INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

3. OPTICKÉ ZOBRAZENÍ

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

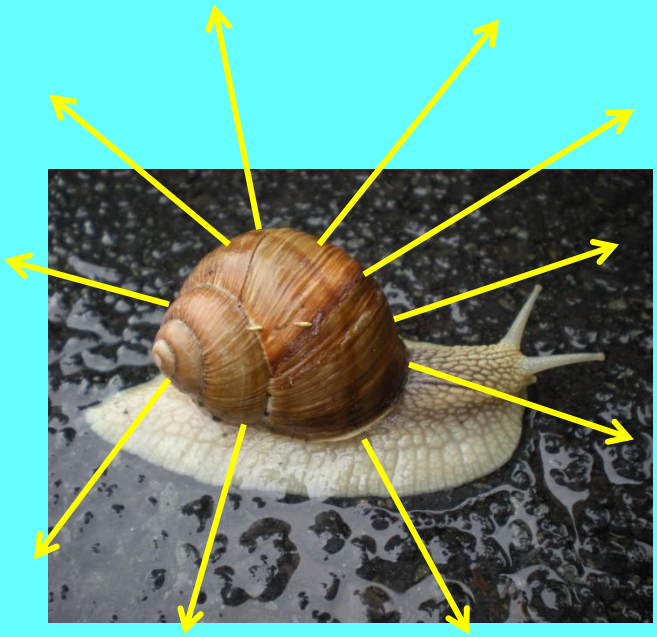
3. OPTICKÉ ZOBRAZENÍ

Paprsková (geometrická) optika
je založena na paprskovém modelu světla,
zanedbává jeho vlnovou podstatu
(předpokládá se nulová vlnová délka).

Pro světlo a paprsky platí :

1. Zákon přímočarého šíření světla.
2. Princip nezávislosti chodu světelných paprsků.
3. Zákon odrazu.
4. Zákon lomu.
5. (Zákon záměnnosti paprsků).

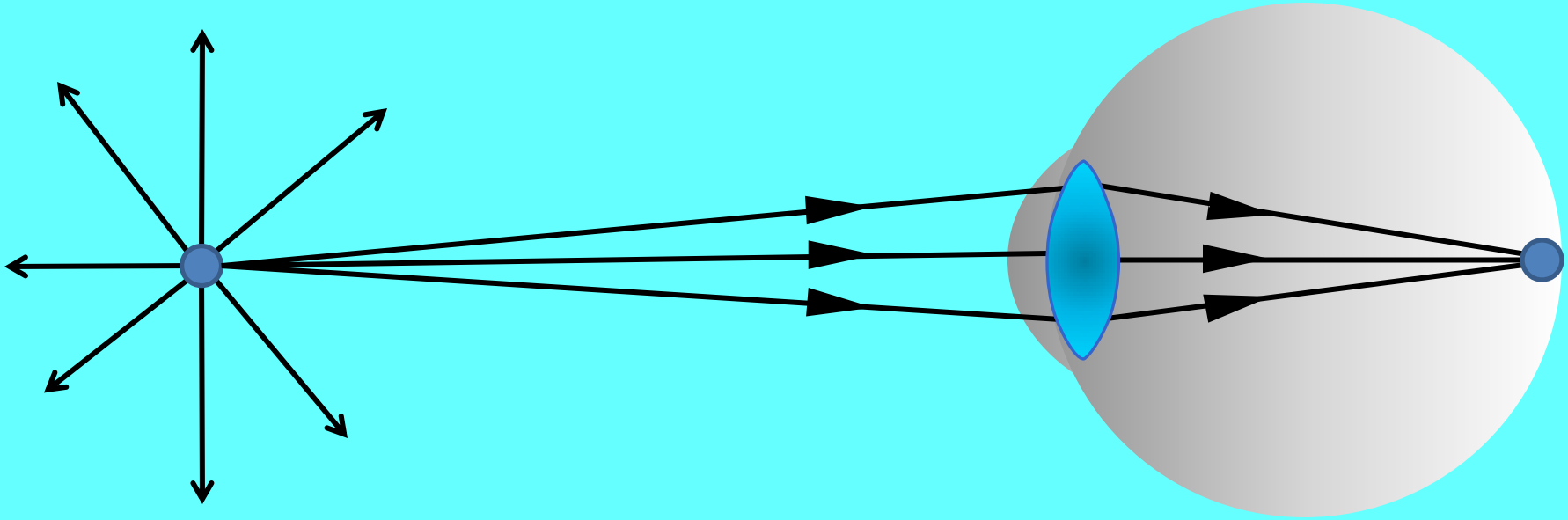
3. 1. ZÁKLADNÍ POJMY



Předmět (A) – je fyzikální objekt, z jehož jednotlivých bodů vycházejí svazky rozbíhavých světelných paprsků.

Obraz (A’) – je množina bodů, v nichž se skutečně, nebo zdánlivě protínají paprsky vycházející z předmětu a procházející zobrazovacím zařízením.

Přímé vidění okem:



A

předmět

A´

obraz

Optická soustava (zobrazovací soustava)

je jakékoli zařízení, které mění chod paprsků, přičemž je jím vytvářen obraz předmětu.
Ke změně směru paprsku může dojít na optické ploše

- odrazem (zrcadla)
- lomem (čočky).

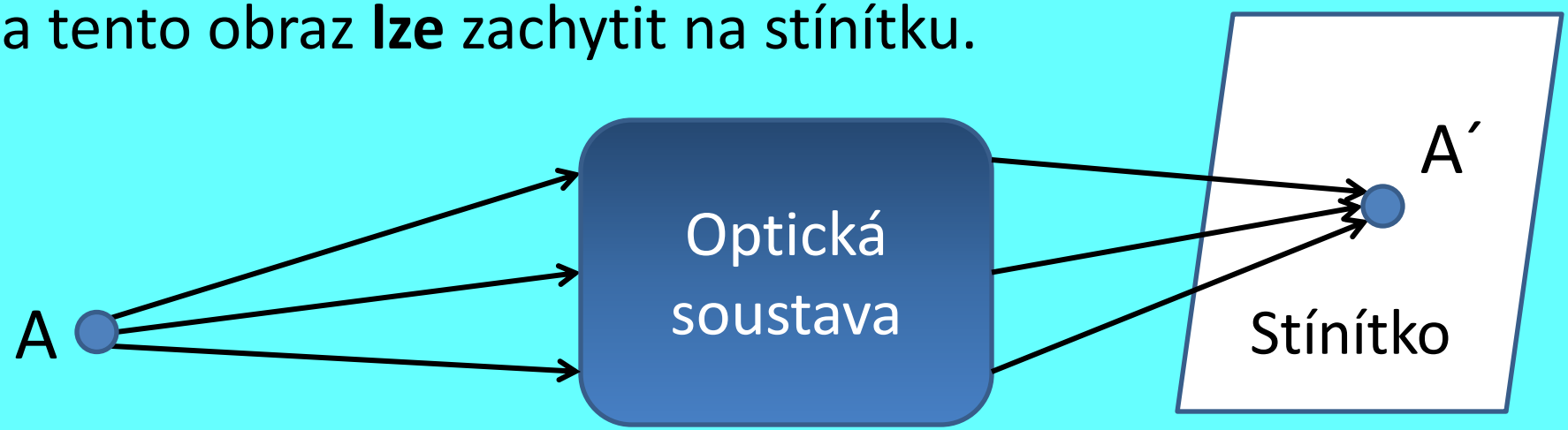
Optické zobrazení

je postup, kterým se získávají obrazy bodů nebo předmětů pomocí optické soustavy.

Skutečný (reálný) obraz vzniká,

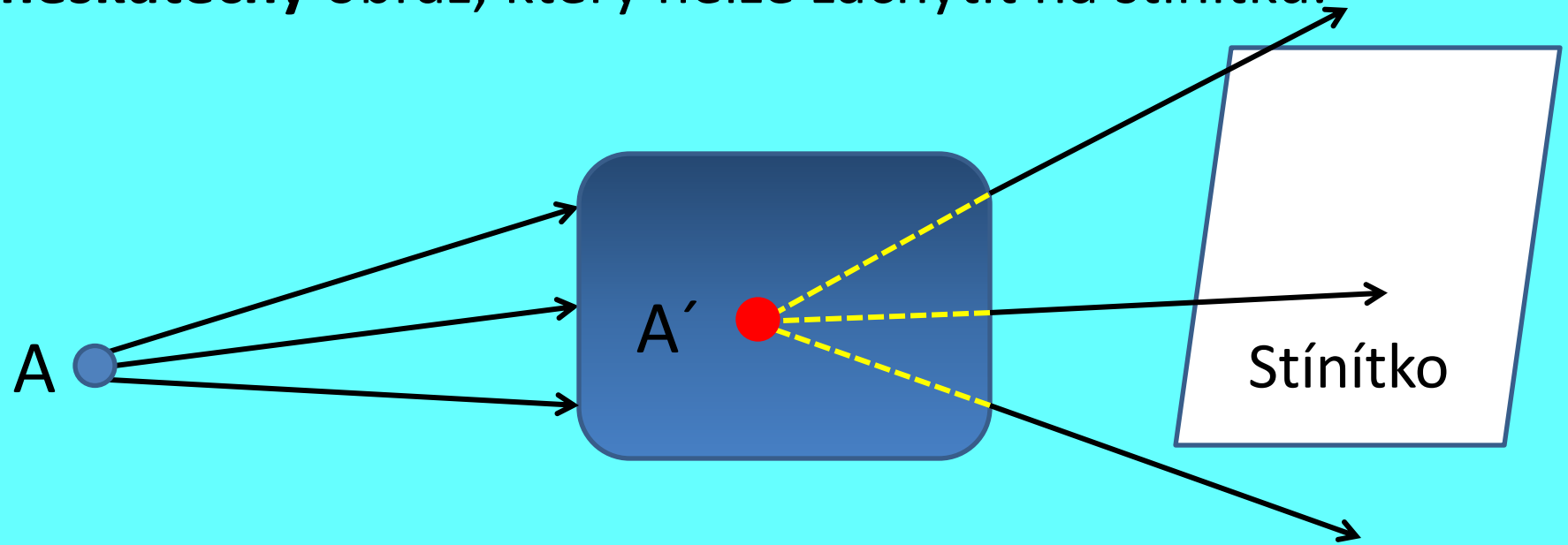
pokud optická soustava vytvoří sbíhavý svazek paprsků (paprsky se za soustavou protínají),

a tento obraz **lze** zachytit na stínítku.

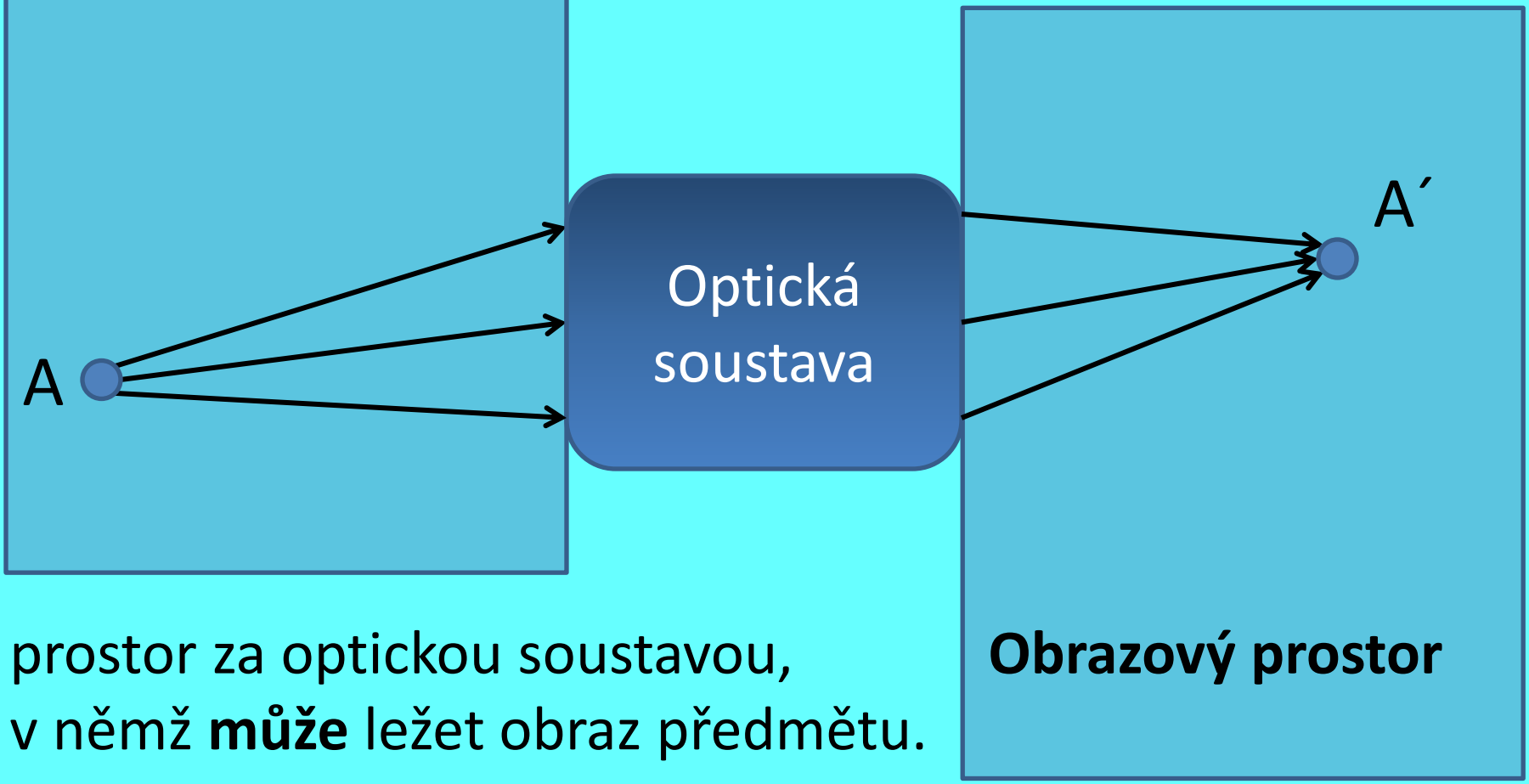


Zdánlivý (virtuální) obraz vzniká,

pokud optická soustava vytváří rozbíhavý svazek paprsků, které se zdánlivě protínají před soustavou a zde vytvářejí **neskutečný** obraz, který nelze zachytit na stínítku.



Předmětový prostor prostor před optickou soustavou, ve kterém se nachází předmět.



prostor za optickou soustavou, v němž **může** ležet obraz předmětu.

3. 2. ZOBRAZENÍ ROVINNÝM ZRCADLEM

Zrcadlo
je hladká optická plocha odrážející více než 90% dopadajícího světla, pro které platí zákon odrazu světla.

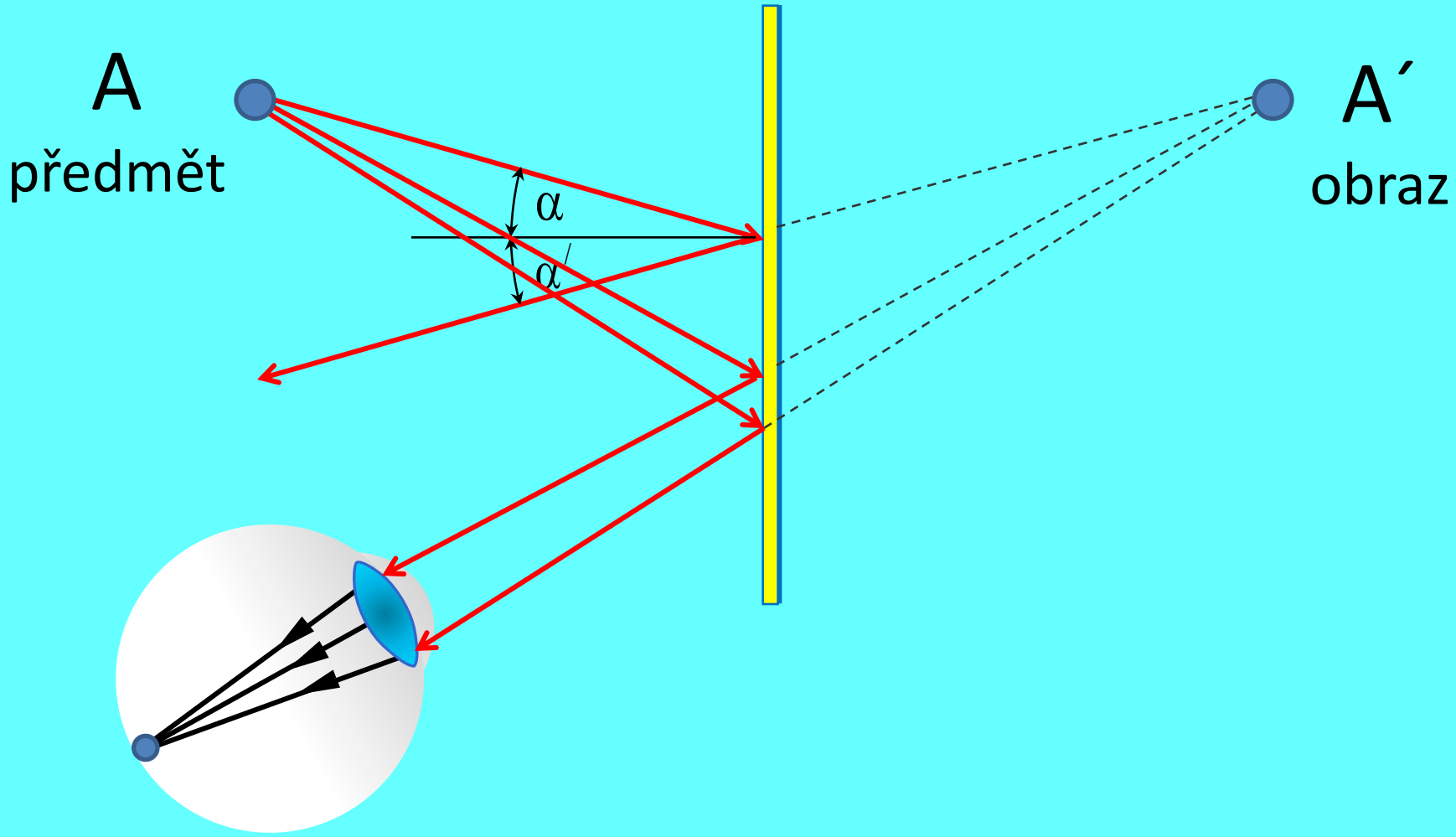
Povrch zrcadel bývá z tenké vrstvy kovu (cínového amalgamu) nanesené na skleněné desce.

Rozdělení podle tvaru plochy

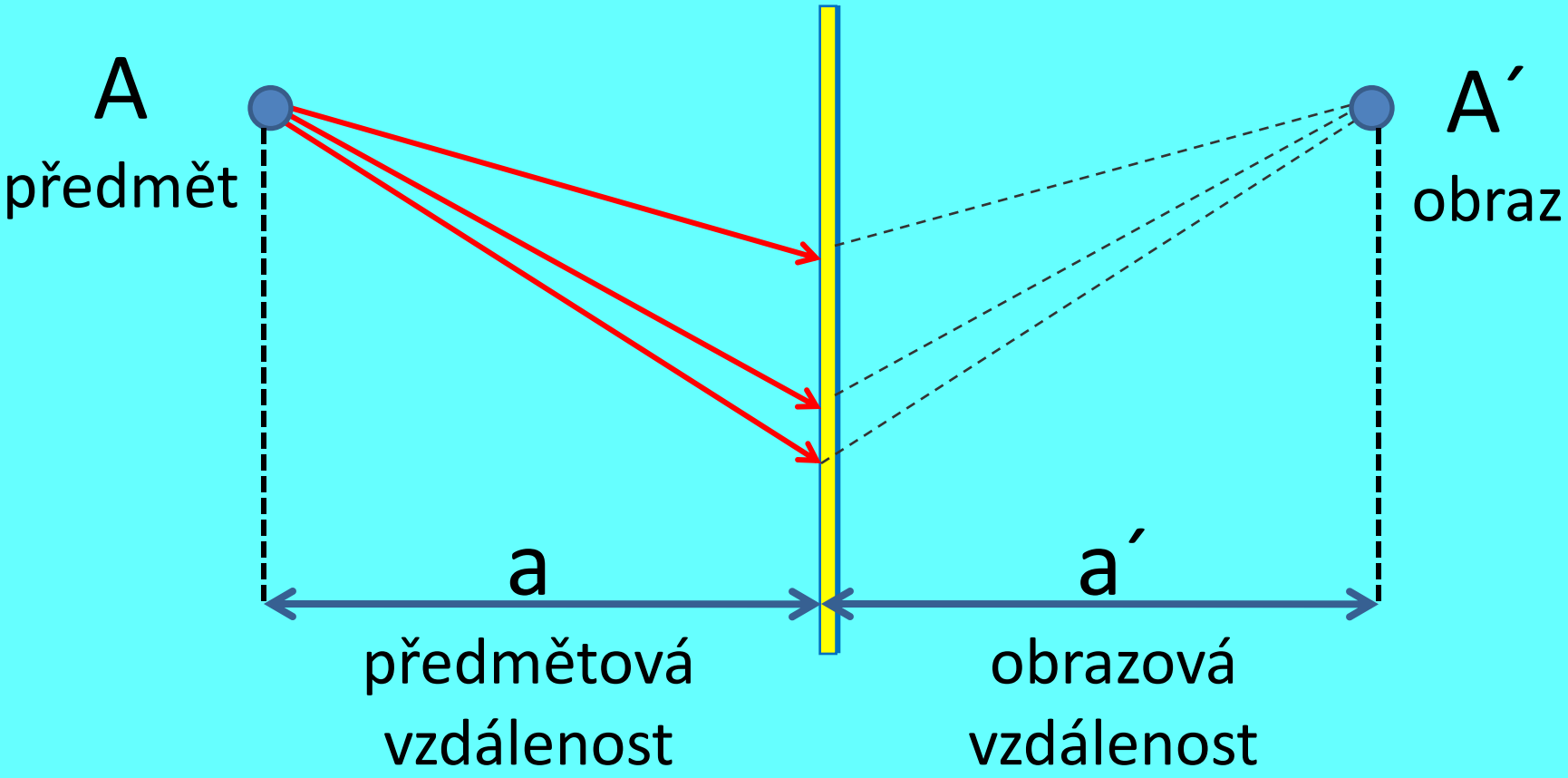
- rovinná
- kulová
- parabolická

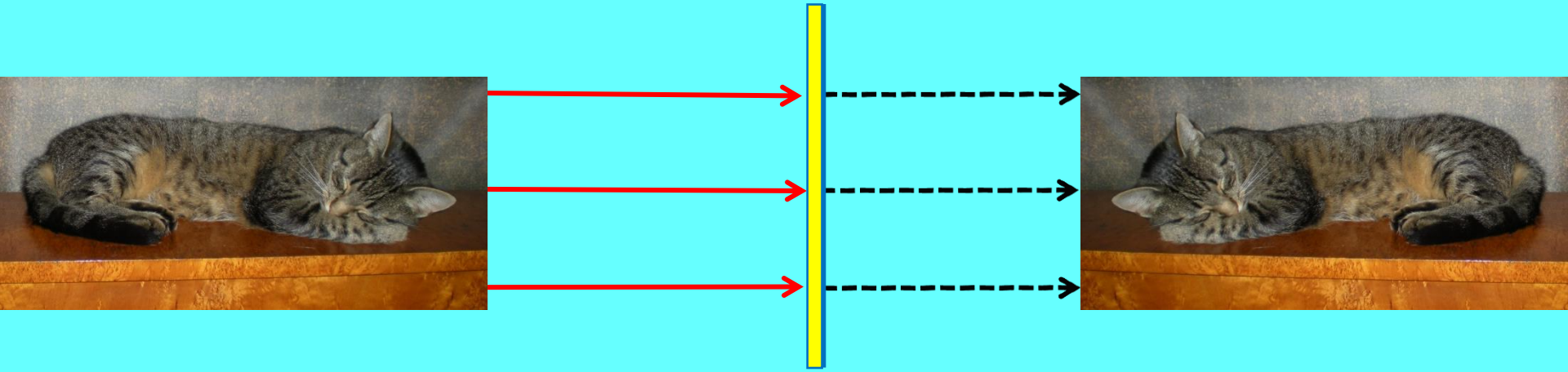
Rovinné zrcadlo

je rovinná plocha, která odráží dopadající světlo.

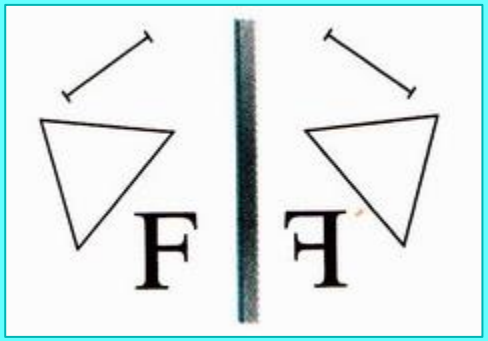


$$a = a'$$


A
předmět
A´
obraz
a
předmětová
vzdálenost
a´
obrazová
vzdálenost



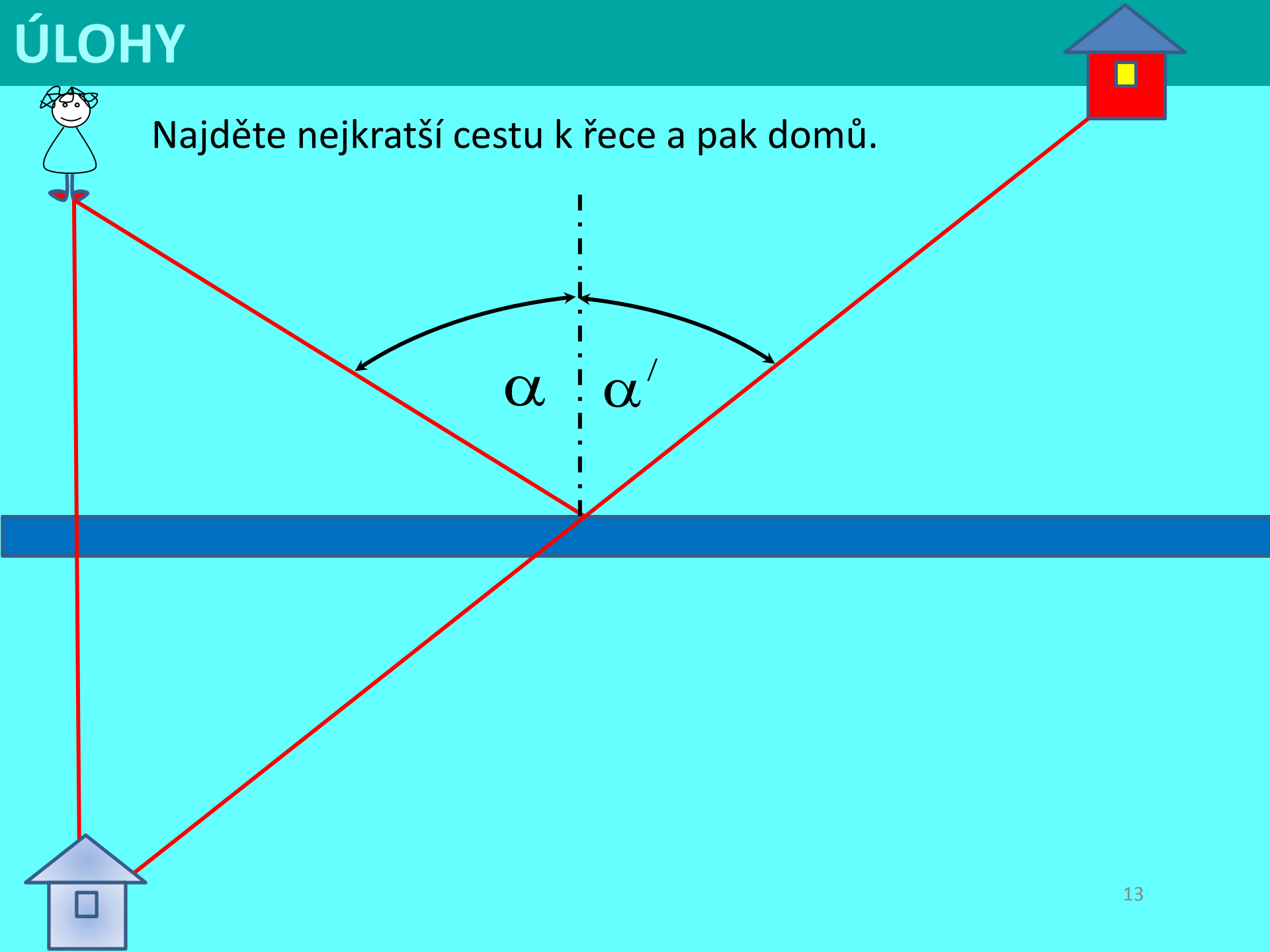
Rovinné zrcadlo vytváří obraz:



- zdánlivý
- vzpřímený
- stejně velký jako předmět
- souměrný s předmětem podle roviny zrcadla

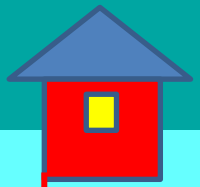
ÚLOHY

Najděte nejkratší cestu k řece a pak domů.



ÚLOHY

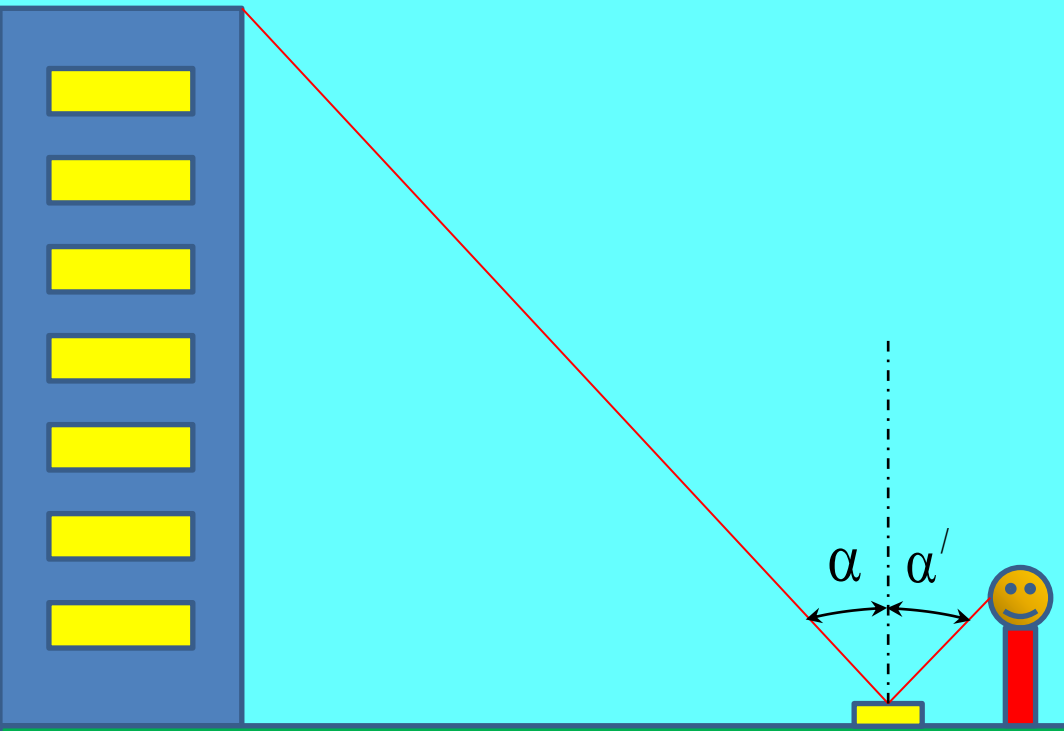
Najděte nejvhodnější cestu k řece pro vodu a pak domů.



ÚLOHY

Jak můžete změřit výšku budovy v případě, že nelze vyjít na její střechu?

Vaše vzdálenost od budovy je 30 metrů, zrcátko leží na zemi ve vzdálenosti 1 metru a vaše výška (k očím) je 1,6 metru.



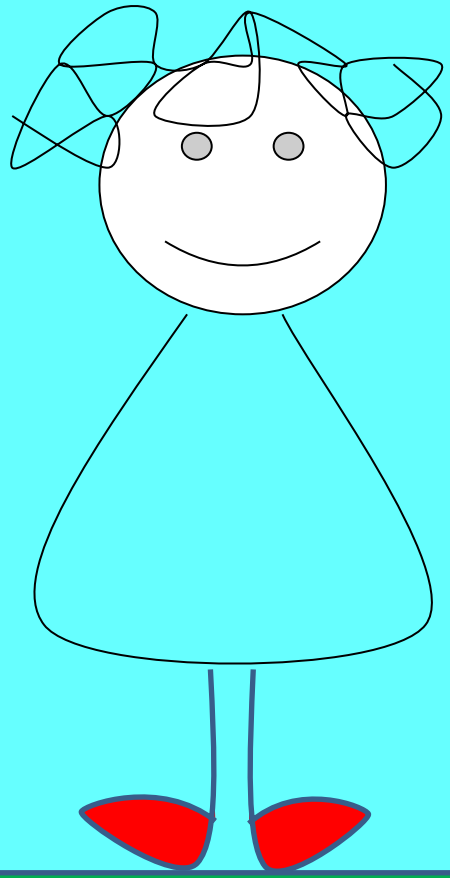
$$H = ?\,m$$
$$h = 1{,}6\,m$$
$$d = 30\,m$$
$$d_1 = 1m$$

$$\frac{H}{d_2} = \frac{h}{d_1}$$
$$d = d_1 + d_2$$

$$H = \frac{h(d - d_1)}{d_2}$$
$$H = 46{,}4m$$

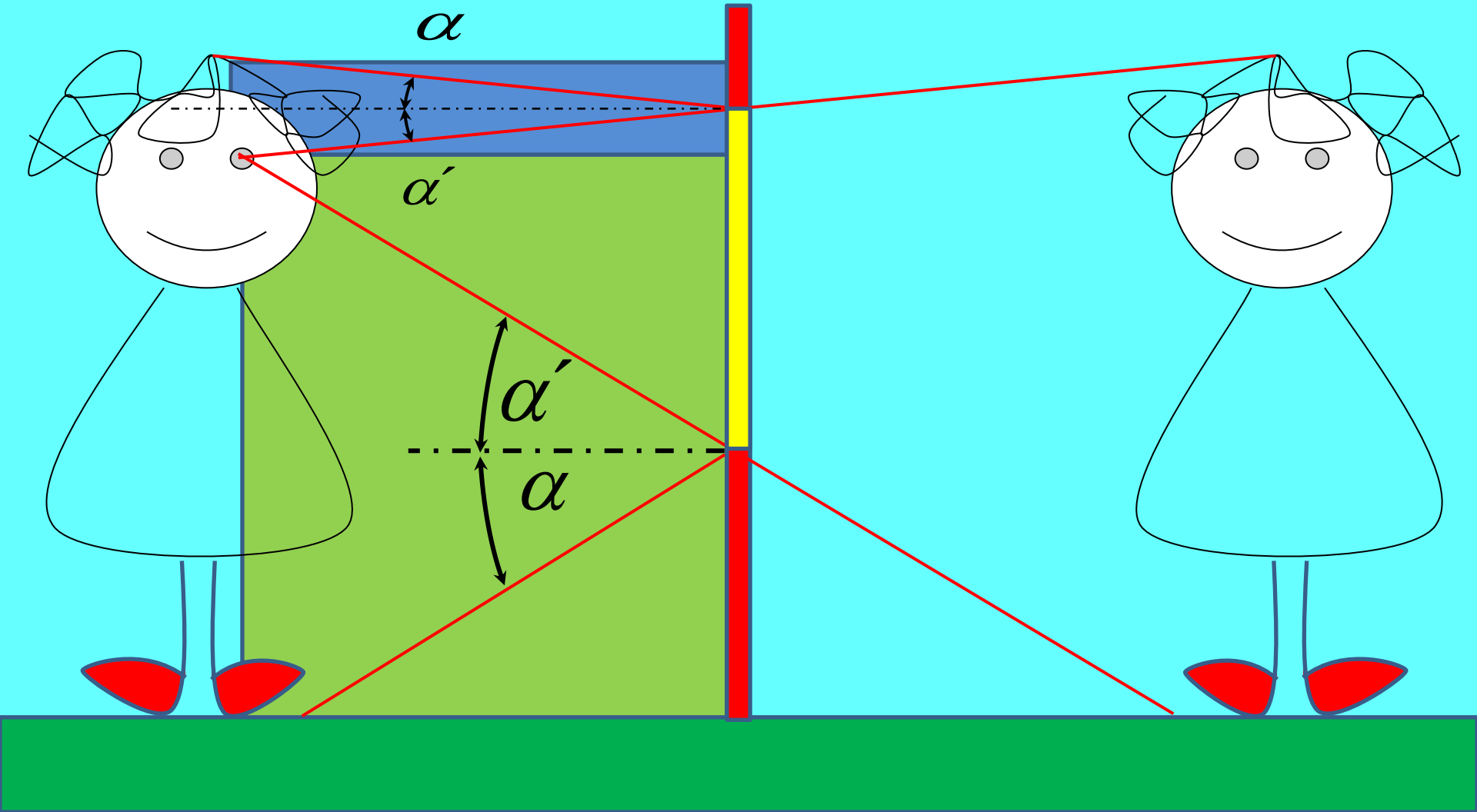
ÚLOHY

Jak vysoké musíte mít zrcadlo, abyste v něm viděli celou svou postavu?
Jak musí být umístěno?



ÚLOHY

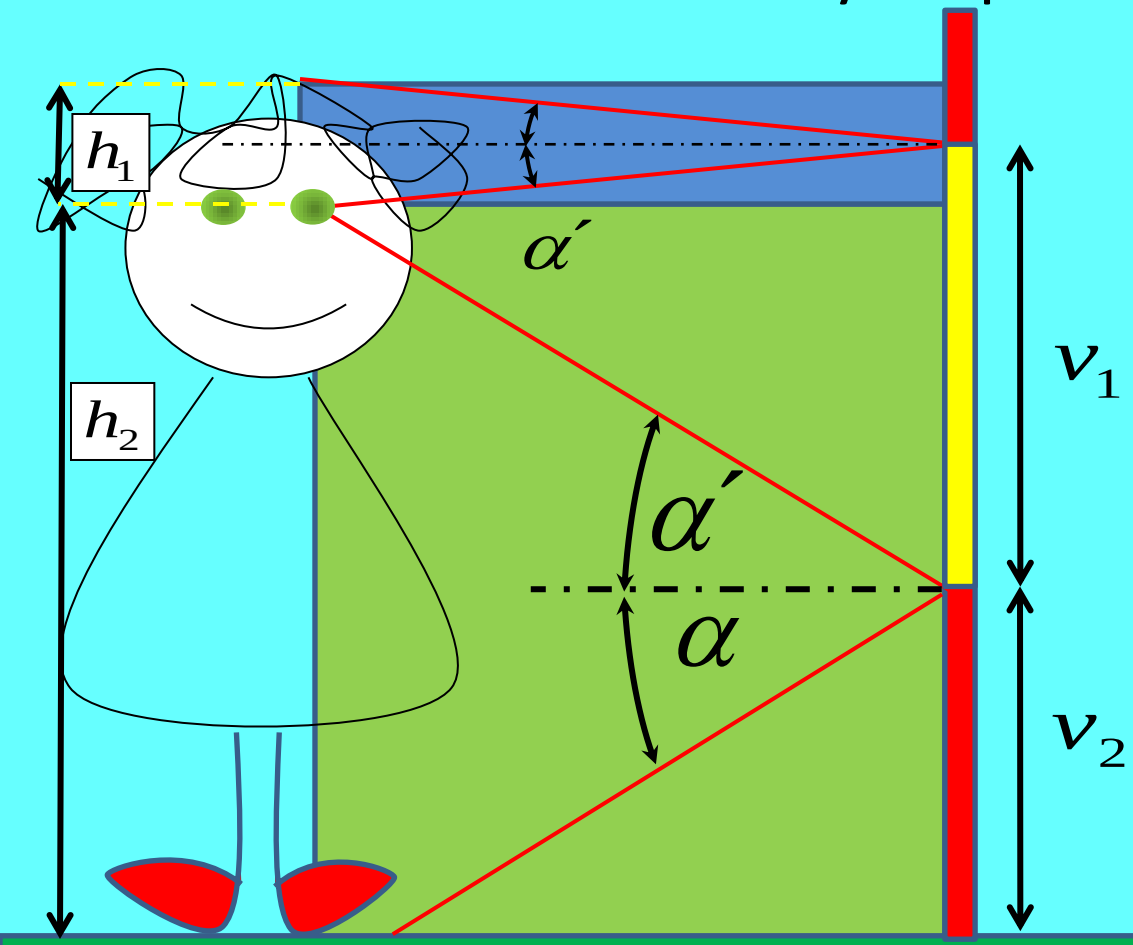
Jak vysoké musíte mít zrcadlo, abyste v něm viděli celou svou postavu?
Jak musí být umístěno?



ÚLOHY

Jak vysoké musíte mít zrcadlo, abyste v něm viděli celou svou postavu?
Jak musí být umístěno?

h - výška postavy



výška zrcadla

$$v_1 = \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} = \frac{h}{2}$$

vzdálenost dolního okraje zrcadla od podlahy

$$v_2 = \frac{h_2}{2}$$

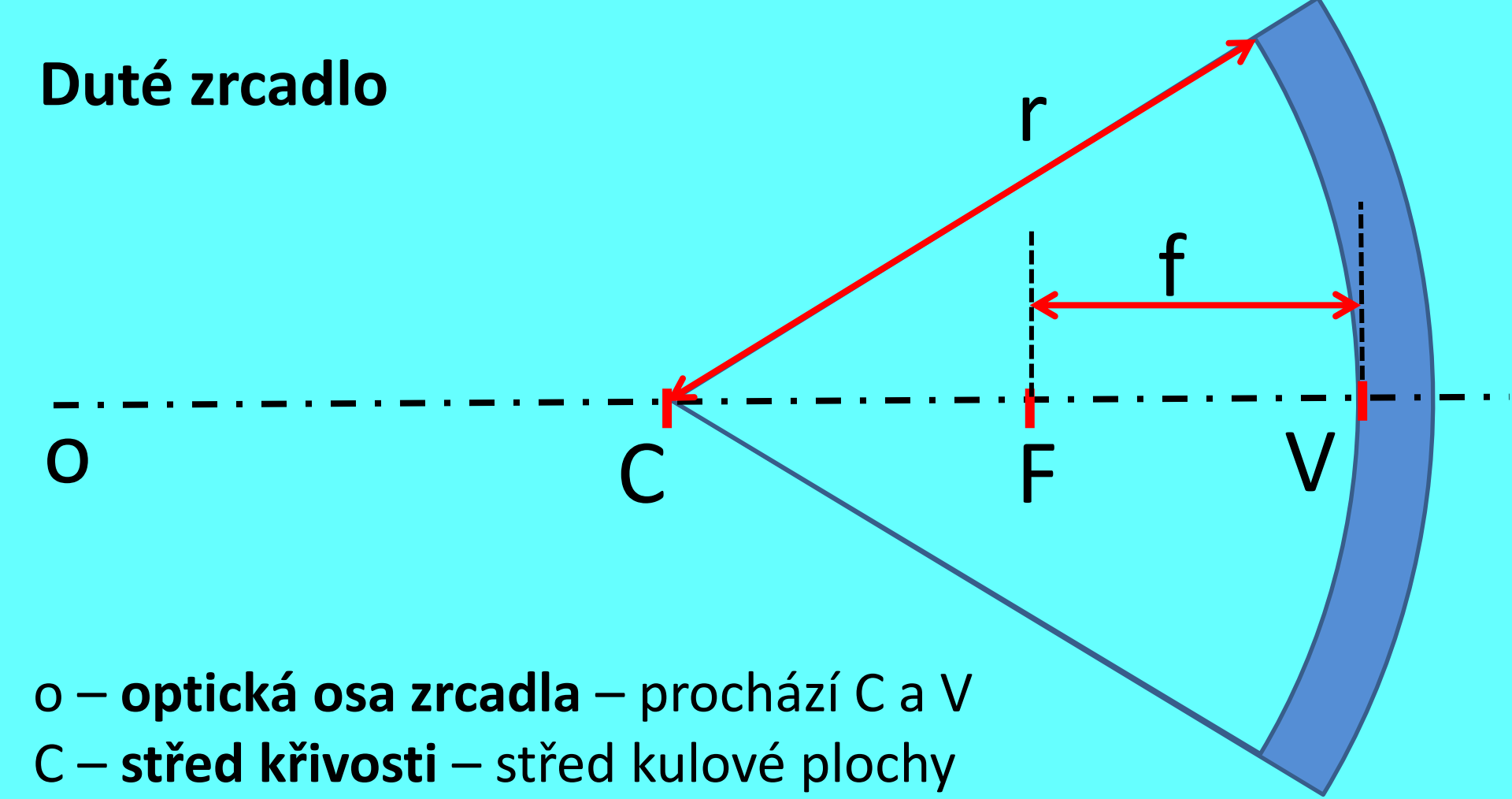
3. 3. ZOBRAZENÍ KULOVÝM ZRCADLEM

Kulové (sférické) zrcadlo je vytvořeno na povrchu části optické kulové plochy.

Zrcadlící plocha je na:

- vnitřní straně kulové plochy – **duté zrcadlo**
- vnější straně kulové plochy – **vypuklé zrcadlo**

Duté zrcadlo



o – **optická osa zrcadla** – prochází C a V

C – **střed křivosti** – střed kulové plochy

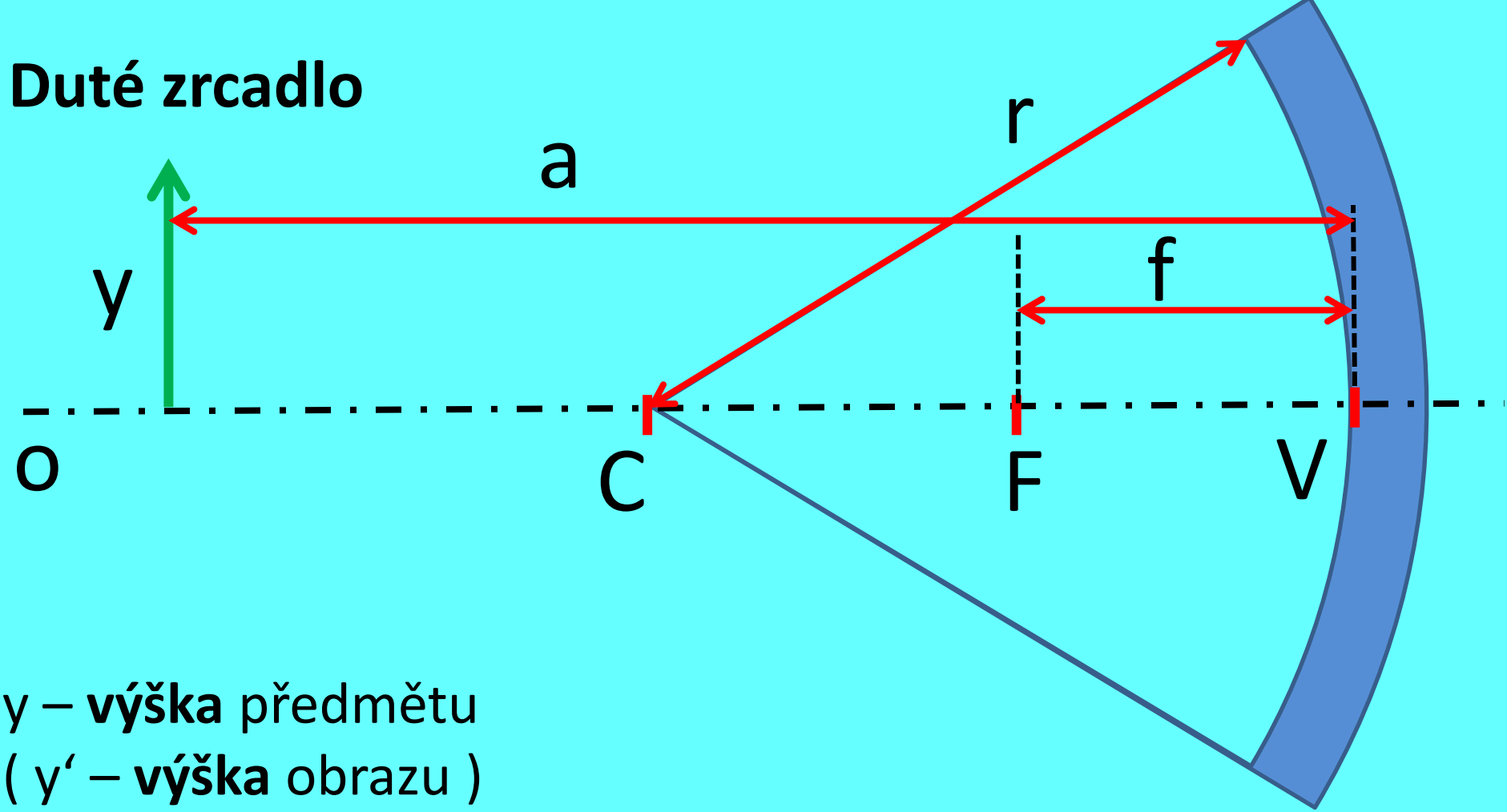
V – **vrchol zrcadla**

r – **poloměr křivosti** $r = |CV|$

F – **ohnisko** $|CF| = |VF|$

f – **ohnisková vzdálenost** $f = |FV| = r/2$

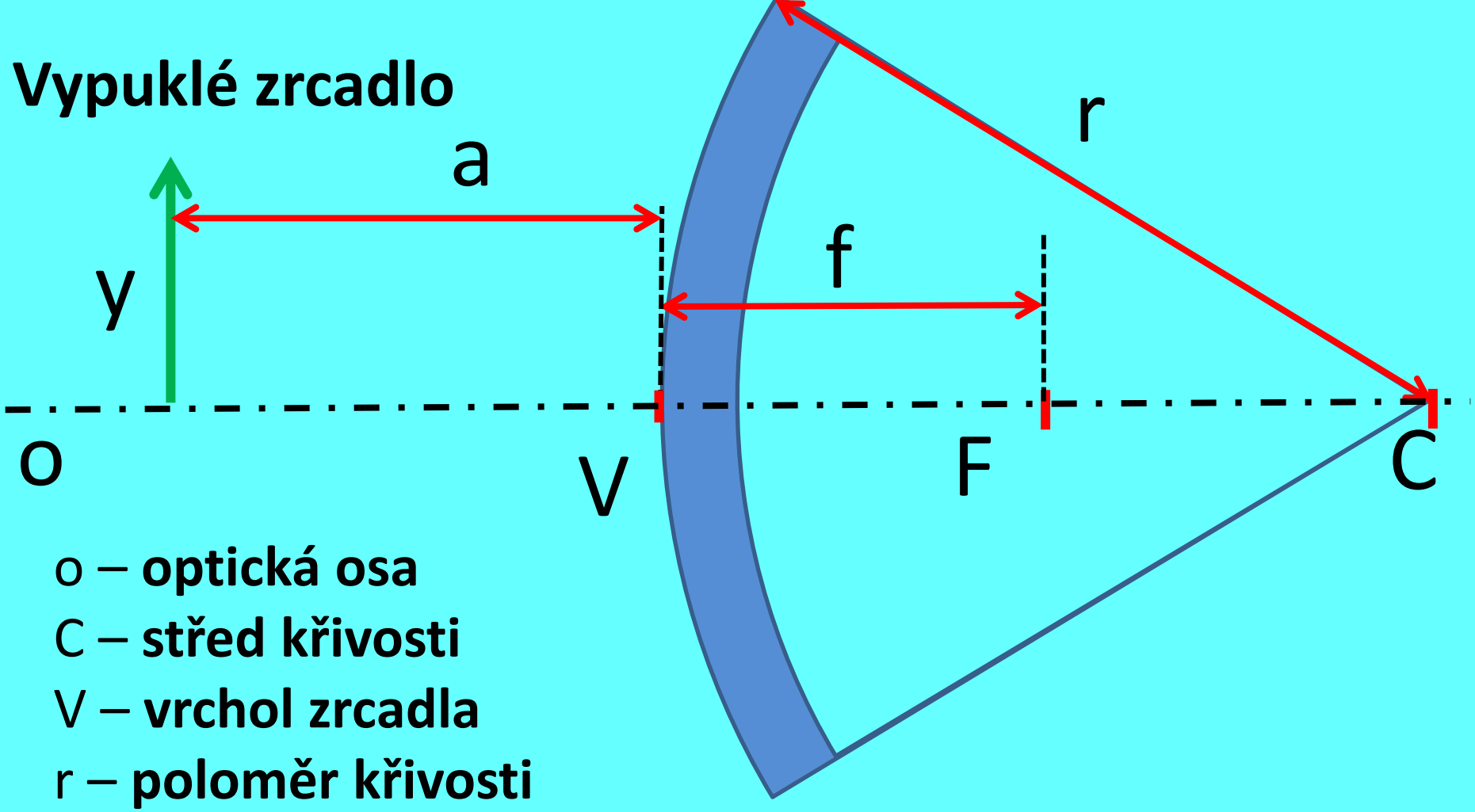
Duté zrcadlo



y – **výška** předmětu
(y‘ – **výška** obrazu)

a – **předmětová vzdálenost** a = |AV| (je vždy kladná)
(a‘ – **obrazová vzdálenost** a´= |A´V|)

Vypuklé zrcadlo



- o – **optická osa**
- C – **střed křivosti**
- V – **vrchol zrcadla**
- r – **poloměr křivosti**
- F – **ohnisko**
- f – **ohnisková vzdálenost**
- a – **předmětová vzdálenost**
- y – **výška** předmětu

paraxiální paprsky

paprsky v blízkosti osy, („skoro“ rovnoběžné s osou) kterými se bod zobrazí jako bod, přímka jako přímka (nevznikají žádné vady), tzv. **ideální zobrazení**

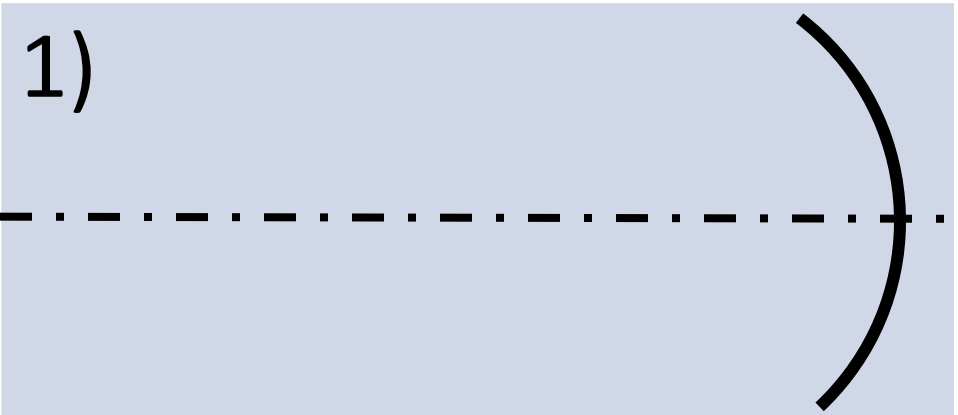
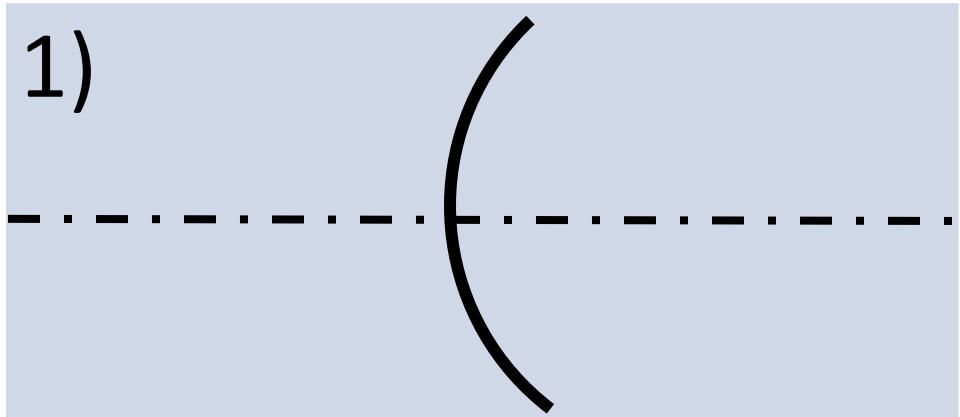
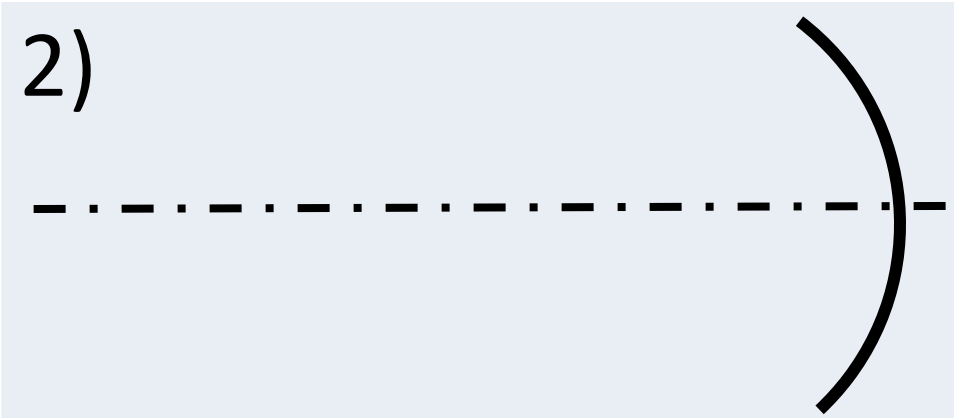
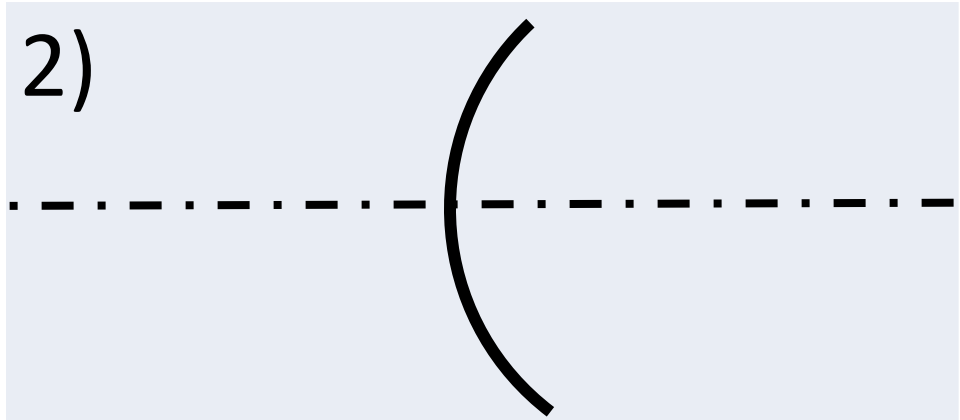
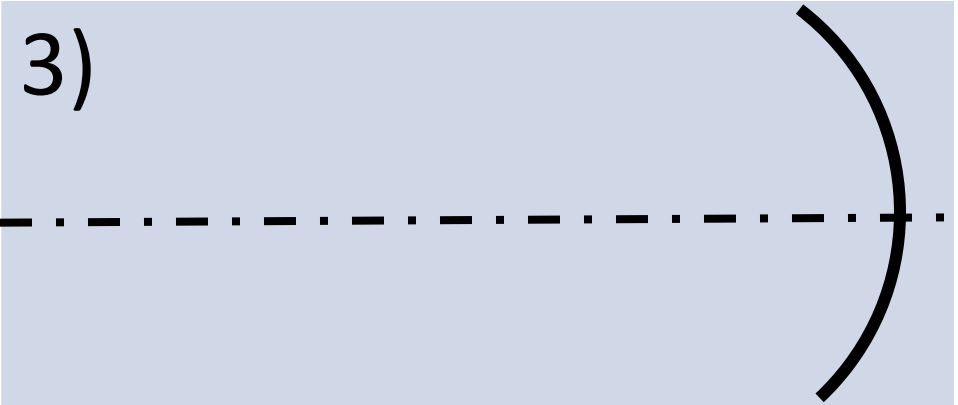
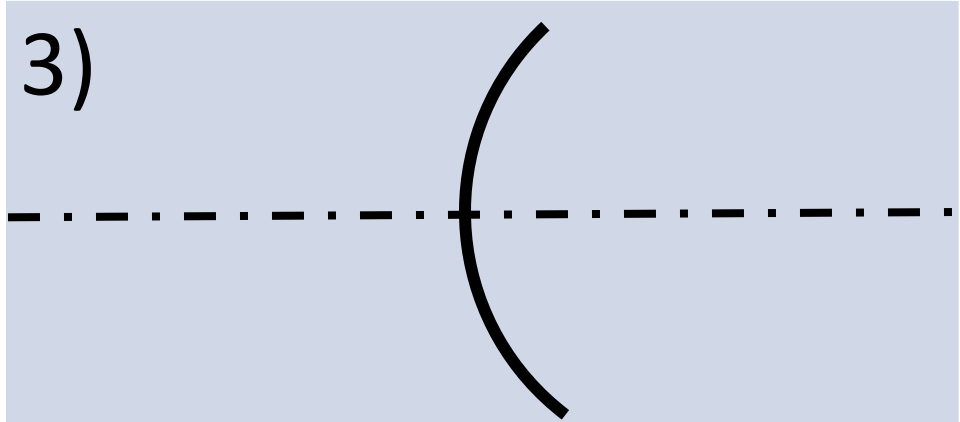
paraxiální prostor

prostor, ve kterém leží paraxiální paprsky (označuje se jako nitkový nebo Gaussův)

Ke geometrické konstrukci používáme tři význačné paprsky.

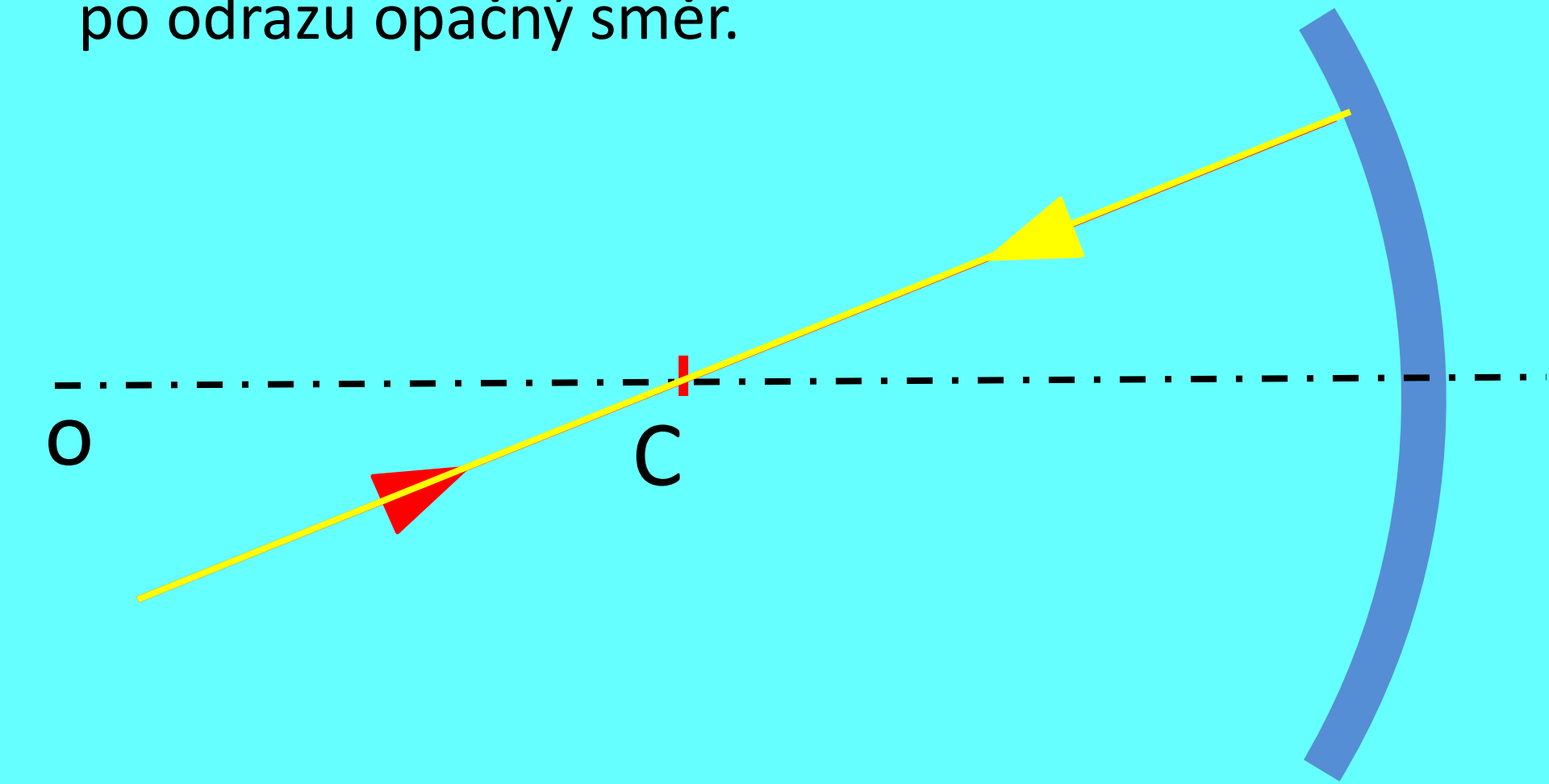
(Postačí dva, třetí ke kontrole.)

Bod ležící na optické ose se zobrazí zpět na optickou osu.

Duté zrcadlo	Vypuklé zrcadlo
1) 	1) 
2) 	2) 
3) 	3) 

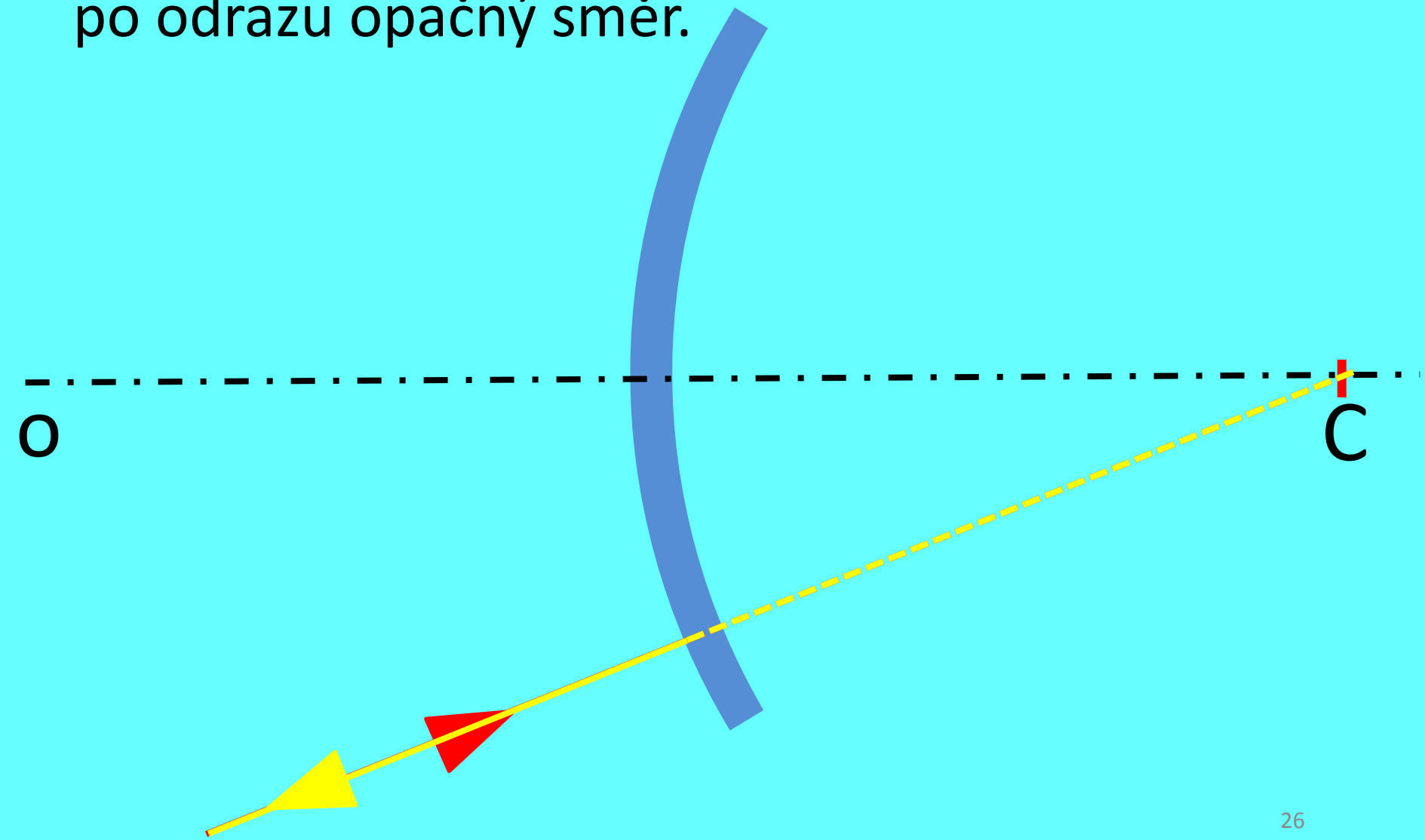
Duté zrcadlo

1) Paprsek procházející středem křivosti C má po odrazu opačný směr.



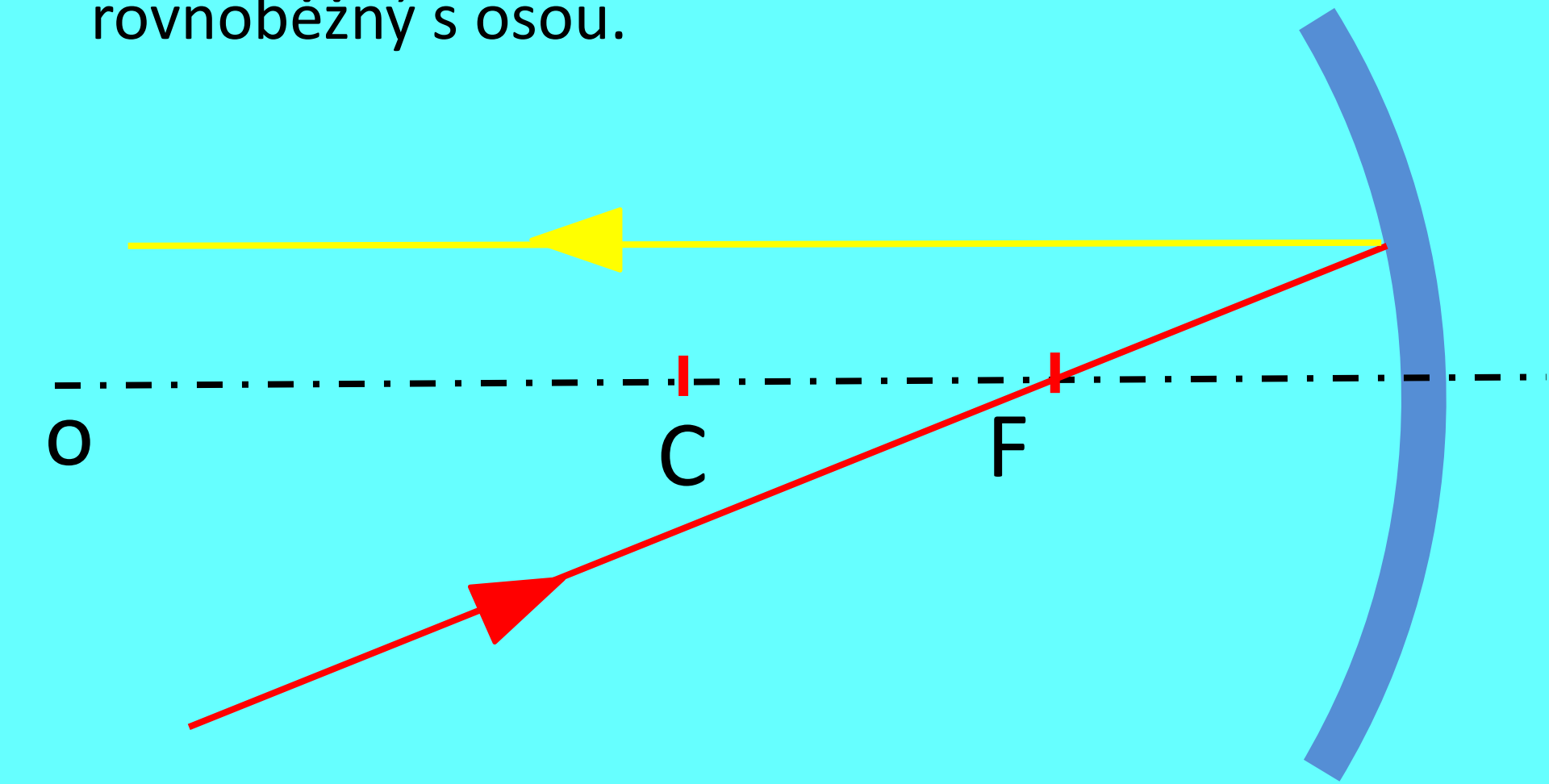
Vypuklé zrcadlo

1) Paprsek směřující do středu křivosti C má po odrazu opačný směr.



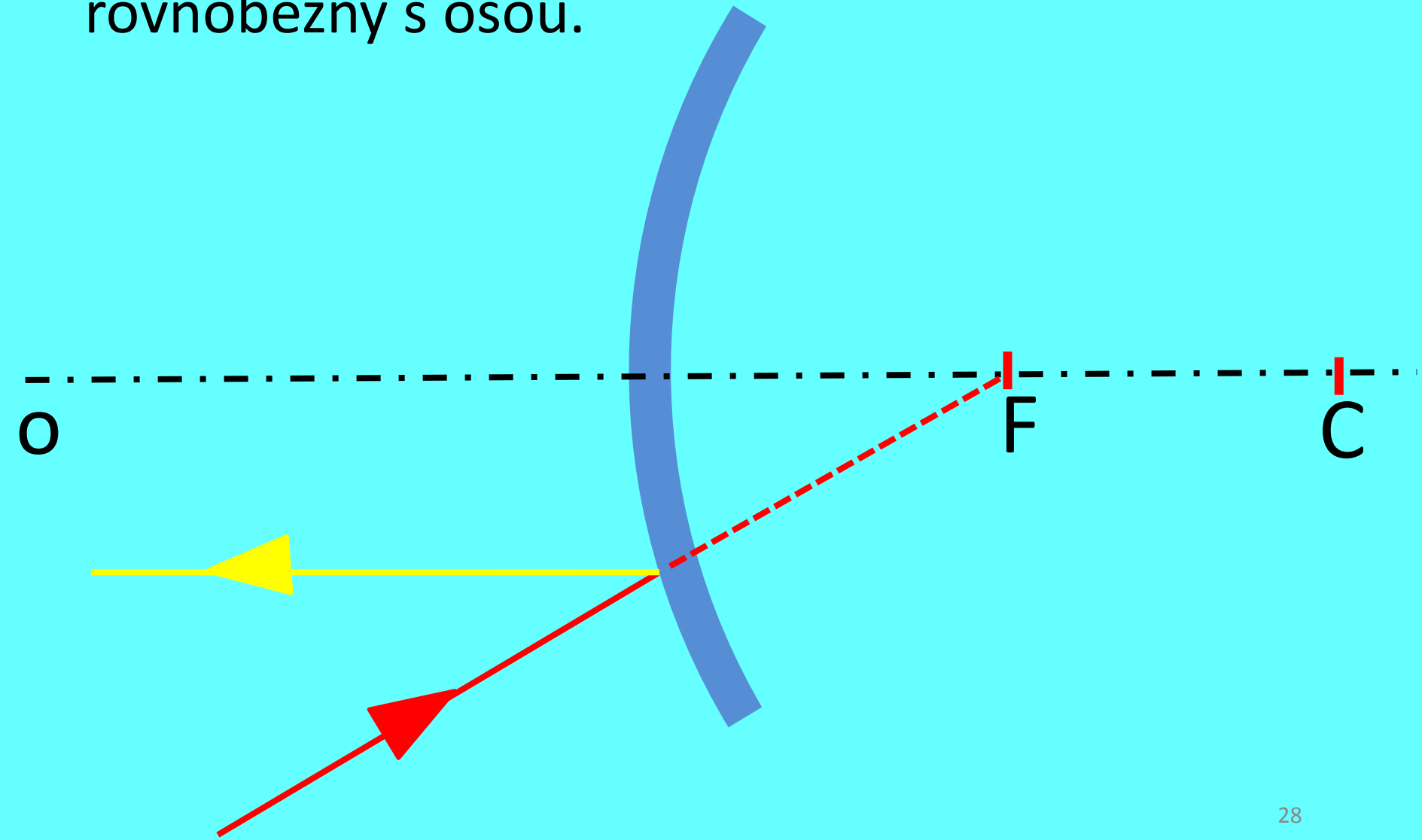
Duté zrcadlo

2) Paprsek procházející ohniskem F je po odrazu rovnoběžný s osou.



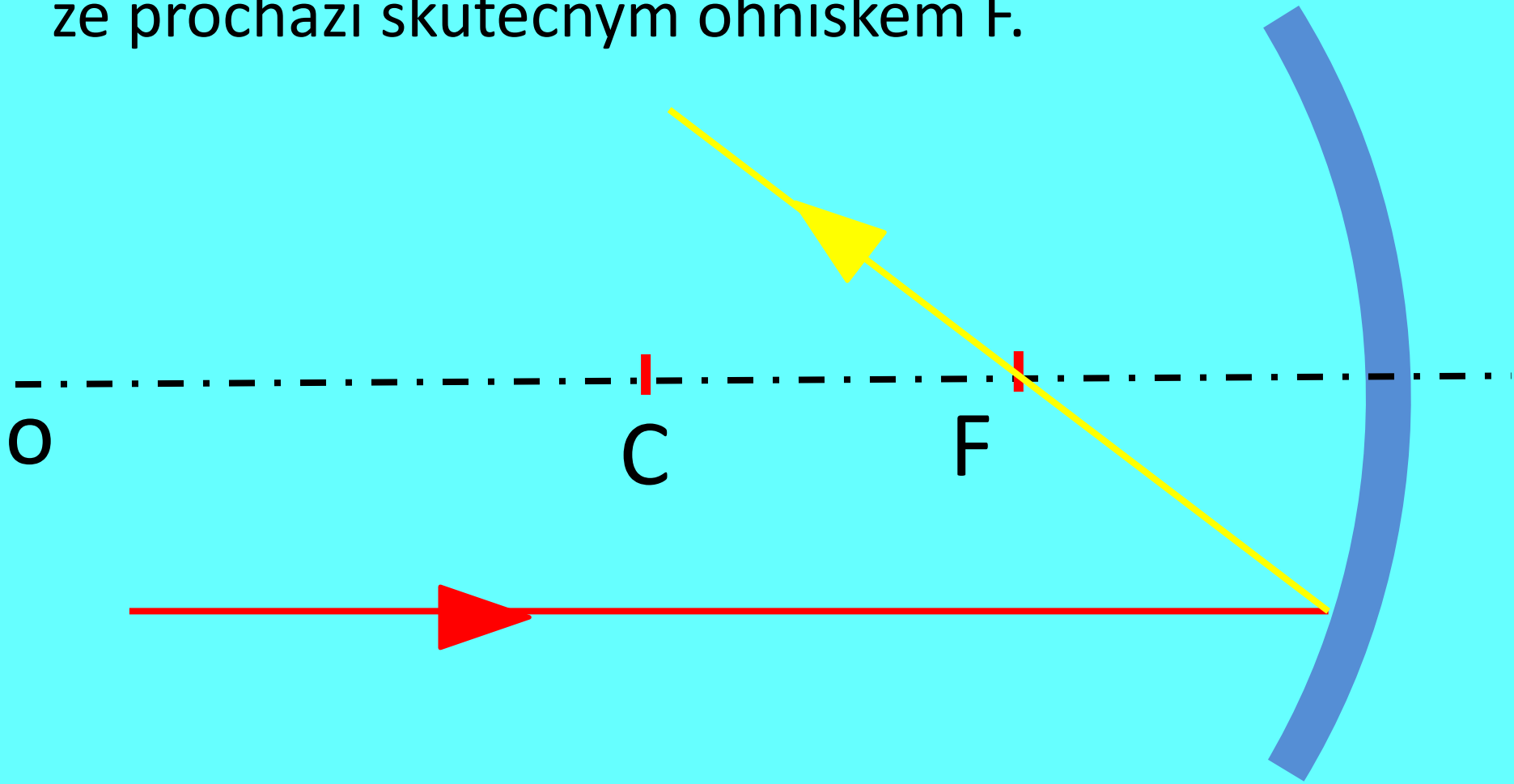
Vypuklé zrcadlo

2) Paprsek mířící do ohniska F je po odrazu rovnoběžný s osou.



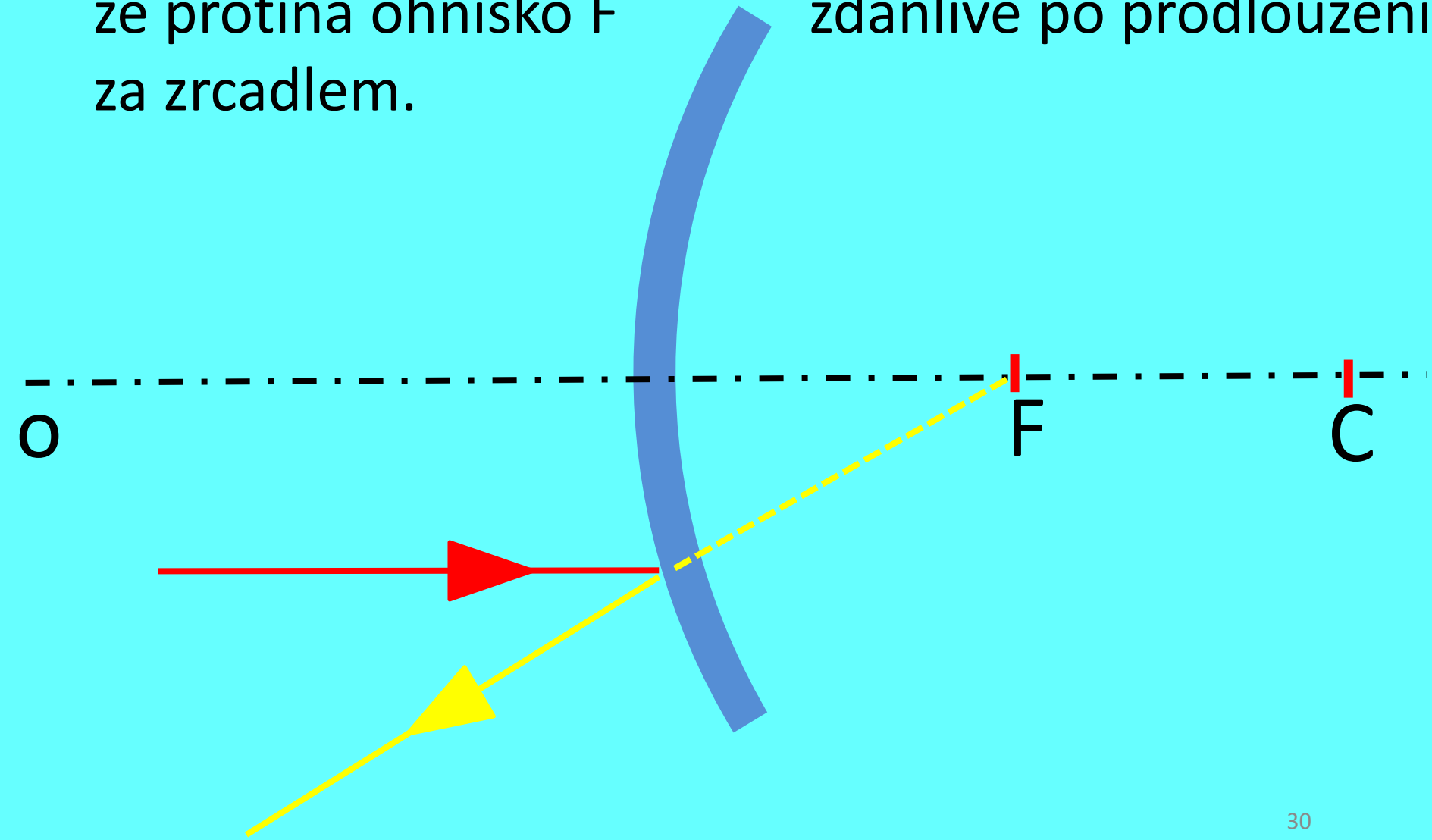
Duté zrcadlo

3) Paprsek rovnoběžný s optickou osou se odráží tak, že prochází skutečným ohniskem F.



Vypuklé zrcadlo

3) Paprsek rovnoběžný s optickou osou se odráží tak, že protíná ohnisko F zdánlivě po prodloužení za zrcadlem.



3. 3. VLASTNOSTI OBRAZU

Znaménková konvence

y, f, a, a‘ – pokud jsou před zrcadlem, jsou vždy kladné.

Z – **příčné zvětšení** – měřítko optického zobrazení

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

zvětšený obraz – obraz je větší než předmět

$y' > y \qquad |Z| > 1$

zmenšený obraz – obraz je menší než předmět

$y' < y \qquad |Z| < 1$

stejně velký

$y' = y \qquad |Z| = 1$

VLASTNOSTI OBRAZU

přímý $Z > 0$

obraz je na stejné straně optické osy jako předmět

převrácený $Z < 0$

obraz je na opačné straně optické osy než předmět

---

skutečný $a' > 0$

obraz leží v průsečíku odražených paprsků před zrcadlem

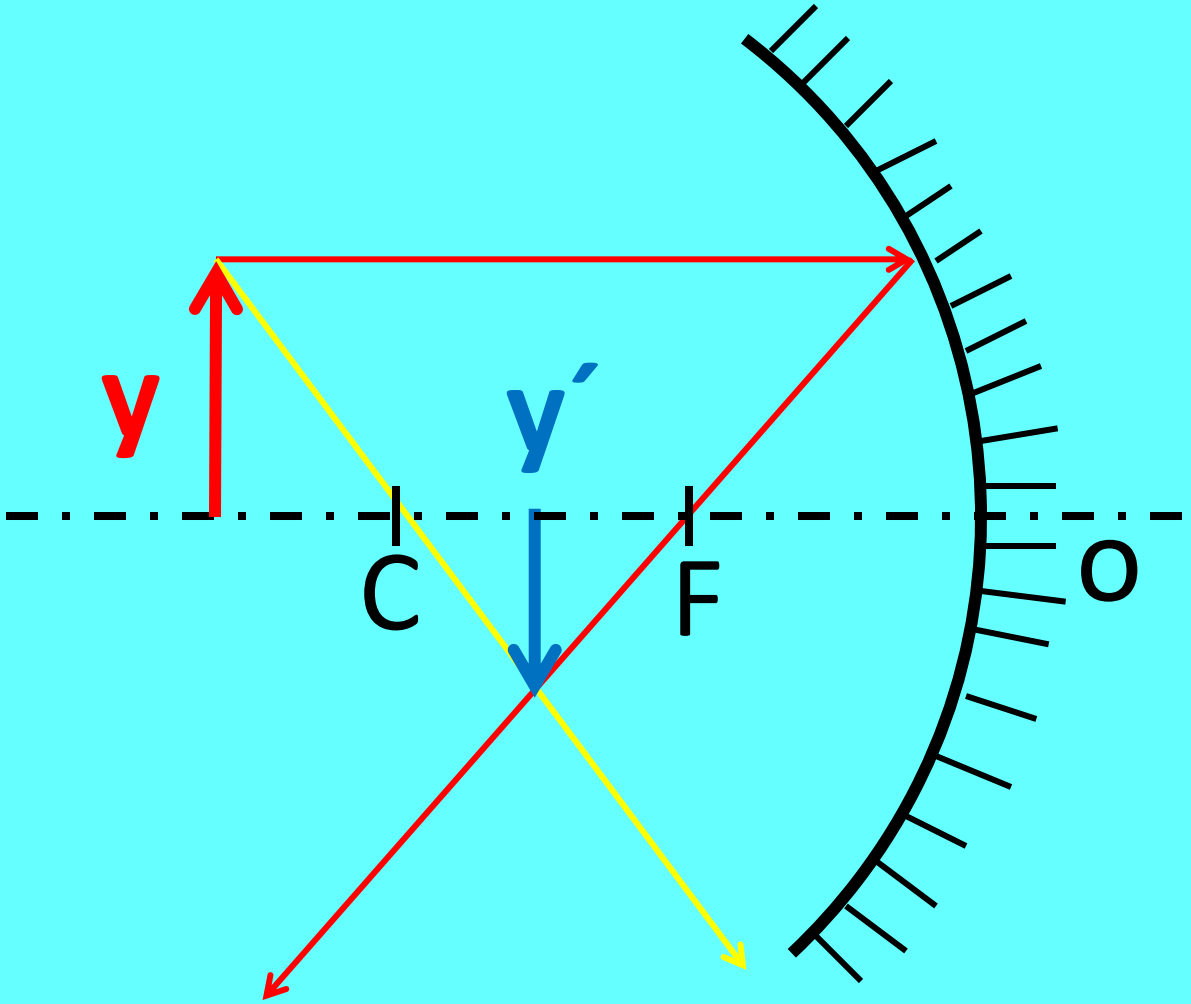
zdánlivý $a' < 0$

obraz dostaneme jako průsečík při zpětném prodloužení odražených paprsků za zrcadlo

ZOBRAZENÍ DUTÝM ZRCADLEM

$$a > r$$

$$r > a' > f$$



Obraz:

skutečný a´ > 0

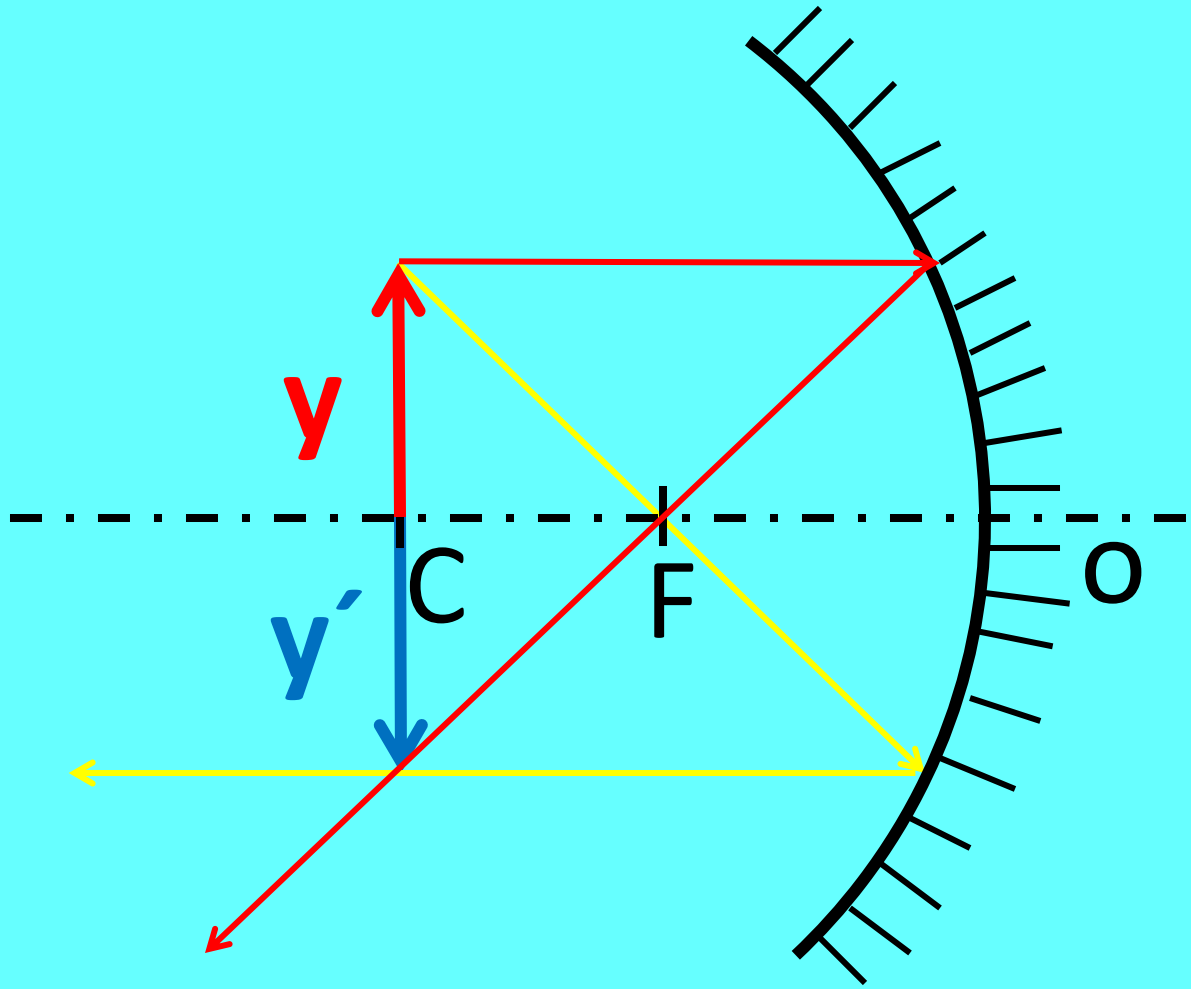
převrácený Z < 0

zmenšený y´ < y

ZOBRAZENÍ DUTÝM ZRCADLEM

$$a = r$$

$$a' = r$$



Obraz:

skutečný a´ > 0

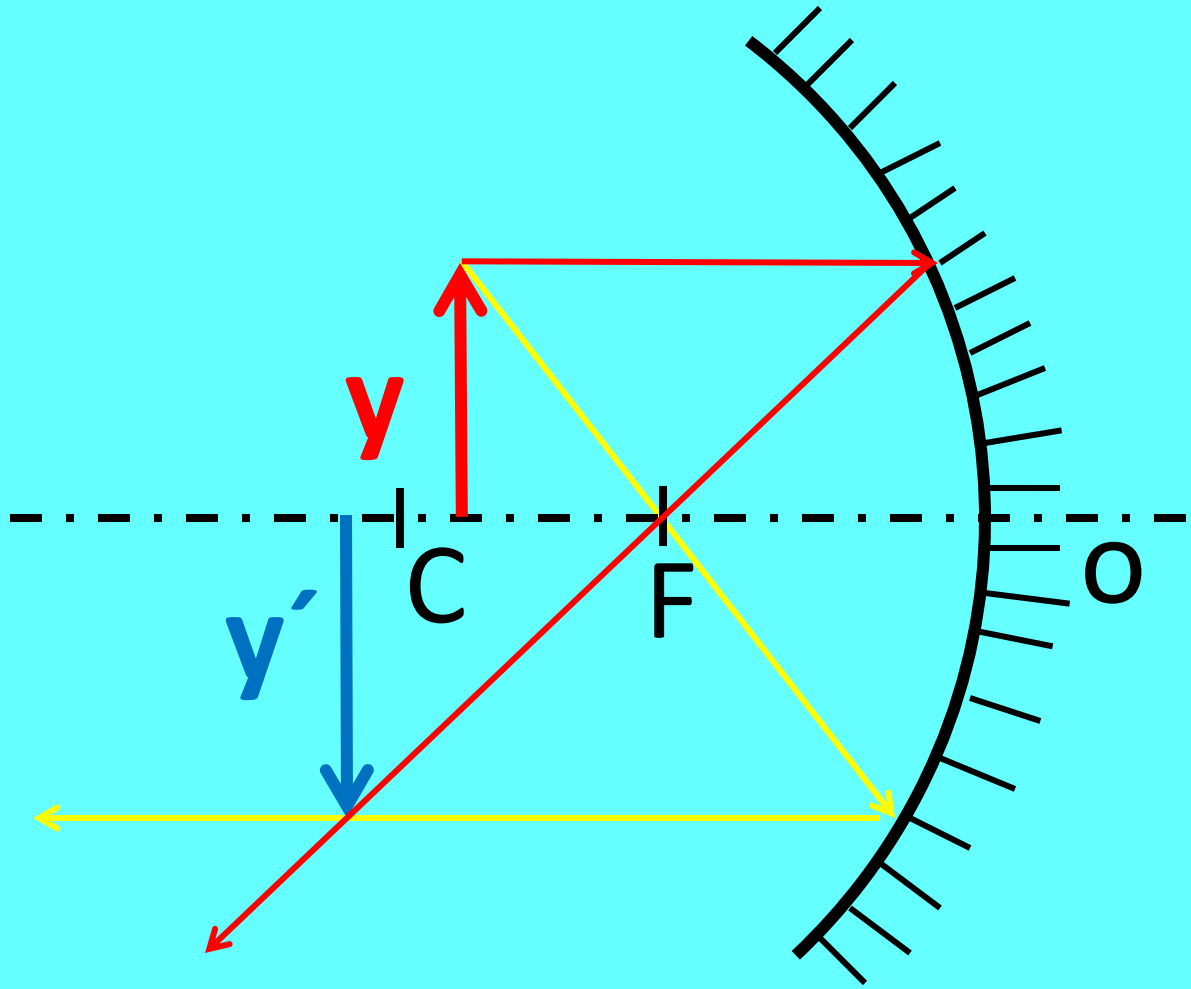
převrácený Z < 0

stejně velký y´ = y

ZOBRAZENÍ DUTÝM ZRCADLEM

$$r > a > f$$

$$a' > r$$



Obraz:

skutečný a´ > 0

převrácený Z < 0

zvětšený y´ > y

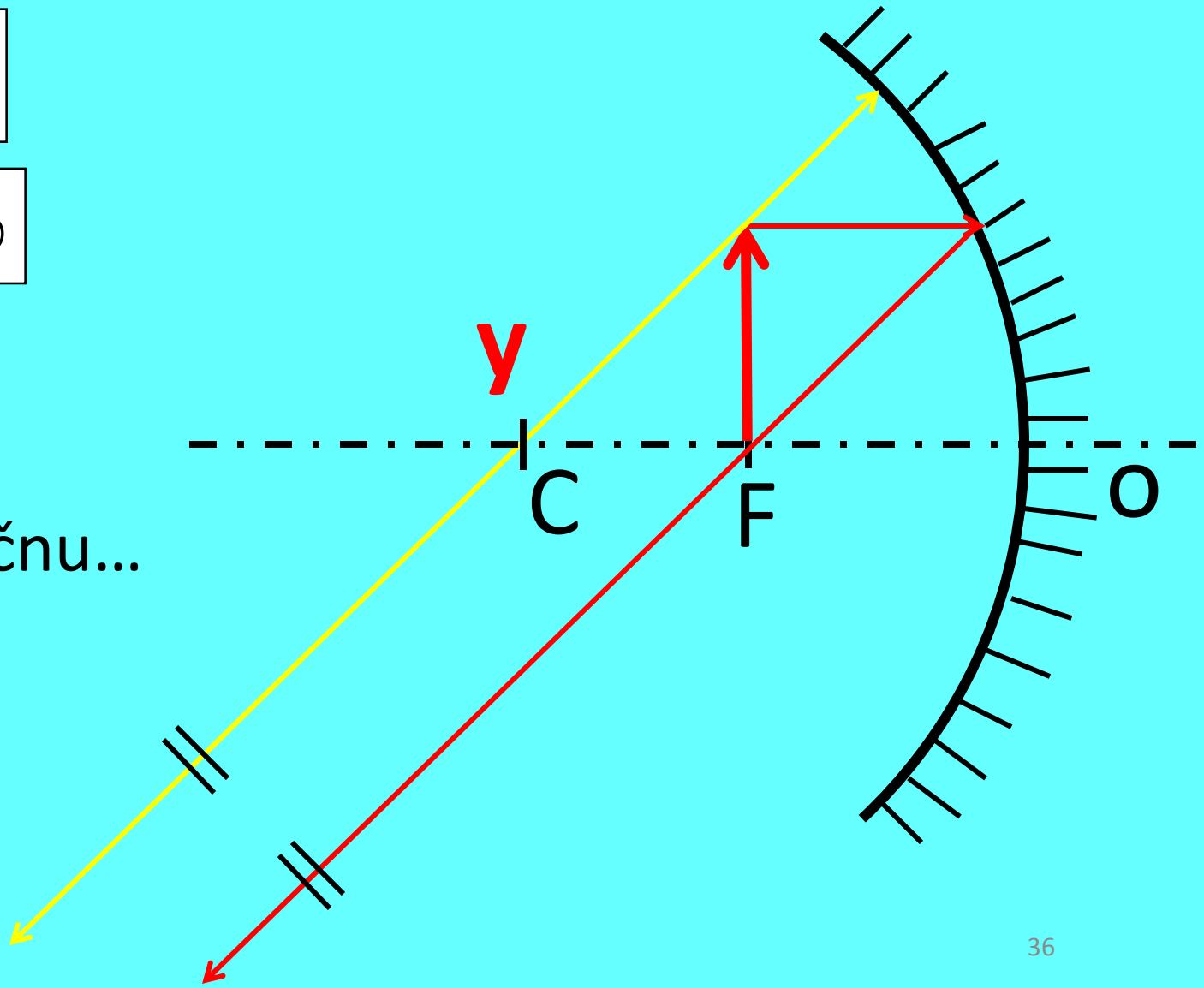
ZOBRAZENÍ DUTÝM ZRCADLEM

$$a = f$$

$$a' \rightarrow \infty$$

Obraz:

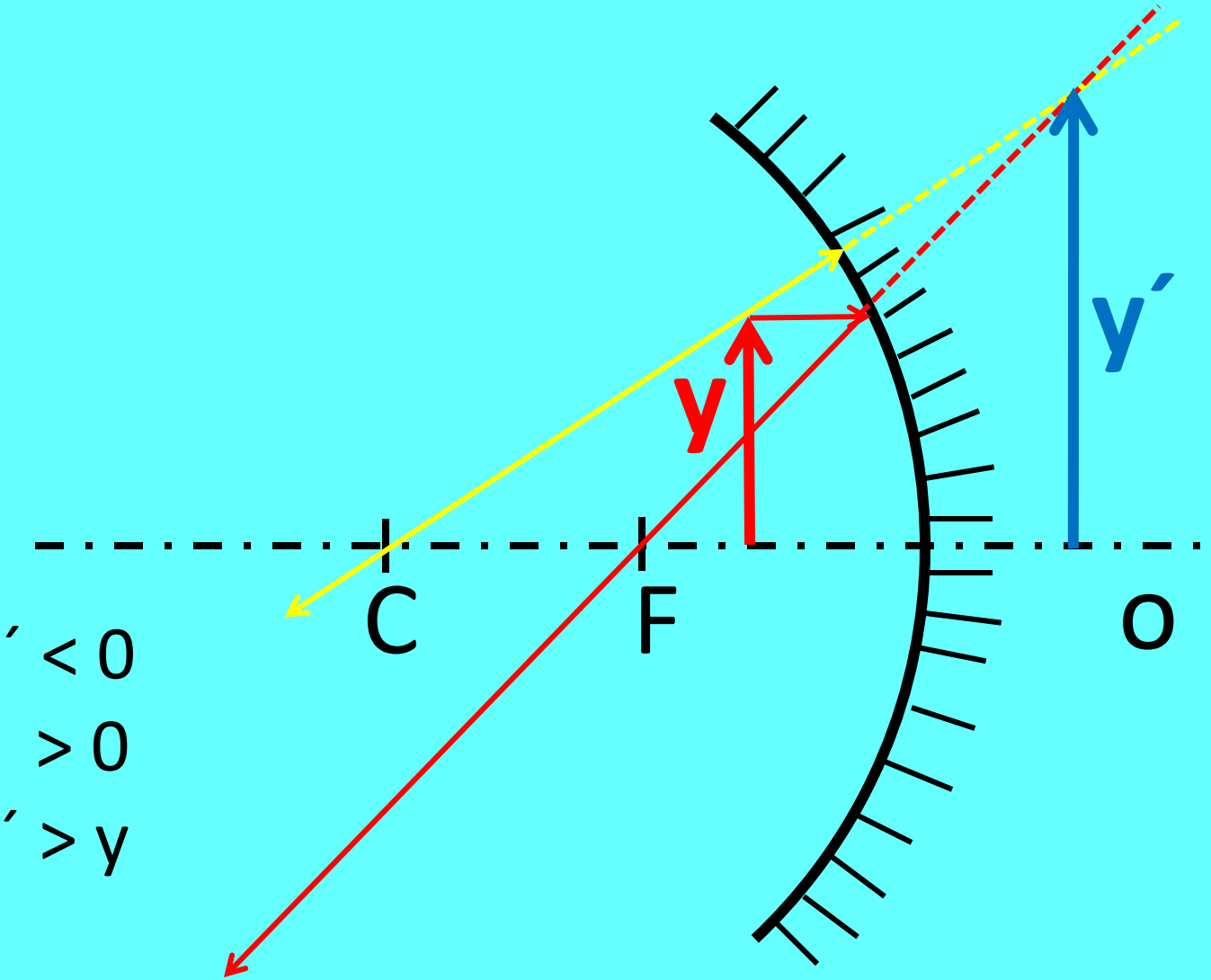
leží v nekonečnu…



ZOBRAZENÍ DUTÝM ZRCADLEM

$$a < f$$

$$a' < 0$$



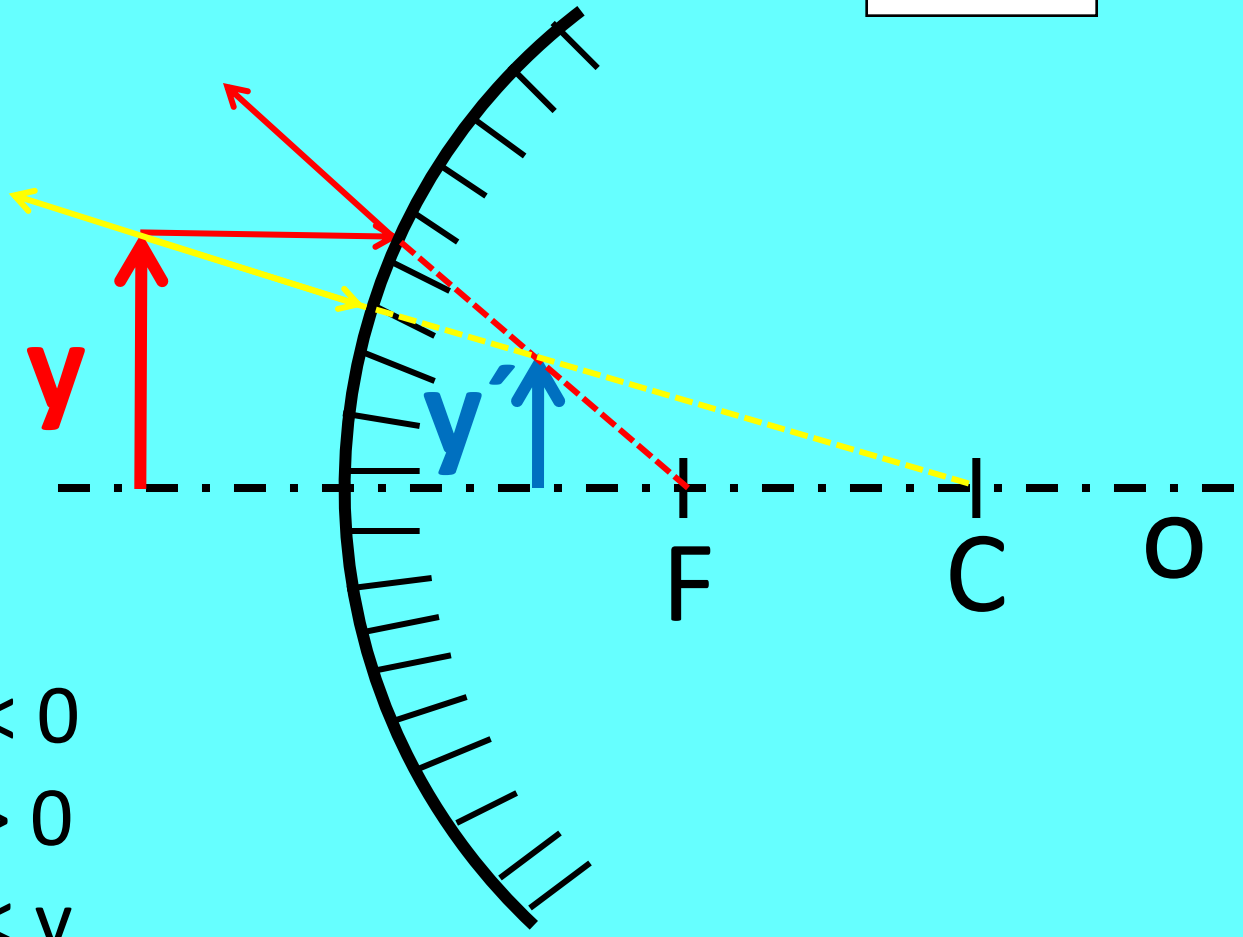
Obraz:

zdánlivý	a´ < 0
přímý	Z > 0
zvětšený	y´ > y

ZOBRAZENÍ VYPUKLÝM ZRCADLEM

$$\infty > a > 0$$

$$a' < 0$$



Obraz:

zdánlivý a´ < 0

přímý Z > 0

zmenšený y´ < y

Duté zrcadlo f > 0

Vzdálenost předmětu	Vzdálenost obrazu	Velikost obrazu	Obraz je	
a > r	r > a‘ > f	|Z|<1	skutečný a´> 0	převrácený Z < 0
a = r	a‘ = r	|Z|=1		
r > a > f	a‘ > r	|Z|>1		
a = f		|Z|→∞	v nekonečnu	
a < f	0 >a‘	|Z|>1	zdánlivý a´< 0	přímý Z > 0

Vypuklé zrcadlo f < 0

∞ > a > 0	a‘ < 0	|Z|<1	zdánlivý a´< 0	přímý Z > 0

VYUŽITÍ ZRCADEL

DUTÝCH

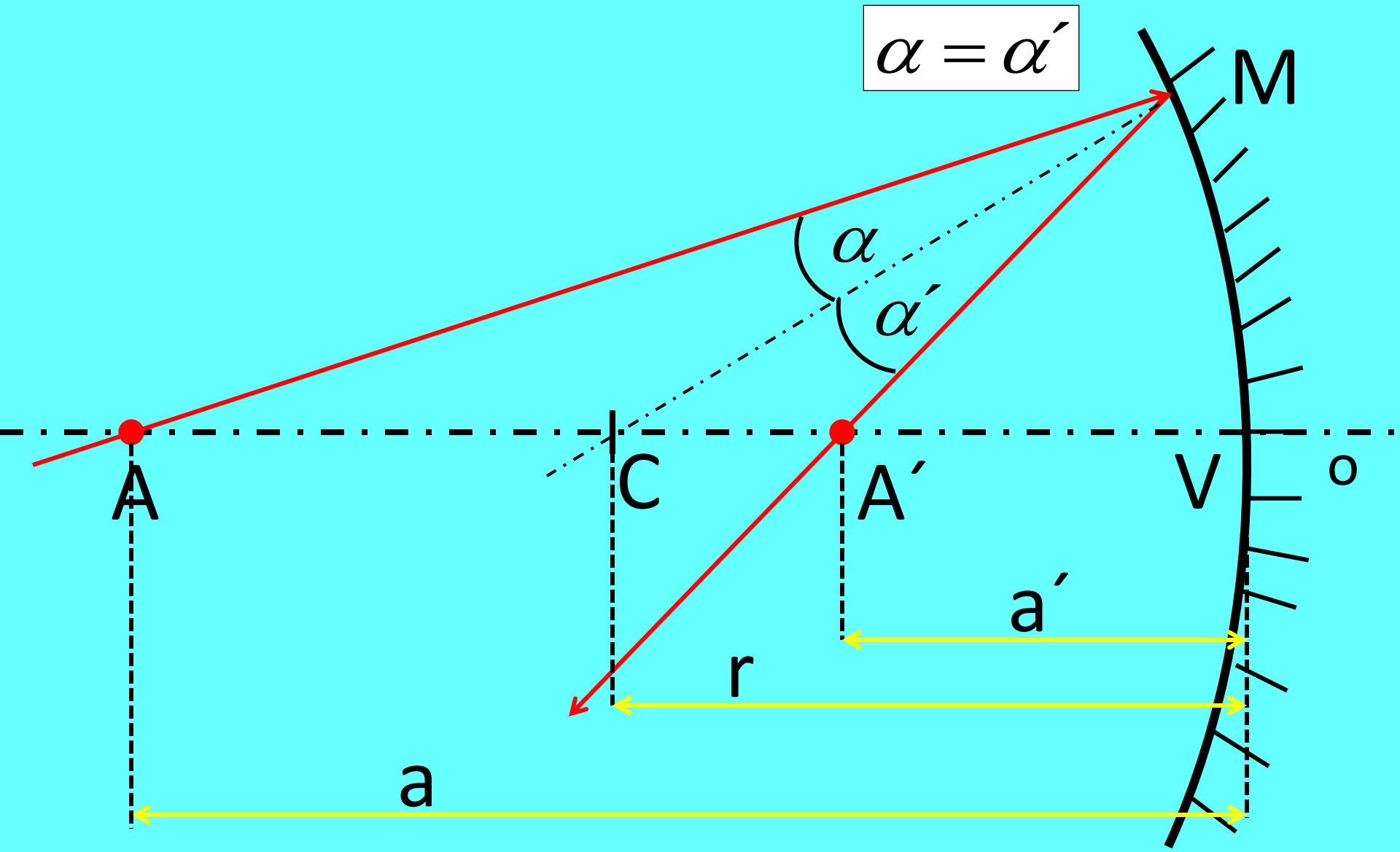
- dalekohledy
- filmové projektory
- osvětlovací technika

    Př.: parabolické zrcadlo ve světlometu auta.

VYPUKLÝCH

- zrcadla na nepřehledných křižovatkách a v zatáčkách
- zpětná zrcátka

3. 4. ODVOZENÍ ZOBRAZOVACÍ ROVNICE

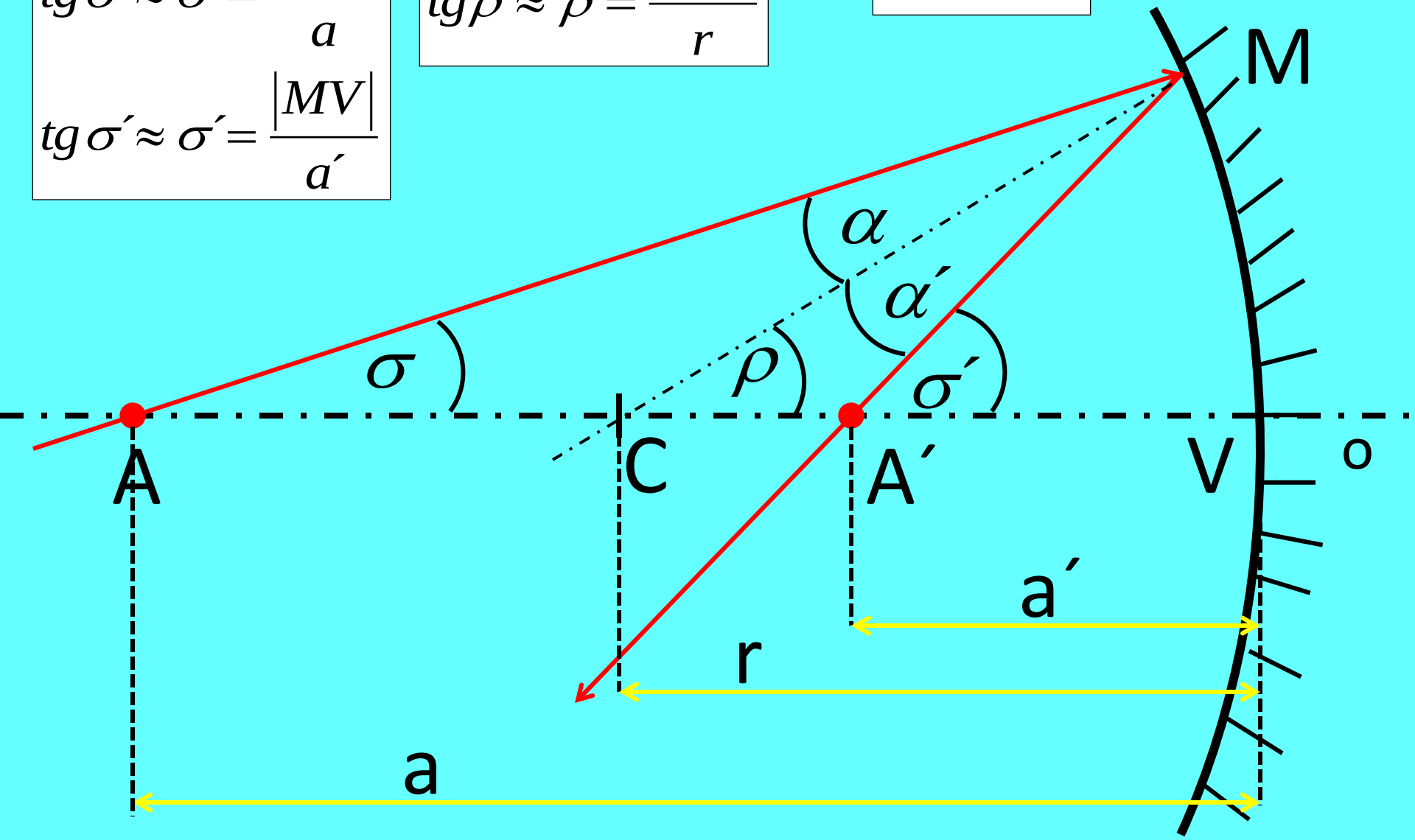


$$tg\,\sigma \approx \sigma = \frac{|MV|}{a}$$

$$tg\,\sigma' \approx \sigma' = \frac{|MV|}{a'}$$

$$tg\,\rho \approx \rho = \frac{|MV|}{r}$$

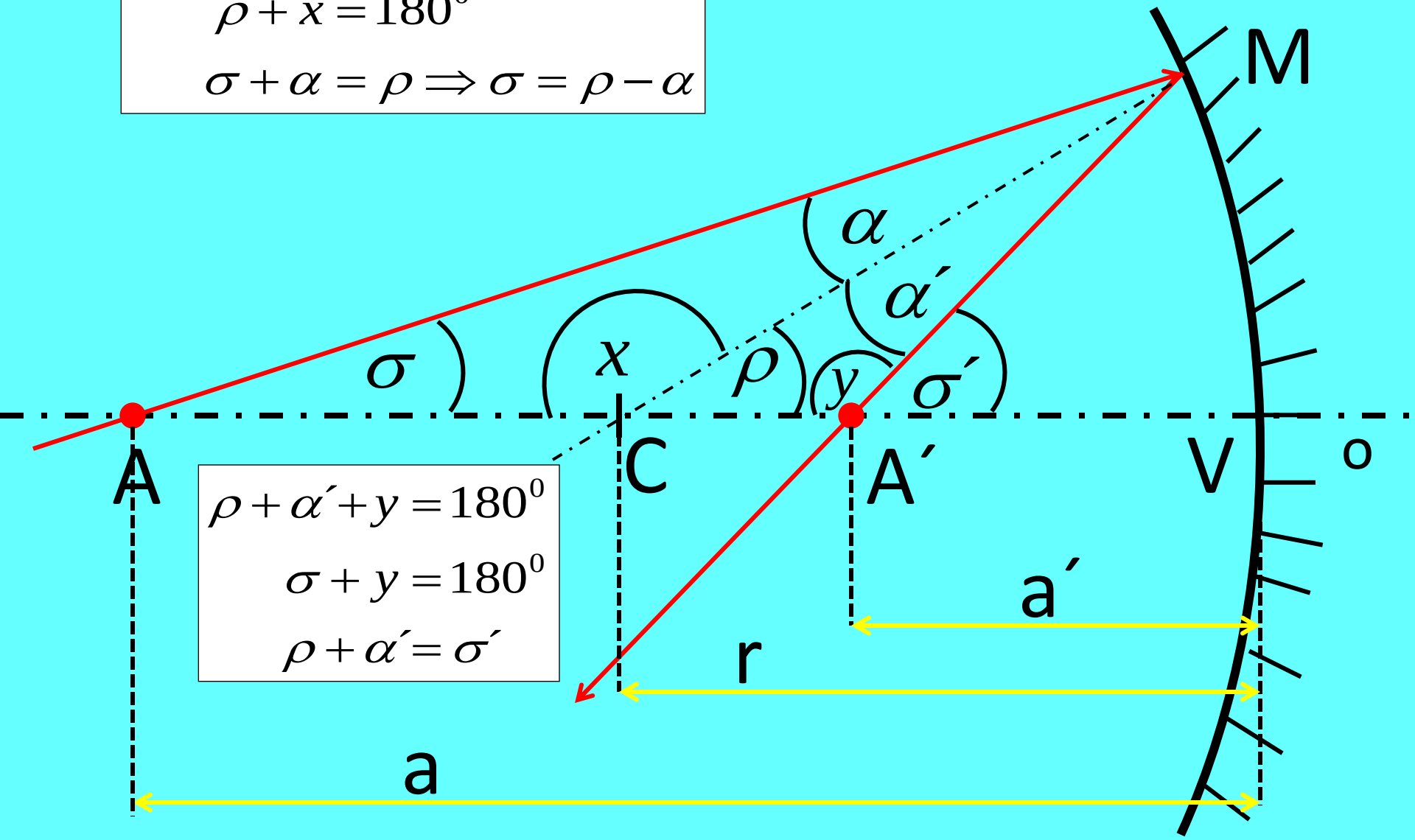
$$\alpha = \alpha'$$



$$\sigma + \alpha + x = 180^0$$

$$\rho + x = 180^0$$

$$\sigma + \alpha = \rho \Rightarrow \sigma = \rho - \alpha$$



$$\rho + \alpha' + y = 180^0$$

$$\sigma + y = 180^0$$

$$\rho + \alpha' = \sigma'$$

$$tg\sigma \approx \sigma = \frac{|MV|}{a}$$

$$tg\sigma' \approx \sigma' = \frac{|MV|}{a'}$$

$$tg\rho \approx \rho = \frac{|MV|}{r}$$

$$\sigma + \alpha + x = 180^0$$

$$\rho + x = 180^0$$

$$\sigma + \alpha = \rho \Rightarrow \sigma = \rho - \alpha$$

$$\rho + \alpha' + y = 180^0$$

$$\sigma + y = 180^0$$

$$\rho + \alpha' = \sigma'$$

$$\sigma = \rho - \alpha$$

$$\sigma' = \rho + \alpha'$$

$$\sigma + \sigma' = 2\rho$$

$$\frac{|MV|}{a} + \frac{|MV|}{a'} = 2\frac{|MV|}{r}$$

$$\alpha = \alpha'$$

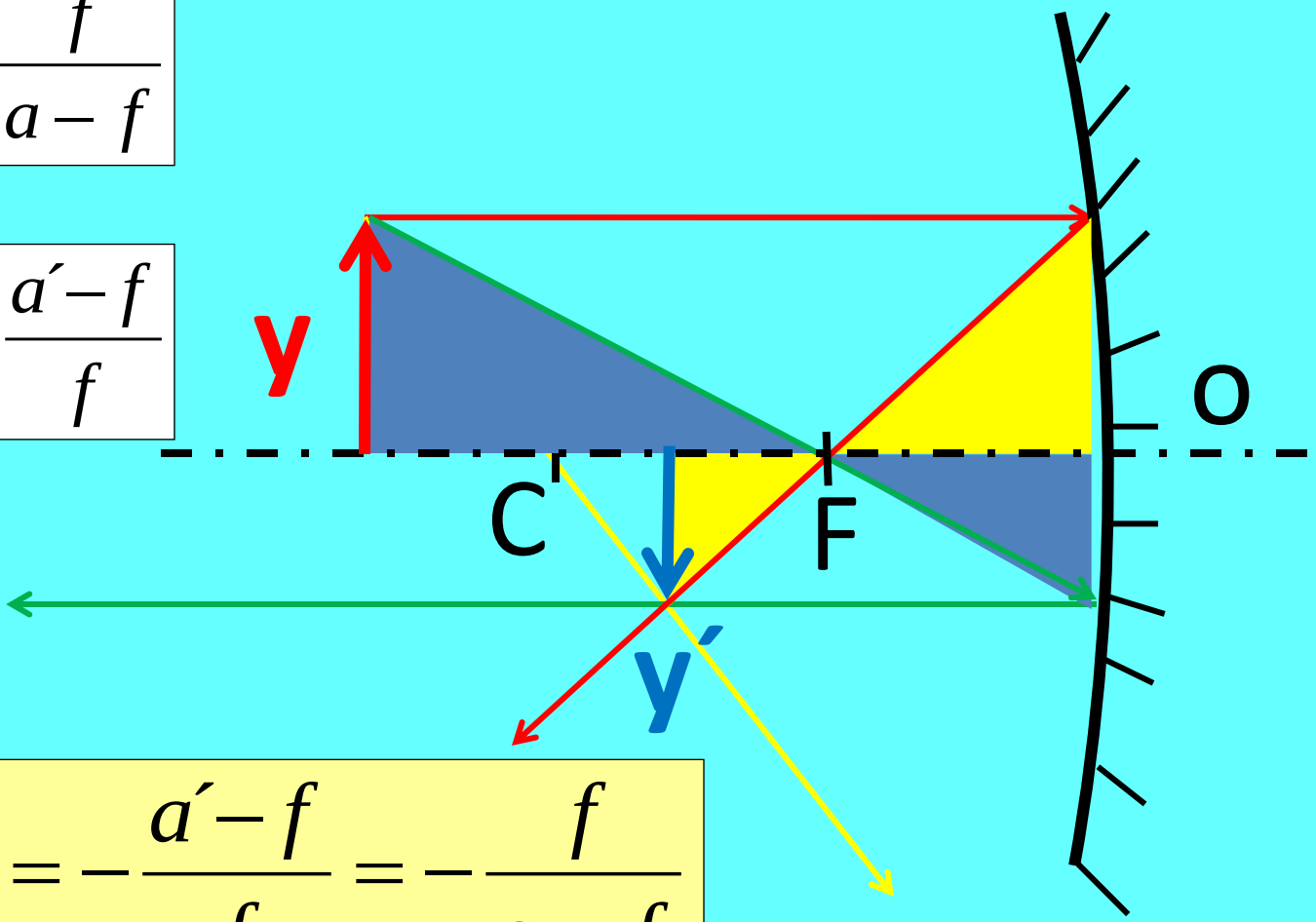
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

PŘÍČNÉ ZVĚTŠENÍ

Z podobnosti Δ

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

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



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

3. 5. ČOČKY

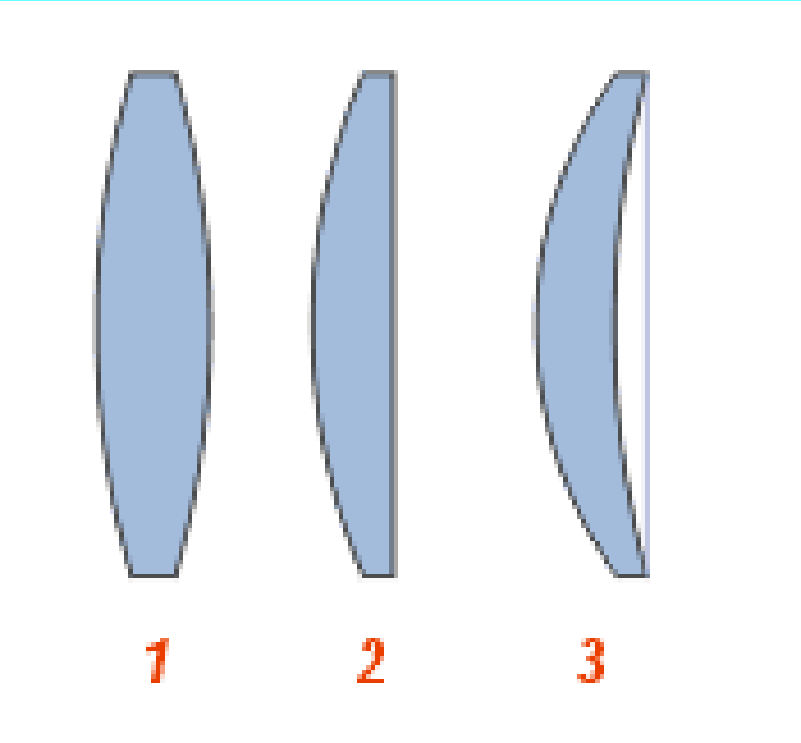
U zrcadel nastává pouze odraz světla.

Při zobrazování pomocí čoček
se uplatňuje lom světelných paprsků.

Čočky
jsou obvykle vyrobeny ze skla nebo z materiálu,
který má větší index lomu než okolní prostředí.

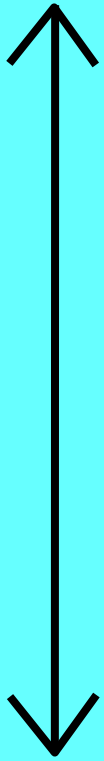
ROZDĚLENÍ ČOČEK

Spojné čočky (spojky)
mění rovnoběžný svazek paprsků po průchodu na svazek sbíhavý (jsou ve středu tlustější).



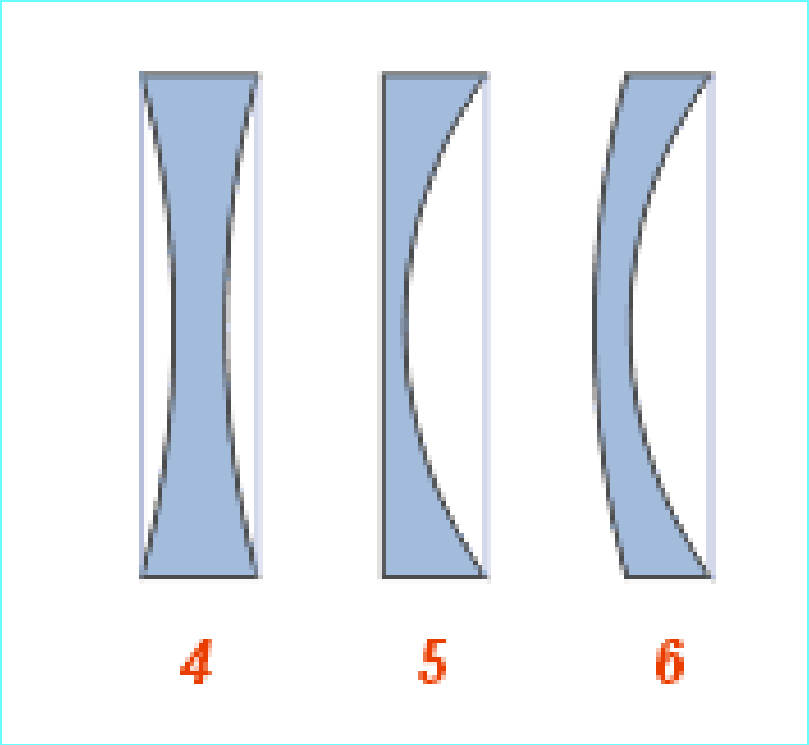
Obr.: 1

1. **dvojvypuklé**
2. **ploskovypuklé**
3. **dutovypuklé**



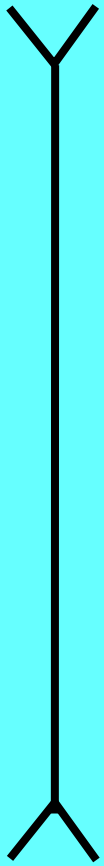
ROZDĚLENÍ ČOČEK

Rozptylné čočky (rozptylky)
mění rovnoběžný svazek paprsků po průchodu na svazek rozbíhavý (jsou ve středu tenčí).

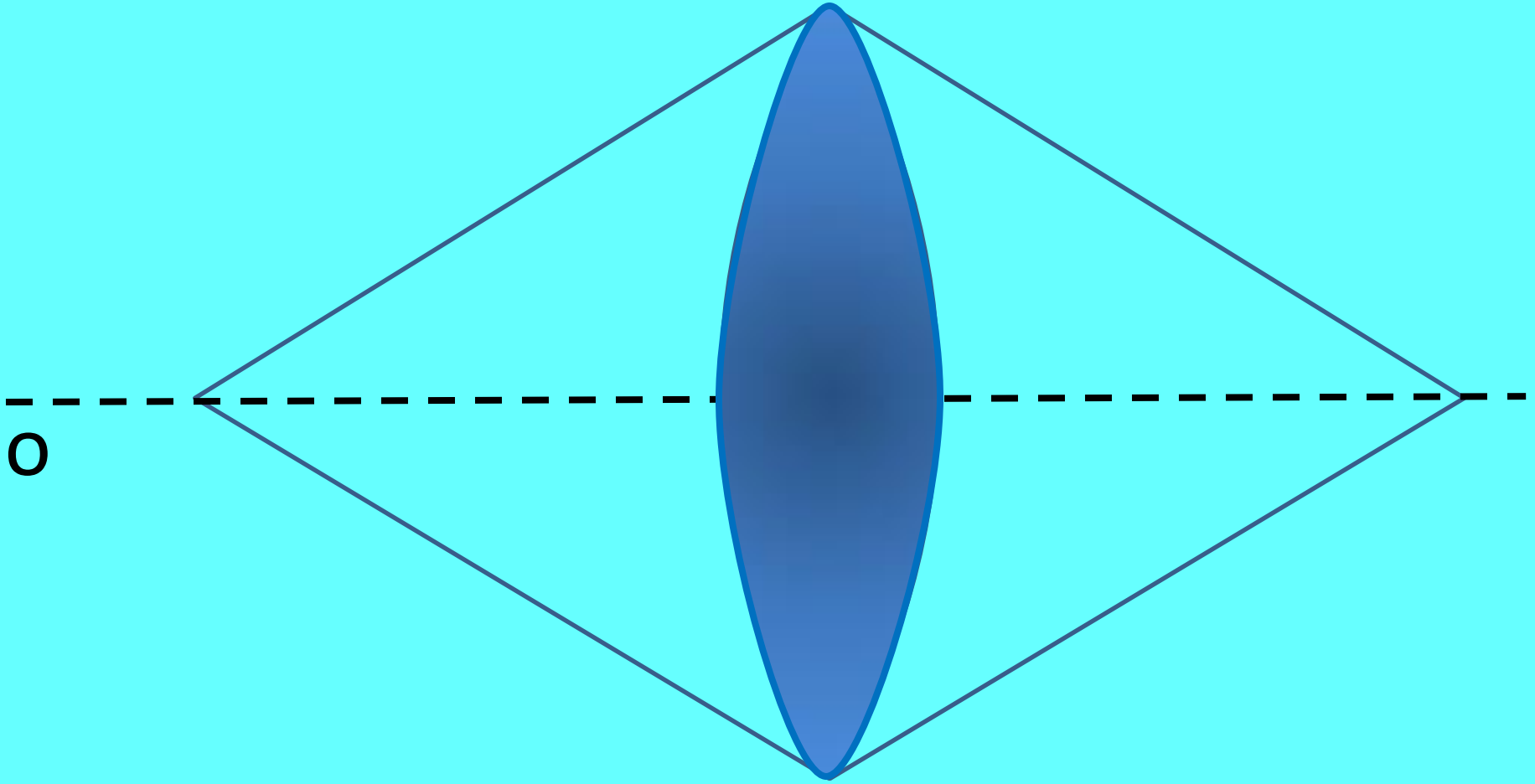


Obr.: 1

4. **dvojduté**
5. **ploskoduté**
6. **vypukloduté**



SPOJKA



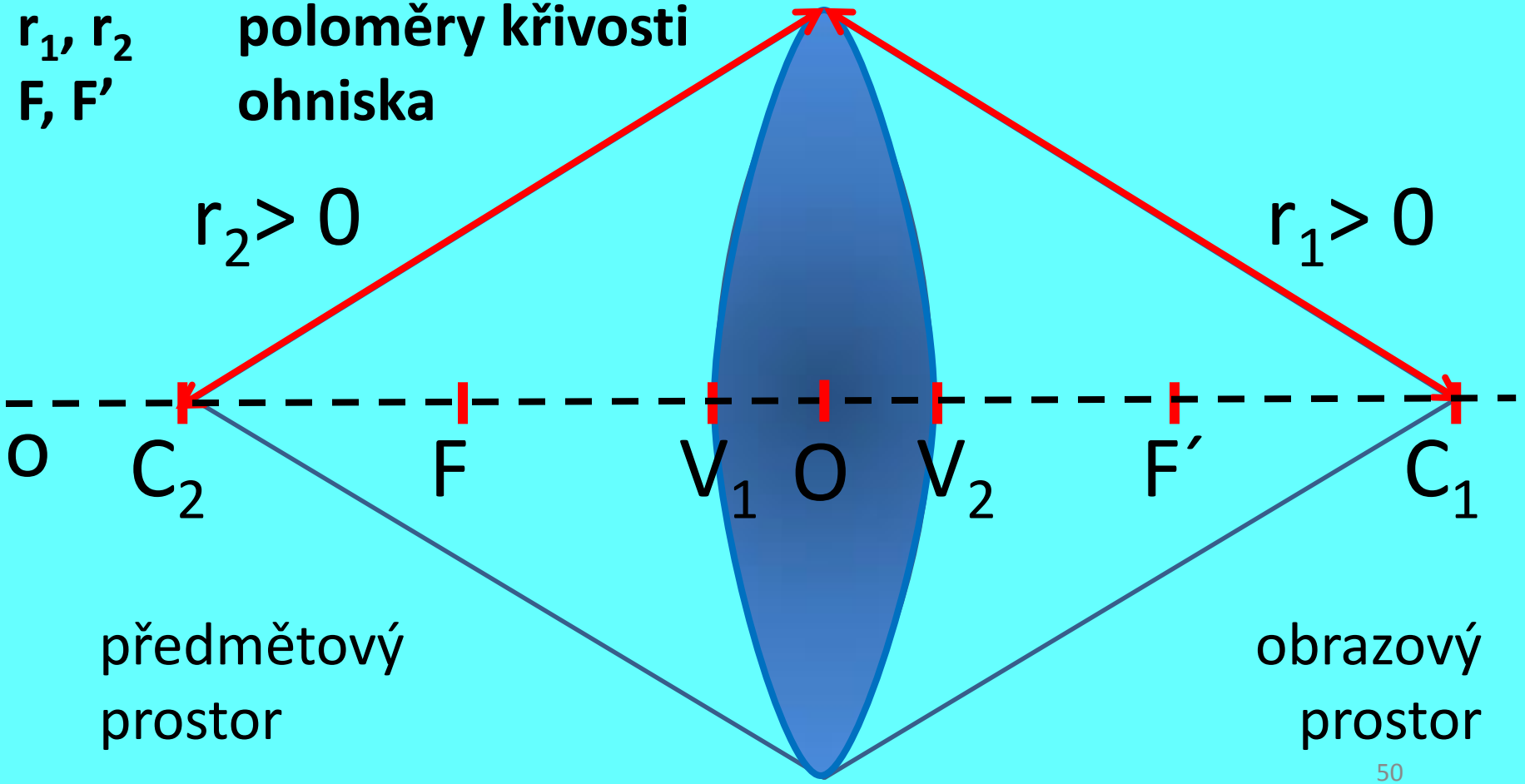
SPOJKA

C_1, C_2 **středy křivosti**

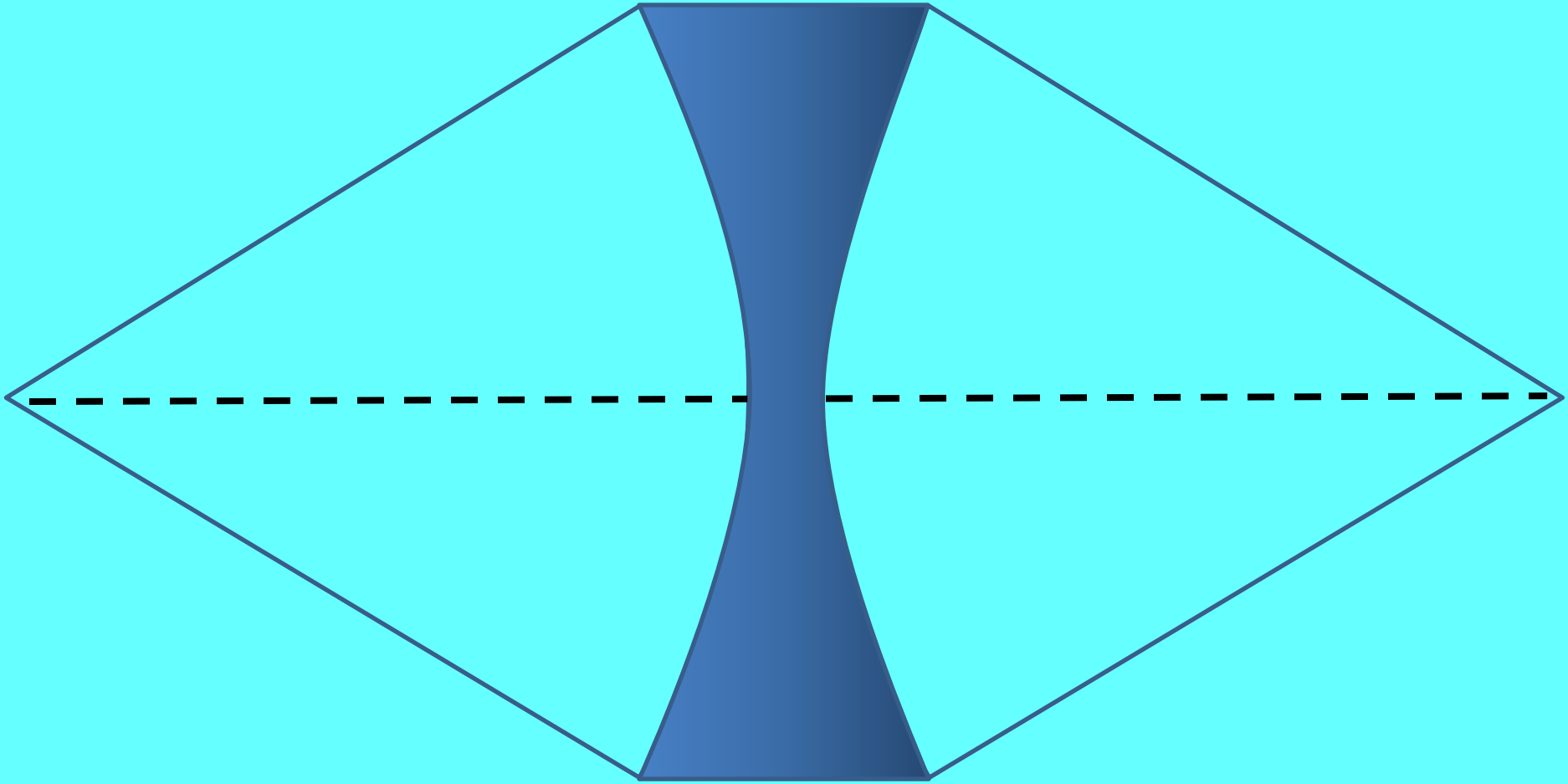
V_1, V_2 **vrcholy čočky** u tenké čočky splývají a tvoří **optický střed 0**

r_1, r_2 **poloměry křivosti**

F, F' **ohniska**



ROZPTYLKA



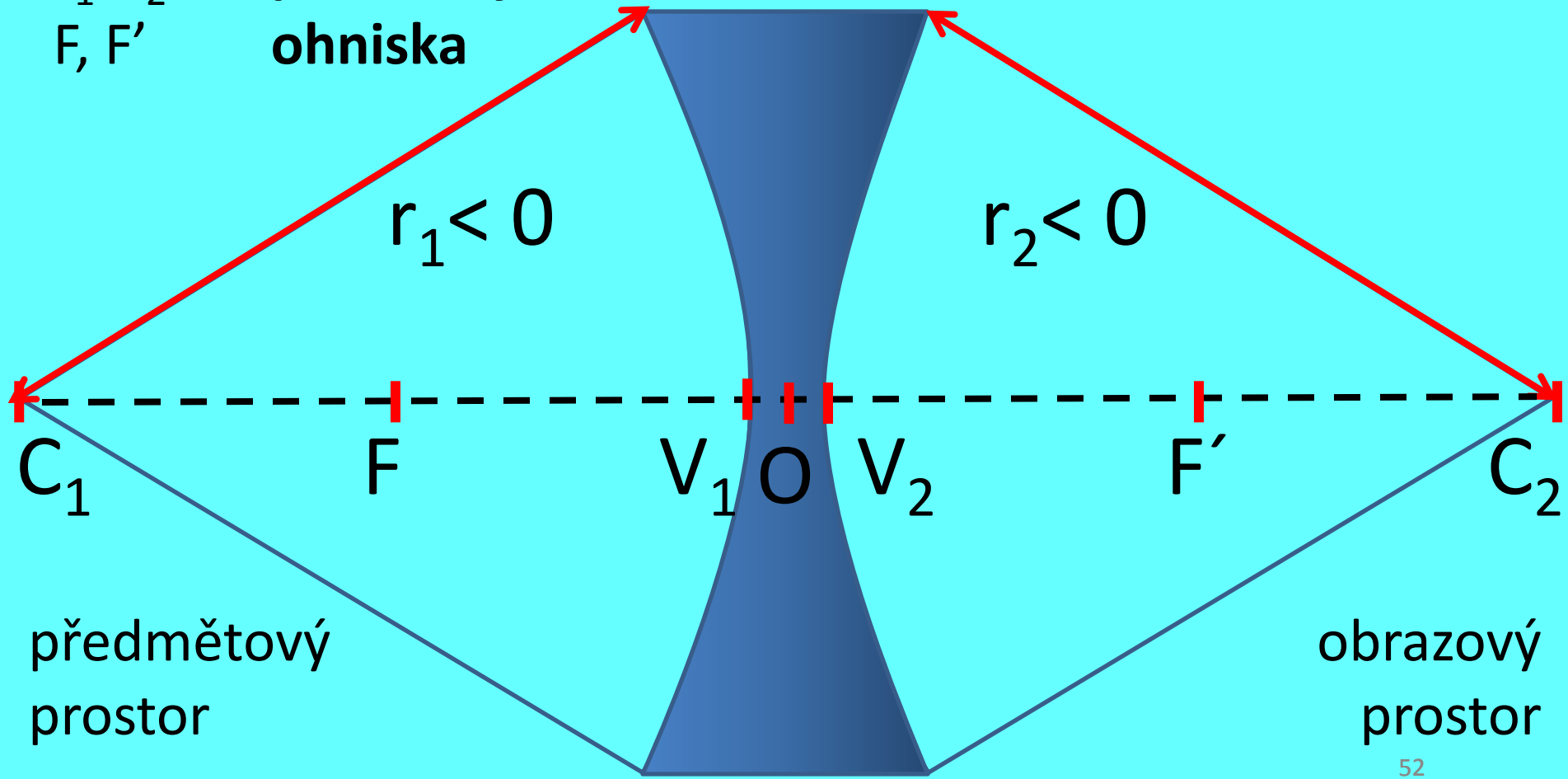
ROZPTYLKA

C_1, C_2 **středy křivosti**

V_1 a V_2 **vrcholy čočky** u tenké čočky splývají a tvoří **střed 0**

r_1, r_2 **poloměry křivosti**

F, F’ **ohniska**



Tenká čočka

je čočka, jejíž tloušťka je zanedbatelná oproti ohniskové vzdálenosti.

Budeme se zabývat jen optickým zobrazením tenkou čočkou.

Předmětový prostor

- je prostor, ve kterém je umístěn předmět;
- z tohoto prostoru vstupují do čočky paprsky (vlevo)

Obrazový prostor

- je prostor, do kterého vstupují světelné paprsky po průchodu čočkou (vpravo)

Předmětová ohnisková vzdálenost $f = |OF|$

Obrazová ohnisková vzdálenost $f' = |OF'|$

OPTICKÁ MOHUTNOST

Je-li před a za čočkou stejné prostředí, pak

$$f = f'$$

n_2 – je index lomu čočky
n_1 – index lomu okolí

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

OPTICKÁ MOHUTNOST

Převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti čočky.

$$\Phi = \frac{1}{f}$$

$$[\Phi] = m^{-1} = D(dioptrie)$$

Optickou mohutnost 1 D má čočka
s ohniskovou vzdáleností 1 m.

- **spojky** mají kladnou hodnotu optické mohutnosti
- **rozptylky** zápornou hodnotu

ZNAMÉNKOVÁ KONVENCE

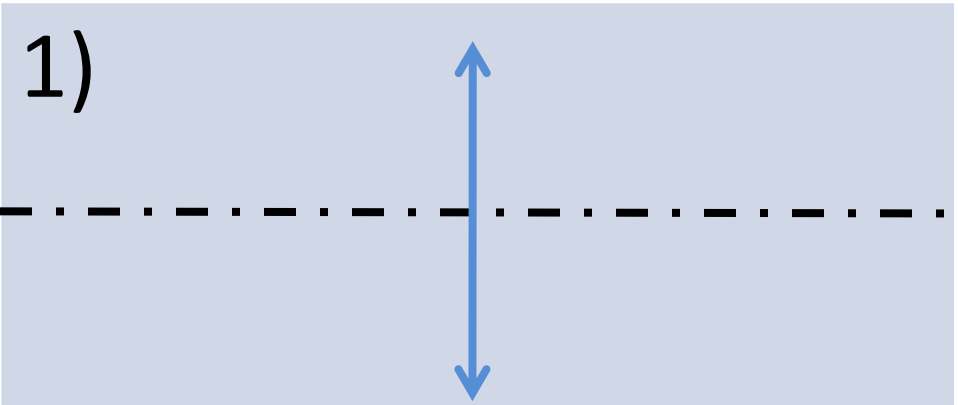
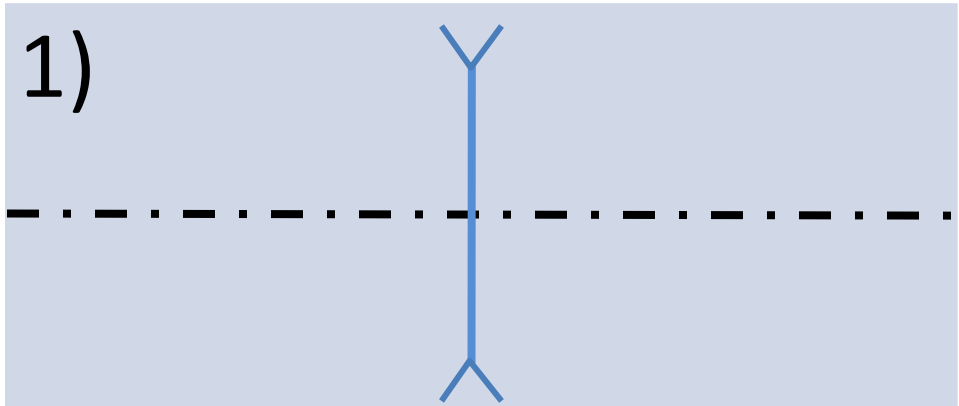
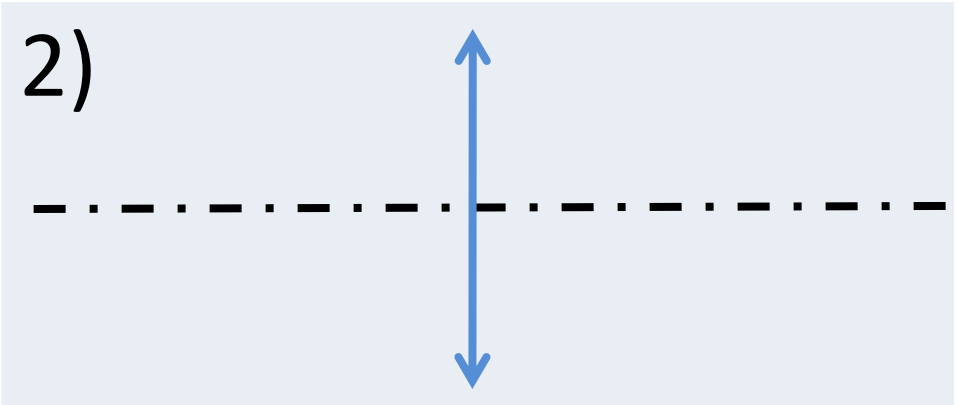
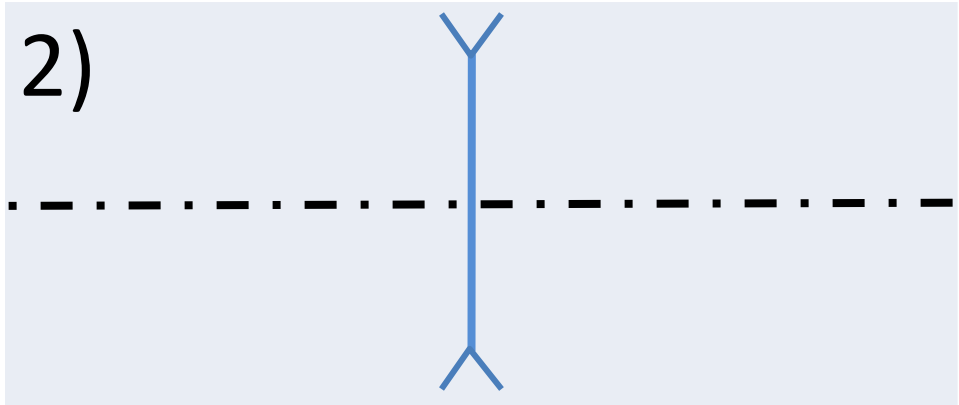
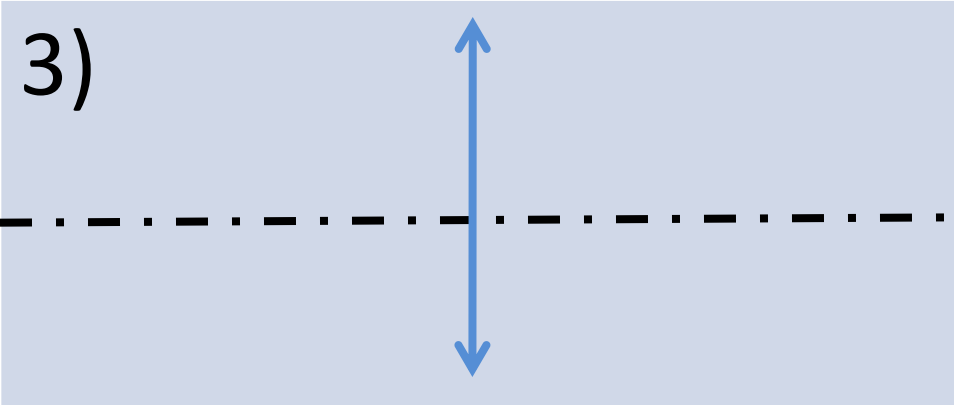
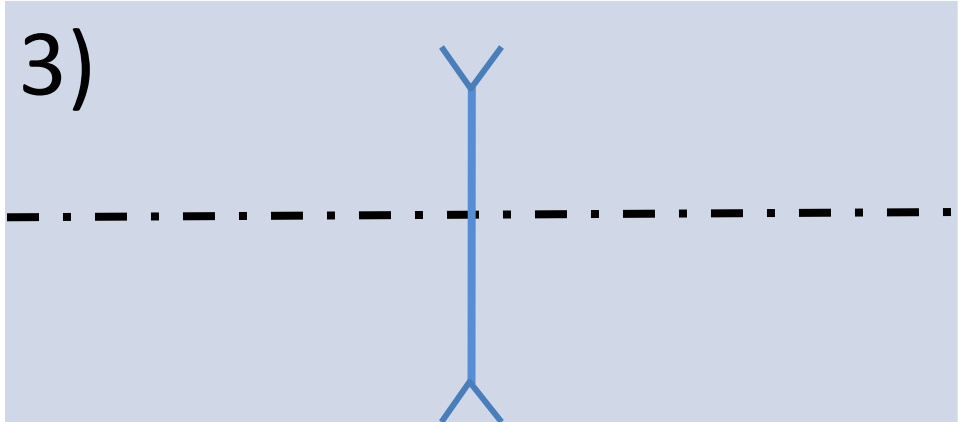
veličina	…+ hodnota	…– hodnota
a	je-li předmět před čočkou	je-li předmět za čočkou
a’	je-li obraz za čočkou	je-li obraz před čočkou
y, y’	nad optickou osou	pod optickou osou
f	spojky	rozptylky
r_1, r_2	spojky	rozptylky

GEOMETRICKÁ KONSTRUKCE OBRAZU

Ke geometrické konstrukci obrazu tenkou čočkou používáme tři význačné paprsky.

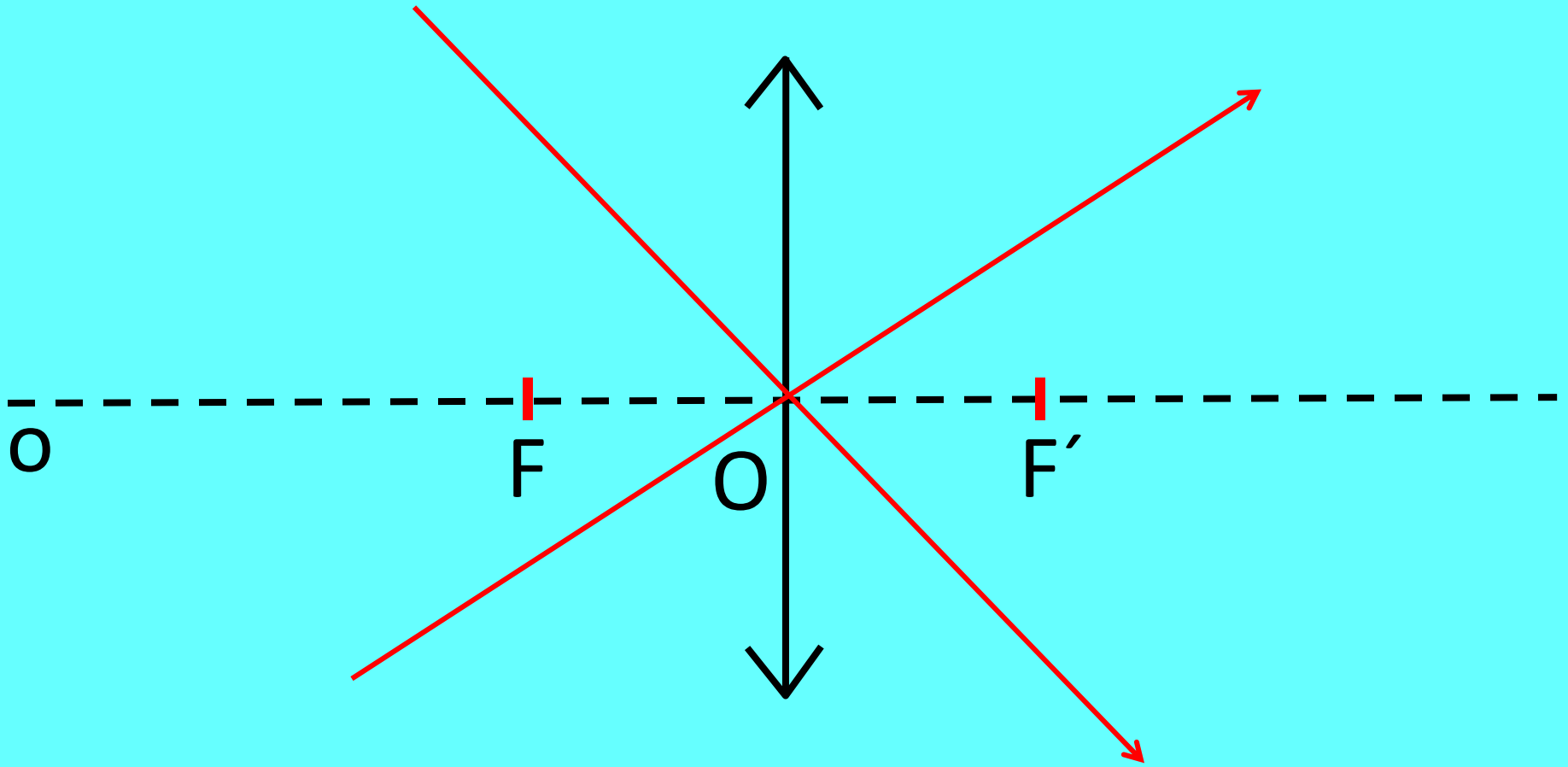
(Postačí dva, třetí ke kontrole.)

Bod ležící na optické ose
se zobrazí opět na optickou osu.

Spojka	Rozptylka
1) 	1) 
2) 	2) 
3) 	3) 

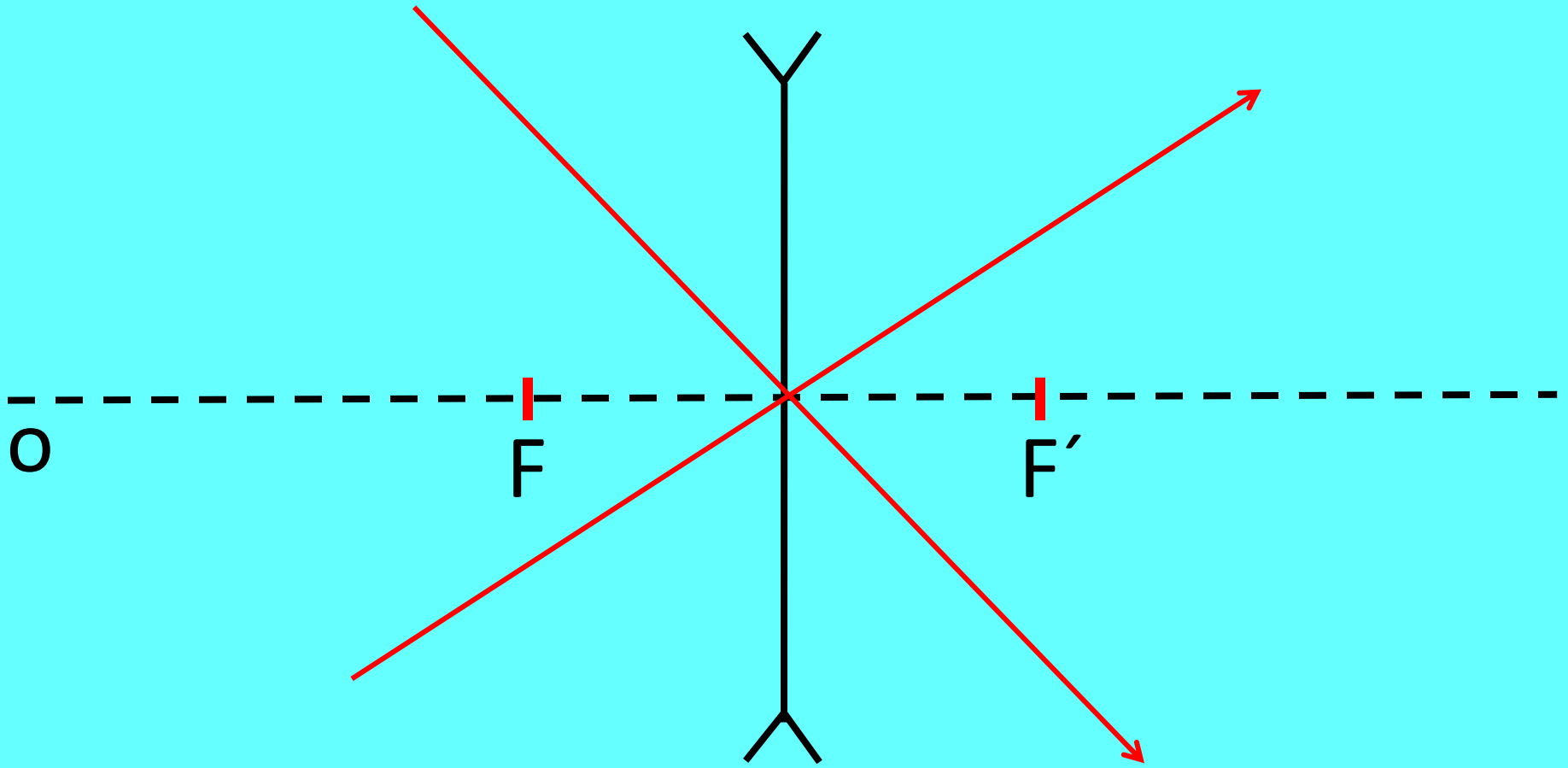
SPOJKA

1) Paprsky procházející optickým středem nemění směr.



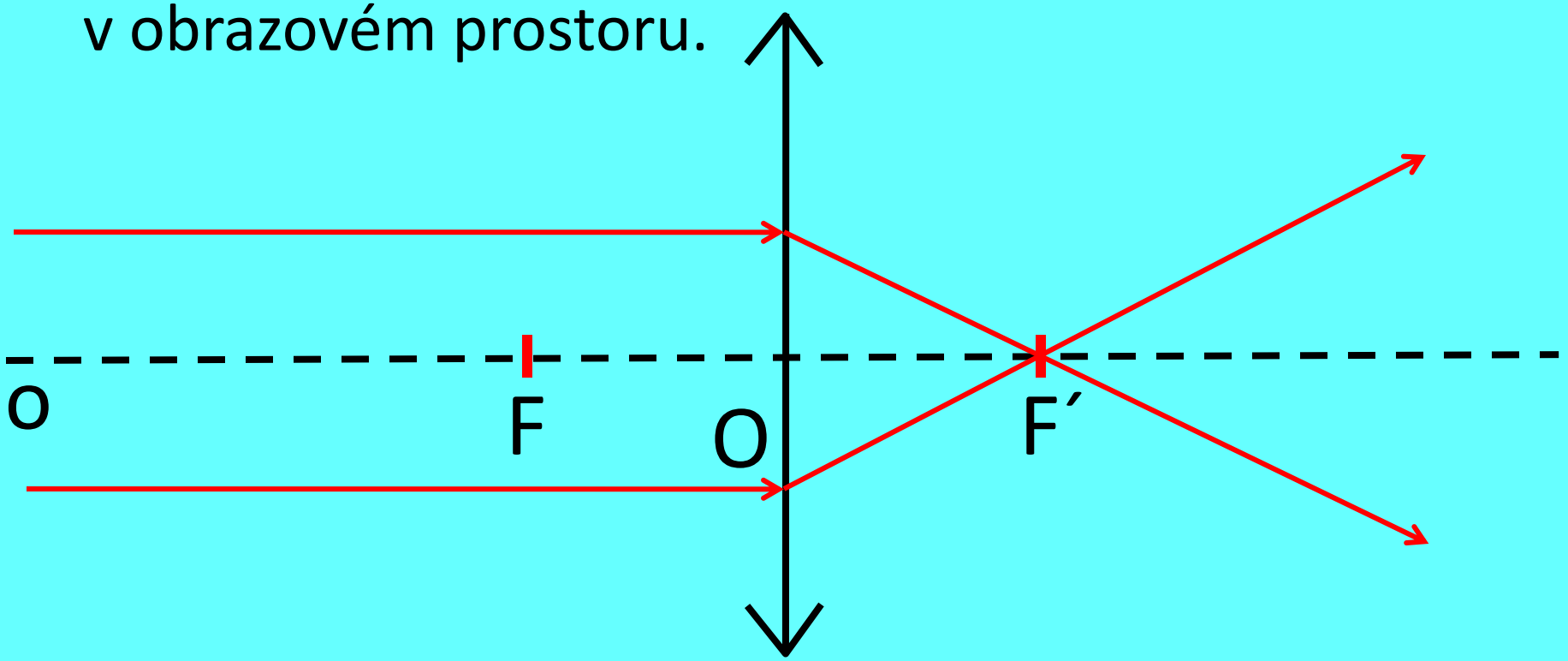
ROZPTYLKA

1) Paprsky procházející optickým středem nemění směr.



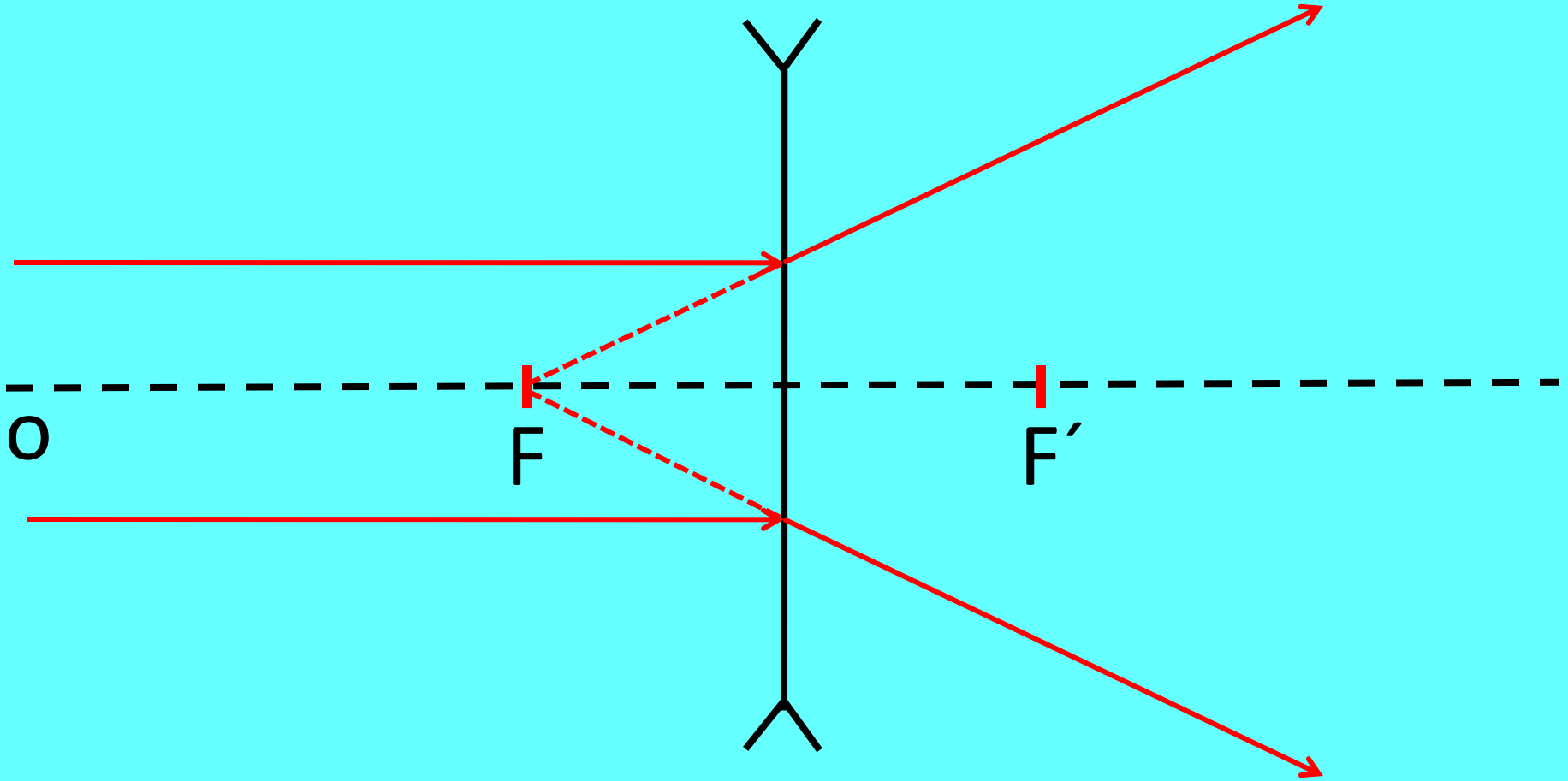
SPOJKA

2) Paprsky v předmětovém prostoru rovnoběžné s optickou osou se při průchodu čočkou lámou tak, že u spojky směřují do obrazového ohniska F' v obrazovém prostoru.



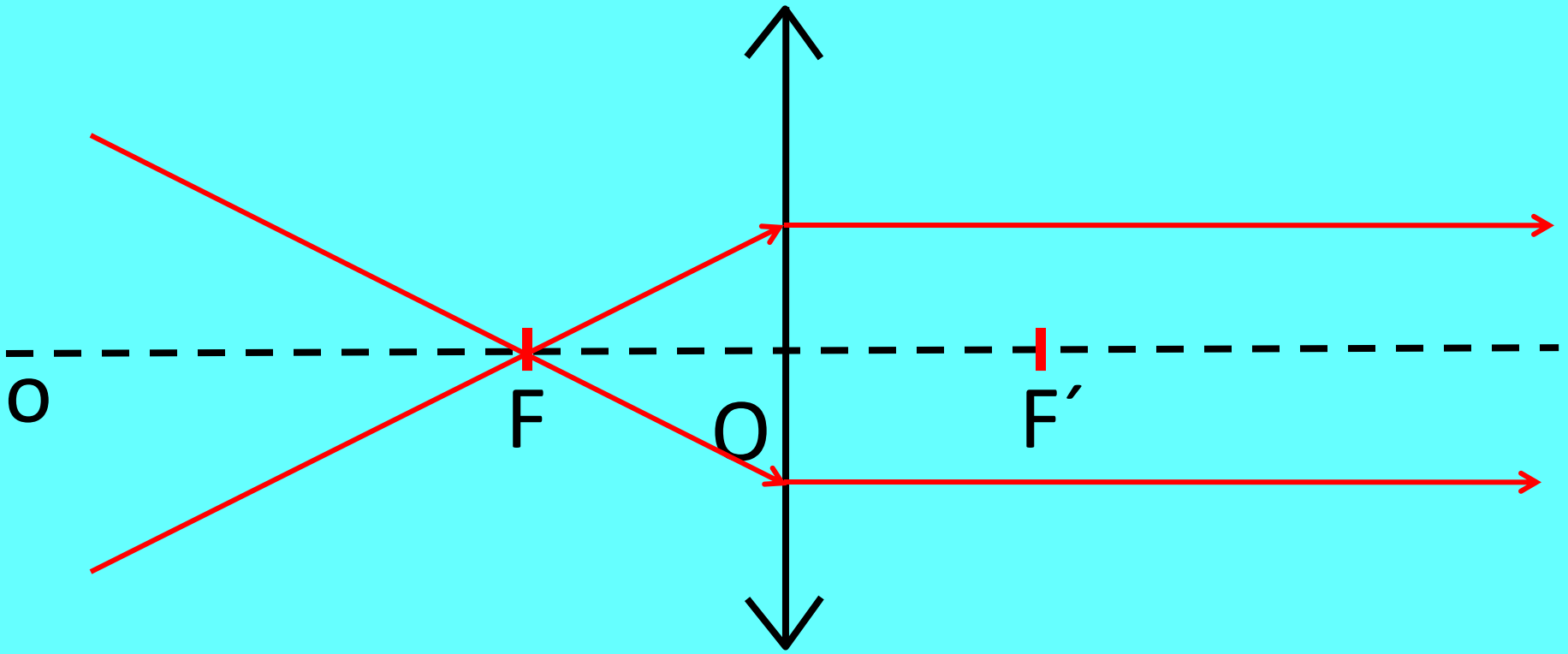
ROZPTYLKA

2) … u rozptylky směřuje jejich zpětné prodloužení do obrazového ohniska F’ v předmětovém prostoru



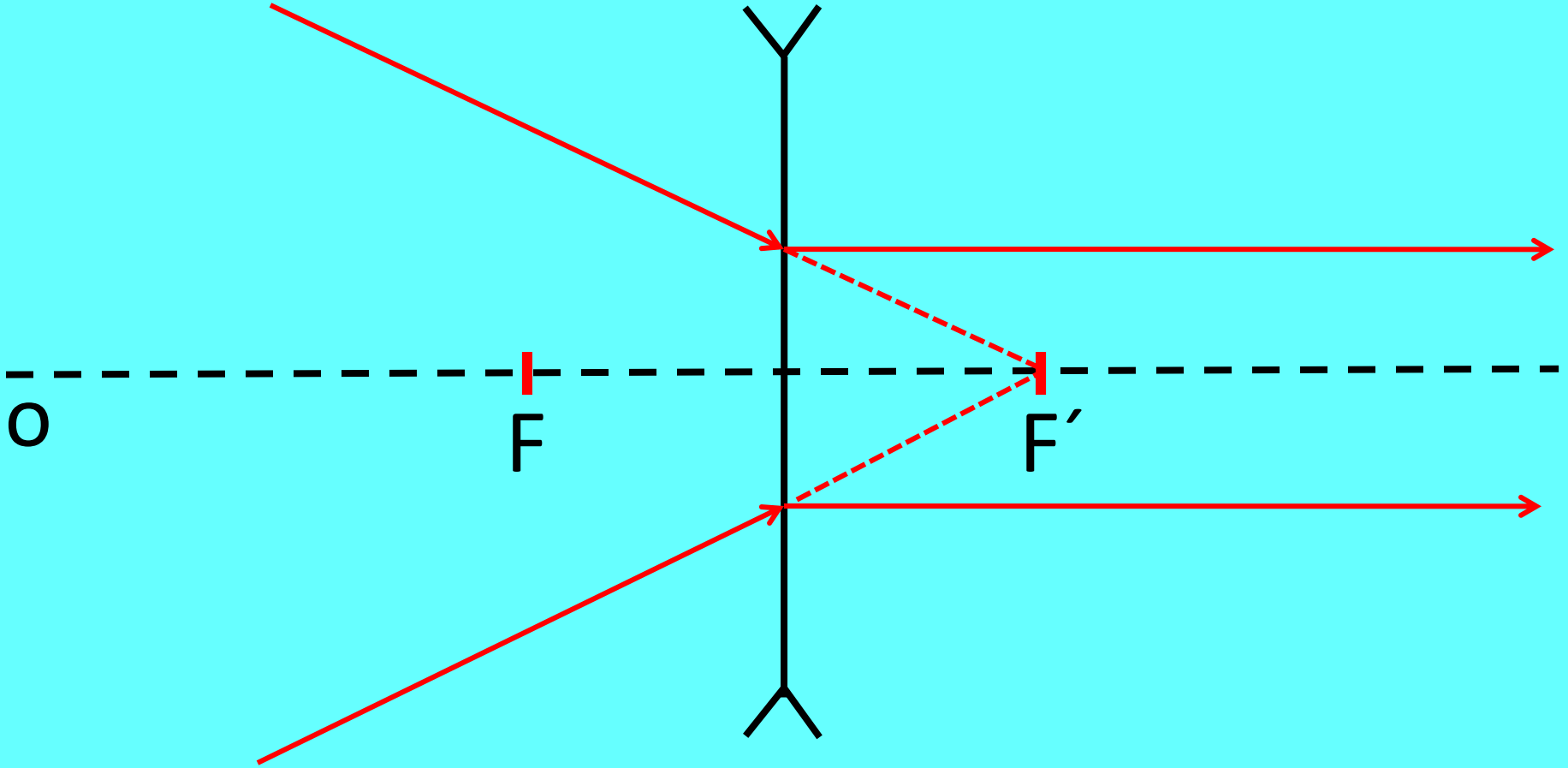
SPOJKA

3) U spojky se paprsky procházející předmětovým ohniskem F lámou rovnoběžně s optickou osou.

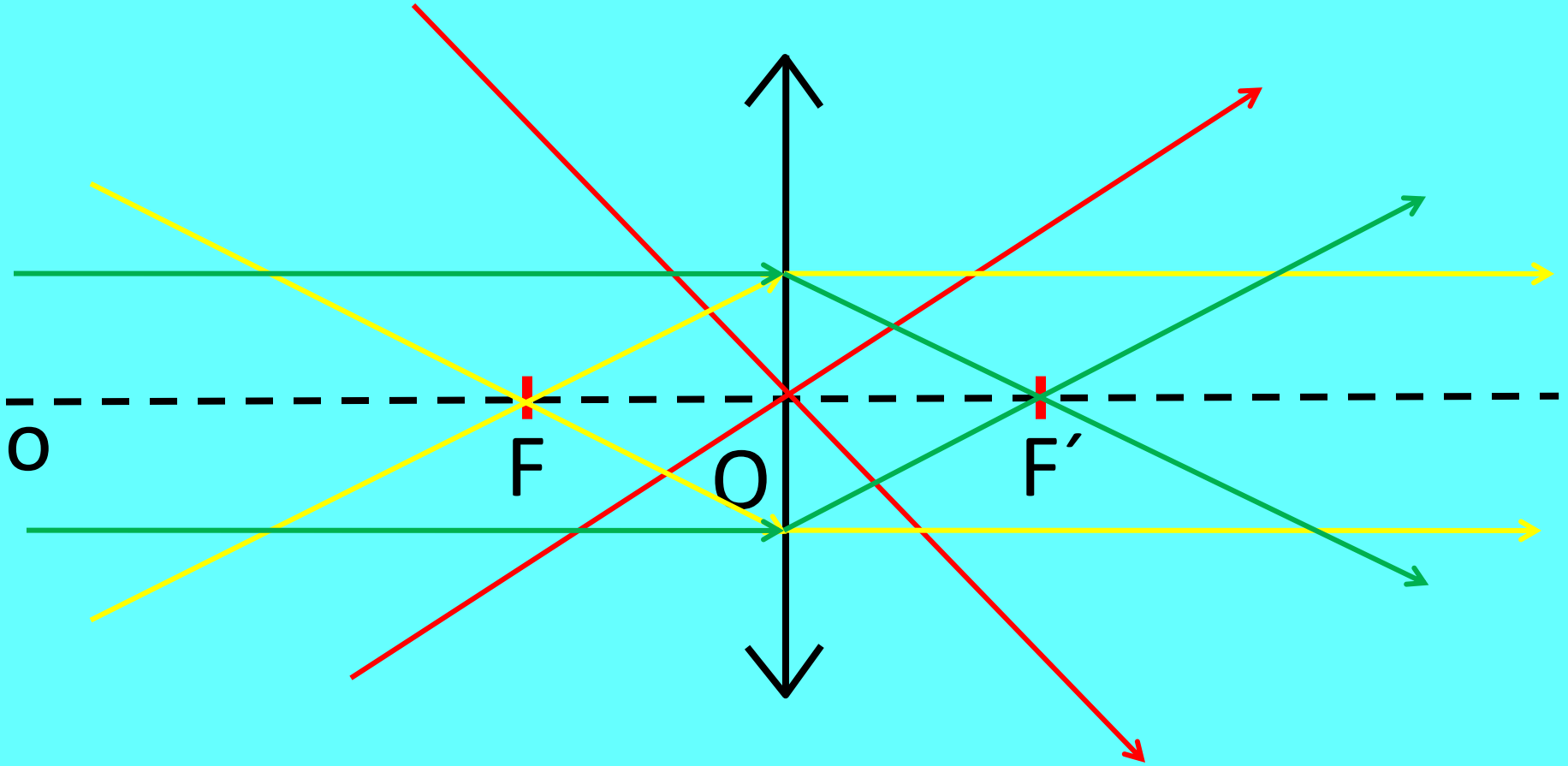


ROZPTYLKA

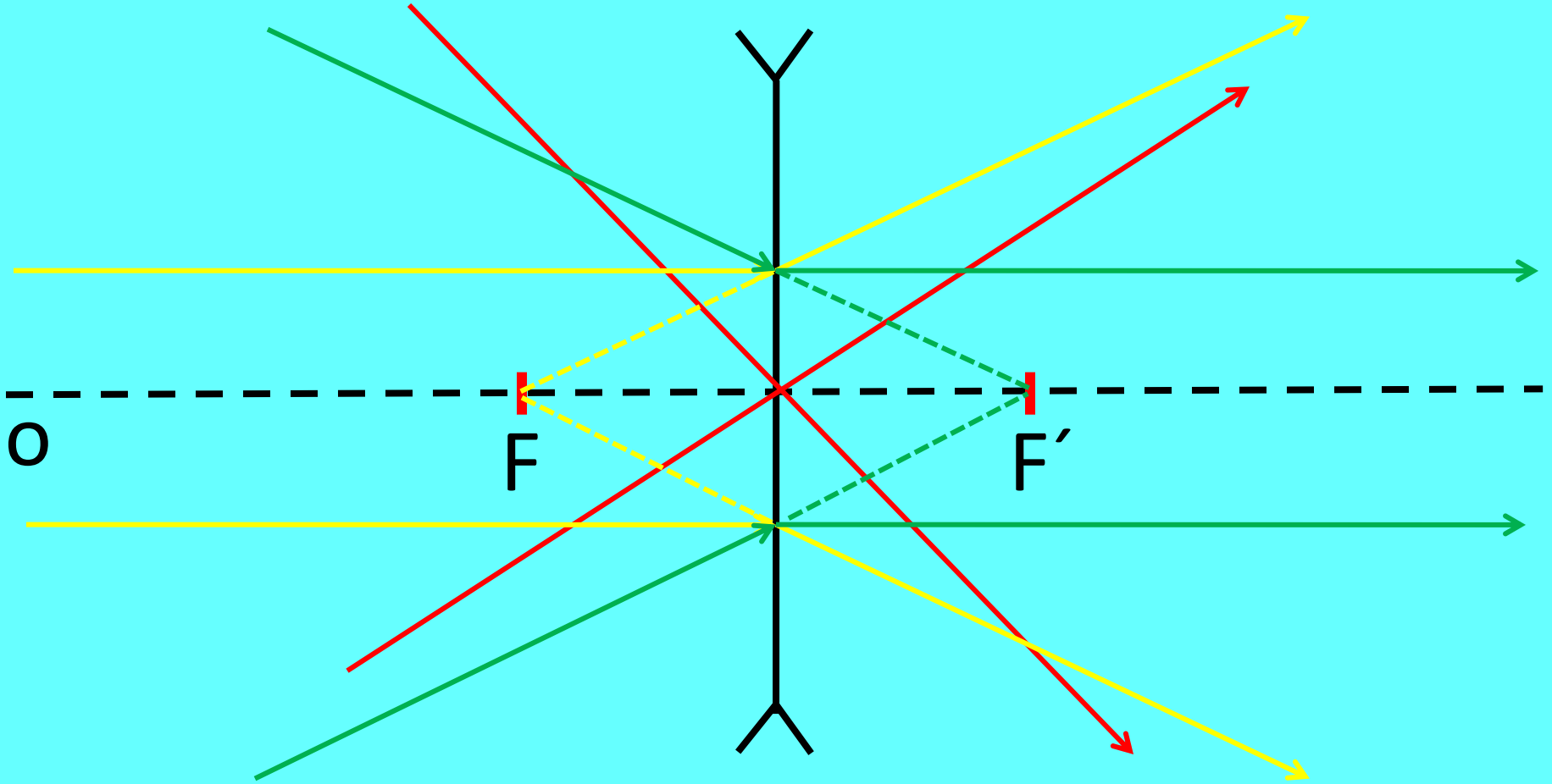
3) U rozptylky se paprsky mířící do ohniska lámou rovnoběžně s optickou osou.



SPOJKA



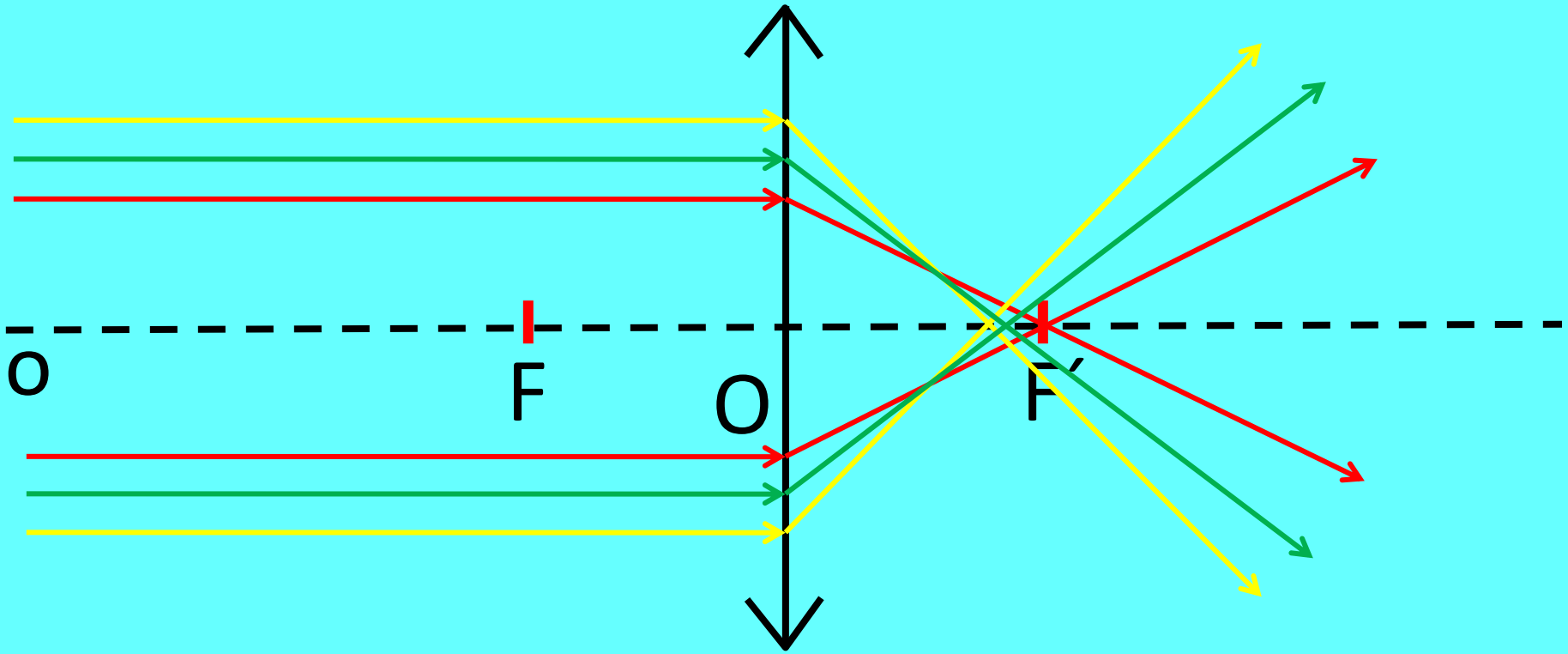
ROZPTYLKA



VADY ČOČEK

1) OTVOROVÁ VADA

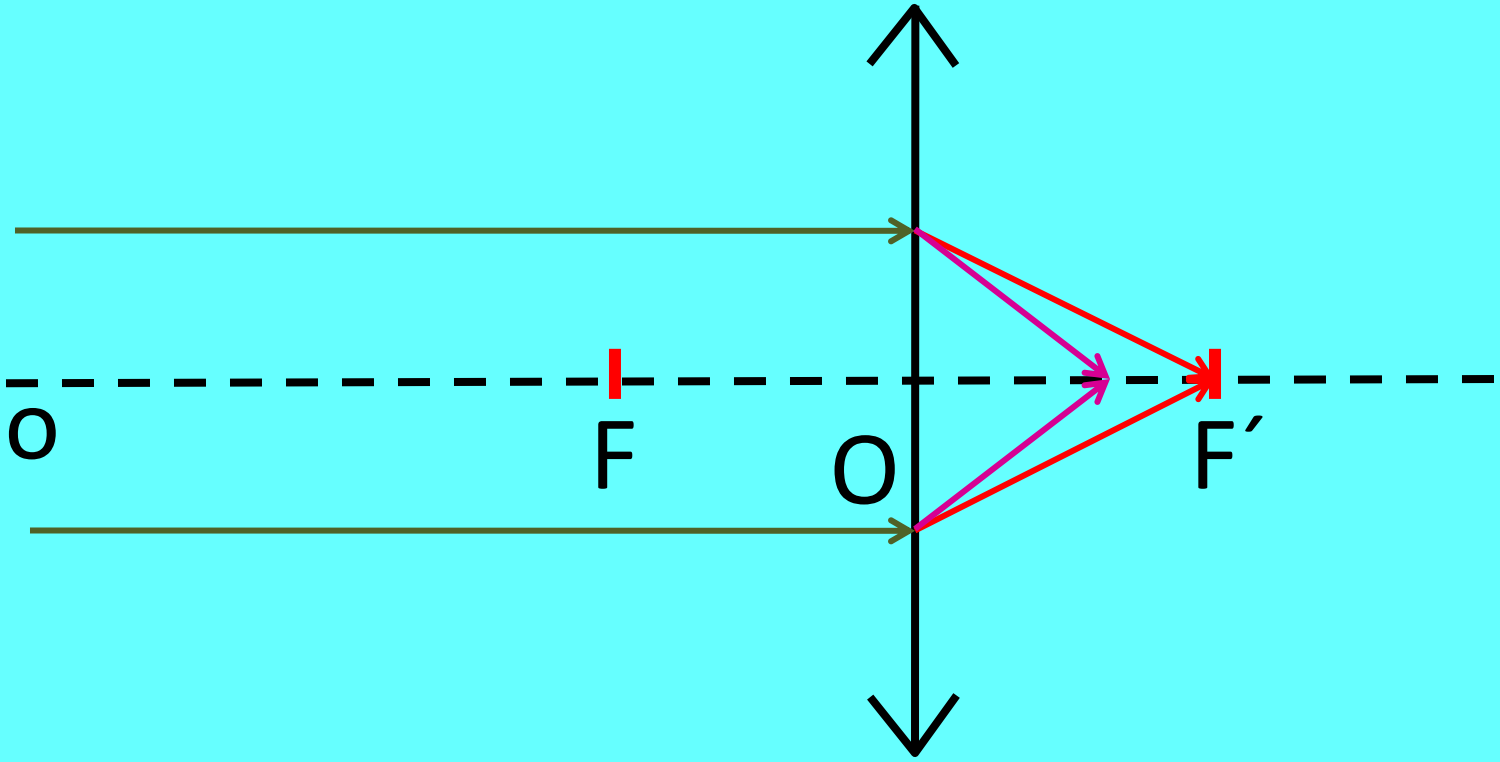
- projevuje se tím, že bod se nezobrazí jako bod, ale jako plošinka
- je způsobena tím, že reálné svazky paprsků nejsou paraxiální



VADY ČOČEK

2) BAREVNÁ VADA

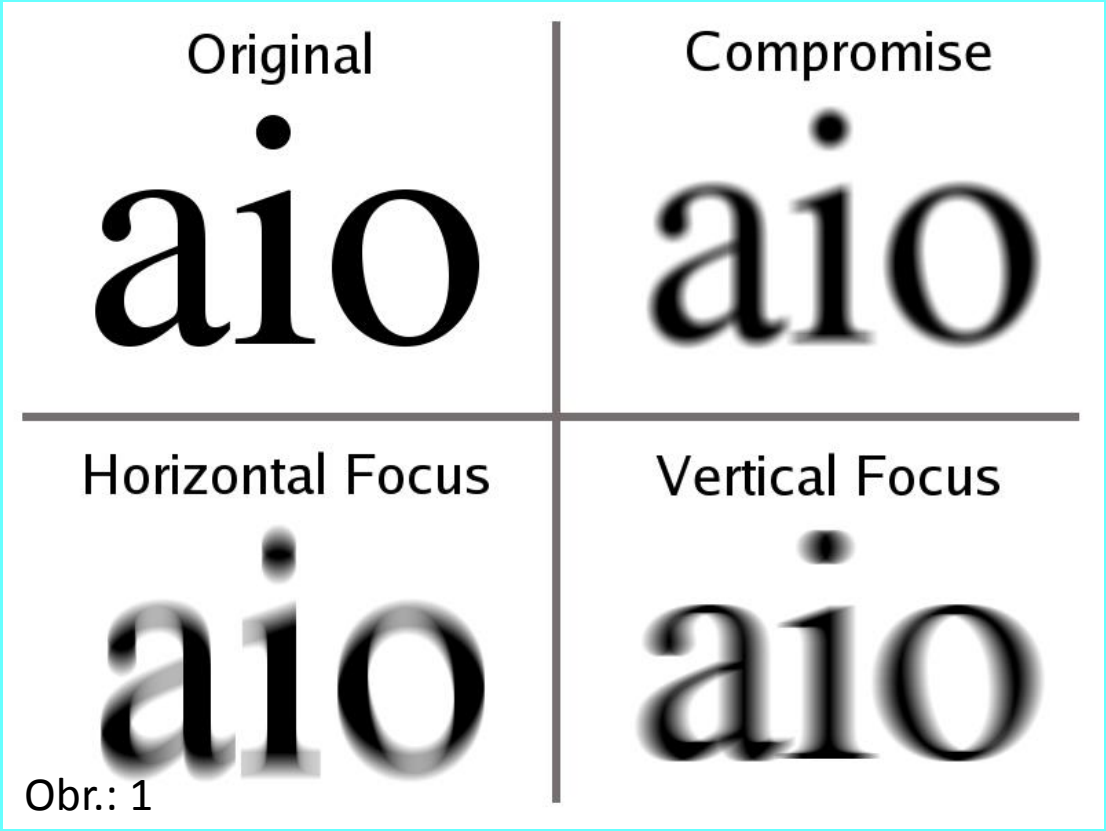
- bod se zobrazuje jako různobarevná ploška
- je důsledkem závislosti **n** na **λ**, proto je poloha ohniska pro každou barvu jiná; nejblíže čočky je $F_{fialová}$, nejdále $F_{červená}$
- projevuje se barevným lemováním kontrastních hran



VADY ČOČEK

3) ASTIGMATISMUS

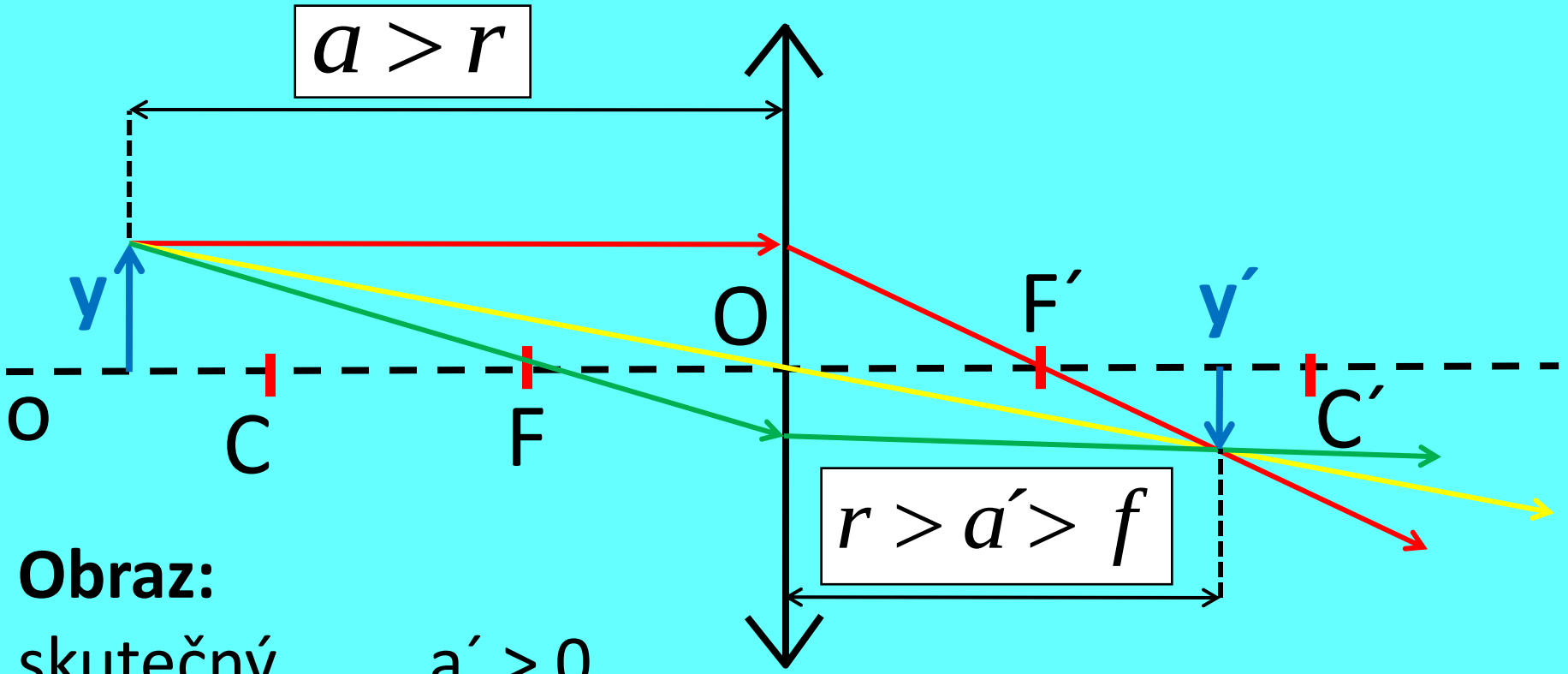
- se projevuje zkreslením obdélníku tak, že jeho vrcholy změní polohu, protáhnou se nebo potlačí
- vzniká při úzkém neosovém svazku paprsků



Obr.: 1

Vady zobrazení se korigují pomocí čočkových soustav, které se skládají z čoček odlišných vlastností.

Zobrazení předmětu tenkou spojkou



Obraz:

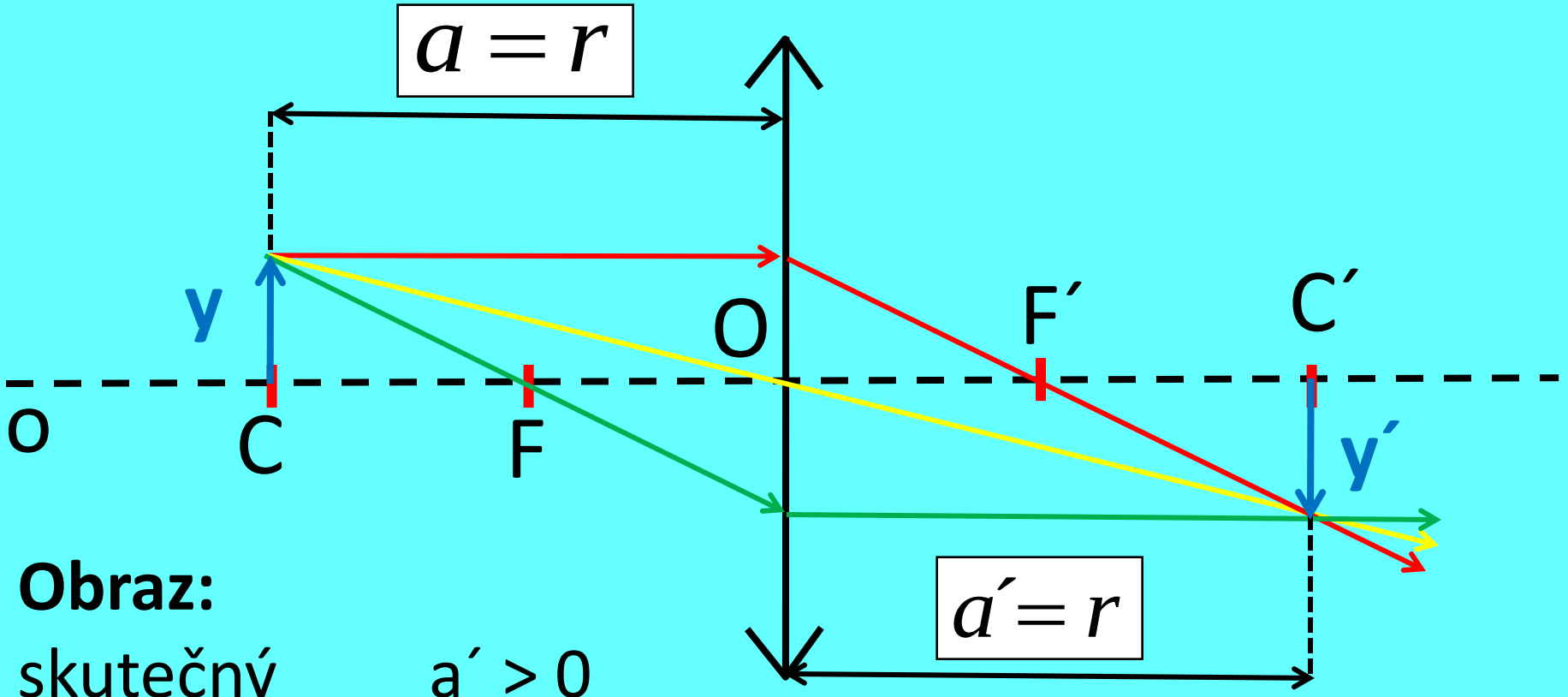
skutečný a´ > 0

převrácený Z < 0

zmenšený y´ < y

3. 6. ZOBRAZENÍ TENKOU ČOČKOU

Zobrazení předmětu tenkou spojkou



Obraz:

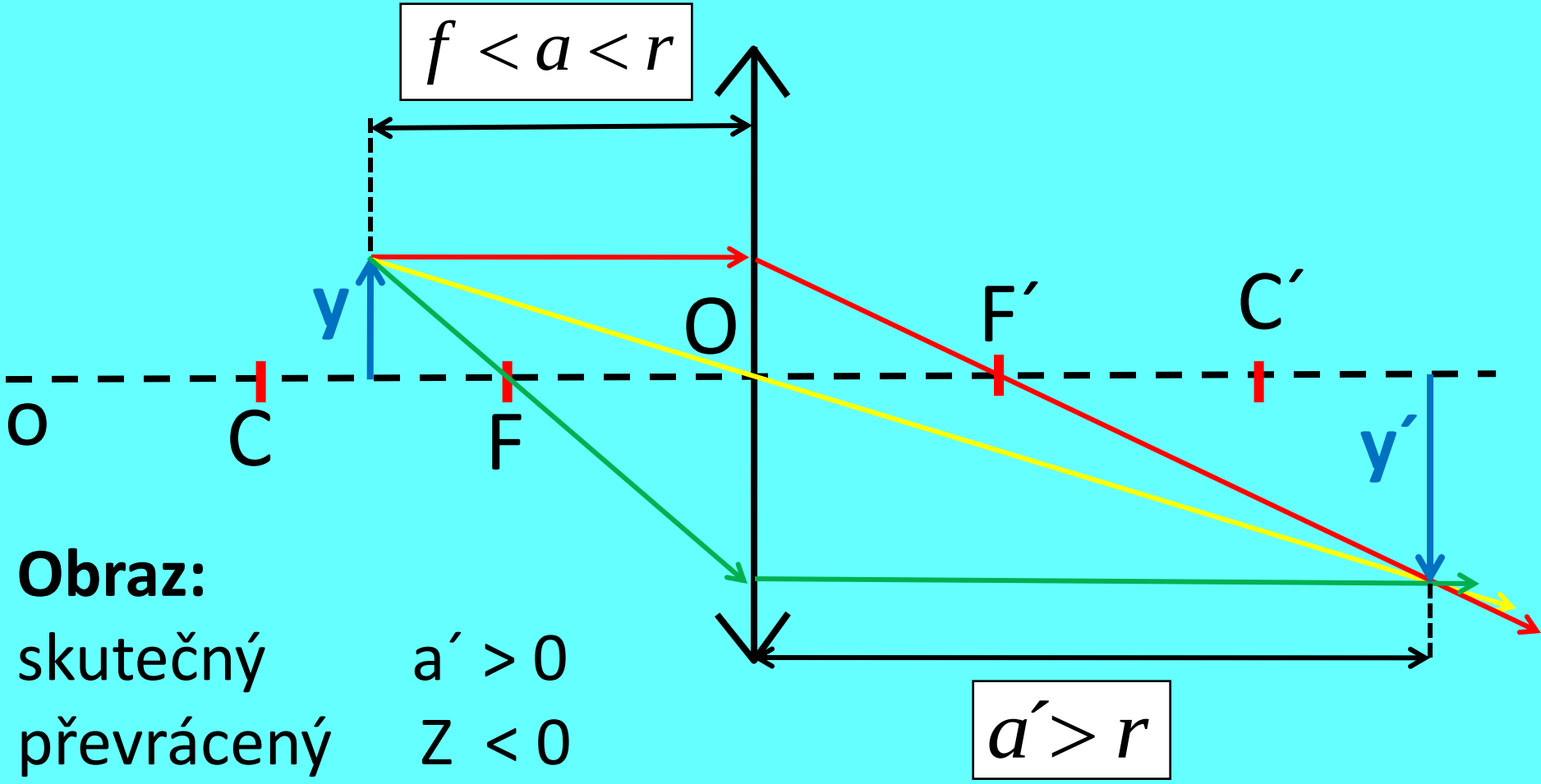
skutečný a´ > 0

převrácený Z < 0

stejně velký y´ = y

3. 6. ZOBRAZENÍ TENKOU ČOČKOU

Zobrazení předmětu tenkou spojkou



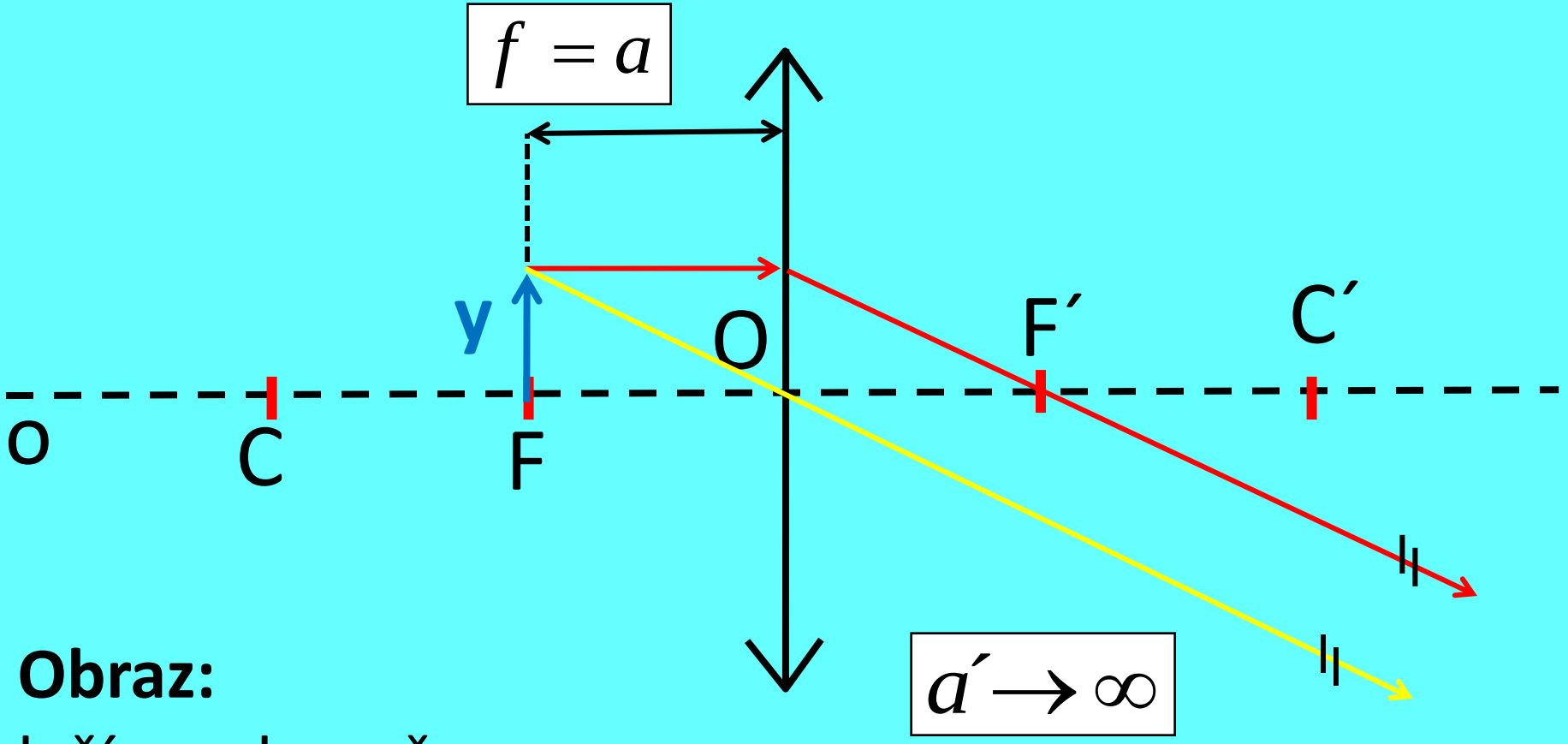
Obraz:

skutečný $a´ > 0$

převrácený $Z < 0$

zvětšený $y´ > y$

Zobrazení předmětu tenkou spojkou

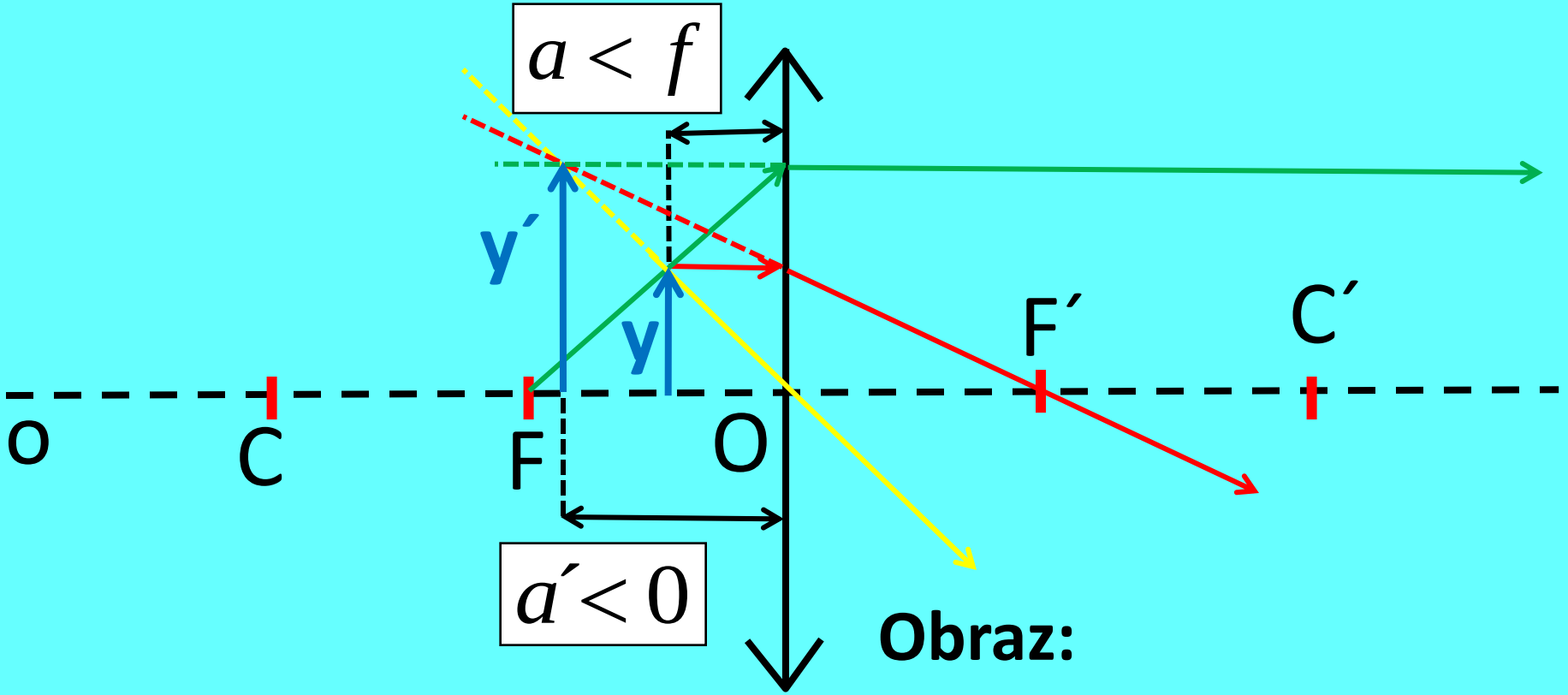


Obraz:

leží v nekonečnu

3. 6. ZOBRAZENÍ TENKOU ČOČKOU

Zobrazení předmětu tenkou spojkou

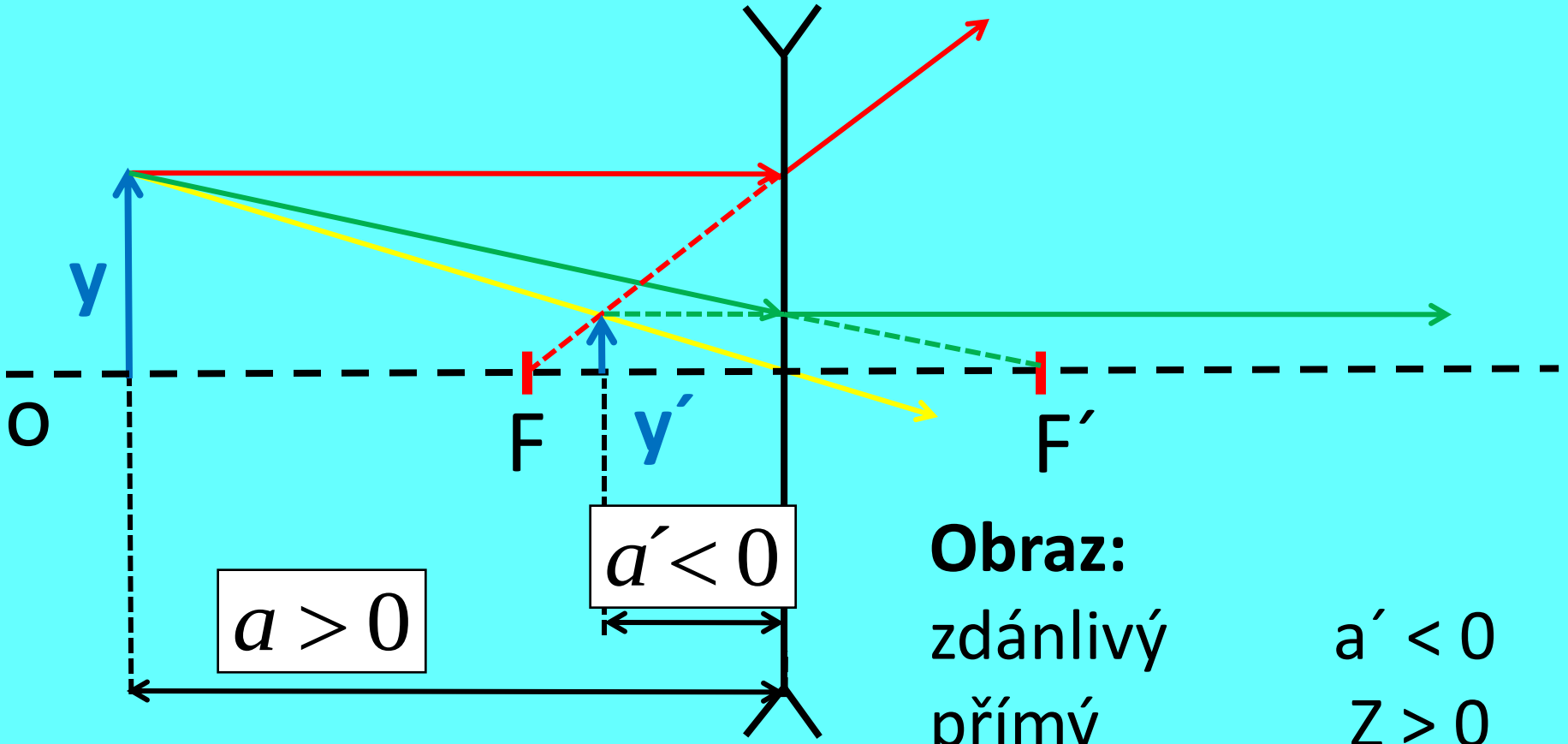


Obraz:

zdánlivý	a´ < 0
přímý	Z > 0
zvětšený	y´ > y

3. 6. ZOBRAZENÍ TENKOU ČOČKOU

Zobrazení předmětu tenkou rozptylkou



Obraz:

zdánlivý	a´ < 0
přímý	Z > 0
zmenšený	y´ < y

Zobrazení spojkou f > 0

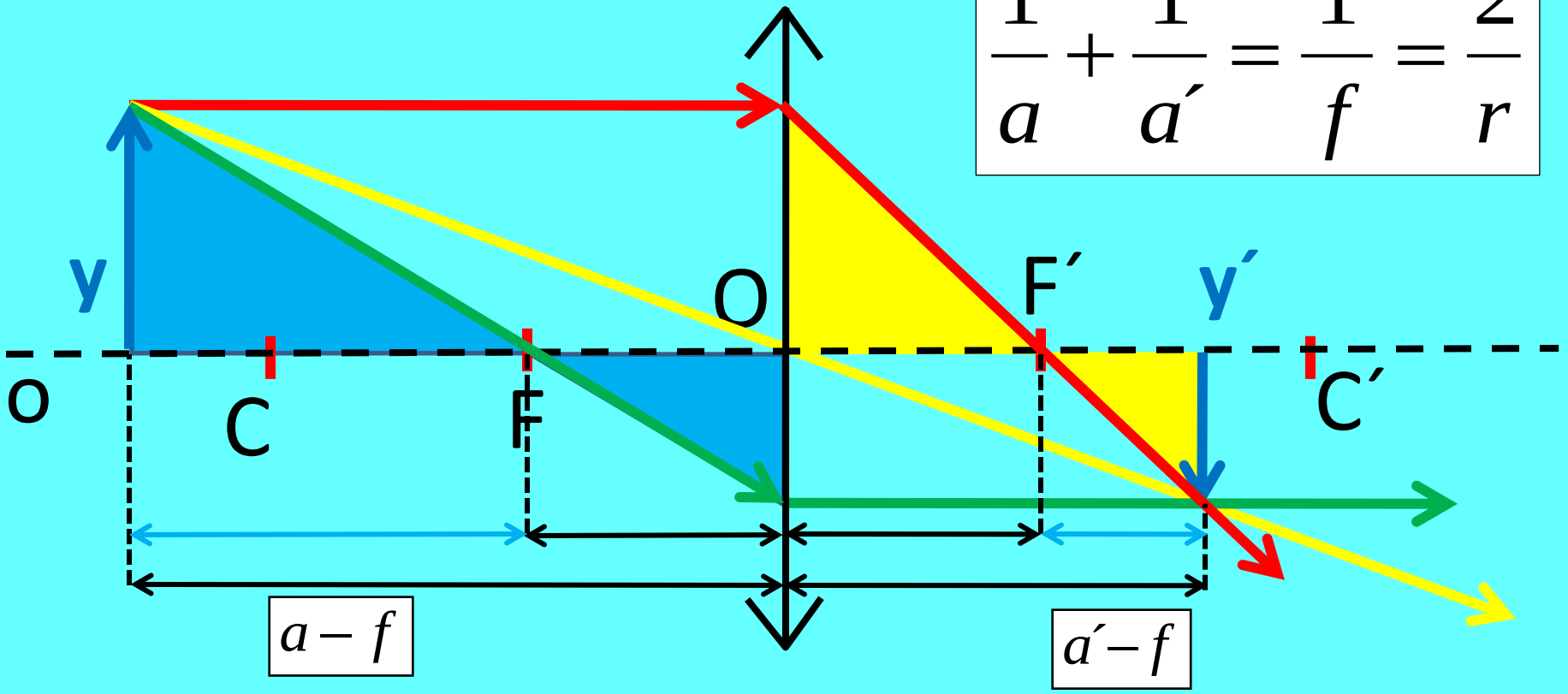
Vzdálenost předmětu	Vzdálenost obrazu	Velikost obrazu	Obraz je	
a > r	r > a‘ > f	|Z| < 1	skutečný a‘>0	převrácený Z<0
a = r	a‘ = r	|Z| = 1		
r > a > f	a‘ > r	|Z| > 1		
a = f	$a' \to \infty$	|Z| $\to \infty$	v nekonečnu	
f > a > 0	a‘ < 0	Z >1	zdánlivý a‘<0	vzpřímený Z>0

Zobrazení rozptylkou f <0

a > 0	a’ < 0	Z < 1	zdánlivý a‘<0	vzpřímený Z>0

ZOBRAZOVACÍ ROVNICE

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

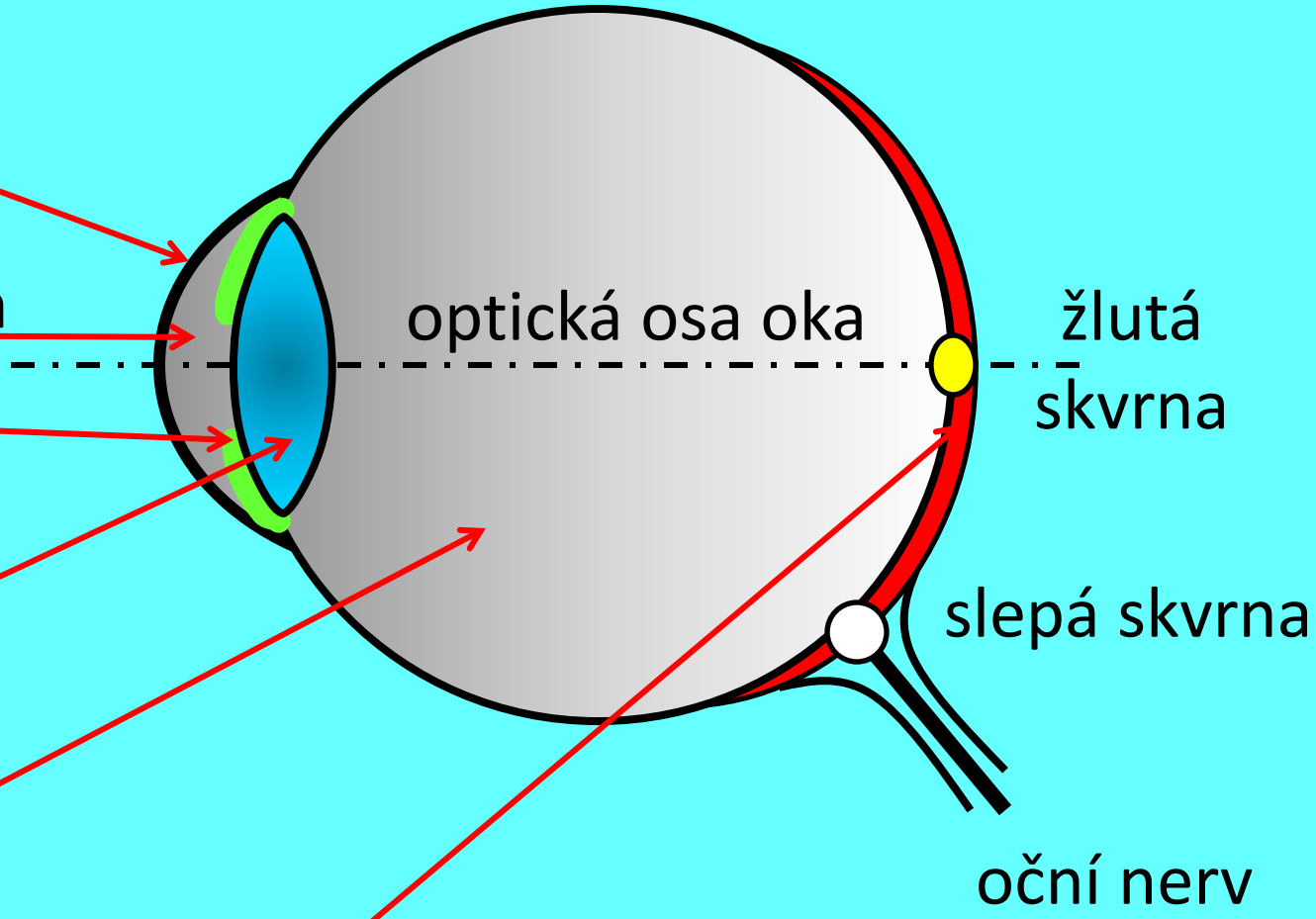


$$Z=\frac{y'}{y}=-\frac{a'}{a}=-\frac{a'-f}{f}=-\frac{f}{a-f}$$

3. 7. OKO

Paprsky světla prochází

1. rohovkou
2. očním mokem
3. zornicí (duhovkou)
4. čočkou
5. sklivcem
6. … a dopadají na sítnici



3. 7. OKO

Na sítnici jsou dva druhy světlocitlivých buněk.

- **tyčinky** jsou citlivé na světlo
- **čípky** „rozeznávají“ barvy

Žlutá skvrna

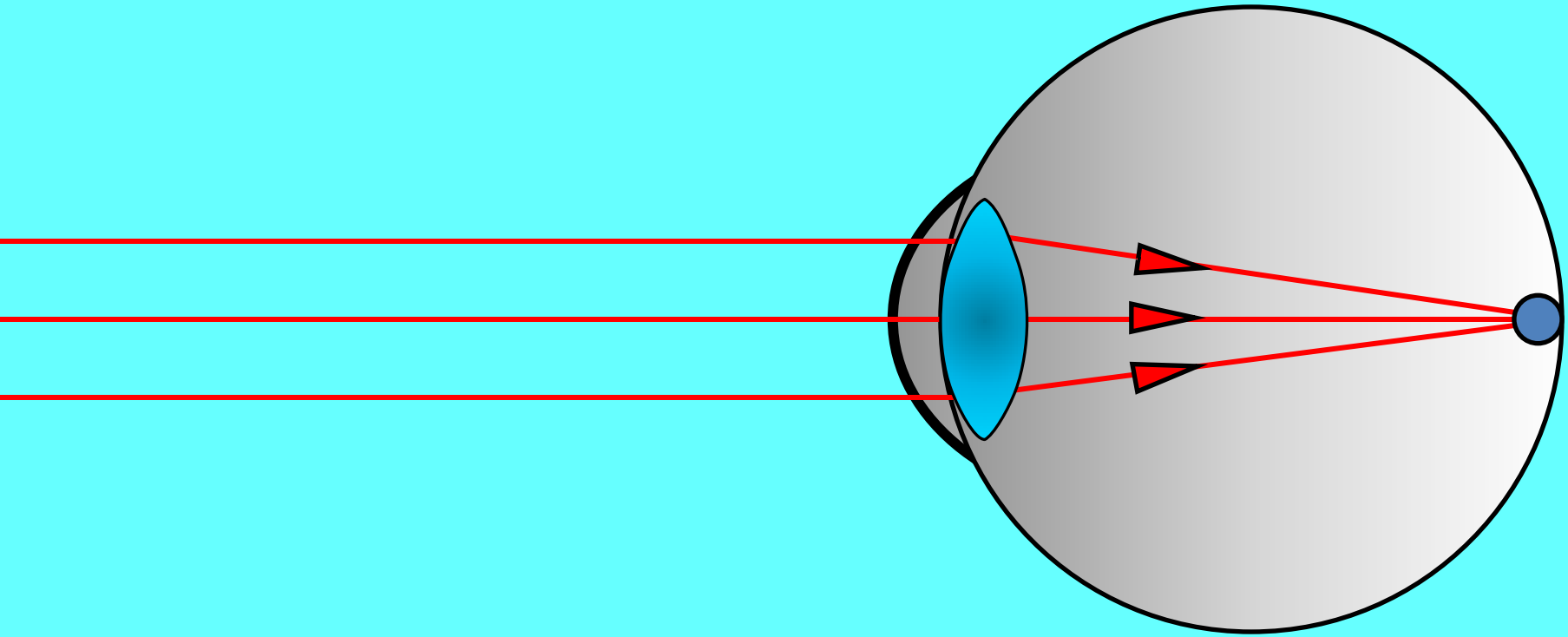
- nachází se na sítnici na optické ose oka
- místo, kde je sítnice nejcitlivější
- (nejvíce tyčinek a čípků)

Slepá skvrna

- leží v místě, kde sítnici opouští oční nerv
- (nejsou tu tyčinky ani čípky)

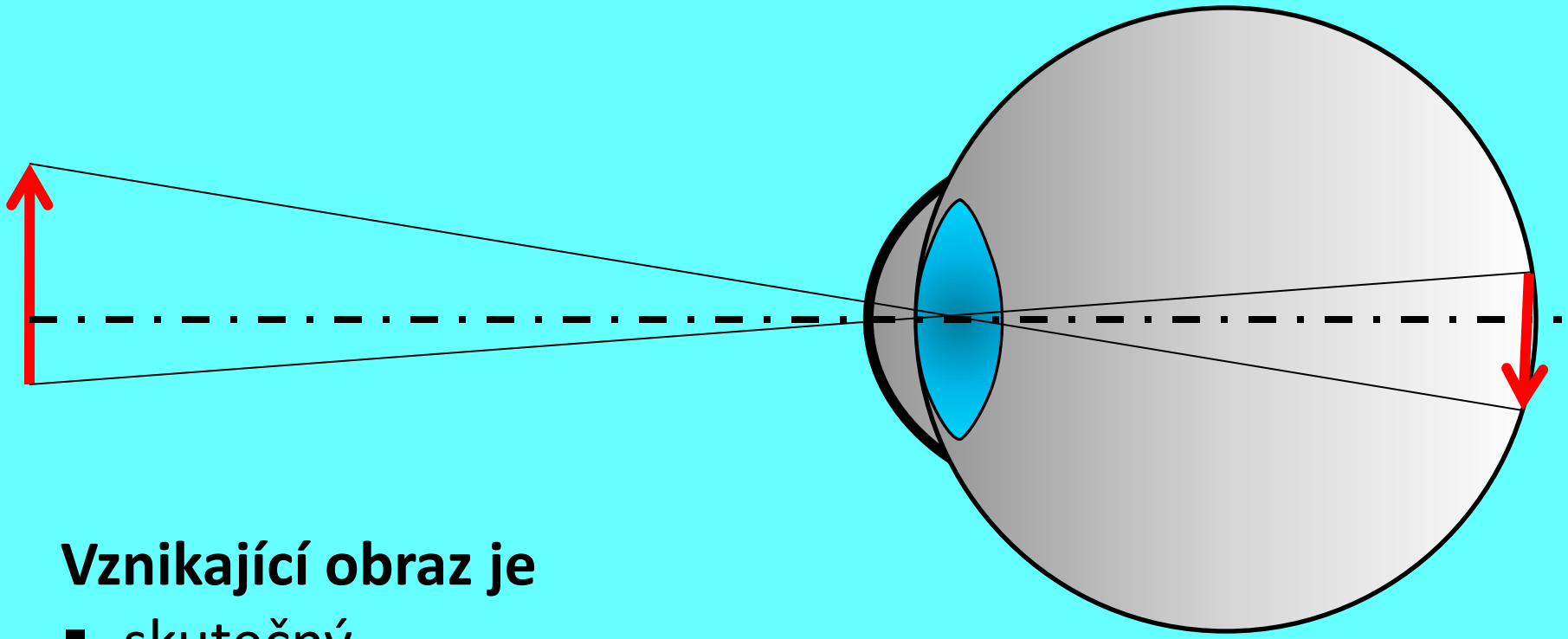
3. 7. OKO

spojná optická soustava s měnitelnou ohniskovou vzdáleností



3. 7. OKO

spojná optická soustava s měnitelnou ohniskovou vzdáleností



Vznikající obraz je

- skutečný
- převrácený
- zmenšený

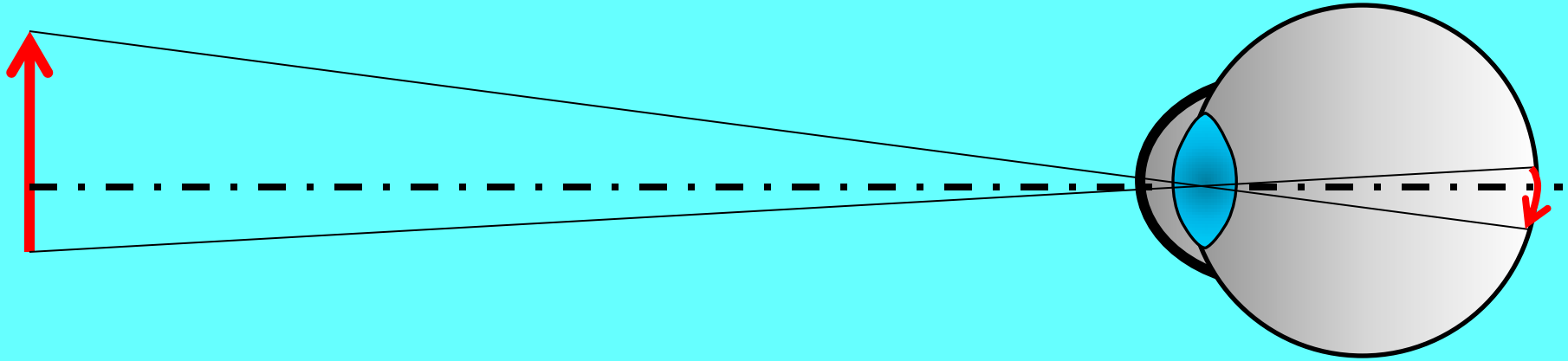
Akomodace oka

umožňuje vznik ostrého obrazu.

Oční čočka je držena kruhovým svalem, který podle potřeby mění zakřivení optických ploch čočky.

(Oko mění svou ohniskovou vzdálenost).

- velká vzdálenost předmětu = velké zakřivení, malá mohutnost čočky (**akomodace nulová**)



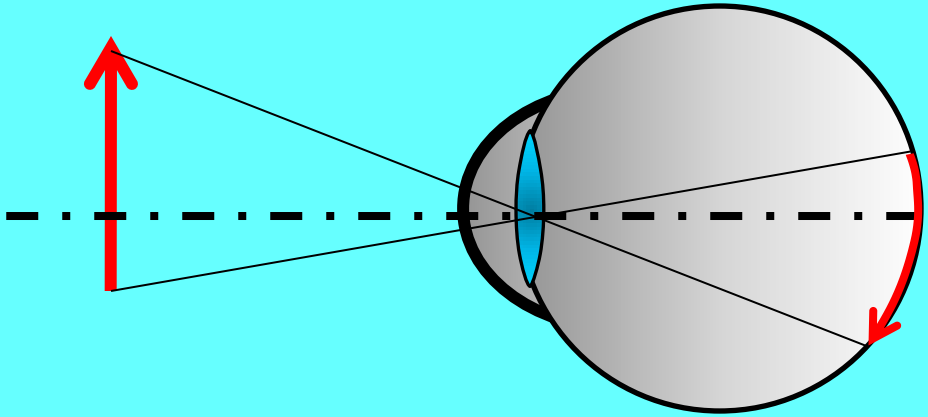
Akomodace oka

umožňuje vznik ostrého obrazu.

Oční čočka je držena kruhovým svalem, který podle potřeby mění zakřivení optických ploch čočky.

(Oko mění svou ohniskovou vzdálenost).

- blízký předmět (obraz by vznikl za sítnicí),
  je třeba menší ohniskové vzdálenosti = menší zakřivení



Obrazová vzdálenost
vzdálenost oční čočky od sítnice (přibližně 1,6 cm).

Předmětová vzdálenost se mění.

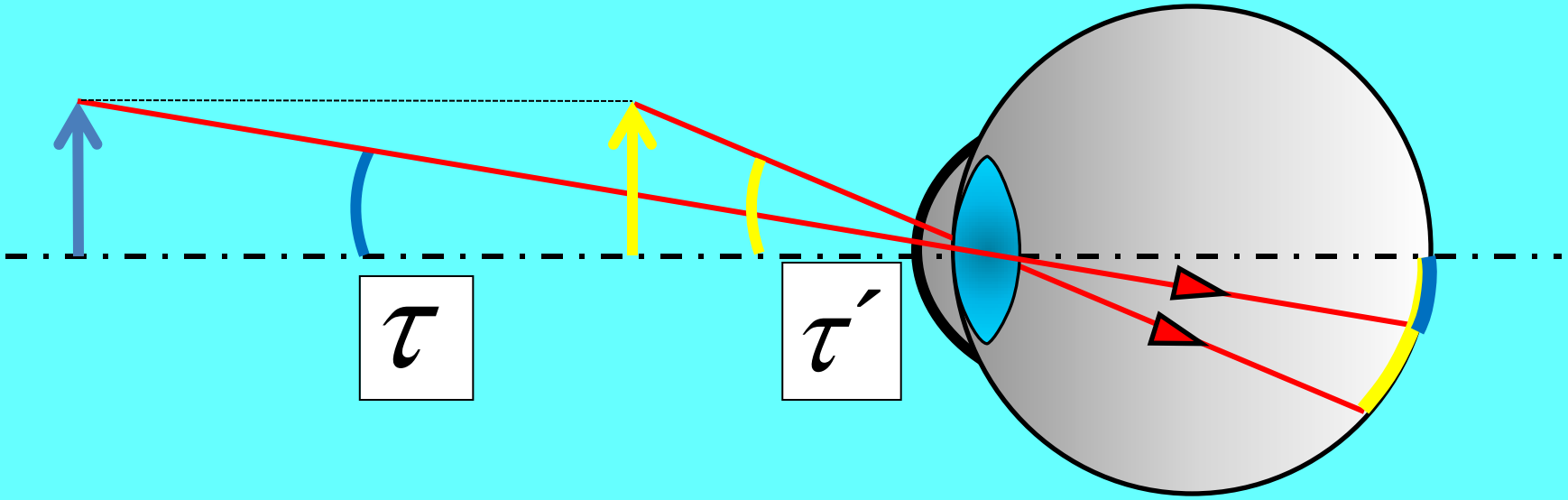
Rozsah vzdáleností, na které může oko akomodovat (zaostřit) je dán dvěma body

- **vzdáleným bodem** (∞)
- **blízkým bodem** (15 cm) – mění se s věkem

Konvenční zraková vzdálenost
(můžeme číst, aniž by se oko namáhalo) je asi 25 cm.

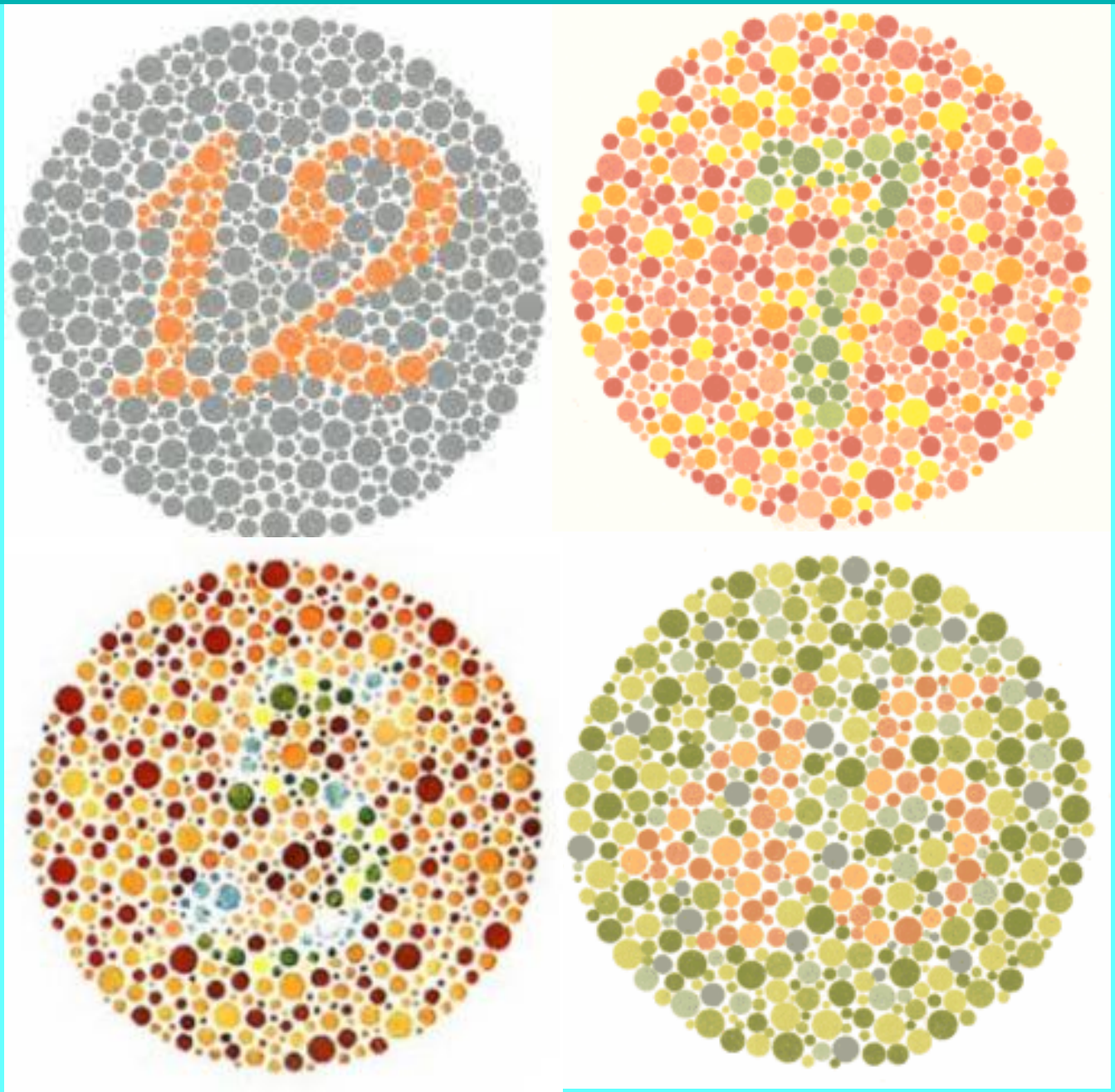
Zorný úhel τ

svírají paprsky vycházející z okrajových bodů předmětu procházející optickým středem oční čočky s optickou osou oka.



Čím je **τ** větší, tím zřetelněji vidíme detaily předmětu.

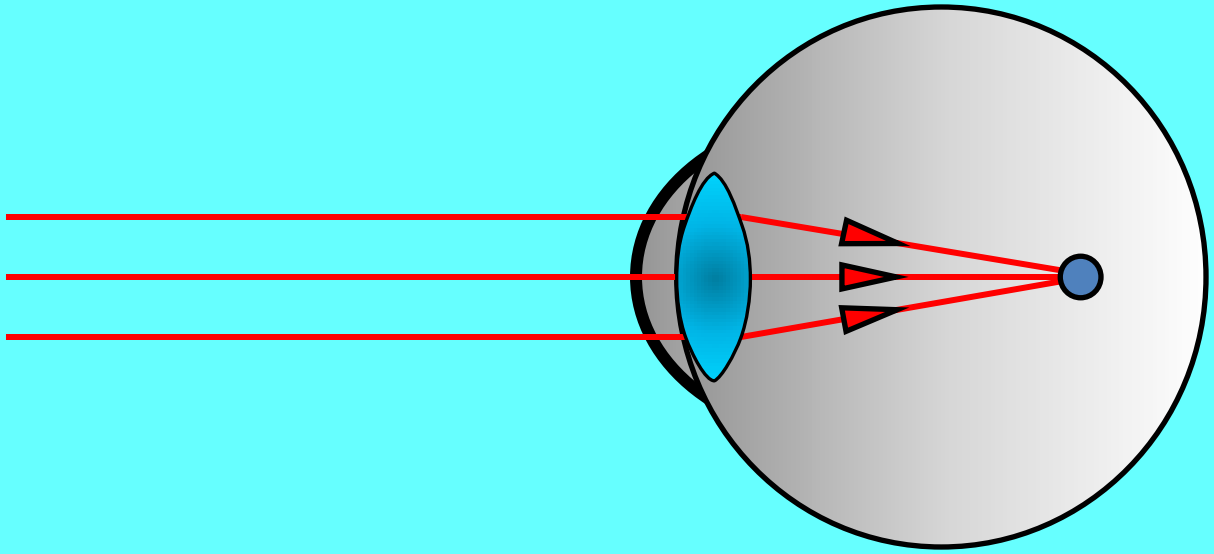
TEST NA BARVOCIT



Obr.: 1

VADY OKA - krátkozrakost

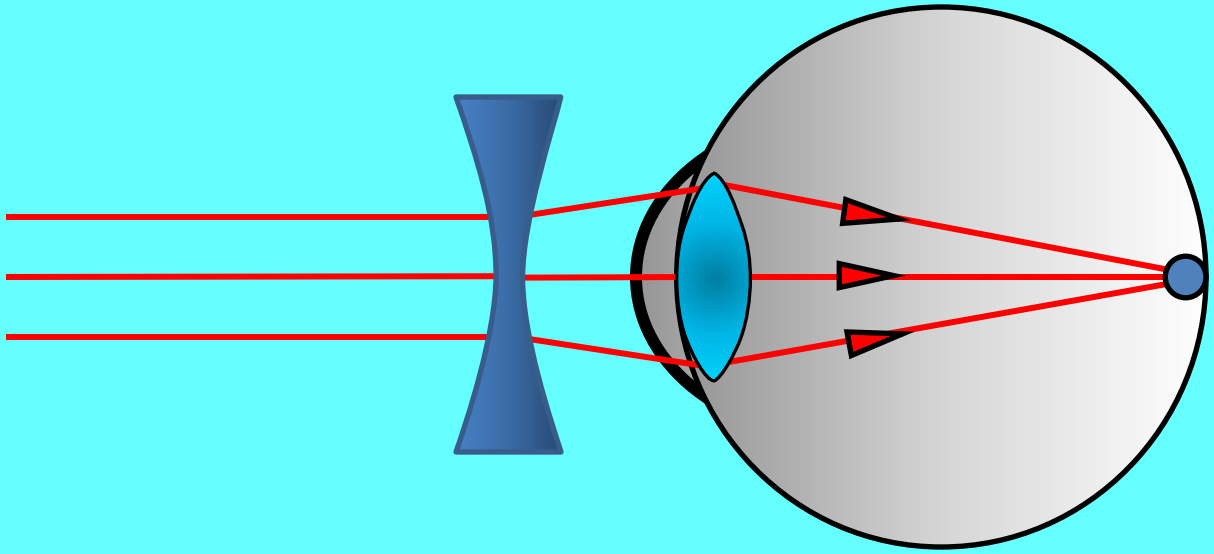
- blízký bod je posunut směrem k oku,
- paprsky se protínají **před** sítnicí



- myopie

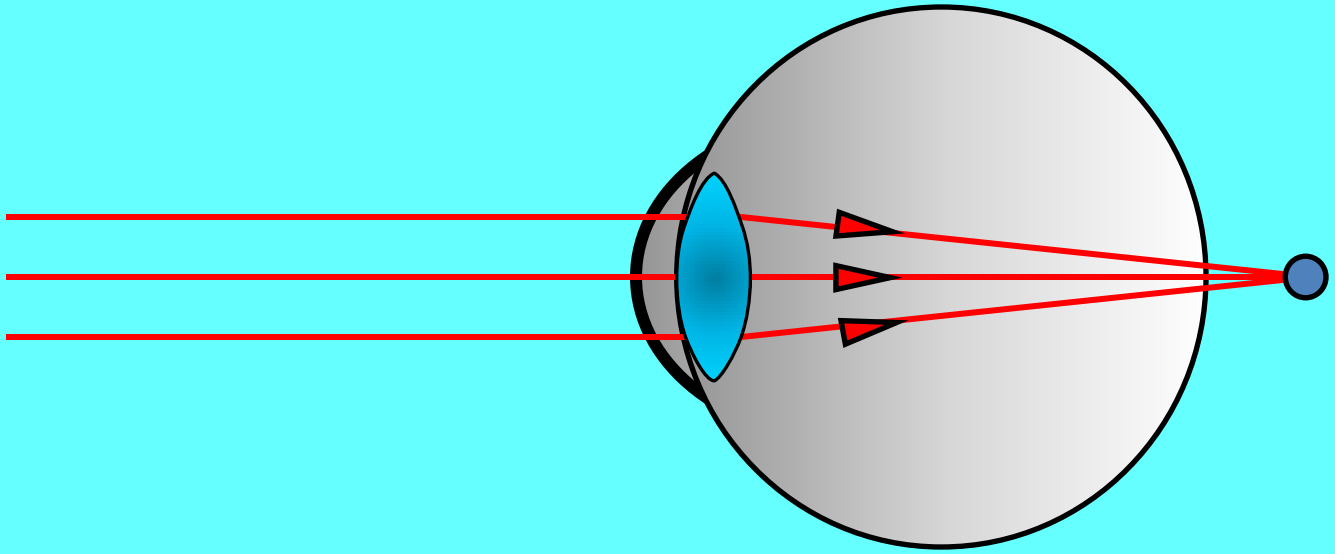
VADY OKA - krátkozrakost

- odstranění vady **rozptylkou**.



VADY OKA - dalekozrakost

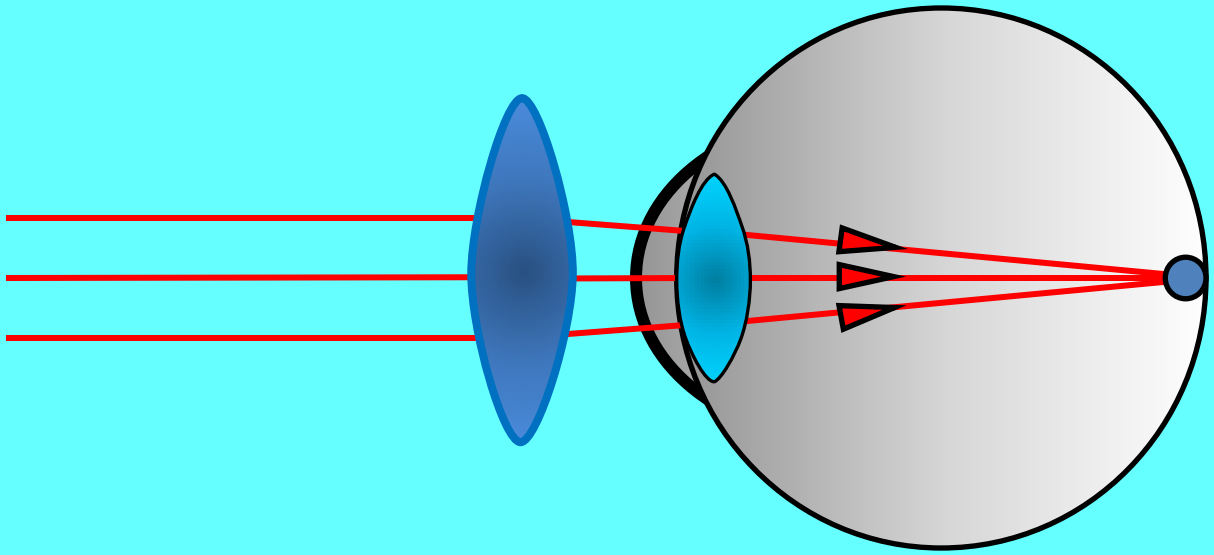
- blízký bod posunut směrem od oka
- paprsky se protínají **za** sítnicí



- hypermetropie

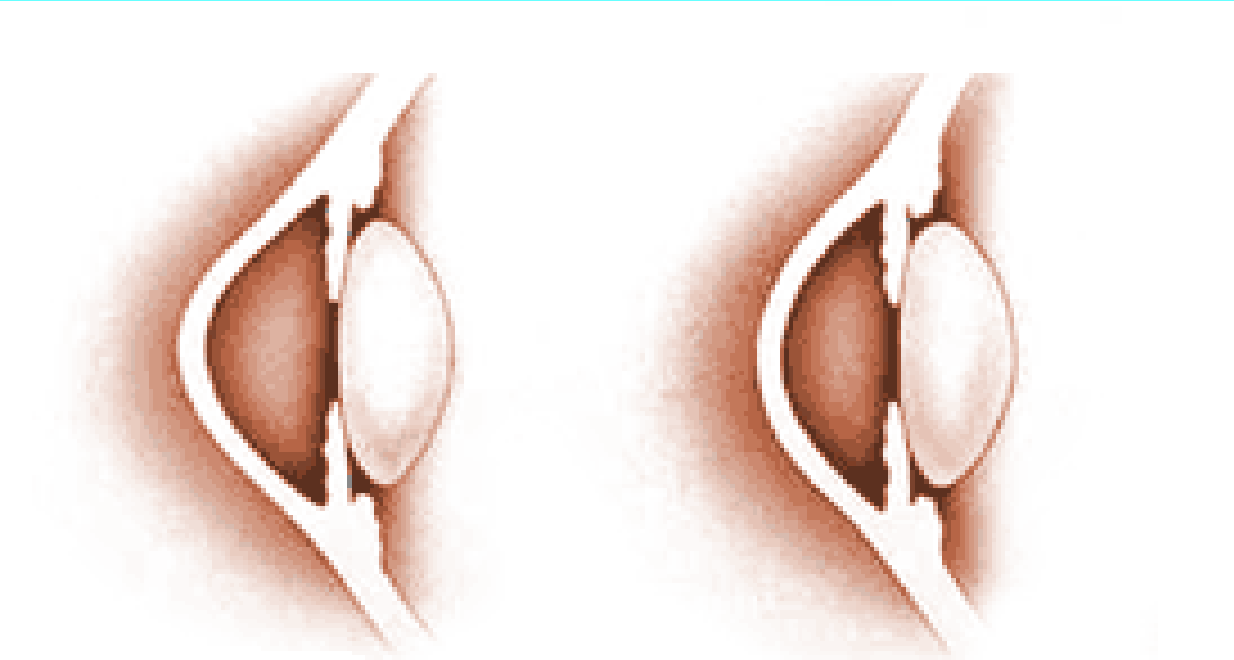
VADY OKA - dalekozrakost

- odstranění vady **spojkou**



VADY OKA - astigmatismus

- čočka je v různých směrech různě zakřivená,
- oko nevidí ostře současně 2 skupiny k sobě kolmých čar
- řešení - brýle s válcovými čočkami



Obr.: 2

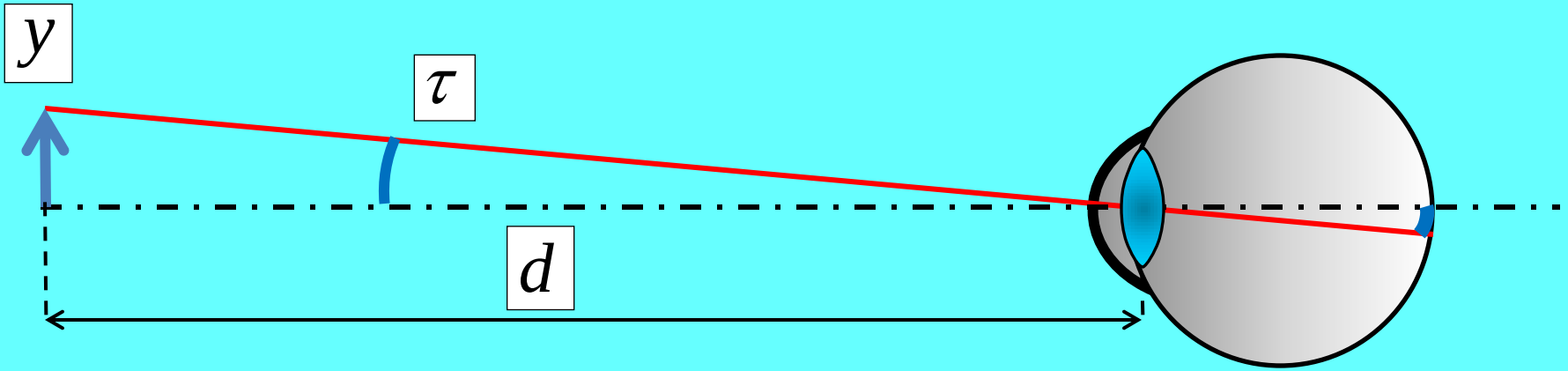
3. 8. SUBJEKTIVNÍ OPTICKÉ PŘÍSTROJE

vytvářejí zdánlivý obraz,
který okem (tedy subjektivně)
pozorujeme pod zvětšeným zorným úhlem.

Rozlišovací schopnost oka určuje nejmenší zorný úhel, pod kterým vidíme dva body odděleně.

LUPA - spojná čočka
MIKROSKOP - soustava spojných čoček

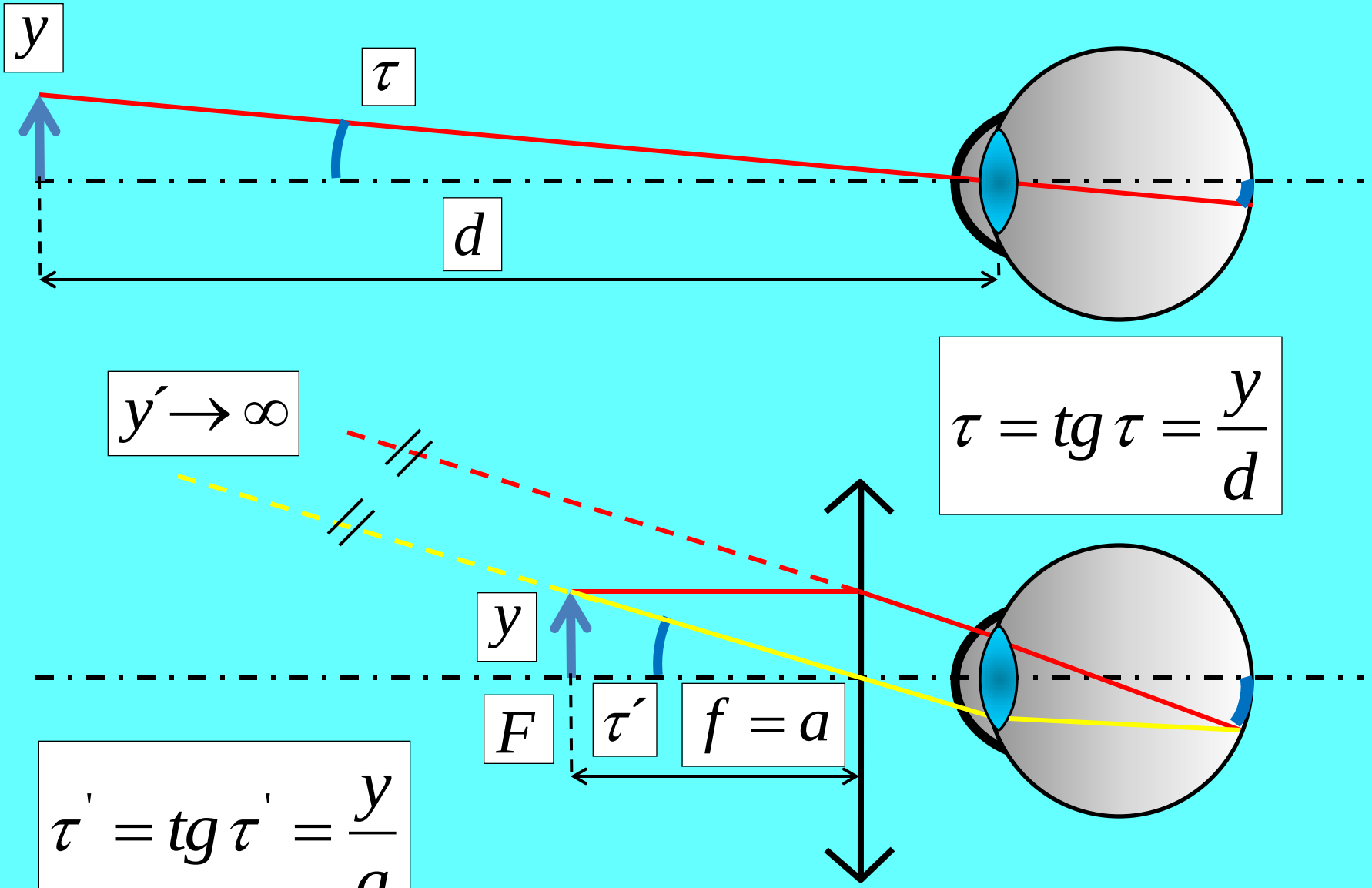
LUPA



d – konvenční zraková vzdálenost

$$\tau = tg\,\tau = \frac{y}{d}$$

LUPA

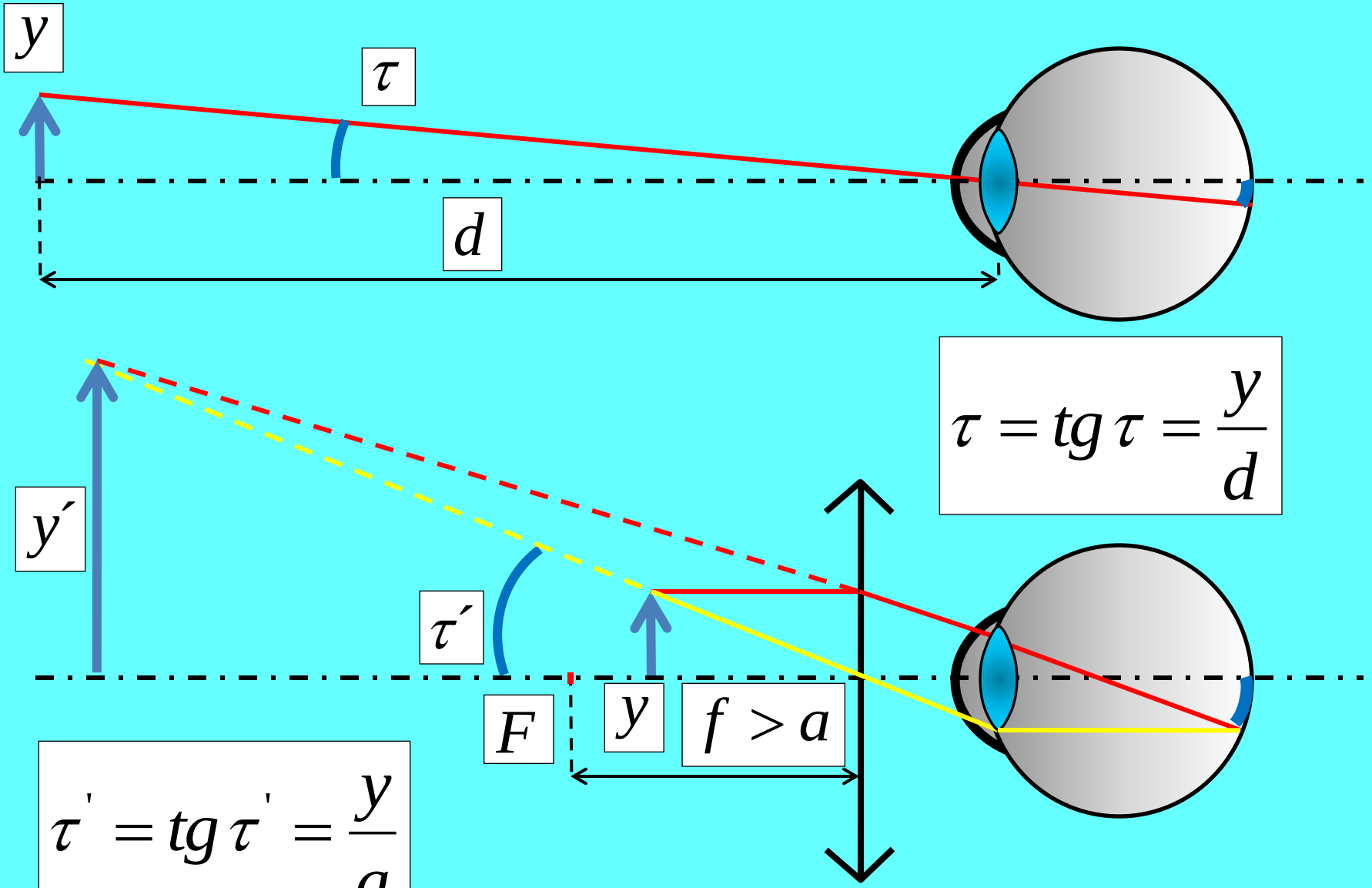


$$\tau = tg\,\tau = \frac{y}{d}$$

$$\tau' = tg\,\tau' = \frac{y}{a}$$

f – ohnisková vzdálenost lupy

LUPA



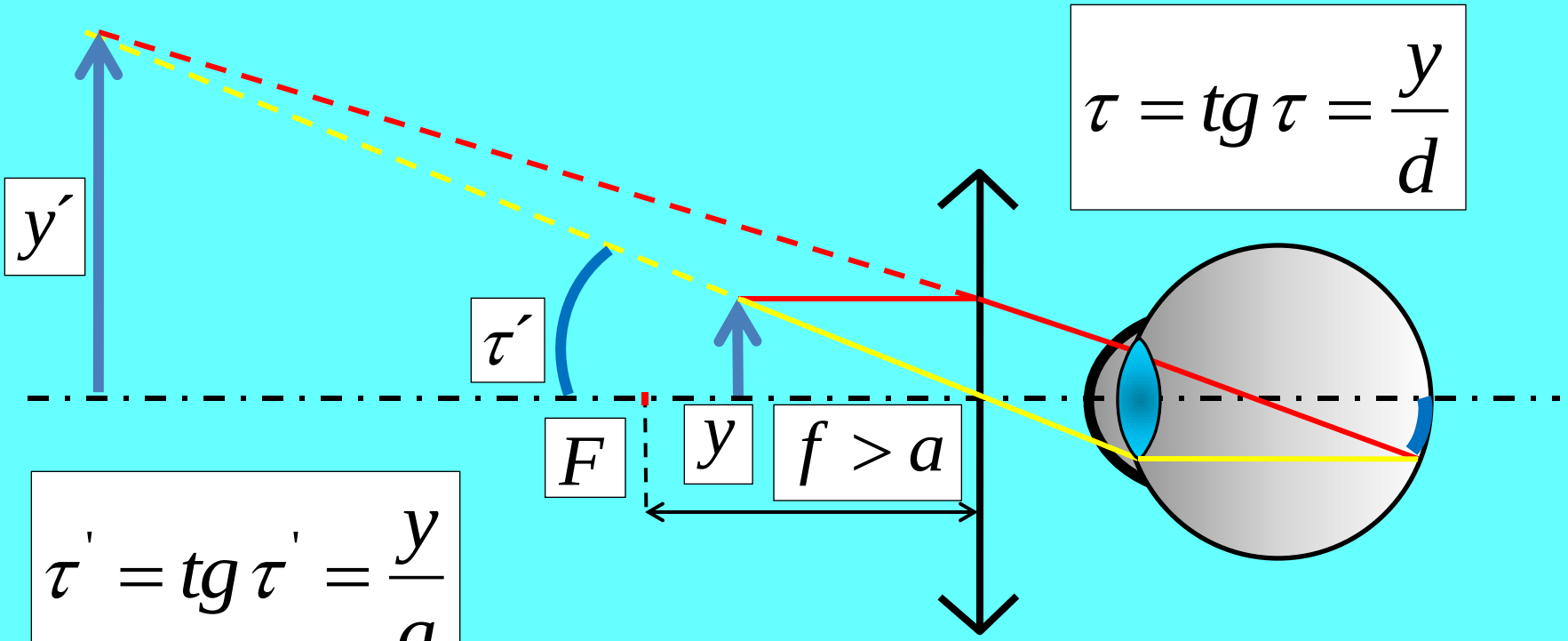
$$\tau = tg\,\tau = \frac{y}{d}$$

$$\tau' = tg\,\tau' = \frac{y}{a}$$

LUPA

Vzniká obraz

- zdánlivý
- zvětšený
- přímý



LUPA

Zvětšení lupy:

$$\tau = tg\,\tau = \frac{y}{d}$$

$$\tau' = tg\,\tau' = \frac{y}{a}$$

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{\frac{y}{a}}{\frac{y}{d}} = \frac{d}{a}$$

je-li a = f

$$\gamma = \frac{d}{f}$$

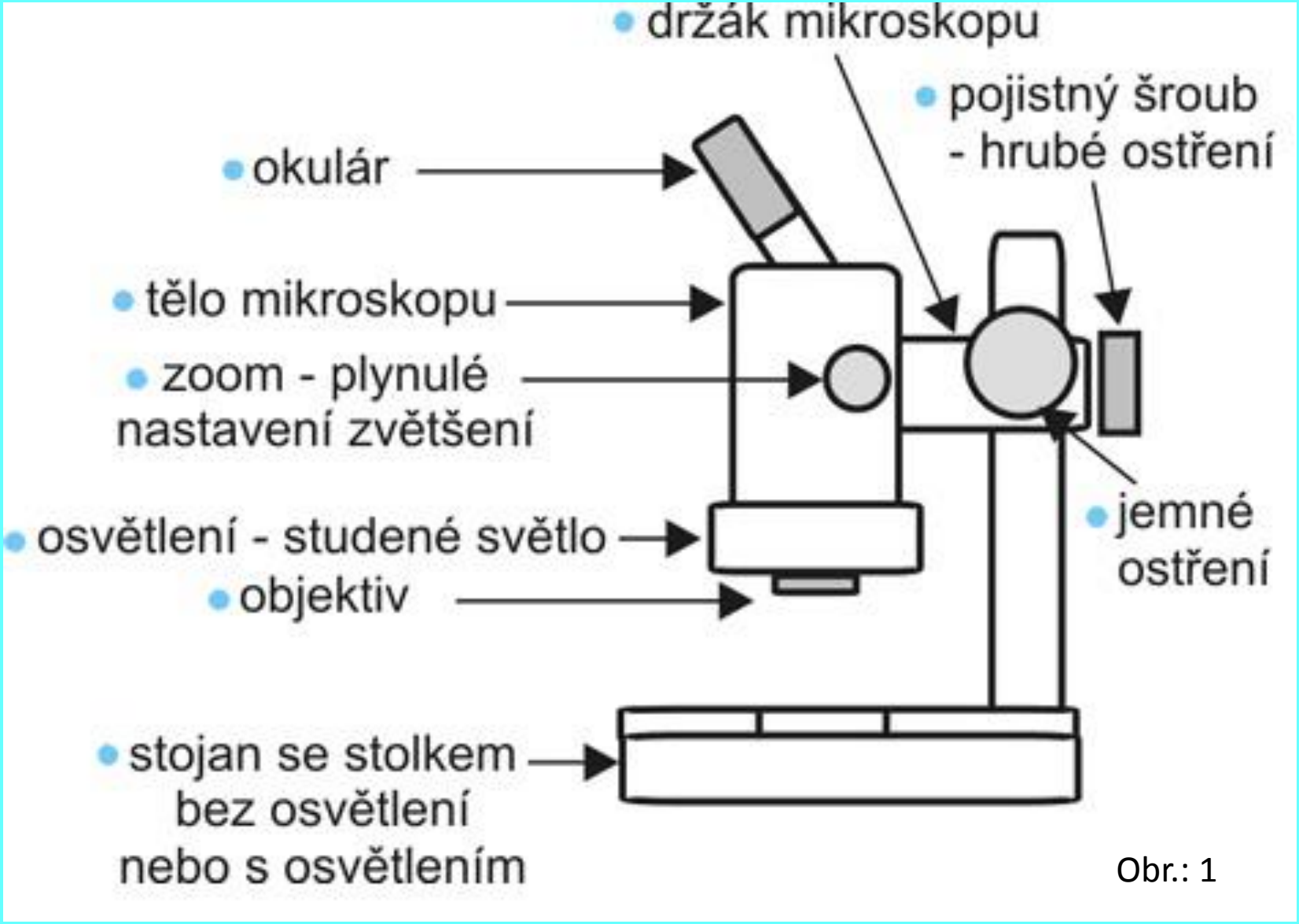
$$\gamma = \frac{0{,}25}{f} = 0{,}25\varphi$$

φ - optická mohutnost lupy

Zvětšení lupy je omezeno vadami čoček.
Maximální úhlové zvětšení lupy je asi 6 krát.

MIKROSKOP

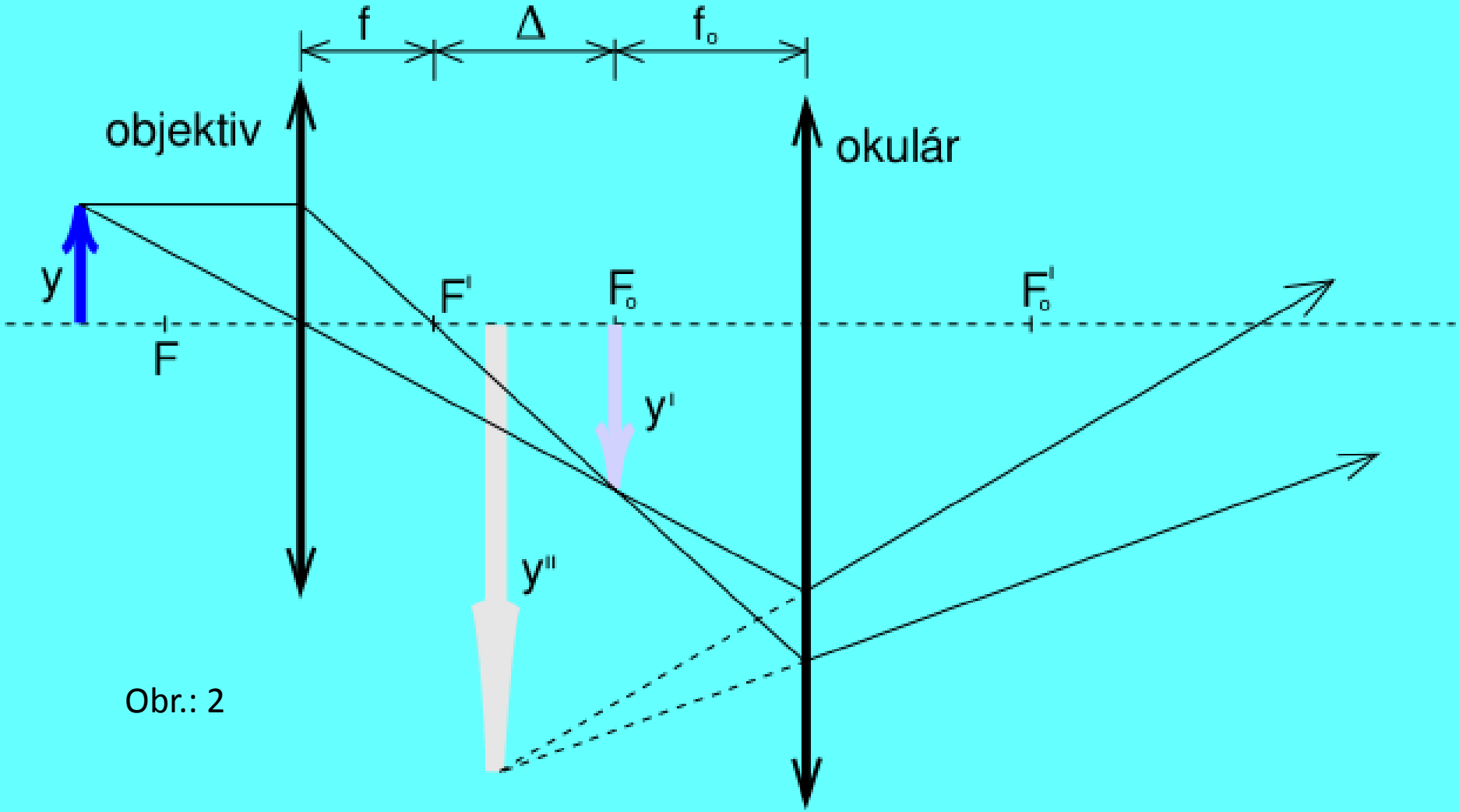
Slouží pro pozorování velmi malých předmětů.



Obr.: 1

MIKROSKOP

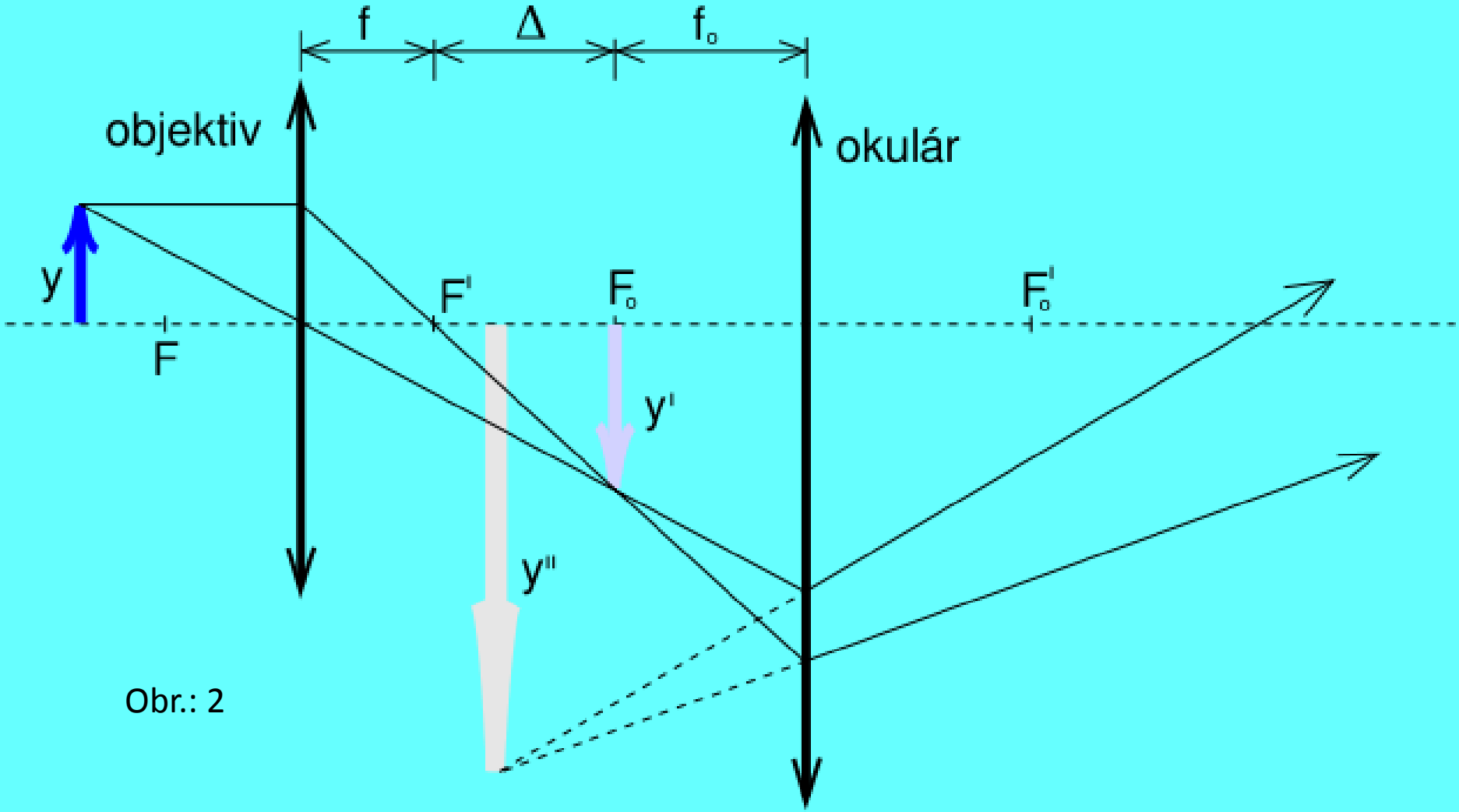
Optická soustava je tvořena dvěma spojnými čočkami.



Obr.: 2

MIKROSKOP

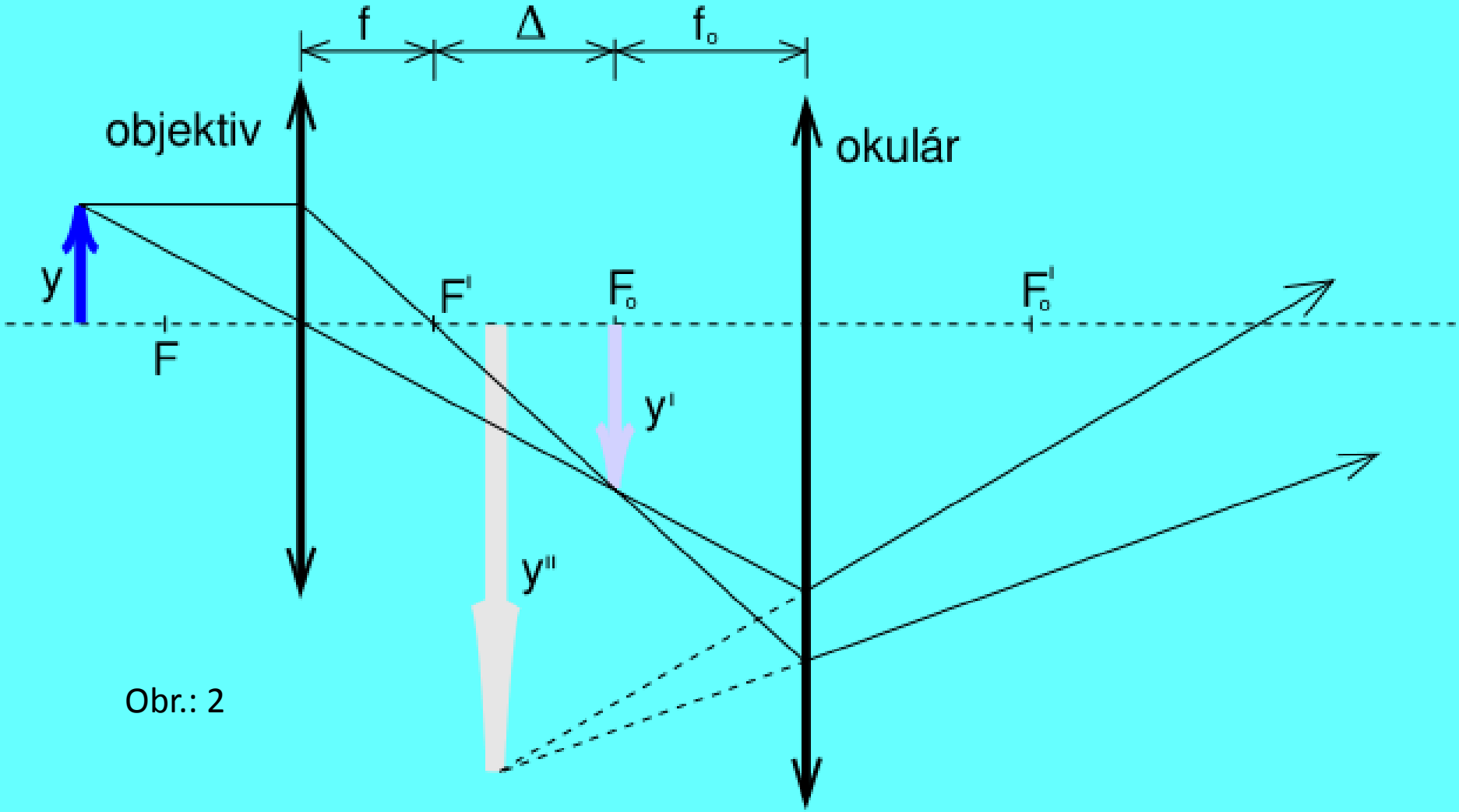
objektiv – má malou ohniskovou vzdálenost f´
je blíže pozorovanému objektu



Obr.: 2

MIKROSKOP

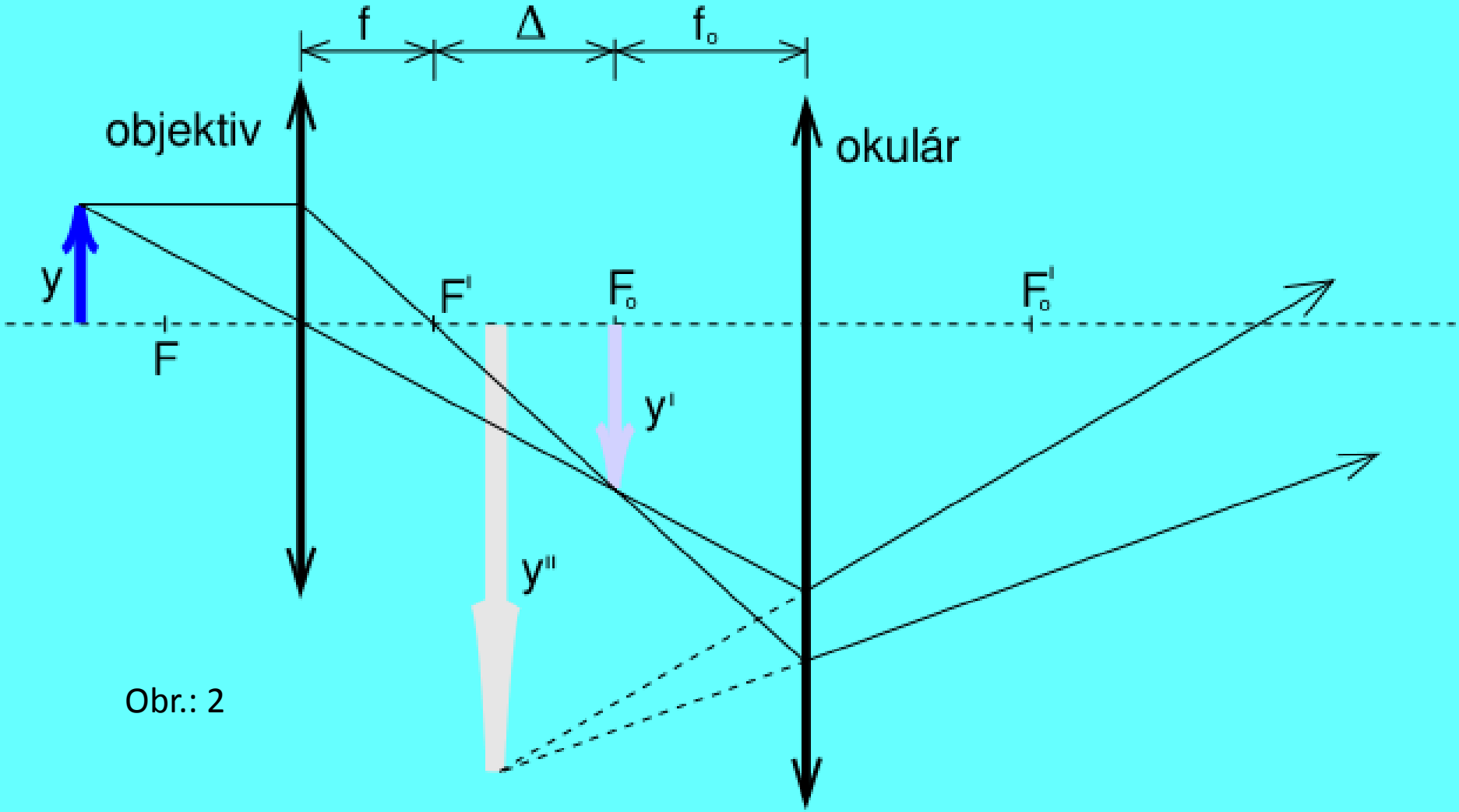
okulár – má větší ohniskovou vzdálenost f_0, je v blízkosti oka



Obr.: 2

MIKROSKOP

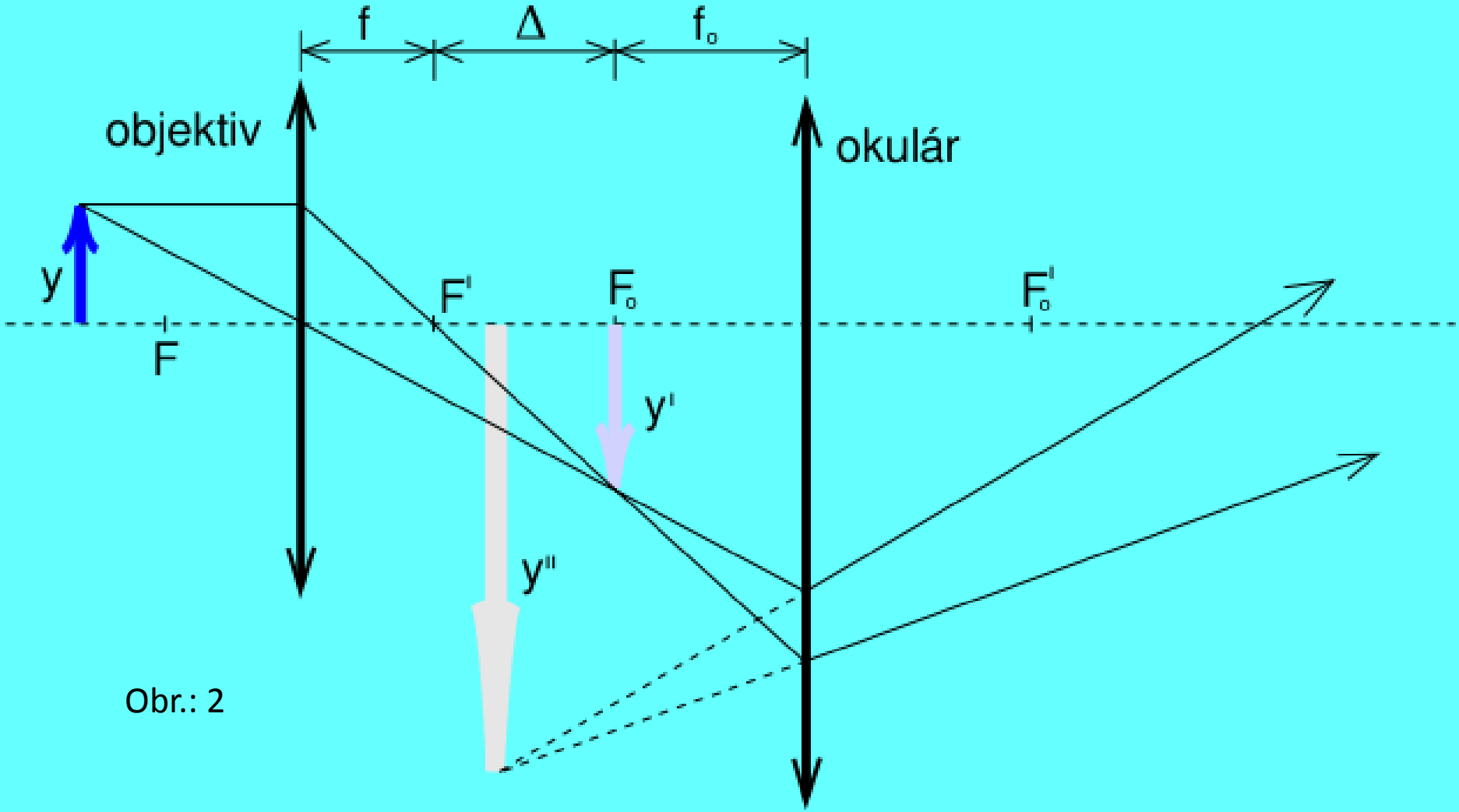
Pozorovaný předmět umístíme do malé vzdálenosti před předmětové ohnisko objektivu.



Obr.: 2

MIKROSKOP

Objektiv vytvoří : skutečný, převrácený, zvětšený obraz, který pozorujeme okulárem jako lupou.



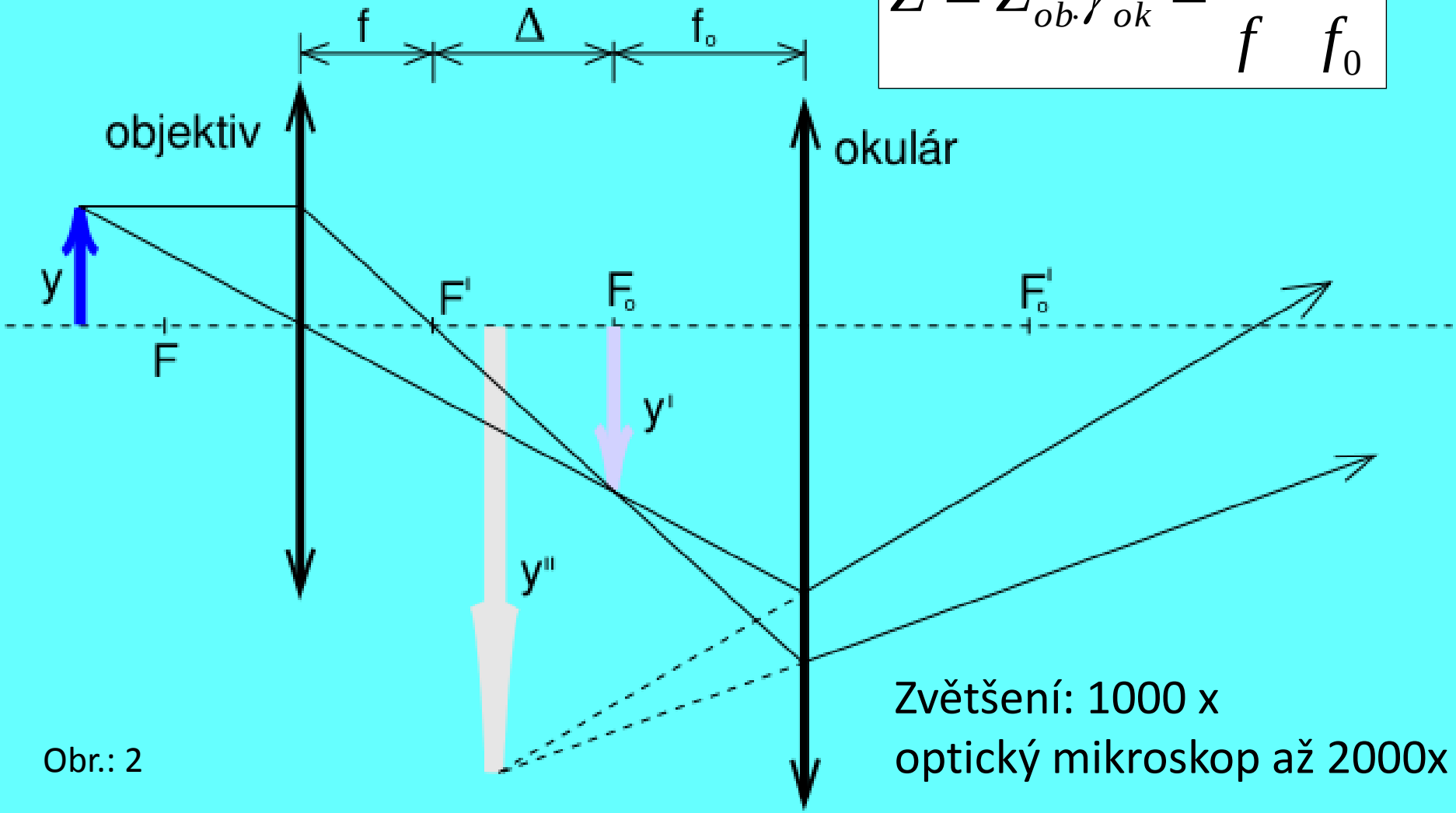
Obr.: 2

MIKROSKOP

Δ – optický interval $\Delta = |F'F_0|$

Zvětšení:

$$Z = Z_{ob}.\gamma_{ok} = \frac{\Delta}{f} \cdot \frac{d}{f_0}$$



Obr.: 2

Zvětšení: 1000 x
optický mikroskop až 2000x

DALEKOHLEDY

Slouží k zvětšení zorného úhlu při pozorování velkých, vzdálených předmětů.

Optická soustava se skládá z objektivu a okuláru.

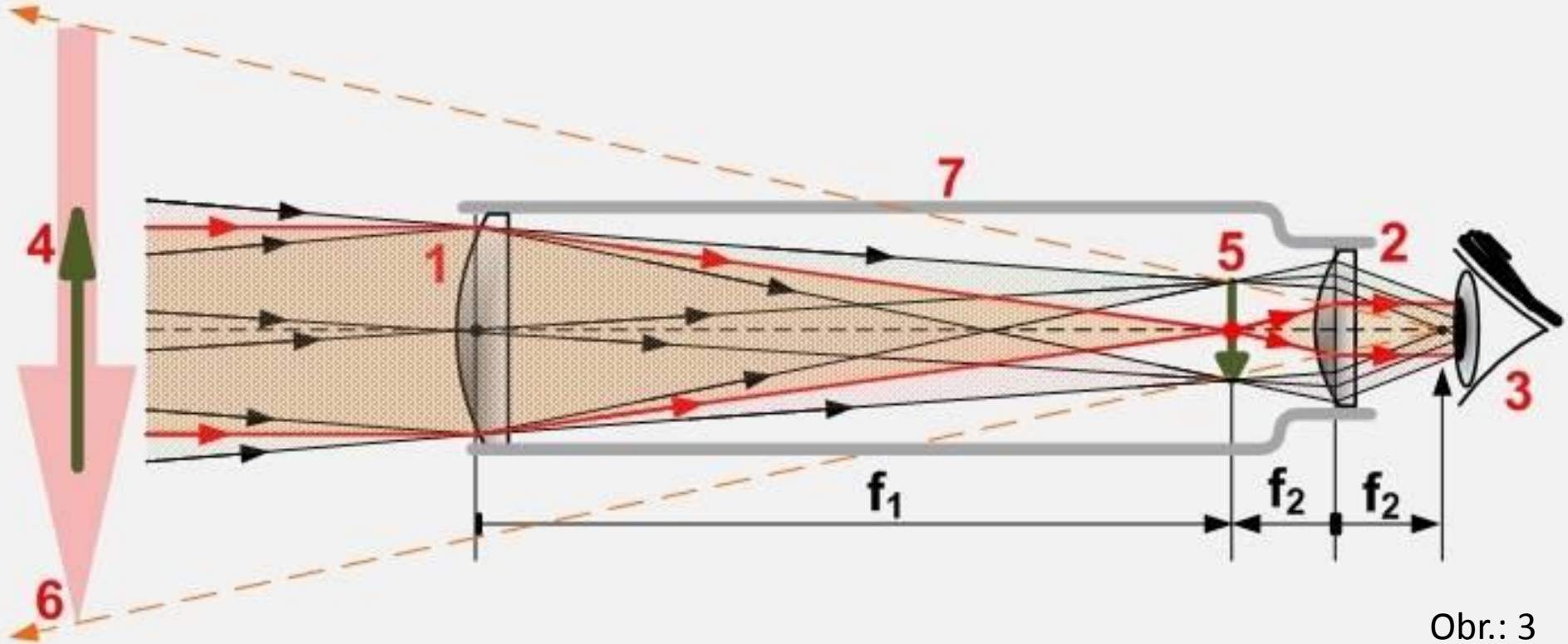
A) REFRAKTORY – objektivem je spojná čočka

1. **Keplerův (hvězdářský) dalekohled**
   okulárem je spojka.
2. **Galileův (pozemský, holandský) dalekohled**
   okulárem je rozptylka.

B) REFLEKTORY – objektivem je duté zrcadlo

1. **Newtonův dalekohled**
2. **Cassegrainův dalekohled**

A) 1. KEPLERŮV DALEKOHLED



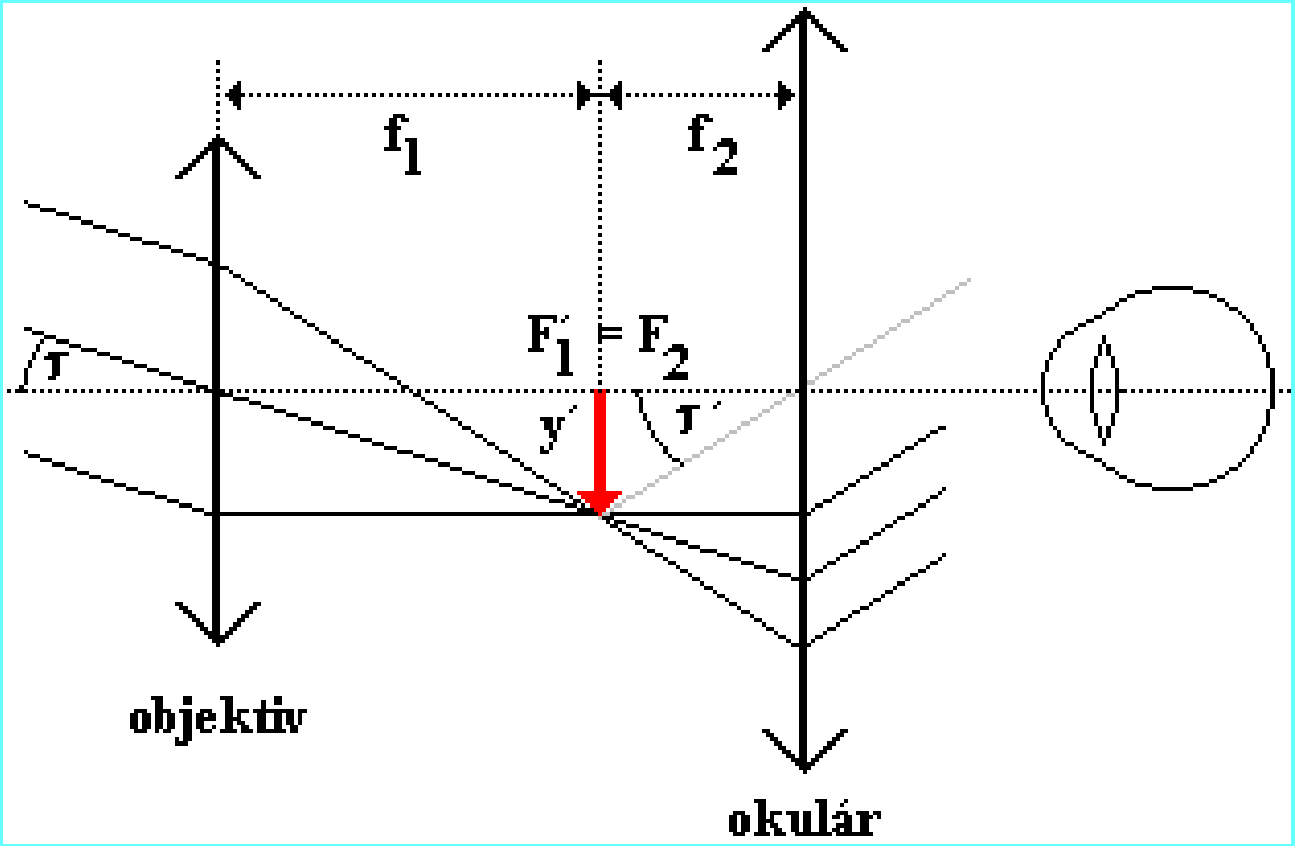
Obr.: 3

1 - objektiv,
2 - okulár,
3 - oko,
4 - předmět,
6 - zvětšený obraz,
7 - tubus;
f_1 - ohnisková vzdálenost objektivu,
f_2 - ohnisková vzdálenost okuláru.

A) 1. KEPLERŮV DALEKOHLED

Vytváří obraz

- převrácený
- zdánlivý
- zvětšený



Zvětšení:

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

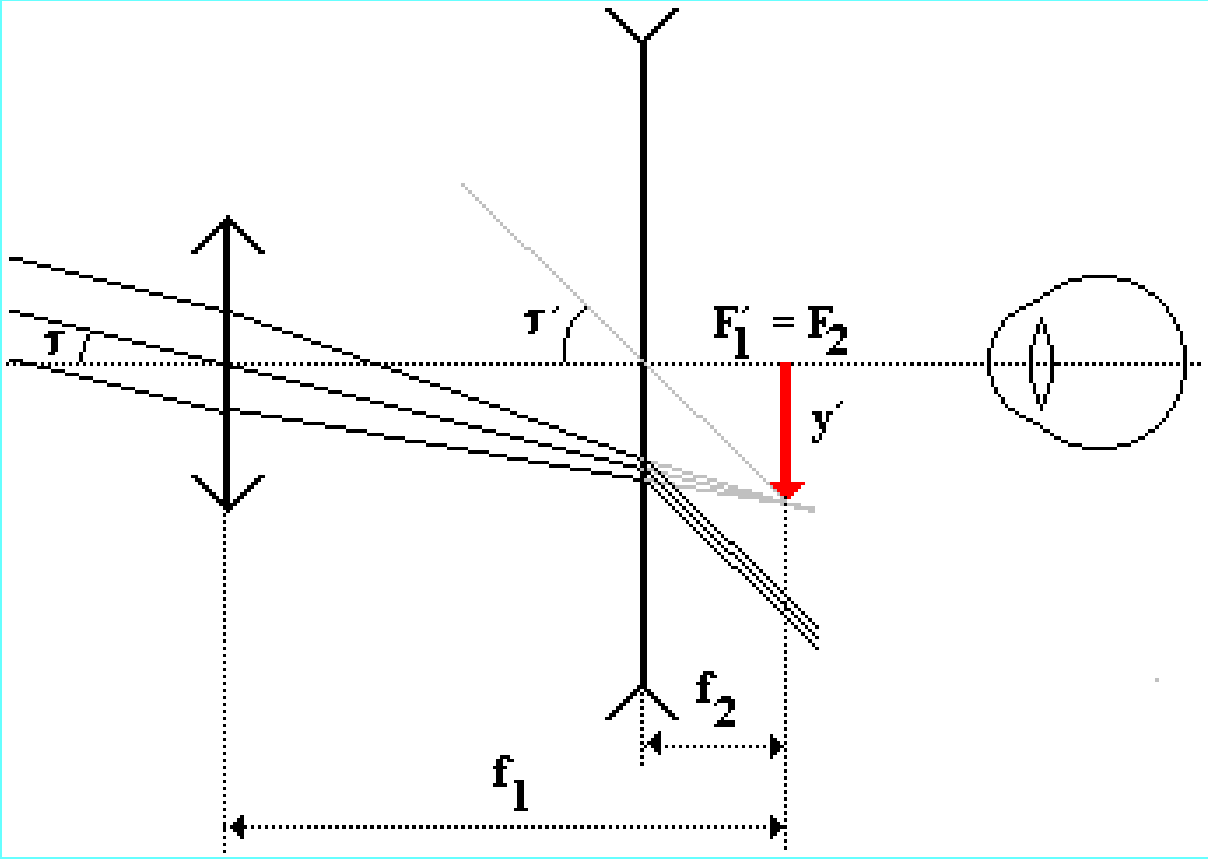
Při pozemských pozorováních je třeba obraz převrátit zpět pomocí odrazných hranolů.

A) 2. GALILEŮV DALEKOHLED

obraz je přímý

(divadelní kukátko
- 4 násobné zvětšení)

Zvětšení: $$\gamma = \frac{f_1}{|f_2|}$$



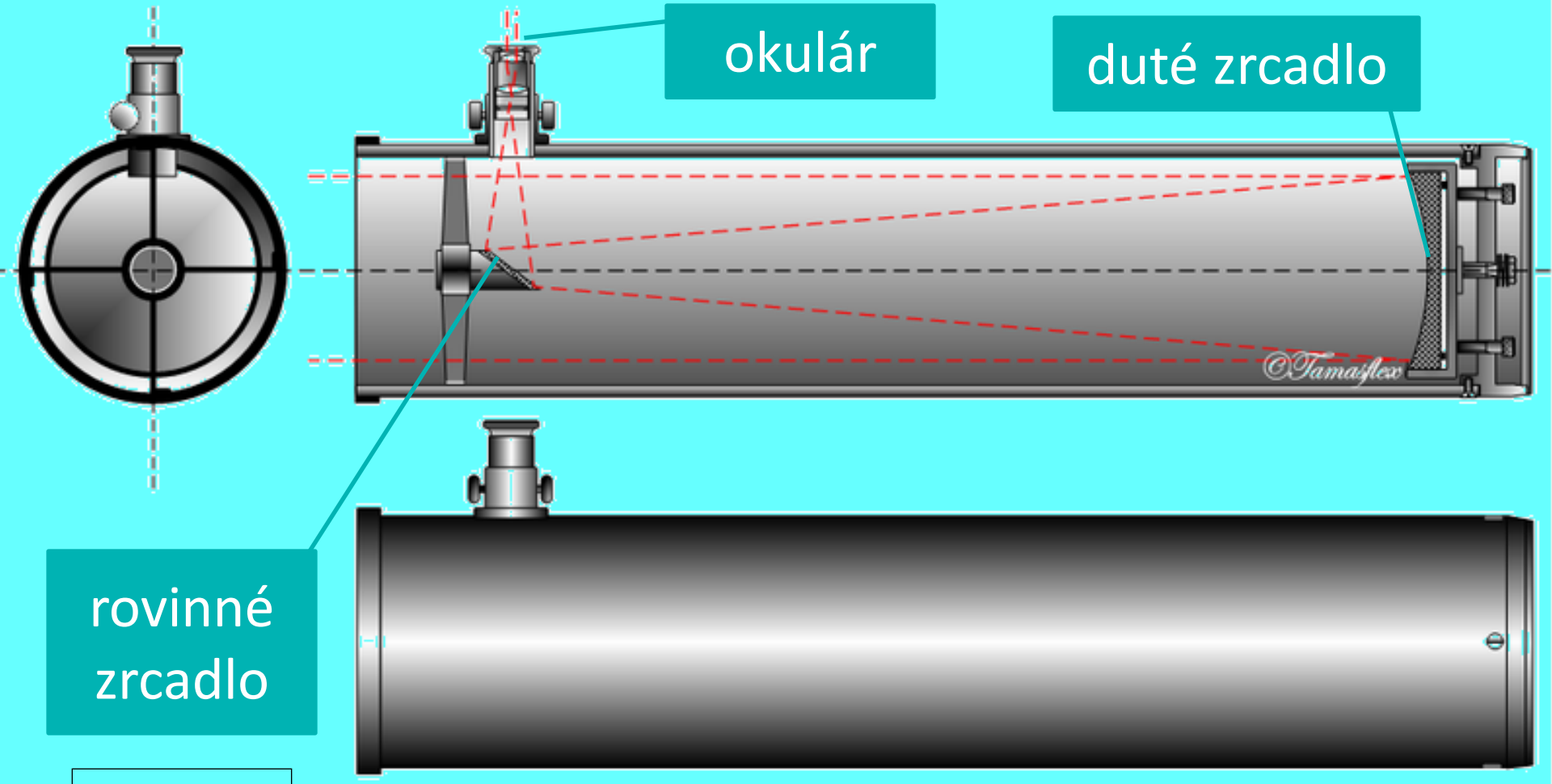
objektiv - s velkou ohniskovou vzdáleností
okulár - s malou ohniskovou vzdáleností

Obrazové ohnisko objektivu splývá
s obrazovým ohniskem okuláru.

A) 2. GALILEŮV DALEKOHLED

Obr.: 4

B) 1. NEWTONŮV DALEKOHLED

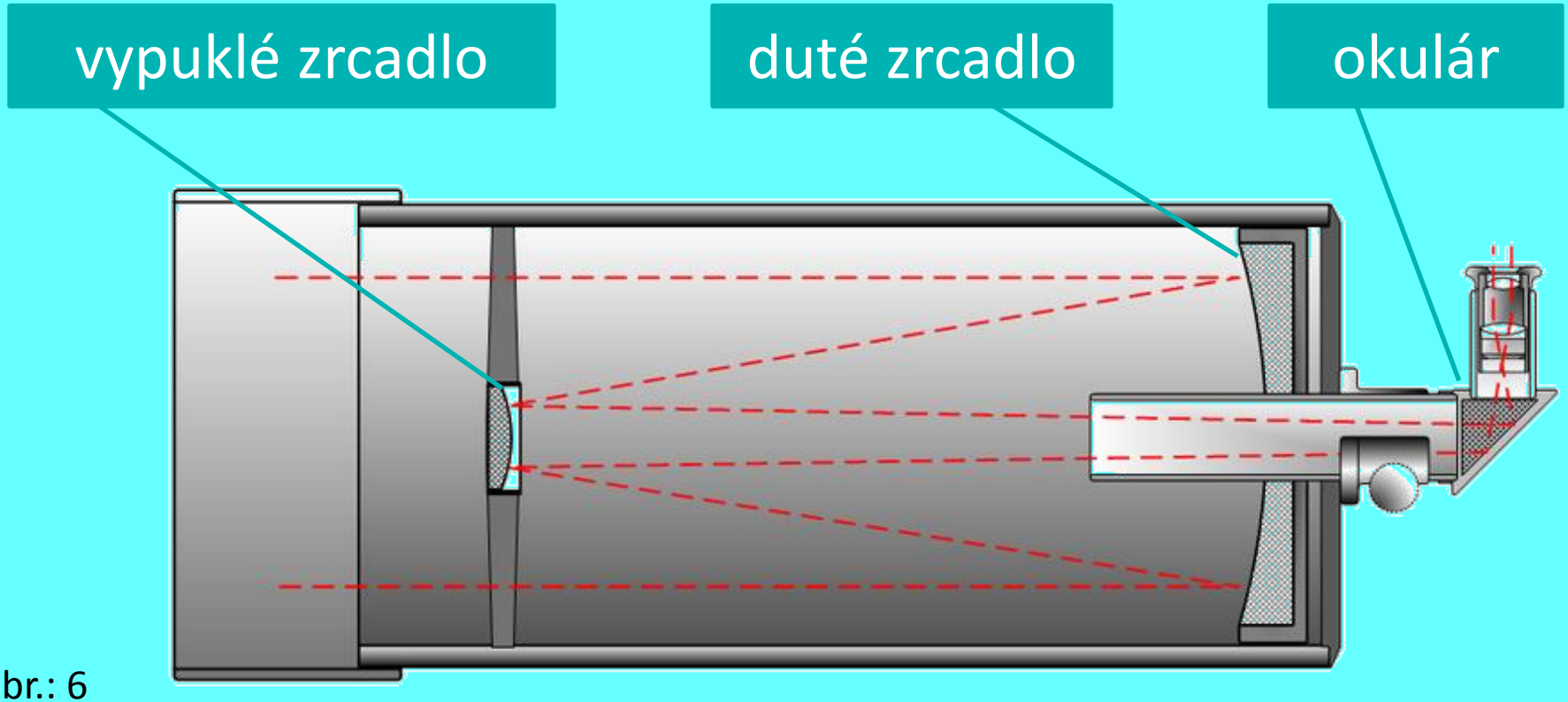


$$\gamma = \frac{f_1}{|f_2|}$$

Vytváří skutečný, stranově převrácený obraz parabolickým zrcadlem.

Obr.: 5

B) 1. CASSEGRAINŮV DALEKOHLED



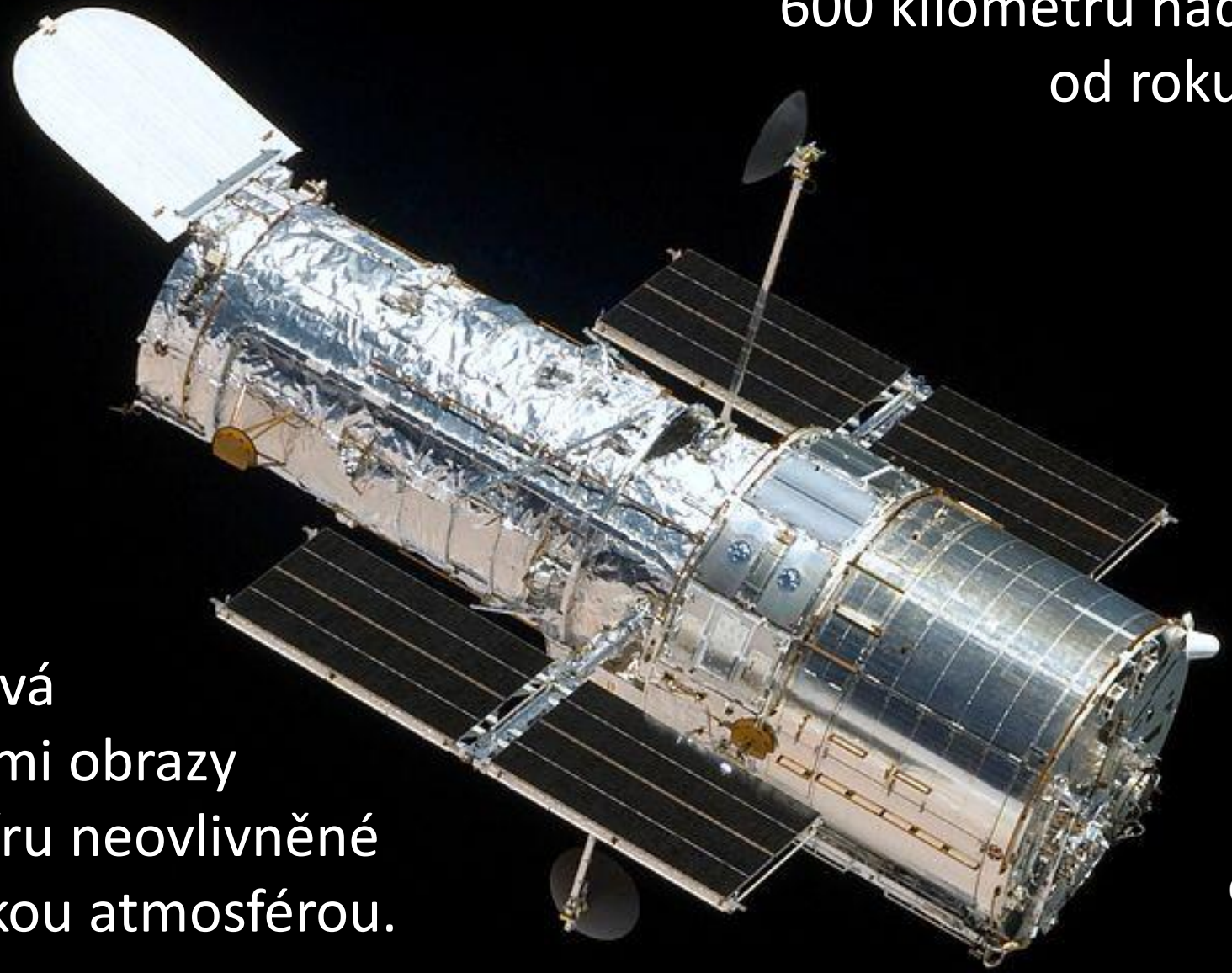
Obr.: 6

Paprsky odražené dutým primárním parabolickým zrcadlem soustředí paprsky do malého vypuklého zrcadla, které je odrazí do okuláru, umístěného v ose dalekohledu; primární zrcadlo musí tedy mít uprostřed otvor.

HUBBLEŮV VESMÍRNÝ DALEKOHLED

REFLEKTOR

600 kilometrů nad Zemí
od roku 1990



Předává
na Zemi obrazy
vesmíru neovlivněné
zemskou atmosférou.

Obr.: 7

3. 9. OBJEKTIVNÍ OPTICKÉ PŘÍSTROJE

Vytvářejí skutečný obraz.

přístroje

- projekční
- fotografické
- zvětšovací
- kamery