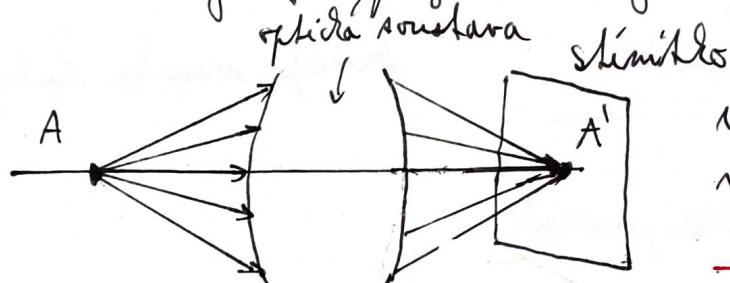


GEOMETRICKÁ OPTIKA

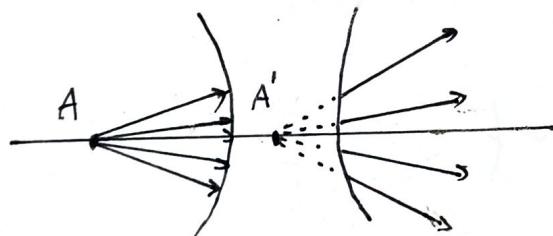
- Optické soustavy fungují na základě těchto principů:
 - primární síření světla
 - zákon lomu a zákon odrazu
 - nerovnost chodu světelných paprsků
- Optické soustavy = robozavodící s.
 - jsou složeny ze zrcadel, čoček a optických hradek = robozavodící prvky
 - mění směr chodu světelných paprsků → vzniká obraz předmětu
 - např.: oči, kupa, mikroskop, dalekohled, fotoaparát...

① re soustavy vykupuje srážavý snímek paprsku



v průsečku paprsku
vzniká realní obraz, který
lze zachytit na stínidle

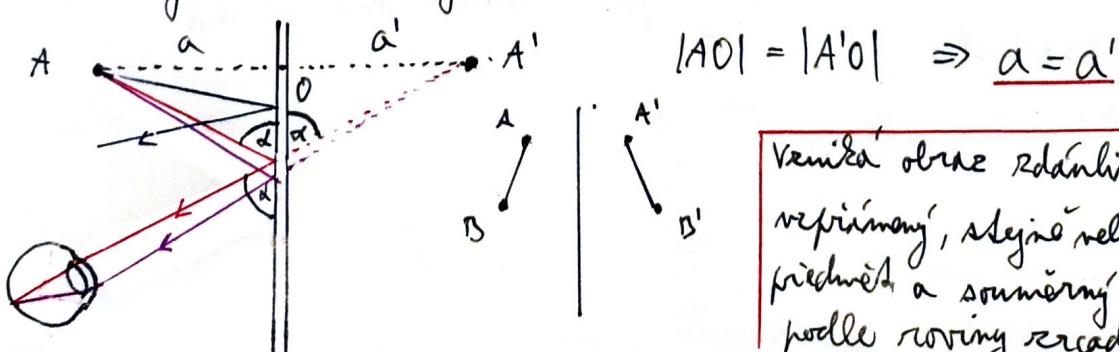
② re soustavy vyslepuje rozbitý snímek paprsku



obraz nemůže být zachycen na stínidle. obraz A' vznikne v průsečku, který vznikne zpětným prodloužením paprsku
⇒ virtuální zdánlivý obraz

• Rovinové zrcadlo

- robozavoděním obrazem na hladké rovinové ploše
- z bodu A vycházejí rozbitý snímek paprsku → obrazí se od zrcadla
- oči nerozpoznají zdánlivý obraz za zrcadlem



$$|AO| = |A'O| \Rightarrow a = a'$$

Vzniká obraz zdánlivý,
nepřesný, stejně vellý jako
předmět a souměrný s předmětem
podle rovinového zrcadla

Kulové zrcadlo

• méní velikost obrazu, ale neformuje jeho barvu



C = střed kružnosti

V = vrchol zrcadla

$|CV| = \text{faktor zkratky}$



• rozdílový průnik mezi paraxialním prostoru = prostor v blízkosti optické osy

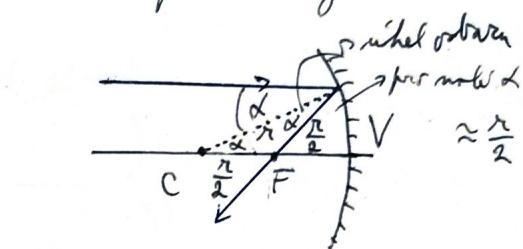
významné fázy

1) prochází středem kružnosti

2) jež rovnoběžné s optickou osou

→ pro malé α $|VF| = \frac{r}{2} = f$

• ohnisko vzdálenost - $f = \frac{r}{2}$



F = ohnisko = bod ve kterém se fázy protínají

• druhé zrcadlo: sluneční ohnisko

$f > 0$ } zvětšovací konvence

• rypalké zrcadlo: zdánlivé ohnisko $f < 0$

} změňovací konvence

3) prochází ohniskem a obraz se rovnoběžně s osou \Rightarrow reflektory

druhé zrcadlo - předního tora vzdálenost $= a$

obrazová vzdálenost $= a'$

• $a > r \rightarrow$ zmenšený, pívrácený, sluneční

} zvětšovací odpravidla

• $r > a > f \rightarrow$ zvětšený

} zvětšovací sférické

• $a < f \rightarrow$ zvětšený, reprezinený, zdánlivý

rypalké zrcadlo

• obraz je vždy zmenšený, reprezinený, zdánlivý

- reprezinený obraz $\rightarrow y' > 0$ } změňovací konvence

- pívrácený obraz $\rightarrow y' < 0$

- sluneční obraz $\rightarrow a' > 0$

} změňovací konvence

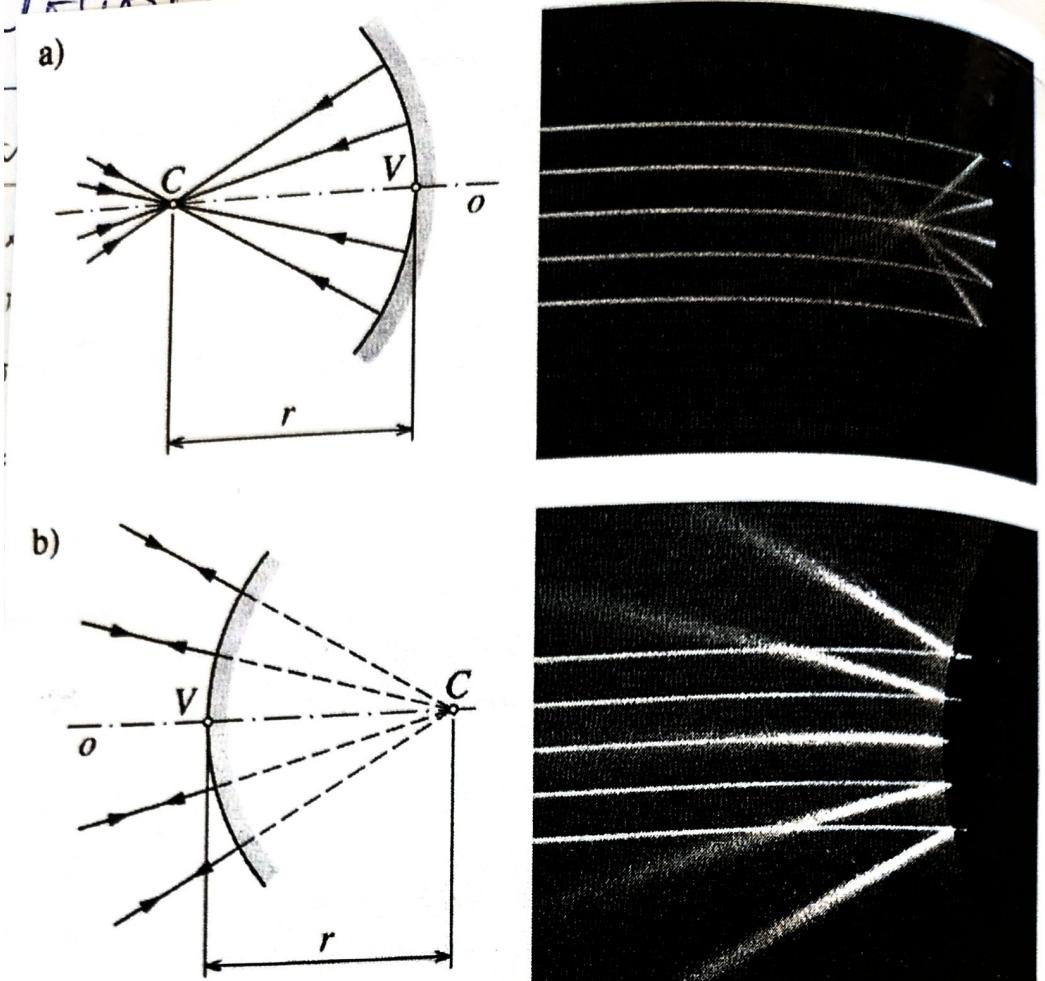
- zdánlivý obraz $\rightarrow a' < 0$

zdánlivý (\Rightarrow) reprezinený

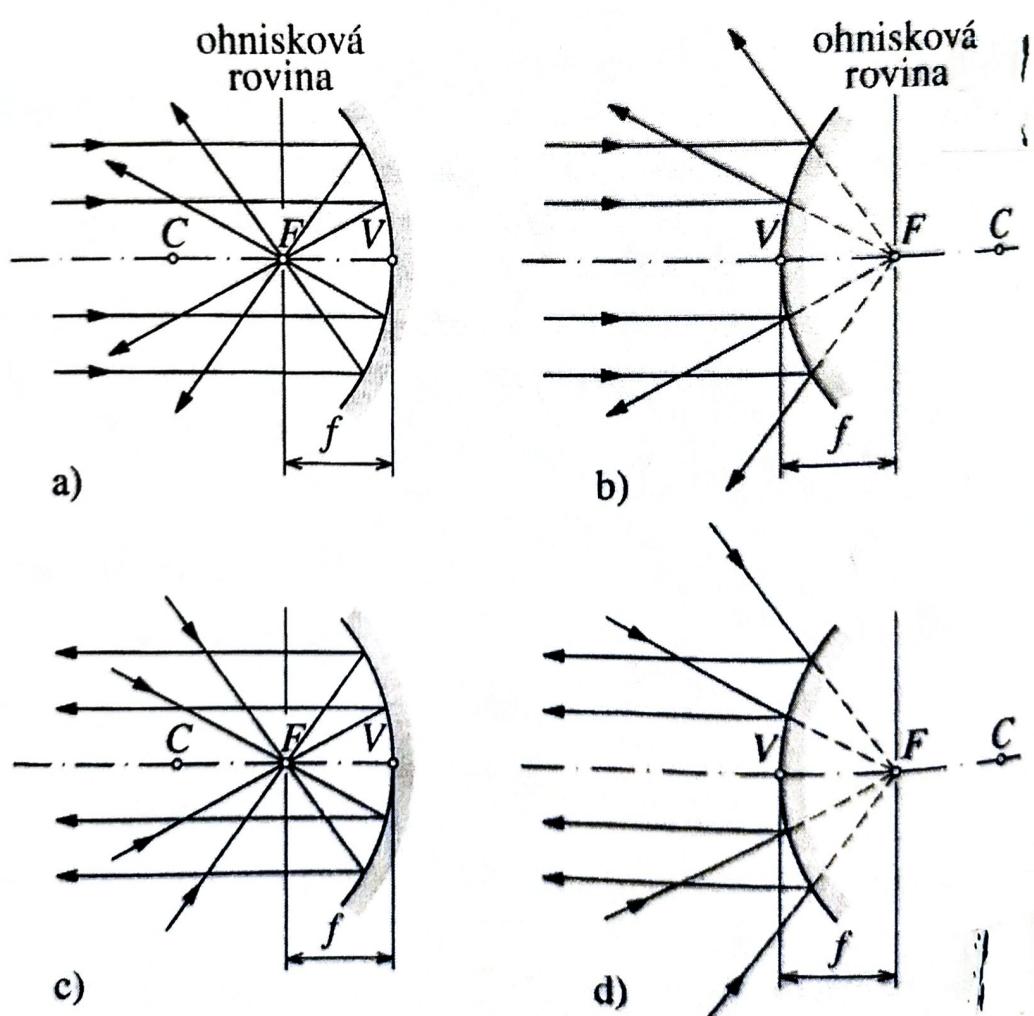
sluneční (\Rightarrow) pívrácený

$$\text{zvětšení } z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

$$\text{zvětšovací } \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$



2-8 Kulové zrcadlo: a) duté, b) vypuklé



2-9 Význačné paprsky

Cíky

- reflektor je sklo, mají τ m něž sklo, povrch je hubové plochy

Spojky - význam svítivých snášek

- dvojvypuklé



$D \rightarrow$ poloměr kružnice plošné části $\rightarrow \infty$

- ploskovypuklé



- dulovýpuklé



$R_{dulá} > R_{vypuklá}$

Rozptyly - význam rozbijivých snášek

- dvojduté



- ploskoduté



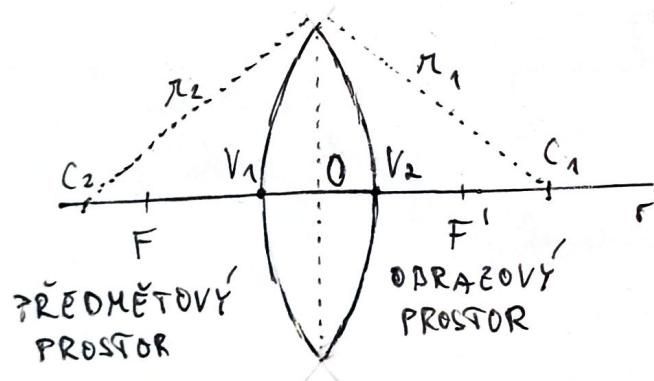
- vypukloduté



$R_{dutá} < R_{vypuklá}$

$\rightarrow r > 0$ - vypuklé plochy - konvergentní } změněná soudnice
 $r < 0$ - dulé plochy - divergentní }

Snížka



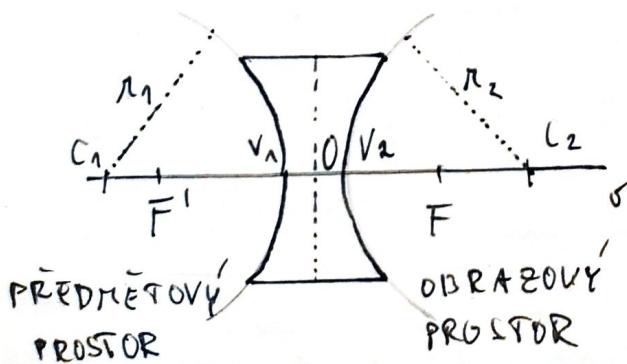
optická osa - o

- leží na ní středy kružnic c_1, c_2
- a vrcholy kulových ploch V_1, V_2
- a optický střed čočky O

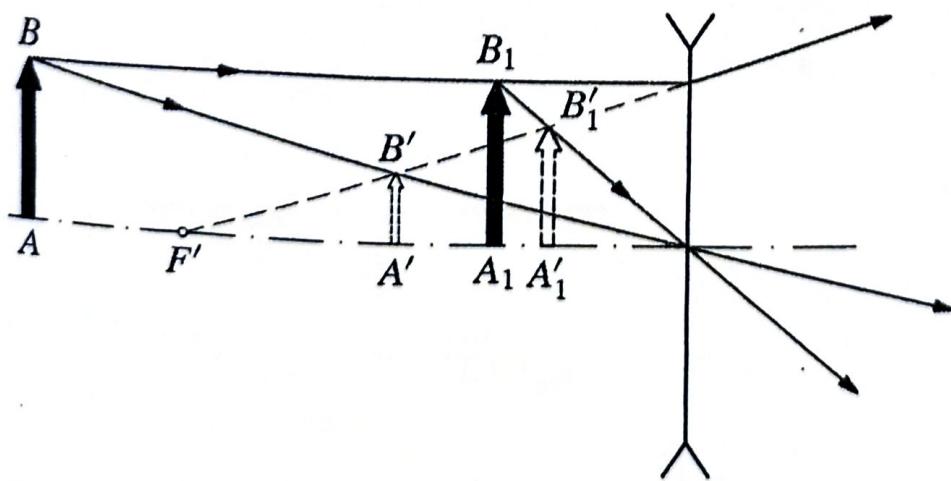
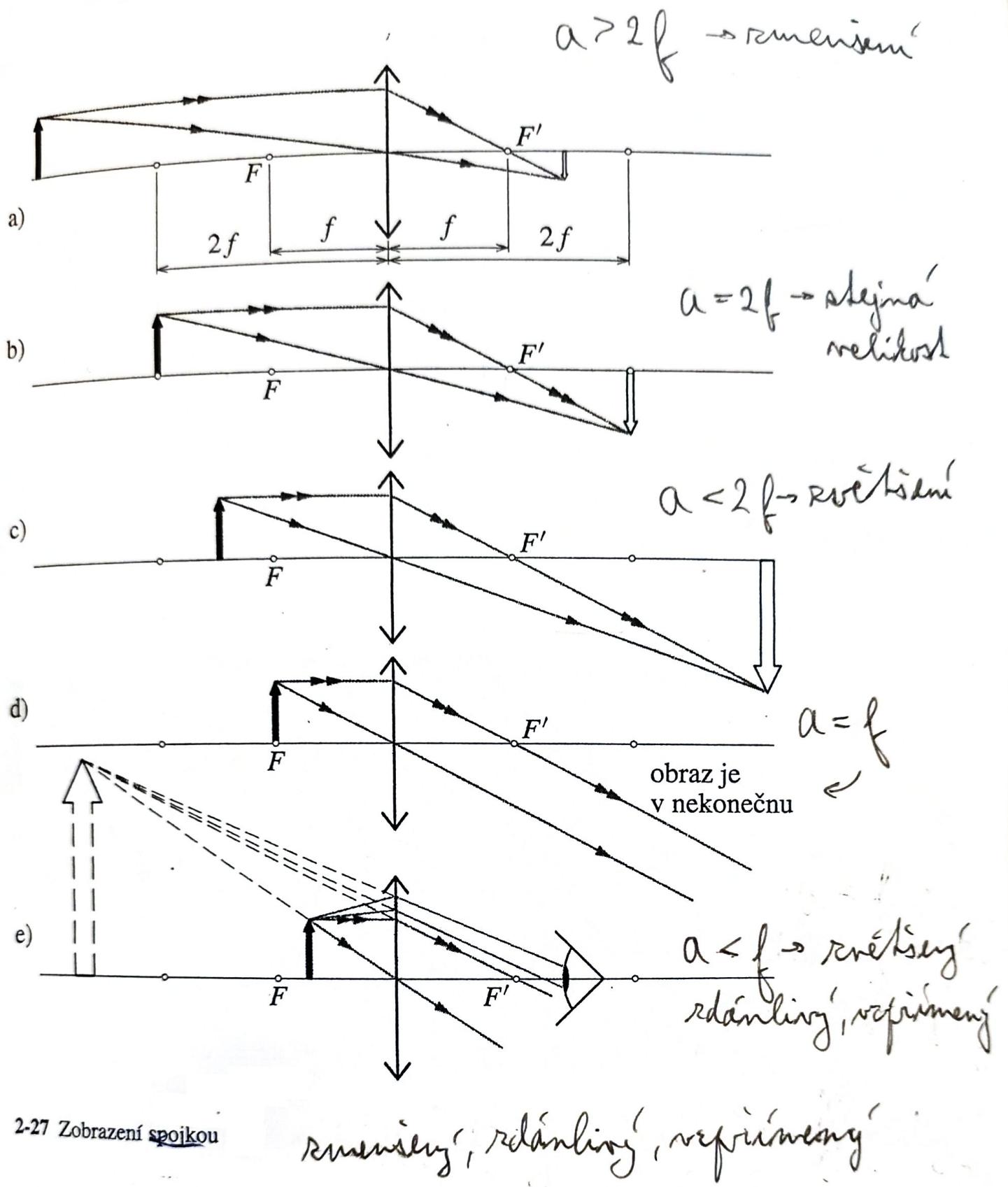
- F = předmětové ohnisko - \rightarrow předmět. p.
- F' = obrazové ohnisko - \rightarrow obraz. p.

Rozptylka

\rightarrow obraz je vždy menší, vzpřímený a základny



- F = předmět. ohnisko - \rightarrow obraz. prostor
- F' = obraz. ohnisko - \rightarrow předmět. prostor



Tentá číčka

- ideální číčka

$$- V_1 \equiv 0 \equiv V_2$$

$$- |OF| = f \quad - \text{předmět. ohnislová vzdálenost} \quad \left. \begin{array}{l} f = f' = \text{ohnislová vzdálenost} \end{array} \right\}$$

$$- |OF'| = f' \quad - \text{obrazová ohnislová vzdálenost}$$

- zobrazení přímoce a paraxiálním prostom = blízko optické osy

Optická mohutnost číčky - φ

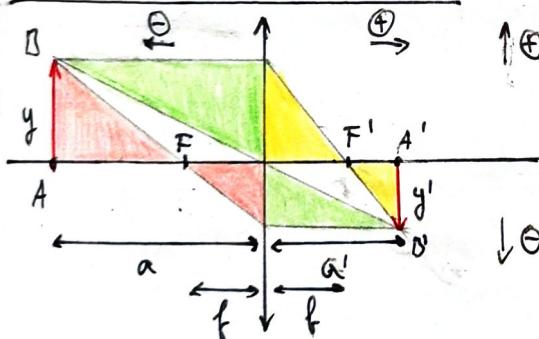
$m > 0$	zjednodušené plachy	} zmanělovařské souvence
$n < 0$	duté plachy	
$f > 0$	spojka	
$f < 0$	rozptýlka	

$$\varphi = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad [\varphi] = \frac{1}{m} = D = \text{dioptrie}$$

n_2 = index lomu číčky

n_1 = index lomu prostředí

Zobrazení renton číčkou



Zmanělovařské souvence

$y' > 0$ vpravděný

$y' < 0$ pívrátený

$a > 0$ výdy

$a' > 0$ skutečný

\Rightarrow obraz v r. prostoru

$a' < 0$ rdátkový

\Rightarrow obraz v p. prostoru

Příčné zvětšení - $z = \frac{y'}{y}$

$$\bullet \frac{y'}{y} = - \frac{a'}{a} \quad a', y' mají opačnou zmanělovařskou souvenci$$

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

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

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

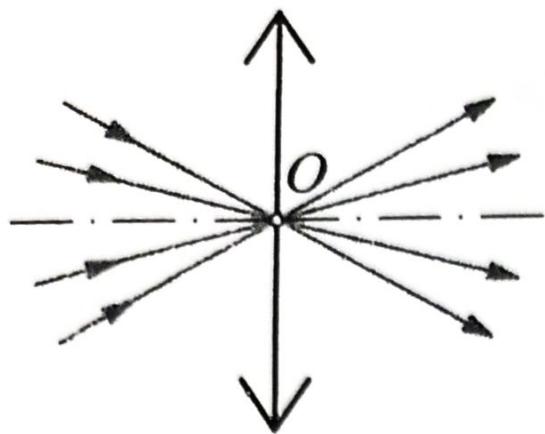
$z > 0$ zdánlivý

$z < 0$ skutečný

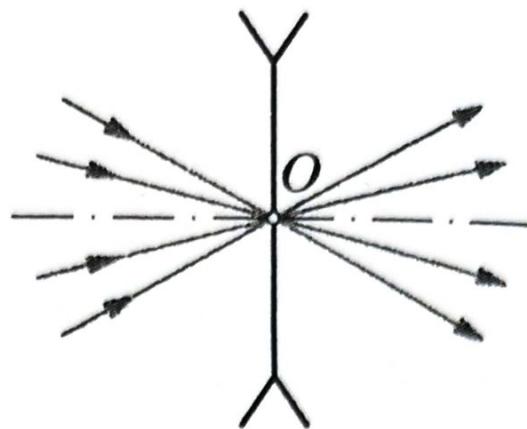
Zobrazení rovnice číčky

$$z = - \frac{a'}{a} = - \frac{f}{a-f} \Rightarrow a'a - a'f = af$$

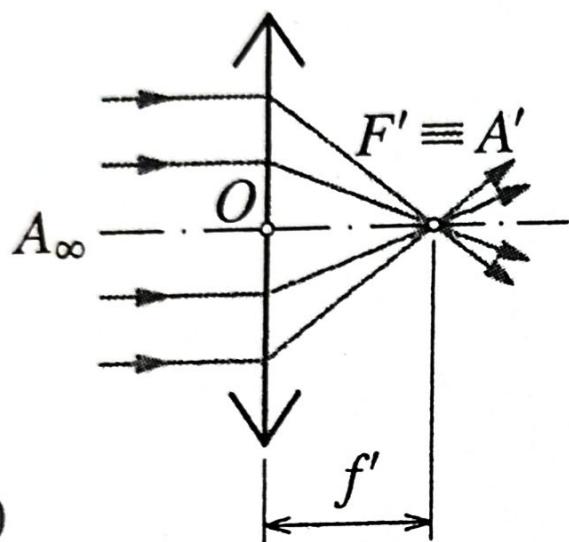
$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$



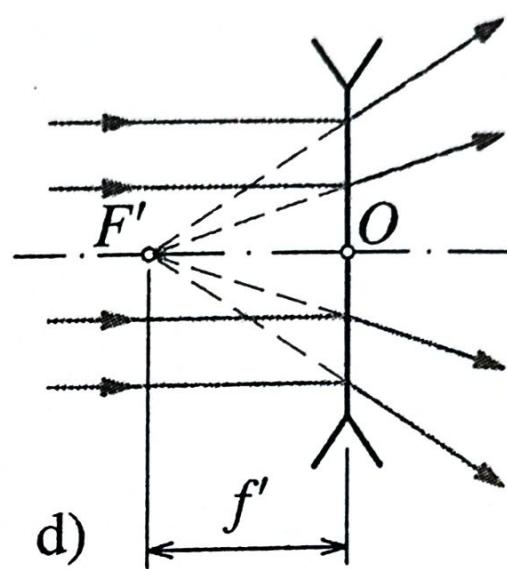
a)



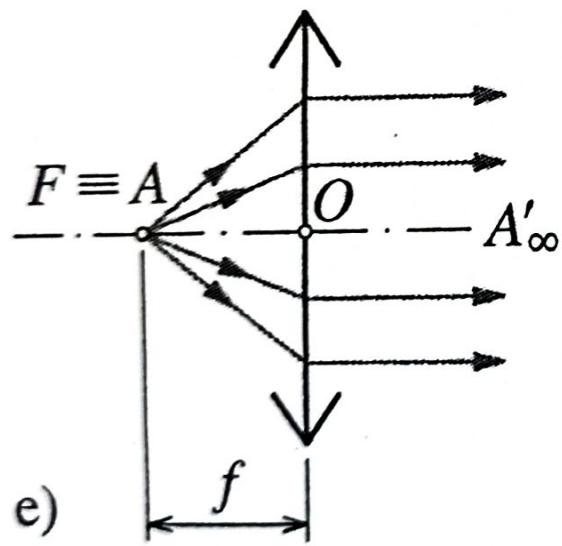
b)



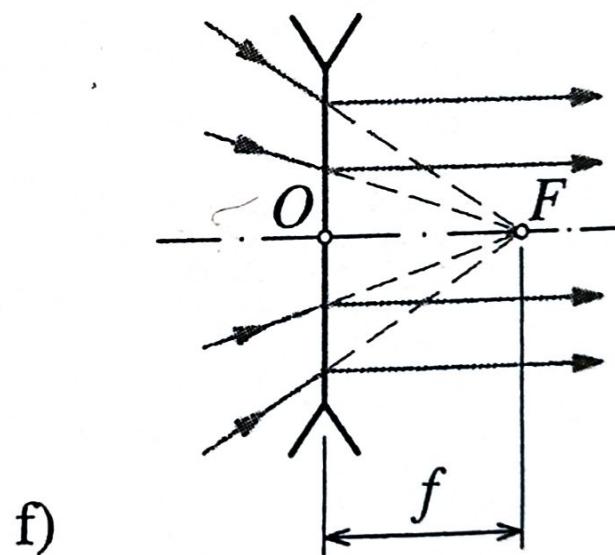
c)



d)



e)



f)

2-23 Význačné paprsky při zobrazení spojkou a rozptylkou

• Optika oka

- vnitřní čočka = spojka
- na sítnici se vytváří obrázek
- všechny obrázky se roznávají do stejné vzdálenosti od čočky nezáleží na vzdálenost předmětu
- důležitý akomodaci oka = schopnost měnit vzdálenost oční čočky

• rozsah vzdáleností viditelných při různých akomodacích

- daleký bod - u rovného oka v neomezenu
- blízký bod = nejmenší vzdálenost oběhu viditelného předmětu $\approx 10\text{ cm}$
- konvenční vzdálenost (d = 25 cm) - optimální vzdálenost
na dlouhotrvání pozorování bez velké nároky oka (dohodou 25 cm)

• Zorný úhel - τ

- = úhel, který snírají paprsky z obrazu předmětu. Kterež se prodlužují k oči
- Edyž je objekt blíž $\Rightarrow \tau \uparrow \Rightarrow$ obrázek je větší
- Edyž je $\tau < 1'$, tak oboje nezvlášť dva různé body

• Lupa

- nejjednodušší optický přístroj sloužící k zvětšení vzdáleného objektu
- využívá čočku

$$\cdot \underline{\text{bez lupky}} \quad \lg \tau = \frac{y}{d} \quad \Rightarrow \text{pro malé } \tau \approx \lg \tau$$

$$\cdot \underline{\text{předmět v ohnisku lupy}} \quad \lg \tau' = \frac{y}{f} \quad \text{pro malé } \tau' \approx \lg \tau'$$

→ objekt předmět posouje
jako by byl v neomezenu

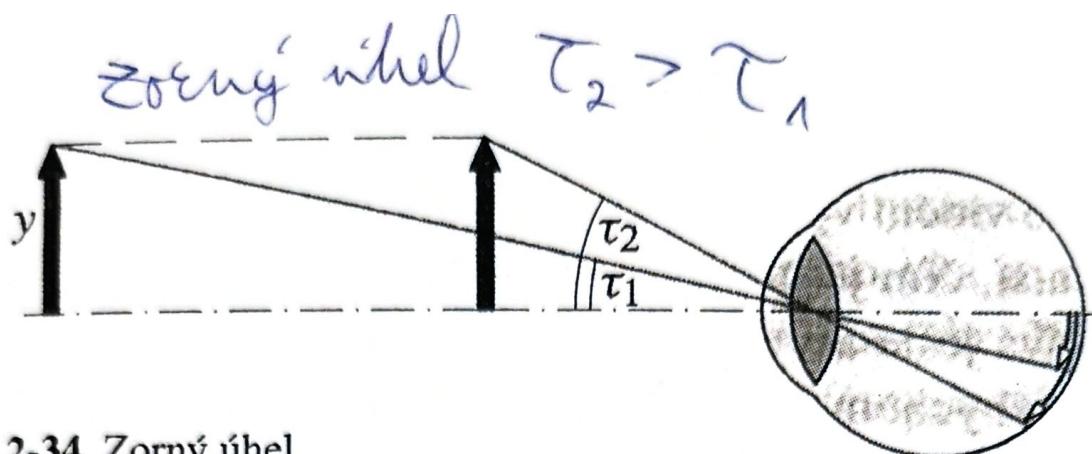
• úhlové zvětšení lupy γ

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} \approx \frac{\frac{y}{f}}{\frac{y}{d}} = \frac{d}{f} = d \cdot \varphi \quad \underline{\gamma = d \cdot \varphi = 0,25 \varphi}$$

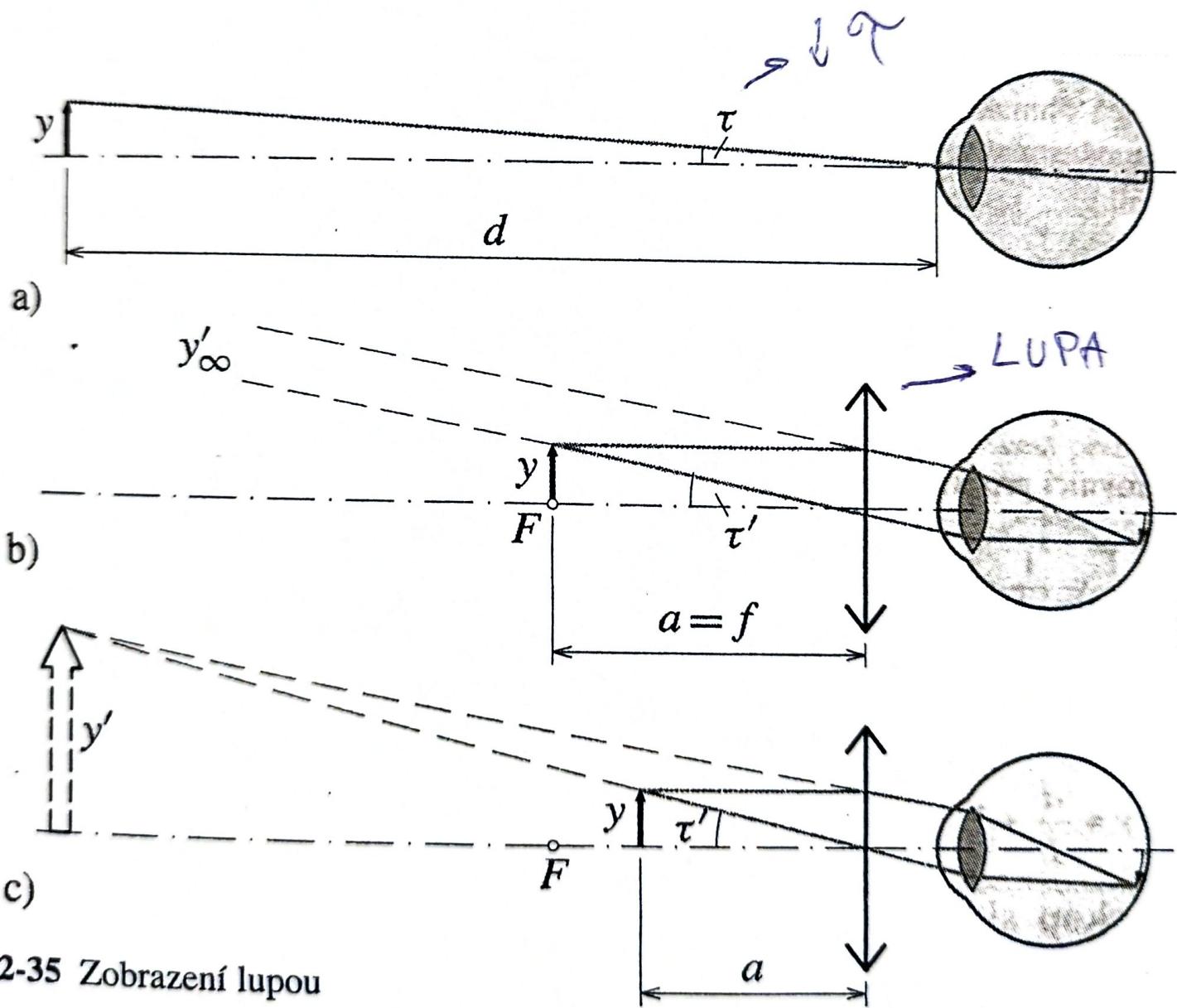
φ = v. možnost očí

→ Edyž předmět nemá v ohnisku $a < f$

Tak vzniká zvětšený, rozptýlený a zkrácený obrázek



2-34 Zorný úhel



2-35 Zobrazení lupou

- 1) Předmět je na optické ose sférického zrcadla ve vzdálenosti 48 cm od ohniska zrcadla. Obraz vytvořený zrcadlem je ve vzdálenosti 3 cm od ohniska zrcadla. Vypočítejte ohniskovou vzdálenost zrcadla, příčné zvětšení zobrazení a určete vlastnosti obrazu, je-li obraz předmětu vytvořen zrcadlem:
- dutým,
 - vypuklým.
- (a) $f = \sqrt{x \cdot x'} = 12 \text{ cm}, Z = -\frac{x'+f}{x+f} = -\frac{1}{4} \Rightarrow$ obraz skutečný, převrácený, zmenšený;
- (b) $f = -\sqrt{x \cdot x'} = -12 \text{ cm}, Z = -\frac{x'+f}{x+f} = \frac{1}{4} \Rightarrow$ obraz zdánlivý, vzpřímený, zmenšený;
- 2) Automobil výšky 160 cm se zobrazuje ve vypuklém dopravním zrcadle tak, že při vzdálenosti automobilu od zrcadla 6 m je výška obrazu automobilu 10 cm. Vypočítejte:
- poloměr křivosti a ohniskovou vzdálenost zrcadla,
 - vzdálenost automobilu od zrcadla, je-li výška obrazu automobilu 4 cm.
- (a) $r = 2a_1 \cdot \frac{y_1'}{y_1' - y} = -0,8 \text{ m} (= -80 \text{ cm}); f = a_1 \cdot \frac{y_1'}{y_1' - y} \left(= \frac{r}{2}\right) = -0,4 \text{ m} (= -40 \text{ cm})$
- (b) $a_2 = a_1 \cdot \frac{y_1'}{y_2'} \cdot \frac{y_2' - y}{y_1' - y} \left(= f \cdot \frac{y_2' - y}{y_2'}\right) = 15,6 \text{ m}$
- 3) Před čočkou optické mohutnosti -10 D je ve vzdálenosti 40 cm od optického středu předmět výšky 8 cm. Určete:
- ohniskovou vzdálenost čočky,
 - vlastnosti obrazu,
 - poloměr křivosti lámavé plochy ploskoduté čočky vyrobené ze skla o indexu lomu 1,6.
- (a) $f = \frac{1}{\varphi} = -0,1 \text{ m}; b) a' = \frac{a}{\varphi \cdot a - 1} = -8 \text{ cm} \wedge Z = \frac{1}{1 - a \cdot \varphi} = 0,2 \Rightarrow$
obraz zdánlivý, vzpřímený, zmenšený;
- c) $r = \frac{n-1}{\varphi} = -0,06 \text{ m}$
- 4) Mezi předmětem a projekční plochou je vzdálenost 5 m. Do jaké vzdálenosti od předmětu musíme umístit tenkou čočku optické mohutnosti 1,25 D, aby na projekční ploše vznikl ostrý obraz předmětu? Jaké je zvětšení obrazu?
- $(a = \frac{d\varphi \pm \sqrt{d^2\varphi^2 - 4d\varphi}}{2\varphi} \Rightarrow a_1 = 4 \text{ m}, a_2 = 1 \text{ m}; Z = \frac{a-d}{a} \Rightarrow Z_1 = -\frac{1}{4}, Z_2 = -4)$
- 5) Jak daleko od spojky s ohniskovou vzdáleností 12 cm musí být umístěn předmět, aby jeho skutečný obraz byl 2krát větší než předmět? Jaká je optická mohutnost uvedené čočky?
- 6) Spojka vytváří skutečný a převrácený obraz ve vzdálenosti 40 cm od předmětu. Obraz má poloviční velikost než předmět. Vypočítej ohniskovou vzdálenost použité čočky a její vzdálenost od předmětu.
- 7) Fotografickým přístrojem, jehož objektiv má ohniskovou vzdálenost 75 mm, fotografujeme osobu vysokou 180 cm ze vzdálenosti 27 m. Jakou výšku bude mít postava na filmu?
- 8) Při zobrazení spojkou vznikl zdánlivý obraz v ohnisku čočky. Urči polohu předmětu.

GEOMETRICKÁ OPTIKA

① $a-f = 48 \text{ cm}$
 $\underline{a'-f = 3 \text{ cm}}$
 $\underline{f, z, vlastnosti = ?}$

a) dôležité veci

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f+48} + \frac{1}{f+3} = \frac{1}{f} \Rightarrow f(f+3) + f(f+48) = (f+3)(f+48)$$

$$\Rightarrow f^2 + 3f + f^2 + 48f = f^2 + 48f + 3f + 3 \cdot 48$$

$$f^2 = 3 \cdot 48 \text{ cm}^2 = 12^2 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{f = 12 \text{ cm}}$$

$$z = -\frac{a'}{a} = -\frac{f+3}{f+48} = -\frac{15}{60} = \underline{-\frac{1}{4}} \Rightarrow \text{remeniny, prierezy, sklenecy}$$

b) významné veci

→ snem. horizonte

$$f^2 = 12^2 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{f = -12 \text{ cm}}$$

$$z = -\frac{f+3}{f+48} = -\frac{-9}{36} = \underline{\frac{1}{4}} \Rightarrow \text{remeniny, výplneky, zdánlivy}$$

② $y = 1,6 \text{ m}$
 $a = 6 \text{ m}$

vyplneky $y' = 0,1 \text{ m}$

③ a) $n, f = ?$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad \wedge \quad \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} \Rightarrow a' = -\frac{ay'}{y}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{y}{ay'} = \frac{y-y'}{ay'} \Rightarrow f = \frac{ay'}{y-y'}$$

$$\Rightarrow f = \frac{6 \cdot 0,1}{0,1 - 1,6} \text{ m} = \frac{0,6}{-1,5} \text{ m} = \underline{-0,4 \text{ m}}$$

$$r = 2f = \underline{-0,8 \text{ m}}$$

b) $y' = 4 \text{ cm} \Rightarrow a = ?$ $\frac{1}{a} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} + \frac{y}{ay'} \Rightarrow 1 = \frac{a}{f} + \frac{y}{y'}$

$$\Rightarrow a = f \left(1 - \frac{y}{y'} \right) = -0,4 \left(1 - \frac{160}{4} \right) \text{ m} = -0,4(1-40) \text{ m} = \underline{15,6 \text{ m}}$$

③ $l = -10D$

$$a = 40 \text{ cm}$$

$$y = 8 \text{ cm}$$

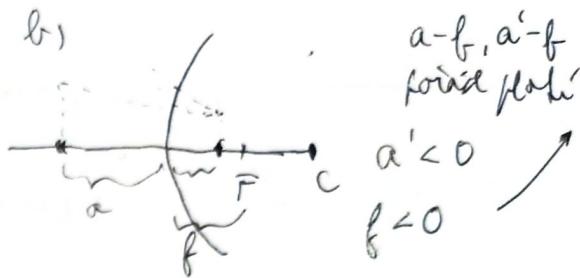
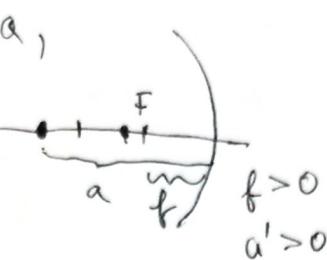
a) $f = \frac{1}{\varphi} = \underline{-10 \text{ cm}}$

b) sfyzika \Rightarrow remeniny, zdánlivy, výplneky

c) $m = 1,6 \Rightarrow r = ?$

$$\varphi = (m-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{m-1}{r} \Rightarrow r = \frac{m-1}{\varphi}$$

$$r = \frac{0,6}{-10} \text{ m} = \underline{-6 \text{ cm}}$$



$a-f, a'-f$
 formné pláty

$$a' < 0$$

$$f < 0$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{4} \quad a + a' = 5 \text{ m} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} = \varphi \Rightarrow \frac{1}{a} + \frac{1}{5-a} = \varphi \\
 \frac{\varphi = 1,25 \text{ D}}{a, z=?} \quad \Rightarrow 5-a + a = \varphi (5a - a^2) \Rightarrow 5 = a \cdot 5\varphi - \varphi a^2 \\
 \Rightarrow \frac{a^2 \cdot \varphi - a \cdot 5\varphi + 5 = 0}{a = \frac{5\varphi \pm \sqrt{25\varphi^2 - 20\varphi}}{2\varphi}} \quad \begin{cases} \underline{a_1 = 4 \text{ m}} \Rightarrow \underline{z_1 = -\frac{1}{4}} \\ \underline{a_2 = 1 \text{ m}} \Rightarrow \underline{z_2 = -4} \end{cases} \\
 z = -\frac{a'}{a} = \frac{a-5}{a}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{5} \quad f = 12 \text{ cm} \quad \varphi = \frac{1}{f} = \underline{8,3 \text{ D}} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \\
 \frac{y' = -2y}{a, \varphi=?} \quad \frac{y'}{y} = -2 \Rightarrow \frac{a'}{a} = 2 \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{2a} = \frac{1}{f} \\
 \Rightarrow 1 + \frac{1}{2} = \frac{a}{f} \Rightarrow a = \frac{3}{2}f = \underline{18 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{6} \quad a + a' = 40 \text{ cm} \quad \frac{y'}{y} = -\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{a'}{a} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{40-a}{a} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{60}{a} - 1 = \frac{1}{2} \\
 \frac{y' = -\frac{1}{2}y}{f, a=?} \quad \Rightarrow \frac{40}{a} = \frac{3}{2} \Rightarrow a = \frac{80}{3} \text{ cm} = \underline{26,6 \text{ cm}} \\
 \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{a} + \frac{1}{40-a} = \frac{3}{40} + \frac{1}{\frac{120}{3} - \frac{80}{3}} = \frac{7}{80} + \frac{3}{40} = \frac{3+6}{80} = \frac{9}{80} \\
 \Rightarrow f = \frac{80}{9} = \underline{8,8 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{7} \quad f = 75 \text{ mm}, \quad \frac{y'}{y} = \frac{-a'}{a} \Rightarrow y' = -y \frac{a'}{a} \quad \wedge \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a-f}{af} \\
 y = 180 \text{ cm} \quad \Rightarrow y' = -\frac{y}{a} \frac{a \cdot f}{a-f} = \frac{y \cdot f}{f-a} \\
 a = 27 \text{ m} \quad \Rightarrow y' = \frac{1,8 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{75 \cdot 10^{-3} - 27} \text{ m} = -5 \text{ mm} \Rightarrow \underline{|y'| = 5 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{8} \quad \text{spojka, združený obraz} \\
 \frac{-a' = f}{a = ?} \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{a} - \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{a} = \frac{2}{f} \\
 \Rightarrow a = \frac{f}{2} \quad \rightarrow \text{priemysl je presne meri} \\
 \text{priemysl kozym ohľadom a cíclon}
 \end{aligned}$$