

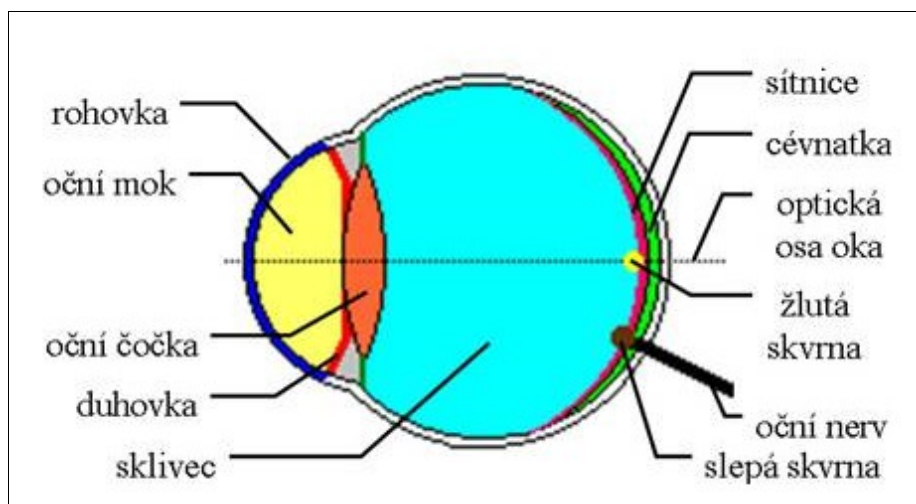
7. Světelné jevy a jejich využití

- zápis výkladu - 41. až 43. hodina -

B) Optické vlastnosti oka

- ♦ Oko = spojná optická soustava s měnitelnou ohniskovou vzdáleností

→ **zjednodušené schéma oka z biologického hlediska:**



- Oko vytváří obraz předmětů, které se nacházejí v různých vzdálenostech před okem, ve stejné vzdálenosti od oční čočky uvnitř oka na citlivé sítnici.
 - **Obraz je zmenšený, převrácený a skutečný.** Díky každodenní zkušenosti tento rozpor (převrácený obraz) nevnímáme, protože mozek umí „tuto chybu“ korigovat.
- Při vstupu do oka prochází světlo **rohovkou a očním mokem**. Otvorem **duhovky** pokračuje do **oční čočky**, pak prochází **sklivcem** a dopadá na **sítnici**.
 - Duhovka – určuje barvu očí, měnitelný otvor v duhovce řídí intenzitu světla, které do oka vstupuje. Otvoru v duhovce říkáme **zornice**.
 - Sítnice – obsahuje dva druhy buněk citlivých na světlo.
 - **tyčinky** – reagují na intenzitu světla;
 - **čípky** – umožňují rozeznávat barvy;
 - v těchto orgánech jsou zakončení zrakového nervu, kterým se zrakové počítky přenášejí do mozku.
 - Citlivost sítnice není všude stejná – největší je v okolí průsečíku s optickou osou oka – tzv. **Žlutá skvrna (největší hustota tyčinek)**
 - **slepá skvrna** – místo kde zrakový vjem nevzniká – zde z oka vystupuje zrakový nerv (chybějí zde tyčinky i čípky).

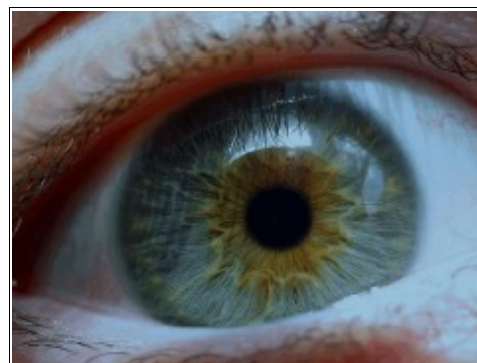
→ **Akomodace oka** – umožňuje vznik ostrého obrazu na sítnici

- oční čočka je držena **kruhovým svalem**, kterým se podle potřeby mění zakřivení optických ploch čočky.
 - *Velká vzdálenost předmětu* – zakřivení čočky (optická mohutnost) je menší.
 - *Malá vzdálenost předmětu* – zakřivení čočky (optická mohutnost) je větší.
- *Vzdálenost středu oční čočky od sítnice odpovídá ohniskové vzdálenosti – tj. přibližně 1,6 cm.*
- *Např. když je předmět blíže k oku, vzniká obraz dále od oční čočky – tzv. za sítnicí. Oko se však akomoduje tak, že se zvětší zakřivení optických ploch čočky, tím se ohnisková vzdálenost zmenší a ostrý obraz se opět vytvoří na sítnici, ve stejné vzdálenosti od oční čočky.*
- Nejmenší vzdálenost předmětu, který oko zobrazí ještě ostře určuje tzv. **blízký bod** – odpovídá mu maximální akomodace oka (tj. přibližně 15 cm, ale mění se s věkem).

→ **Konvenční zraková vzdálenost ($d = 25\text{ cm}$)** – vzdálenost, v níž můžeme pozorovat, číst, psát delší dobu bez větší námahy.

→ **Podmínky dobrého vidění:**

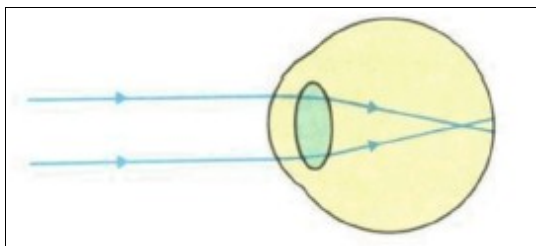
- 1) obraz se musí vytvořit na sítnici (akomodace oka)
- 2) sítnice oka musí být citlivá na světlo,
- 3) zorný úhel nesmí být menší než jedna úhlová minuta,
- 4) světelný vjem musí trvat přiměřenou dobu – tj. alespoň 0,1 s – to je setrvačnost lidského oka,
- 5) předmět musí být dobře osvětlen.



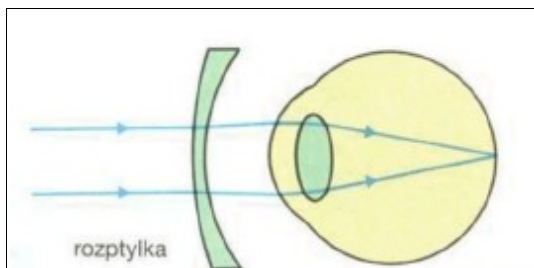
◆ **Nejčastější oční vady:**

→ **a) Krátkozrakost (myopie):**

- oko vidí dobře blízké předměty. Obraz vzdáleného předmětu vznikne před sítnicí.

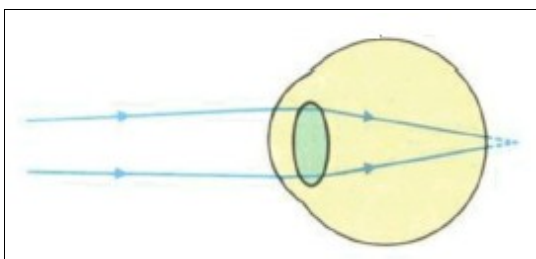


- **Krátkozrakost se koriguje brýlemi, jejichž čočky jsou rozptylky.**
 - protože u krátkozrakého oka je optická mohutnost příliš velká a právě rozptylka ji zmenšuje.



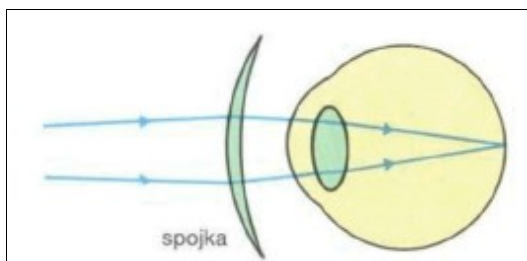
→ b) Dalekozrakost (hypermetropie):

- Oko vidí dobře vzdálené předměty, ale není schopno zaostřit na blízké – obraz předmětu vznikne až za sítnicí.



- **Dalekozrakost se koriguje brýlemi, jejichž čočky jsou spojky.**

protože u dalekozrakého oka je optická mohutnost příliš malá a právě spojka ji zvětšuje.



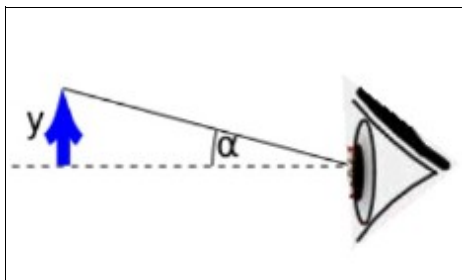
→ Další oční vady:

- astigmatismus, šeroslepost, barvoslepost.

C) Optické přístroje

- ♦ **zorný úhel** – je úhel, který svírají okrajové paprsky předmětu, které procházejí středem oční čočky. (Nebo-li jedná se o úhel mezi paprsky vycházející z okrajových bodů pozorovaného předmětu.)





→ např. vzdaluje-li se předmět od oka, zmenšuje se jeho zorný úhel, nebo nestejně vysoké předměty v různých vzdálenostech se zdají být stejně velké, protože je pozorujeme ve stejném zorném úhlu.

→ Rozlišovací schopnost oka:

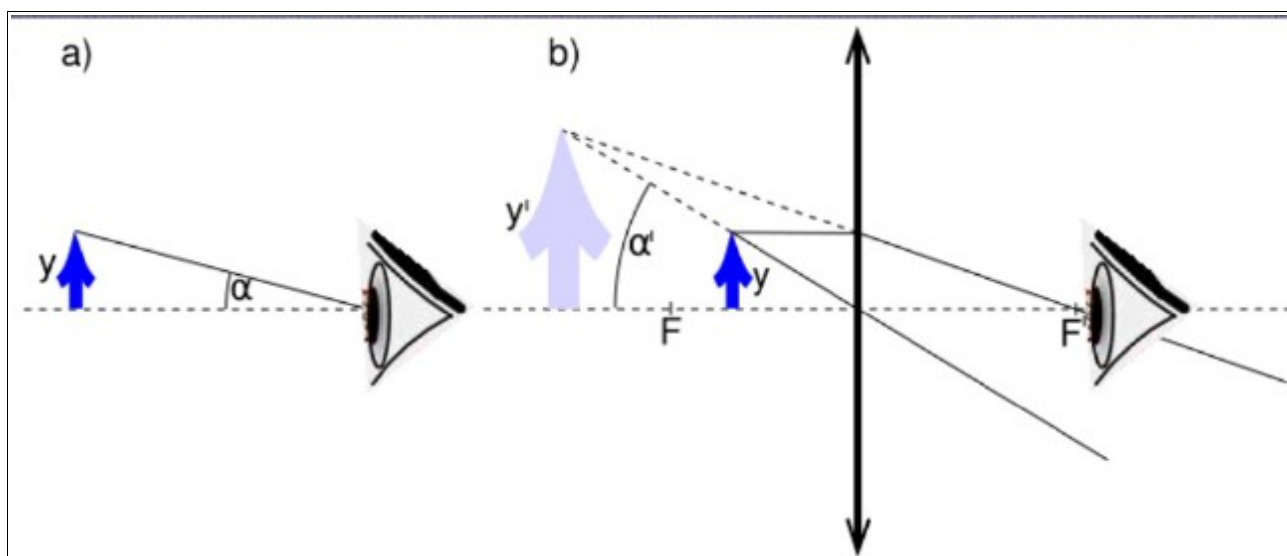
- pro lidské oko je charakteristická určitá hranice při rozlišování detailů na pozorovaném předmětu.
- Rozlišovací schopnost oka určuje nejmenší zorný úhel, při němž dva body ještě vnímáme odděleně.
 - Jestliže se zorný úhel zmenší – splynou nám oba body a vnímáme bod jediný.
 - Oko rozliší dva body, které vidí pod zorným úhlem jedné úhlové minuty, u předmětu v konvenční zrakové vzdálenosti tomu odpovídá vzájemná vzdálenost bodů 0,08 mm.

◆ (1) Lupa:

→ je spojka s ohniskovou vzdáleností menší než 25 cm (konvenční zraková vzdálenost)



→ Zorný úhel pozorovaného předmětu bez lupy (a) a s lupou (b):



7. Světelné jevy a jejich využití

- Lupu používáme tak, že ji přiblížíme k oku a předmět o výšce y umístíme do vzdálenosti o něco menší, tj. $a < f$. Lupa spolu s oční čočkou pak vytváří optickou soustavu o větší mohutnosti, než má samotné oko.

- ♦ **Vzniká vzpřímený, zvětšený a zdánlivý obraz.**

- ♦ **úhlové zvětšení** – vyjadřuje, kolikrát je zorný úhel při pozorování např. lupou větší než zorný úhel téhož předmětu při pozorování pouhým okem ze vzdálenosti 25 cm.

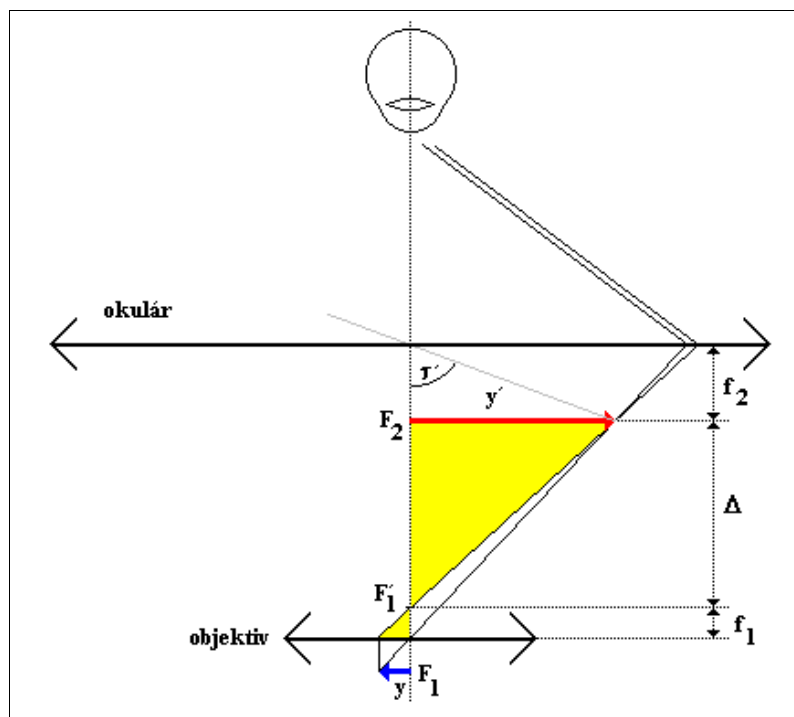
→ úhlové zvětšení lupy: $\gamma = \frac{\alpha'}{\alpha}$

→ Lupou lze dosáhnout maximálně asi 6-tinásobného zvětšení. Při větším zvětšení se začínají výrazně projevovat optické vady čoček a je nutno použít soustavu čoček.

- ♦ **(2) Mikroskop:**

→ Mikroskop se skládá (stejně jako dalekohledy) ze dvou základních optických prvků:

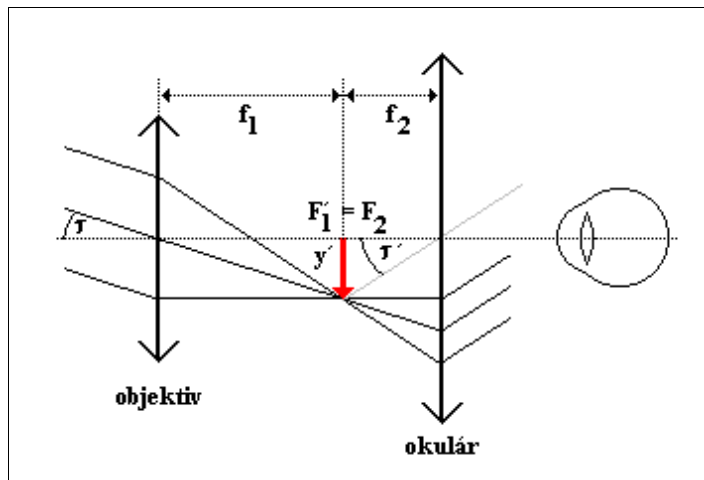
- **objektiv** - optický prvek, který se nachází blíže k pozorovanému předmětu (objektu), má malou optickou vzdálenost - řádově mm. Objektiv zobrazuje přímo pozorovaný předmět - musí tedy vytvářet skutečný obraz předmětu, a proto se jedná o spojný systém. Aby ovšem vznikl skutečný obraz, musí být předmět od objektivu dále, než je ohnisková vzdálenost objektivu f_1 .
- **okulár** - optický prvek, který je blíže k oku (má ohniskovou vzdálenost - řádově v cm). Skutečný obraz vytvořený objektivem okulár posouvá dále od oka, abychom mohli předmět dobře zaostřit okem. Vzhledem k tomu, že oko se nejméně namáhá, pozoruje-li obraz předmětu v nekonečno, je okulár umístěn tak, aby se obraz vytvořený objektivem nacházel v ohnisku okuláru. Ohnisková vzdálenost okuláru se značí f_2 .



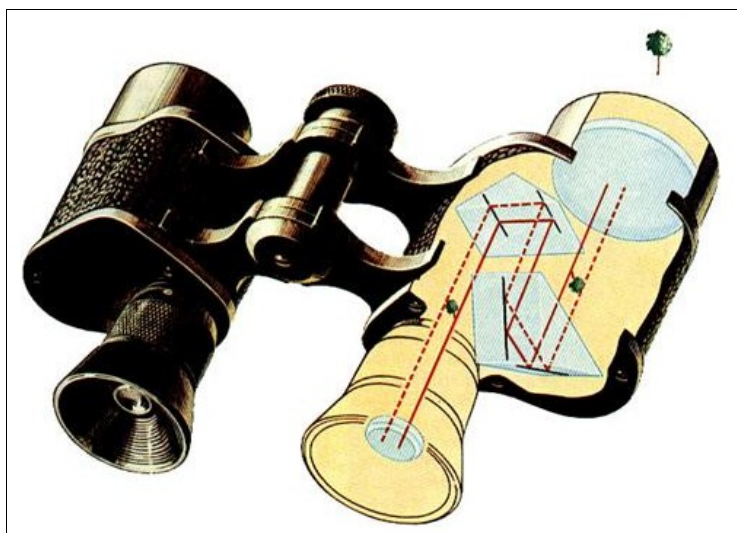
- ◆ Okulár tedy funguje jako lupa, kterou pozorujeme obraz vytvořený objektivem; posouvá obraz předmětu do nekonečna.
- ◆ U mikroskopu je objektiv i okulár tvořen spojkami. Předmět je umístěn v blízkosti ohniska objektivu tak, že $a > f$. Objektiv tedy vytvoří skutečný, převrácený a zvětšený obraz předmětu. Obraz o výšce y' přitom leží v ohnisku okuláru, který má ohniskovou vzdálenost větší než objektiv.
- ◆ Pro úhlové zvětšení mikroskopu platí odvozený vztah: $\gamma = \frac{\Delta \cdot d}{f_1 \cdot f_2}$
 - ➔ U běžných mikroskopů se dosahuje zvětšení až 1000, u speciálních pak až 2000, což je zároveň maximální možné zvětšení.
 - ➔ Větší zvětšení je u elektronových mikroskopů (rozliší viry) – místo světla se využívá svazek elektronů.
 - ➔ Největší zásluhu o objev mikroskopu mají:
 - **Zacharias Jansen** (1590), **Anton van Leeuwenhoek** (1676) a **Robert Hook** (1665)
 - výrobu mikroskopů zahájila firma **Carl Zeiss** v roce 1847.
- ◆ **(3) Dalekohled:**
 - ➔ Dalekohled je optický přístroj, který zvětšuje zorný úhel při zobrazování „nekonečně“ vzdálených předmětů.
 - Nekonečně vzdálené předměty je třeba chápat tak, že to jsou předměty, které jsou ve výrazně větší vzdálenosti od objektivu dalekohledu, než je jeho ohnisková vzdálenost. V praxi to jsou vzdálenosti od řádově metrů (resp. desítek metrů) dál.
 - ➔ Stejně jako mikroskop je složen z objektivu a okuláru. Podle toho, jaký optický prvek tvoří objektiv se dalekohledy dělí na:
 - **refraktory** - objektiv je tvořen spojnou čočkou; patří sem **Keplerův dalekohled** a **Galileův dalekohled**
 - **reflektory** - objektiv je tvořen dutým zrcadlem; představitelem je **Newtonův dalekohled**
 - ➔ K astronomickým účelům použil dalekohled poprvé v roce 1606 Galileo Galilei. Další dalekohled zkonstruoval roku 1611 Jan Kepler (1751 – 1630).

→ Keplerův (hvězdářský) dalekohled:

- Keplerův dalekohled je tvořen dvěma spojnými čočkami (viz obr.). Rovnoběžné paprsky velmi vzdáleného předmětu procházejí objektivem o velké ohniskové vzdálenosti f_1 a v obrazovém ohnisku objektivu (které splývá s předmětovým ohniskem okuláru) se vytváří obraz, který opět pozorujeme okulárem pod zvětšeným zorným úhlem.



- Okulár má opět (stejně jako u mikroskopu) funkci lupy. Proto je nutné, aby obraz vytvořený objektivem byl v ohnisku okuláru (lupy). Obraz vytvořený objektivem vzniká v jeho obrazovém ohnisku proto, že pozorovaný předmět leží velmi daleko (skoro v nekonečnu) od objektivu.
- Keplerovým dalekohledem vidíme sledovaný objekt převrácený, což při astronomickém pozorování nevadí. Pro pozemská pozorování je chod paprsků v dalekohledu upraven pomocí pravoúhlých optických hranolů (nebo další spojky) tak, abychom viděli obraz vzpřímený. Takto je upraven dalekohled nazývaný **triedr** (hranolový dalekohled - viz obr.).



- Pro úhlové zvětšení Keplerova dalekohledu platí: $\gamma = \frac{f_1}{f_2}$.