

Hypermetropie



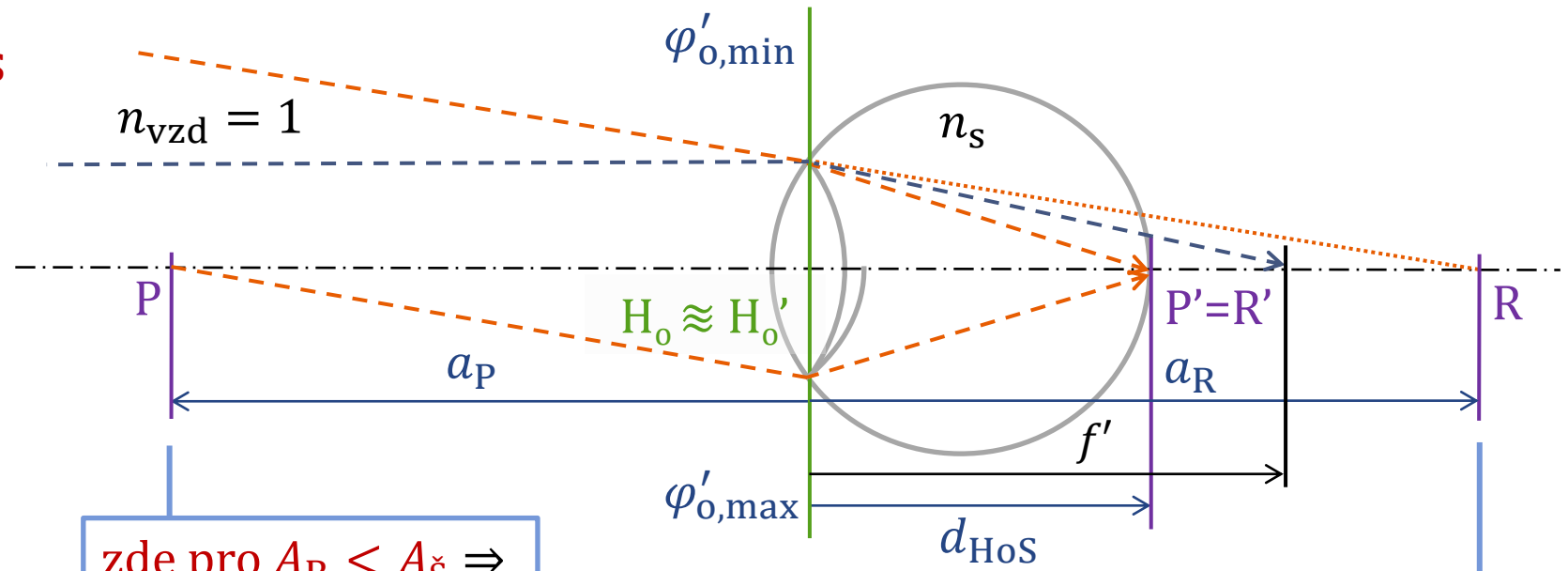
optická charakteristika hypermetropie

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

$$\Rightarrow A_R = D_{\text{HoS}} - \varphi'_{o,\min} > 0 \Rightarrow a_R > 0$$

$$\Rightarrow f' = \frac{n_s}{\varphi'_{o,\min}} > d_{\text{HoS}}$$

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



$$\begin{aligned} \text{zde pro } A_R < A_{\zeta} &\Rightarrow \\ A_P = A_R - A_{\zeta} &< 0 \\ \Rightarrow a_P &< 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_R &> 0 \\ \Rightarrow a_R &> 0 \end{aligned}$$

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)

$$0 < A_R \leq +2 \text{ D}$$

$$\text{tj. } 0 < |A_R| \leq 2 \text{ D}$$

střední

$$+2 \text{ D} < A_R \leq +5 \text{ D}$$

$$\text{tj. } 2 \text{ D} < |A_R| \leq 5 \text{ D}$$

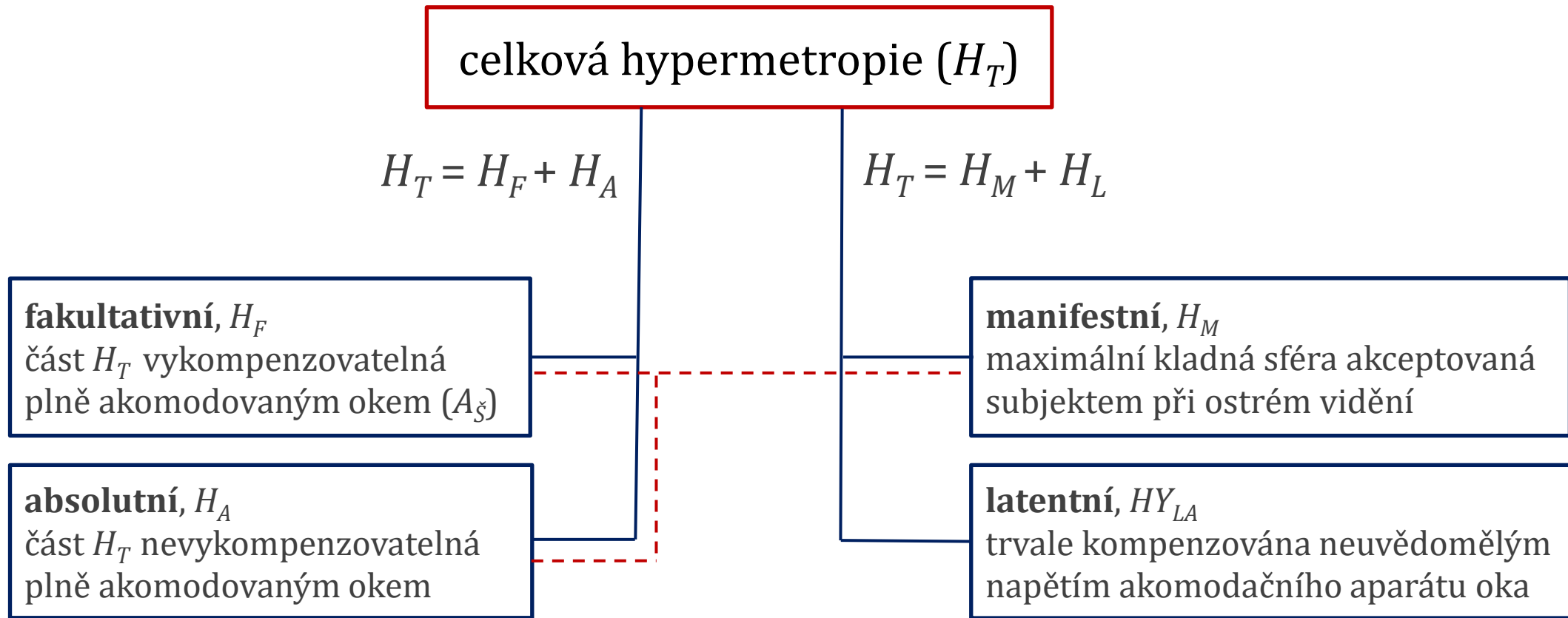
vysoká

$$+5 \text{ D} < A_R$$

$$\text{tj. } 5 \text{ D} < |A_R|$$

(rozdělení podle American Optometric Association)

další rozdělení hypermetropie



příklad

Př. 1

Hypermetrop s axiální refrakcí $A_R = +5 \text{ D}$ má akomodační šíři a) $A_\zeta = 5 \text{ D}$ a b) $A_\zeta = 10 \text{ D}$.
Určete a graficky znázorněte akomodační interval (interval 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:

$$s' = d + a_R$$



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

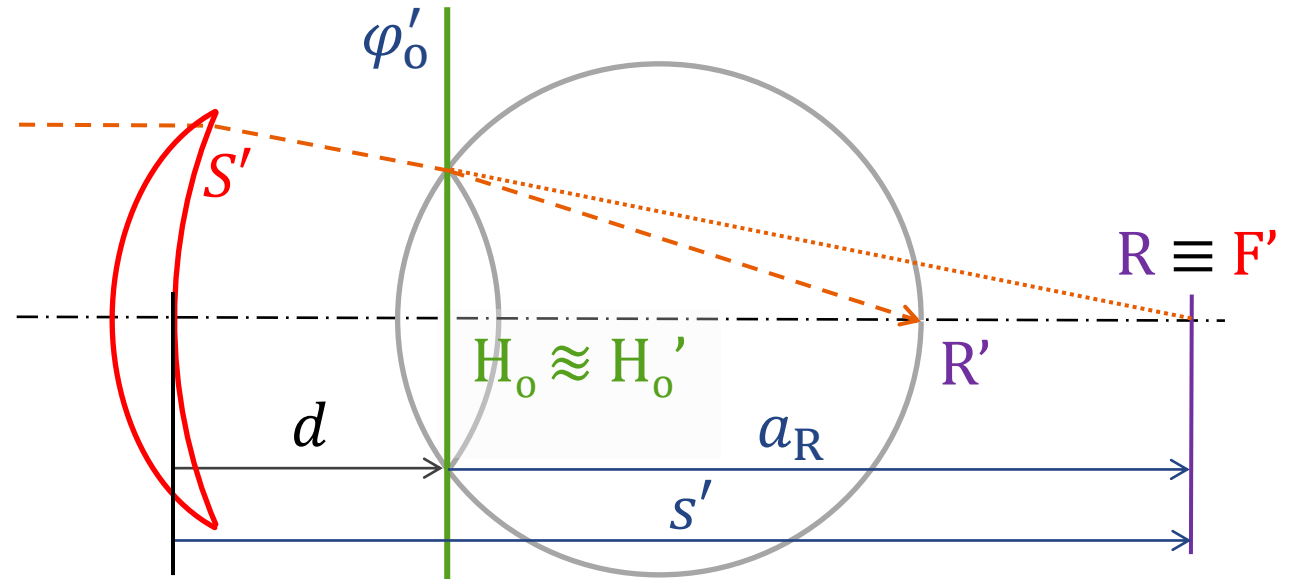


$$S' = \frac{A_R}{1 + dA_R}$$



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

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



příklad

Př. 2

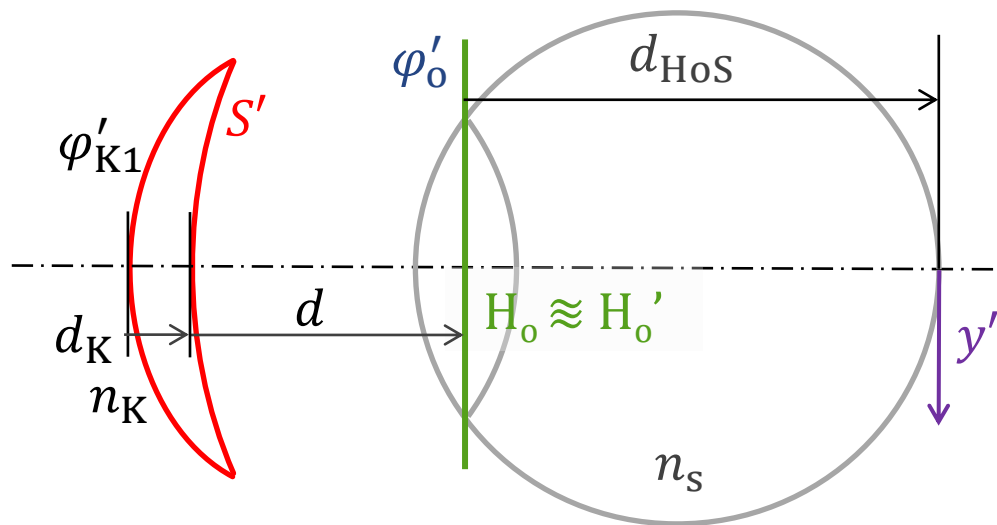
Korekční spojka má (zadní) vrcholovou lámavost $S' = +8$ D. Spojka je umístěna (vrcholem zadní plochy) ve vzdálenosti 15 mm od oka. Určete vzdálenost dalekého bodu oka.

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

velikost obrazu na sítnici hypermetropického oka

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

zvětšení korekční čočky
 bez korekce
 aproximace tenké korekční čočky



Pro tento okamžik zanedbáme vliv tvarového faktoru $F_T = 1/(1 - \bar{d}_K \varphi'_{K1})$. Budeme se zabývat závislostí zvětšení korekční spojky na „power“ faktoru $F_P = (1 + dA_R) = 1/(1 - dS') = A_R/S'$.

Ze vztahu $F_P = (1 + dA_R)$ vyplývá, že sítnicový obraz bude **větší** pro **větší** hodnotu hypermetropie a/nebo **větší** vzdálenost korekční spojky od oka.

příklad

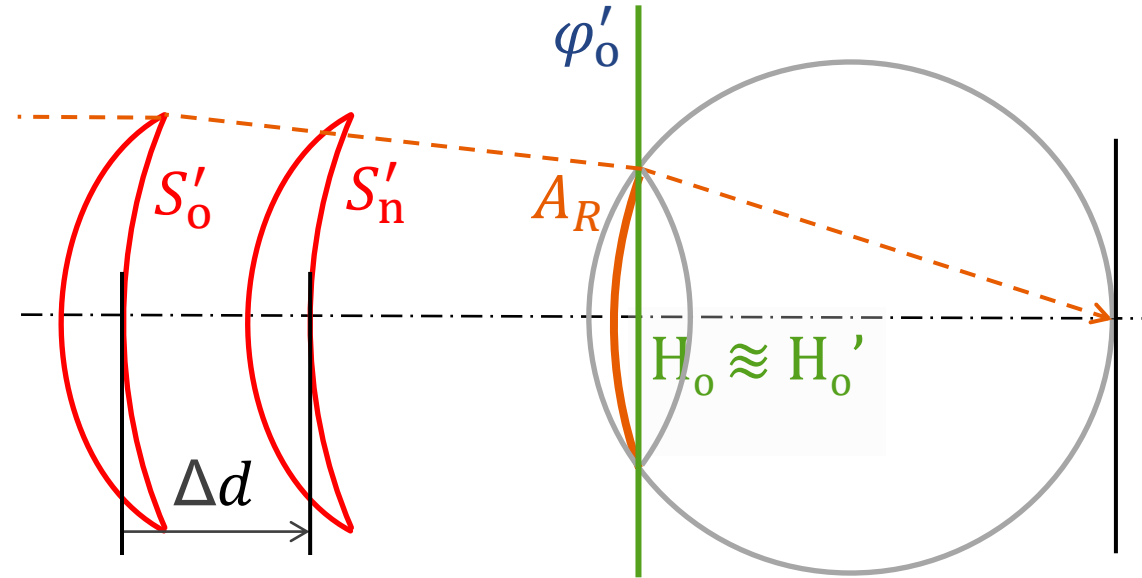
Př. 3

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.

přepočet vrcholové lámavosti

Požadovanou vrcholovou lámavost S'_n spojky v nové poloze určíme z vrcholové lámavosti S'_o spojky v původní poloze tak, že propagujeme odpovídající vergenci S'_o původního svazku o vzdálenost Δd měřenou od vrcholu zadní plochy původní spojky k vrcholu zadní plochy nové spojky.

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



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

příklad

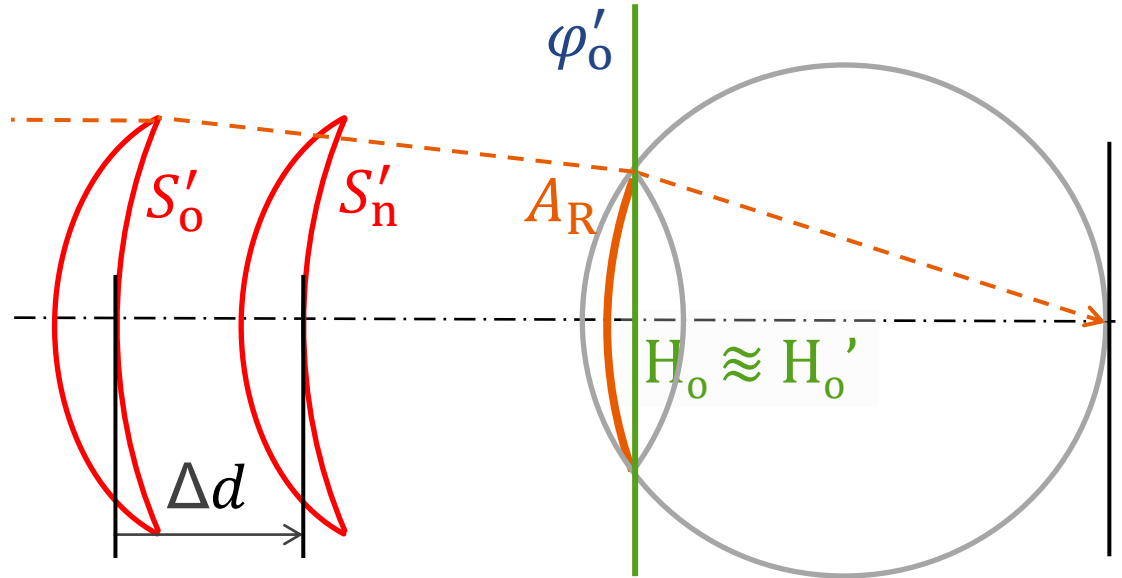
Př. 4

Brýlová korekce oka $+10\text{ D}$ 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:



$$\beta_{no} = \frac{y'_n}{y'_o} = \frac{F_{Pn}}{F_{Po}} = \frac{A_R S'_o}{S'_n A_R} = \frac{S'_o}{S'_n} = S'_o \frac{1 - \Delta d S'_o}{S'_o} = 1 - \Delta d S'_o$$

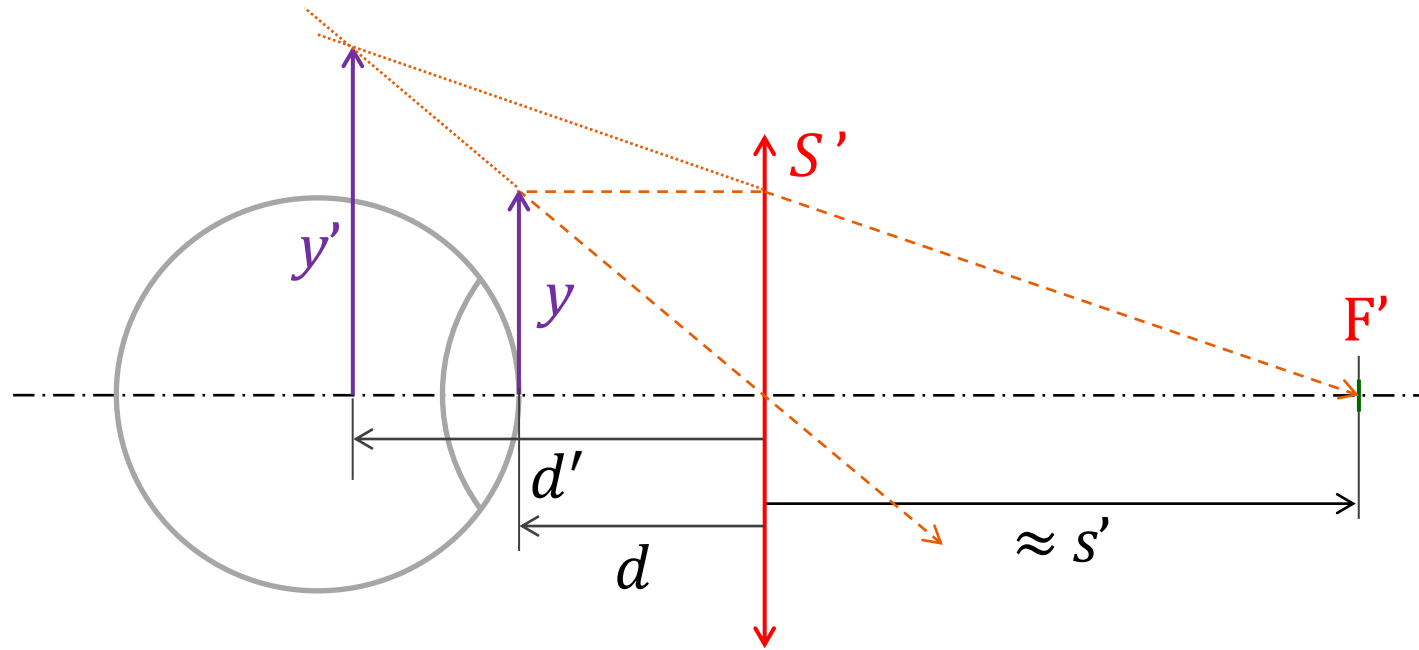
$\Delta d = d_o - d_n$ je kladné při posunutí korekční spojky směrem k oku, tj. obraz na sítnici se **zmenší** při **přiblížení** spojky k oku

příklad

Př. 5

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) $0,8$.

zdánlivá velikost oka za brýlovou čočkou



Podle Gaussovy rovnice:

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{d} + \varphi' \approx \frac{1}{d} + S'$$

$$(d, d' < 0)$$



velikost obrazu oka y' za brýlovou čočkou:

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

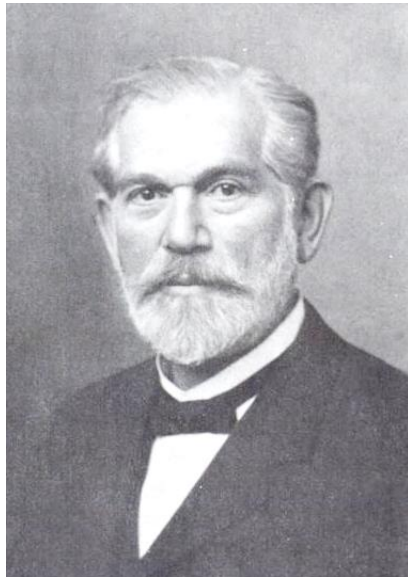
oko se jeví **větší** pro silnější spojku a/nebo její větší vzdálenost od oka

Afakie



afakické oko

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



Julius Hirschberg

Hirschbergova empirická formule (1897):

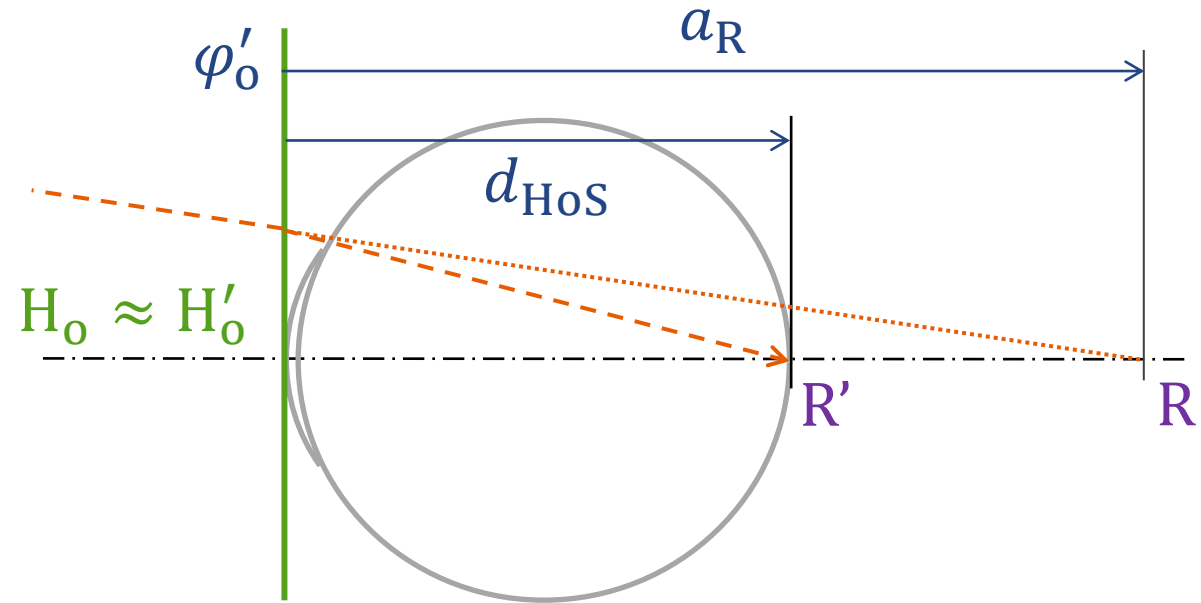
$$A_{Rn} \approx \frac{A_{Ro}}{2} + 10 \text{ D}$$

$A_{Ro,n}$... 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
- $d_{\text{HoS}} = 24,05 \text{ mm}$ ($d_o = 24,00 \text{ mm}$)
- $\varphi'_o = 43,05 \text{ D}$



Gaussova rovnice:

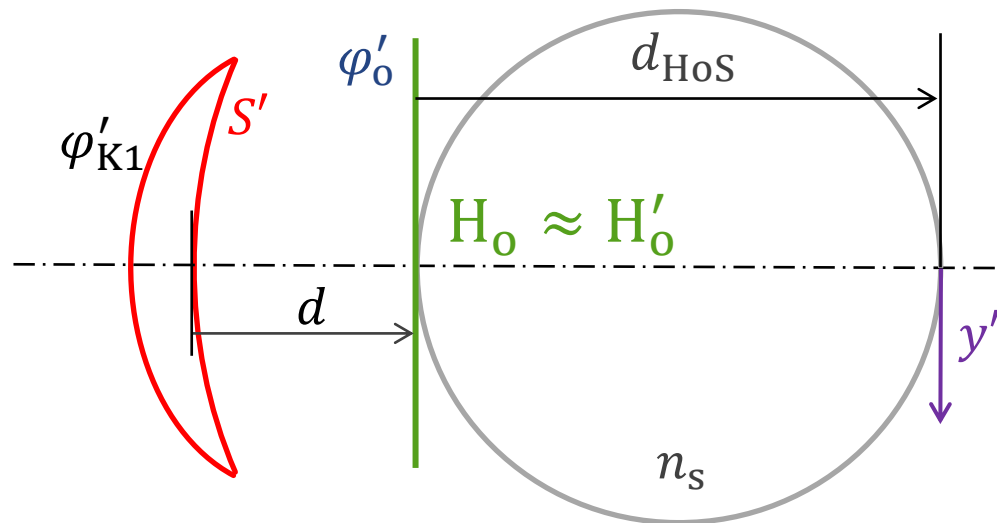
$$\frac{n_s}{a'_R} = \frac{1}{a_R} + \varphi'_o \Rightarrow \frac{n_s}{d_{\text{HoS}}} = D_{\text{HoS}} = A_R + \varphi'_o \Rightarrow A_R = \frac{n_s}{d_{\text{HoS}}} - \varphi'_o$$

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

velikost obrazu na sítnici afakického oka

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

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.
 - $d_{HoS} = 24,05$ mm
 - d lze měřit přímo od přední plochy rohovky
- Porovnáme s nekorigovaným Gullstrandovým okem s čočkou ($d_{HoS,f} = 22,40$ mm):

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

- brýlová čočka ($d = 12$ 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.)