

# Brýlové čočky II

LF MU Brno

Brýlová technika

# Struktura prezentace

- Rozdělení brýlových čoček dle materiálu
- Rozdělení brýlových čoček dle optického účinku
- Vady zobrazení brýlových čoček

# Rozdělení brýlových čoček

- Podle materiálu
- Podle optického účinku

# Rozdělení brýlových čoček podle materiálu

- Anorganické brýlové čočky
  - Minerální brýlové čočky
- Organické brýlové čočky
  - Plastové brýlové čočky

# Rozdělení minerálních brýlových čoček

- Korunové – nízkoindexové (1,523)
- Flintové - vysokoindexové
- Fototropní
- Absorpční

# Diagram optických skel

Druh skla	Značka	Index lomu $n_d$	Abbeovo č. $v_d$	Hustota
borosilikátové korunové	BK 7	1,5163	64	$\rho = 2,53$
korunové	K 2	1,5160	56,8	2,63
flintové barnaté	BaF	1,5569	48,6	3,0
flintové	F 3	1,6129	37,0	3,54
	F 4	1,6166	36,6	3,59
těžké flintové	SF 2	1,6477	33,9	3,86
	SF 6	1,8052	25,5	5,13

# Vysokoindexové minerální brýlové čočky

- Snaha o dosažení co nejmenší tloušťky
- Do optického korunového skla se přidává:
  - Titan ( $n = 1,7$ )
  - Lantan ( $n = 1,8$ )
- Dříve se používalo Pb – příliš těžké
- V současné době se dosáhlo maximálního indexu lomu  $n = 1,9$

# Nevýhody vysokoindexových čoček

- Nedostatek vysokoindexových čoček je vysoká disperze (nízké Abbeovo číslo)
- Vysoká odrazivost, která se musí minimalizovat pomocí AR
- Materiál je mechanicky a chemicky méně odolný
- Roste zde hmotnost a hustota



# Minerální fototropní brýlové čočky - historie

- 1964 – americká firma Corning Glass Works představila první protisluneční skla pod názvem BESTLITE
- Od roku 1968 jsou tyto čočky vyráběny pod názvem PHOTOGREY, PHOTOBROWN
- V ČR byla první samozabarvovací čočka vyrobena v roce 1967
- 1970 – firma Zeiss uvedla svou první fotochromatickou čočku UMBRAMATIC
- V ČR byly rozšířeny východoněmecké čočky HELIOVAR z jenských skláren Schott

# Výroba fotochromatických vylisků

- V borosilikátové sklovině jsou během tavby rozptýleny halogenidy stříbra – chlorid, bromid a jodid
- Po tavení prochází čočka přesně řízeným teplotním procesem, kdy se zahřívá po dobu 1 na 600°C, aby po následném ochlazení došlo k vytvoření drobných shluků halogenidů stříbra (velikost menší než vlnová délka světla)

# Velikost fotochromních mikrokrystalků

- Sklo obsahuje asi jen 0,5% fotochromních krystalků, které jsou rovnoměrně rozptýleny ve skle
- Vliv rozměrů krystalků na funkci skla:
  - Pod 5nm – sklo není fotosensitivní
  - 5 až 10nm – sklo je průhledné a fotosensitivní
  - Nad 30nm – sklo je mléčné a ztrácí transparenční

# Princip fotoreakce

- Účinkem krátkovlnného světelného a ultrafialového kvanta dojde k uvolnění elektronu z iontu halového prvku ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ )
- Ten se pak zachytí na iontu stříbra  $\text{Ag}^+$
- Tím se vytvoří neutrální atomy  $\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{Ag}$
- Atom  $\text{Ag}$  absorbuje procházející světlo a zajistí tmavnutí čočky
- Při přerušení nebo snížení přísunu světla dochází k návratu elektronu zpět do halového prvku

# Rovnice fotoreakce

*Rovnice vratné fotochemické reakce:*



# Podmínky vratnosti fotoreakce

- Ag a Cl (Br) nesmí reagovat s okolními přítomnými látkami
- Ag a Cl se nesmí vzdálit z barevného centra s slučovat se vzájemně
- Cl nesmí těkat a vyprchat
- Stav zabarvení čočky závisí na procesu uvolňování a slučování stříbra s halovým prvkem – stav dynamické rovnováhy

# Vliv vlnové délky světla na reakci

- AgCl...reaguje na záření pod 400nm
- Směs AgCl a AgBr...do 550nm
- Směs AgCl a jódu...do 650nm

# Nedokonalosti fotoreakce

- Fáze tmavnutí je rychlejší než blednutí
- Vliv teploty
- Nefungují např. v automobilu
- Při nestejné tloušťce, nestejné zabarvení
- Malý rozsah absorpce (15-75%)



# Organické brýlové čočky

- CR39
- Polykarbonát
- Trivex
- Fototropní plastové čočky
- Absorpční plastové čočky

# Rozdělení brýlových čoček dle optického účinku

- Jednoohniskové
  - Sférické a asférické
  - Cylindrické, Tórické a atórické
- Bifokální
- Trifokální
- Progresivní

# Sférické brýlové čočky

- při dopadu paralelních paprsků na sférickou plochu se láme každý paprsek v různém úhlu
- všechny lomené paprsky se ale setkají v jednom bodě, který nazýváme ohnisko
- pokud ohraničíme optické prostředí dvěma sférickými plochami, vznikne objekt nazvaný sférická čočka
- sférickou čočku lze zjednodušit na sadu prizmat

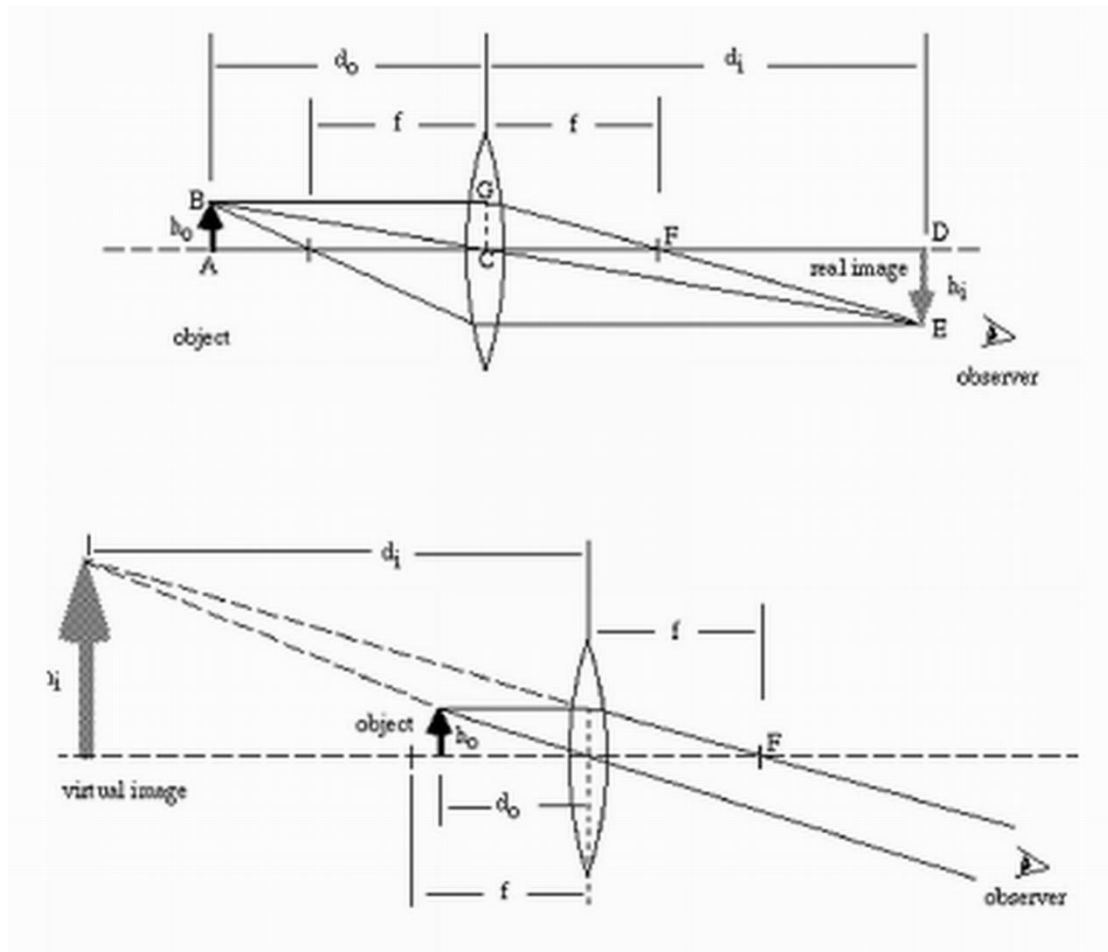
# Dělení sférických čoček

- Konvexní – spojné čočky
- Konkávní – rozptylné čočky

# Konvexní brýlové čočky

- může mít plankonvexní, bikonvexní, nebo meniskový tvar
- paprsky prošlé touto čočkou se lámou do ohniska
- ohnisková vzdálenost je vzdálenost od hlavního bodu k ohnisku
- lomivou sílu čočky (optická mohutnost,  $D$ ) udáváme v dioptriích ( $D$ ), lomivost je reciproká hodnota ohniskové vzdálenosti
- sférická čočka má lomivost (mohutnost)  $1 D$ , pokud prošlé paprsky vytvoří ohnisko ve vzdálenosti 1 metru od čočky (hlavního bodu)
- pokud je předmět od čočky umístěn dále, než je ohnisková vzdálenost, je obraz obrácený, zmenšený a reálný (oko)
- pokud je předmět od čočky umístěn blíže, než je ohnisková vzdálenost, je obraz zvětšený, vzpřímený a nereálný

# Umístění předmětu u spojně čočky

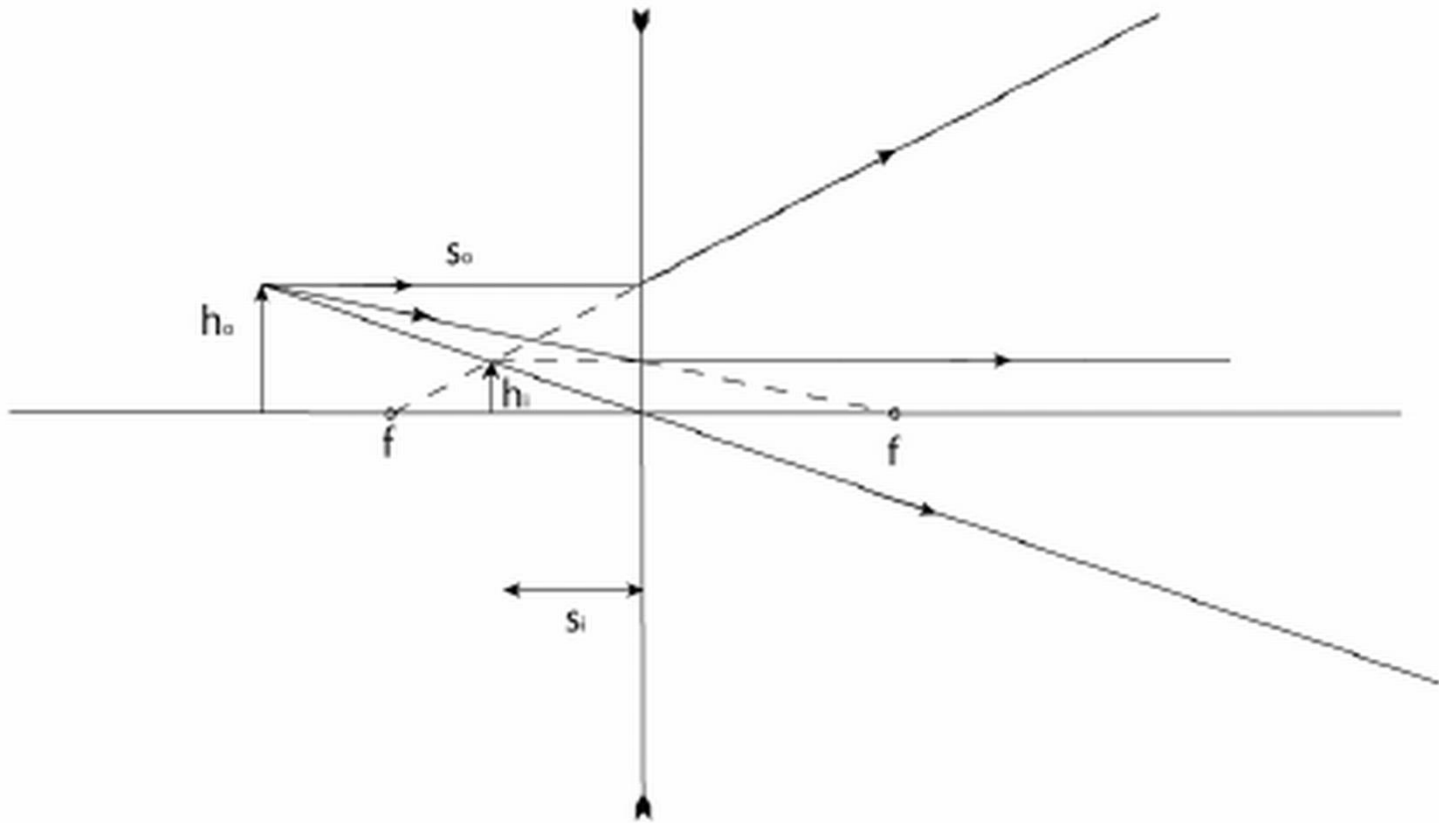


# Konkávní brýlové čočky

- může být plankonkávní, bikonkávní, menisková
- rozptylné čočky snižují vergenci procházejících paprsků (lámou paprsky tak, že jsou divergentní, nebo méně konvergentní)
- obraz je vždy vzpřímený, zmenšený a virtuální

# Zobrazení rozptylnou brýlovou čočkou

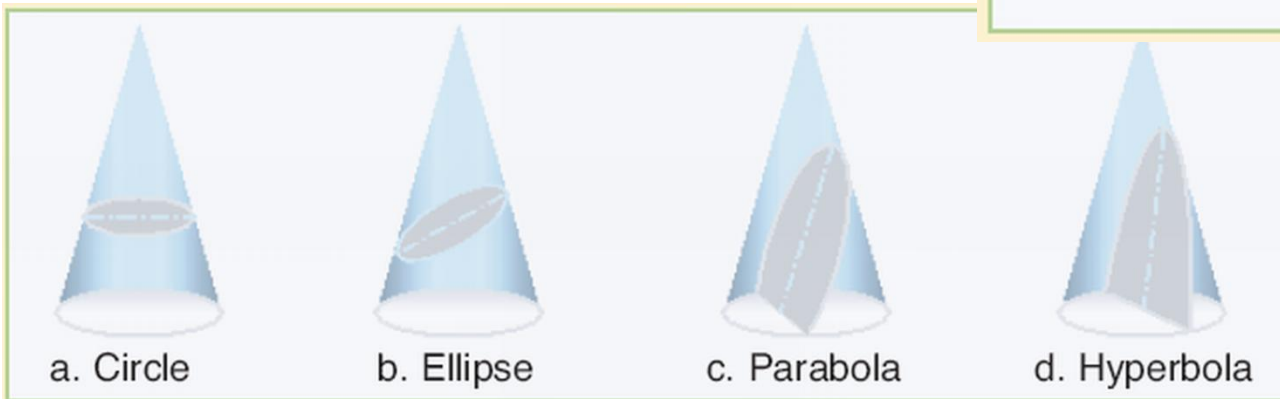
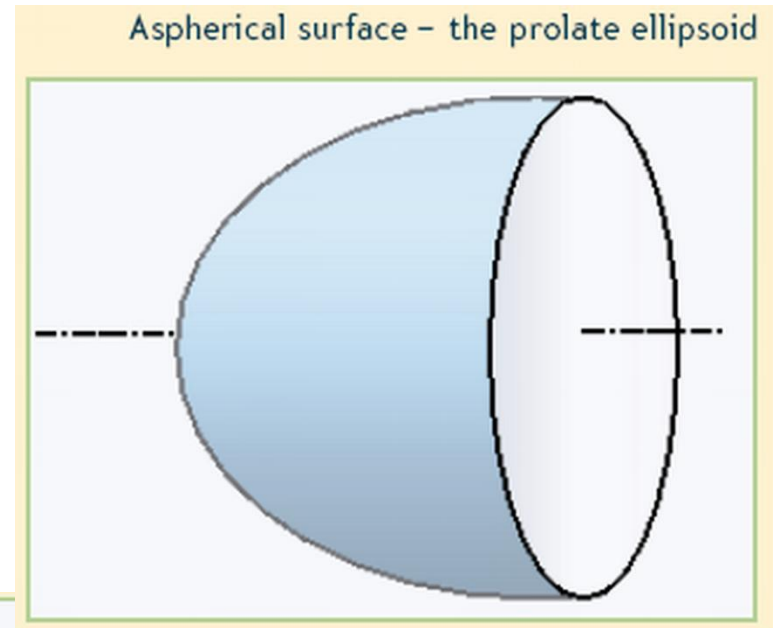
Concave Lens



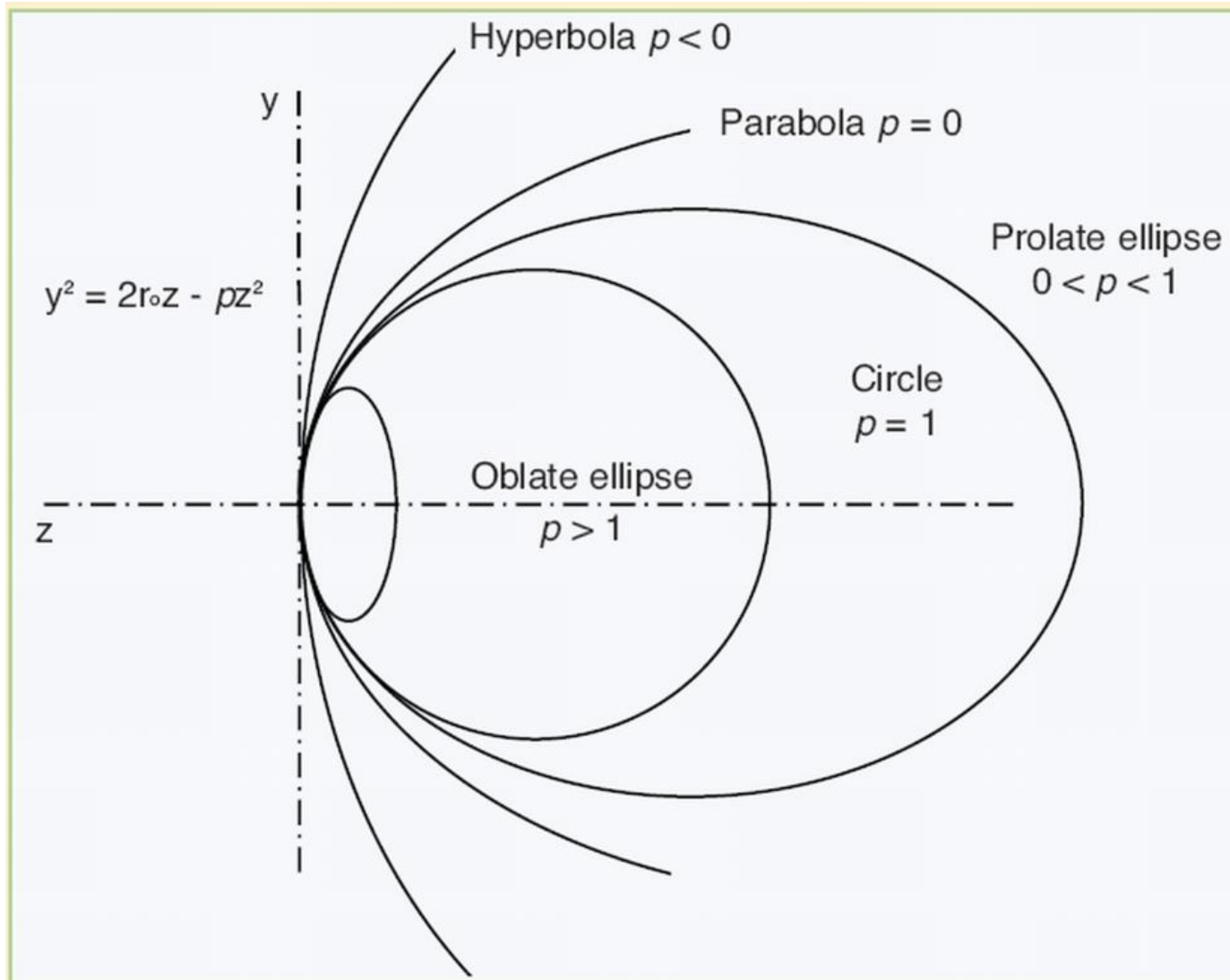


# Asférické brýlové čočky

- Korigují otvorovou vadu
- Plochy vytvořené pomocí kuželoseček
- Tenčí a ploší než sférické brýlové čočky

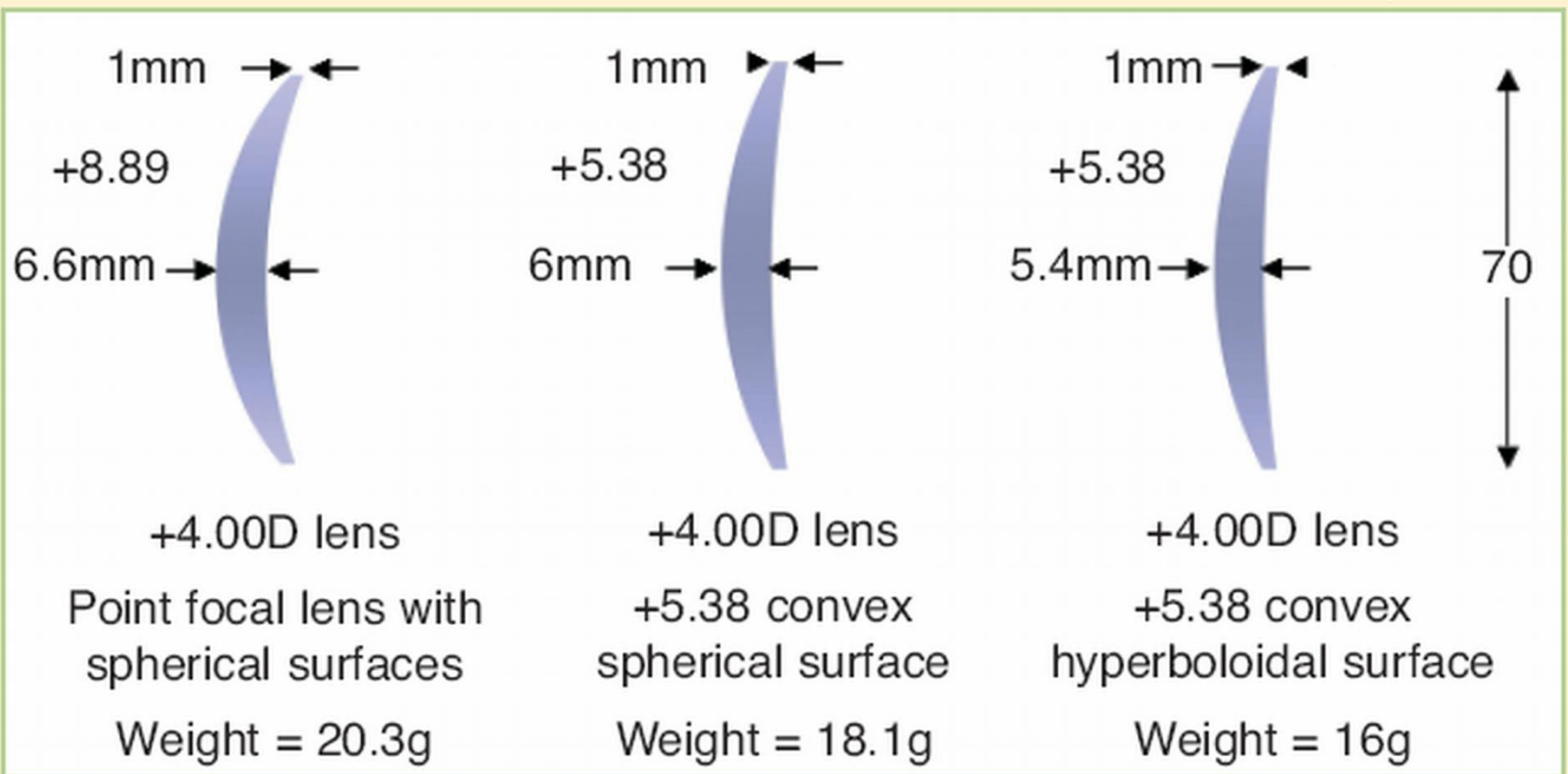


# Princip konstrukce asférických ploch

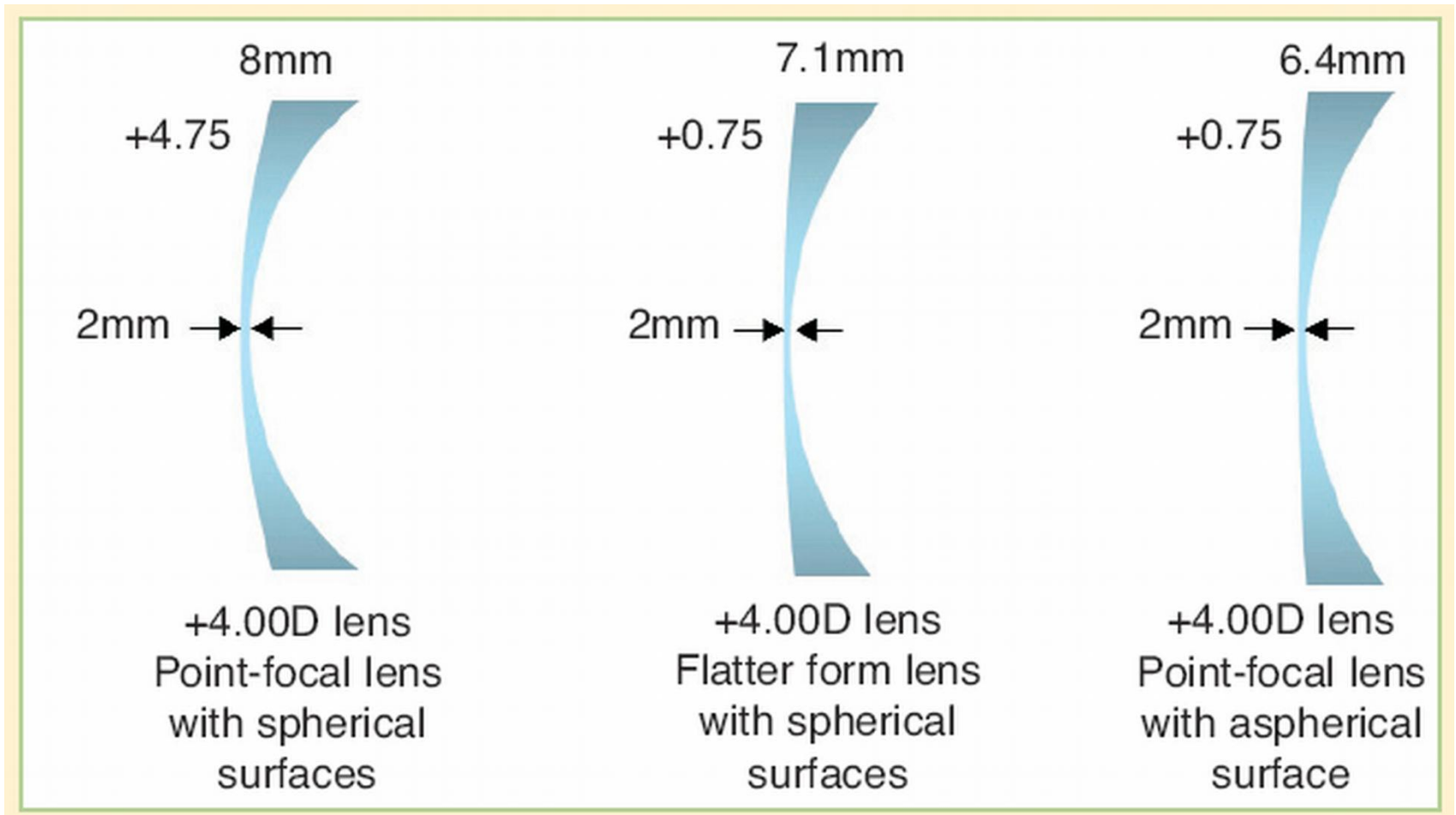


# Spojné asférické čočky

Comparison of centre thickness of +4.00D lenses made in spherical and hyperbolic forms.  
Note that the lenses are all of diameter 70mm with a 1mm edge thickness



# Rozptylné asférické čočky

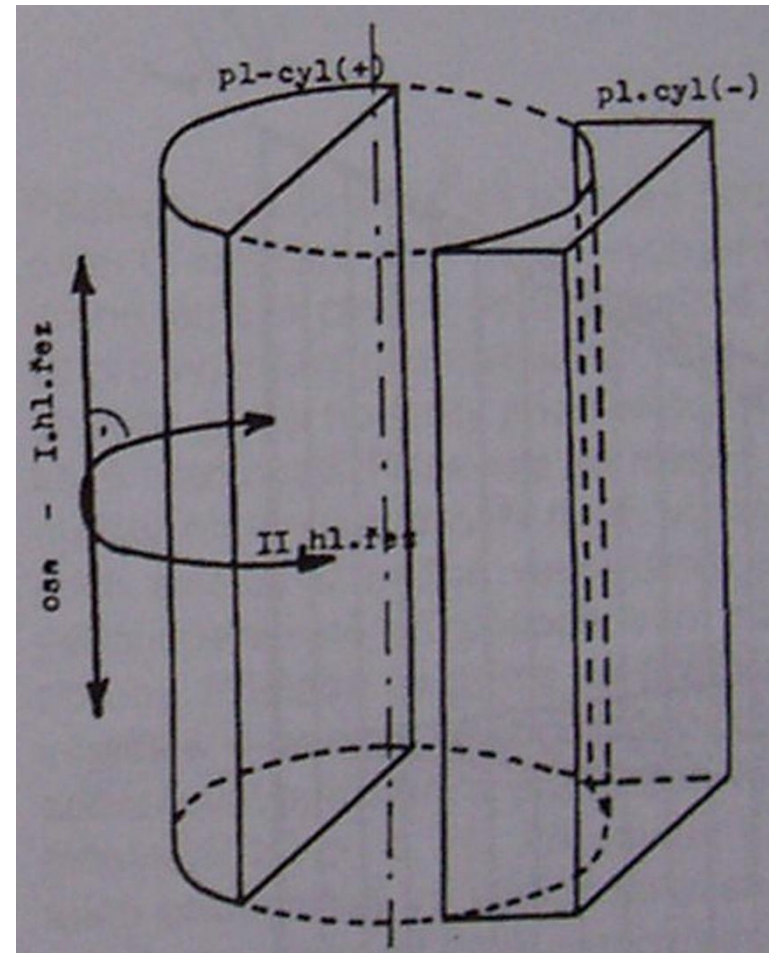


# Astigmatické čočky

- Plan-cylindrické
- Sféro-cylindrické
- Sféro-tórické

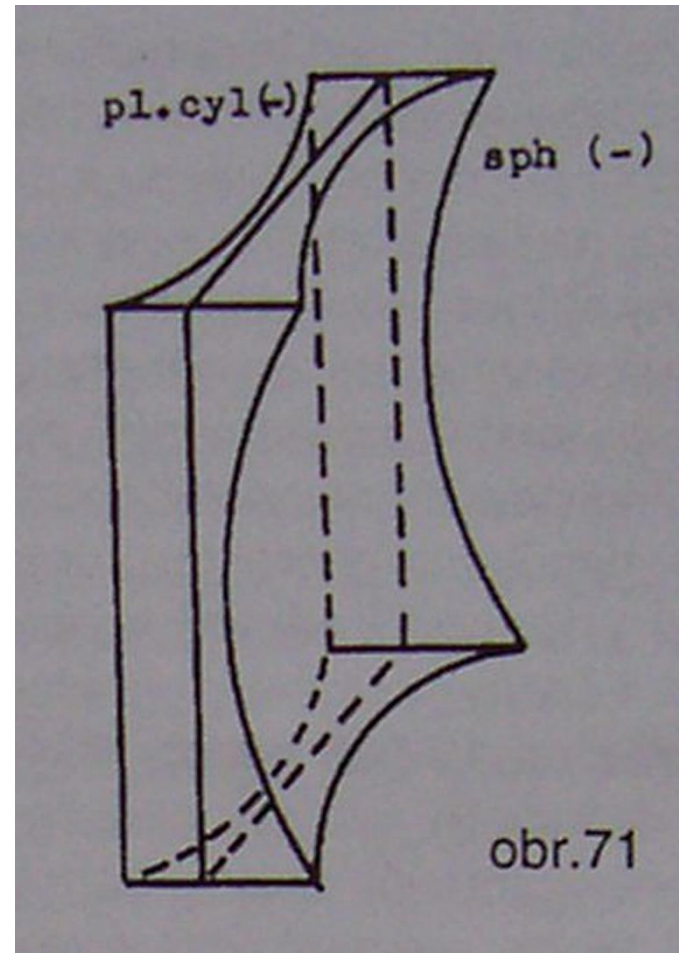
# Plan-cylindrické brýlové čočky

- Vznikne řezem rotačního válce, vedeným rovnoběžně s podélnou osou válce
- Optická mohutnost 1. hlavního řezu je maximální a 2. hl. řezu nulová



# Sféro-cylindrické brýlové čočky

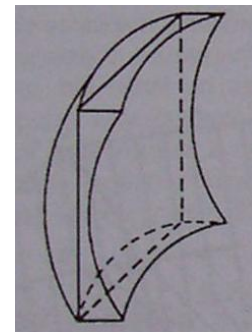
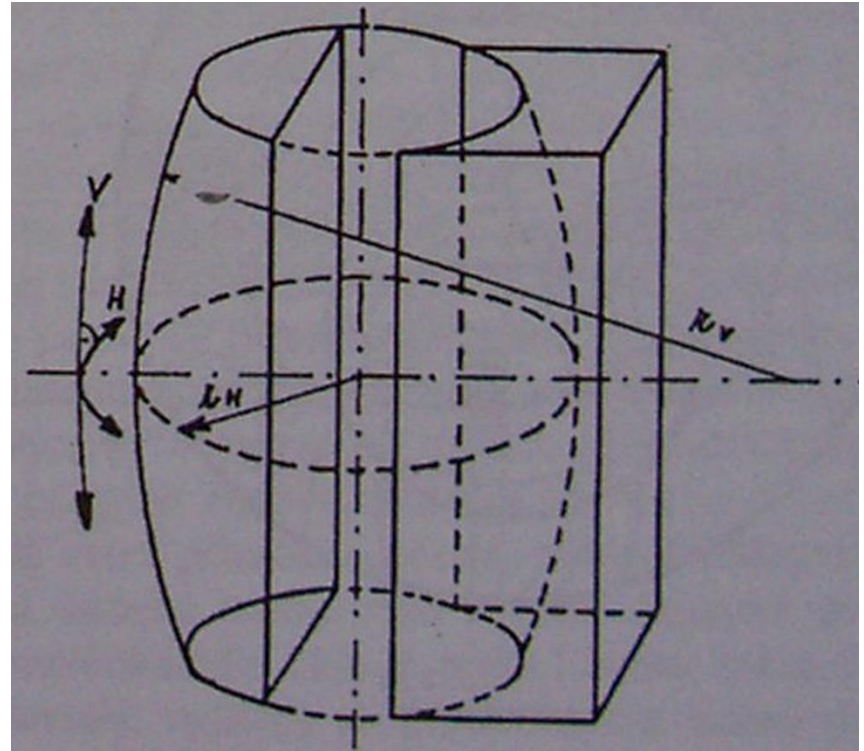
- Pokud nahradíme základní rovinou plochu plochou sférickou, získáme sféro-cylindrickou čočku





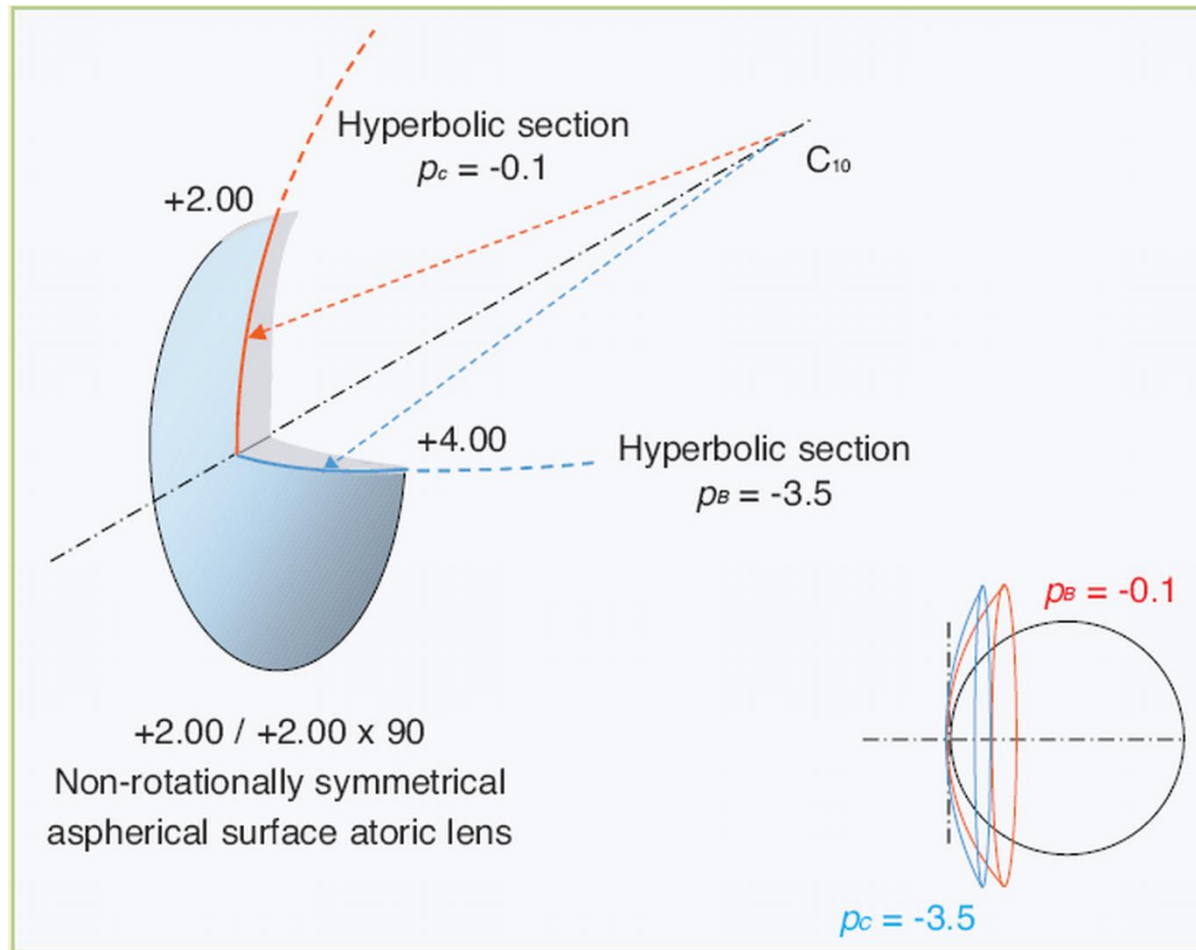
# Sféro-tórické brýlové čočky

- Předchozí čočky vykazují nepřijatelný stupeň astigmatismu šikmých paprsků
- Tórická plocha vzniká rotací kružnice o poloměru  $r_h$  kolem bodu, který leží mimo střed její křivosti
- Nejlepší je kombinace sféry a tórické plochy





# Atórické brýlové čočky

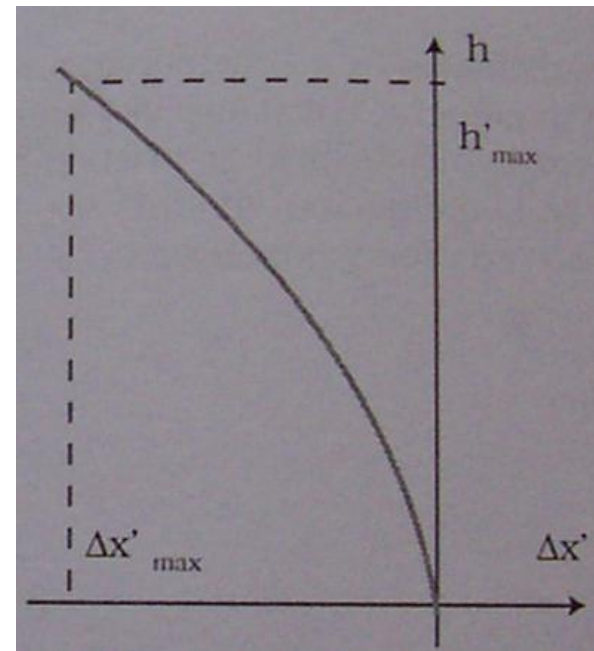
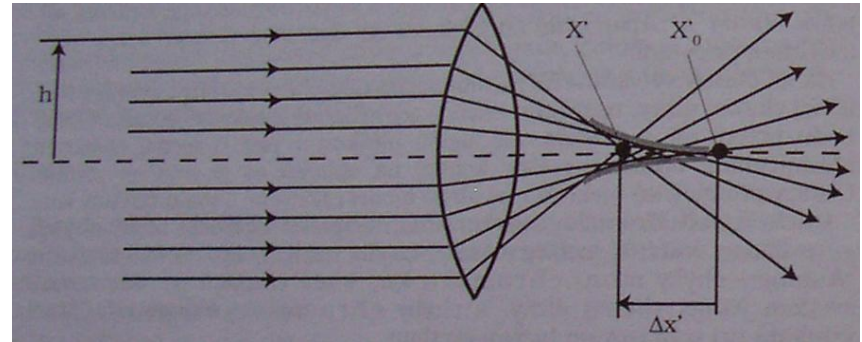


# Vady zobrazení brýlových čoček

- Monochromatické
  - Osové
    - Sférická vada
  - Mimoosové
    - Zkreslení (distorze)
    - Astigmatismus šikmých paprsků
    - Koma
- Barevné
  - Barevná vada zvětšení
  - Barevná vada polohy

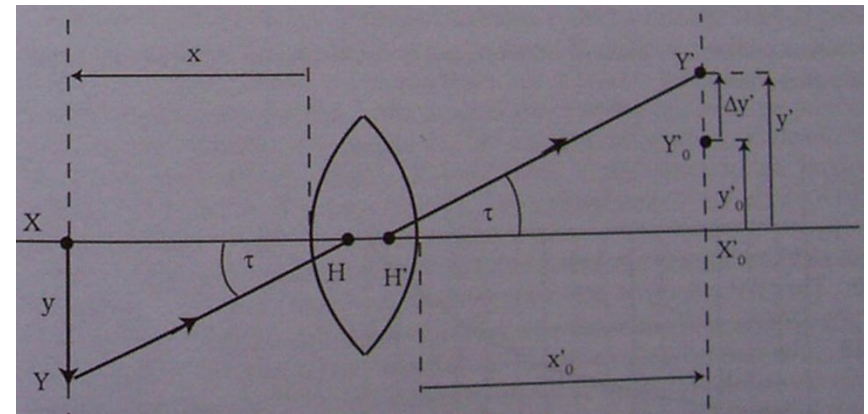
# Sférická (otvorová) vada

- Jednoduchá čočka vytváří obrazy s nepatrnými odchylkami od ideálního zobrazení pouze v paraxiálním prostoru
- Parsky jdoucí mimo paraxiální prostor vytváří plošku (místo bodu)



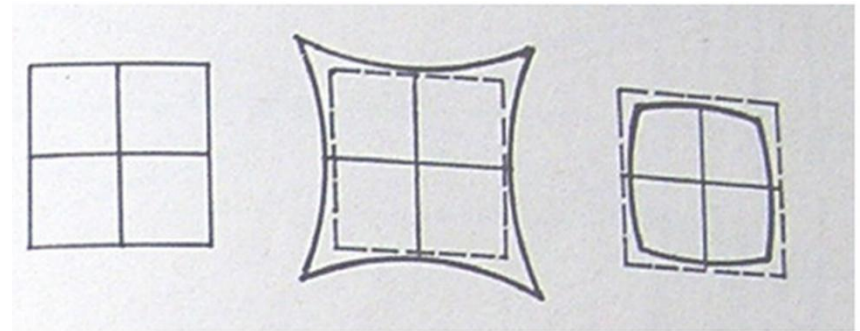
# Zkreslení (distorze)

- Hlavní paprsek protíná optickou po přechodu paraxiálním prostorem obrazovou rovinu v bodě  $Y'$
- Tento bod není totožný s ideálním obrazovým bodem  $Y_0'$
- Odchylka  $\Delta y'$  je tím větší, čím dále od optické osy soustavy leží bod předmětový bod  $Y$



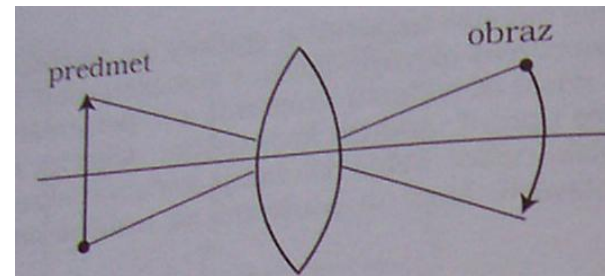
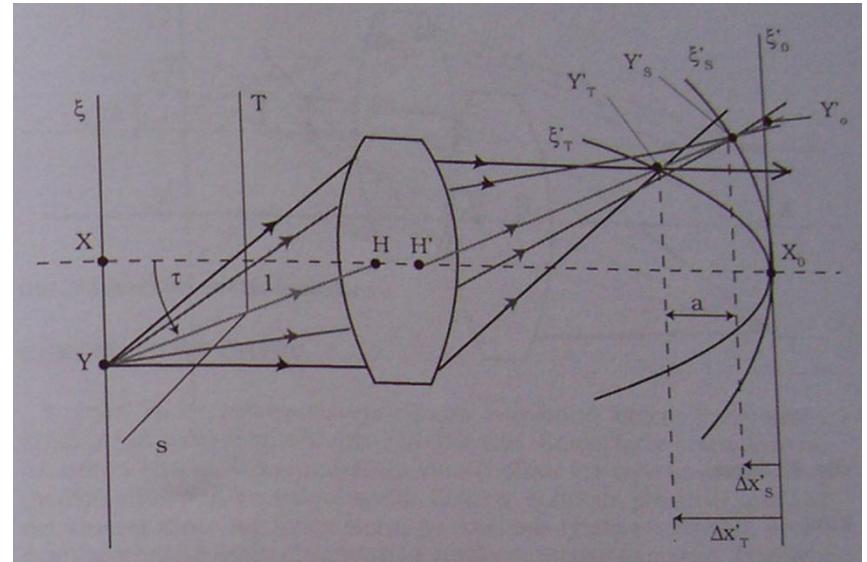
# Příčina zkreslení

- Zkreslení způsobuje různé příčné zvětšení v obrazovém poli
- $z = [(B - B_0)/B_0].100\%$
- $B = y'/y$      $B_0 = y_0'/y$
- $z = (y' - y_0')/y_0'$



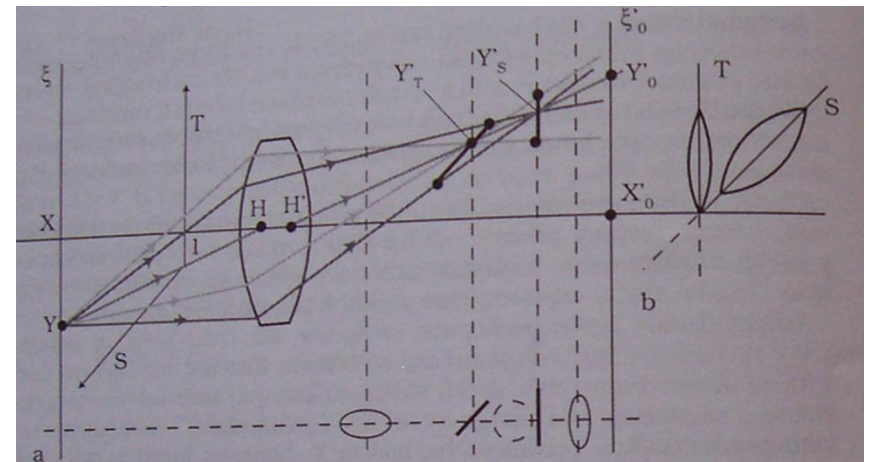
# Astigmatismus šikmých paprsků

- Z jednoho předmětového bodu, který leží mimo optickou osu vznikají dva obrazy (úsečky)
- S astigmatismem š.p. souvisí zklenutí pole = prohnutí obrazové roviny



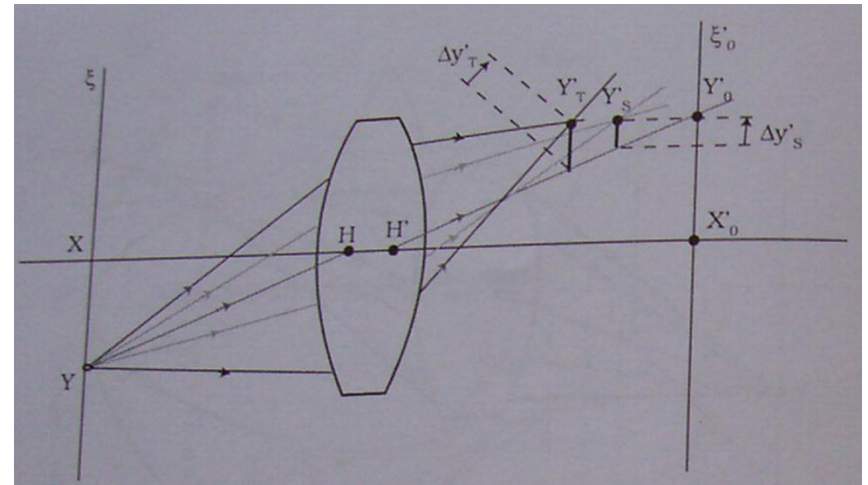
# Rozbor astigmatismu šikmých paprsků

- Úzký mimoosový světelný svazek
- Parsek je rozdělen do dvou rovin – tangeční (I) a sagitální (-)
- Obrazem jsou dvě fokály, mezi nimi je astigmatický rozdíl



# Koma

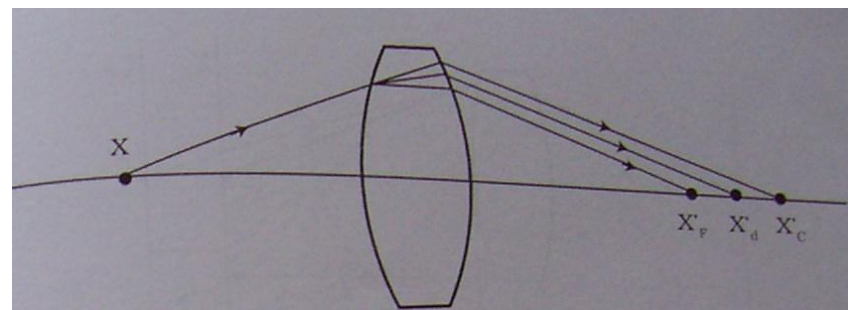
- Široký mimoosový svazek
- Tangenciální svazky vytváří obrazový bod  $Y_t'$  a sagitální obrazový bod  $Y_s'$ , které neleží v ose hlavního svazku ani v obrazové rovině





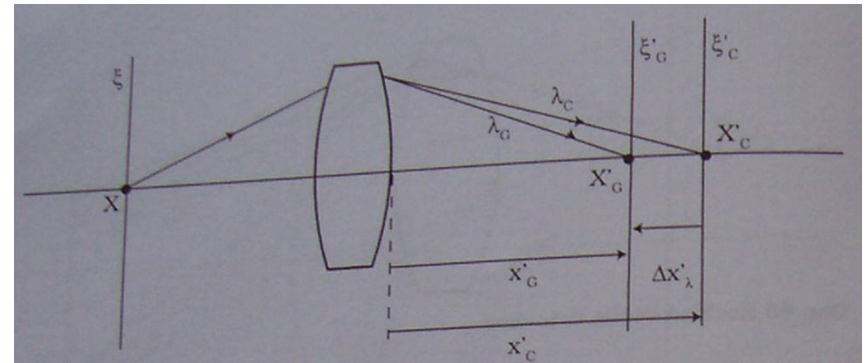
# Barevné vady zobrazení

- Předměty jsou zobrazovány ideálně bílým světlem
- Při zobrazení normální brýlovou čočkou dochází k rozkladu (disperzi) bílého světla



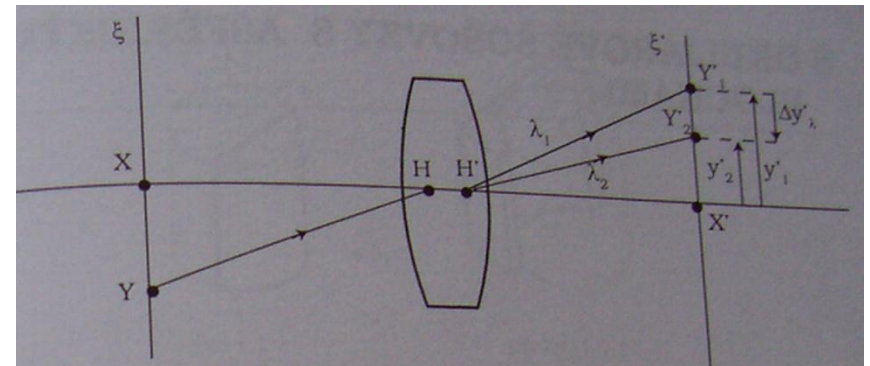
# Barevná vada polohy

- Vzdálenost mezi obrazy vytvořenými světly s různou vlnovou délkou
- $\Delta X' = X'_c - X'_g$



# Barevná vada velikosti

- Vzniká při různém příčném zvětšení pro určité barvy
- Obrazy vznikají v různých barvách a mají různou velikost
- $\Delta y' = y_1' - y_2'$



# Děkuji za pozornost

- Literatura:

- Najman, L.: Dílenská praxe očního optika, Brno: IDVPZ, 2001
- Rutrle, M.: Brýlová technika, estetika a přizpůsobování brýlí, Brno IDVPZ, 2001
- Polášek, J.: Technický sborník oční optiky, Praha: SNTL, 1975