

# Hypermetropie



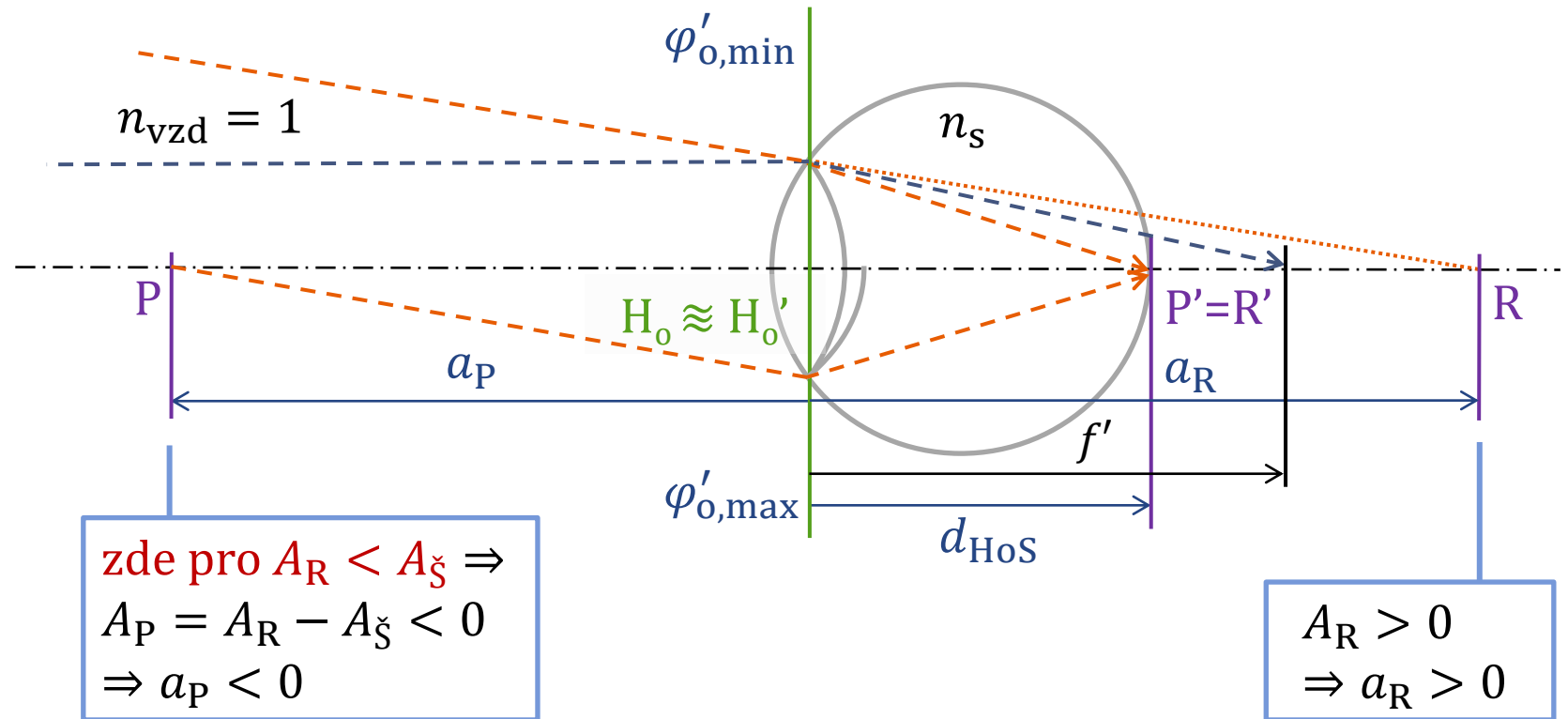
# Optická charakteristika hypermetropie

$$\varphi'_{o,\min} < D_{\text{HoS}} = \frac{n_s}{d_{\text{HoS}}}$$

$$\Rightarrow f' > d_{\text{HoS}}$$

$$\Rightarrow A_R > 0 \Rightarrow a_R > 0$$

- mohutnost relaxovaného hypermetropického oka je nižší, než jeho optická délka
- obrazové ohnisko leží za sítnicí
- daleký bod leží v konečné vzdálenosti za okem



# Klinický původ hypermetropie

## **jednoduchá hypermetropie**

- osová (axiální)
- systémová (refrakční):
  - indexová
  - rádiusová

$$d_{\text{HoS}} < f', \varphi'_{\text{o,min}} < D_{\text{HoS}}$$

- $d_{\text{o}} < 24 \text{ mm}$
- $\varphi'_{\text{o,min}} < 58,64 \text{ D}$ 
  - nižší indexy lomu prostředí
  - vyšší poloměry křivosti ploch

## **tranzitivní hypermetropie**

přechodná dalekozrakost (vlivem léků)

## **patologická hypermetropie**

onemocnění, úraz (subluxace čočky, nádory živnatky, defekty měnící polohu sítnice, afakie)

## **senilní hypermetropie**

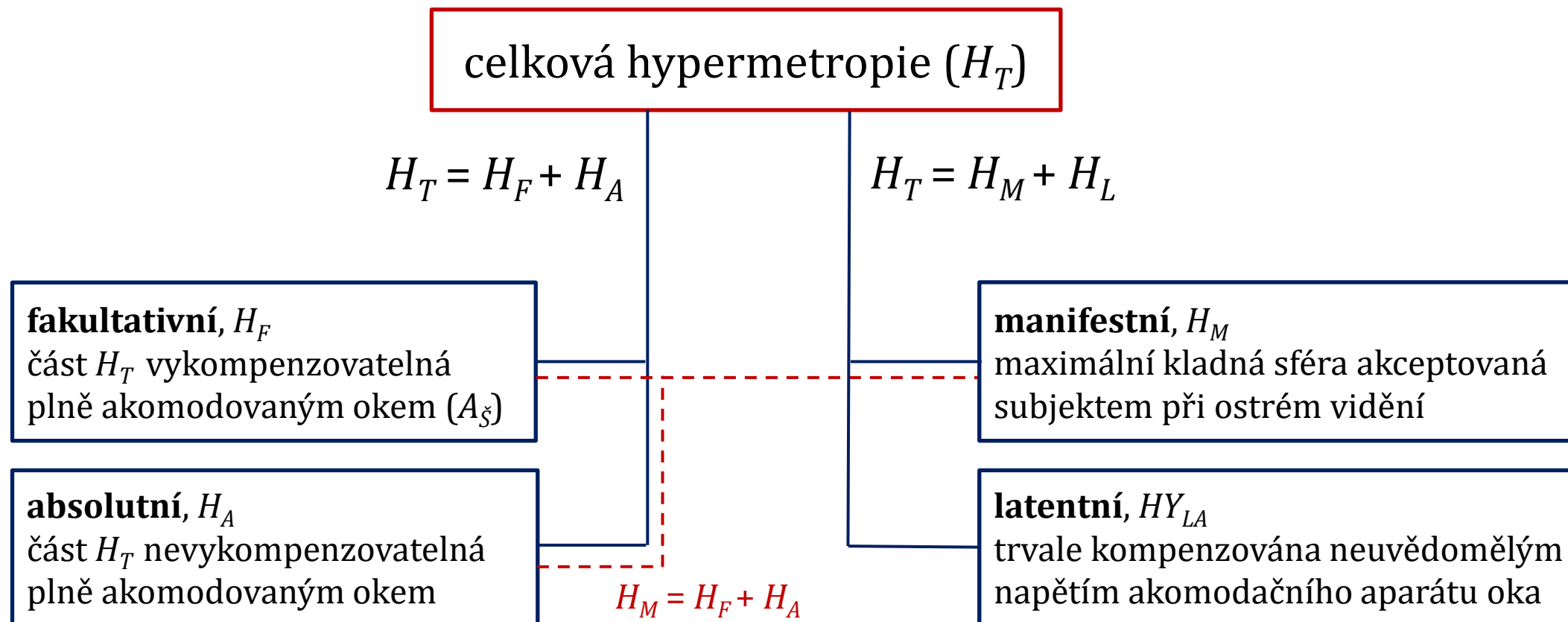
postupující s věkem: zmenšená zakřivení ploch, snížení indexu lomu jádra čočky, postupná manifestace latentní formy při snižování akomodační šíře

# Stupeň hypermetropie

nízká (lehká)	$0 < A_R \leq +2 \text{ D}$	tj. $0 <  A_R  \leq 2 \text{ D}$
střední	$+2 \text{ D} < A_R \leq +5 \text{ D}$	tj. $2 \text{ D} <  A_R  \leq 5 \text{ D}$
vysoká	$+5 \text{ D} < A_R$	tj. $5 \text{ D} <  A_R $

(rozdělení podle American Optometric Association)

# Další rozdělení hypermetropie



# Příklad : Interval ostrého vidění

Daleký bod oka leží ve vzdálenosti +20 cm od přední plochy oka.

- a) Jakou má oko refrakční vadu, jaká je jeho axiální refrakce?
- b) Vypočtete také akomodační šíři, pokud blízký bod leží ve vzdálenosti +50 cm, v nekonečné vzdálenosti, ve vzdálenosti  $-50$  cm od přední plochy oka.

# Korekce hypermetropie

Hypermetropie se koriguje spojkou, jejíž *obrazové ohnisko  $F'$*  leží v *dalekém bodě  $R$  oka (korekční podmínka)*.

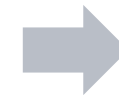
Předmětový bod na optické ose v nekonečnu je proto korekční čočkou zobrazen do dalekého bodu  $R$  oka a pak optickým systémem oka na jeho sítnici.

Platí:

$$s' = d + a_R$$



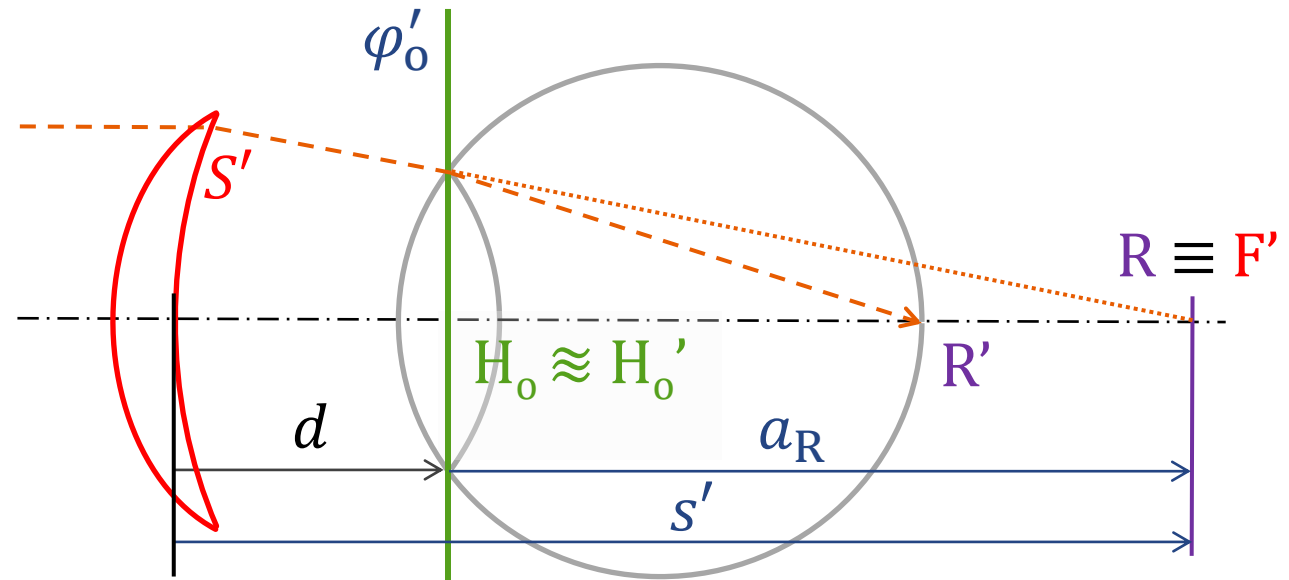
$$\frac{1}{s'} = S' = \frac{1}{a_R + d}$$



$$S' = \frac{A_R}{1 + dA_R}$$



$$A_R = \frac{S'}{1 - dS'}$$



Vrcholová lámavost  $S'$  ( $S' > 0$ ) korekční spojky je vždy **menší**, než axiální refrakce  $A_R$  oka.

# Příklad: Parametry oka

Oko je korigováno do dálky spojkou s vrcholovou lámavostí  $+6,0 \text{ D}$ , která je umístěna ve vzdálenosti  $14,0 \text{ mm}$  od oka. Určete

- a) o kolik dioptrií je třeba zvětšit nebo zmenšit optickou mohutnost oka (bez korekce), aby se stalo emetropickým,
- b) v jaké vzdálenosti od přední plochy oka vytváří tato spojka zobrazení osového bodu ležícího v nekonečné vzdálenosti před okem (zanedbejte vzdálenost hlavních bodů oka od rohovky),
- c) skutečnou mohutnost oka, pokud je vzdálenost obrazového hlavního bodu od sítnice rovna  $21,0 \text{ mm}$  (index lomu sklivce dosad'te podle Gullstrandova oka).

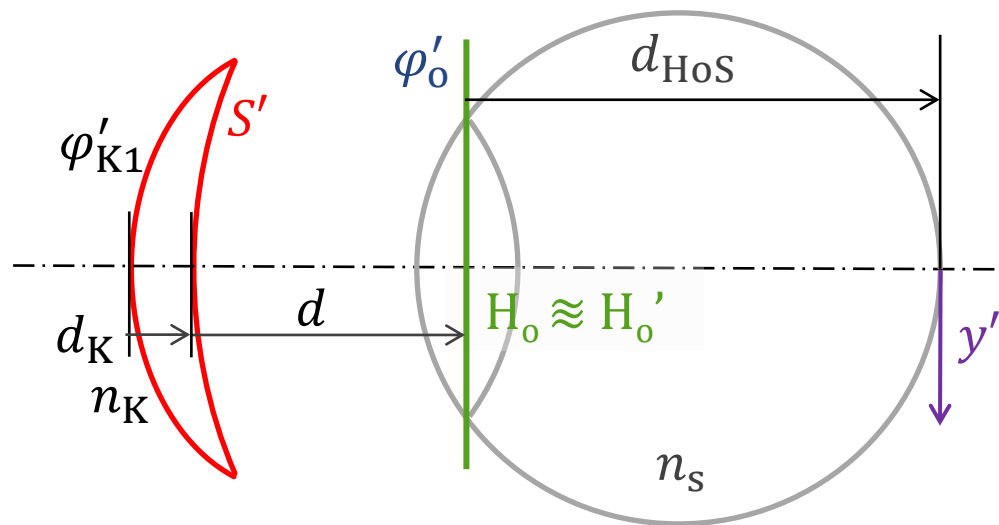


# Velikost obrazu na sítnici hypermetropického oka

$$y' = \frac{1}{(1 - dS')} \frac{1}{(1 - \bar{d}_K \varphi'_{K1})} \frac{d_{HoS}}{n_s} \operatorname{tg} \alpha = F_P \times F_F \times y'_u \approx \frac{1}{(1 - dS')} \frac{d_{HoS}}{n_s} \operatorname{tg} \alpha$$

zvětšení  $M_K$  bez  
korekční čočky

aproximace tenké  
korekční čočky



Pro přibližný výpočet zanedbáváme vliv tvarového faktoru  $F_F = 1/(1 - \bar{d}_K \varphi'_{K1})$ . Zvětšení korekční spojky pak závisí na mohutnostním, „power“ faktoru  $F_P = (1 + dA_R) = 1/(1 - dS') = A_R/S'$ .

Lze jej zapsat jako  $F_P = (1 + dA_R)$ . Sítnicový obraz je tedy **větší** pro **větší** hodnotu hypermetropie a/nebo **větší** vzdálenost korekční spojky od oka.

# Přepočet vrcholové lámavosti

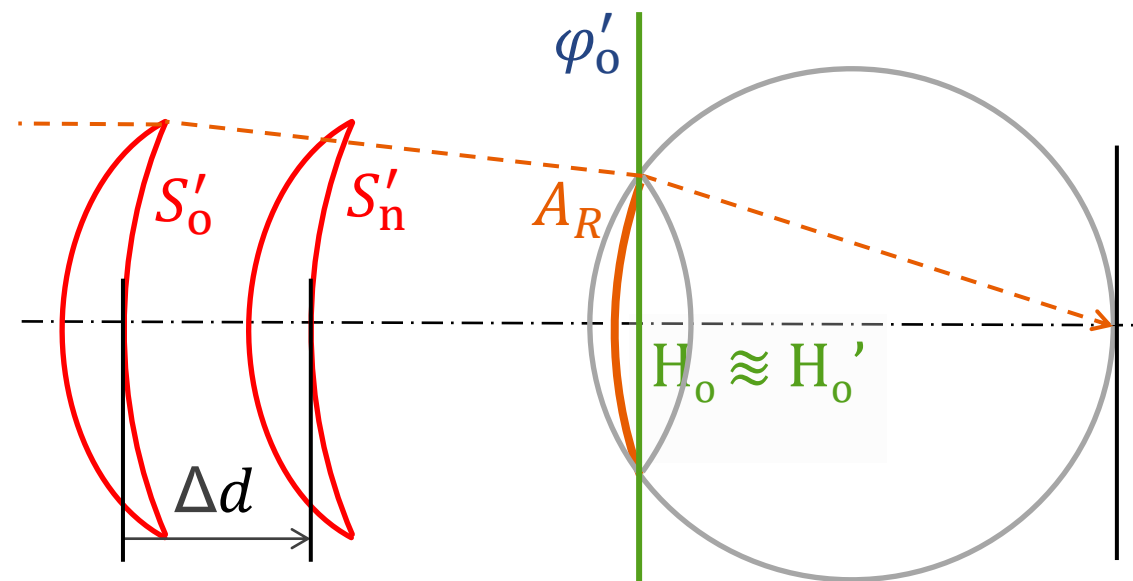
Požadovanou vrcholovou lámavost  $S'_n$  spojky v nové poloze určíme z vrcholové lámavosti  $S'_0$  spojky v původní poloze takto:

Původní spojka transformuje svazek z nekonečna s vergencí 0 D na sbíhavý svazek, který má těsně za zadní plochou spojky vergenci  $S'_0$  a vergenci  $A_R$  na předmětové hlavní rovině oka (propagace svazku).

Nová spojka transformuje svazek z nekonečna na sbíhavý svazek, který má těsně za její zadní plochou vergenci  $S'_n$ , a ta musí odpovídat *vergenci původního svazku ve stejném místě*.

Proto platí:

$$\rightarrow S'_n = \frac{S'_0}{1 - \Delta d S'_0}$$



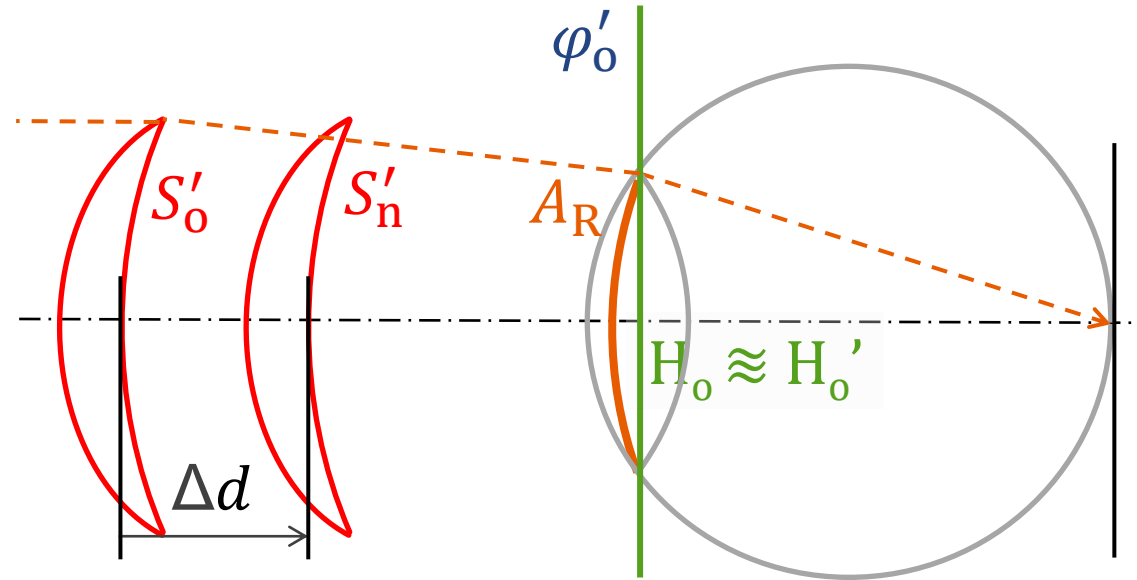
Pokud je korekční spojka přesunuta **blíže** k oku, musí být **silnější** (hodnota  $S'_n$  její vrcholové lámavosti **větší**).

# Přepočet velikosti obrazu na sítnici

Při změně polohy (vzdálenosti) korekční spojky se změní velikost sítnicového obrazu.

Pro poměr  $\beta_{no}$  velikostí nového a původního sítnicového obrazu platí:

$$\beta_{no} = \frac{y'_n}{y'_o} = \frac{S'_o}{S'_n} = S'_o \frac{1 - \Delta d S'_o}{S'_o} = 1 - \Delta d S'_o \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} \text{Změna v \%:} \\ -\Delta d S'_o \times 100 \% \end{array}$$



$\Delta d = d_o - d_n$  je kladné při posunutí korekční spojky směrem k oku, tj. obraz na sítnici se **zmenší** při **přiblížení** spojky k oku

# Příklady: Velikost obrazu a přepočty lámavosti

Po aplikaci brýlové čočky se zanedbatelnou vrcholovou tloušťkou do vzdálenosti 15,0 mm od oka se obraz na sítnici zvětšil o 10 % vzhledem k velikosti sítnicového obrazu pro oko bez korekce. Určete vrcholovou lámavost brýlové čočky a axiální refrakci oka.

Oko je korigováno spojkou s vrcholovou lámavostí +6,0 D ve vzdálenosti 13,0 mm od přední plochy rohovky. Vizus s touto korekcí má hodnotu 1,0. Určete novou hodnotu vrcholové lámavosti, procentuální změnu velikosti sítnicového obrazu a novou hodnotu vizu

- a) pro korekční spojku ve vzdálenosti 20,0 mm,
- b) pro kontaktní čočku.

# Příklady: Velikost obrazu a přepočty lámavosti

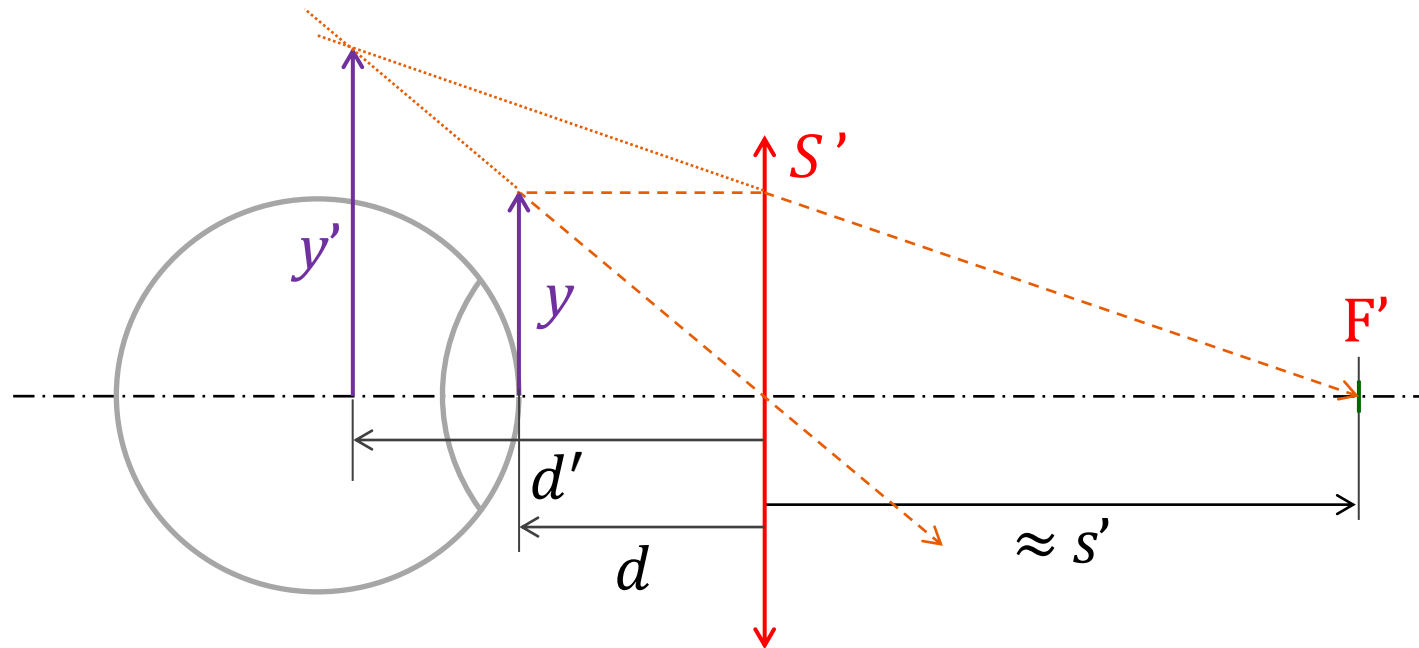
Oko je korigováno spojkou s vrcholovou lámavostí  $+6,0$  D. Při změně vzdálenosti korekční čočky se sítnicový obraz zmenšil o 6 %.

- a) O jakou změnu vzdálenosti se jednalo? Je po změně korekční čočka blíže nebo dále od oka?
- b) Jaká je nová hodnota vrcholové lámavosti korekční čočky?

Hypermetropické oko bylo původně korigováno brýlovou čočkou s vrcholovou lámavostí  $+5,0$  D. Pro novou vzdálenost brýlové čočky od oka musela být použita čočka s vrcholovou lámavostí  $+4,75$  D.

- a) Je nová brýlová čočka umístěna blíže k oku, nebo dále od oka než ta původní?
- b) O kolik procent se změnila velikost sítnicového obrazu? Zmenšil se, nebo se zvětšil?
- c) Vizus s původní čočkou byl 0,9. Jaký je vizus s novou čočkou?
- d) O jakou vzdálenost byla čočka posunuta?

# Zdánlivá velikost oka za brýlovou čočkou



velikost obrazu oka  $y'$  za brýlovou čočkou:

$$y' = \frac{d'}{d} y = \frac{y}{1 + dS'} = \frac{y}{1 - |d|S'}$$

oko se jeví **větší** pro silnější spojku a/nebo její větší vzdálenost od oka

# Příklad: Zdánlivá velikost oka za brýlovou čočkou

Myopické oko je korigováno brýlovou rozptylkou s vrcholovou lámavostí  $+5,0$  D umístěnou ve vzdálenosti  $13,0$  mm od přední plochy rohovky. Skutečná výška oka je  $9,0$  mm. Jaká bude zdánlivá výška oka za brýlovou čočkou (výška virtuálního obrazu oka)?

# Afakie





# Afakické oko

Oko, které pozbylo oční čočku (chirurgickým zákrokem při šedém zákalu, po úrazu, apod.)



Julius Hirschberg

Hirschbergova empirická formule (1897):

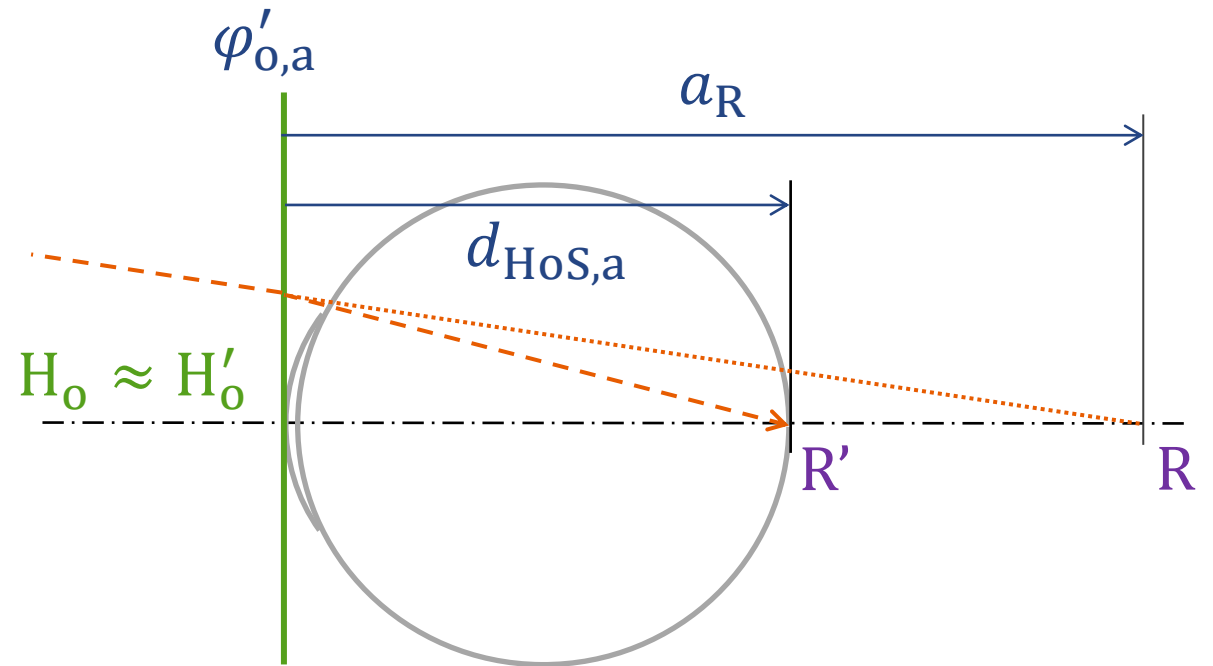
$$A_{Rn} \approx \frac{A_{Ro}}{2} + 10 D$$

$A_{Ro,n}$  ... axiální refrakce oka před, resp. po extrakci oční čočky

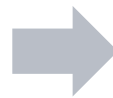
# Afakické Gullstrandovo oko

Optický systém oka je tvořen *pouze* rohovkou:

- hlavní body leží asi 0,05 mm před přední plochou rohovky
- $d_{\text{HoS},a} = 24,05 \text{ mm}$  ( $d_o = 24,00 \text{ mm}$ )
- $\varphi'_{o,a} = 43,05 \text{ D}$



$$A_{R,a} = D_{\text{HoS},a} - \varphi'_{o,a} = \frac{n_s}{d_{\text{HoS},a}} - \varphi'_{o,a}$$



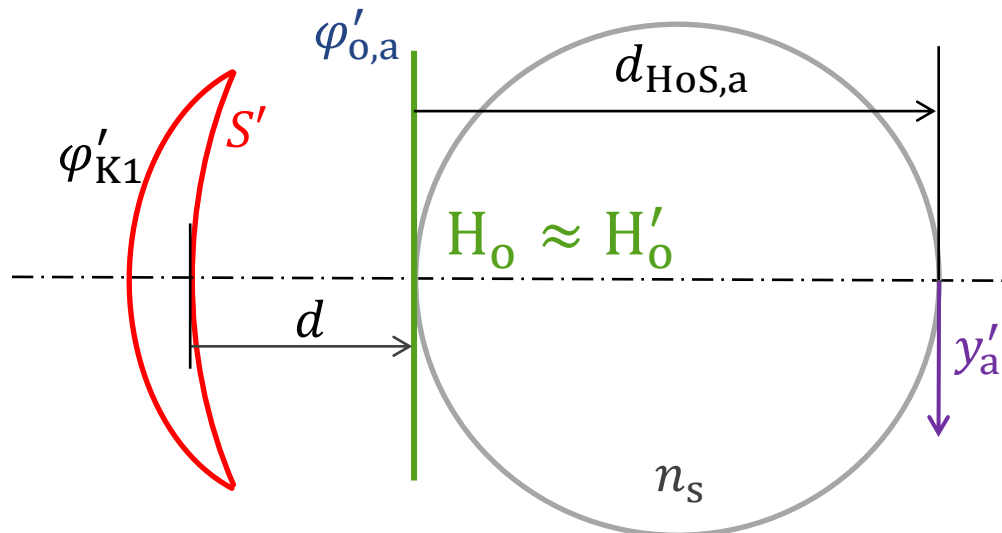
$$\begin{aligned} A_{R,a} &\approx +12,50 \text{ D} \\ a_{R,a} &\approx +80 \text{ mm} \end{aligned}$$

# Velikost obrazu na sítnici afakického oka

$$y' \approx (1 + dA_R) \frac{d_{\text{HoS}}}{n_s} \text{tg } \alpha = F_P \times y'_u$$

zvětšení  
korekční čočky

bez  
korekce



- Zanedbali jsme vliv tvarového faktoru čočky.
- Vzdálenosti  $d_{\text{HoS},a}$  a  $d$  se měří od hlavních bodů ležících 0,05 mm před přední plochou rohovky, tj.
  - $d_{\text{HoS},a} = 24,05 \text{ mm}$
  - $d$  lze měřit přímo od přední plochy rohovky
- Porovnáme s nekorigovaným Gullstrandovým okem s čočkou ( $d_{\text{HoS},f} = 22,40 \text{ mm}$ ):

$$\beta_{af} = \frac{y'_a}{y'_f} = \frac{(1 + dA_{R,a}) \frac{d_{\text{HoS},a}}{n_s} \text{tg } \alpha}{\frac{d_{\text{HoS},f}}{n_s} \text{tg } \alpha} = (1 + dA_{R,a}) \frac{d_{\text{HoS},a}}{d_{\text{HoS},f}}$$

- brýlová čočka ( $d = 12 \text{ mm}$ ):  $\beta_{af} = 1,23$  (+23 %)
- kontaktní čočka ( $d = 0$ ):  $\beta_{af} = 1,07$  (+7 %)

Zrakové centrum je schopno kompenzovat rozdíl velikosti sítnicových obrazů (aniseikonii) asi do 3 % při zachování binokulárního vidění. Asi nad 5 % už prakticky není binokulární vidění možné.

(viz např. O Katsumi et al (1986) Investigative Ophthalmology & Visual Science 27, p. 601.)