

Světelný vjem

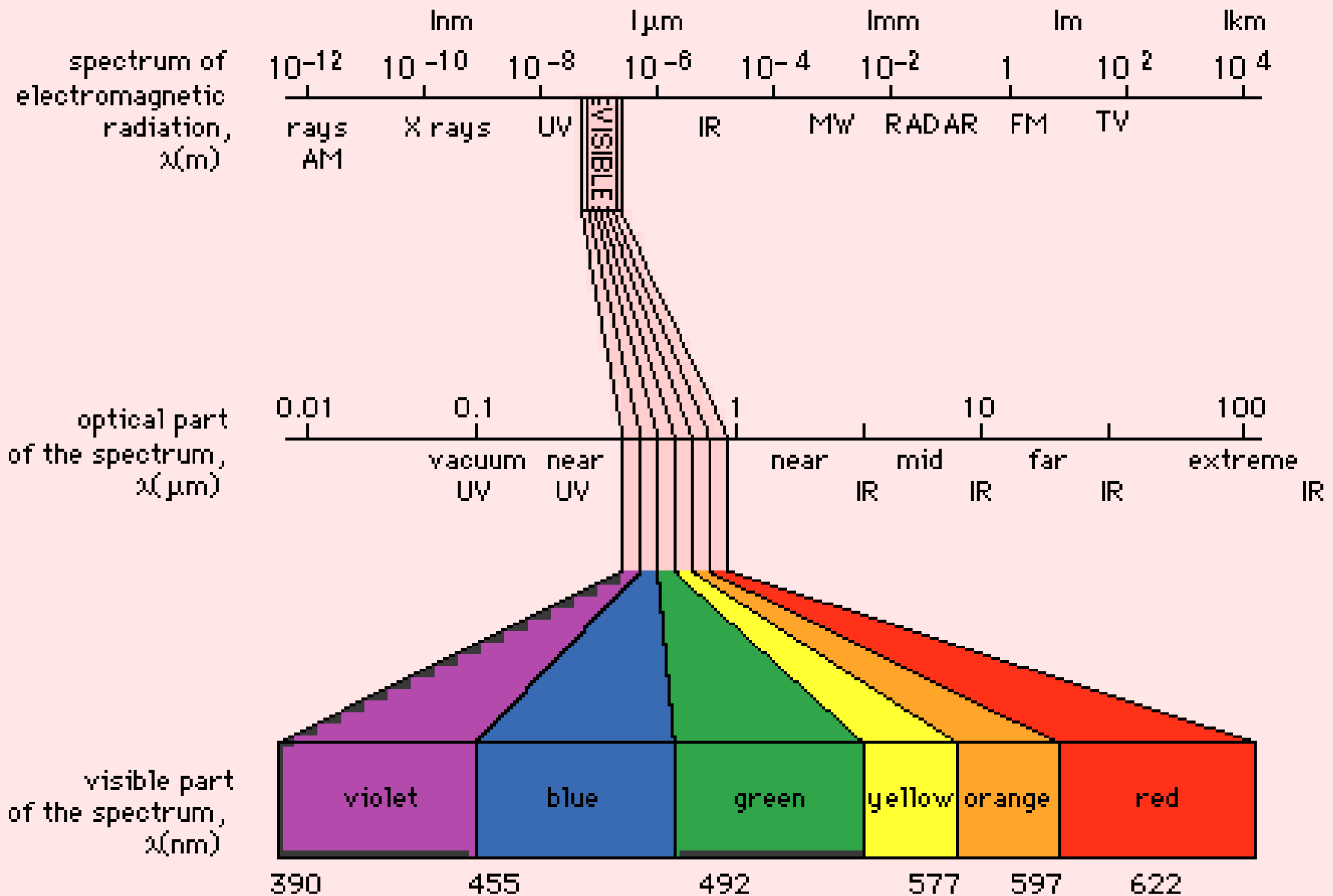


Světlo

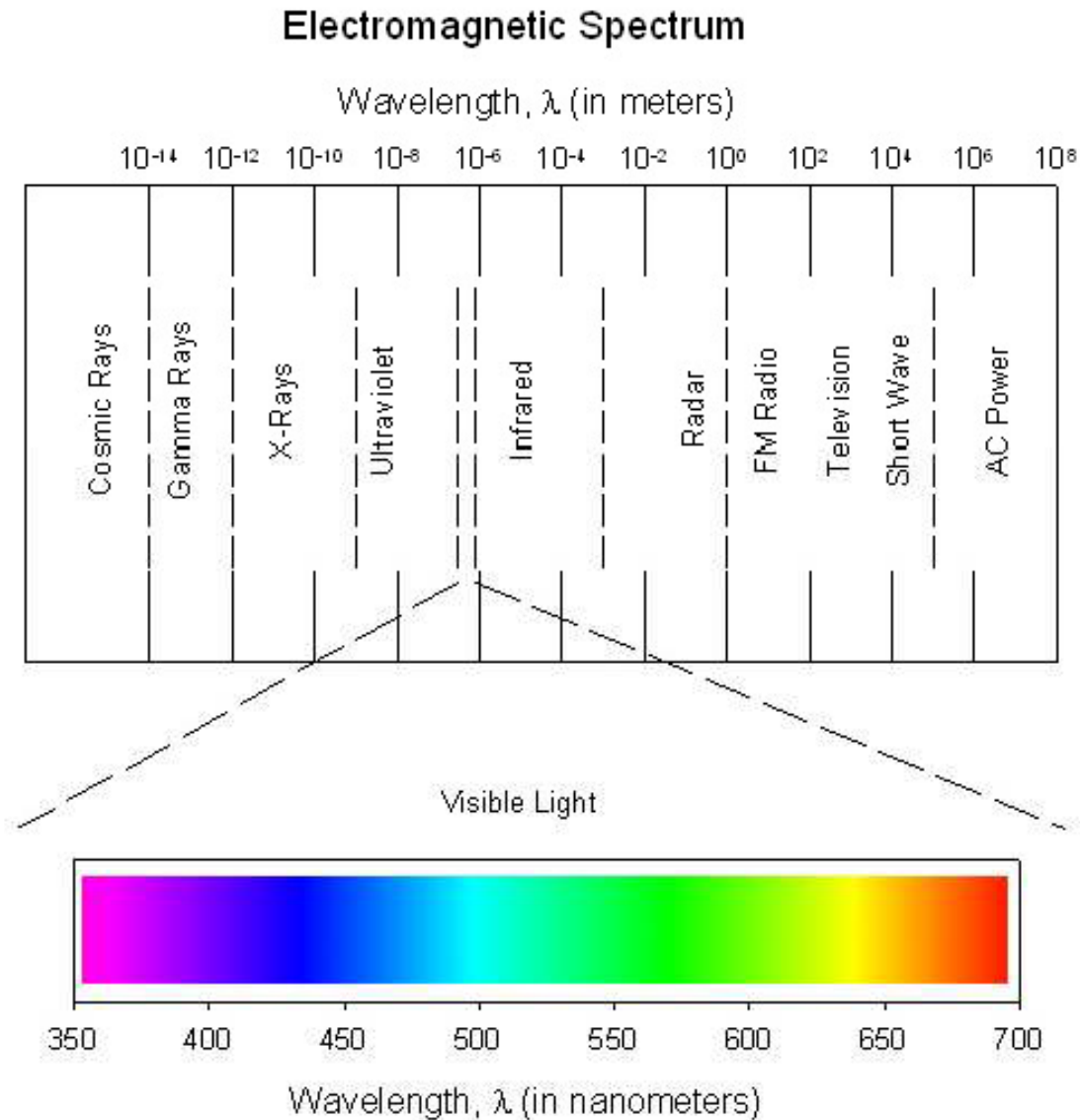
Světlo je elektromagnetické (příčné) vlnění o vlnových délkách (ve vakuu) λ od 390nm (fialové světlo) do 790nm (červené světlo), které způsobuje v lidském oku vjem zvaný vidění



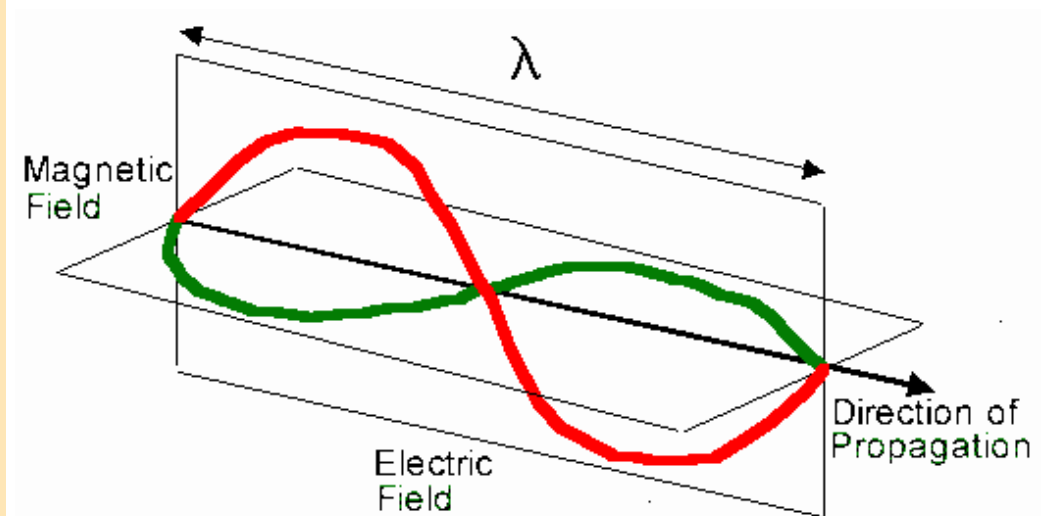
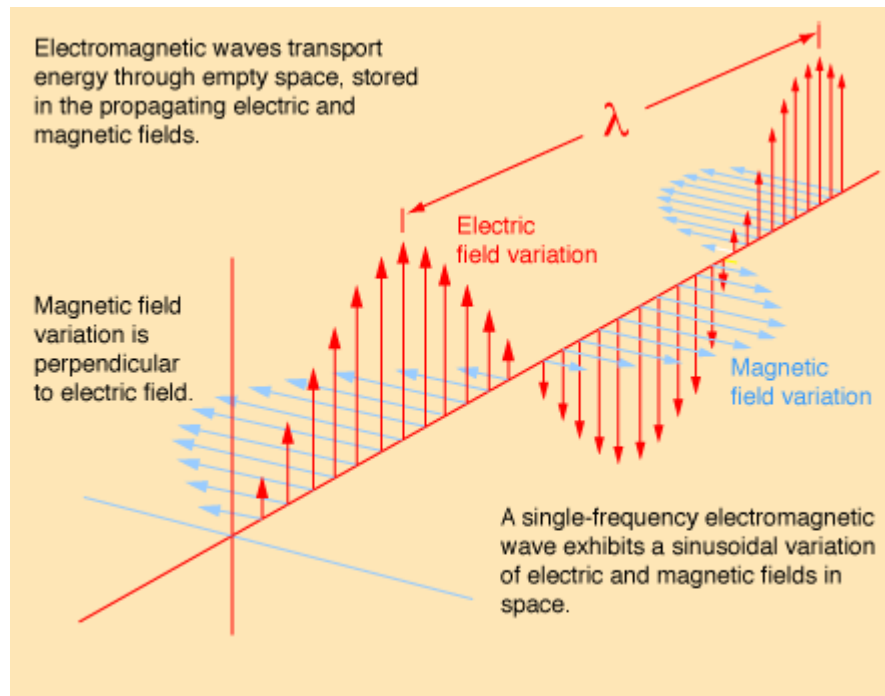
THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Elektromagnetické spektrum



Elektromagnetická vlna se skládá z oscilujícího elektrického pole kolmo na oscilující magnetické pole
Směr šíření elektromagnetické vlny je kolmý jak na směr kmitání elektrického tak i magnetického pole



Optika

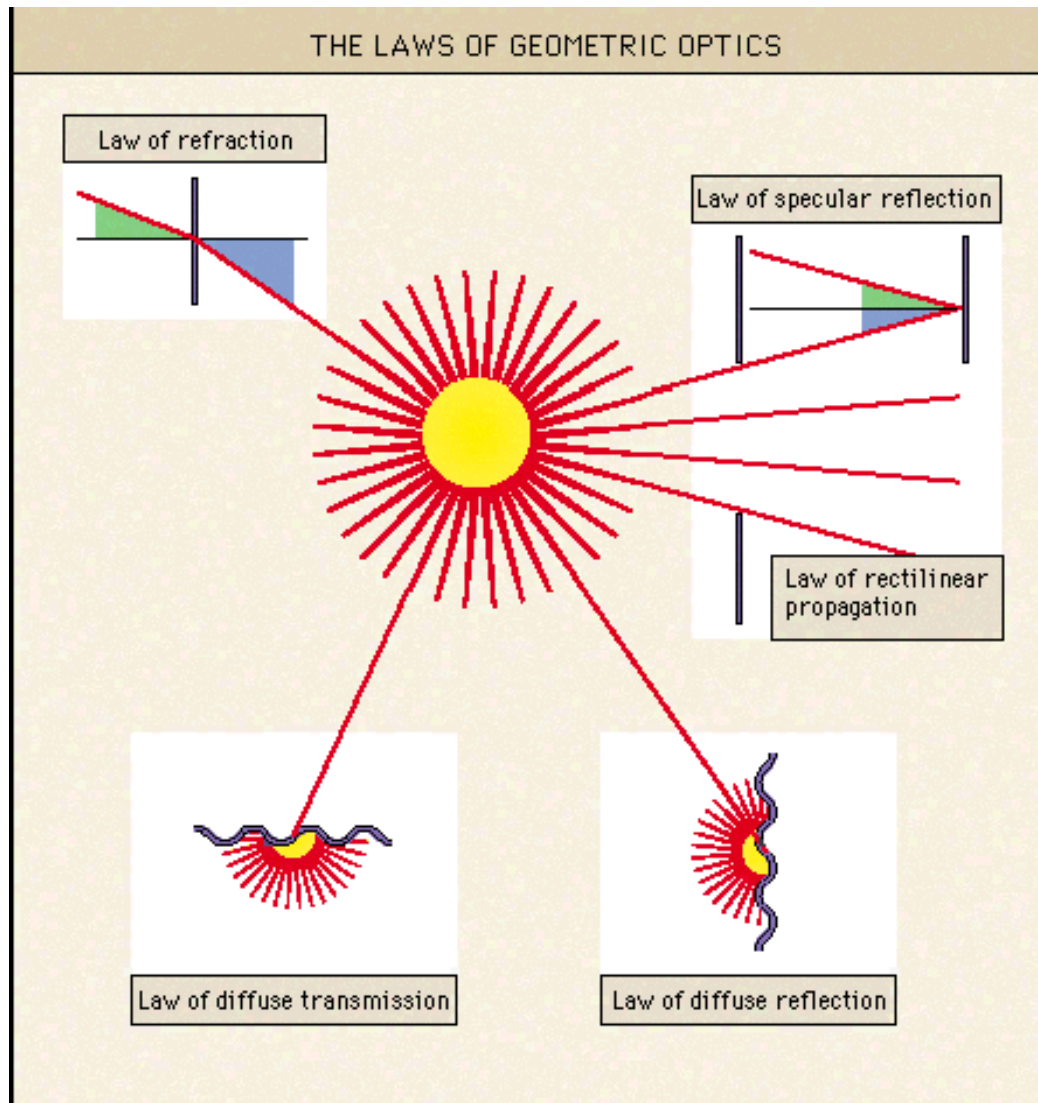
- **Vlnová optika** se zabývá jevy potvrzující vlnovou povahu světla. Rychlost světla ve vakuu $c = 3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$
- **Geometrická optika** používá modelu světelného paprsku. 1. Zákon přímočarého šíření světla 2. Zákon odrazu 3. Zákon lomu
- **Kvantová optika** vychází z objevu M. Plancka, že energie tělesa se může měnit nespojitě jen po určitých hodnotách - *kvantech*. *Fotony* = kvanta elektromagnetického pole.

Světlo má vlnovou i částicovou (kvantovou) povahu



Zákony geometrické (paprskové) optiky

**Zákon
lomu
světla**



Zákon odrazu

**Zákon přímočarého šíření
světla v opticky stejnorodém
prostředí**



Optické nedokonalosti ve stavbě oka



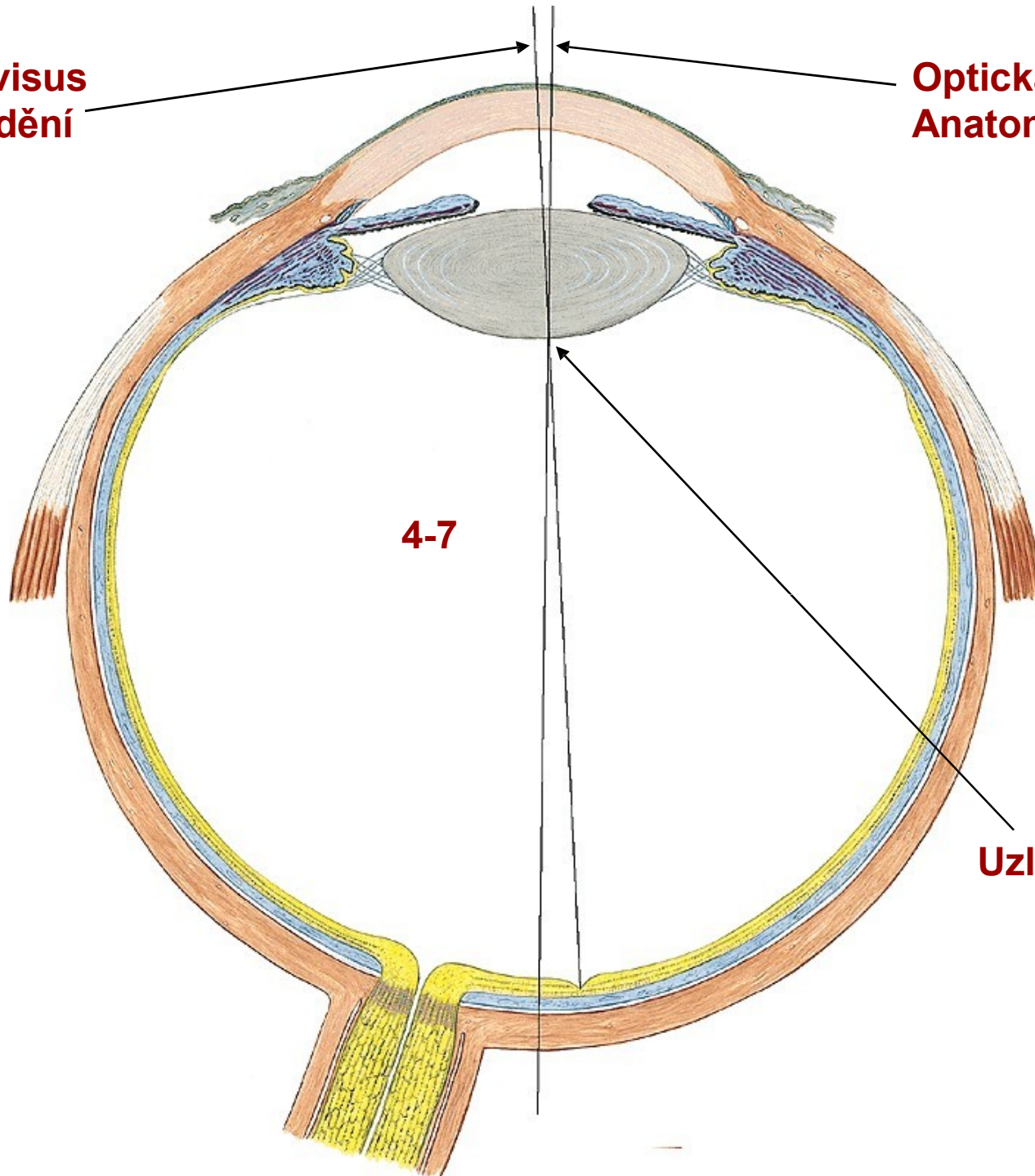
- **Anatomická osa oka** - spojnice mezi předním a zadním pólem očního bulbu
- **Optická osa oka** - přímka spojující bod maximálního zakřivení rohovky a obou ploch čočky. Leží na ní uzlový bod redukovaného oka. Je prakticky shodná s anatomickou osou oka.
- **Osa vidění (*linea visus*)** - spojnice fovea centralis v makule a bodu fixace v prostoru. Prochází uzlovým bodem redukovaného oka.

Osa vidění je od optické osy odkloněna temporálně dozadu o 4-7



Linea visus
Osa vidění

Optická osa
Anatomická osa

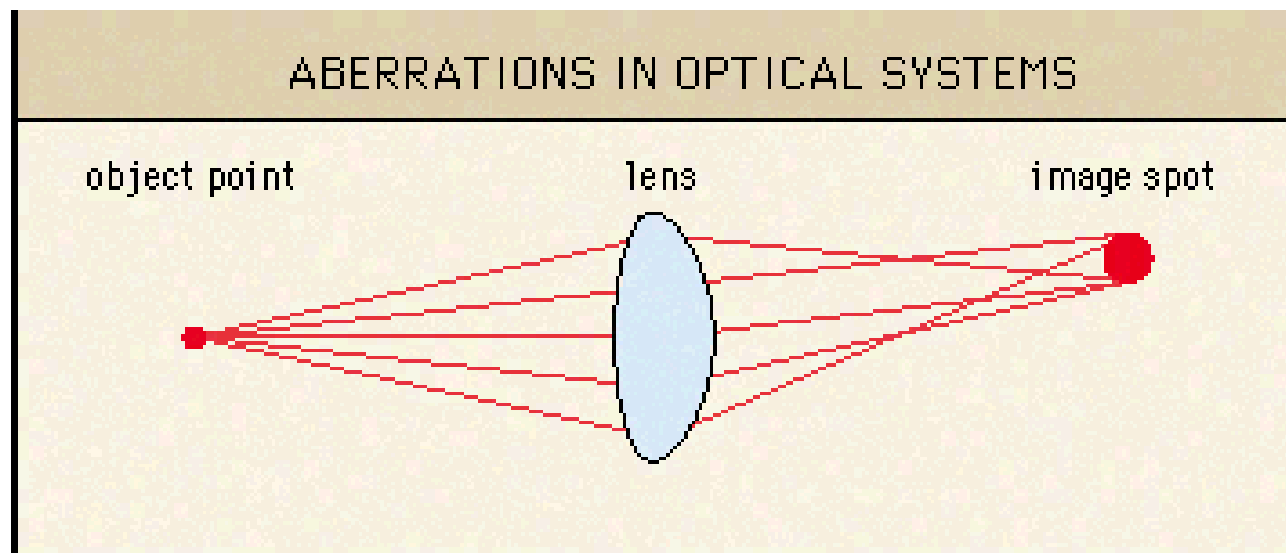


4-7

Uzlový bod



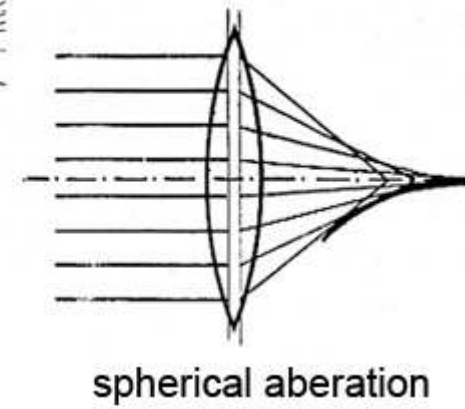
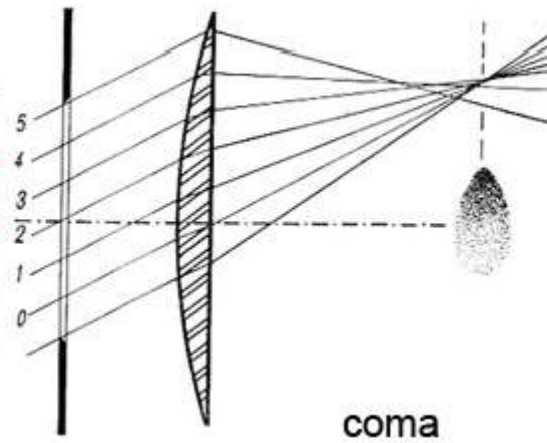
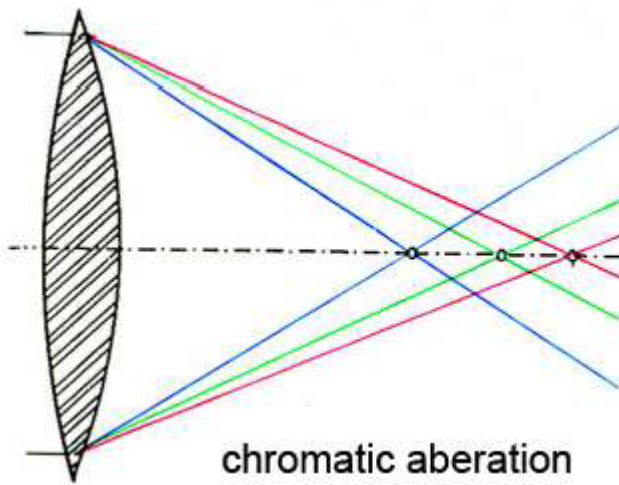
Aberace je v optice označení defektního zobrazení, které je způsobeno neschopností systému čoček vytvořit dokonalý obraz



Chromatická aberace čočky neboli barevná vada je důsledkem toho, že index lomu (a tím i ohnisková vzdálenost čočky) je funkcí frekvence světla a tedy i jeho barvy. Poloha ohniska je tedy pro každou barvu jiná.



Chromatická aberace čočky



Chromatická aberace

Barevné objekty stejně vzdálené od oka jsou zobrazovány různě daleko od sítnice. Velikost chromatické aberace je u lidského oka asi 3Dpt - fyziologicky je korigována preferenční spektrální citlivostí fotoreceptorů (560nm žlutozelené světlo) a dále zpracováním zrakového vjemu mozkiem (centrální korekce chromatické aberace)



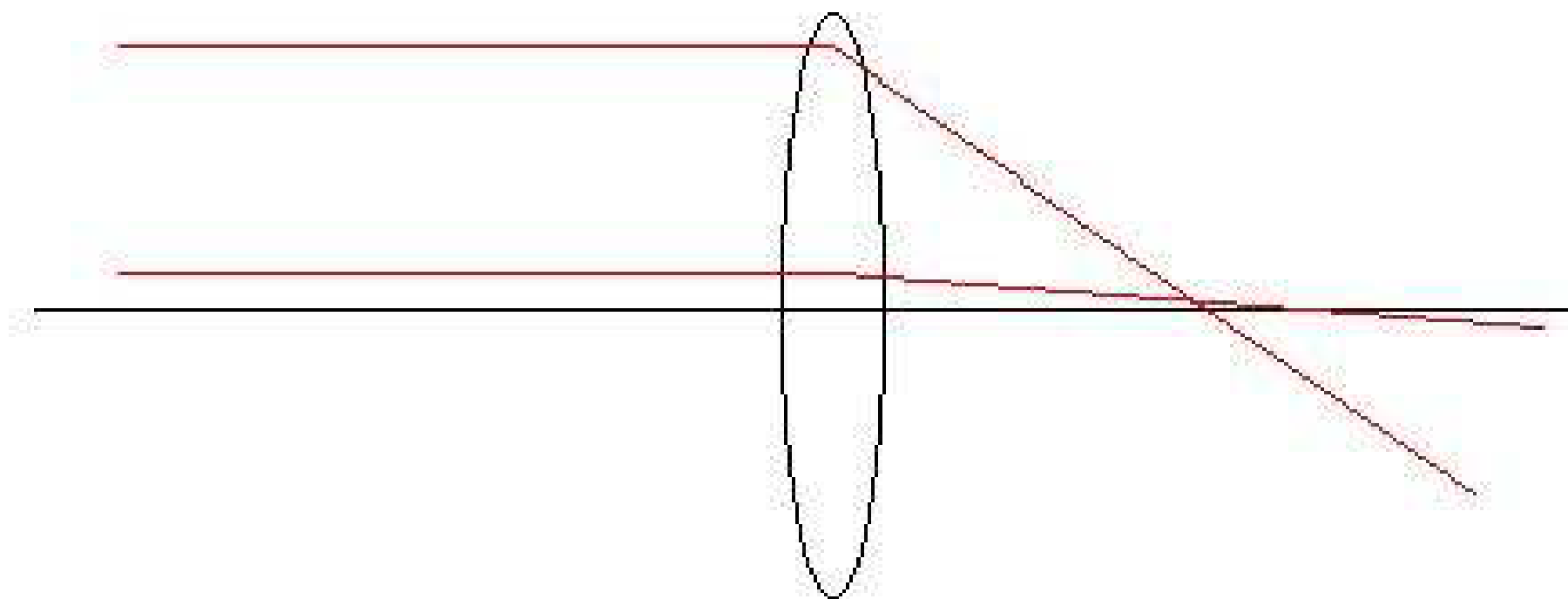
Sférická aberace čočky je dána nestejnou lomivostí paprsků procházejících okrajovými partiemi čočky (rohovky) a centrální částí čočky (rohovky), což vede k neostrému ohnisku na sítnici.

Celková sférická aberace oka činí 0,25-2Dpt a větší podíl na ní má tvar rohovky

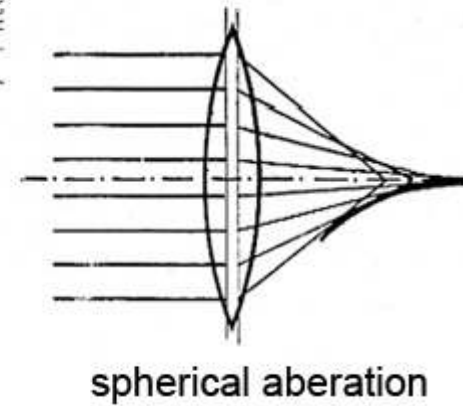
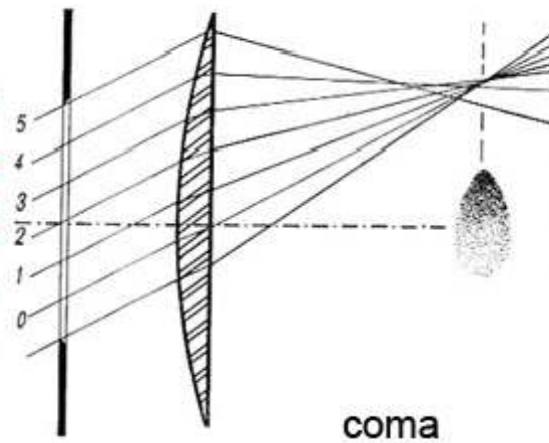
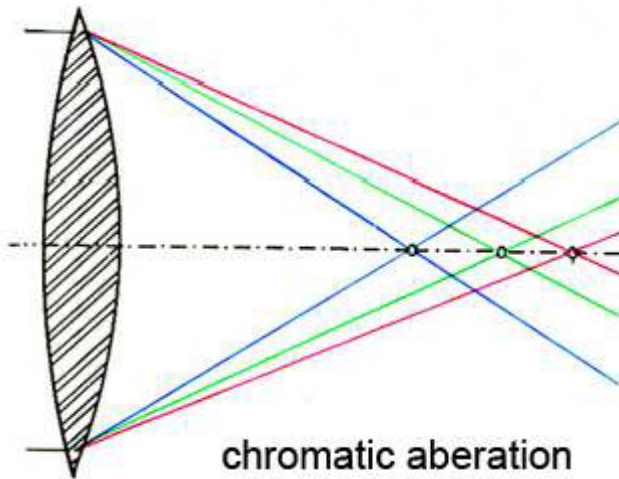
Fyziologicky je sférická aberace *rohovky* korigována zúžením zornice, u čočky má centrum větší index lomu než periferie → korekce aberace.



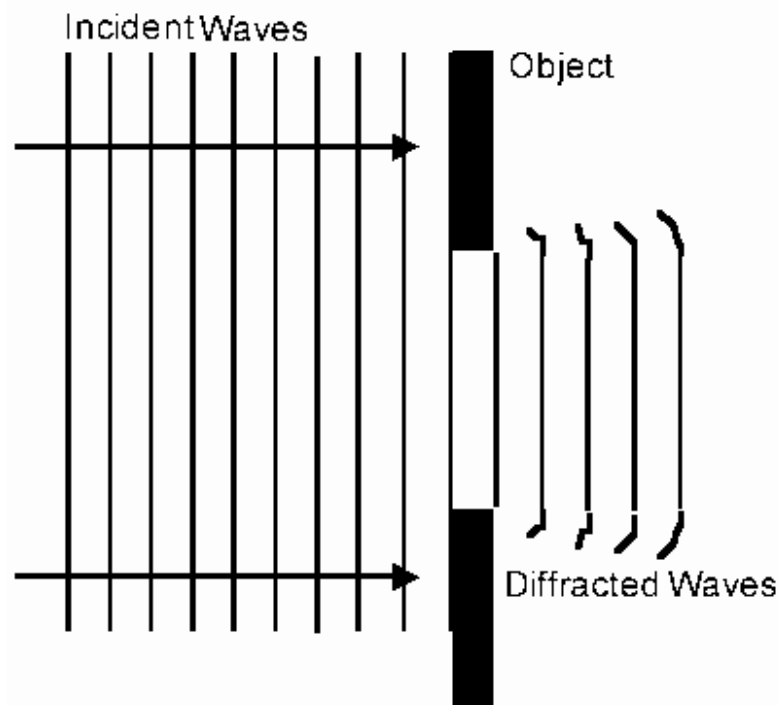
Sférická aberace čočky



Sférická aberace čočky

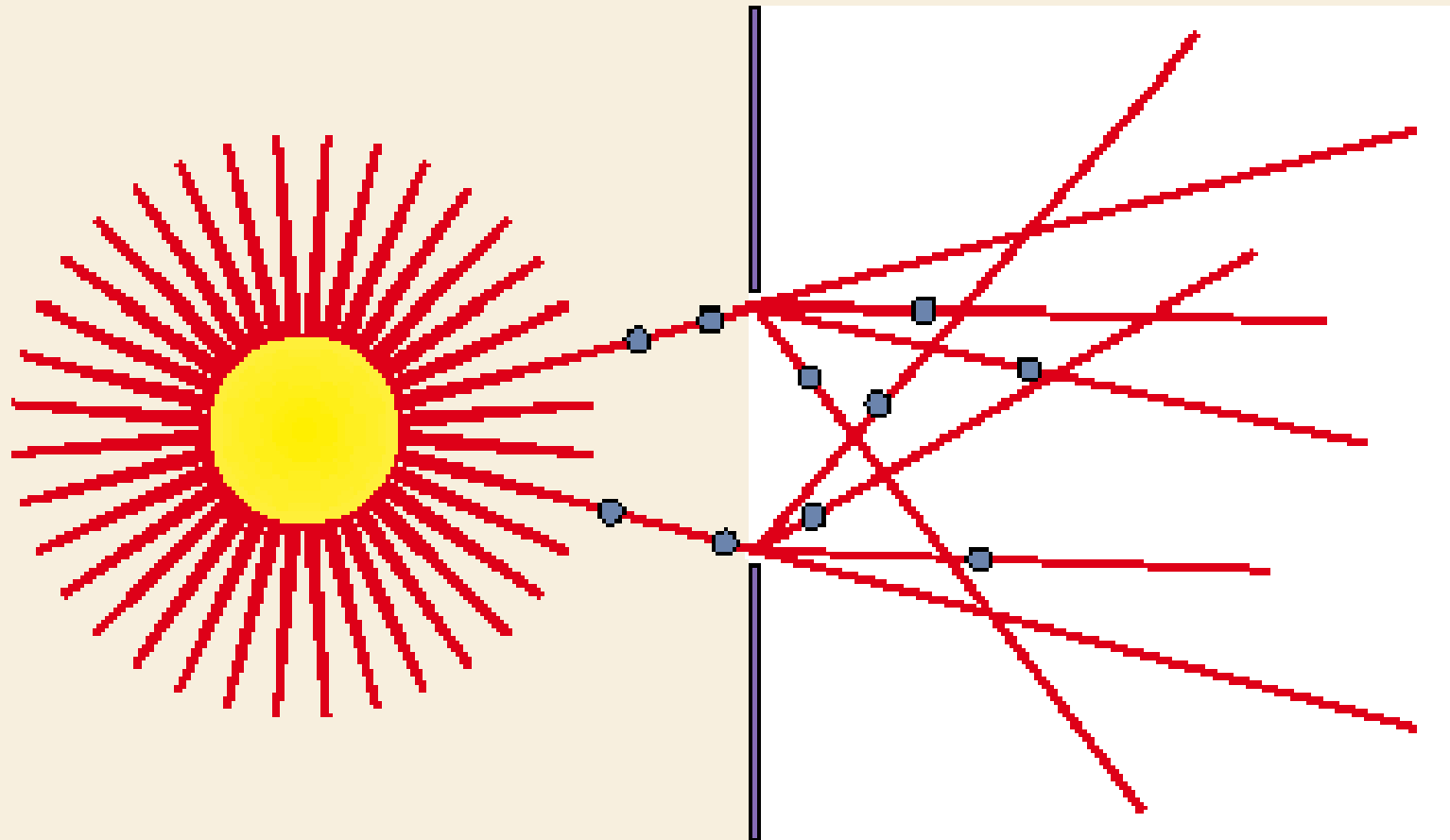


Difrakce neboli ohyb světla nastává, když světlo dopadá na rozhraní s překážkou, štěrbinovitý otvor (zornice), a za překážkou se šíří jinak, než odpovídá zákonu přímočarého šíření světla - světlo proniká z části za překážku i do oblasti geometrického stínu \Rightarrow ohybový obrazec.



Difrakce

AN EXPLANATION OF DIFFRACTION USING THE CORPUSCULAR THEORY



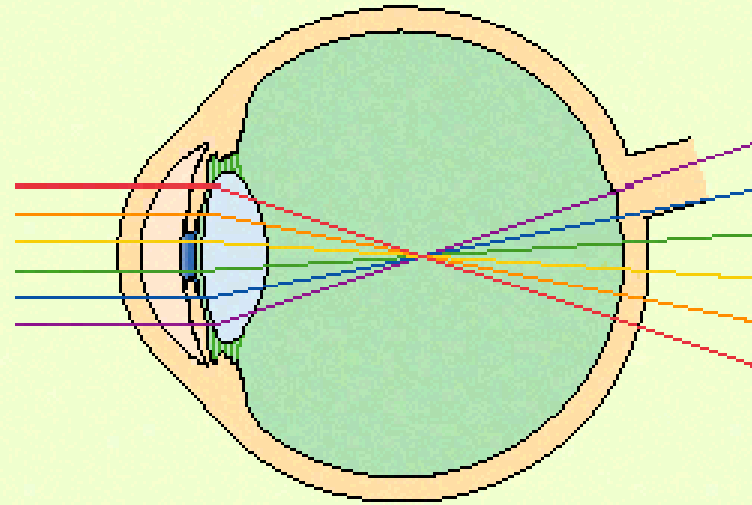
Difrakce závisí na průměru vstupního otvoru (velikosti zornice): čím menší vstupní otvor (mioza), tím větší difrakce a snížení rozlišovací schopnosti oka (ale tím menší i periferní aberace a zlepšení vizu!)
⇒ zornice < 2mm výrazný podíl difrakce,
zornice > 5mm výrazný podíl periferních aberací rohovky a čočky

Ø zornice 2.4mm ⇒ optimální vyvážení účinku aberací a difrakce na zrakovou ostrost ⇒ nejlepší retinální obraz

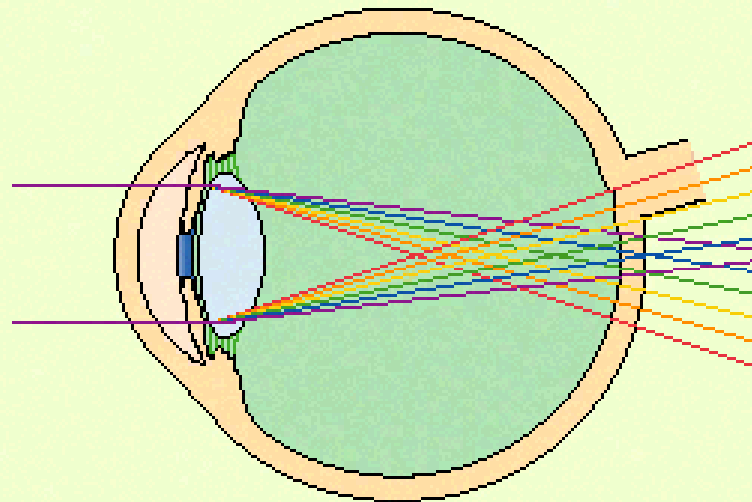


PRINCIPAL ABERRATIONS OF THE LENS

Spherical aberration



Chromatic aberration



Fyziologický astigmatismus

Stav, kdy nemá optický aparát oka ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost

Rovnoběžné paprsky přicházející k oku nemají v různých meridiánech své ohnisko v téže rovině

Příčina: - vada *zakřivení* rohovky či čočky

- změna *indexu lomu* (katarakta)

- *decentrace* (subluxace čočky, IOL)



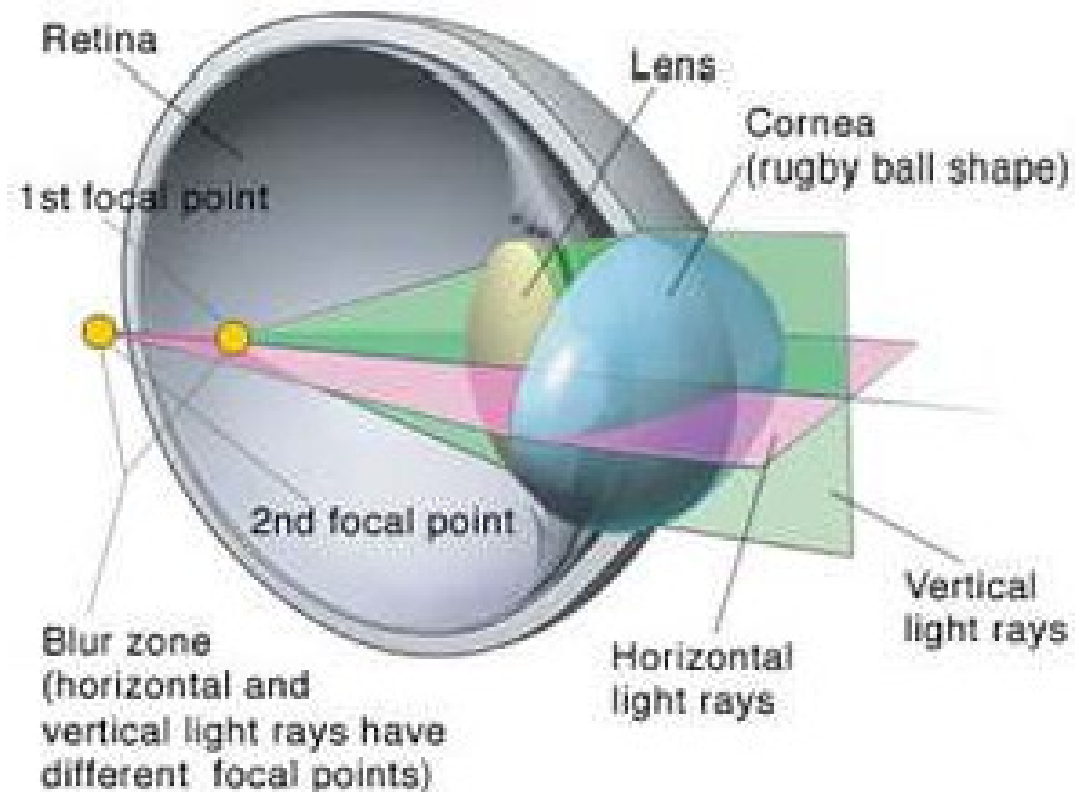
Fyziologický astigmatismus

Astigmatismus rohovkový

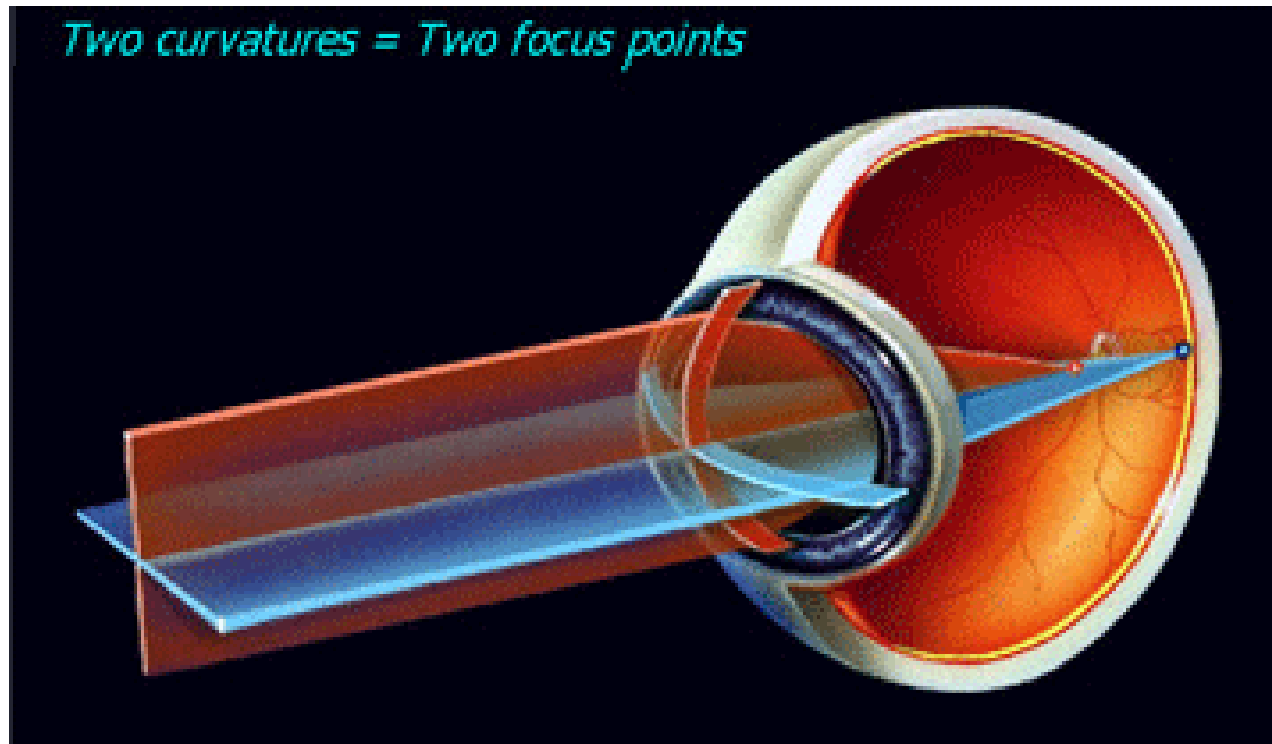
Astigmatismus čočkový

Astigmatismus celkový

CROSS SECTION OF ASTIGMATIC EYE



Pravidelný astigmatismus: meridiány s největší a nejmenší lomivostí jsou na sebe vzájemně kolmé
Astigmatismus přímý (podle pravidla): svislý meridián je více lomivý než horizontální
Astigmatismus nepřímý (proti pravidlu): horizontální meridián je více lomivý než svislý

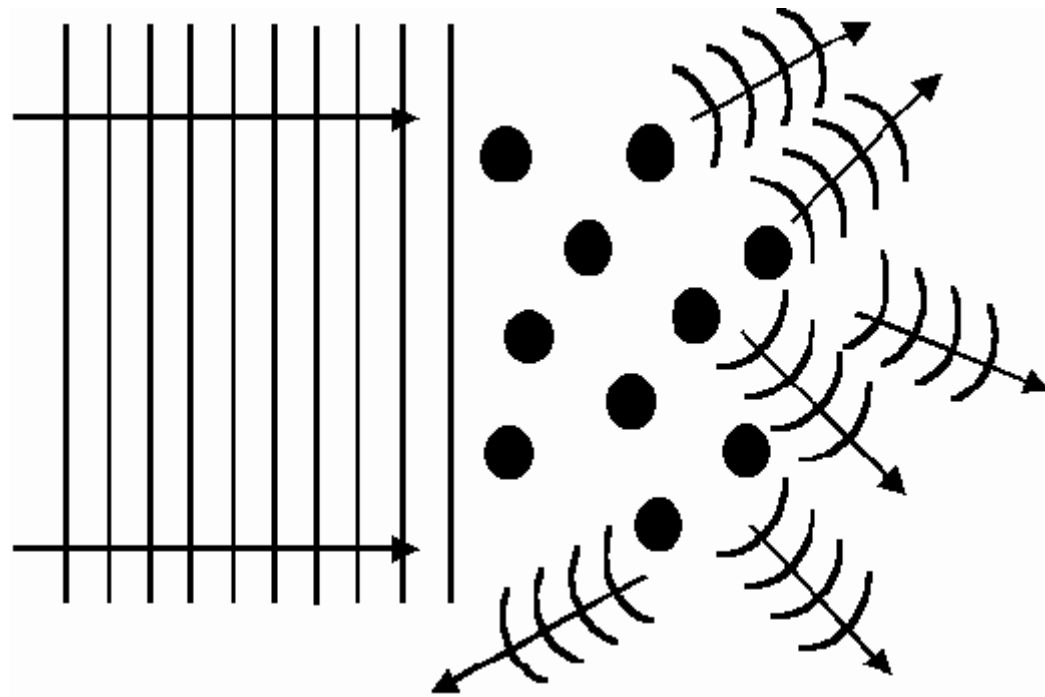


Další faktory ovlivňující kvalitu sítnicového obrazu

- ***Rozptyl světla*** v oku je vyvolán částicemi v ultrastruktuře optických médií, kdy jsou paprsky v opticky nehomogenním prostředí vychýleny ze své původní dráhy náhodným směrem (katarakta.rozmlžení obrazu, pokles kontrastní citlivosti, oslnění). Čočka ve věku 20 let rozptyluje asi 20% světla, v 60 letech je to již více než dvojnásobek.
- ***Absorpce světla-*** je selektivní dle vlnové délky a stárnutí čočky (modrá)

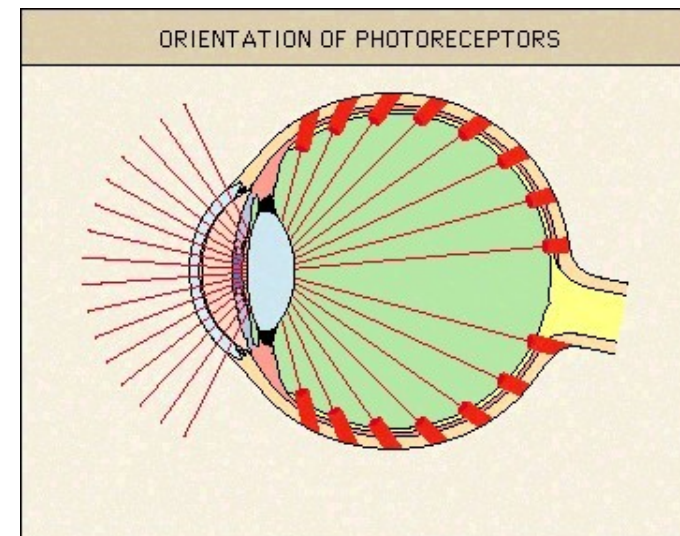
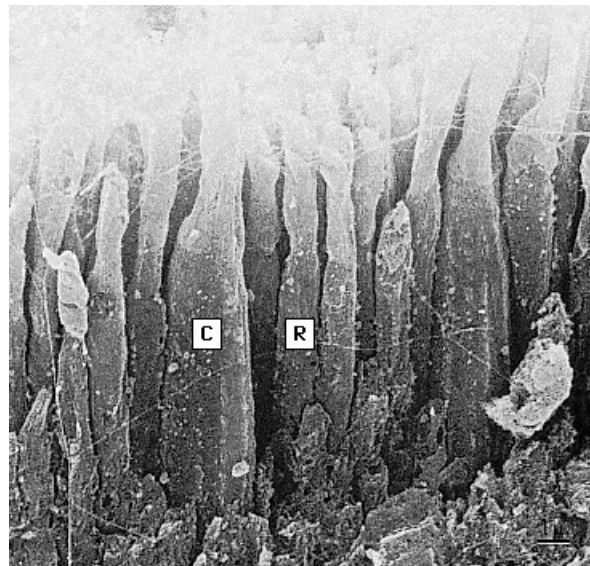


Rozptyl světla



Rozptyl světla

- Rohovka rozptyluje asi 10%, čočka mladých rozptyluje asi 20%, modré světlo je rozptylováno 16x intenzivněji než červené.
- Obranné mechanismy proti rozptylu světla:
 - žlutý pigment fovei (lutein) absorbuje rozptýlené modré světlo
 - orientace fotoreceptorů slouží jako vodítko světlu, které musí vstupovat pod určitým úhlem \Rightarrow primárně jsou zachycovány zaostřené paprsky a ne rozptýlené
 - hnědý pigment RPE a cévnatky absorbuje světlo, které prostoupí skrz sítnici a zamezí tak zpětnému rozptylu
 - víčka a obočí



Fyziologický kontrast

- **Kontrast** charakterizuje zrakový vjem. Závisí na rozdílu jasů (svítivosti) světlých a tmavých částí předmětu

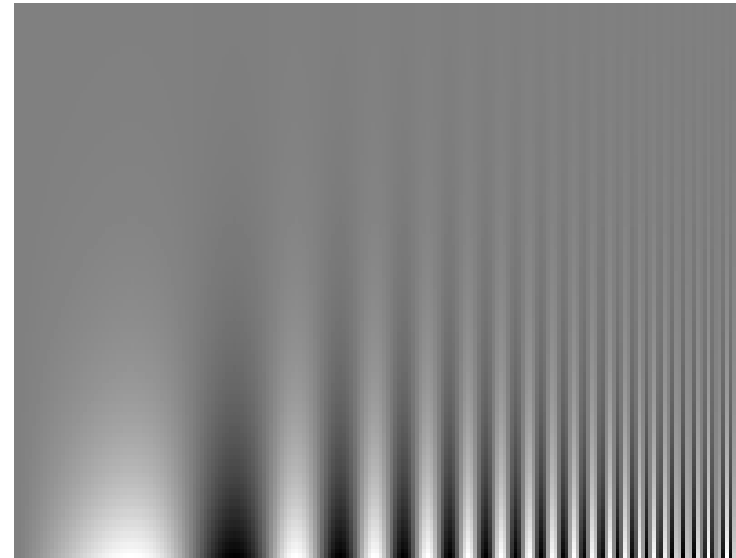
$$\text{Kontrast} = \frac{\text{jas předmětu} - \text{jas pozadí}}{\text{jas předmětu} + \text{jas pozadí}}$$

- **Kontrastní senzitivita** stanovuje prahovou hodnotu kontrastu pro každou velikost písma nebo pro vzor pruhů



Testy kontrastní citlivosti

Pelli - Robson

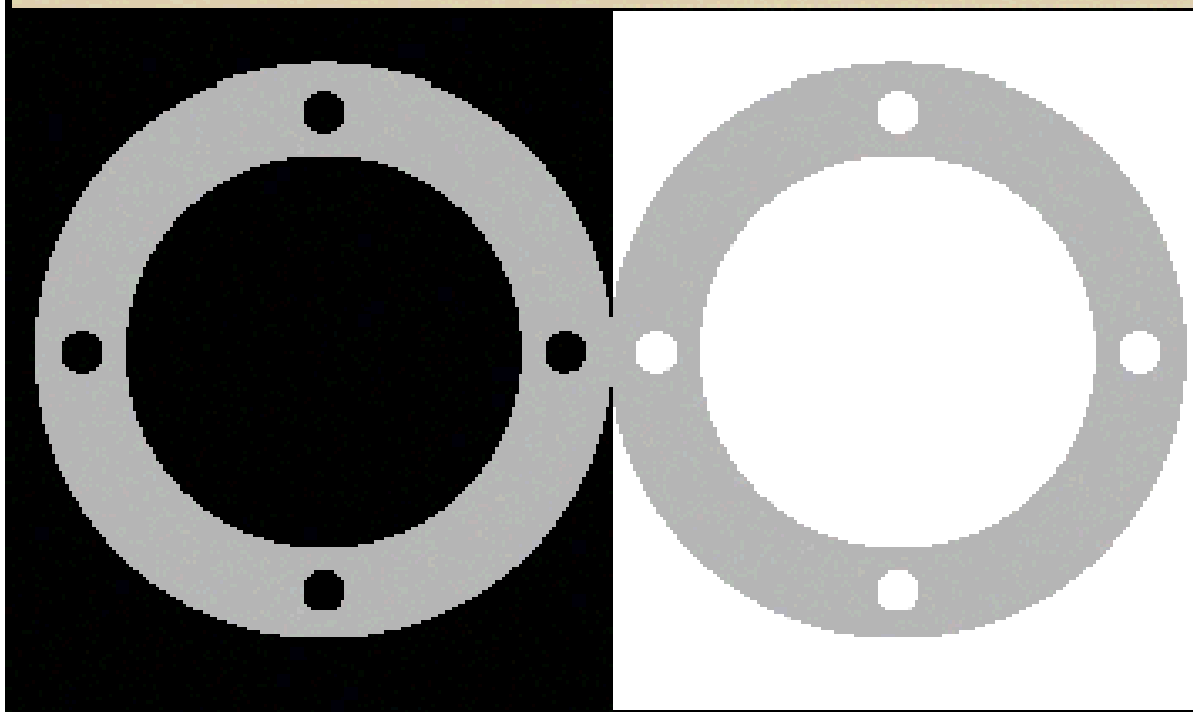


- ***Fyziologický kontrast*** - „zvýšení kontrastu mozkiem“
- ***Simultánní (současný) kontrast*** - subjektivní zrakový vjem při pozorování objektu závisí na pozadí daného předmětu. Př.: šedý kruh se na bílé ploše jeví tmavší a na tmavé ploše světlejší než by objektivně odpovídalo jím vysílanému světlu (*kontrast světlosti*). Šedý čtvereček je na žluté ploše namodralý (*barevný kontrast*).



Simultánní kontrast

EFFECT OF BRAIN'S CONTRAST ENHANCEMENT FUNCTION



Simultánní barevný kontrast

šedý čtvereček se jeví na žluté ploše namodralý



- ***Sukcesivní (následný) kontrast***

zrakový vjem závisí při pozorování objektu na tom, jaké světlo dopadalo na sítnici oka před pozorováním předmětu. V místě podráždění sítnice zůstává přetrvávající změna (stopa).





