

Funkční model oka s variabilní čočkou

Obj. č. 117.2002



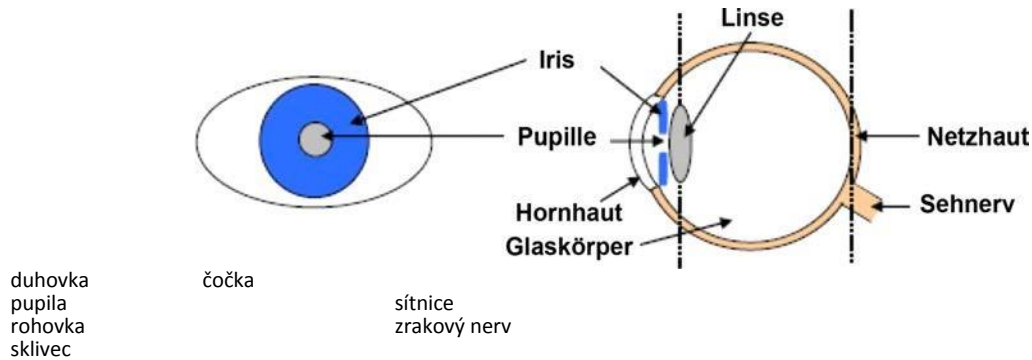
1. Obsah

Funkční model oka se skládá z následujících komponentů:

- **Variabilní silikonová čočka:** se světlem pro provádění pokusů nebo stolní lampičkou vytváří dostatečně ostrý obraz na stínítku. Po naplnění vodou lze pomocí plastové stříkačky regulovat její ohniskovou vzdálenost.
- **Držák se zobrazovaným předmětem:** na držáku se nachází černý trojúhelník na polotransparentní desce. Lze jej nahradit kouskem transparentního papíru s libovolným obrázkem (černobílý nebo barevný).
- **Model oční bulvy:** vlastní oko se (při pohledu zepředu dozadu) skládá z následujících částí:
 - zásuvný slot pro korekční čočky pro zrakové vady,
 - model irisové clony,
 - variabilní oční čočka pro akomodaci,
 - výměnný bílý kotouč jako model sítnice (projekční plátno).
- Korekční čočky: dvě korekční čočky z jednoho kusu s divergentní ($f = -200$ mm) a konvergentní čočkou ($f = + 500$ mm).

2. Anatomie lidského oka

Níže uvedený obrázek ukazuje anatomii lidského oka.



Následující součásti lidského oka korespondují se součástmi funkčního modelu oka:

- Duhovka odpovídá irisové cloně.
- Čočka oka odpovídá variabilní silikonové čočce.
- Sítnice – přesněji zadní rovina sítnice – odpovídá výměnnému projekčnímu plátnu.

3. Uvedení funkčního modelu oka do provozu

3.1. Rozsah dodávky

Následující obrázek odpovídá rozsahu dodávky funkčního modelu oka.



3.2. Další potřebný materiál

Vedle funkčního modelu lidského oka potřebujete navíc tento materiál:

- optické světlo nebo stolní lampičku,
- destilovanou vodu pro naplnění variabilní silikonové čočky.

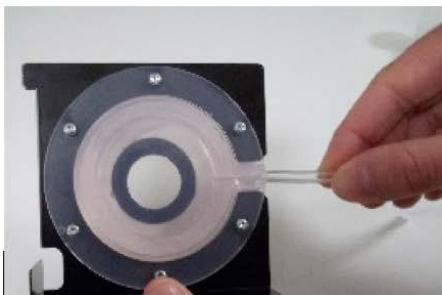
3.3. Důležité upozornění

K plnění silikonové čočky používejte bezpodmínečně **destilovanou** vodu, kterou jste předtím **převařili**. Zamezíte tak usazování vodního kamene a tvorbě plísní kvůli přetrvávající vodě v čočce.

3.4. Montáž funkčního modelu oka

- Připojte plastovou hadici k přípojce silikonové čočky.
- Naplňte čočku demineralizovanou převařenou vodou.
- Připojte na volný konec hadice stříkačku naplněnou vodou.

Dbejte na to, aby se v systému nenacházely žádné vzduchové bubliny.



Nyní zaveďte jednotku irisové clony a čočky do předního výřezu základního tělesa. Umístěte projekční plátno na protilehlou zadní stranu.

K vytvoření obrazu existují **dvě** možnosti:

1. Umístěte za sebou do optické osy světlo, zobrazovaný předmět, a nakonec model oka.
2. Světlo a zobrazovaný předmět se nacházejí uprostřed irisové clony na optické ose (vlastní model oka je pootočen o úhel α z optické osy).

V obou případech později rozeznáte obraz na projekční ploše.

Nyní umístěte variabilní čočku do funkčního modelu oka. Model oka můžete teď použít.

4. Definice pojmů

Zde jsou uvedeny některé pojmy v souvislosti s okem nebo se zrakem, s nimiž se neustále setkáváte také částečně v každodenním životě v souvislosti s tímto tématem. (Zdroj definic: Wikipedia, není-li zvlášť označeno jinak.)

Akomodace

(latinsky *accommodare* „přizpůsobit, namířit“) je dynamické přizpůsobení optické mohutnosti oka. Vede k tomu, že se objekt, který se nachází v libovolné vzdálenosti mezi individuálně odlišným optickým blízkým a vzdáleným bodem, zobrazí ostře na sítnici, a tím je splněn důležitý předpoklad pro zřetelné vidění. Blízký bod je přitom nejkratší a vzdálený bod nejdelší vzdálenost od oka, v níž je to možné.

Normální zrak (emetropie)

Oko je označováno jako oko s normálním zrakem nebo jako emetropní, pokud bez akomodace zobrazuje ostře opticky nekonečně daleko vzdálený předmět. To znamená ve smyslu geometrické optiky, že se paralelně dopadající světelné paprsky (zdroj světla ve velké vzdálenosti) přesně protínají v jednom bodě sítnice. Odchylna od tohoto stavu se nazývá porucha vidění (ametropie) – sem patří krátkozrakost (myopie), dalekozrakost (hyperopie) a astigmatismus (nepravidelné zakřivení rohovky).

Krátkozrakost (myopie)

Jako krátkozrakost nebo myopii označujeme určitou formu optické vady zraku (ametropie) u oka. Je většinou důsledkem příliš dlouhé oční bulvy nebo na svoji délku příliš velké lomivé síly opticky funkčních komponentů. Výsledkem je vada zobrazení, kvůli níž jsou vzdálené objekty více rozmazané než blízké objekty – krátkozraká osoba tedy vidí na blízko (proto označení „krátkozraký“) lépe než na dálku.

Dalekozrakost (hypermetropie)

U všeobecné dalekozrakosti (synonymum: hyperopie nebo hypermetropie) se jedná o takzvanou axiální refrakční vadu oka (ametropie), kdy je oční bulva ve vztahu k lomivé síle svého optického ústrojí příliš krátká nebo je lomivá síla příliš malá. To vede k tomu, že se poloha obrazu pro opticky nekonečně daleko vzdálené objekty nenachází při uvolněném (neakomodovaném) oku na sítnici, a tím není splněn důležitý předpoklad pro ostré vidění. Místo toho je (virtuální) bod obrazu u dalekozrakého oka za sítnicí, a důsledkem toho je neostré vidění. Čím více se objekt přiblíží k oku, tím dále se přesune bod obrazu dozadu. Výsledkem je refrakční vada, při níž jsou blízké objekty viděny méně ostře než vzdálené objekty – dalekozraká osoba tedy vidí na dálku (proto označení „dalekozraký“) lépe, než na blízko.

Vzdálený bod

Jako vzdálený bod označujeme konečný bod zrakové čáry, na který je oko nastaveno bez akomodace. U emetropního oka (normální zrak) se nachází v nekonečnu, u myopického (krátkozrakého) oka před sítnicí a u hyperopického za ní. Z toho vyplývá, že vzdálený bod je u osob s normálním zrakem a krátkozrakých osob reálný a u dalekozrakých osob virtuální bod.

Blízký bod

Blízký bod neboli minimální zraková vzdálenost je dosažena při maximální akomodaci. V dětství je cca 7 cm a s přibývajícím věkem se posouvá do dálky. Blízký bod je tak individuální veličina, která se může silně lišit.

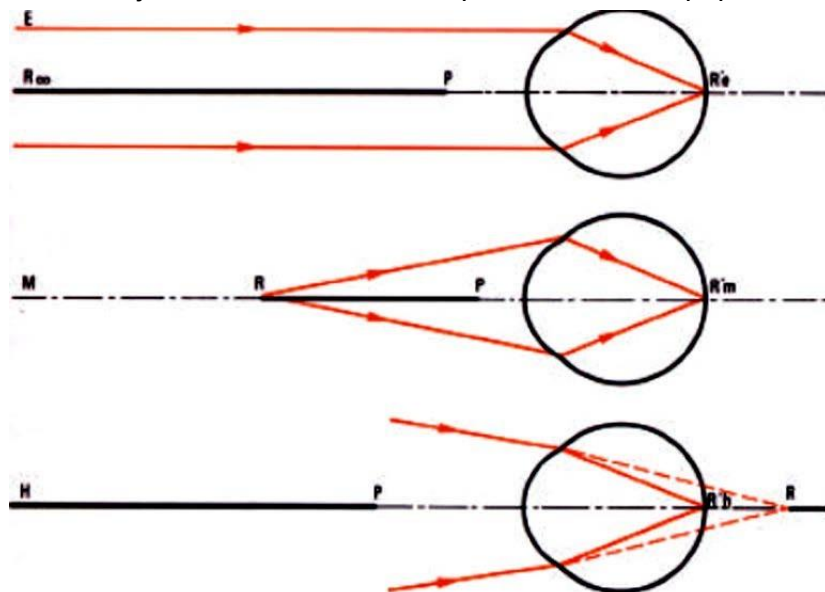
Stařecká vetchozrakost (presbyopie)

Jako presbyopie, nazývaná také vetchozrakost nebo stařecká dalekozrakost, se označuje postupná, věkem podmíněná ztráta přizpůsobitelnosti oka na blízko pomocí akomodace. Ostré vidění na blízko proto již není bez vhodné korekce možné. Presbyopie však přitom není nemoc, ale normální, věkem podmíněná ztráta funkce.

Zakřivení rohovky (astigmatismus neboli cylindrická oční vada)

Astigmatismus (řecky A = ne, Stigma = bod, tedy absence bodu), nazývaný také cylindrická oční vada nebo zakřivení rohovky, označuje v optice očního lékařství zvláštní refrakční vadu oka. Světelné paprsky vycházející z pozorovaného objektu se přitom nesbíhají na sítnici, ale zobrazují se ve fokále, což vedlo k označení cylindrická oční vada. Světelný paprsek, který dopadá do oční bulvy paralelně s optickou osou, se v závislosti na své rovině dopadu vytvořené optickou osou láme s různou intenzitou. Naproti tomu popisuje pojem „sférický“ optické uspořádání, jehož lomivá síla je nezávislá na rovině dopadu světelného paprsku.

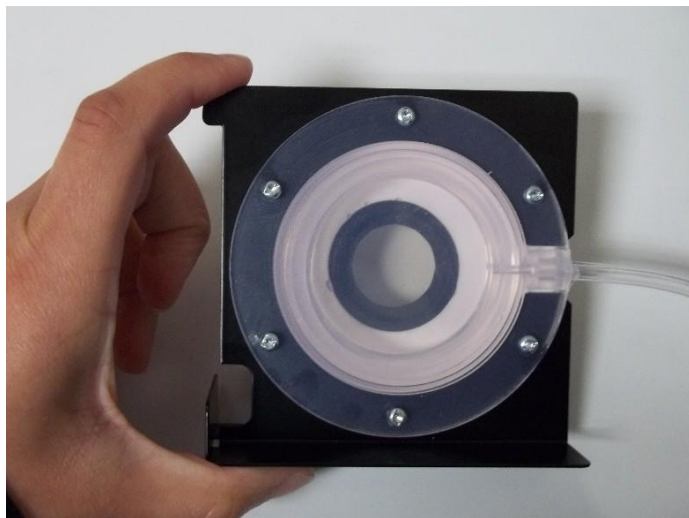
- R_{∞} : vzdálený bod
- P : blízký bod
- E : normální zrak
- R : krátkozrakost
- H : dalekozrakost



Zdroj: umvf.univ-nantes.fr

5. Variabilní silikonová čočka

Oční čočka je ve funkčním modelu nahrazena variabilní silikonovou čočkou. V reálném oku je čočka obklopena elastickými závěsy (zonulární vlákna), která vytvářejí tzv. *Zonula ciliaris*. Na ně navazuje kruhový ciliární sval (*řasnaté tělísko*), který zajišťuje akomodaci. V klidovém stavu má čočka tendenci zaujímat kulový tvar. Ciliární sval leží v uvolněném stavu blízko vnější strany, takže se čočka protáhne na délku. Teprve pak je možné dobré vidění na dálku. Jakmile se ciliární sval napne, roztáhne se čočka díky obklopujícím zonulárním vláknům směrem ke tvaru koule, takže teprve pak je možné vidění na blízko, protože se zvýší lomivost čočky. Tato funkce deformace čočky – nazývaná akomodace – umožňuje teprve různé zaostření na předměty v různé vzdálenosti objektu od oka. Níže uvedený obrázek ukazuje pružnou čočku s variabilním zaostřením ve funkčním modelu oka.



Vysoká transparentnost a optická kvalita silikonové čočky umožňuje použití jednoduchých zdrojů světla, jako například jednoduché stolní lampičky pro provedení pokusů.

Zdroj světla by měl být nasměrován pomocí optické osy funkčního modelu (viz níže uvedený snímek).



6. Zobrazovaný předmět

Držák se velmi dobře hodí pro polotransparentní předlohy. Součástí dodávky je objekt ve tvaru nestejnoramenného pravoúhlého trojúhelníku. Velmi dobře lze pozorovat převrácení obrazu na matném podkladu. Pokud se na transparentní papírový podklad – tenký papír se rovněž skvěle hodí – natiskne libovolný jiný tvar (také barevně) a vloží se do držáku, mohou žáci pracovat také s těmito předlohami.

7. Příklady pokusů

7.1. Oko s normálním zrakem

- Umístěte světlo daleko (> 1 m) od modelu.
- Zapněte zdroj světla.
- Umístěte zobrazovaný předmět mezi zdroj světla a model oka.
- Vyberte pozici, do níž umístíte projekční plátno (=rovina sítnice).
- Vstříkněte do čočky stříkačkou více nebo méně vody, abyste simulovali akomodaci.
- Pokuste se dosáhnout ostrého obrazu na sítnici, změňte případně trochu vzdálenost zobrazovaného předmětu mezi světlem a modelem oka.
- Jakmile lze rozeznat dostatečně ostrý obraz, zaznamenejte si vzdálenost mezi silikonovou čočkou a rovinou obrazu.
- Upozornění: obraz je převrácený a zrcadlově otočený.

7.2. Krátkozraké oko

7.2.1. Co se rozumí pojmem krátkozrakost

Objekt v nekonečnu se zobrazuje **před** sítnicí zdravého oka. Pro simulaci krátkozrakosti vycházíme z uspořádání pokusu pro oko s normálním zrakem. Posuňte nejprve projekční plochu (=sítnici) trochu **dozadu**. Získáte rozmazaný obraz. Regulací vody pomocí stříkačky můžete nyní rozmazaný obraz zaostřit. Posuňte „sítnici“ zpátky do pozice zdravého oka. Výsledkem je nyní rozmazaný obraz. Oko je nyní **krátkozraké**.

7.2.2. Korekce krátkozrakosti

Pro korekci krátkozrakosti jsme museli sítnici posunout dozadu, musela se tedy nacházet v oku vzadu. Tohoto efektu dosáhneme pomocí konkávní čočky – rozptylky, která kompenzuje odchylku mezi obrazem a zobrazovaným předmětem. Použijte korekční čočku s ohniskovou vzdáleností $f = -200$ mm pro zobrazení funkce.

7.3. Dalekozraké oko

7.3.1. Co se rozumí pod pojmem dalekozrakost

Dalekozraké oko vidí na blízko rozmazaně. Objekt v blízké oblasti se zobrazuje **za** sítnicí zdravého oka. Pro simulaci dalekozrakosti vycházíme opětovně z uspořádání pokusu pro oko s normálním zrakem. Posuňte nejprve projekční plochu (=sítnici) trochu **dozadu**. Získáte rozmazaný obraz. Posuňte „sítnici“ zpátky do pozice zdravého oka. Výsledkem je rozmazaný obraz. Oko je nyní **dalekozraké**.

7.3.2. Korekce dalekozrakosti

Pro korekci dalekozrakého oka jsme museli posunout sítnici dopředu, musela se tedy v oku nacházet více vpředu. Tohoto jevu dosáhneme pomocí spojné čočky – spojky, která kompenzuje odchylku mezi obrazem a zobrazovaným předmětem. Použijte korekční čočku s ohniskovou vzdáleností $f = + 500$ mm pro zobrazení této funkce.

7.4. Vliv otevření duhovky

Čím více je duhovka otevřená, tím více světla dopadá na sítnici. Pokud dopadá na sítnici příliš mnoho světla, může se obraz jevit při stejné akomodaci jako mdlý (malý kontrast). Analýzu kontrastu obrazu umožňuje názorná demonstrace role duhovky.

7.5. Citlivost oka na světlo

Někteří lidé říkají, že je pro ně bolestivé dívat se do jasného světla. Cítí, že čím více světla dopadá na sítnici, tím větší je bolest nebo nevolnost. Pro působení proti tomuto jevu existují brýle s fototropními, tzn. samozabarvujícími se skly. Jedná se přitom o skla, jejichž propustnost světla závisí na jasu.

Pro názornou ukázkou tlumení světla lze použít polarizační filtr nebo fólii, která se umístí do dráhy paprsků. Obraz lze posoudit vizuálně nebo je možné místo projekčního plátna instalovat kameru pro kvantitativní analýzu rozdílů jasu pomocí softwaru pro zpracování obrazu tím, že pořídíme dva snímky, jeden s polarizačním filtrem a jeden bez filtru.

8. Skladování funkčního modelu oka

Pro chráněné uložení jednoduše zasuňte držák se zobrazovaným předmětem obráceně do krytu funkčního modelu oka mezi projekční plátno a silikonovou čočku. Předsádkové čočky pro korekci oka zasuňte do předního držáku.



Upozornění:

Skutečné vybavení sady pro provádění pokusů se může od obrázků v této dokumentaci mírně lišit, protože naše zařízení jsou neustále inovována.