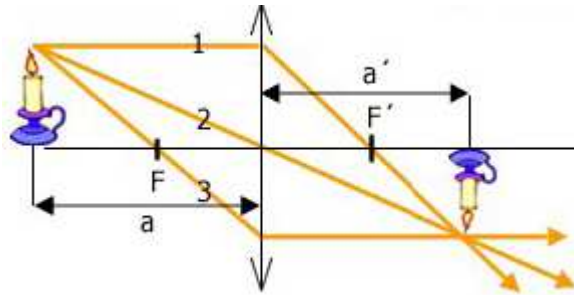


GEOMETRICKÁ OPTIKA

Znáš pojmy A

1. Znázorni chod význačných paprsků pro spojku. Čočku popiš a uveď pro ni znaménkovou konvenci.



Tenká spojka – při zobrazování stačí k popisu zavést pouze ohniskovou vzdálenost a její střed.

Znaménková konvence:

ohnisková vzdálenost spojky je kladná

a – vzdálenost předmětu od optického středu spojky, vždy kladná

a' - obrazová vzdálenost má znaménko kladné, je-li ve směru paprsků procházejících čočkou (tj. obraz vzniká „za“ čočkou), jestliže obraz vzniká ve stejné části prostoru jako leží předmět, pak má obrazová vzdálenost znaménko záporné;

vzniká-li obraz přímý, pak má velikost obrazu znaménko kladné, vzniká-li obraz převrácený, pak má velikost obrazu znaménko záporné.

2. Zapiš vztah pro:

– zobrazovací rovnici rozptylky.

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

3. Vysvětli pojmy:

– akomodace

je schopnost měnit optickou mohutnost oka tak, aby se předměty nacházející se v různých vzdálenostech zobrazily vždy na sítnici.

– blízký bod

nejmenší vzdálenost, na kterou je oko ještě schopno vidět ostře, nachází se cca 12 cm od oka dospělého zdravého jedince

– konvenční zraková vzdálenost

je nejmenší vzdálenost oka od předmětu, z níž lze číst, psát a pozorovat předměty delší dobu bez únavy. Dohodou je konvenční zraková vzdálenost stanovena na 25 cm.

– dalekozraké oko

se projevuje tím, že blízký bod je posunut dále od oka a při minimální (nulové) akomodaci oka vznikají obrazy vzdálených předmětů za sítnicí. Vada se koriguje brýlemi se spojkami.

GEOMETRICKÁ OPTIKA

- krátkozraké oko

se projevuje tím, že daleký bod oka je v konečné vzdálenosti, tj. obrazy vzdálených předmětů (nacházejících se za dalekým bodem) vznikají před sítnicí a oko tyto předměty vidí rozmazaně. Blízký bod je posunut blíže k oku. Vada se koriguje brýlemi s rozptylkami.

4. Popiš v čem se shoduje mikroskop a dalekohled a v čem se liší.

- oba slouží ke zvětšování zorného úhlu pozorovaných předmětů

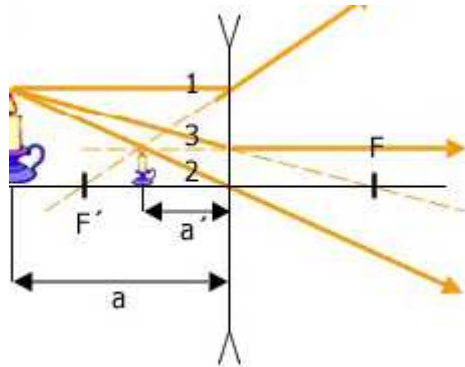
- v obou případech je soustava tvořena objektivem (f_1) a okulárem (f_2)

v případě mikroskopu platí: $f_1 \ll f_2$

v případě dalekohledu platí: $f_1 \gg f_2$

Znáš pojmy B

1. Znázorni chod význačných paprsků pro rozptylku. Čočku popiš a uveď pro ni znaménkovou konvenci.



popis čočky - viz spojka

ohnisková vzdálenost rozptylky je záporná,

a - předmětová vzdálenost má vždy znaménko kladné

a' - obrazová vzdálenost, má znaménko kladné, je-li ve směru paprsků procházejících čočkou (tj. obraz vzniká „za“ čočkou), jestliže obraz vzniká ve stejné části prostoru jako leží předmět, pak má obrazová vzdálenost znaménko záporné;

vzniká-li obraz přímý, pak má velikost obrazu znaménko kladné, vzniká-li obraz převrácený, pak má velikost obrazu znaménko záporné.

2. Zapiš vztahy pro:

- zobrazovací rovnici spojky

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

- zvětšení čočky

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

3. Popiš funkci a činnost lupy.

GEOMETRICKÁ OPTIKA

-optický přístroj sloužící ke zvětšení zorného úhlu malých předmětů. Předmět, který je umístěn v ohniskové rovině lupy, lupa zobrazuje v nekonečnu a oko jej pozoruje bez akomodace (oko je zaostřeno na nekonečno).

4. Vysvětli odlišnost mezi Keplerovým, Galileovým a Newtonovým dalekohledem.

Keplerův dalekohled: objektiv i okulár tvoří spojky
obrazové ohnisko okuláru a předmětové ohnisko objektivu splývají
vzdálenost optických středů objektivu a okuláru = $f_1 + f_2$

Galileův dalekohled: objektiv tvoří spojka, okulár tvoří rozptylka
obrazové ohnisko okuláru a předmětové ohnisko objektivu splývají
vzdálenost optických středů = $f_1 - |f_2|$

Newtonův dalekohled: objektiv tvoří duté parabolické zrcadlo, okulár tvoří spojka

Příklady:

1. Na společné optické ose jsou tenká spojka s ohniskovou vzdáleností 10 cm a duté kulové zrcadlo s poloměrem křivosti 20 cm. Předmět o velikosti $y = 2$ cm je před čočkou ve vzdálenosti 20 cm. Výpočtem i graficky najděte výslednou polohu obrazu vzhledem k vrcholu V zrcadla, jestliže vzdálenost čočky od vrcholu zrcadla je 50 cm. Určete vlastnosti obrazu.

Optické zobrazení

$$\begin{aligned} f_{\tilde{c}} &= 10 \text{ cm} & r_z &= 20 \text{ cm} \\ y &= 2 \text{ cm} & f_z &= 10 \text{ cm} \\ a &= 20 \text{ cm} & d &= 50 \text{ cm} \\ \underline{a'_z = ?, y' = ?, z = ?} \end{aligned}$$

Řešení:

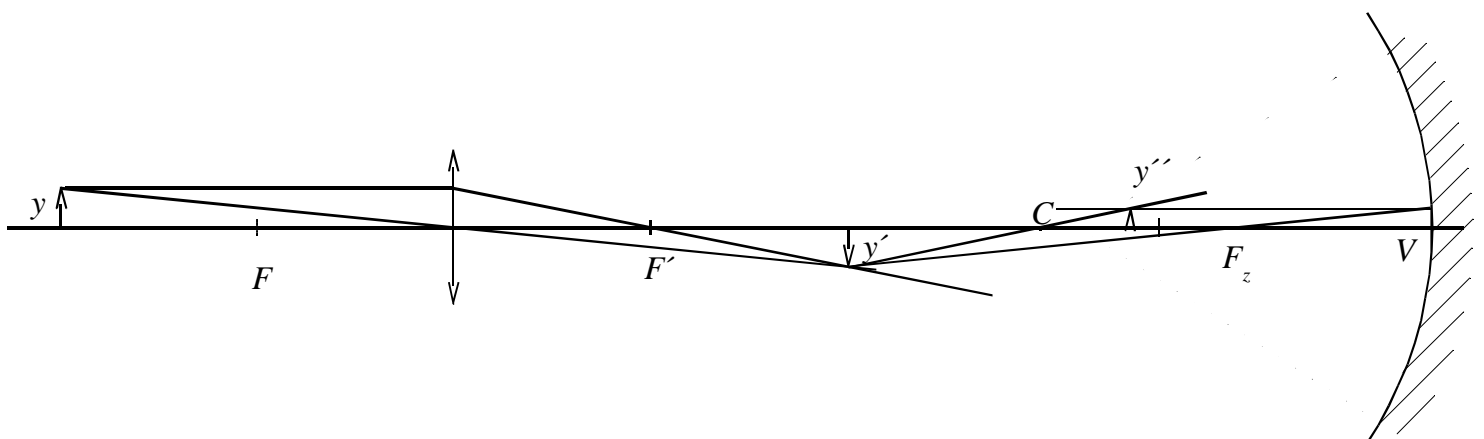
Aplikací zobrazovací rovnice $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$ pro spojku dostaneme:

$$a' = 20 \text{ cm, tedy } a_z = d - a' = 30 \text{ cm}$$

další aplikací zobrazovací rovnice pro duté zrcadlo dostáváme $a'_z = 15$ cm pro zvětšení dostaneme:

$$z = \left(-\frac{a'}{a}\right) \cdot \left(-\frac{a'_z}{a_z}\right)$$

$$z = +\frac{1}{2} \quad y' = 1 \text{ cm}$$



GEOMETRICKÁ OPTIKA

Obraz se nachází ve vzdálenosti 15 cm od vrcholu zrcadla, je zmenšený, přímý a skutečný.

2. Centrovaná optická soustava (rozptylka + spojka) jsou od sebe vzdáleny 10 cm. Absolutní hodnoty ohniskových vzdáleností jsou 10 cm. Předmět je ve vzdálenosti $a = 2|f|$ před rozptylkou. Sestrojte obraz předmětu a vypočítejte jeho polohu vzhledem ke spojce.

Optické zobrazení

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$|f| = 10 \text{ cm}$$

$$a = 2|f|$$

$$a_2' = ?$$

Řešení:

Použitím zobrazovací rovnice pro rozptylku dostaneme:

$$\frac{1}{a_1'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a_1} \Rightarrow a_1' = -\frac{20}{3}$$

$$\Rightarrow \text{předmětová vzdálenost } a_2 \text{ pro spojku: } a_2 = d - a_1' = \frac{50}{3},$$

užitím zobrazovací rovnice pro spojku dostaneme:

$$a_2' = \frac{50}{2} \text{ cm}$$

$$\underline{\underline{a_2' = 25 \text{ cm}}}$$

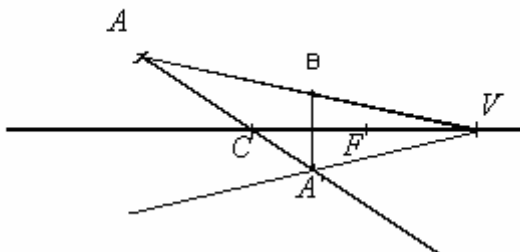
Obraz se nachází v obrazovém prostoru spojky ve vzdálenosti 25 cm od spojky.

3. Na obrázku je znázorněna optická osa kulového zrcadla, bod A a jeho obraz A' .

Geometrickou konstrukcí najděte C (střed zrcadla), V (vrchol), F (ohnisko), popište typ zrcadla a obraz.

Optické zobrazení

Bod A' je na opačné straně optické osy než bod $A \Rightarrow$ zrcadlo je duté a bod A' je skutečný. Přímka AA' protíná optickou osu zrcadla v jeho středu křivosti. Ze zákona odrazu plyne, že paprsek dopadající do vrcholu zrcadla V se odráží souměrně vzhledem k optické ose a tedy prochází bodem B , který je osově souměrný s bodem A' podle optické osy. Vrchol zrcadla tedy leží na průsečíku přímky AB a optické osy. Ohnisko zrcadla leží ve středu úsečky CV .



GEOMETRICKÁ OPTIKA

4. Ve vzdálenosti 0,6 m od dutého zrcadla se nachází předmět (viz obrázky). Určete polohu obrazu a ohniskovou vzdálenost zrcadla, jestliže předmět je dvakrát zvětšený: a/ přímý, b/ převrácený Optické zobrazení

$$a = 0,6 \text{ m}$$
$$z = \pm 2$$
$$\underline{a' = ?, f = ?}$$

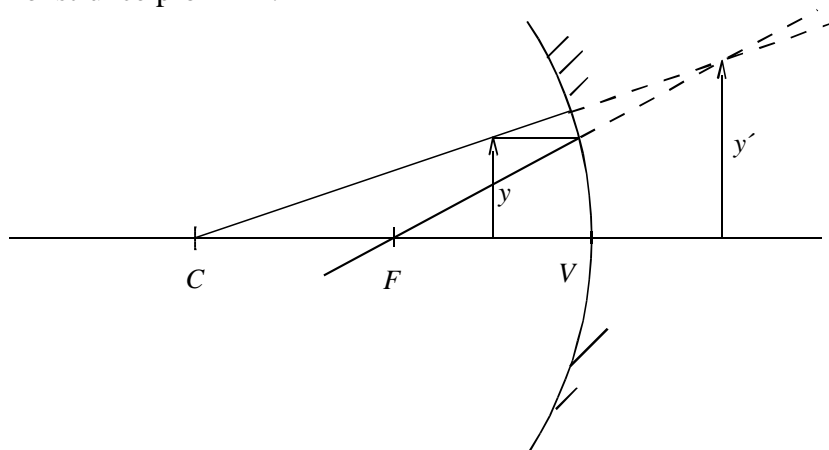
Řešení:

$$z = \frac{y'}{y} = -\frac{f}{a-f}$$
$$\Rightarrow az - fz = -f$$
$$f(z-1) = az$$

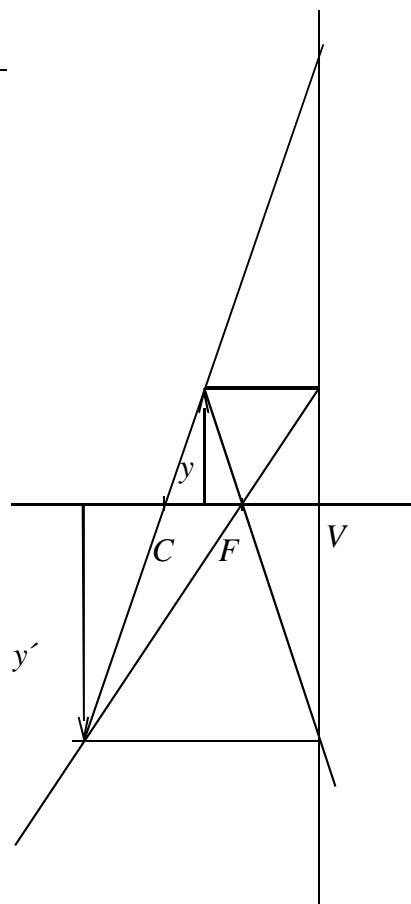
použitím vztahu $f = \frac{az}{(z-1)}$ a zobrazovací rovnice dostaneme v jednotlivých případech:

Přímý obraz:	$z = 2 \Rightarrow f = 1,2 \text{ m}$ $\Rightarrow a' = -1,2 \text{ m}$	převrácený obraz: $z = -2 \Rightarrow f = 0,4 \text{ m}$ $\Rightarrow a' = 1,2 \text{ m}$
--------------	--	--

konstrukce pro $z = 2$:



konstrukce pro $z = -2$:

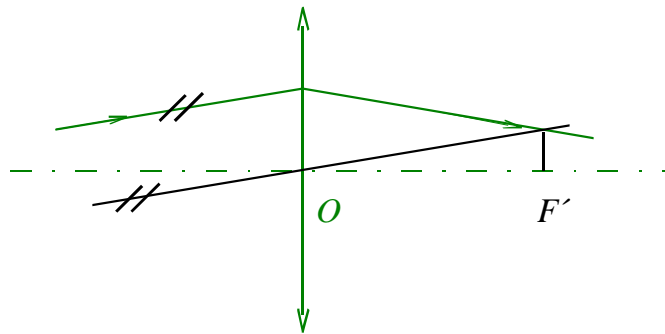


GEOMETRICKÁ OPTIKA

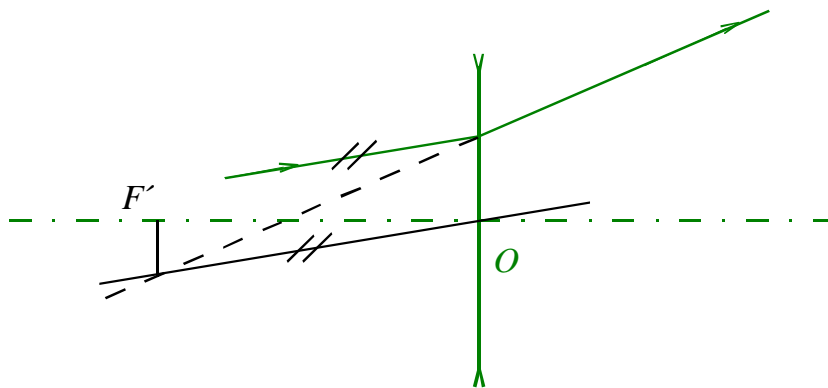
5. Najděte polohu obrazového ohniska pro spojku a rozptylku, jsou-li známé informace zakresleny zelenou barvou na obrázcích:

Optické zobrazení

pro spojku: Rovnoběžné paprsky, které dopadají na spojku, se po průchodu spojkou protínají v její obrazové ohniskové rovině. Průsečík obrazové ohniskové roviny s optickou osou je obrazové ohnisko spojky.



Pro rozptylku je situace podobná:



6. Čočka je zhotovena z materiálu o indexu lomu $n_2 = 1,5$. Její optická mohutnost má ve vzduchu hodnotu $\varphi_1 = 5 \text{ D}$ a v kapalině má hodnotu $\varphi_2 = -1 \text{ D}$. Určete index lomu kapaliny.

Optické zobrazení

$$n_2 = 1,5$$

$$\varphi_1 = 5 \text{ D}$$

$$\varphi_2 = -1 \text{ D}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_1^x = ?$$

Řešení:

Pro optickou mohutnost čočky platí vztah:

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

$$\text{ve vzduchu } \varphi = 5 \text{ D} \Rightarrow : \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = 10 \text{ m}^{-1}$$

GEOMETRICKÁ OPTIKA

v kapalině $\varphi = -1 \text{ D} \Rightarrow$

$$\left(\frac{n_2}{n_1^x} - 1 \right) = -0,1$$

$$\Rightarrow \frac{n_2}{n_1^x} = 0,9$$

$$n_1^x = \frac{n_2}{0,9} = \underline{\underline{1,6}}$$

Index lomu kapaliny je $1,6$.

7. V jaké vzdálenosti od tváře je třeba držet kulové zrcadlo s ohniskovou vzdáleností 50 cm, aby obraz tváře byl pětinasobně zvětšený? **Duté zrcadlo**

$$f = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$z = 5$$

$$a = ?$$

Je zřejmé, že zrcadlo musí být duté, v případě vypuklého zrcadla bychom dostali zmenšený obraz.

$$z = -\frac{f}{a-f}$$

$$a = \frac{f \cdot z - f}{z} = \frac{f(z-1)}{z}$$

$$a = 0,4 \text{ m}$$

Kulové zrcadlo je třeba držet 40 cm od tváře.

8. Ohnisko kulového zrcadla je ve vzdálenosti 0,24 m od předmětu a ve vzdálenosti 0,54 m od jeho obrazu. Určete jeho ohniskovou vzdálenost a zvětšení. **Kulové zrcadlo**

$$x = 0,24; x' = 0,54$$

$$f = ?, z = ?$$

Řešení:

V obecném případě mohou nastat dvě možnosti: a/ vzdálenost předmětu od zrcadla je větší než ohnisková vzdálenost, b/ vzdálenost předmětu od zrcadla je menší než ohnisková vzdálenost

GEOMETRICKÁ OPTIKA

a/

$$a > f \Rightarrow a = f + x, a' = f + x'$$

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

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

$$f^2 + fx' + f^2 + fx = f^2 + fx + fx' + xx'$$

$$f^2 = xx' \quad Z = -\frac{f+x'}{f+x}$$

$$\underline{\underline{f = 0,36\text{ m}}} \quad \underline{\underline{Z = -1,5}}$$

Ohnisková vzdálenost zrcadla je 0,36 m a zvětšení má hodnotu -1,5.

b/

$a < f \Rightarrow$ obraz se bude nacházet za zrcadlem

$$f = a + x, x' = f - a' \quad \overbrace{a' < 0}^{\uparrow}$$

$$\frac{1}{f-x} + \frac{1}{-x'+f} = \frac{1}{f}$$

$$f^2 = xx' \quad Z = -\frac{f-x'}{f-x} = \frac{0,18}{0,12} = \frac{3}{2}$$

$$\underline{\underline{f = 0,36\text{ m}}} \quad \underline{\underline{Z = 1,5}}$$

Ohnisková vzdálenost zrcadla je 0,36 m a zvětšení má hodnotu 1,5.

9. Jaké čočky potřebujeme k sestrojení Galileiho dalekohledu, který má délku tubusu 22 cm, aby zvětšoval 12x? **Dalekohled**

$$f_1 + f_2 = 0,22 \text{ m}$$

$$z = 12$$

$$\underline{\underline{f_1 = ?}}, \underline{\underline{f_2 = ?}}$$

Řešení:

$$\frac{f_1}{|f_2|} = 12 \Rightarrow -\frac{f_1}{f_2} = 12$$

$$f_1 + f_2 = 22$$

$$-12f_2 + f_2 = 22$$

$$\underline{\underline{f_2 = -2 \text{ cm}}}$$

$$\underline{\underline{f_1 = 24 \text{ cm}}}$$

GEOMETRICKÁ OPTIKA

K sestavení Galileiho dalekohledu potřebujeme čočky o ohniskové vzdálenosti -2 cm a $+24\text{ cm}$.