

Geometrická optika

Optické prvky

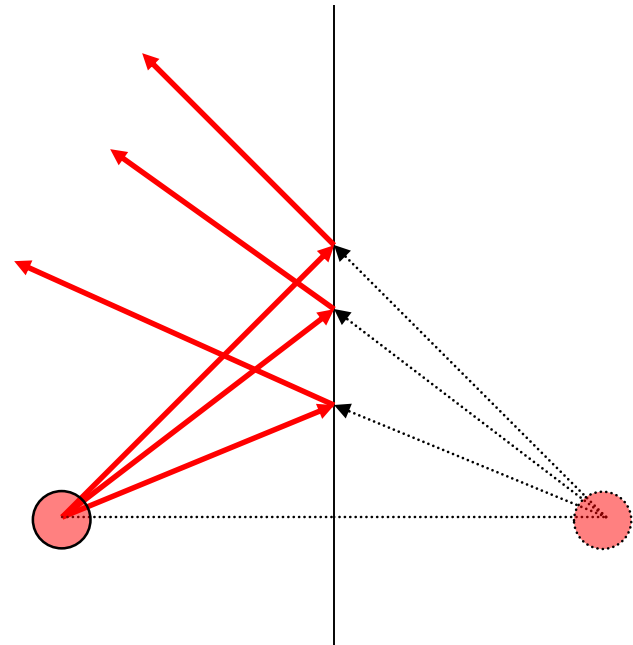
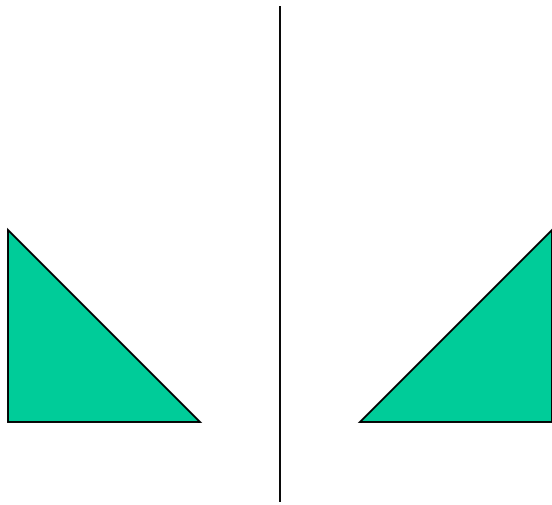
- Odraz – zrcadla
- Lom – čočky

Lupa, fotoaparát, mikroskop, atd.

Popis šíření světla pomocí paprsků, omezeno na prostor blízko optické osy

Zrcadla

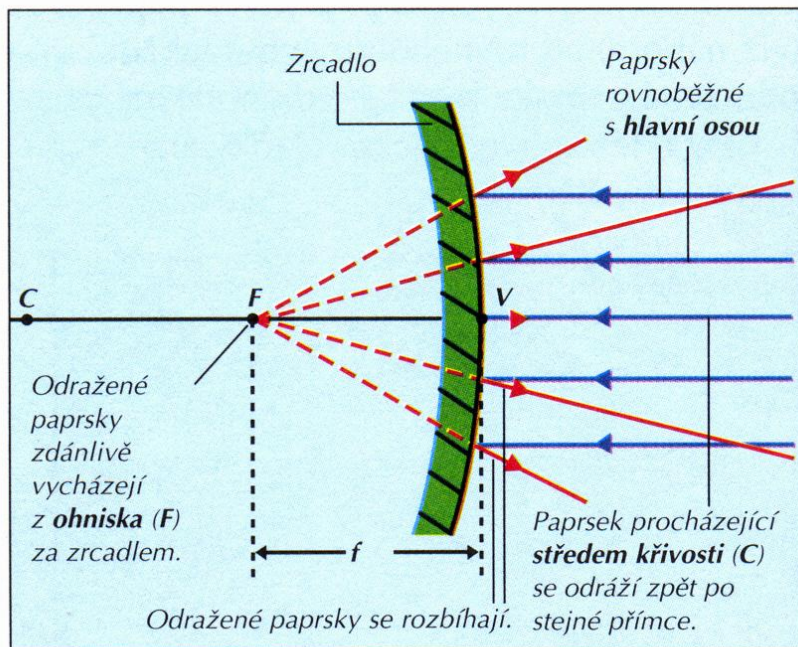
- Odraz světla na kulovém, plochém, nebo jiném povrchu



Kulová zrcadla

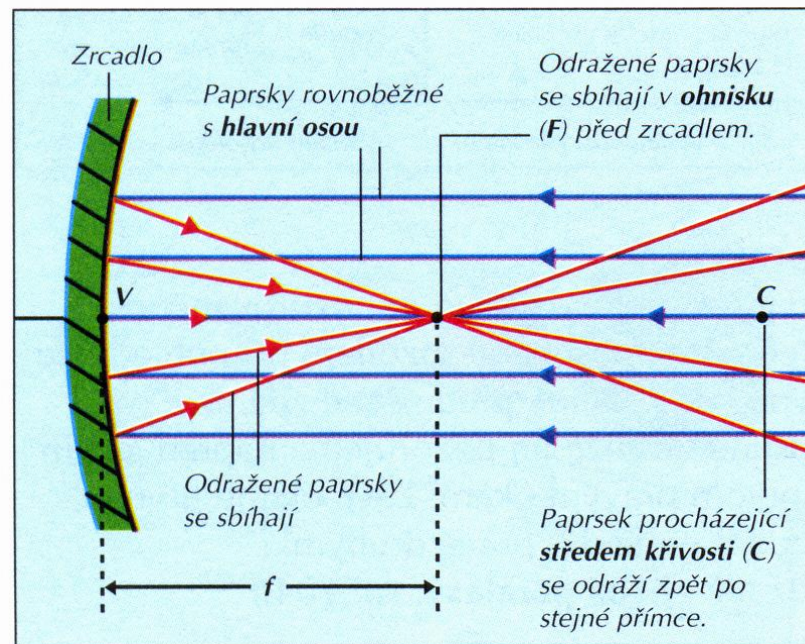
Vypuklé zrcadlo

Konvexní zrcadlo



Vyduté zrcadlo

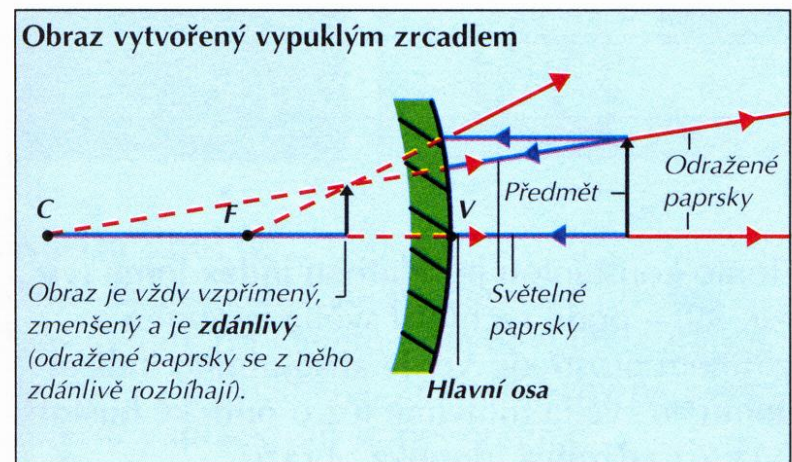
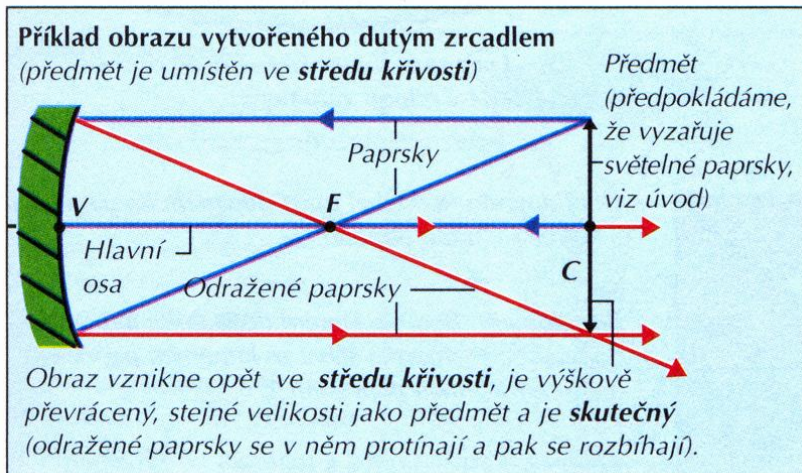
Konkávní zrcadlo



Zobrazovací rovnice

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

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



Význačné paprsky

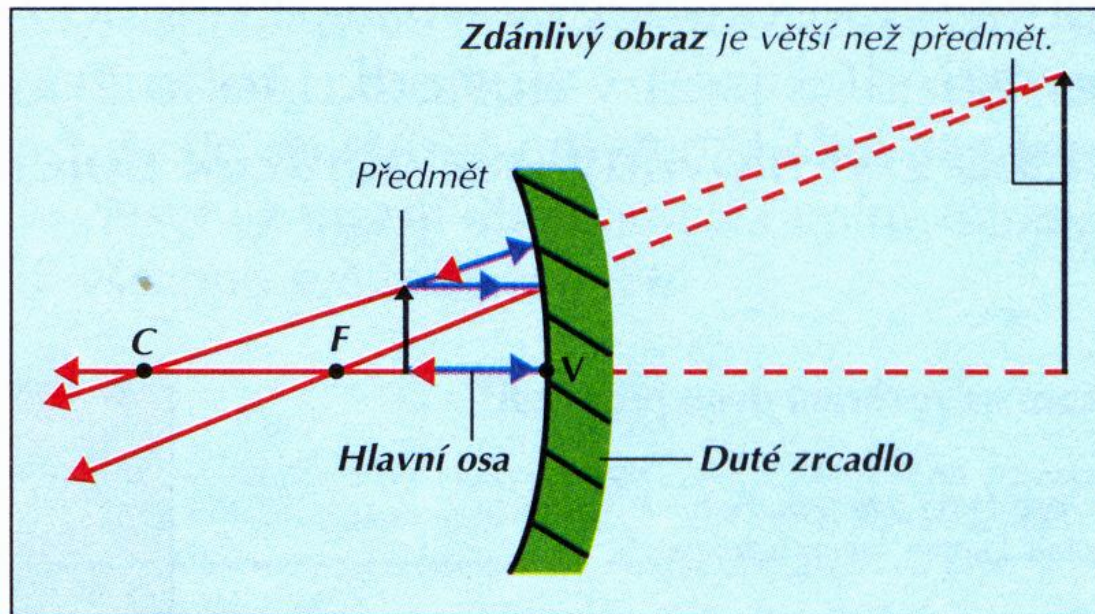
- Jdoucí středem zrcadla (čočky) → nemění směr
- Jdoucí ohniskem → rovnoběžně s osou
- Jdoucí rovnoběžně s osou → do ohniska

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

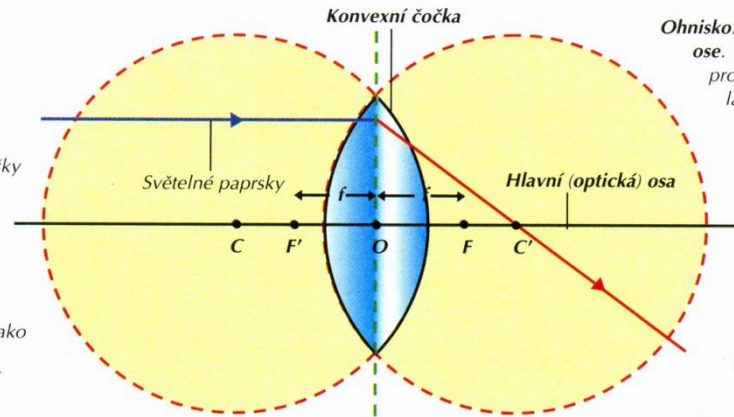


Čočky

Spojka

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

Všechny zde uvedené čočky považujeme za tenké (tj. tloušťka čoček je malá ve srovnání s **ohniskovou vzdáleností**). I když se paprsky ohýbají jak při vstupu do čočky, tak při výstupu z ní, kreslíme je jako lomené pouze jednou ve svislé přímce procházející **optickým středem** čočky.

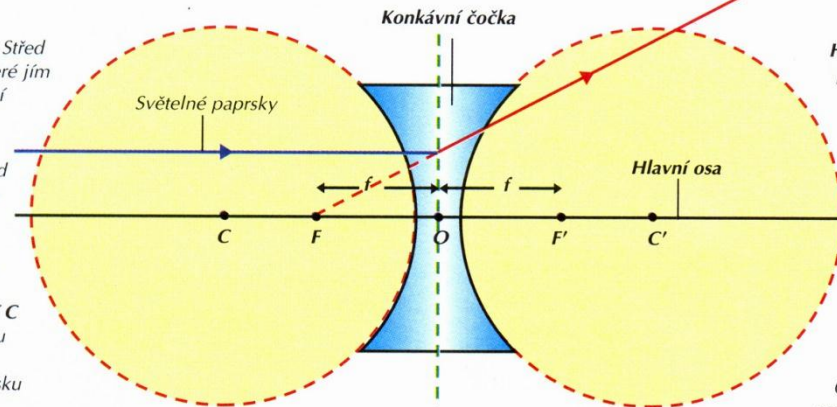


Ohnisko. Význačný bod na **optické ose**. Všechny rovnoběžné paprsky procházející blízko osy se lámou tak, že se sbíhají do ohniska (**spojka**) nebo se z něho zdánlivě rozbíhají (**rozptylka**). Ohniska jsou dvě, protože světlo může do čočky vstupovat z obou stran – označení **F** se dává vždy hlavnímu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

Rozptylka

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'**).



Hlavní osa. Přímka procházející **středem křivosti a optickým středem**.

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

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

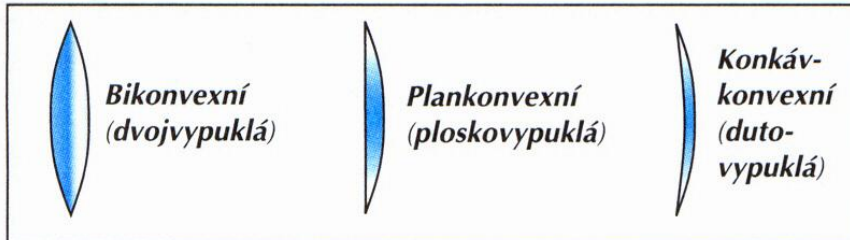
Spojka a rozptylka

Závisí na tom v kterém prostředí je čočka umístěna

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

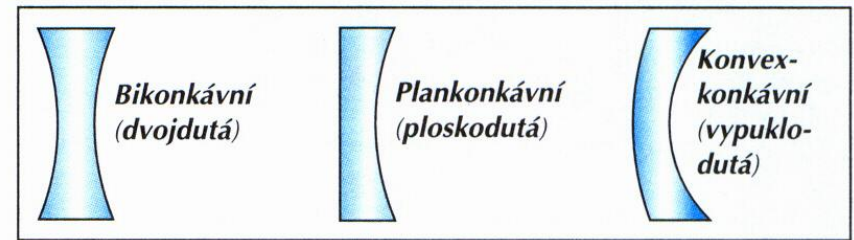
Spojka $f > 0$

Typy konvexních čoček



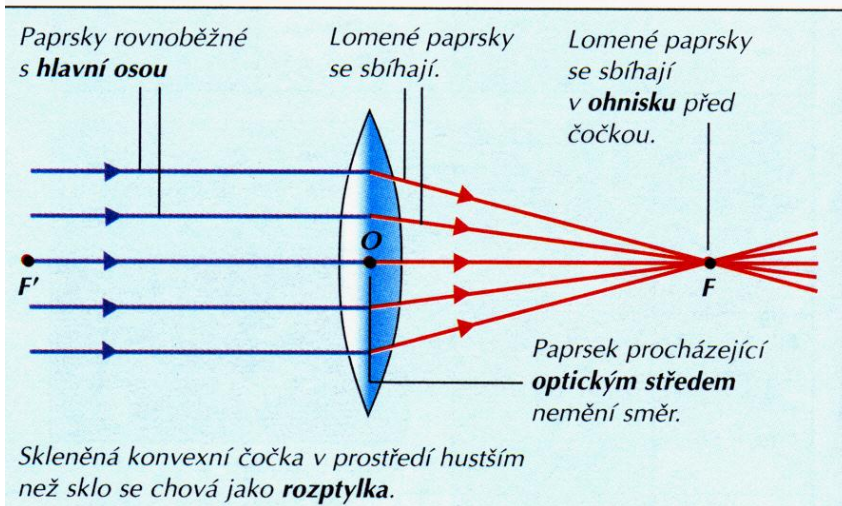
Rozptylka $f < 0$

Typy konkávních čoček

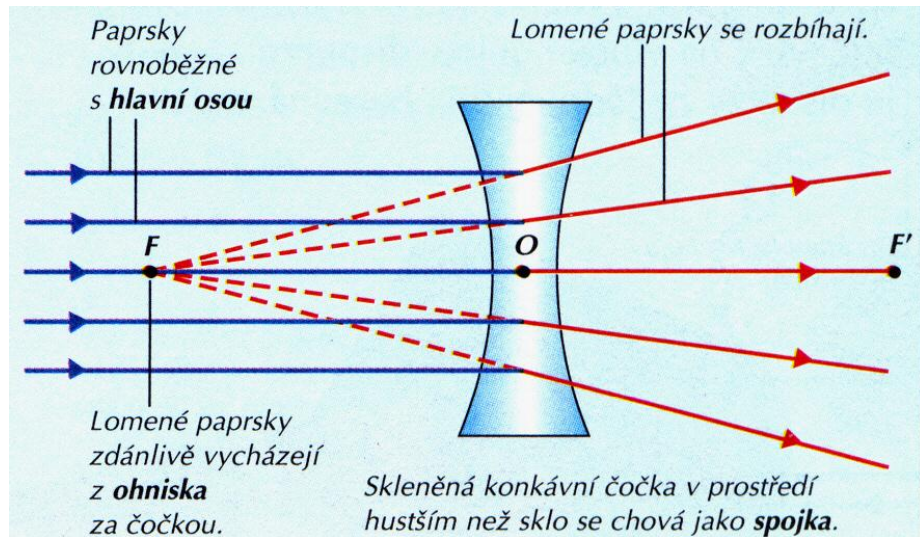


Zobrazení čočkami

Spojka



Rozptylka

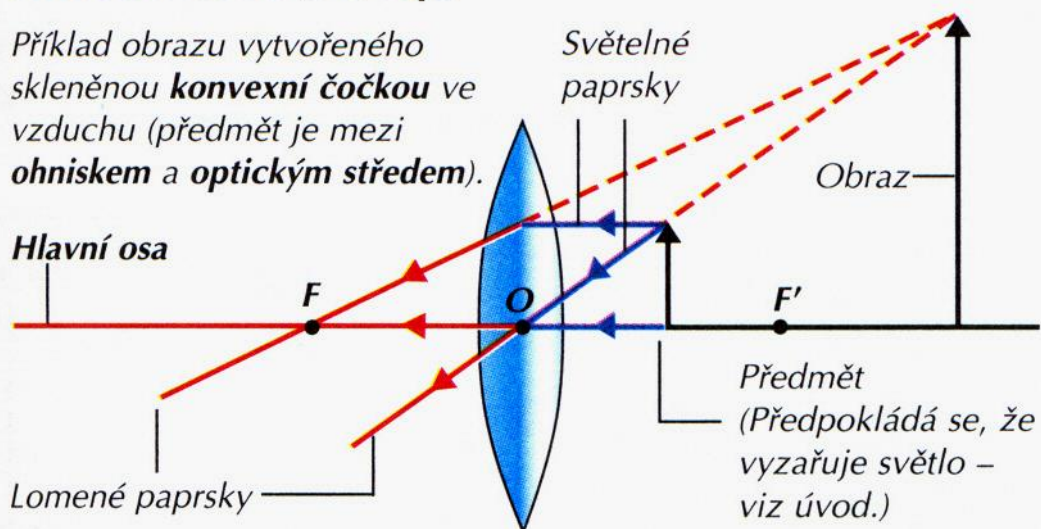


Spojka jako lupa

Zdánlivý a zvětšený obraz

Konvexní čočka jako lupa

Příklad obrazu vytvořeného skleněnou **konvexní čočkou** ve vzduchu (předmět je mezi **ohniskem** a **optickým středem**).

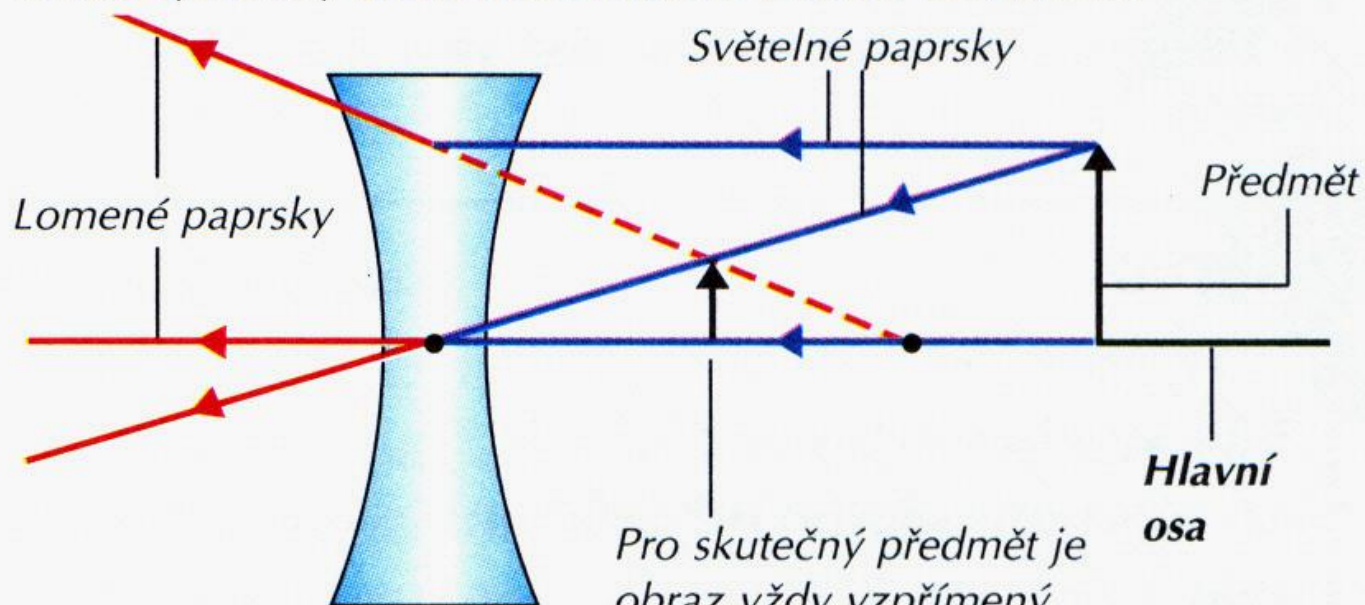


Obraz je vidět za předmětem, je vzpřímený, větší než předmět a **zdánlivý***.

Rozptylka - chod paprsků

Konkávní čočka

*Obráz vytvořený skleněnou **konkávní čočkou** ve vzduchu*



*Pro skutečný předmět je
obraz vždy vzpřímený,
menší než předmět
a **zdánlivý***.*

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 $y' > 0$, $Z > 0$

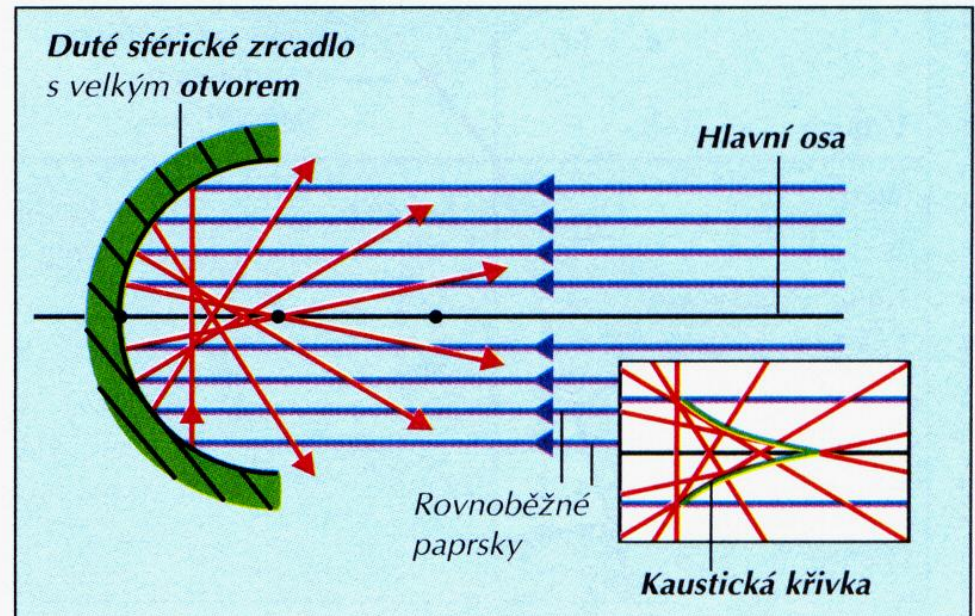
Převrácený obraz $y' < 0$, $Z < 0$

Vady zobrazení

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

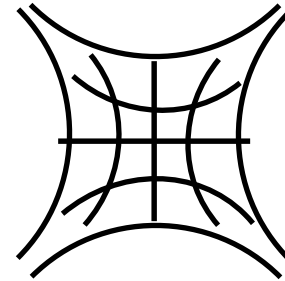
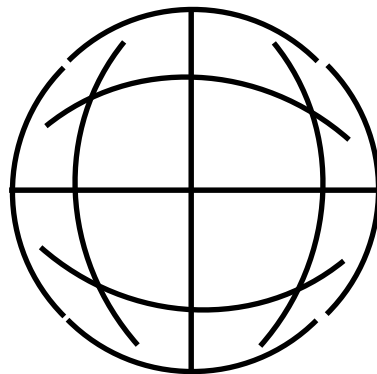
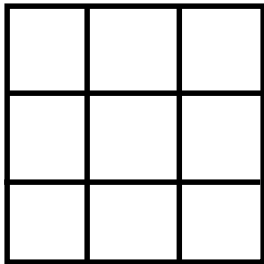
- otvorová vada
- astigmatismus
- zkreslení obrazu
- barevná vada

Kulová vada



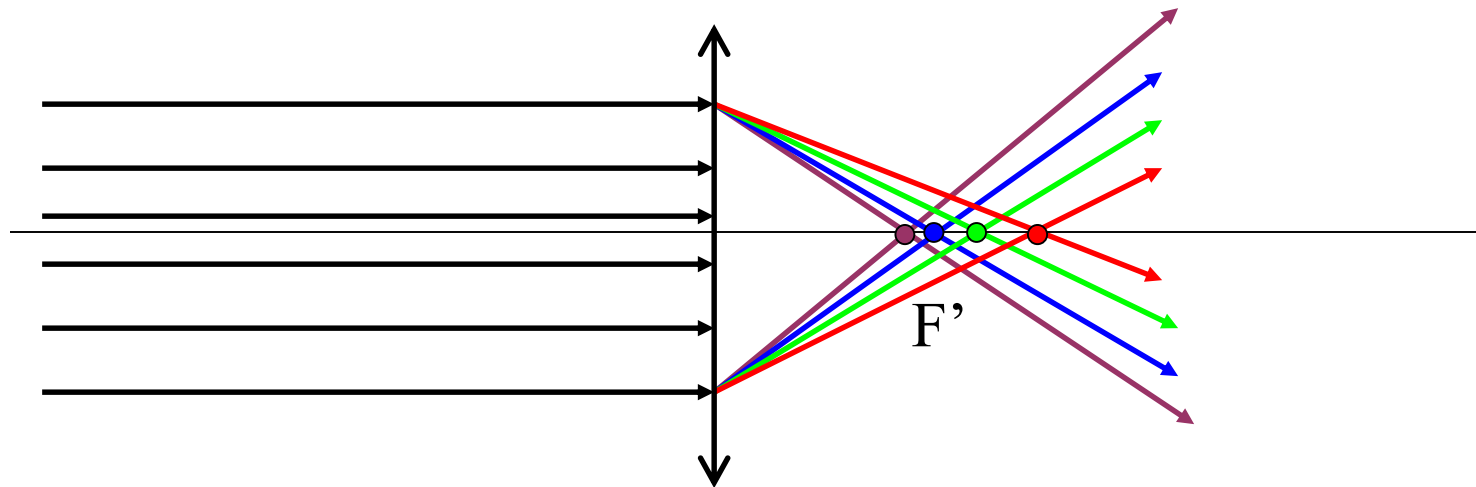
Vady zobrazení

- 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
- Fotoaparát

Lupa

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

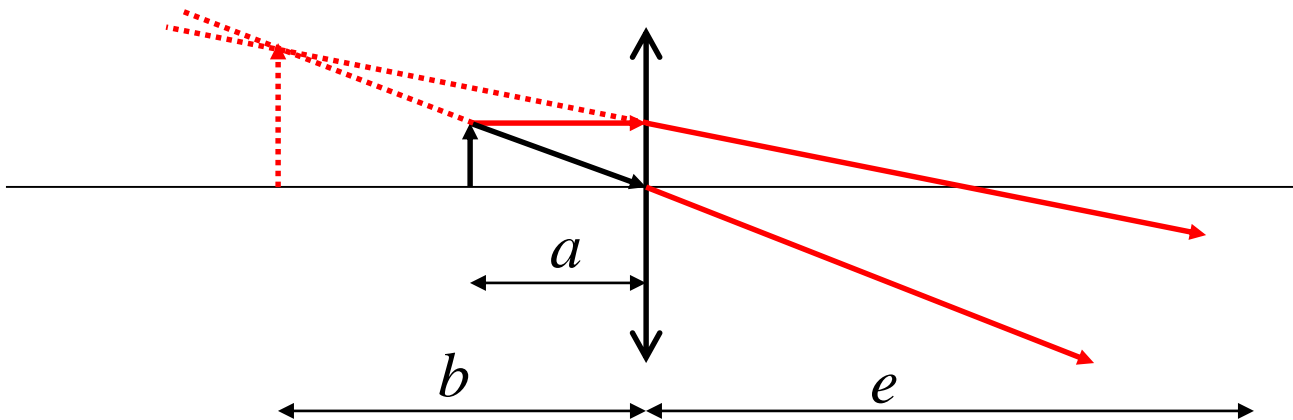
Lupa = spojná čočka, předmět mezi ohniskem a čočkou blízko ohniska, obraz zdánlivý zvětšený

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

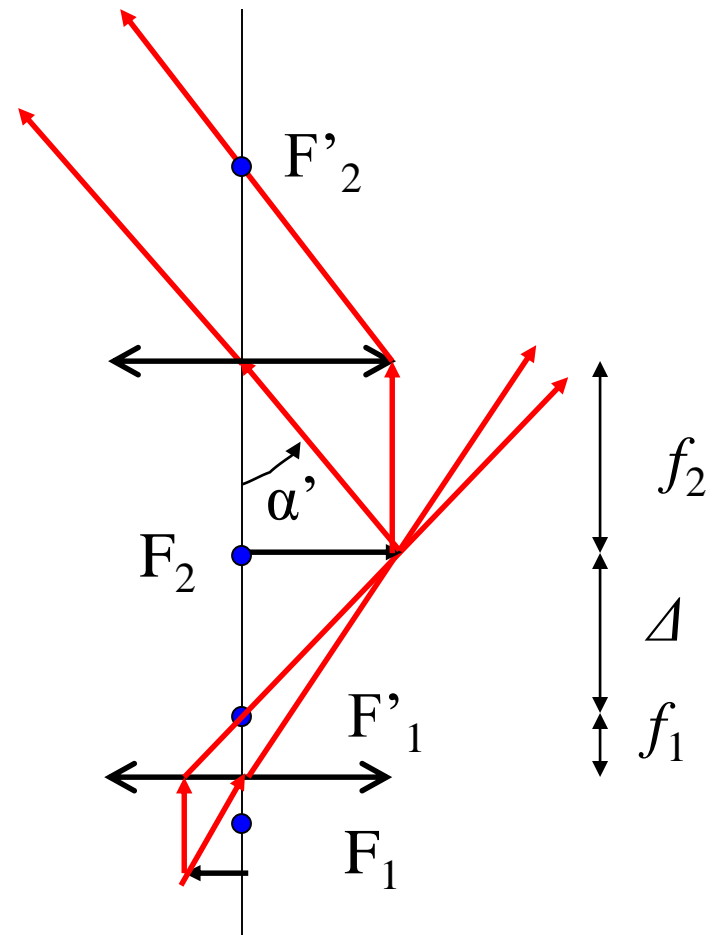
- Objektiv - $f_1 \sim 1\text{mm}$
- Okulár - $f_2 \sim 1\text{cm}$
- Optický interval $\Delta = 160\text{mm}$

Obraz vytvořený objektivem je pozorován okulárem jako lupou

Úhlové zvětšení mikroskopu

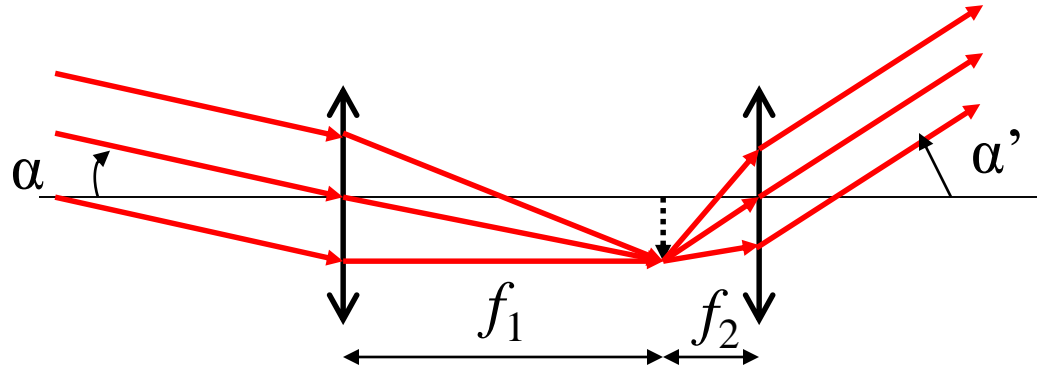
Úhlové zvětšení

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

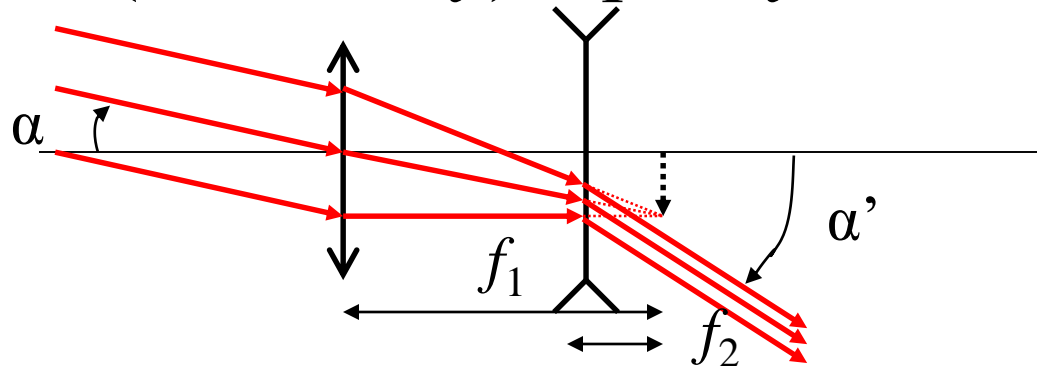


Dalekohled

- Keplerův (hvězdářský) – převrácený obraz



- Galileův (holandský) – přímý obraz



Keplerův dalekohled

Dalekohled

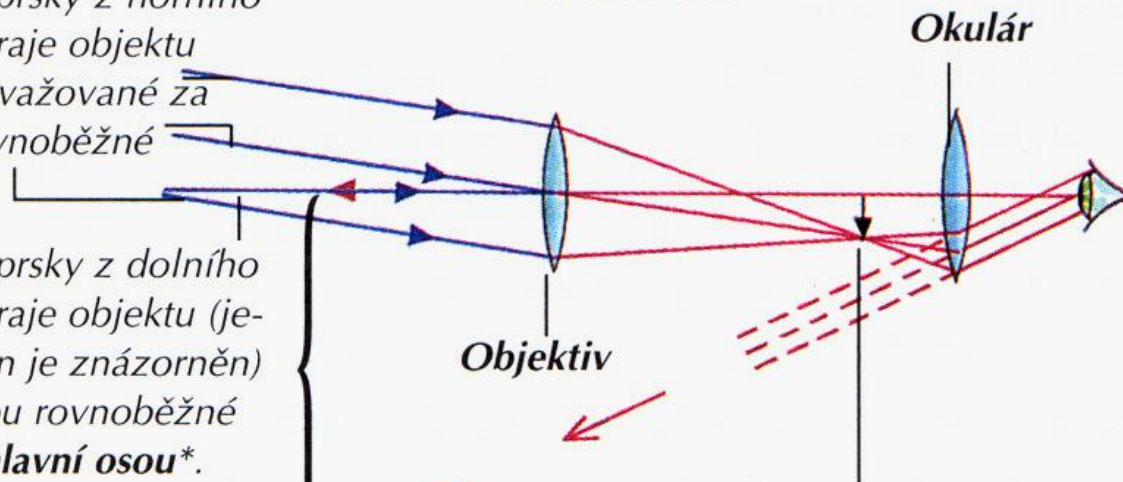
Objekt (např. hvězdu) považujeme za umístěný v nekonečnu.

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***.



Obraz vytvořený objektivem je předmětem pro okulár.

Úhlové zvětšení dalekohledu

- Úhlové zvětšení

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

- Údaj na dalekohledu např. 8x50

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

Fotoaparát

- Ohnisková vzdálenost [mm]
- Zorný úhel – teleobjektivy $<20^\circ$, normální 20-60°, širokoúhlé objektivy $>60^\circ$
- Světelnost, clonové číslo = $1 : f/d$
1 : 1,4 : 2 : 2,8 : 4 : 5,6 : 8 : 11 : 16
- Expozice (exp. doba)
1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 64 (60) : 128 (125) : 256
(250)

Fotoaparát – optická soustava

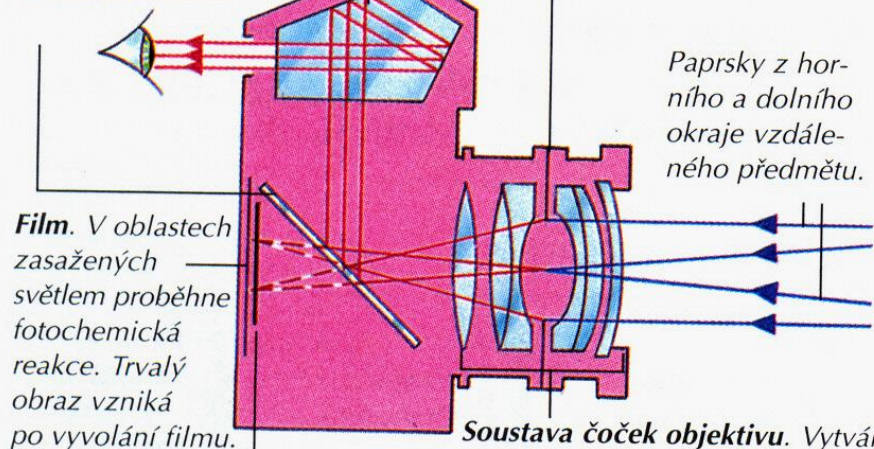
- Objektiv
 - Clona
 - Film
- hloubka ostrosti
Zaostření
na nekonečno

Fotoaparát – jednooká zrcadlovka

Pětiboký hranol směřuje světlo do oka.

Zrcadlo odráží světlo do hranolu a oka, takže můžeme předmět zaměřit a zaostřit. Při zmáčknutí spouště se zvedne.

Clona. Řada překrývajících se kovových lamel. Jejím nastavením lze měnit velikost centrálního **otvoru (apertury)** a tím i množství světla, které jím projde, a **hloubku ostrosti** obrazu.



Film. V oblastech zasažených světlem proběhne fotochemická reakce. Trvalý obraz vzniká po vyvolání filmu.

Závěrka. Otevře se při snímání obrázku na přesnou dobu, aby světlo prošlo na film.

Soustava čoček objektivu. Vytváří převrácený obraz v rovině filmu. Je pohyblivá, aby se mohlo **zaostřit** na různé vzdálenosti, případně měnit zvětšení obrazu (**zoom**).

Filmová vrstva

- Registruje zářivou energii – AgBr, AgCl, AgI
- Citlivost – nesenzibilované (m-f), ortochromatické (m-žl), panchromatické (m-č)
- Rozlišovací schopnost – jemnozrnné, hrubozrnné
- Kontrast – tvrdá nebo měkká gradace