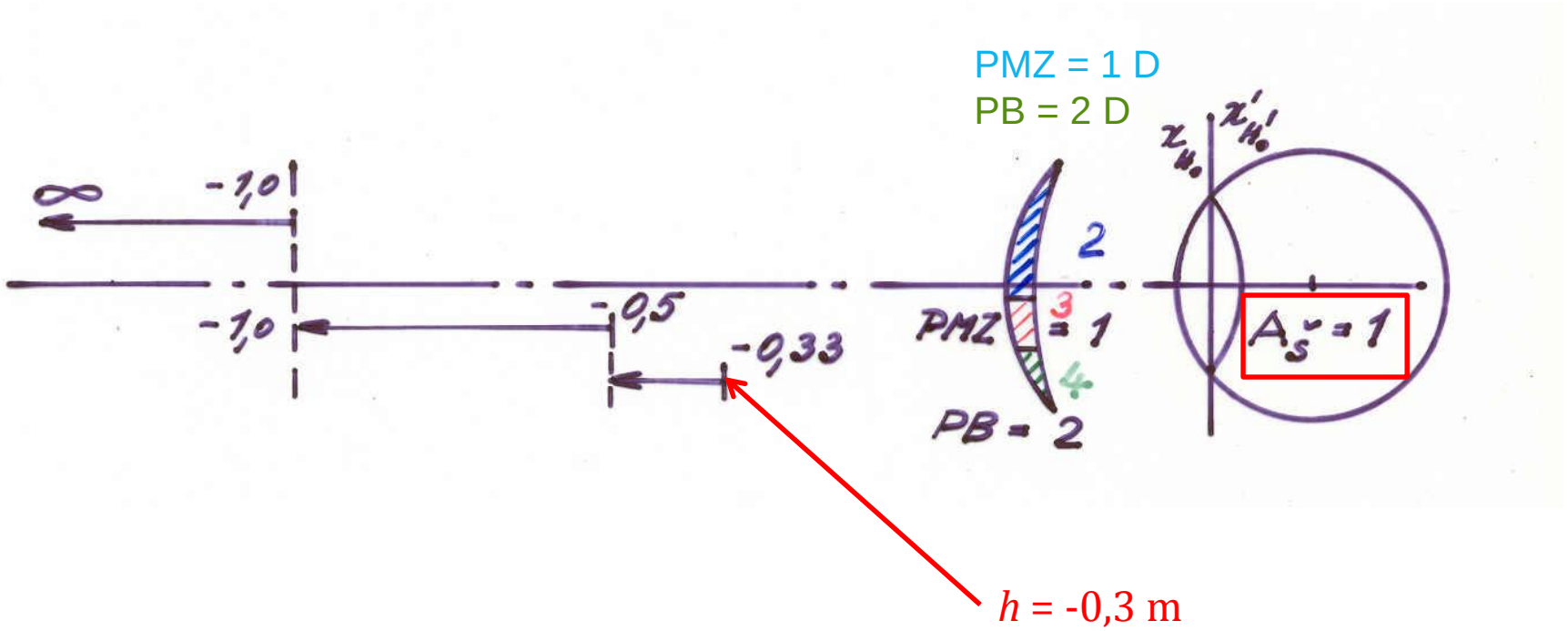
h = -0,3 m

akomodační intervaly pro trifokální čočku

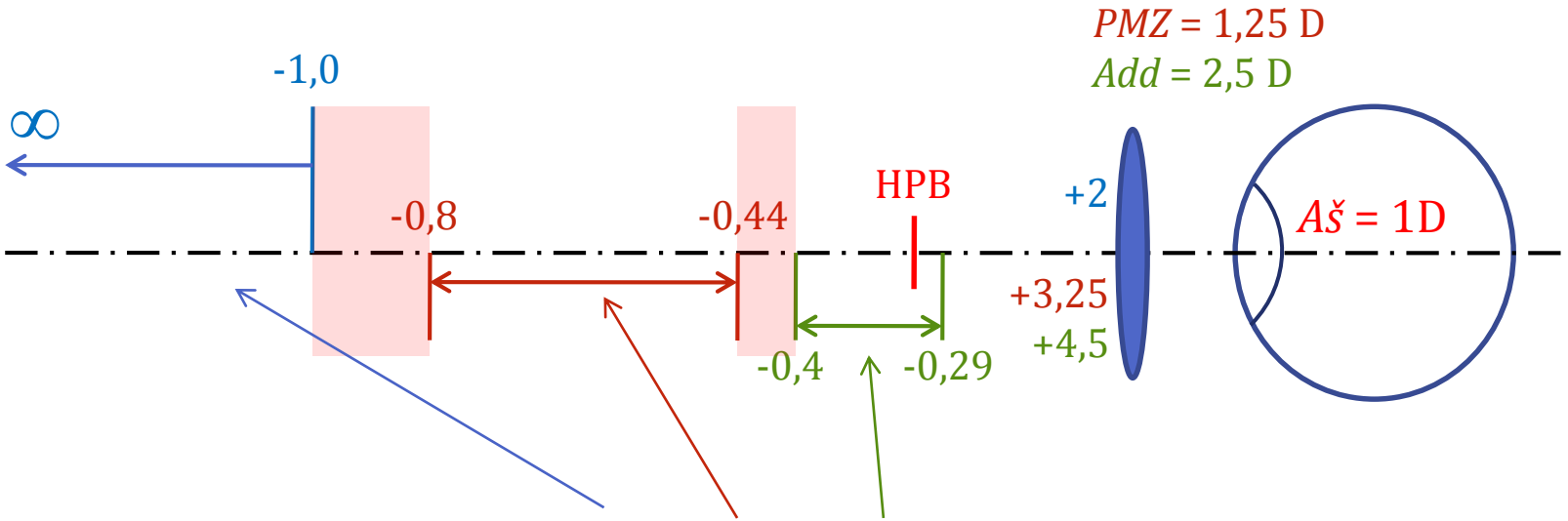


- HPB označuje hlavní pracovní bod
- přídavek do blízka (adici) značíme *Add* nebo *PB*
- *PMZ* označuje přídavek mezidílu

pokles akomodační šíře na +1 D

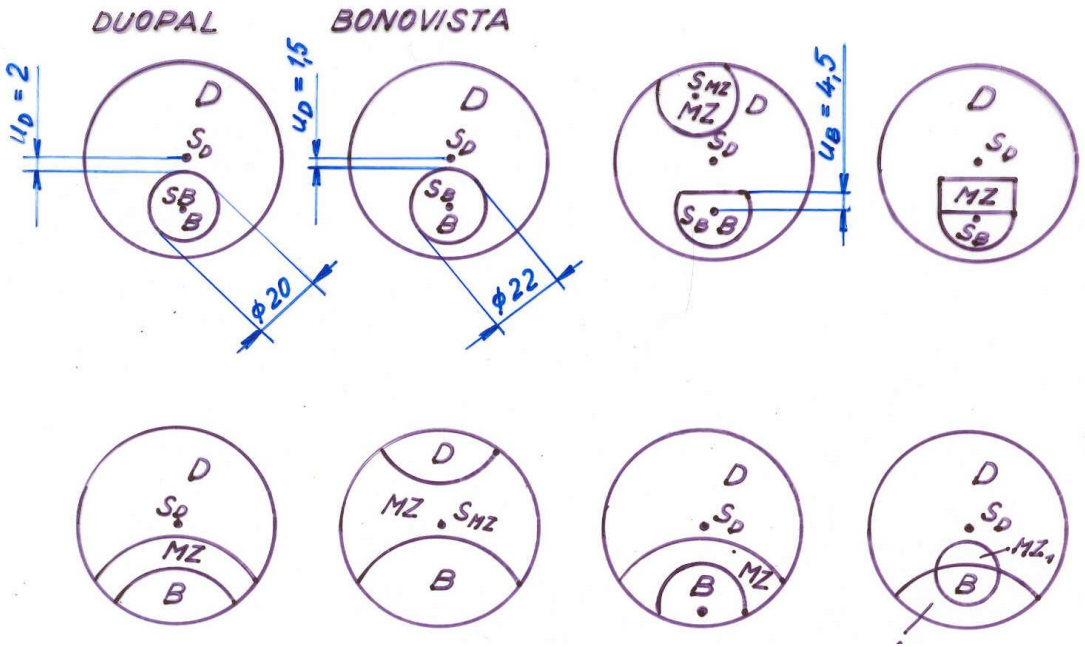


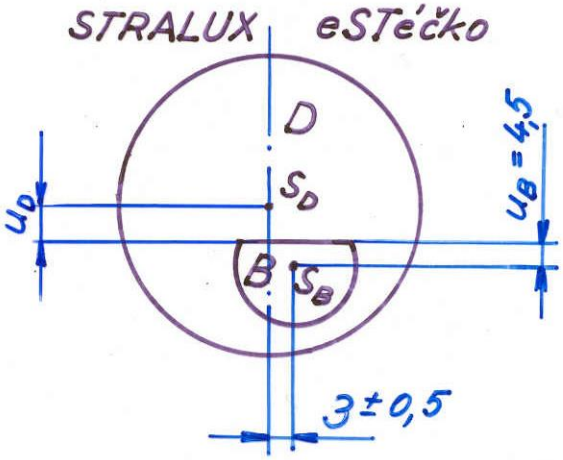
zvýšení adice na 2,5 D



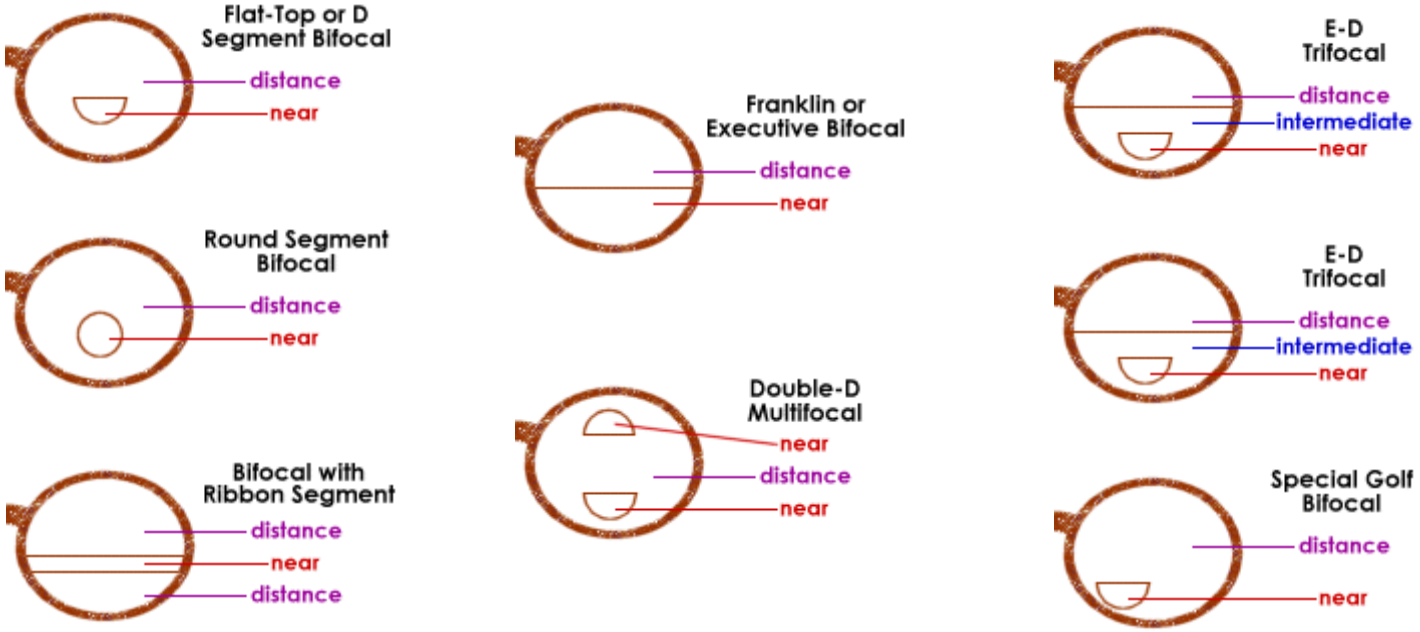
intervaly ostrého vidění pro díl do dálky, mezidíl, díl do blízka

provedení bifokálních čoček

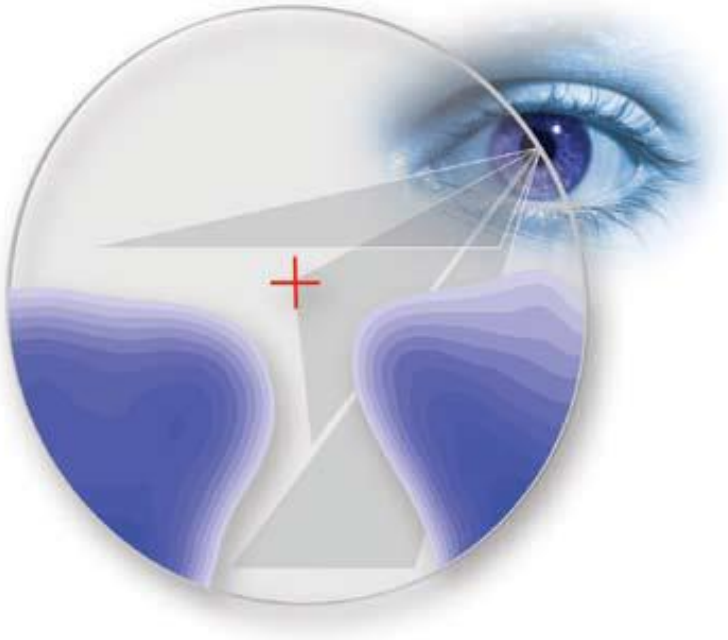




další příklady provedení bifokálních čoček



progresivní čočky



Na rozdíl od bifokální čočky roste mohutnost progresivní čočky (čočky s progresivní adicí) postupně, mezi oblastí pro vidění do dálky (horní část) a do blízka (dolní část). Tyto části jsou propojeny tzv. progresivním kanálem.

(Další části prezentace připraveny dle textu Mo Jalie: Progressive lenses, Part 1, Continuing Education and Training)

progresivní vs. trifokální čočky

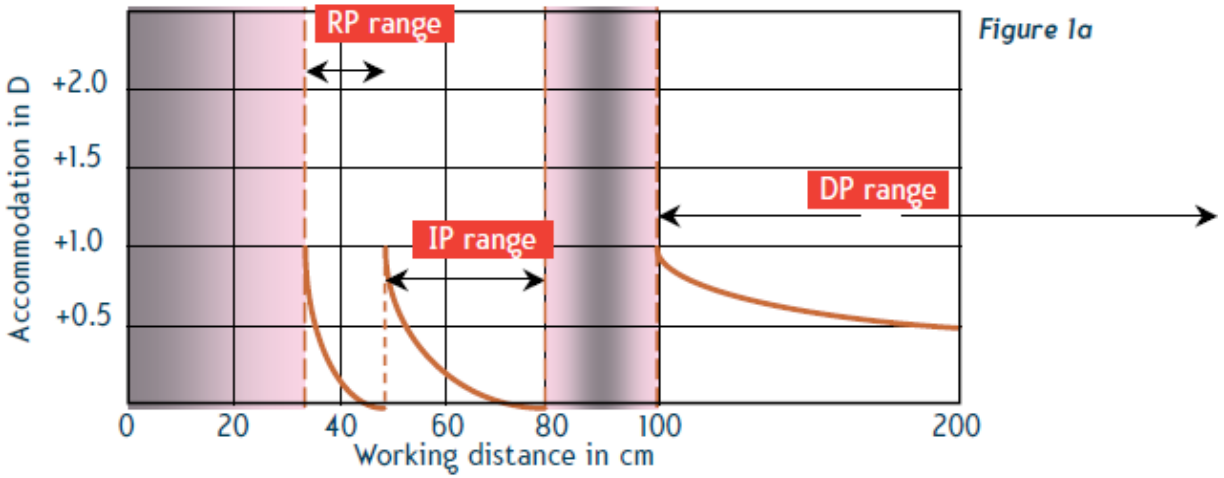


Figure 1a

trifokální čočka

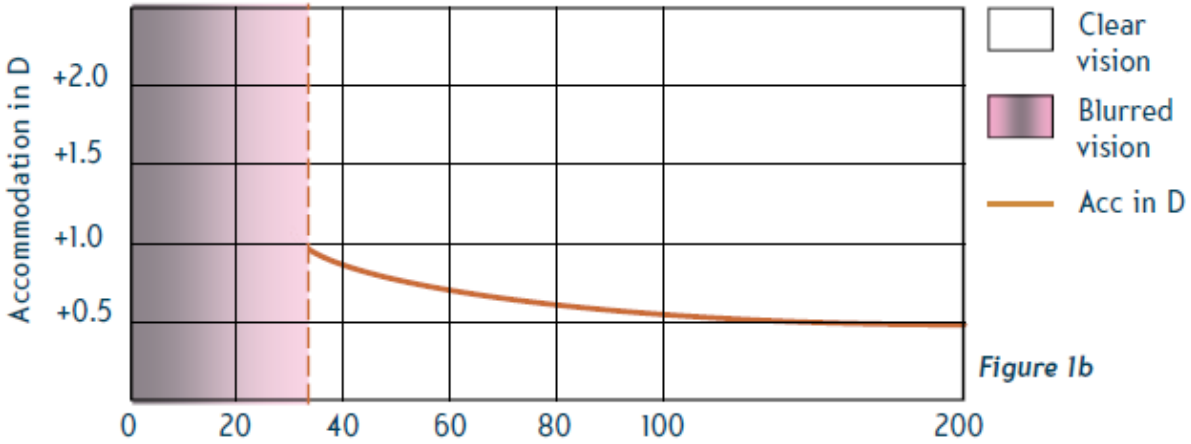
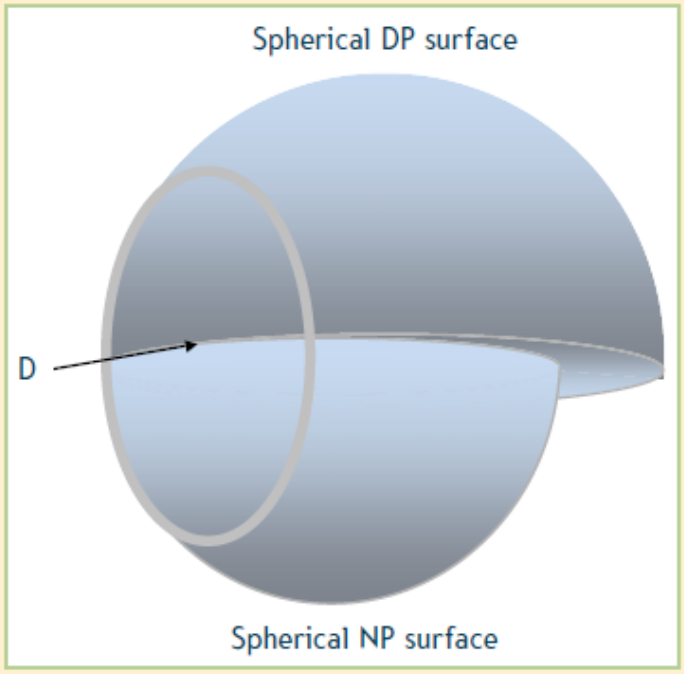


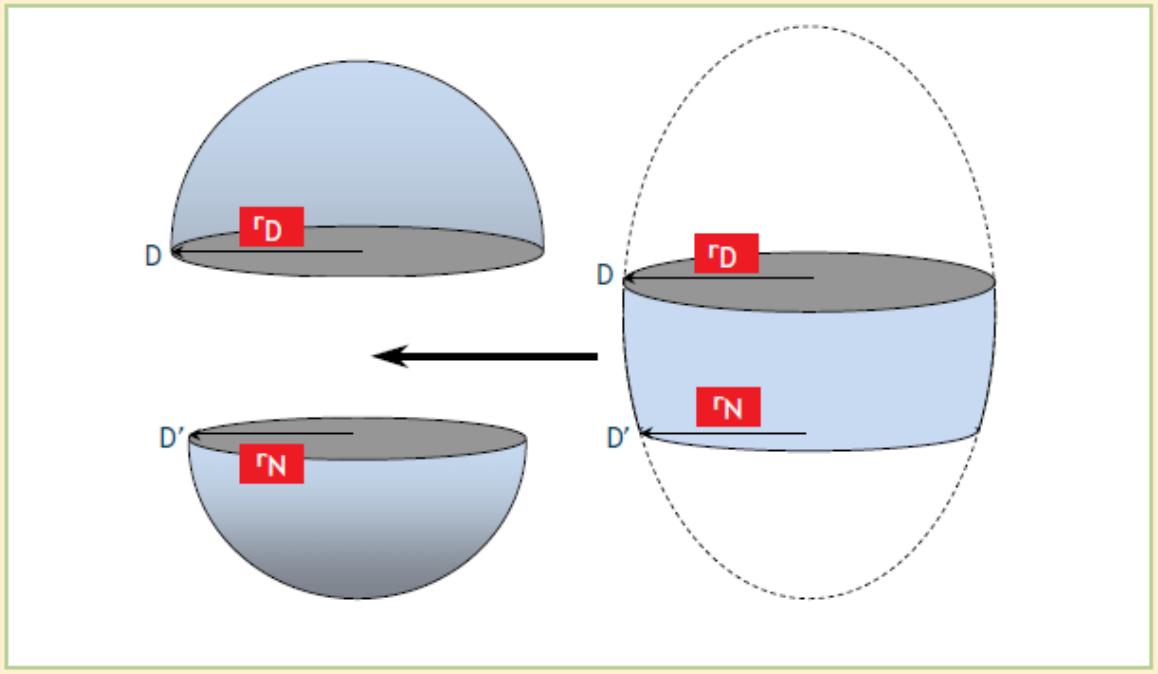
Figure 1b

progresivní čočka

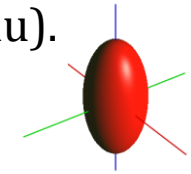
Průběh akomodace oka při změně pracovní vzdálenosti s trifokální čočkou (skokové změny) a progresivní čočkou (plynulá změna).
Fialově jsou vyznačeny oblasti bez možnosti ostrého vidění.

progresivní čočky

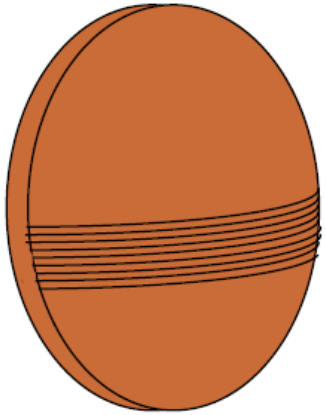




Bifokální čočka (vlevo) může vzniknout složením dvou sférických předních ploch – větší poloměr křivosti r_D horní části odpovídá menší mohutnosti a představuje díl do dálky, menší poloměr křivosti r_N odpovídá vyšší mohutnosti dolního dílu do blízka. Nejjednodušší progresivní čočku (vpravo) z ní vytvoříme tak, že horní a dolní sférický díl propojíme plochou, jejíž poloměr křivosti se spojitě mění. Může jít třeba o povrch rotačního elipsoidu (sféroidu).



progresivní čočky – výroba



a) Ceramic mould

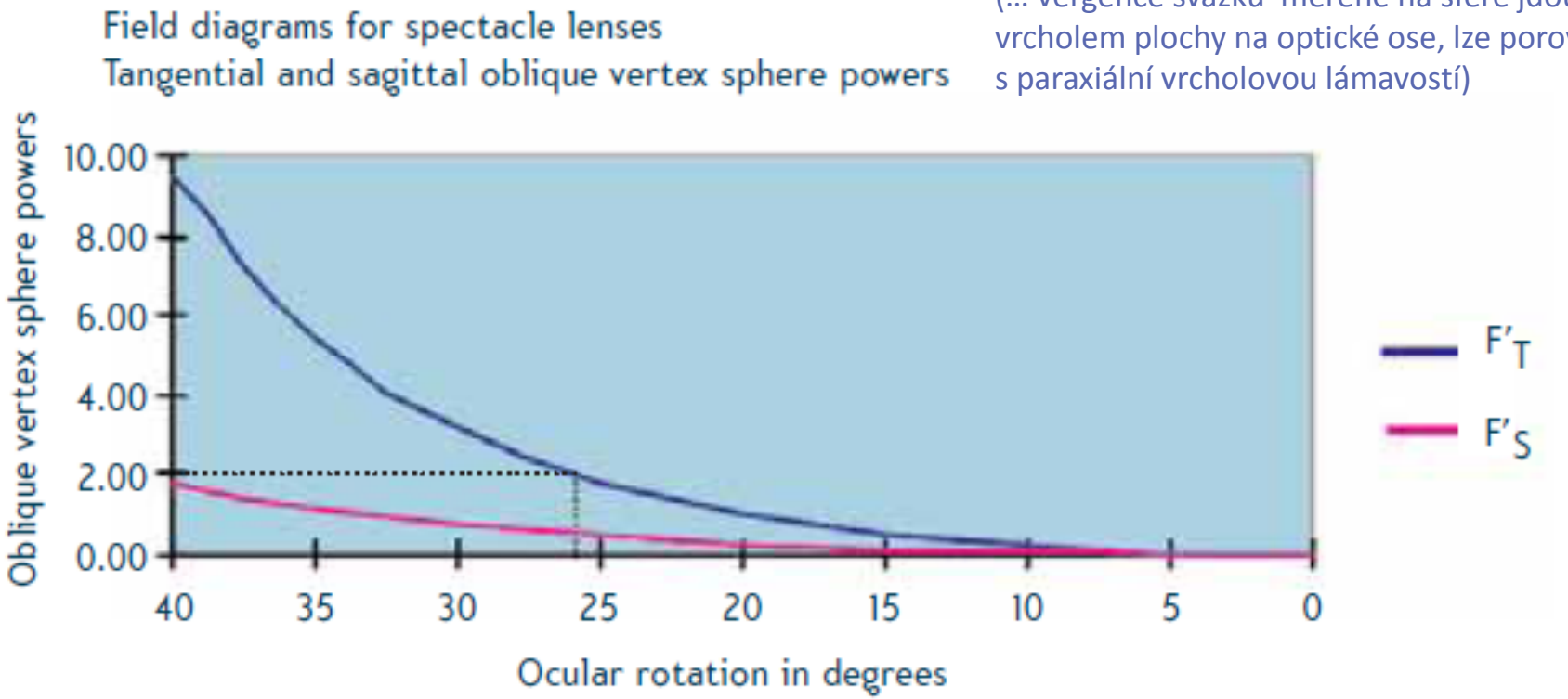
b) Slumping a glass blank (forming)

Možnost tvarování povrchu progresivní čočky, a tím vytváření příznivého průběhu astigmatismu je dán technologickými možnostmi.

- Důležitá je technologie CNC broušení a leštění (vlevo CNC stroj Schneider).
- Jiným postupem je „slumping“ (stékání, vpravo): konvexní, původně sférická čočka je umístěna na keramickou formu („mould“) požadovaného tvaru a za vysoké teploty se této formě tvarově přizpůsobí

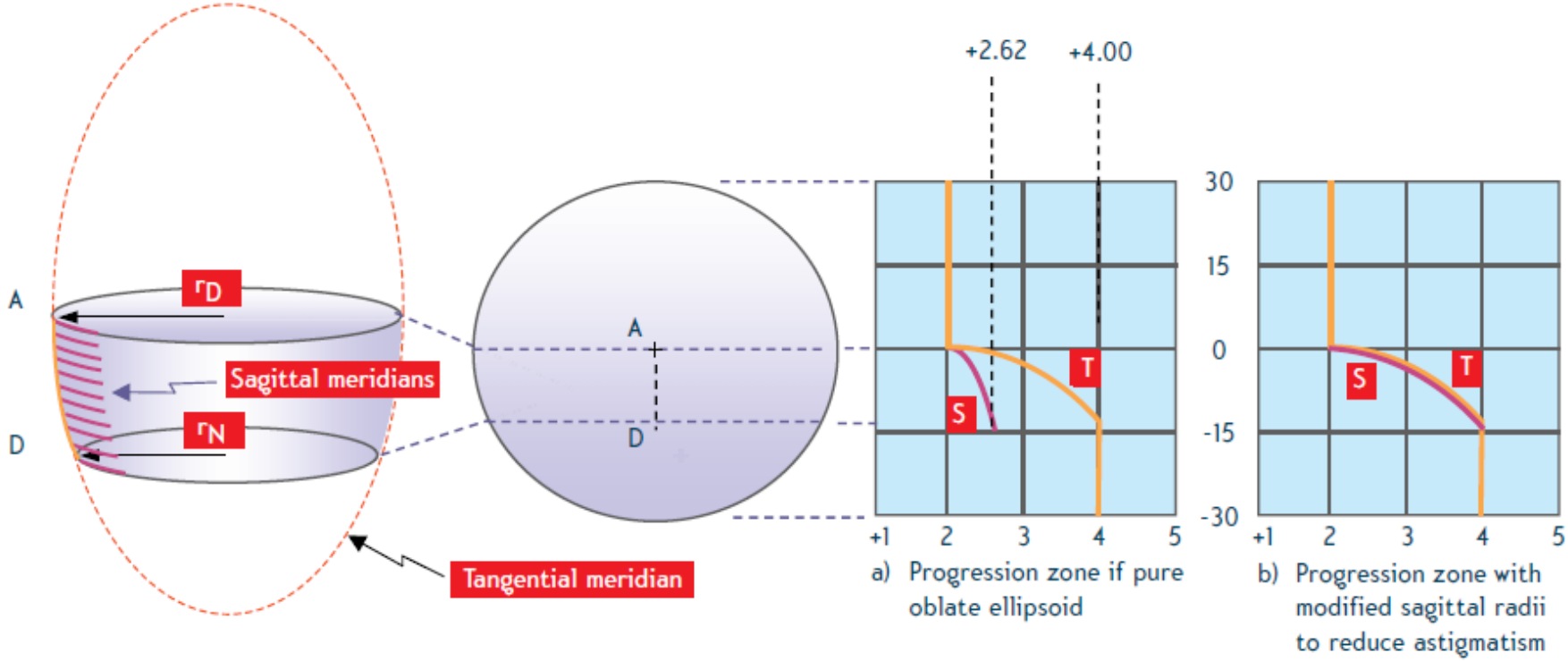
progresivní čočky

(… vergence svazku měřené na sféře jdoucí vrcholem plochy na optické ose, lze porovnat s paraxiální vrcholovou lámavostí)



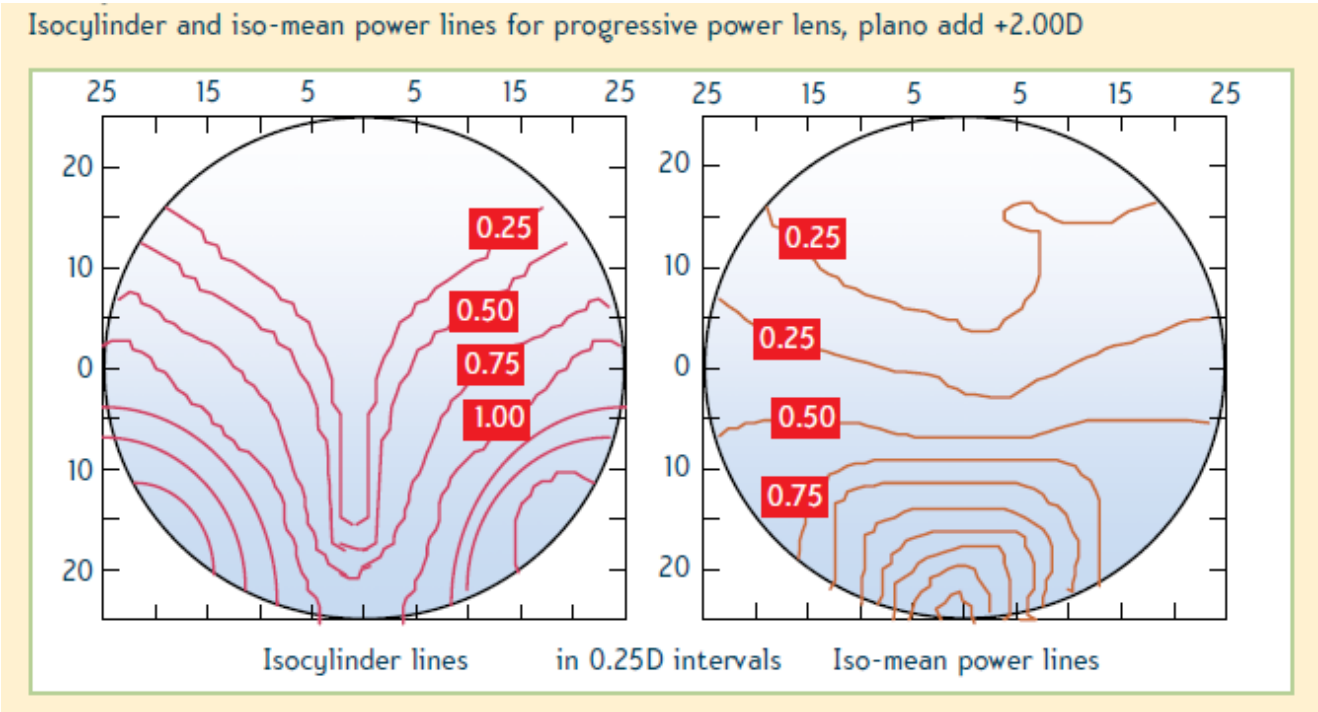
Příklad astigmatismu lomeného svazku, který vzniká v segmentu s progresivní adicí, který je tvořen rotačním elipsoidem (navrženo pro adici 2,00 D při 25°).
Je zřejmé, že pro rotaci oka 25° (cca 14 mm pod vrcholem čočky) je tangenciální vergence svazku 2,00 D, jak je požadováno, avšak sagitální je o cca 1,50 D menší (to je velikost astigmatismu svazku).
Je třeba navrhnout plochu s větší sagitální křivostí.

progresivní čočky



Povrch rotačního elipsoidu má nevhodnou křivost v sagitálním řezu, a proto přechodová část trpí silným astigmatismem a) (optické mohutnosti).
Tvar přechodové části je možno změnit a zvýšit sagitální křivosti podél tangenciálního řezu tak, aby byl redukován astigmatismus b).
To je však možné udělat jen podél samotného meridiánu, v úzké oblasti, která tvoří tzv. progresivní kanál.

progresivní čočky – isolinie



Vlastnosti progresivní čočky lze charakterizovat dvěma diagramy:

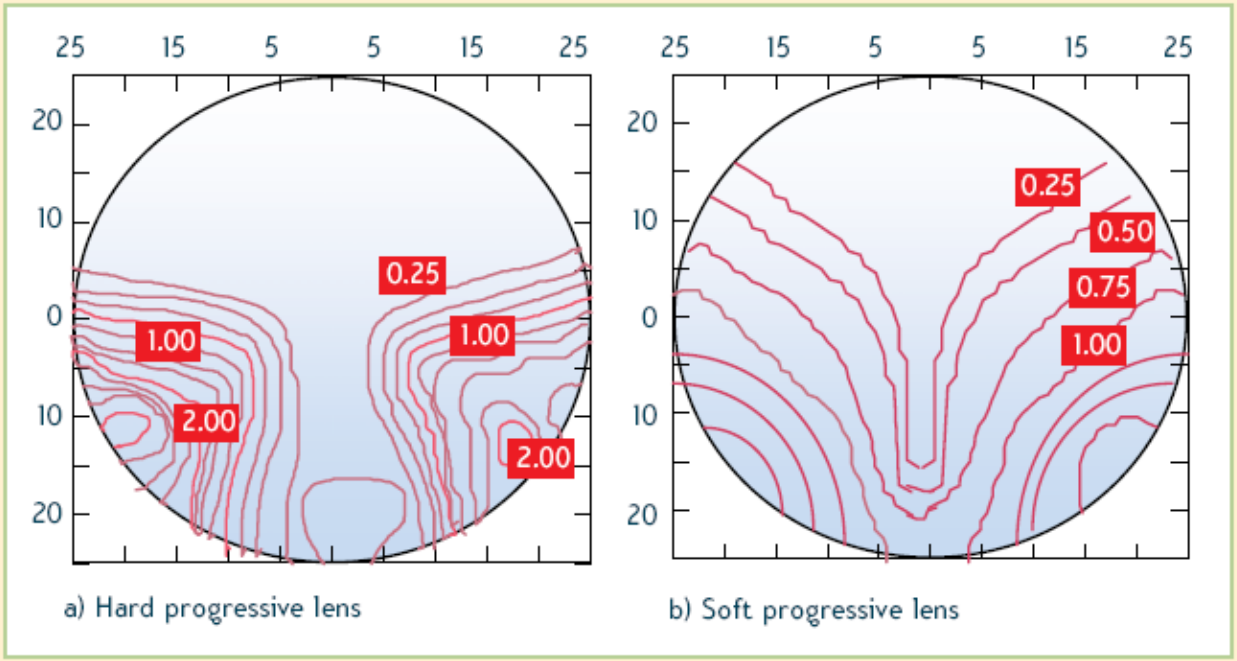
- „isocylinder lines“ (vlevo) jsou pomyslné čáry spojující na povrchu čočky místa se stejným astigmatismem; za progresivní kanál se považuje oblast s astigmatismem pod 1 D
- „iso-mean power lines“ (vpravo) jsou čáry stejné optické mohutnosti

progresivní čočky

Někdy se hovoří o několika generacích progresivních čoček:

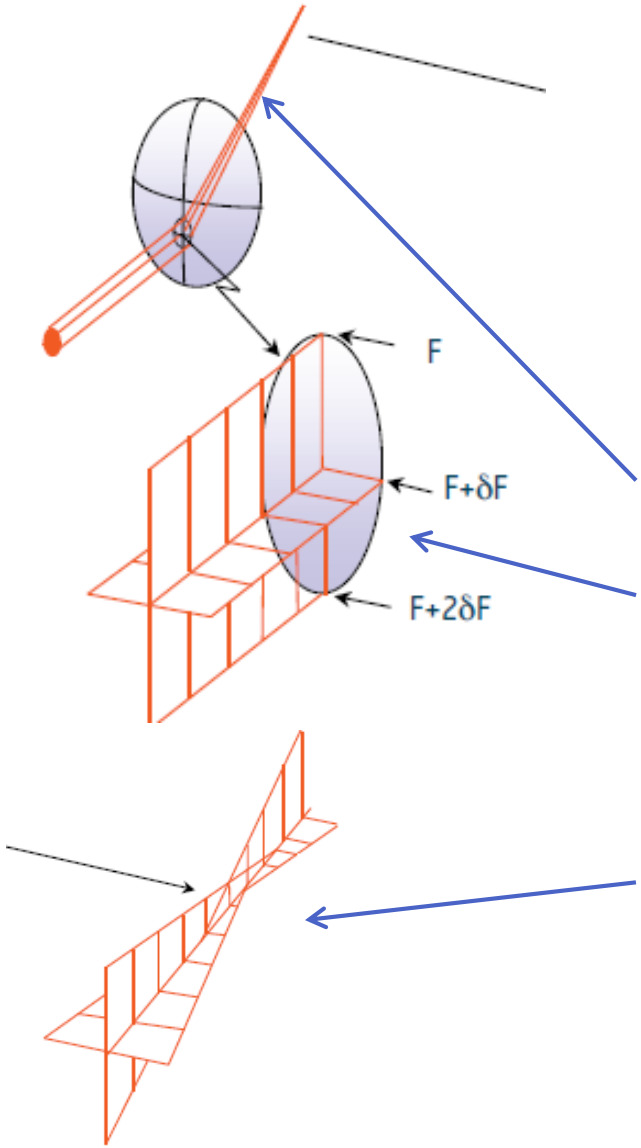
1. (1959) první komerčně úspěšné čočky (Varilux 1 firmy Essel) byly skleněné, měly části do dálky a do blízka sférické a spojovala je oblast vzniklá tak, že CNC nůž opisoval horizontální kružnice, jejichž poloměr se postupně měnil mezi poloměrem křivosti horní a dolní části; díl do dálky byl prakticky bez astigmatismu
2. (1973) Varilux 2 měly asférické členy do dálky a do blízka a pro jejich propojení využívaly série kónických řezů s proměnnou asféricitou s cílem redukovat značný astigmatismus předchozího modelu; astigmatismus byl rozšířen i do dílu pro vidění do dálky
3. design třetí generace („bipolární princip“, např. Truvision OMNI) použil asférické povrchy části do blízka a do dálky, přitom nechal přechodovou oblast více zasahovat do části do dálky, tj. fakticky prodloužil přechodovou oblast; tím se sice „změkčilo“ vymezení oblasti do dálky, ale významně poklesl astigmatismus stranových částí čočky; patří mezi SOFT design
4. poslední generace se vyznačuje různými průběhy změny mohutnosti pro různé adice a využívá maximálně asférických ploch pro dosažení dobrých vlastností čoček v preferované oblasti vidění

hard a soft design progresivní čočky



- pokud designér zamýšlí získat velkou část pro vidění do dálky a vyšší hodnoty astigmatismu omezit pouze na dolní část čočky (odpovídá starší generaci čoček), je výsledkem tzv. „HARD design“ (na obrázku vlevo); tyto čočky mívají úzký koridor a poměrně širokou část do blízka
- tzv. „SOFT design“ (vpravo) má malý nenulový astigmatismus i v okrajových částech dílu do dálky, tím se sníží jeho velikost v dolní části, rozšíří se koridor, část do blízka je relativně úzká– úspěšný design zejména pro nižší adice, urychluje adaptaci klienta na progresivní čočky

progresivní čočky – astigmatismus

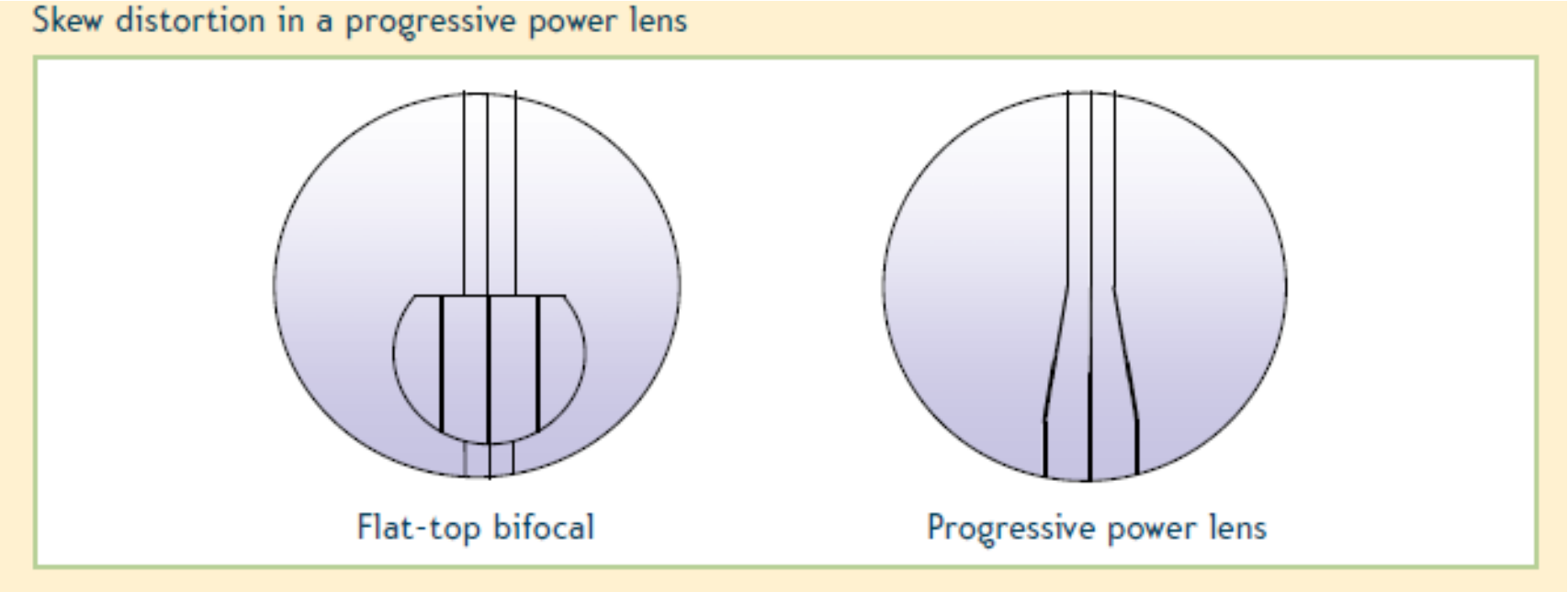


Ani optimální návrh progresivního kanálu nemůže zcela odstranit astigmatismus v této části čočky, kde mohutnost (v obrázku označena F) spojitě roste.

Astigmatismus zde vzniká už proto, že svazek (vymezený pupilou oka) zde vždy prochází oblastí, která má v dolní části vyšší mohutnost (F+2δF), nežli v části horní (F).

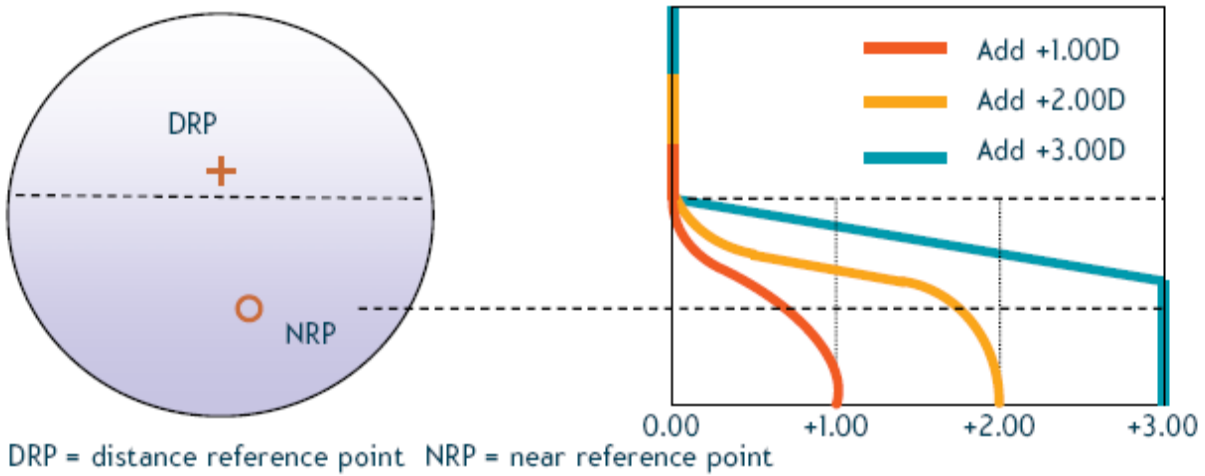
Paprsky v dolní části jsou proto lomeny více, než paprsky v horní části.

progresivní čočky – distorze



protože s mohutností souvisí také zvětšení obrazu, je u progresivních čoček nutno počítat s distorzí vznikající spojitě rostoucí mohutností čočky

progresivní čočky



někteří výrobci vyrábějí progresivní čočky, které mají soft design pro nízké adice a postupně přecházejí k hard designu s rostoucí adicí