

Geometrická optika, optické přístroje.

Odraz a lom světla na zrcadlech a
čočkách. Mikroskop, lupa,
dalekohled.

Geometrická optika

Optické prvky

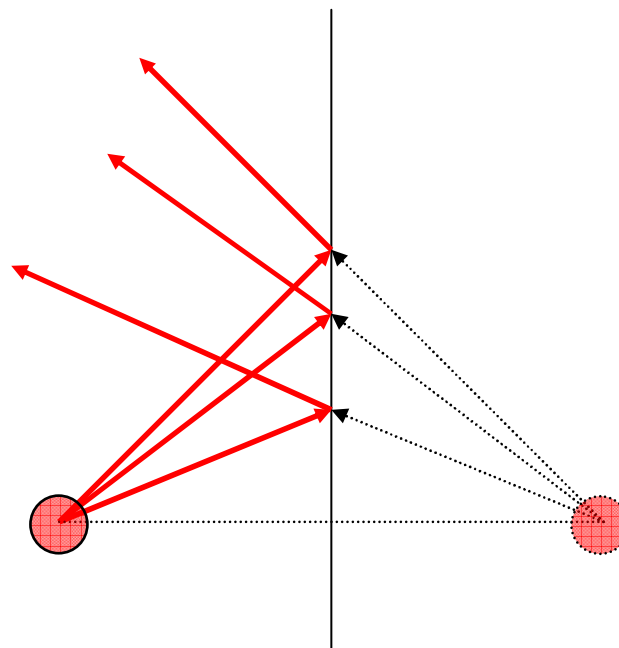
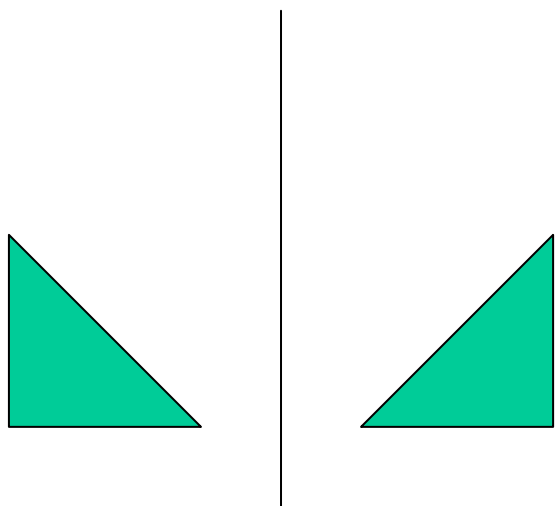
- Odraz – zrcadla
- Lom – čočky

Lupa, fotoaparát, mikroskop, atd.

Popis šíření světla pomocí paprsků, omezeno na prostor blízko optické osy, nepostihuje fázové poměry světelných vln

Zrcadla

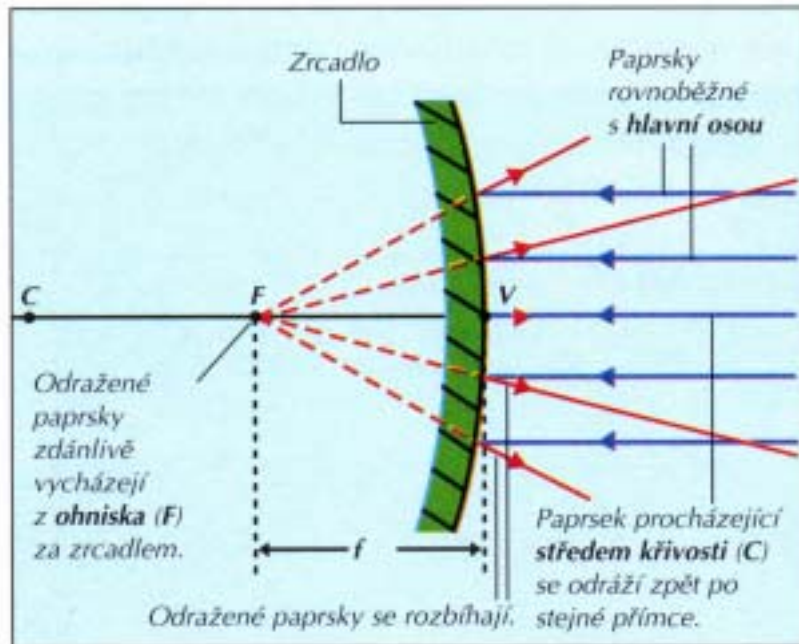
Odraz světla na kulovém, plochém, nebo jiném povrchu



Kulová zrcadla

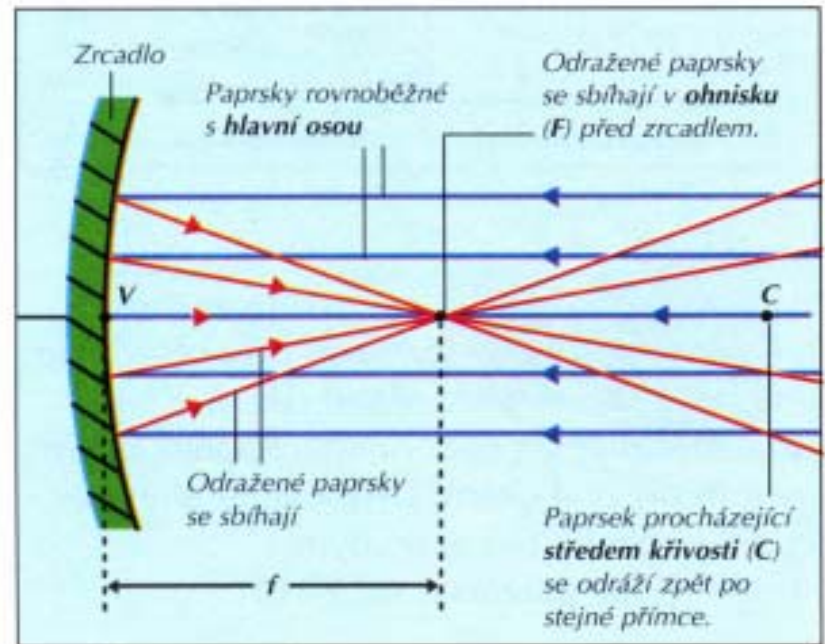
Vypuklé zrcadlo

Konvexní zrcadlo



Vyduté zrcadlo

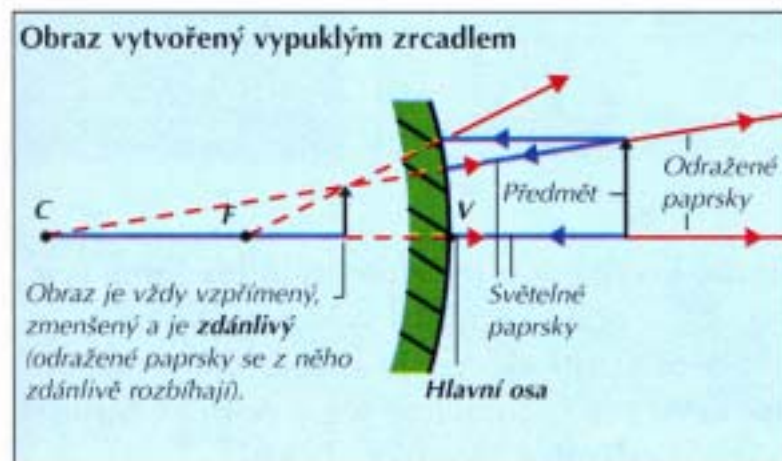
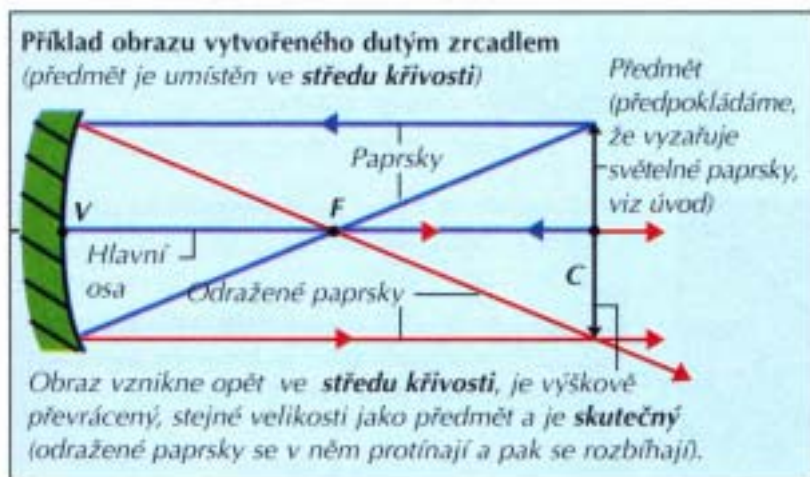
Konkávní zrcadlo



Zobrazovací rovnice

Ohnisko zrcadla, ohnisková vzdálenost $f = \frac{r}{2}$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



Význačné paprsky

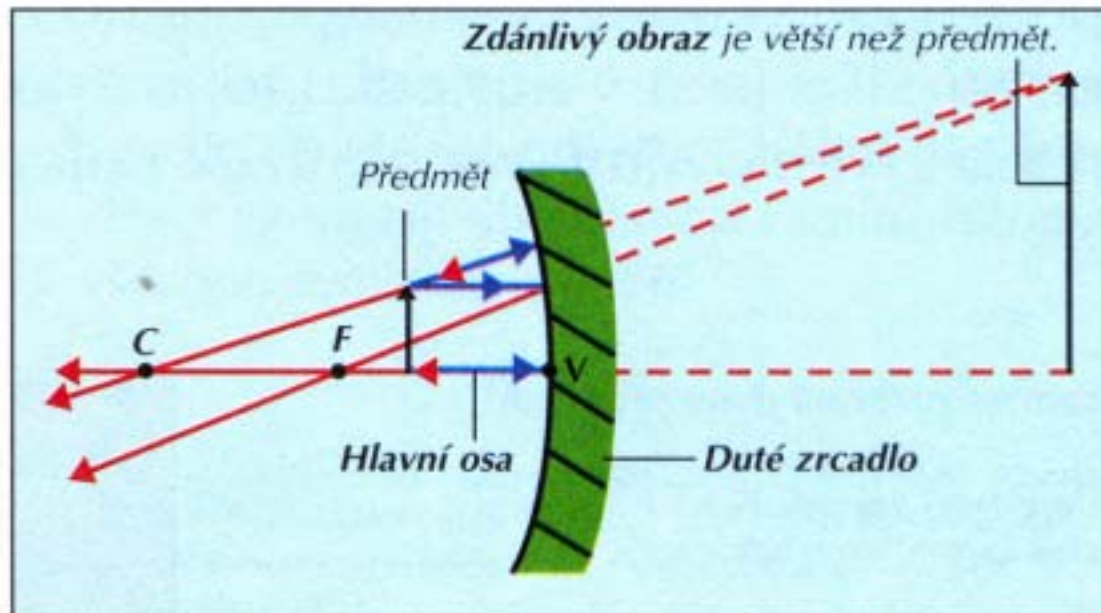
- Jdoucí středem zrcadla (čočky) → nemění směr
- Jdoucí ohniskem → rovnoběžně s osou
- Jdoucí rovnoběžně s osou → do ohniska

Bod z něhož dva paprsky vycházejí se zobrazuje zase v jejich průsečíku po odrazu na zrcadle

Zvětšení, zmenšení obrazu

Příčné zvětšení rozměrů $Z = \frac{y'}{y}$

Příklad příčného zvětšení



Čočky

Spojka

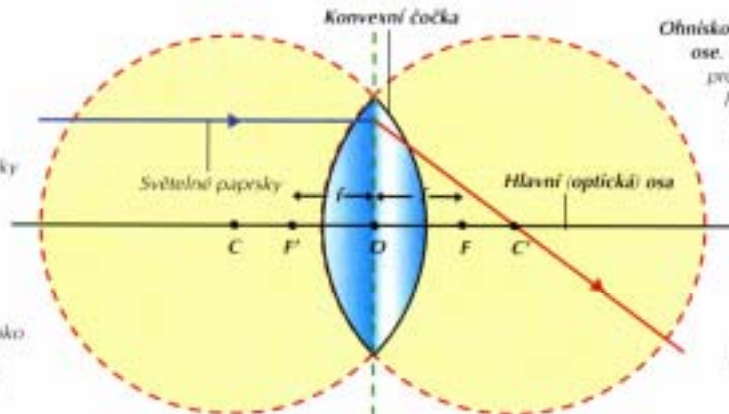
Rozptylka

Body používané k sestrojení dráhy lomených paprsků
(viz též str. 50)

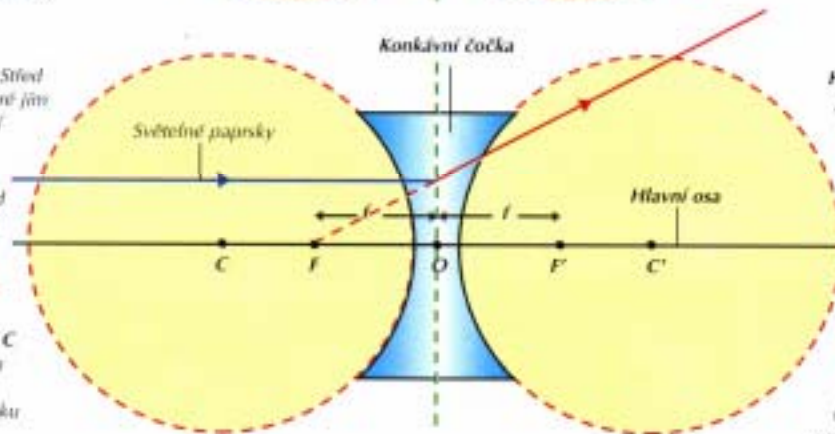
Všechny zde uvedené čočky považujeme za tenké ($t \ll r$). Hlavní osa čoček je malá ve srovnání s ohniskovou vzdáleností. f když se paprsky ohybají jak při vstupu do čočky, tak při výstupu z ní, kreslíme je jako lomené pouze jednou ve svislé přímce procházející optickým středem čočky.

Optický střed (O): Střed čočky. Paprsky, které jím procházejí, nemění směr.

Střed křivosti: Střed koule, jejíž částí je povrch čočky. Protože čočka má dvě plochy, máme také dva středy křivosti – označení C se vždy dává středu křivosti na straně dopadajícího paprsku (druhý je C').



Ohnisko. Význačný bod na optické ose. Všechny rovnoběžné paprsky procházející blízko osy se lámou tak, že se sbíhají do ohniska (spojka) nebo se z něho zdánlivě rozbíhají (rozptylka). Ohniska jsou dvě, protože světlo může do čočky vstupovat z obou stran – označení F se dává vždy hlavnímu ohnisku, do kterého se paprsky sbíhají, nebo z kterého se zdánlivě rozbíhají (druhé ohnisko je F').



Hlavní osa. Přímka procházející středy křivosti a optickým středem.

Ohnisková délka (f). Vzdálenost mezi ohnisky a optickým středem.

Světelný otvor (apertura): Oblast, kterou světlo prochází při dopadu na čočku.

Spojka a rozptylka

Závisí na tom v kterém prostředí je čočka umístěna

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad n = \frac{N_{sklo}}{N_{okolí}}$$

Spojka $f > 0$

Rozptylka $f < 0$

Typy konvexních čoček

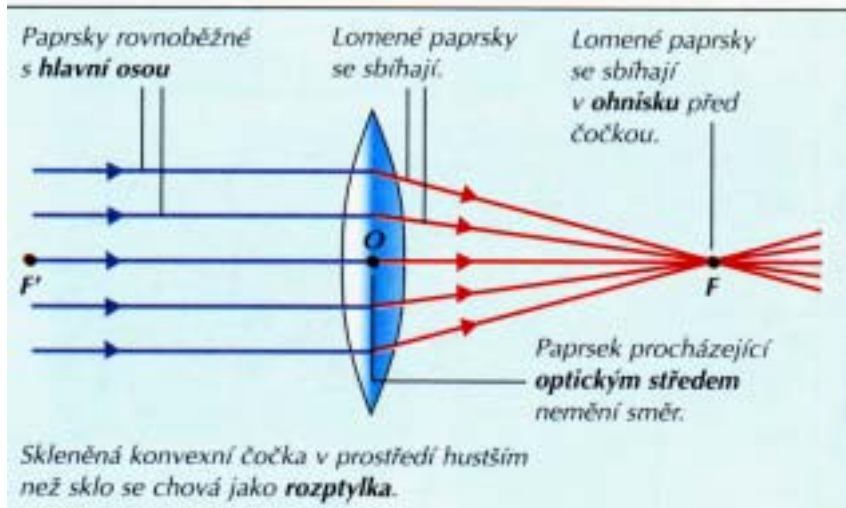


Typy konkávních čoček

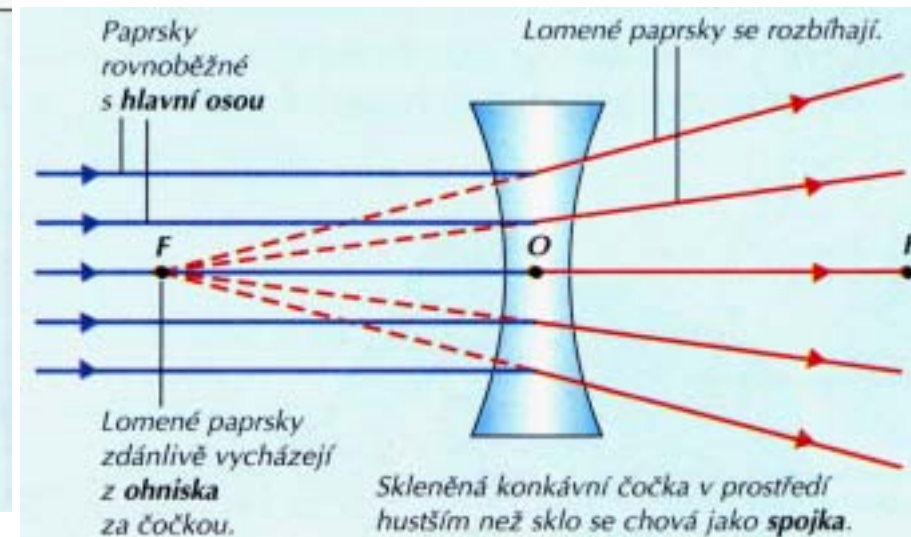


Zobrazení čočkami

Spojka

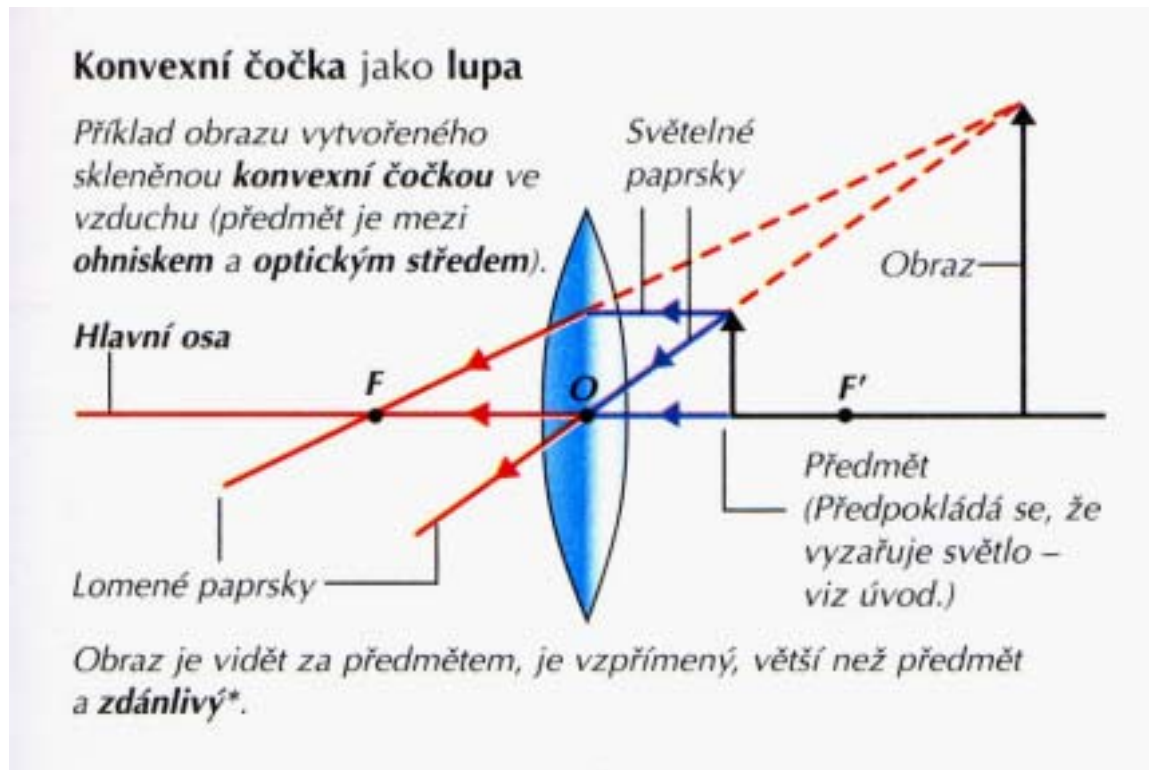


Rozptylka



Spojka jako lupa

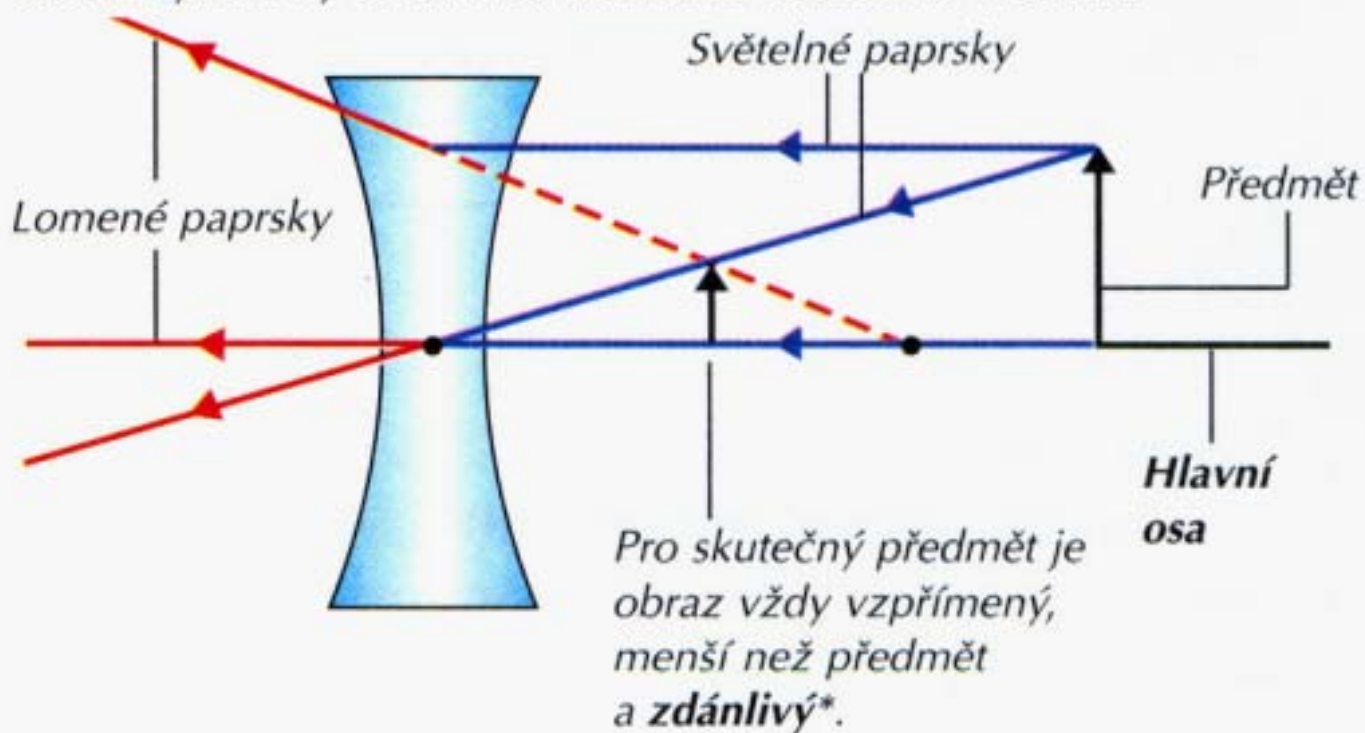
Zdánlivý a zvětšený obraz



Rozptylka - chod paprsků

Konkávní čočka

Obraz vytvořený skleněnou **konkávní čočkou** ve vzduchu



Zobrazovací rovnice pro čočky

Formálně stejná jako pro zrcadla

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Ohnisková vzdálenost však již není polovinou
poloměru křivosti ploch čočky

$a, b, f < 0$ nebo > 0

Příčné zvětšení

Zvětšení-zmenšení obrazu

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{b}{a} = \frac{-f}{a-f} = -\frac{b-f}{f}$$

Přímý obraz $y' > 0$, $Z > 0$

Převrácený obraz $y' < 0$, $Z < 0$

Vady zobrazení

- Odraz – nezávisí na vlnové délce
- Lom – závisí na vlnové délce, tzv. barevné vady

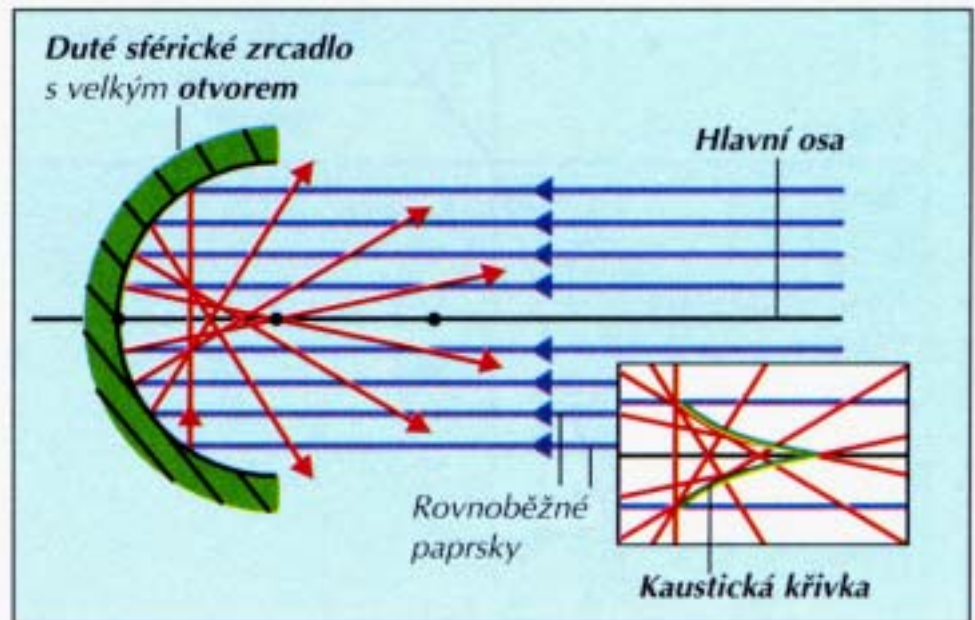
– otvorová vada

- astigmatismus

- zkreslení obrazu

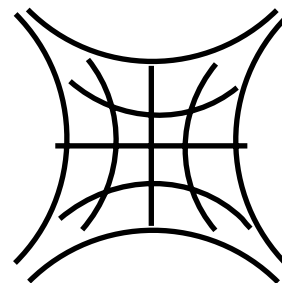
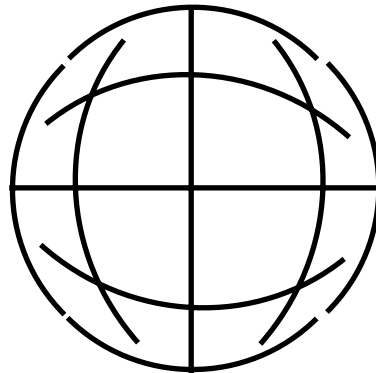
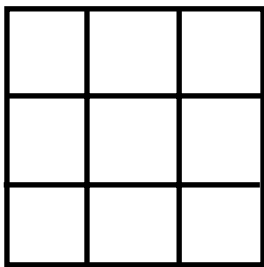
- barevná vada

Kulová vada



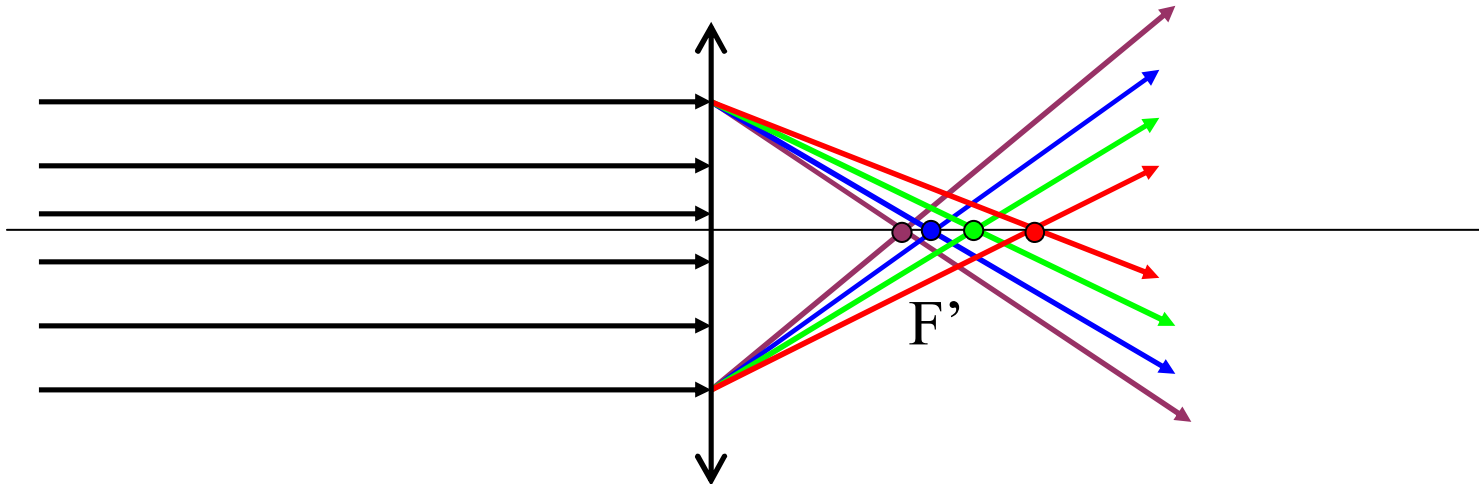
Vady zobrazení

- Astigmatismus – dva kolmé směry jsou zaostřeny v různých ohniscích, místo kruhové plošky se zobrazuje „kometá“
- Zkreslení obrazu – soudkovité, poduškovité



Barevná vada

Různé vlnové délky mají ohnisko v různé vzdálenosti – nejvíce patrná na okrajích zobrazovaných předmětů



Optické přístroje

- Lupa
- Dalekohled
- Mikroskop

Lupa

Konvenční zraková vzdálenost $l=25\text{cm}$

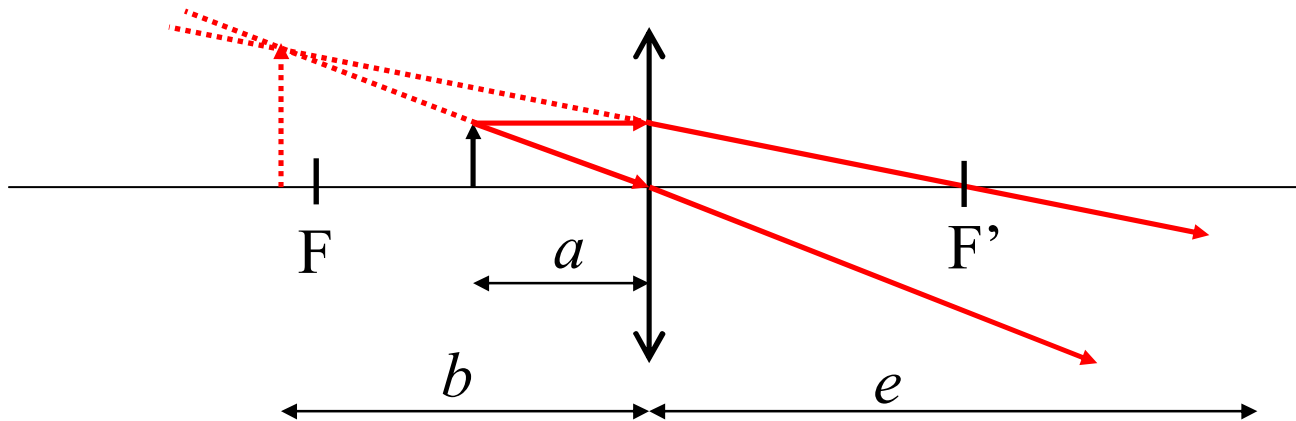
Lupa = spojná čočka, předmět mezi ohniskem a čočkou blízko ohniska, obraz zdánlivý zvětšený

Pozorujeme ze vzdálenosti e od lupy

Úhlové zvětšení lupy

Oko zaostřeno na nekonečno $b \rightarrow \infty$

$$w = \alpha' / \alpha = \frac{l}{f} \frac{b-f}{b-e} \rightarrow \frac{l}{f}$$



Mikroskop

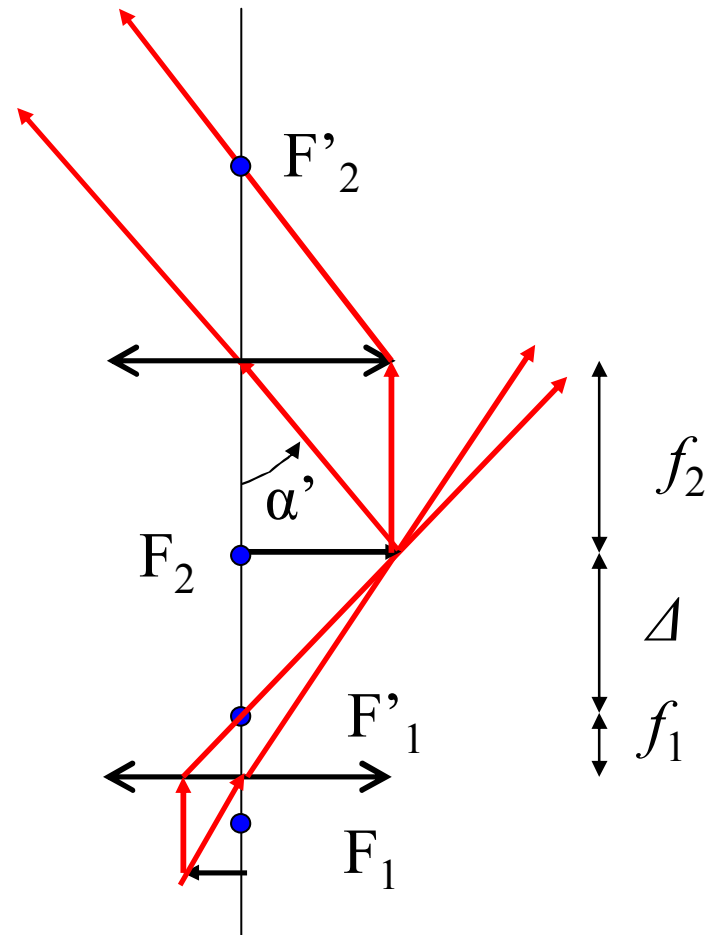
- Objektiv - $f_1 \sim 1 \text{ mm}$
- Okulár - $f_2 \sim 1 \text{ cm}$
- Optický interval $\Delta = 160 \text{ mm}$

Obraz vytvořený objektivem je pozorován okulárem jako lupou

Úhlové zvětšení mikroskopu

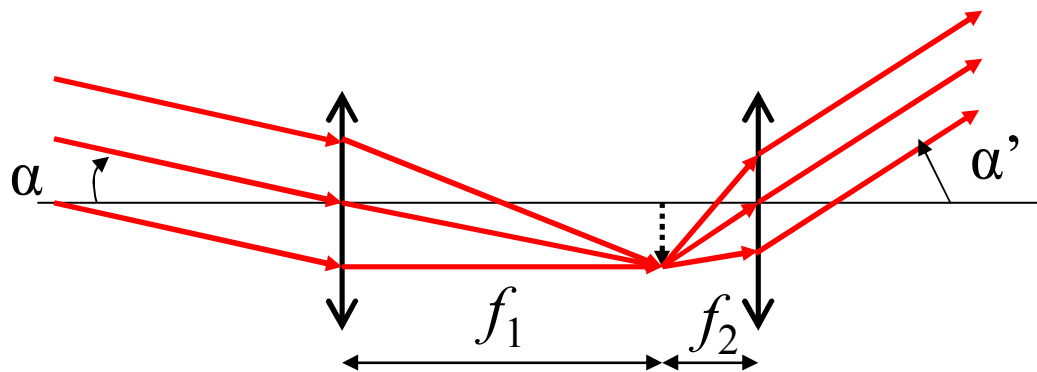
Úhlové zvětšení

$$w = \frac{\alpha'}{\alpha} \approx \frac{\Delta}{f_1} \frac{l}{f_2} = Z_1 Z_2$$

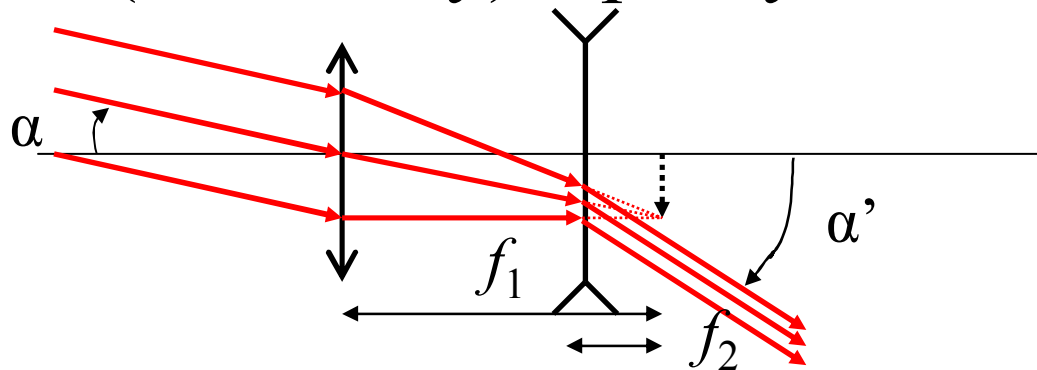


Dalekohled

- Keplerův (hvězdářský) – převrácený obraz



- Galileův (holandský) – přímý obraz



Keplerův dalekohled

Dalekohled

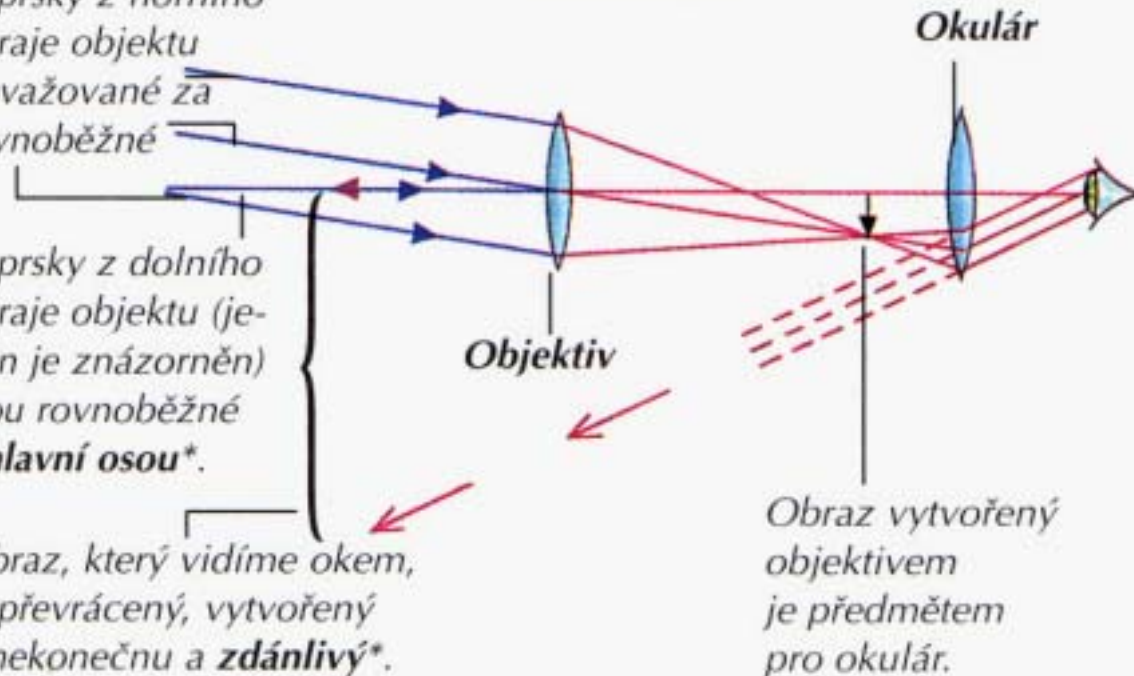
Objekt (např. hvězdu) považujeme za umístěný v nekonečnu.

Čočky v Keplerově astronomickém dalekohledu

Paprsky z horního okraje objektu považované za rovnoběžné

Paprsky z dolního okraje objektu (jeden je znázorněn) jsou rovnoběžné s hlavní osou*.

Obraz, který vidíme okem, je převrácený, vytvořený v nekonečnu a **zdánlivý***.



Úhlové zvětšení dalekohledu

- Úhlové zvětšení

$$w = \frac{f_1}{f_2}$$

- Údaj na dalekohledu např. 8x50

Průměr výstupní pupily = $50\text{mm}/8 = 6\text{mm}$

Literatura

V prezentaci byly použity obrázky z knihy:

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.: Fyzika (část 4 – Elektromagnetické vlny – Optika – Relativita), Vutium, Brno 2000

Velká ilustrovaná encyklopedie, Fyzika, Chemie, Biologie, Fragment, Havlíčkův Brod 2000