

5.2.3 Duté zrcadlo I

Předpoklady: 5201, 5202

Dva druhy dutých zrcadel:

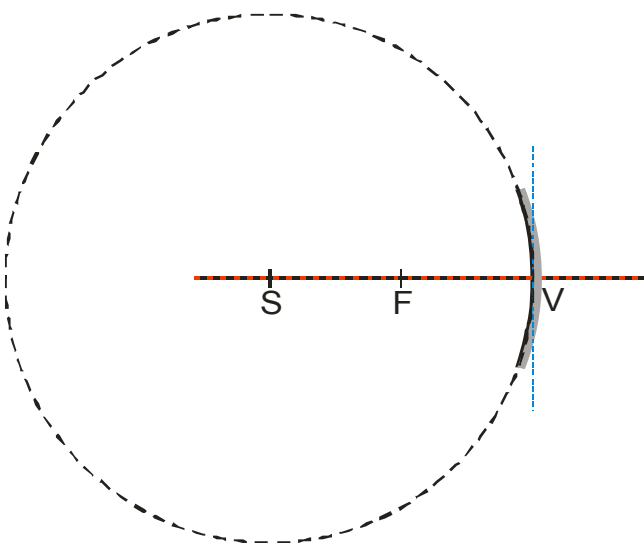
- **kulové** = odrazivá plocha zrcadla je částí kulové plochy \Rightarrow snazší výroba, ale horší zobrazení (aby se zobrazovalo přesně, musíme použít s kulové plochy pouze malou část, paprsky vzdálenější od osy vzdálenější paprsky, se neodráží přesně podle pravidel)
- **parabolické** = odrazivá plocha zrcadla je částí paraboloidu (parabola v prostoru) \Rightarrow horší výroba, ale lepší zobrazení (pravidla platí pro všechny paprsky, všechny paprsky rovnoběžné s osou paraboly se odrazí do jejího ohniska)

Duté zrcadlo umí hodně:

- můžeme se v něm prohlížet jako v normálním zrcadle, ale všechno je zvětšené, z větší vzdálenosti se vidíme rozmazaně
- stejně jako u čočky je možné vyrobit zmenšený převrácený obraz okna na papíře, můžeme vyrobit i převrácený zmenšený obraz plamínku svíčky (svíčka je od zrcadla daleko, obraz je blízko)
- je možné vyrobit i zvětšený převrácený obraz plamínku svíčky (svíčka blízko u zrcadla, obraz je daleko)

\Rightarrow budeme muset prozkoumat běh paprsků a zjistit, jak to všechno zrcadlo dokáže

Pedagogická poznámka: Vznik obrazů studentům ukážu a pak zrcátka pošlu po třídě, aby si mohli během dalšího výkladu zkusit vyrobit obraz okna a prohlédnout si v zrcátku sami sebe.



S - střed kulové plochy

V - vrchol kulového zrcadla

přímka SV je kolmá k povrchu zrcadla v bodě V , říkáme jí optická osa

rovina procházející vrcholem a kolmá na optickou osu se nazývá vrcholová rovina

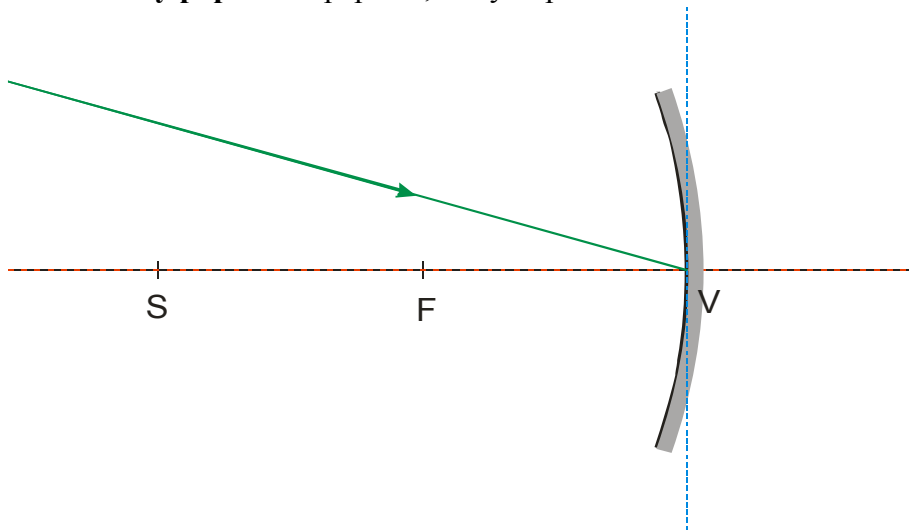
F - ohnisko (u kulového zrcadla je středem úsečky SV), je bodem, do kterého odrazí zrcadlo

paprsky rovnoběžné s osou

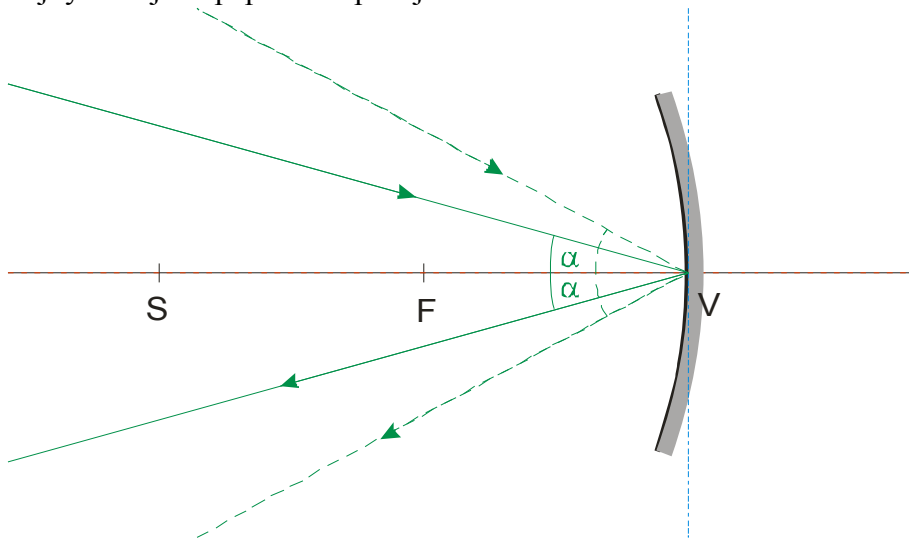
Vzdálenost od vrchole a ohniskem je základní charakteristikou zrcadla, říkáme ji ohnisková vzdálenost, značíme ji f .

Význačné paprsky (význačné tím, že dokážeme snadno nakreslit jejich chod)

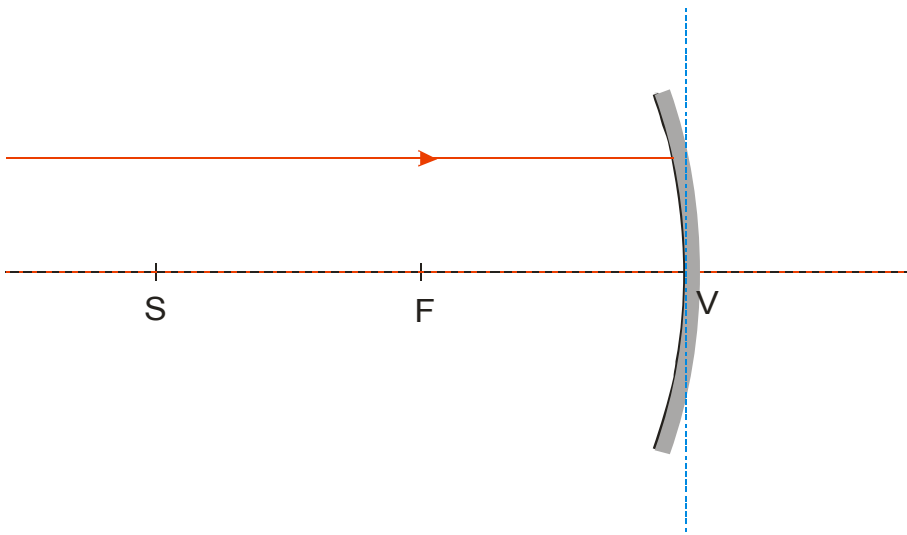
1. vrcholový paprsek - paprsek, který dopadá do vrcholu zrcadla



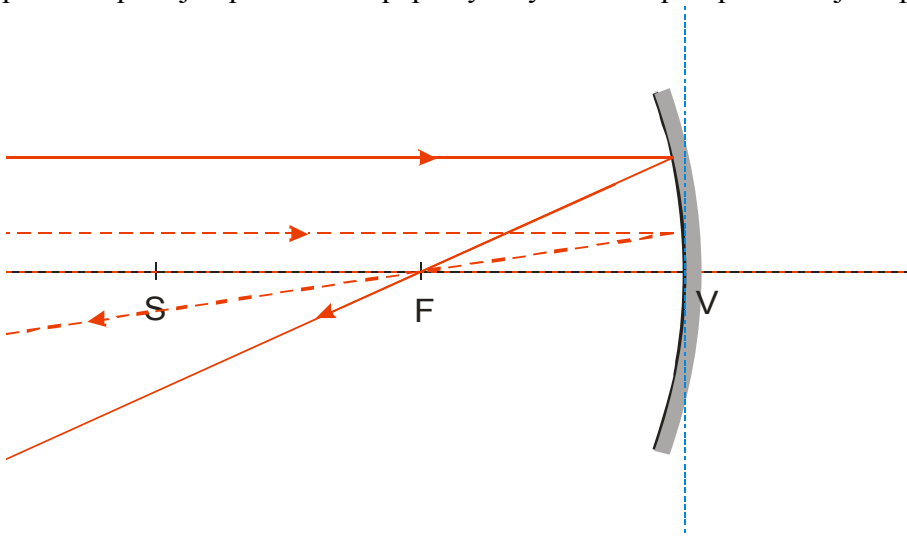
Protože plocha zrcadla je ve vrcholu kolmá na optickou osu, svírá odražený paprsek s optickou osou stejný úhel jako paprsek dopadající.



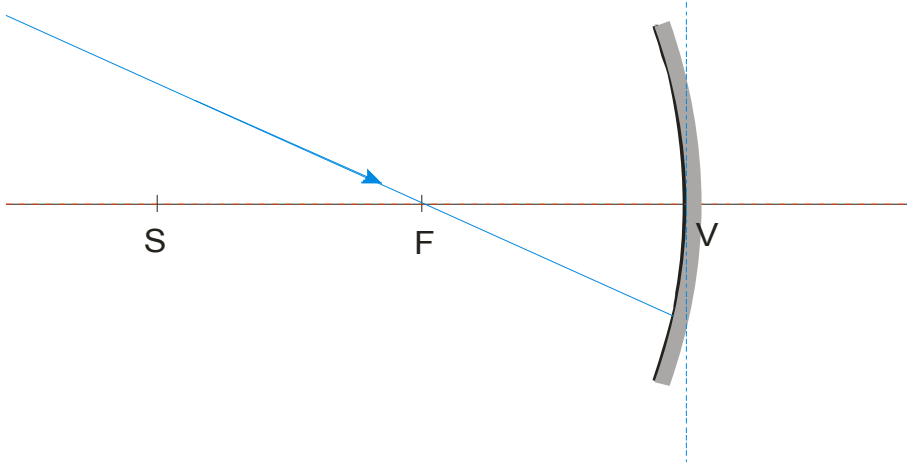
2. rovnoběžný paprsek - paprsek, který se šíří rovnoběžně s osou



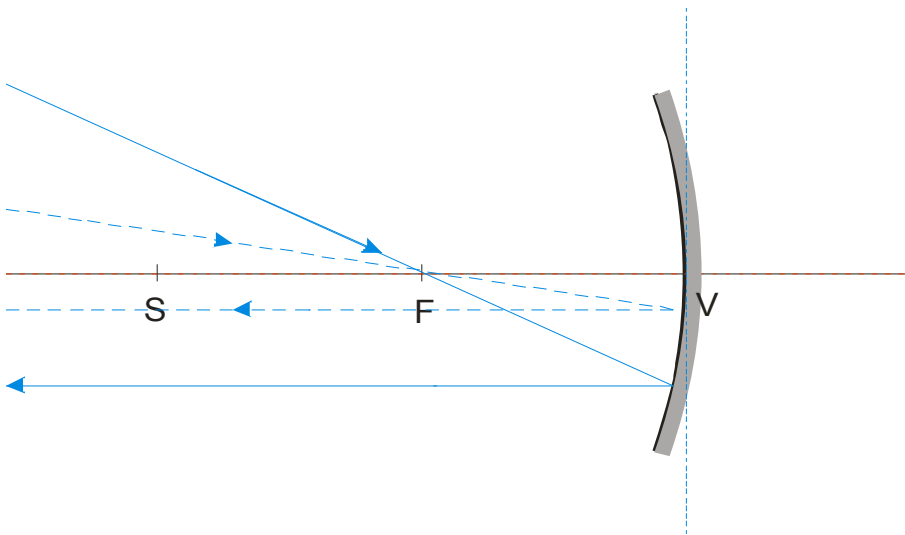
U parabolického zrcadla se tento paprsek odráží přesně do ohniska. U kulového zrcadla toto pravidlo platí jen pro některé paprsky. My budeme předpokládat jeho platnost.



3. ohniskový paprsek - paprsek, který prochází ohniskem

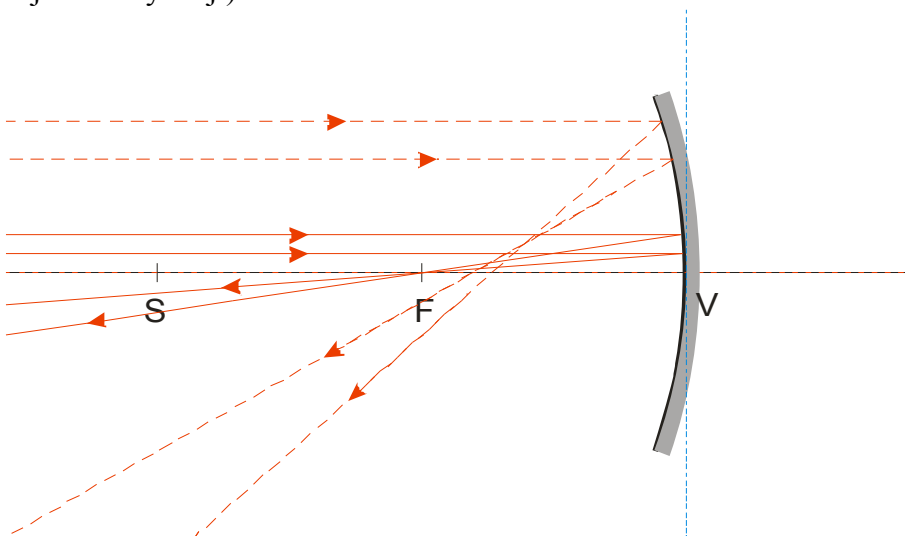


Podle zákona o záměně chodu paprsků se musí odrážet rovnoběžné s osou (zaměnili jsme ho s rovnoběžným paprskem).



Uvedeným způsobem se u kulového zrcadla lámou pouze **paraxiální paprsky** (paprsky, které letí tak blízko osy kulového zrcadla), čím dále od osy zrcadla paprsky letí, tím je rozdíl mezi skutečným odrazem a tím, co jsme kreslili větší.

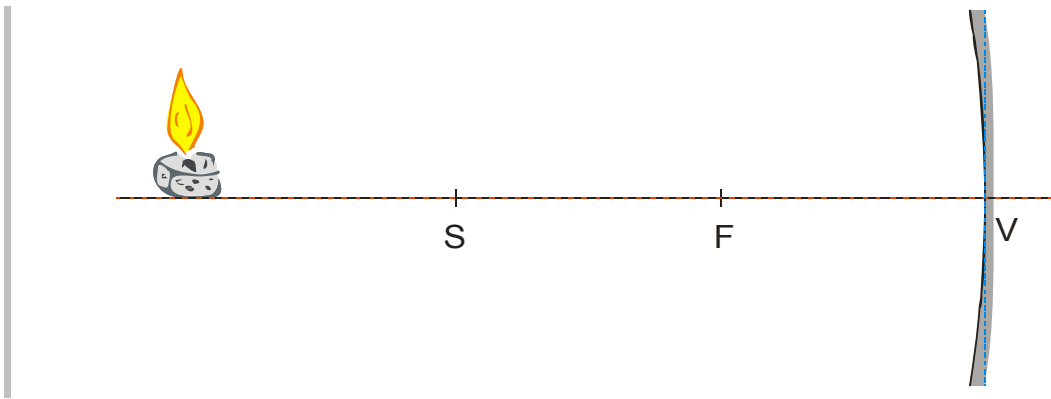
Stejně jako u mnoha jiných věcí jde o věc míry. Například na následujícím obrázku můžeme plné paprsky považovat za paraxiální (poskytující správné zobrazení), čárkované již za paraxiální považovat nemůže (pokud budou vstupovat do zobrazování, získáme rozmazaný obraz, protože nejdou kudy mají).



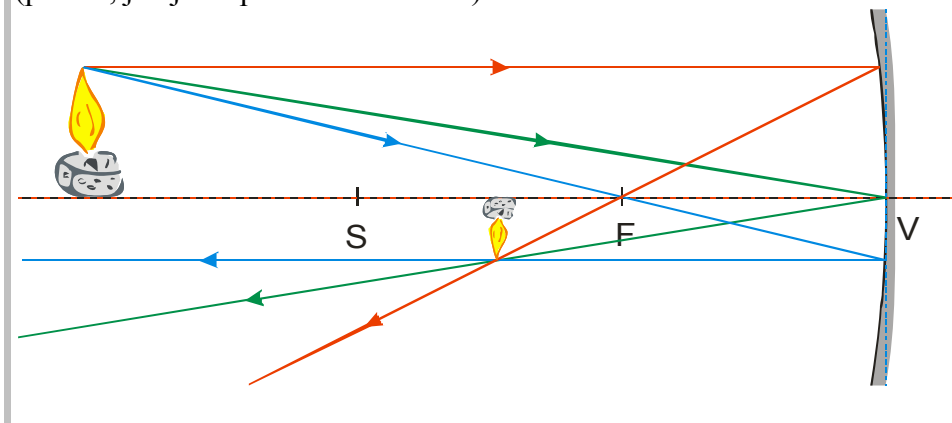
V naprosté většině případů (i případ našich zrcátek) je paraxiálnost zajištěna tím, že zrcadlo představuje pouze velmi malou část kulové plochy, ze které je „vyrobeno“. Například naše zrcátka pocházejí z kulové plochy s průměrem 1m.

Nyní zkusíme, zda nám kreslení význačných paprsků pomůže vysvětlit zobrazování zrcadlem. Nejdříve se budeme zabývat nejdéle známou možností – zmenšeným obrazem vzdáleného předmětu.

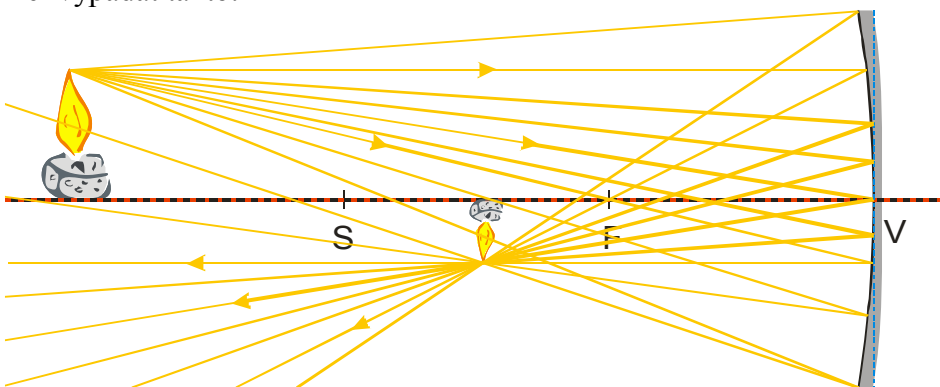
Př. 1: Na obrázku je nakresleno kulové zrcadlo a svíčka. Najdi zakreslením chodu význačných paprsků její obraz a porovnej výsledek s naměřenou skutečností.



Všechny tři paprsky se po odrazu od zrcadla potkají v jednom bodě, kde vznikne převrácený (vzhůru nohama), zmenšený, skutečný (paprsky se opravdu setkají) obraz špičky plamínku (přesně, jak jsme před chvílí zkusili).

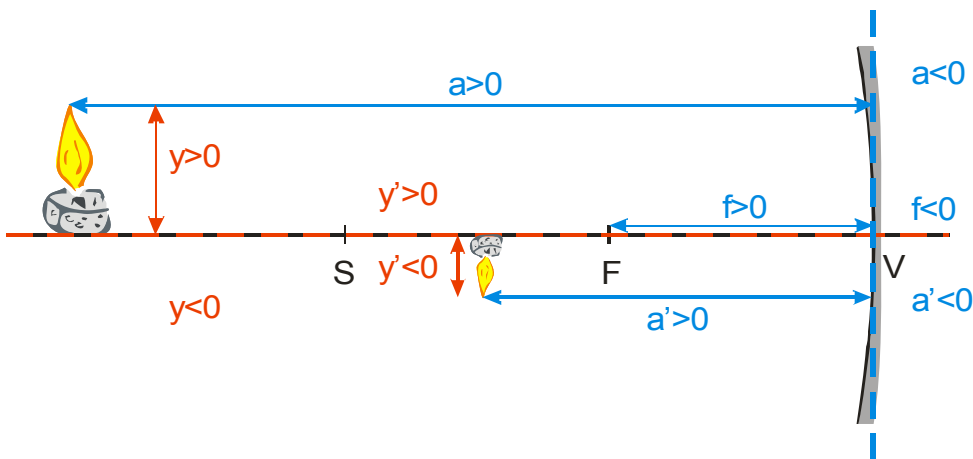


Pozor: Obraz špičky plamínku nevytvářejí jenom tři nakreslené paprsky, zrcadlo odráží do stejného bodu i ostatní paprsky, které vylétají ze špičky plamínku. Bohužel je nemůžeme nakreslit, dokud nevíme, kde obraz vznikne, protože nemáme žádná pravidla na jejich odraz. Výstižnější obrázek by měl vypadat takto:



Pokud dokážeme situaci nakreslit, určitě ji dokážeme i spočítat

Znaménková konvence:



a – vzdálenost předmětu od vrcholu (předmětová vzdálenost)

a' – vzdálenost obrazu od vrcholu (obrazová vzdálenost)

y – velikost předmětu

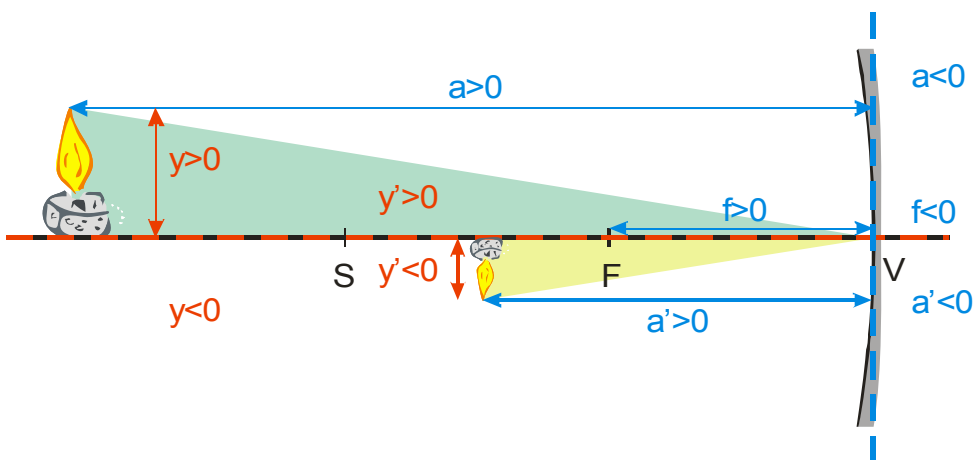
y' – velikost obrazu

f – ohnisková vzdálenost

Ještě potřebujeme nějakou rovnici:

Pro předmětovou, obrazovou a ohniskovou vzdálenost platí **zobrazovací rovnice**: $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$.

Poměr velikosti předmětu a obrazu udává vzorec pro **příčné zvětšení**: $Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$, který snadno odvodíme z podobnosti trojúhelníků na obrázku:



Př. 2: Při pokusu s dutým zrcadlem s ohniskovou vzdáleností $f = 25 \text{ cm}$ bylo zrcátko umístěno 80 cm od svíčky. Zmenšený převrácený obraz svíčky se vytvořil na stínítku ve vzdálenosti 35 cm od svíčky. Dosazením do zobrazovací rovnice zjistit, zda tyto naměřené hodnoty odpovídají teoretickým předpokladům.

$$a = 80 \text{ cm} \quad f = 25 \text{ cm} \quad a' = 35 \text{ cm}$$

Dosadím do zobrazovací rovnice za a a f a zjistím zda vyjde naměřená hodnota a' .

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

$$a' \cdot f + a \cdot f = a \cdot a'$$

$$a \cdot f = a \cdot a' - a' \cdot f$$

$$a \cdot f = a'(a - f)$$

$$a' = \frac{a \cdot f}{a - f}$$

Dosadím (ve vzorci se vyskytují pouze vzdálenosti \Rightarrow nemusím dosazovat v základních jednotkách)

$$a' = \frac{a \cdot f}{a - f} = \frac{80 \cdot 25}{80 - 25} = 36 \text{ cm}$$

Spočtená vzdálenost odpovídá naměřené hodnotě.

Ještě zkontrolujeme velikost a převrácenost obrazu:

Velikost plamínku se neustále mění, průměrná hodnota je řekněme $y = 3 \text{ cm}$. Určíme velikost obrazu:

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} \Rightarrow y' = -\frac{a'}{a} \cdot y = -\frac{36}{80} \cdot 3 \text{ cm} = -1,35 \text{ cm} - \text{záporná hodnota} \Rightarrow \text{obraz}$$

je převrácený, zmenšení vidíme z hodnot také

Pedagogická poznámka: Po výpočtu samozřejmě ještě jednou zkontrolujeme, že vypočtené hodnoty pasují.

Shrnutí: Duté zrcadlo odráží paprsky tak, že vzniknou různé druhy obrazů podobně jako u čoček.