

Obsah

24 Optické soustavy a optická zobrazení	1
24.1 Základní pojmy	1
24.1.1 Obraz	1
24.1.2 Ohnisko	2
24.1.3 Střed křivosti	2
24.1.4 Zobrazovací rovnice	2
24.1.5 Konvence znamének a značení	2
24.1.6 Významné paprsky	2
24.2 Zobrazení zrcadlem	3
24.2.1 Rovinné zrcadlo	3
24.2.2 Vypuklé zrcadlo	3
24.2.3 Duté zrcadlo	3
24.3 Zobrazení čočkou	3
24.3.1 Spojka	3
24.3.2 Rozptylka	5
24.4 Oko jako optická soustava	5
24.4.1 Rohovka	5
24.4.2 Čočka	5
24.4.3 Sklivec	6
24.4.4 Sítnice	6
24.4.5 Vady oka	6
24.4.6 Zorný úhel	7
24.5 Paraxiální prostor	7
24.6 Optické přístroje	7
24.6.1 Lupa	7
24.6.2 Mikroskop	7
24.6.3 Dalekohled	8

24 Optické soustavy a optická zobrazení

- souhrn věcí ovlivňující přechod paprsku a vytvářející obraz pozorovaného předmětu
 - lámavé/odrazové plochy
 - rozhraní prostředí
 - clony
- centrovaná optická soustava – středy křivosti leží na jedné přímce

24.1 Základní pojmy

24.1.1 Obraz

- místo, kde se skutečně nebo zdánlivě protínají paprsky vycházející z jednotlivých bodů zobrazovaného předmětu

Vlastnosti

- zvětšení Z
 - velikost obrazu relativně k zobrazovanému předmětu
 - zmenšený / stejně velký / zvětšený ($|Z| < 1$, $|Z| = 1$, $|Z| > 1$)

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

* y, y' – výška předmětu a obrazu

* a, a' – vzdálenost předmětu a obrazu čočky nebo zrcadla

- orientace
 - přímý ($Z > 0$) / převrácený ($Z < 0$) obraz - relativně k původní orientaci předmětu
- skutečný / zdánlivý obraz
 - skutečný – paprsky se sbíhají, lze zachytit na stínítku ($a' > 0$)
 - zdánlivý – paprsky se rozbíhají, nelze zachytit na stínítku ($a' < 0$)

24.1.2 Ohnisko

- místo, kde se skutečně (spojka, duté zrcadlo) nebo zdánlivě¹ (rozptylka, vypuklé zrcadlo) sbíhají paprsky původně rovnoběžné s optickou osou

Ohnisková vzdálenost

- vzdálenost ohniska od čočky
- polovina poloměru křivosti
- značení: $f, [f] = \text{m}$

Optická mohutnost

- schopnost čočky koncentrovat světlo
- převrácená hodnota f
- značení: $\varphi, [\varphi] = \text{m}^{-1}$

24.1.3 Střed křivosti

- střed zakřivení čočky nebo zrcadla
- čočky a zrcadla tvořeny z části kulové plochy
- poloměr kulové plochy $r =$ **poloměr křivosti**

24.1.4 Zobrazovací rovnice

- rovnice udávající vztah vzdáleností při zobrazení
-

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

24.1.5 Konvence znamének a značení

- optická soustava kreslena zleva doprava
 - \Rightarrow doleva kladný směr, doprava záporný směr
- f před čočkou – kladné, f za čočkou – záporné
- vzdálenosti měřeny od středu čočky
- čočky
 - $a > 0$ před čočkou, $a < 0$ za čočkou - $a' < 0$ před čočkou, $a' > 0$ za čočkou
- zrcadla
 - $a, a' > 0$ před zrcadlem, $a, a' < 0$ za zrcadlem

24.1.6 Významné paprsky

- světelné paprsky používány k dedukci obrazu objektu
- 3 paprsky
 - rovnoběžný s optickou osou – po ohybu/odrazu míří od ohniska
 - mířící do optického středu čočky/zrcadla – jeho trasa se nemění / odráží se dle zákona odrazu

¹za pomoci geometrického prodloužení paprsků

– mířící do ohniska před čočkou/zrcadlem – po ohybu/odrazu rovnoběžný s optickou osou

24.2 Zobrazení zrcadlem

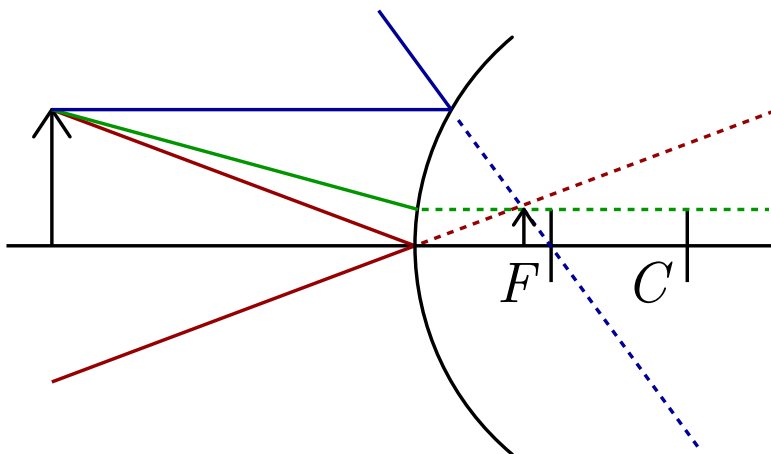
- zrcadlo – předmět odrážející světlo
- u kulových zrcadel – obraz nikdy není dokonalý, pouze u parabolických

24.2.1 Rovinné zrcadlo

- využití zákona odrazu
- $f \rightarrow \infty$
- stejně velký, přímý, zdánlivý obraz

24.2.2 Vypuklé zrcadlo

- odraz z vnějšku kulové plochy
- ohnisko za zrcadlem – záporná ohnisková vzdálenost
- obraz zmenšený, přímý, zdánlivý



Obr. 24.1: Vypuklé zrcadlo

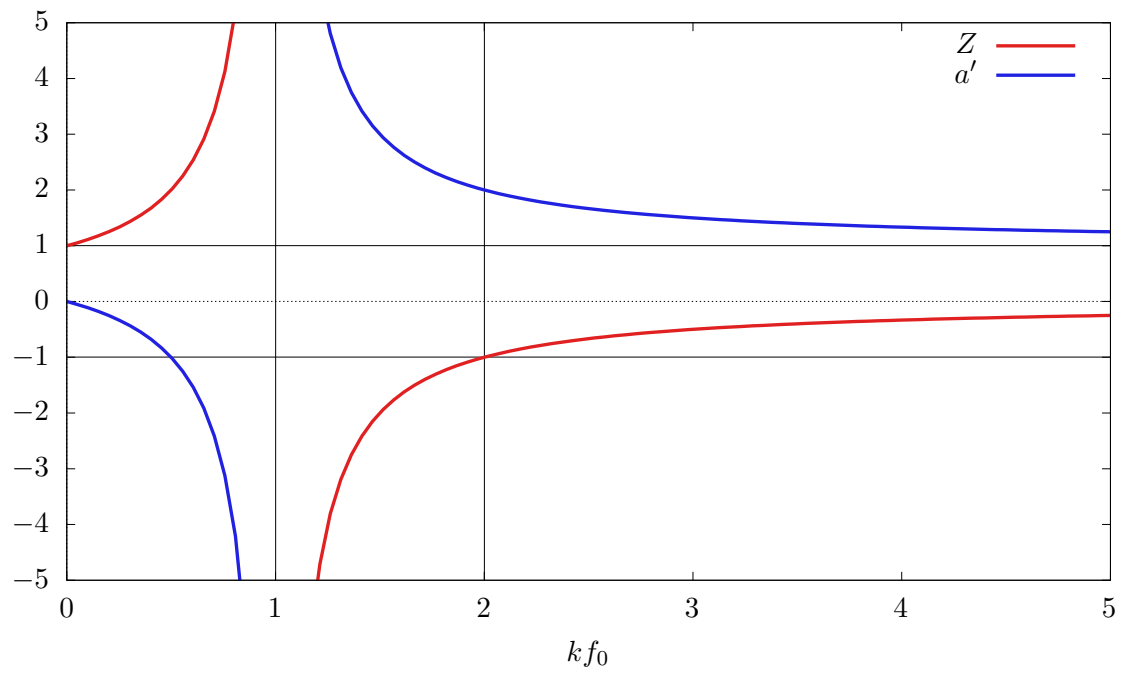
24.2.3 Duté zrcadlo

- odraz ze vnitřku kulové plochy
- kladná ohnisková vzdálenost
- obraz závislý na poloze objektu
 - $0 < a < f$ – zvětšený, přímý, zdánlivý
 - $a = f$ – $|Z| \rightarrow \infty$ – obraz v nekonečnu
 - $f < a < 2f$ – zvětšený, převrácený, skutečný
 - $a = 2f$ – stejně velký, převrácený, skutečný
 - $a > 2f$ – zmenšený, převrácený, skutečný

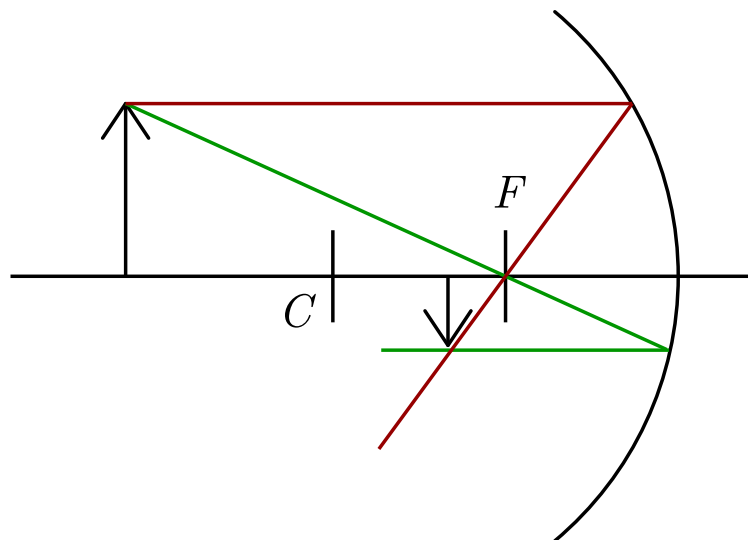
24.3 Zobrazení čočkou

24.3.1 Spojka

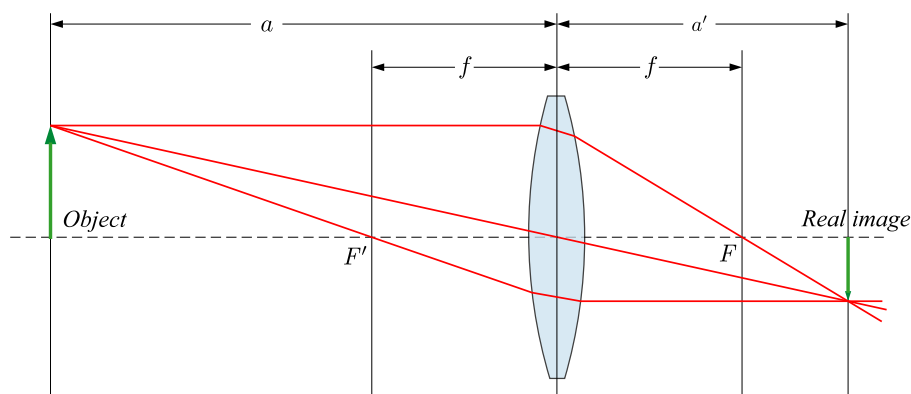
- zakřivuje světlo do ohniska
- kladná ohnisková vzdálenost – platí stejná pravidla jako u dutého zrcadla (sekce 24.2.3, graf 24.2)



Obr. 24.2: Hodnoty Z a a' v závislosti na kf_0 ; $k \in \mathbb{R}$, $f_0 = 1$



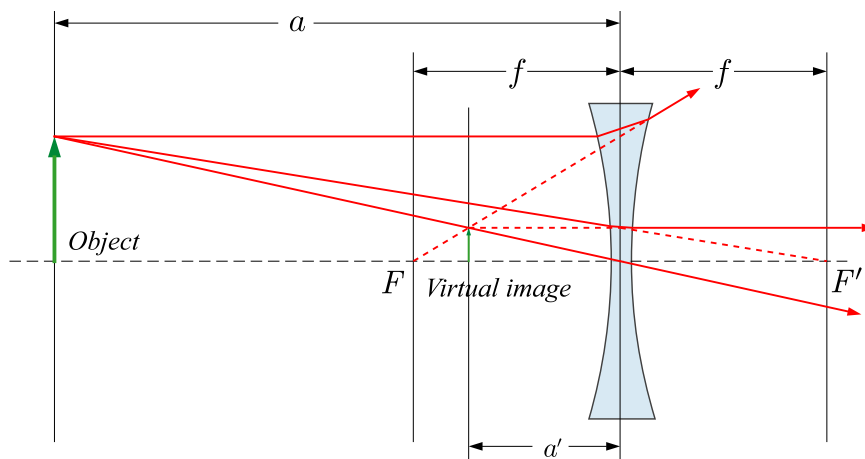
Obr. 24.3: Nákres dutého zrcadla



Obr. 24.4: Spojná čočka

24.3.2 Rozptylka

- rozptyluje paprsky směrem od ohniska
- záporná hodnota ohniskové vzdálenosti f
 - obraz vždy zmenšený, přímý, skutečný



Obr. 24.5: Rozptylná čočka

24.4 Oko jako optická soustava

- oko – lidský orgán
- umí zaostřovat – měnit mohutnost

24.4.1 Rohovka

- umožňuje světlu dosáhnout sítnice
- práce na základě lomu světla

24.4.2 Čočka

- proměnlivá mohutnost – schopnost akomodace
- různé materiály – nemá jednotný index lomu
- ohyb světla do ohniska

Akomodace

- schopnost měnit optickou mohutnost
- čočka mění svojí šířku pomocí svalů
- čočka se přizpůsobuje, aby zaostřila – změnila ohnisko
- změna s věkem – ochabování svalů

Blízký a vzdálený bod

- nejbližší a nejvzdálenější bod, na který je možné zaostřit
- nejméně ± 1 cm; nejvzdálenější nekonečnost (pro zdravé oko)

Konvenční zraková vzdálenost

- vzdálenost, při které se oko nejméně namáhá
- ± 30 cm

24.4.3 Sklivec

- výplň oka
- rosolovitá hmota, připomíná vodu
- průhledná, světlo jí prochází

24.4.4 Sítnice

- světločivné buňky – tyčinky (černobílé) a čípky (barvy)
- zrakový nerv – slepá skvrna – místo bez buněk
- žlutá skvrna – místo s nejvyšší koncentrací buněk
- zmenšený, převrácený, skutečný obraz

24.4.5 Vady oka**Krátkozrakost**

- špatná schopnost vidět do dálky
- obraz před sítnicí
- korekce pomocí rozptylky

Dalekozrakost

- špatná schopnost vidět na blízko
- daleký bod v nekonečnu
- obraz za sítnicí
- korekce spojkou

Astigmatismus

- nerovnoměrné zakřivení oka
- různé optické zaostřování
- zaměňování znaků
- hlavně u dětí

Šilhavost

- špatná koordinace svalů

Šedý zákal

- člověk vidí "mlhu", lze vyléčit

Zelený zákal

- zvětšený oční tlak, neléčitelný

Barevné vady / barvoslepost

- čípky nevnímají dostatečně, špatně vidíme barvy

24.4.6 Zorný úhel

- úhel, který může lidské oko rozeznat
- 1 minuta

24.5 Paraxiální prostor

- prostor blízko optické osy
- nedochází zde k ovlivnění paprsků
- prochází přímočaře, bez dalších vlivů
- vyznačují 3 význačné paprsky

24.6 Optické přístroje

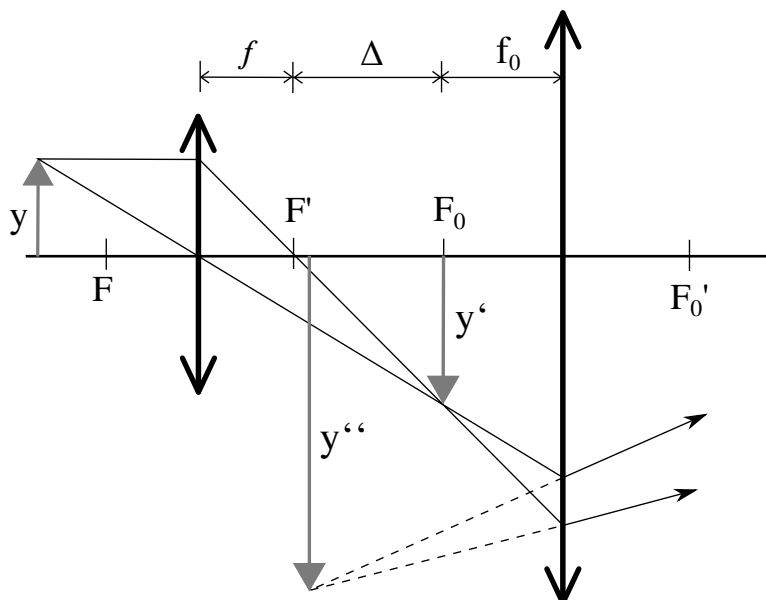
- přístroje, které využívají optickou soustavu pro své fungování

24.6.1 Lupa

- zvětšování malých předmětů (malý text, detaily, ...)
- pro a' typicky použita konvenční zřaková vzdálenost d (± 25 cm)
- pro zvětšený a přímý obraz nutno $a < f$
- zvětšení $Z = -a'/a = d/f$
 - při správném značení je d záporné, tedy $Z > 0$
- maximální reálné zvětšení asi 1 500krát

24.6.2 Mikroskop

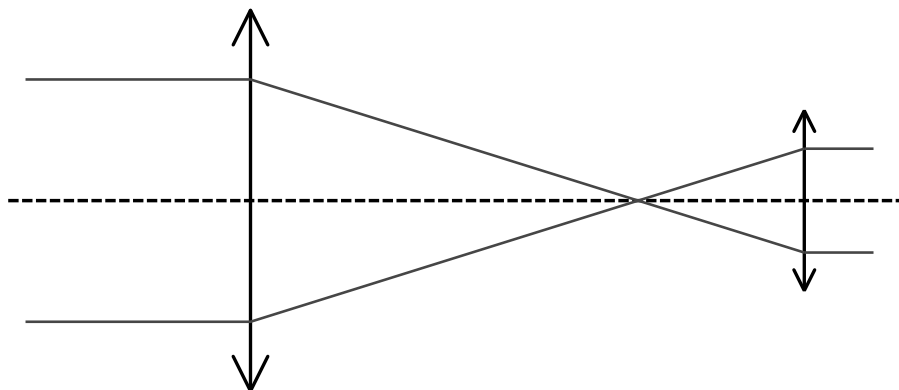
- zvětšování velice malých předmětů (buňky, malé organismy, ...)
- soustava více čoček
- obraz zvětšený, převrácený, skutečný
- příčné zvětšení $Z = \Delta/f$
 - optický interval mikroskopu $\Delta = |F'F_0|$ – vzdálenost mezi ohnisky objektivu a okuláru
- úhlové zvětšení $\gamma_2 = d/f_0$
- celkové zvětšení $\gamma = Z\gamma_2 = \Delta d/(ff_0)$



Obr. 24.6: Zobrazení předmětu mikroskopem, kde f a f_0 jsou ohniskové vzdálenosti, delta je optický interval mikroskopu; F , F' , F_0 , F_0' značí ohniska, y je objekt a y' je skutečný obraz. Optická soustava mikroskopu se skládá ze dvou čoček. Objektiv funguje jako běžná spojná čočka, okulár jako lupa.

24.6.3 Dalekohled

- zvětšování velice vzdálených předmětů
- soustava čoček a v mnohdy i zrcadel
- mnoho různých typů
- úhlové zvětšení $\gamma = f/f_0$



Obr. 24.7: Náčrt jednoduchého dalekohledu