

ČOČKY JAKO ZOBRAZOVACÍ SOUSTAVY

aneb

O spojkách a rozptylkách

Prof. Ing. Jiří Štěpán
Jiřská 10, 200 02 Praha 2

Optická soustava

- je soustava optických prostředí a jejich rozhraní, která mění směr chodu světelných paprsků.

Čočky vytvářejí obraz předmětů na základě zákona lomu světla.

Čočky

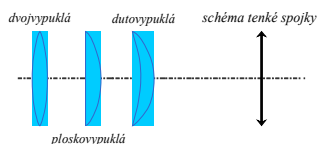
- jsou průhledná homogenní tělesa, která jsou ohraničena dvěma kulovými nebo kulovou a rovinnou optickou plochou.

Čočky mohou být:

1. spojky,
2. rozptylky.

Spojné čočky (spojky)

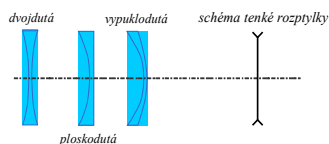
Je-li index lomu čočky n_2 větší než index lomu okolního prostředí n_1 , $n_2 > n_1 \dots$



- pak spojky jsou uprostřed nejsilnější.

Rozptylné čočky (rozptylky)

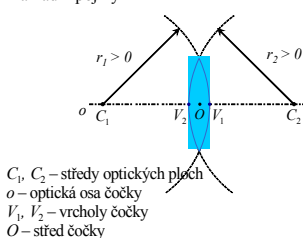
Je-li index lomu čočky n_2 větší než index lomu okolního prostředí n_1 , $n_2 > n_1 \dots$



- pak rozptylky jsou uprostřed nejtenčí.

Spojné čočky (spojky)

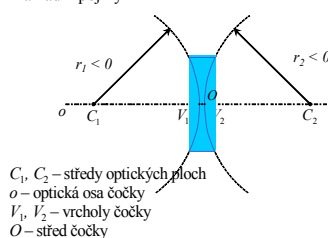
Základní pojmy



C_1, C_2 – středy optických ploch
 o – optická osa čočky
 V_1, V_2 – vrcholy čočky
 O – střed čočky

Rozptylné čočky (rozptylky)

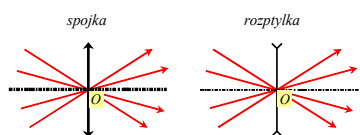
Základní pojmy



C_1, C_2 – středy optických ploch
 o – optická osa čočky
 V_1, V_2 – vrcholy čočky
 O – střed čočky

Čočky

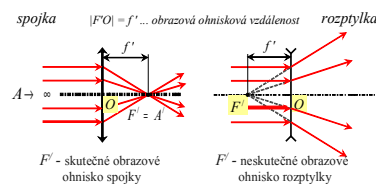
Význačné směry paraxiálních paprsků



Paprsky procházející optickým středem tenké čočky
- nemění po lomu svůj směr.

Čočky

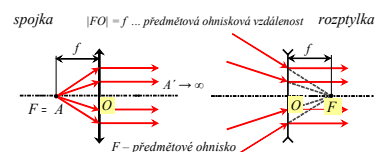
Význačné směry paraxiálních paprsků



Paprsky procházející rovnoběžně s optickou osou
- po lomu směřují do ohniska.

Čočky

Význačné směry paraxiálních paprsků

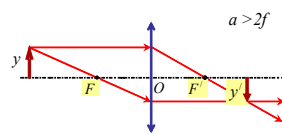


$f = f'$ pro tenkou čočku, je-li před a za čočkou stejné prostředí

Paprsky procházející ohniskem
- po lomu jsou rovnoběžné s optickou osou.

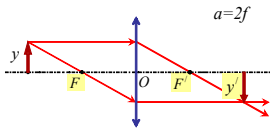
Spojná čočka

Geometrická konstrukce obrazu předmětu



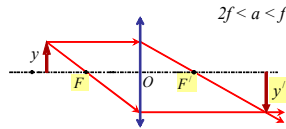
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz je skutečný, převrácený, zmenšený.

Spojňá čočka
Geometrická konštrukce obrazu předmětu



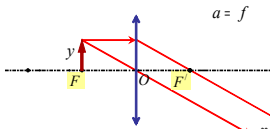
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz je skutečný, převrácený, stejně velký jako předmět.

Spojňá čočka
Geometrická konštrukce obrazu předmětu



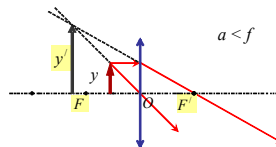
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz je skutečný, převrácený, zvětšený.

Spojňá čočka
Geometrická konštrukce obrazu předmětu



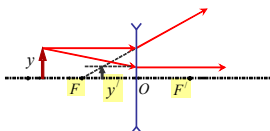
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz leží v nekonečnu.

Spojňá čočka
Geometrická konštrukce obrazu předmětu



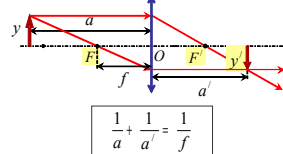
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz je neskutečný, přímý, zvětšený.

Rozptylná čočka
Geometrická konštrukce obrazu předmětu



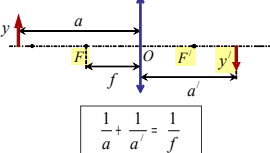
Vlastnosti obrazu předmětu:
- obraz je neskutečný, přímý, zmenšený.

Čočka
Zobrazovací rovnice čoček



a – předmětová vzdálenost
 a' – obrazová vzdálenost
 f – ohnisková vzdálenost

Čočka
Zobrazovací rovnice čoček



Součet převrácených hodnot předmětové a obrazové vzdálenosti se rovná převrácené hodnotě ohniskové vzdálenosti.

Ohnisková vzdálenost tenké čočky

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

n_2 – index lomu čočky
 n_1 – index lomu okolního prostředí
 r_1, r_2 – poloměry křivosti optických ploch čočky

Jestli $n_2 > n_1$, potom $\left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) > 0$

Spojky $\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) > 0$ Rozptylky $\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) < 0$
 $f > 0$ $f < 0$

Optická mohutnost čočky ϕ

- je dána převrácenou hodnotou ohniskové vzdálenosti.

$$\phi = \frac{1}{f} \quad [\phi] = \frac{1}{\text{m}} = \text{m}^{-1} = \text{D (dioptrie)}$$

Spojky mají optickou mohutnost kladnou, $\phi > 0$.
Rozptylky mají optickou mohutnost zápornou, $\phi < 0$.

Znaménková konvence čoček:

a – je kladná před čočkou (vlevo)
 a – je záporná za čočkou (vpravo)
 a' – je kladná za čočkou (vpravo)
 a' – je záporná před čočkou (vlevo)
- pro spojku $-f > 0$
- pro rozptylku $-f < 0$
- je-li $a' > 0$, obraz je skutečný
- je-li $a' < 0$, obraz je neskutečný

Příčné zvětšení čoček

- je poměr výšky obrazu y' a předmětu y .

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

Pro příčné zvětšení platí:

$Z < 0$, obraz je převrácený

$Z > 0$, obraz je přímý

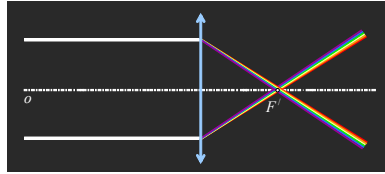
$|Z| > 1$, obraz je zvětšený

$|Z| < 1$, obraz je zmenšený

$|Z| = 1$, obraz je stejně velký jako předmět

Barevná chyba čočky

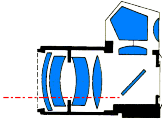
Index lomu světla závisí na frekvenci $n_e < n_z < n_r$.



Při zobrazování bílým světlem vzniká jeho rozklad na spektrální barvy.

Barevná vada čočky

Index lomu světla závisí na frekvenci $n_e < n_z < n_r$.



Pro odstranění barevné vady se užívá kombinace spojek a rozptylek.

Centrovaná soustava čoček

- je soustava složená z více čoček, jejichž optické osy osy splývají.

Řešte úlohu:

Předmět vysoký 1 cm je umístěn před tenkou spojkou s ohniskovou vzdáleností 20 cm ve vzdálenostech 40 cm, 30 cm a 15 cm.

Určete polohy obrazů a jejich vlastnosti.

Test

Je-li $a > 2f$, obraz vytvořený spojkou je:

- a) přímý, zmenšený, skutečný,
- b) převrácený, zmenšený, skutečný,
- c) přímý, zvětšený, neskutečný,
- d) převrácený, zvětšený, neskutečný.

1

Test

Je-li $f < a < 2f$, obraz vytvořený spojkou je:

- a) přímý, zmenšený, skutečný,
- b) převrácený, zvětšený, skutečný,
- c) přímý, zvětšený, neskutečný,
- d) převrácený, zvětšený, neskutečný.

2

Test

Je-li $a = 2f$, obraz vytvořený spojkou je:

- a) přímý, zmenšený, skutečný,
- b) převrácený, zvětšený, skutečný,
- c) přímý, zvětšený, neskutečný,
- d) převrácený, zvětšený, neskutečný.

3

Test

Je-li $a < f$, obraz vytvořený rozptylkou je:

- a) přímý, zmenšený, skutečný,
- b) převrácený, zvětšený, skutečný,
- c) přímý, zvětšený, neskutečný,
- d) převrácený, zvětšený, neskutečný.

4