

Hypermetropie



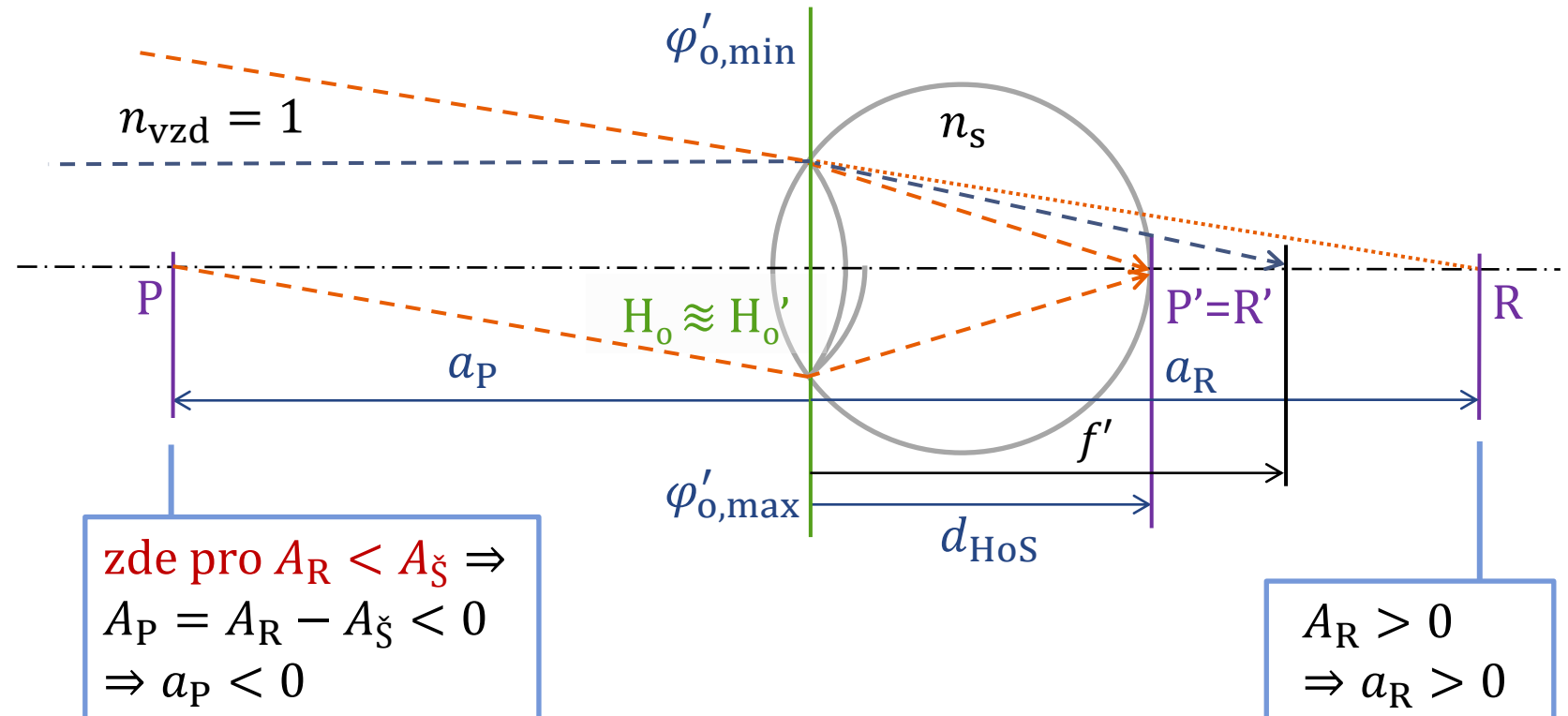
Optická charakteristika hypermetropie

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

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

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

- 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

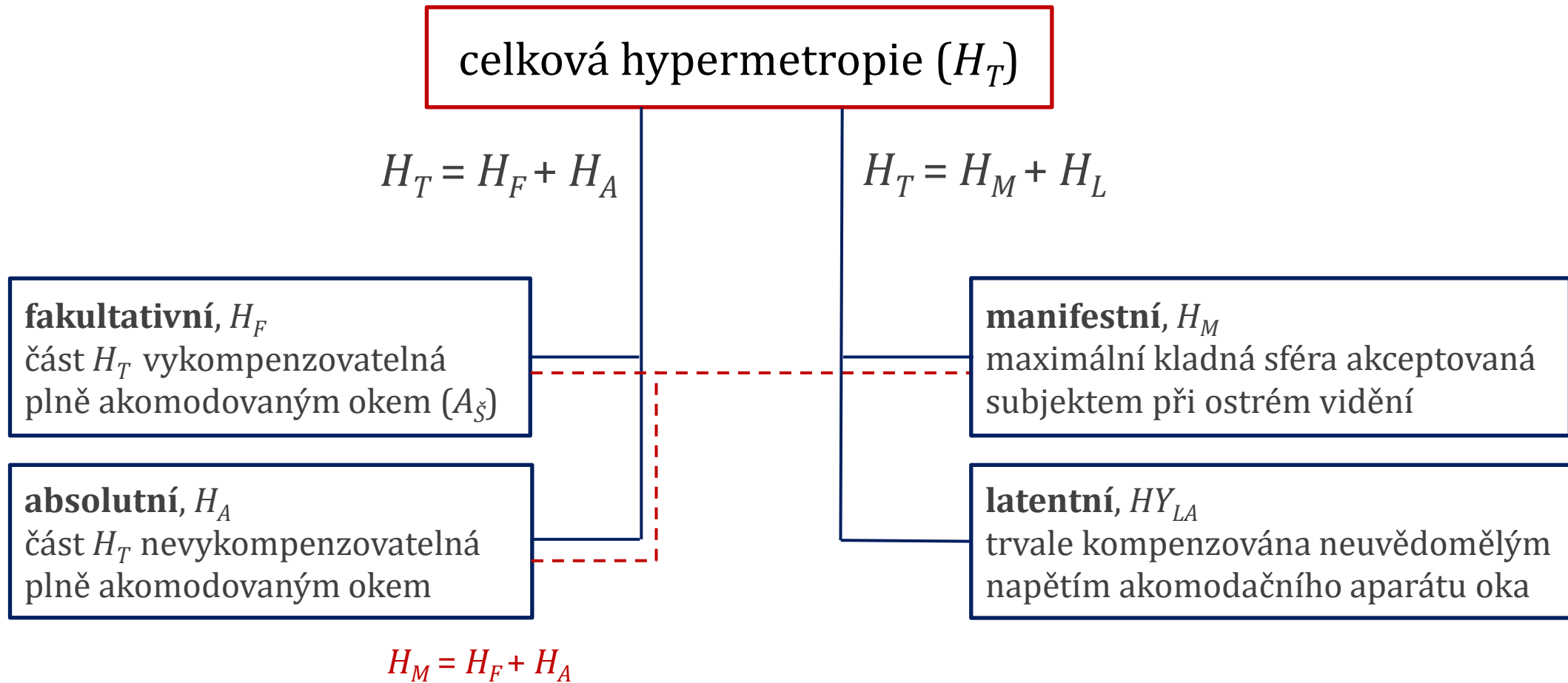
postupující s věkem: zmenšená zakřivení ploch, snížení indexu lomu jádra čočky, postupná manifestace latentní formy při snižování akomodační šíře

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 : Intervaly ostrého vidění

Hypermetrop s axiální refrakcí $A_R = +5 \text{ D}$ má akomodační šíři a) $A_\xi = 5 \text{ D}$ a b) $A_\xi = 10 \text{ D}$.
Určete a graficky znázorněte akomodační intervaly (intervaly ostrého vidění).

Korekce hypermetropie

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

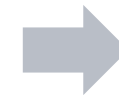
Předmětový bod na optické ose v nekonečnu je proto korekční čočkou zobrazen do dalekého bodu R oka a pak optickým systémem oka na jeho sítnici.

Platí:

$$s' = d + a_R$$



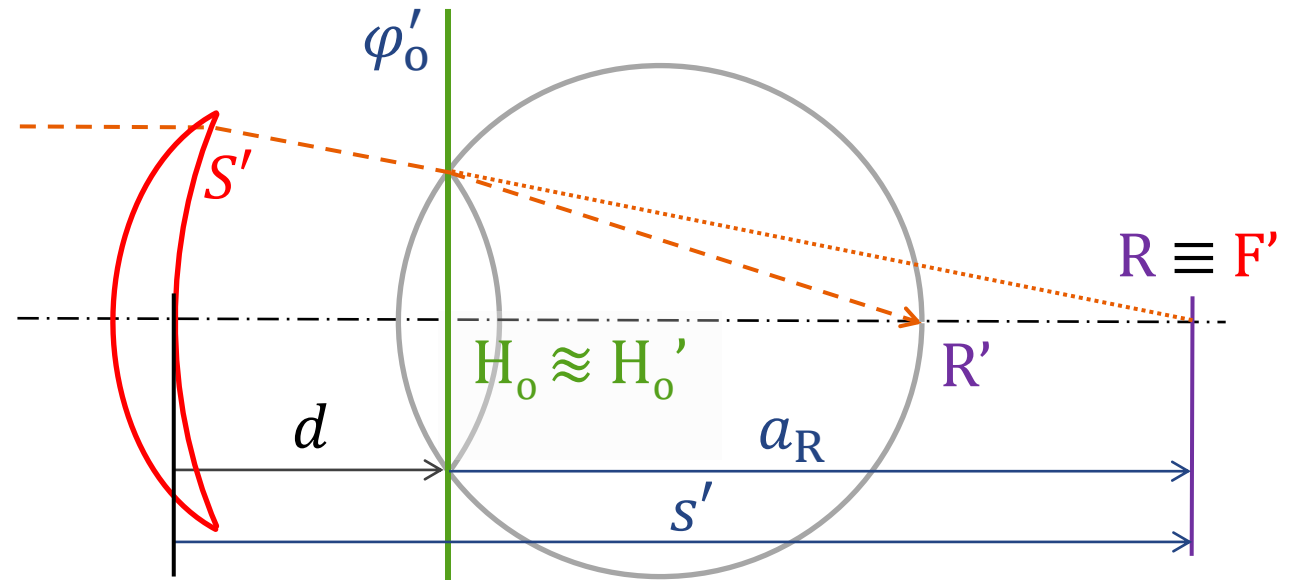
$$\frac{1}{s'} = S' = \frac{1}{a_R + d}$$



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



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



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

Příklad: Poloha dalekého bodu

Korekční spojka má (zadní) vrcholovou lámavost $S' = +8$ D. Spojka je umístěna (vrcholem zadní plochy) ve vzdálenosti 15 mm od oka. Určete vzdálenost dalekého bodu oka.

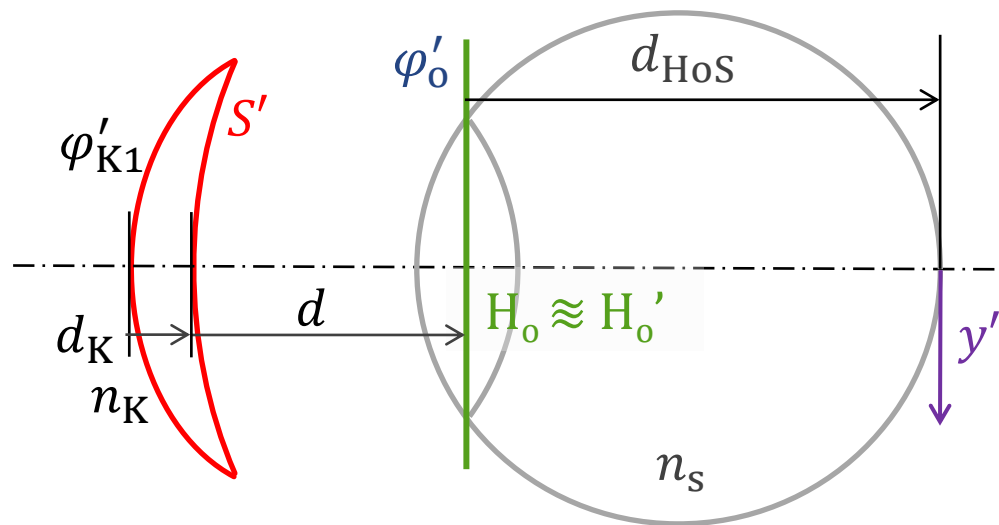
Vypočtete výsledek

- a) přibližně (považujte uvedenou vzdálenost přibližně za vzdálenost od předmětové hlavní roviny oka),
- b) b) přesně (vezměte v úvahu vzdálenost 1,35 mm předmětové hlavní roviny oka od přední plochy rohovky).

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 korekční čočky bez korekce aproximace tenké korekční čočky



Obvykle 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.

Příklad: Velikost sítnicového obrazu

Oko s axiální refrakcí +4 D korigované brýlovou čočkou ve vzdálenosti 12 mm od přední plochy rohovky pozoruje postavu vysokou 170 cm stojící ve vzdálenosti 10 m. Vypočtete velikost sítnicového zobrazení této postavy. Porovnejte ji s velikostí zobrazení na sítnici nekorigovaného oka – o kolik procent se liší? Jak velké bude zobrazení, pokud pozorovaný člověk poodejde do vzdálenosti 20 m?

Přepočet vrcholové lámavosti

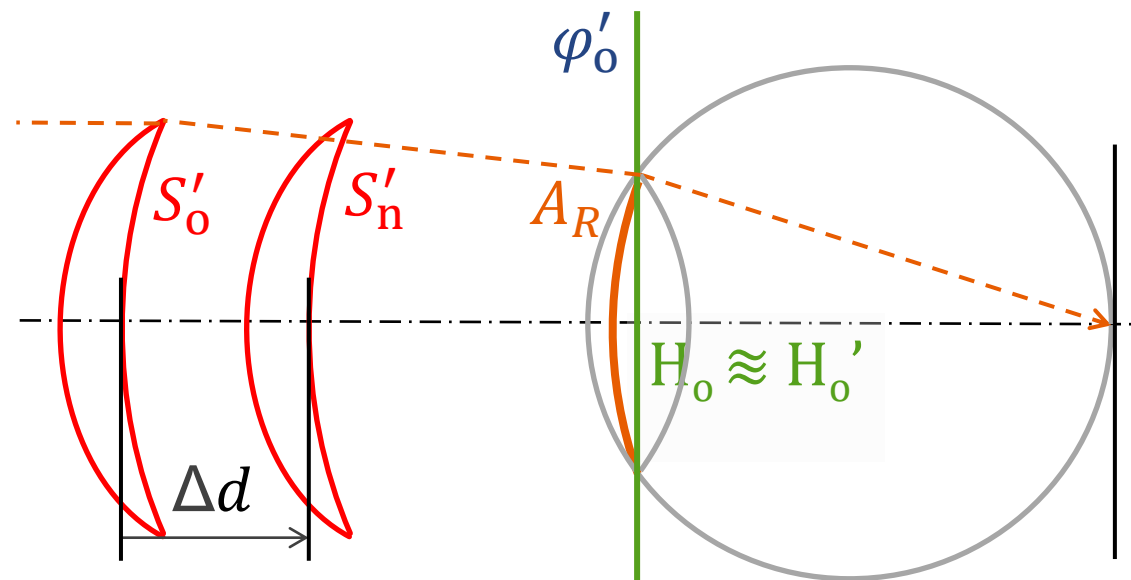
Požadovanou vrcholovou lámavost S'_n spojky v nové poloze určíme z vrcholové lámavosti S'_o spojky v původní poloze takto:

Původní spojka transformuje svazek z nekonečna s vergencí 0 D na sbíhavý svazek, který má těsně za zadní plochou spojky vergenci S'_o 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:

$$\Rightarrow S'_n = \frac{S'_o}{1 - \Delta d S'_o}$$



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

Příklad: Přepočet vrcholové lámavosti

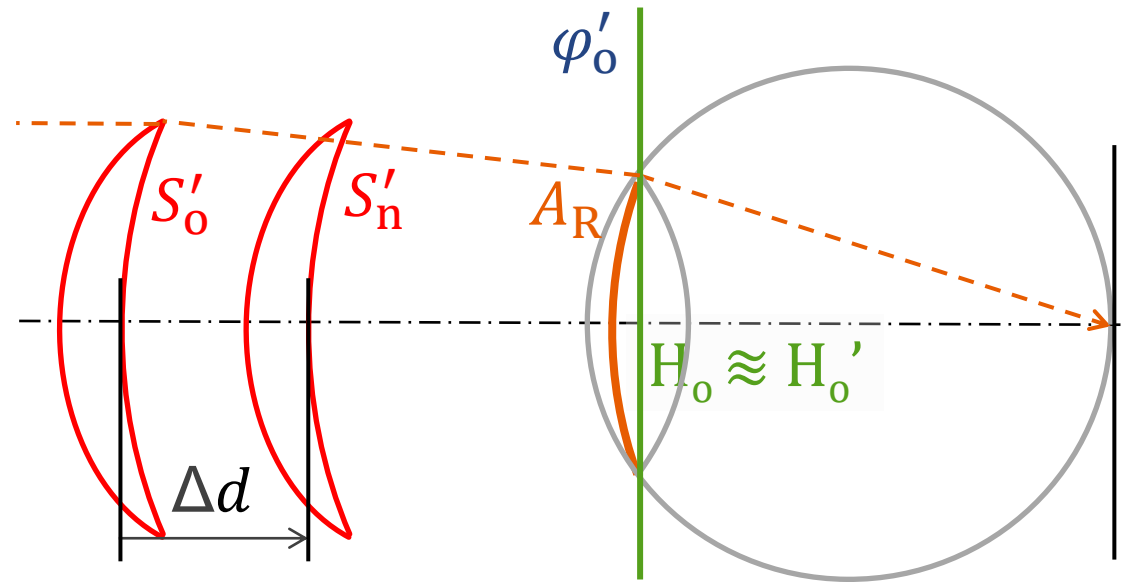
Brýlová korekce oka +10 D byla zjištěna při umístění korekční čočky ve vzdálenosti 20 mm od oka (ve zkušební obrušbě). Určete potřebou vrcholovou lámavost korekční brýlové čočky, která má být umístěna ve vzdálenosti 12 mm od oka, a kontaktní čočky (v nulové vzdálenosti).

Přepočet velikosti obrazu na sítnici

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

Pro poměr β_{no} velikostí nového a původního sítnicového obrazu platí:

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



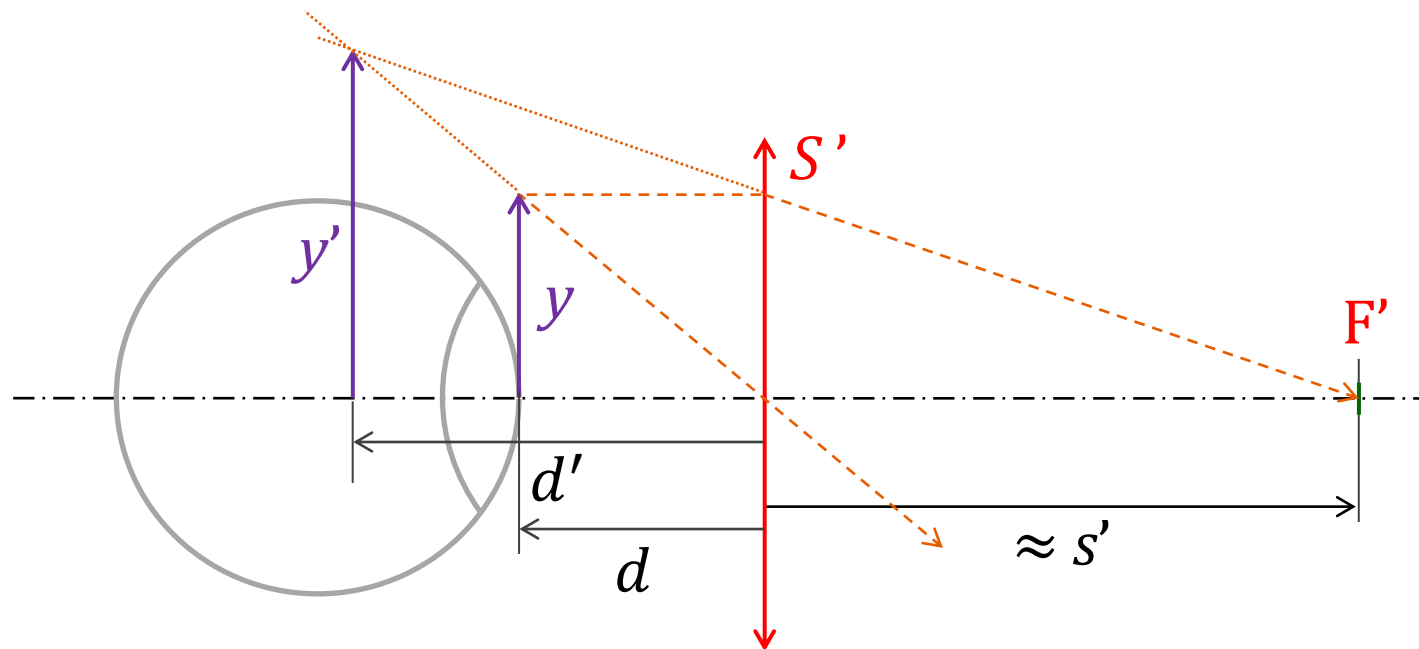
$\Delta d = d_o - d_n$ je kladné při posunutí korekční spojky směrem k oku, tj. obraz na sítnici se **zmenší** při **přiblížení** spojky k oku

Příklady: Přepočty velikosti sítnicového obrazu

Oko je korigováno spojkou s vrcholovou lámavostí $+10\text{ D}$ ve vzdálenosti 20 mm od přední plochy rohovky. Nahradíme ji kontaktní čočkou. Jak se tato změna v korekci projeví na velikosti obrazu (o kolik procent a jak se změní obraz) a na hodnotě vizu? Předpokládejte, že původní vizus byl a) $1,0$, b) $0,8$.

Oko je korigováno spojkou s vrcholovou lámavostí $+10\text{ D}$ v určité vzdálenosti. Při změně vzdálenosti korekční čočky se sítnicový obraz zvětšil o 12% . O jakou změnu vzdálenosti se jednalo? Je nová poloha korekční čočky blíže nebo dále od oka?

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

Afakie



Afakické oko

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



Julius Hirschberg

Hirschbergova empirická formule (1897):

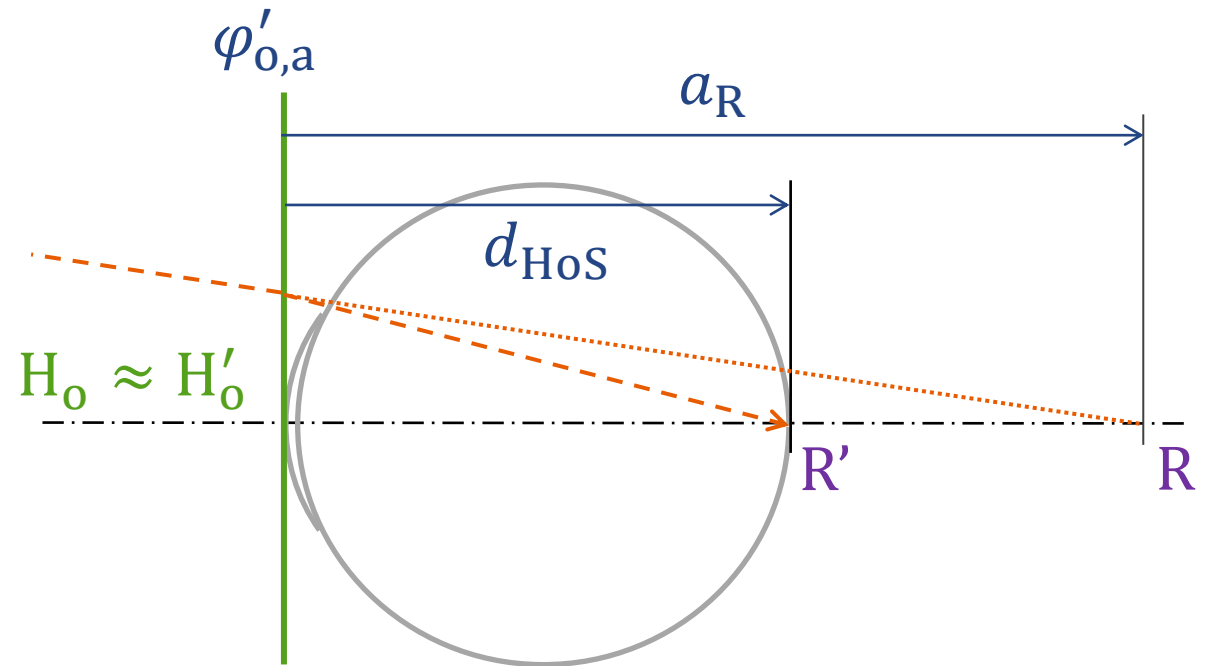
$$A_{Rn} \approx \frac{A_{Ro}}{2} + 10 D$$

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

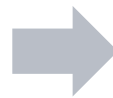
Afakické Gullstrandovo oko

Optický systém oka je tvořen *pouze* rohovkou:

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



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



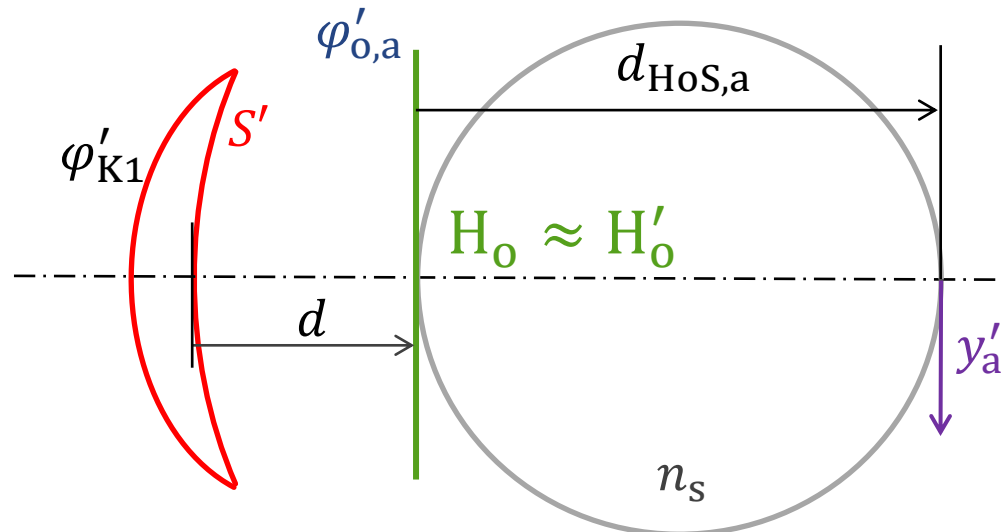
$$\begin{aligned} A_R &\approx +12,50 \text{ D} \\ a_R &\approx +80 \text{ mm} \end{aligned}$$

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_{HoS} 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 ($d_{\text{HoS},f} = 22,40 \text{ mm}$):

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

- 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.)