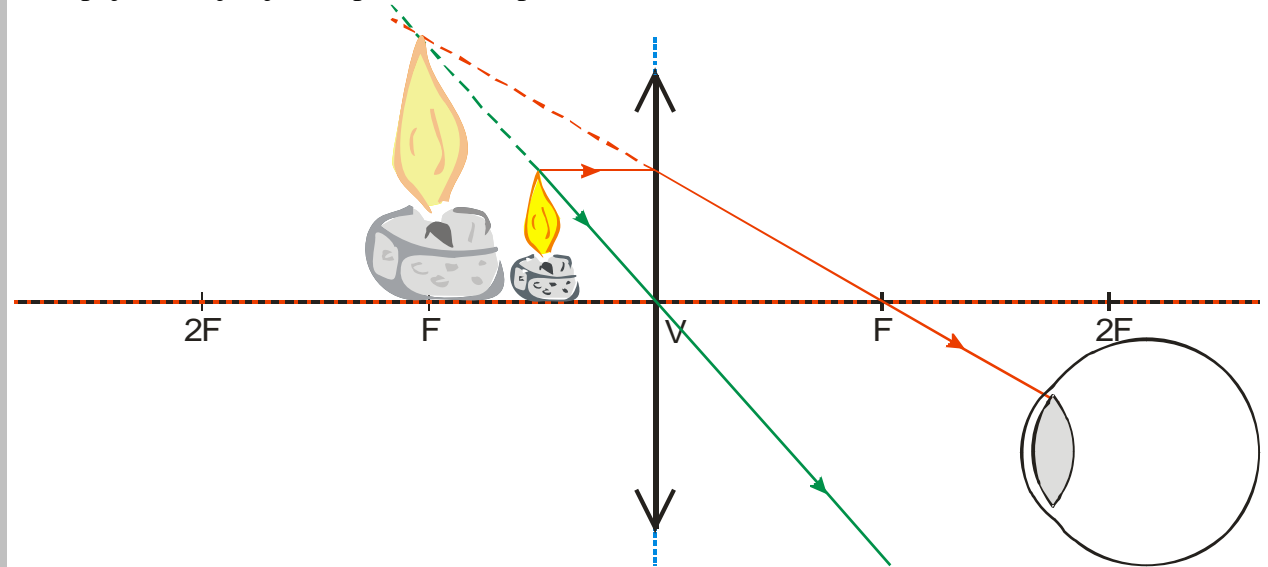


5.2.8 Zobrazení spojkou II

Předpoklady: 5207

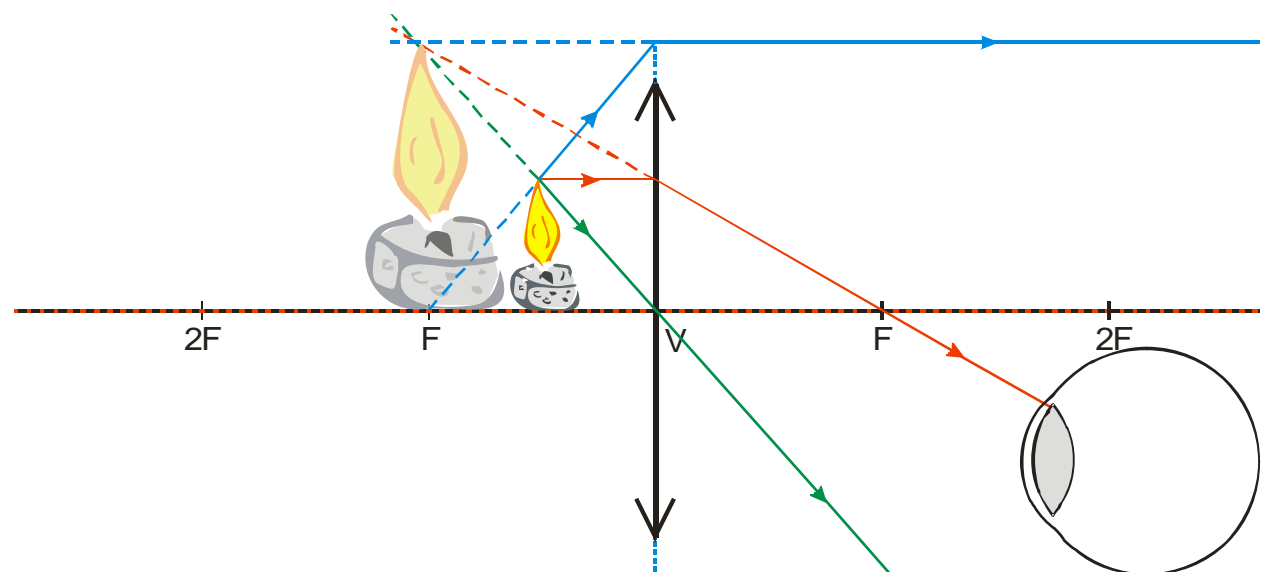
Př. 1: Najdi pomocí význačných paprsků obraz svíčky, jejíž vzdálenost od spojky je menší než její ohnisková vzdálenost.

Postupujeme stejně jako v předchozích příkladech.



Paprsky se nikde za spojkou neprotnou \Rightarrow nevznikne reálný obraz za spojkou, ale oka vidí paprsky vycházet z jiného místa než ve skutečnosti vycházejí \Rightarrow před spojkou vznikne neskutečných, vzpřímený a zvětšený obraz svíčky.

Dodatek: Při troše snahy je možné do předchozího obrázku přikreslit i ohniskový paprsek:



Př. 2: V jaké vzdálenosti před spojkou $2,5 D$ musí být pravítko, abychom přes spojkou viděli jeho

dvakrát zvětšený obraz?

$$\varphi = 2,5D \Rightarrow f = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm} \quad , \quad a = ? \quad , \quad a' = ? \quad , \quad Z = 2$$

Vzorce, které máme k dispozici: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$, $Z = -\frac{a'}{a}$. V každém vzorci dvě neznámé

\Rightarrow řešíme soustavu dvou rovnic:

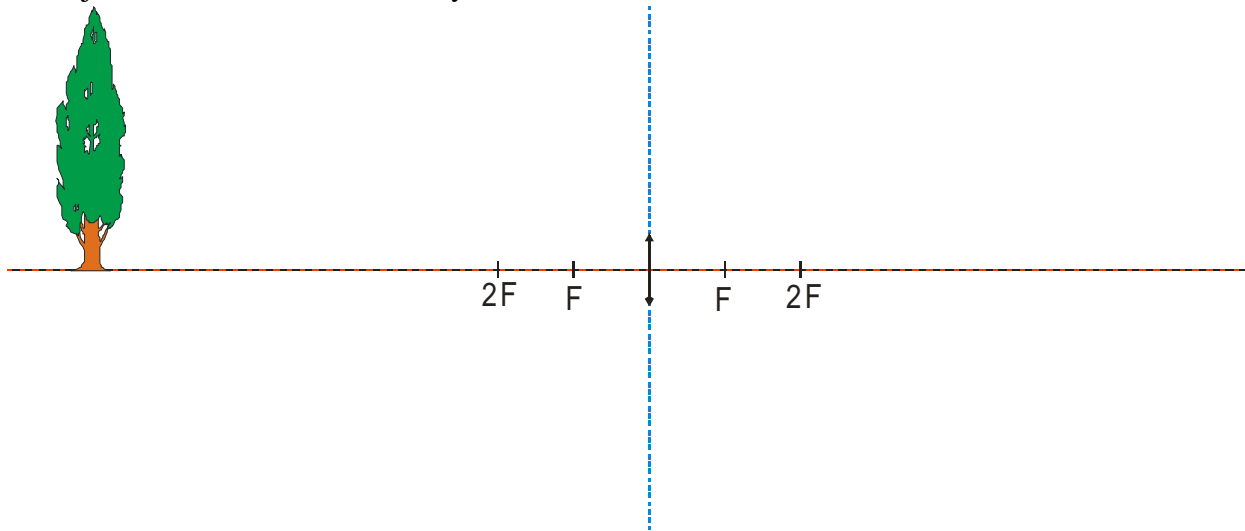
$$Z = -\frac{a'}{a} \quad \Rightarrow \quad -a \cdot Z = a' \quad , \quad \text{dosadíme do zobrazovací rovnice:} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{Z \cdot a}$$

$$Z \cdot a = f \cdot Z - f$$

$$a = \frac{f \cdot Z - f}{Z} = f \frac{Z - 1}{Z} = 40 \cdot \frac{2 - 1}{2} \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Pravítko musí umístit 20 cm před čočku, abychom v ní mohli pozorovat dvakrát zvětšený, vzpřímený, zdánlivý obraz.

Př. 3: Sestroj obraz stromu v situaci zachycené na nákresu:



Problém: čočka na obrázku je příliš malá \Rightarrow ze tří význačných paprsků dokážeme sestavit pouze jediný

Co to znamená? Dvě možnosti:

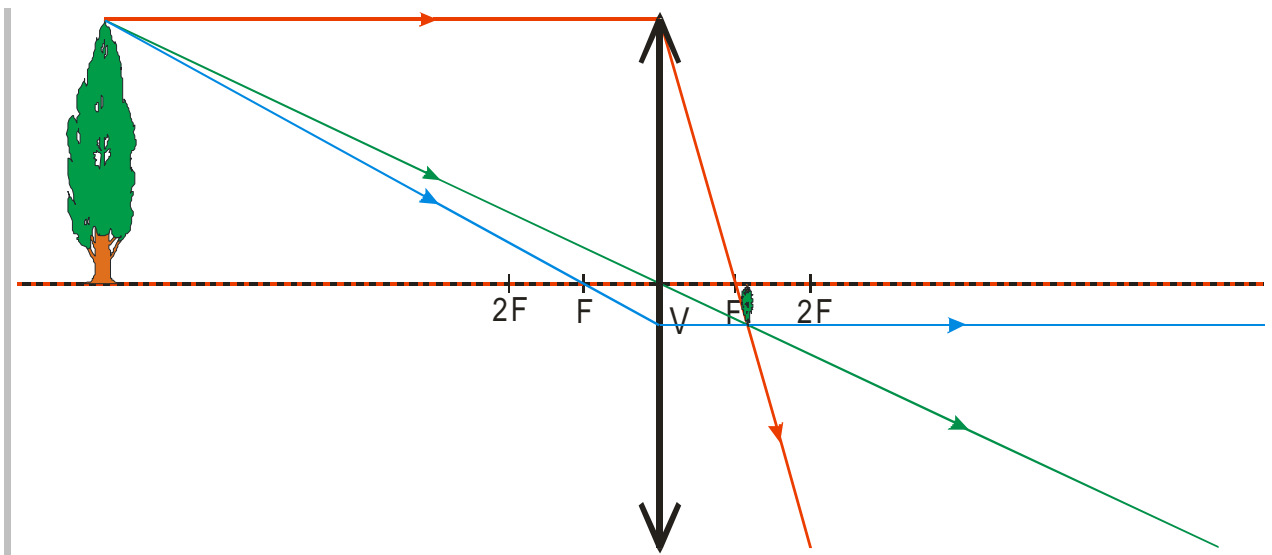
- obraz vůbec nevzniká
- obraz vzniká, ale nemůžeme ho nakreslit tak, jak jsme si zvykli

Správná je druhá možnost, protože:

- naše čočky jsou oproti stromům nebo oknu ještě daleko menší, a přesto jejich obrazy na papíře vznikaly
- obraz netvoří jenom význačné paprsky, ale všechny paprsky, které přes čočku procházejí \Rightarrow absence dvou význačných paprsků nic neznamená

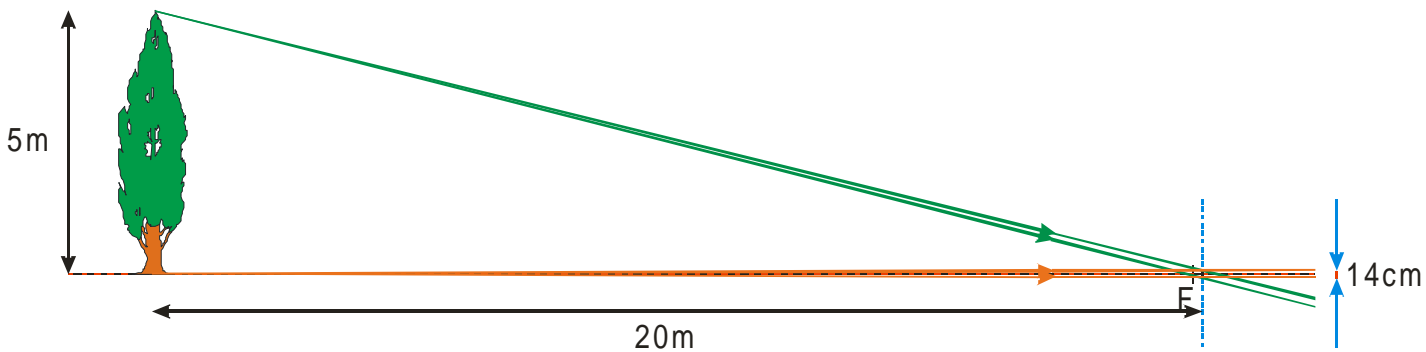
Jak obraz najdeme?

Stačí si na obrázku zvětšit čočku, její velikost na obrázku ve skutečnosti nic neznamená.



Pedagogická poznámka: Předchozí příklad považuji za velmi důležitý, jednak tvoří odrazový můstek k dalšímu zkoumání zobrazování vzdálených předmětů a jednak jde o krásnou ukázkou situace, kdy tupé uplatňování naučeného postupu je bezvýhodné, ale krátká úvaha o jeho reálných základech vede rychle k řešení.

Nákres ze zadání předchozího příkladu ještě zdaleka není realistický, strom i jeho vzdálenost od čočky jsou ve skutečnosti vzhledem k rozměrům čočky daleko větší. Zkusíme obrázek ještě více zrealitnit.



Takto vypadá situace u stromu vysokého 5m, vzdáleného 20 m od čočky o průměru 14 cm (téměř trojnásobek naší používané velikosti). V obrázku nejsou nakresleny význačné paprsky jdoucí z vrcholu stromu, ale dvojice paprsků, které vycházejí z vrcholu stromu a procházejí okraji čočky (zelená barva) a dvojice paprsků, které vycházejí z kořene stromu a procházejí okraji čočky (hnědá barva).

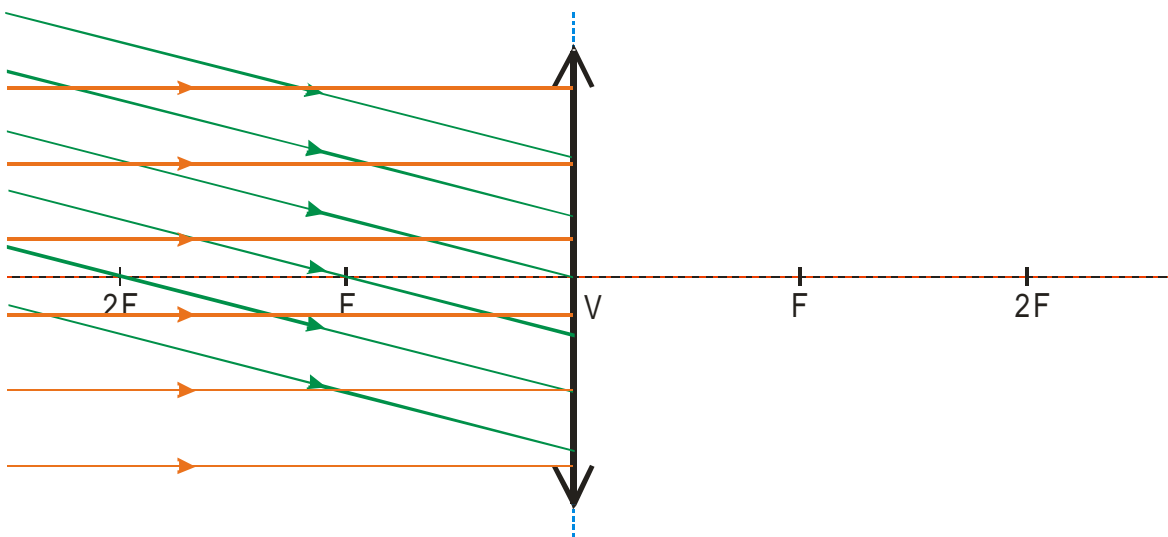
Přestože:

- vzdálenost stromu je menší než vzdálenost považovaná za velkou
- čočka je nejméně dvakrát větší než prakticky používané čočky
- v obrázku nakreslené paprsky jsou pro obě sledovaná místa na stromu dvojicí paprsků s největší odchylkou směru

vypadají paprsky vycházející z jednoho místa na stromu jako rovnoběžné

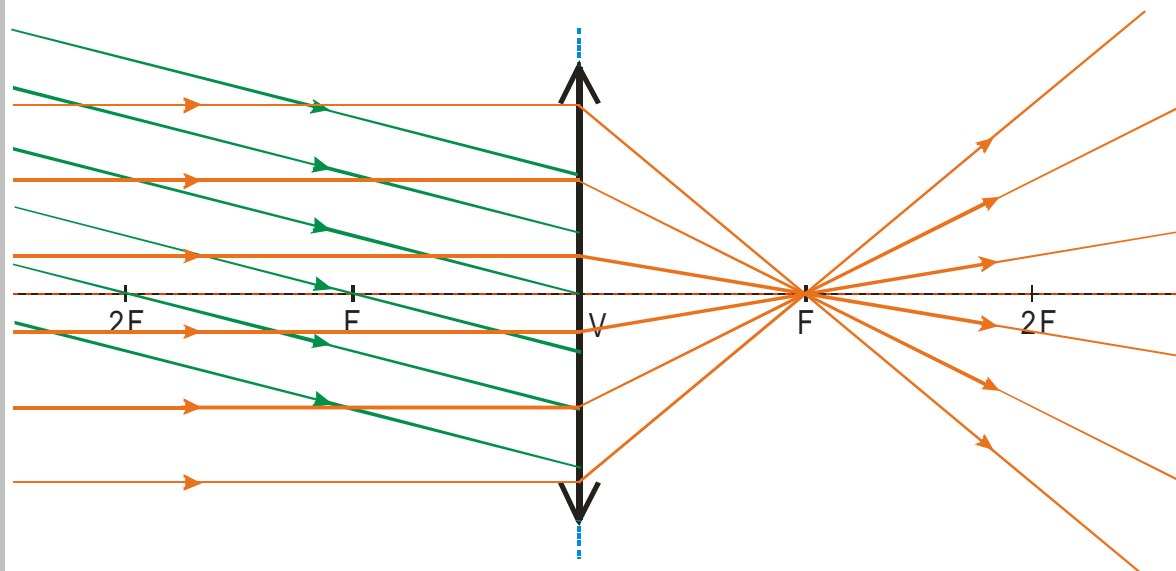
⇒ při zkoumání obrazů vzdálených předmětů, považujeme svazek paprsků vycházejících z jednoho místa pozorovaného předmětu za rovnoběžný. Paprsky vycházející z různých míst na pozorovaném předmětu se od sebe liší v úhlu, který svírají s optickou osou.

Pokud si nakreslíme část obrázku s čočkou v rozumné velikosti získáme tento obraz:



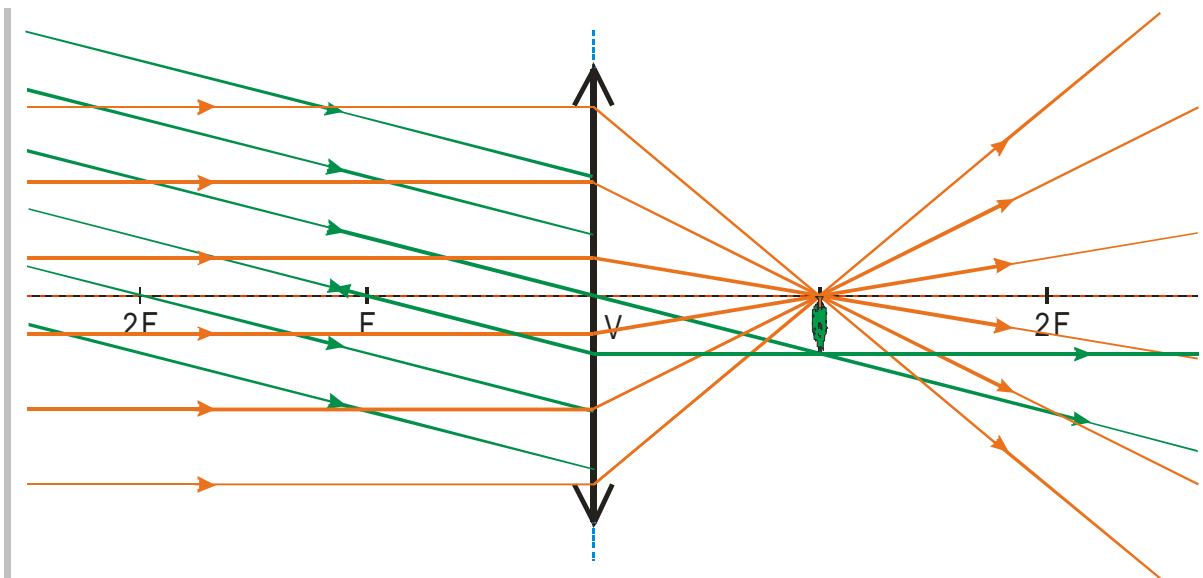
Př. 4: Nakresli do předchozího obrázku chod paprsků za čočkou a sestroj obraz stromu.

Chod hnědých paprsků nakreslíme snadno, jsou rovnoběžné s osou a tak se lámou do ohniska:



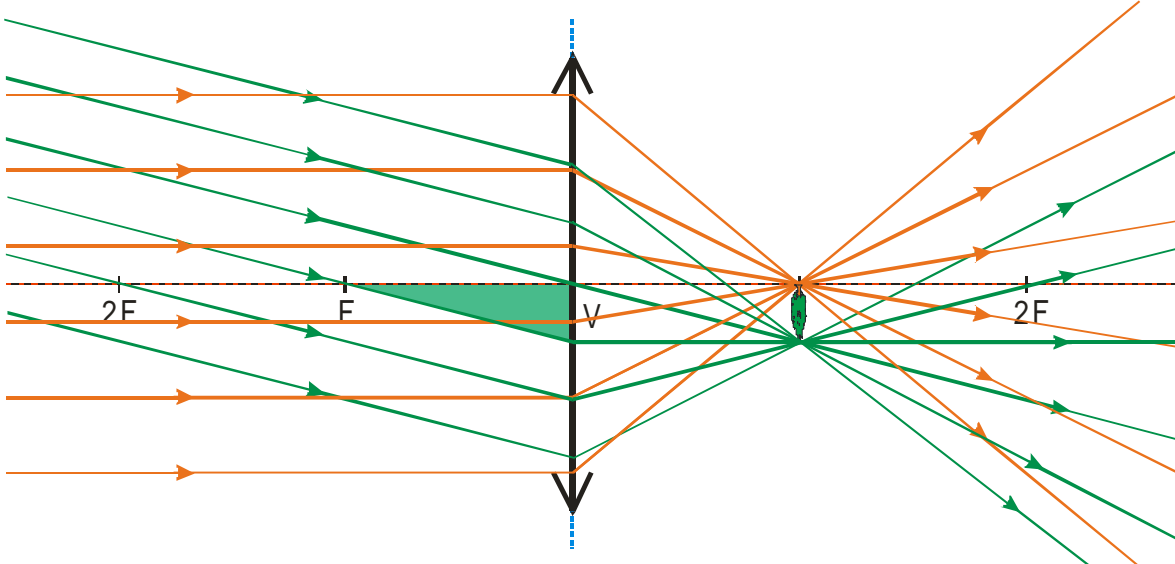
Při pozornějším studiu zjistíme, že i mezi zelenými paprsky je možné najít (nebo snadno dokreslit) dva význačné paprsky:

- vrcholový paprsek
- paprsek procházející ohniskem



Oba paprsky se protnou v ohniskové rovině (rovina procházející ohniskem kolmá na osu) a získáme tak obraz stromu (skutečný, převrácený, zmenšený)

Do obrázku bychom samozřejmě měli dokreslit i průchod zbývajících zelených paprsků.



Pravoúhlý zelený trojúhelník udává velikost obrazu (velikost obrazu se rovná jeho svislé odvěsně). Protože směr zelených paprsků je stejný u všech čoček (závisí pouze na velikosti stromu a vzdálenosti mezi stromem a čočkou), rozhoduje o velikosti obrazu ohnisková vzdálenost čočky
 \Rightarrow čočka s větší ohniskovou vzdáleností vytváří u vzdálených předmětů větší obraz (který vždy leží v ohniskové rovině čočky)

Př. 5: Vytvoř na papíře obraz krajiny za oknem pomocí spojek 2,5 D a 12 D. Urči vzdálenost mezi čočkami a papírem. Porovnej vlastnosti obou obrazů a vysvětli rozdíly.

Obraz vytvořený spojkou 2,5 D ($f = 40$ cm)
velký, bledý, ve vzdálenosti 36-40 cm od čočky

Obraz vytvořený spojkou 12 D ($f = 8,3$ cm)
malý, jasný, ve vzdálenosti 8 cm od čočky

Oba obrazy vznikly přibližně v ohniskové vzdálenosti od čočky, jejich velikost odpovídají těmto vzdálenostem

Jasnost obrazů

obě čočky jsou přibližně stejně velké \Rightarrow soustředí přibližně stejné množství paprsků,
obraz čočky 2,5D je několikrát větší \Rightarrow na stejnou plochu připadá několikrát méně paprsků
 \Rightarrow obraz je méně jasný

Poznámka: Při hledání odpovědí na následující otázky, si studenti musí situaci buď představit nebo nakreslit. Při společné kontrole si situace modelujeme pomocí modelu Cabri geometri.

Př. 6: Jak se bude měnit velikost obrazu velmi vzdáleného předmětu, při zobrazování spojkami s různou ohniskovou vzdáleností? Jak se bude měnit vzdálenost, ve které bude obraz vznikat.

Při zobrazování velmi vzdáleného předmětu platí, že čím větší je ohnisková vzdálenost čočky tím ve větší vzdálenosti obraz vznikne (vzniká v ohniskové rovině), tím větší obraz bude a tím bude méně jasný (světlo bude rozprostřeno na větší plochu).

To například platí u objektivů do fotoaparátů. Čím větší je ohnisková vzdálenost objektivu, tím větší obraz uvnitř aparátu vzniká (tím více aparát přibližuje) a tím menší část prostoru fotoaparát zachycuje.

Př. 7: Jakým způsobem můžeme získat velmi velký obraz předmětu?

Velmi velký obraz předmětu můžeme získat tím, že předmětu umístíme velmi blízko za ohnisko. Ve velmi velké vzdálenosti od čočky vznikne velmi velký obraz.

Př. 8: Jakým způsobem můžeme získat velký obraz předmětu, pokud je vzdálenost mezi čočkou a obrazem pevně daná?

O velikosti obrazu rozhoduje chod vrcholového paprsku. Pokud je vzdálenost mezi čočkou a průmětnou pevně daná, musíme zvětšit úhel mezi vrcholovým paprskem a optickou osou \Rightarrow potřebujeme přiblížit předmět k čočce. Čočka však musí mít dostatečnou optickou mohutnost (dostatečně malou ohniskovou vzdálenost), aby dokázala paprsky spojit do obrazu na průmětně.

Přesně tento problém řešíme při zaostřování fotoaparátů i oka. V obou případech je daná vzdálenost mezi čočkou a průmětnou (u oka zcela, u fotoaparátu z větší části).

Shrnutí: Při zobrazování velmi vzdálených předmětů považujeme paprsky vycházející z jednoho bodu za rovnoběžné, paprsky z různých bodů se od sebe liší různým úhlem, který svírají s optickou osou.