

5.2.10 Oko

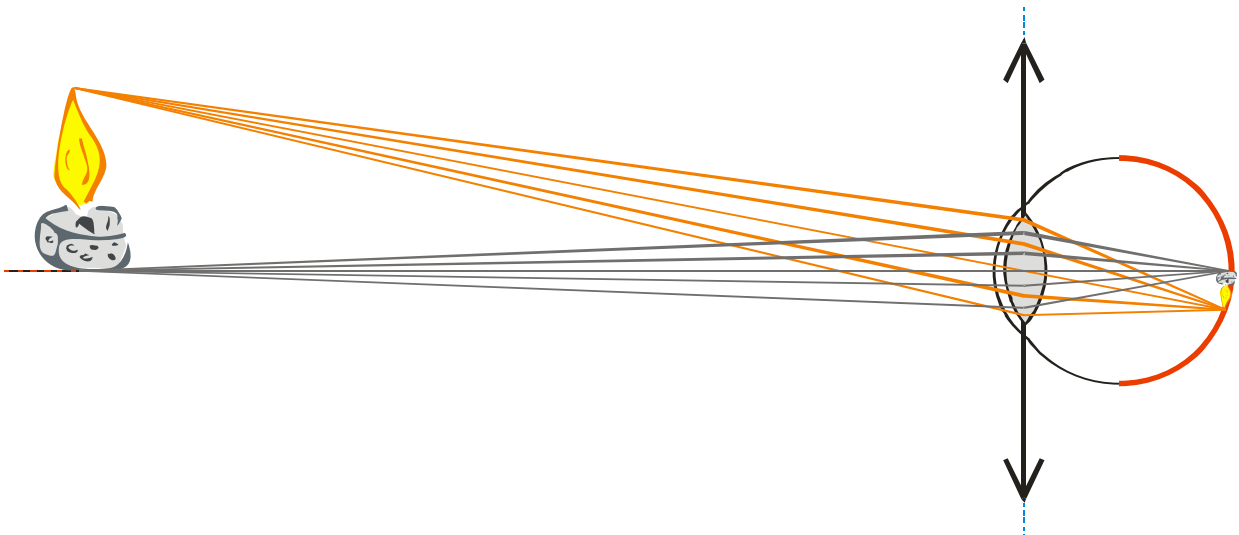
Předpoklady: 5207, 5208

Pedagogická poznámka: Obsah této hodiny se asi nedá stihnout za 45 minut, ale je možné přetahovat v další hodině, která na tuto plynule navazuje. Cílem hodiny není nahrazovat biologii nebo vysokoškolská skripta pro lékařské fakulty. Oko rozebíráme z funkčního hlediska a pro pochopení jeho funkce nepotřebujeme pojmenování každé maličkosti, kterou obsahuje.

nejdůležitější optický přístroj

Úkoly oka: Musí vytvořit skutečný obraz a ten musí zachytit \Rightarrow musí obsahovat spojku a záznamovou vrstvu, která je citlivá na světlo.

Mechanismus vidění



Přední (černá) část oka láme světelné paprsky a vytváří skutečný, zmenšený, převrácený obraz na zadní (červené) části. Zde se nachází vrstva buněk citlivých na světlo, které zachycují obraz a informace o dopadajícím světle posílají do mozku. Průměr oční koule se udává většinou kolem 24 mm, vzdálenost mezi čočkou a sítnicí je však menší - 20 mm nebo i méně.

Př. 1: Urči minimální optickou mohutnost lidského oka.

Okno musí mít takovou optickou mohutnost, aby obrazy předmětů vnikaly na zadní straně oka, tedy 20 mm za čočkou.

Nejsnazší je spojit do jednoho bodu paprsky z velmi vzdáleného předmětu

$$a = \infty, \quad a' = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}, \quad f = ?$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad f = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \varphi = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,02} \text{ D} = 50 \text{ D}$$

V porovnání s naší nejsilnější spojkou je to obrovská hodnota.

Podíváme se na podrobnější obrázek oka například na adrese:
http://www.fotografovani.cz/images3/rom_svetlo_2_02.gif
nebo <http://www.cibulkovci.ic.cz/wp-content/uploads/oko1.jpg>
nebo <http://kostra.kx.cz/obrazky/oko.jpg>.

Nejprve prostudujeme zadní část oka – záznamovou vrstvu.

Nazývá se **sítnice** (na posledním obrázku žlutá vrstva), tvoří ji dva druhy buněk citlivých na světlo:

- **čípky** (7 miliónu buněk) vnímají barvu, méně citlivé ⇒ potřebují více světla,
- **tyčinky** (125 milionů buněk) nerozlišují barvy (vidí černobíle), podstatně citlivější než čípky.

Rozložení buněk na sítnici není rovnoměrné:

- **žlutá skvrna** – maximální hustota čípků (směrem od žluté skvrny hustota čípků klesá a zvětšuje se hustota tyčinek), místo nejostřejšího vidění,
- **slepá skvrna** – nejsou žádné tyčinky a čípky (zde vychází oční nerv z oka),

dále od žluté skvrny kvalita zobrazení klesá (periferní vidění), ale oko velmi rychle dokáže zaměřit svou pozornost tam, kam potřebujeme.

V samotném rozlišení není dnes oko před fotoaparáty velký náskok.

Citlivost (schopnost rozlišit tmavá a světlá místa)

- statická (v jednom okamžiku) 100:1,
- dynamická (mezi dvěma okamžiky, přispívá k ní duhovka i chemické změny sítnice) 1000000:1 (ale trvá to dlouho),

⇒ za běžných podmínek 30000:1 (digitální fotoaparát asi 1000:1).

Rozdíl je dobře vidět, když se pokusíme vyfotit scénu, kde je velký rozdíl mezi osvětlením různých částí obrazu (například otevřené okno).



Stejnou scénu nám oko zobrazí zcela jinak – okna není tak světlé a zbytek scény je daleko světlejší. Příčinou je rozdílný způsob vytvoření obrazu.

- Fotoaparát zaznamená celou scénu najednou.
- Oko se zaměřuje v jednom okamžiku pouze na malou část scény, místo, kam se ostře díváme, se neustále mění (oko tak může měnit svou citlivost v různých místech scény), celistvý obraz vytváří mozek.

Zorné pole (jakou část prostoru vidíme):

- jedno oko (130 stupňů ve svislém a 160 stupňů ve vodorovném směru,
- obě oči (200 stupňů ve vodorovném směru).

Oko rozlišuje přes 2,5 miliónů různých barev a dohromady může do mozku odesílat 72 GB za sekundu, vnímá však pouze světlo o vlnových délkách 400 až 700 nm.

Velký vliv na vidění má zpracování obrazu mozkiem:

- převrácení obrazu (mozek je schopen se naučit převracet obraz v případě, že člověk nosí dlouhodobě převracecí brýle),
- iluze plynulého pohybu,
- prostorové vidění.

Prostorové vidění

Zorné pole obou očí se z větší části překrývá ⇒ obě oči se koukají na stejné předměty, ale protože jsou od sebe trochu vzdáleny, vidí jiné věci (stačí si dát prst 25 cm před oči a podívat se na něj nejdřív jedním a pak druhým okem. V obou případech vidíme prst na zcela jiném pozadí) ⇒ mozek tyto dva obrazy spojí v jeden a čím se poloha předmětu ne obou odrazech více liší tím blíže předmět vidíme.

- Pokud vidíme pouze jedním okem nejsme schopni (v místech, kde nemáme zkušenosti) odhadnout vzdálenost (například nit do jehly se s jedním zavřeným okem navléká opravdu těžko).
- Princip 3D kina Divák dostane brýle, dvě kamery promítají na plátno dva různé obrazy, brýle zajišťují, že každé oko vidí jeden z nich a mozek ty rozdílné obrazy zpracuje klasickým způsobem do prostorového obrazu ⇒ pokud se do kina dostanete, můžete si sundáním brýlí (a tím pádem pohledem na oba obrazy najednou) snadno ověřit, že bližší předměty jsou rozmazané daleko víc než vzdálenější.

Dodatek: Domácí 3D televize většinou fungují na podobném principu. Na jedné obrazovce se zobrazuje za jednu sekundu dvojnásobný počet obrazů (první pro levé oko, první pro pravé oko, druhý pro levé oko, ...) a speciální brýle synchronně odpovídající oko zakrývají tak, aby levé oko vidělo pouze své obrazy a pravé také pouze své.

Př. 2: Vysvětli, proč za šera vidíme pouze černobíle.

Šero ⇒ do oka dopadá pouze málo světla ⇒ vidíme pouze prostřednictvím tyčinek (nerozlišují barvy).

Přejdeme k přední části oka.

Duhovka

Kruhový terčík z hladkého svalstva, barva jeho pigmentových buněk určuje barvu očí, uprostřed tmavý otvor **zornice**, který propouští světlo do vnitřní části oka (zornice je černá, protože neodráží světlo, ale propouští ho do vnitřní části oka). Duhovka může měnit průměr zornice v rozsahu 2 – 8 mm a tím regulovat množství světla v oku (ochrana sítnice před spálením). Pokud i nejmenší průměr zornice propouští příliš mnoho světla, zavřeme oči. Koukání do slunce ⇒ vypálení sítnice (platí doslova jako u papíru) a konec kvalitního zraku.

Rohovka

Přední průhledná část oka, zakřivená ven (jako spojka), má na svědomí největší část optické mohutnosti oka (přibližně 40 D), dotek rohovky vyvolá nepodmíněný reflex zavření víček, nutnost neustálého zvlhčování.

Čočka

Dvojevypuklá spojka, druhá část optické soustavy, která vytváří obraz na sítnici.

Problém: Obrazy různě vzdálených předmětů vznikají různě daleko za čočkou \Rightarrow oko musí být schopné měnit ohniskovou vzdálenost soustavy rohovka-čočka

\Rightarrow čočka je pružná a napojená na svalová vlákna \Rightarrow oko může čočku zakulacovat nebo zplošťovat a tím měnit její ohniskovou vzdálenost.

Př. 3: Vysvětli, jak se bude měnit zakulacení oční čočky, když budeš sledovat přibližující se předmět. Změř nejmenší vzdálenost, ve které ještě vidíš předměty ostře. Co cítíš, při pozorování velmi blízkých předmětů?

Svazky paprsků vycházející z bližších předmětů mají větší míru rozbíhavosti \Rightarrow pokud je má čočka zobrazit do stejné vzdálenosti na sítnici jako předměty vzdálené, musí více lámat (mít větší optickou mohutnost a kratší ohniskovou vzdálenost) \Rightarrow při pozorování bližších předmětů se čočka musí zakulacovat.

Nejmenší vzdálenost, ve které vidíme předměty ostře je silně individuální a roste s věkem u dospělých lidí se pohybuje od 15 cm.

Při pozorování velmi blízkých předmětů je cítit v oku tlak (od zakulacené čočky).

Př. 4: Urči optickou mohutnost lidského oka při pozorování předmětu ve vzdálenosti 15 cm. O kolik dioptrií se musí mohutnost čočky zvětšit.

Oko musí mít takovou optickou mohutnost, aby obrazy předmětů vnikaly na zadní straně oka, tedy 20 mm za čočkou.

$$a = 15 \text{ cm} \quad , \quad a' = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm} \quad , \quad f = ?$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{a + a'}{a \cdot a'}$$

$$f = \frac{a \cdot a'}{a + a'} = \frac{15 \cdot 2}{15 + 2} \text{ cm} = 1,76 \text{ cm} = 0,0176 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \varphi = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,0176} \text{ D} = 57 \text{ D}$$

Optická mohutnost čočky se musí zvětšit o 7 dioptrií.

\Rightarrow Čočka musí změnou svého tvaru měnit optickou mohutnost oka z 50 D na 57 D.

Shrnutí: Oko zobrazuje předměty pomocí čočky s proměnnou ohniskovou vzdáleností na sítnici.