

## 5.2.12 Dalekohledy

**Předpoklady:** 5211

**Pedagogická poznámka:** Pokud necháte studenty oba čočkové dalekohledy sestavit v lavicích nepodaří se Vám hodinu stihnout za 45 minut.

Dalekohledy:

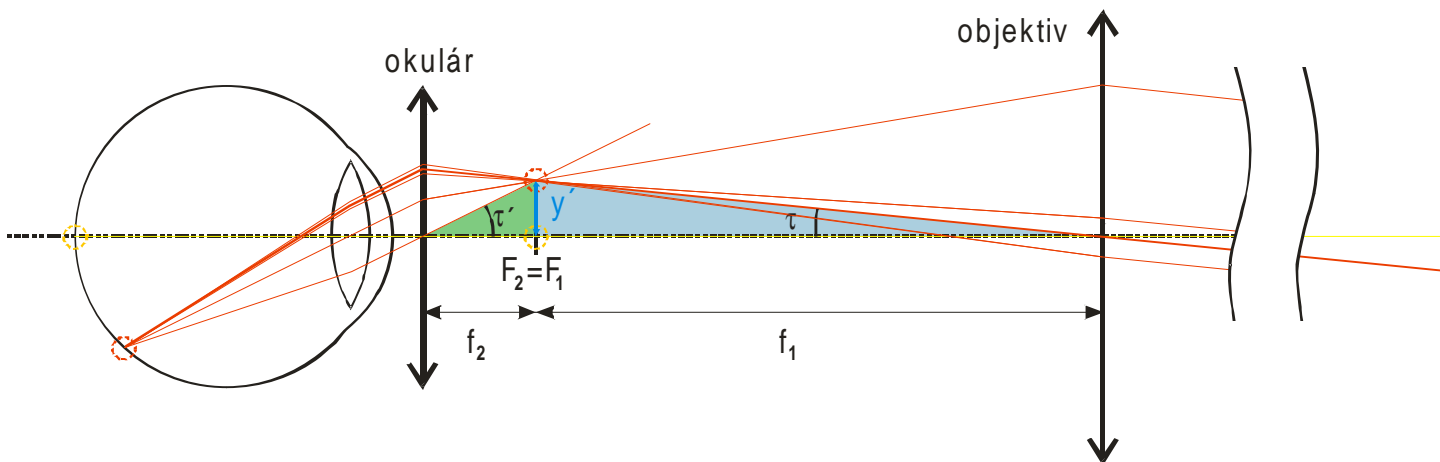
- už z názvu poznáme, že jsou určeny ke sledování velmi vzdálených předmětů
- stejně jako u mikroskopu a lupy se snažíme zvětšit zorný úhel

**Př. 1:** Rozhodni jaký vliv na funkci dalekohledů bude mít fakt, že v porovnání s lupou a mikroskopem nezobrazuje velmi blízké ale velmi vzdálené předměty.

Svazek paprsků z velmi blízkých předmětů je velmi rozbíhavý, zatímco svazek paprsků z velmi vzdálených předmětů je málo rozbíhavý (a my jej považujeme za rovnoběžný)  
⇒ dalekohledy nemusí lámat paprsky tak, aby změnilo rozbíhavé světlo na rovnoběžné

několik druh dalekohledů

### Keplerův (hvězdářský) dalekohled



stejně jako mikroskop je složený ze dvou spojek (nebo spojných soustav)

- pozorovaný předmět je velmi daleko ⇒ do dalekohledu dopadají dva svazky rovnoběžných paprsků (červené a žluté)
- pro jednodušší kreslení jsou žluté paprsky rovnoběžné s osou ⇒ všechny obrazy žluté hvězdy leží na optické ose ⇒ jejich konstrukcí se nemusíme příliš trápit
- objektiv vytvoří obrazy obou hvězd ve své ohniskové rovině. Protože vrcholové paprsky obou hvězd se nelámou, můžeme úhel, který svírají (a který by byl naším zorným úhlem bez dalekohledu) zakreslit i na vnitřní stranu objektivu
- obraz, který vytvořil objektiv, sledujeme pomocí okuláru jako lupou ⇒ musí být v ohniskové rovině okuláru (a protože je v ohniskové rovině objektivu, musí tyto roviny splynout), aby paprsky dopadající do oka byly rovnoběžné a oko nemuselo kvůli vytvoření obrazu na sítnici akomodovat

Zvětšení dalekohledu: 
$$y = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{tg \tau'}{tg \tau} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{y'}{f_2}$$

**POZOR:** původní paprsky od červené hvězdy letěly zespoda, do oka dopadají shora  $\Rightarrow$  **obraz**, který vytváří Keplerův dalekohled, **je převrácený**

**Př. 2:** Srovnej konstrukci Keplerova dalekohledu s konstrukcí mikroskopu. V čem jsou funkce obou přístrojů podobné v čem se liší? Proč má objektiv u dalekohledu velkou ohniskovou vzdálenost a u mikroskopu malou?

Shodné vlastnosti – oba přístroje mají stejný základní princip: objektiv vytvoří co největší obraz a tento obraz sledujeme pomocí okuláru, který funguje jako lupa

Rozdíl:

- mikroskop zobrazuje velmi blízké předměty  $\Rightarrow$  velikost obrazu můžeme ovlivnit tím, jak daleko od objektivu jej vytvoříme, u objektivu s kratší ohniskovou vzdáleností můžeme předmět více přiblížit a vytvořit obraz blíže k objektivu (a tím mít kratší mikroskop)
- dalekohled zobrazuje velmi vzdálené předměty  $\Rightarrow$  paprsky od těchto předmětů jsou rovnoběžné a velikost obrazu závisí pouze na ohniskové vzdálenosti objektivu. Jak jsme zjistili i pomocí pokusů, větší ohnisková vzdálenost, znamená větší obraz (v této ohniskové vzdálenosti od objektivu)  $\Rightarrow$  pokud chceme velké zvětšení, musíme mít velký obraz a tedy velkou vzdálenost objektivu

**Př. 3:** S pomocí obrázku vysvětli, jak se bude Keplerův dalekohled chovat, když jej obrátíme – k oku přiložíme objektiv místo okuláru.

Použijeme zákon obrácení chodu světelných paprsků:

- $\Rightarrow$  představíme si oko na druhé straně a paprsky letící v obráceném směru (zleva doprava)
- $\Rightarrow$  zorný úhel mezi červeným a žlutým paprskem se průchodem před dalekohled zmenšil
- $\Rightarrow$  dalekohled bude zmenšovat

**Př. 4:** Navrhni, jak sestavit ze dvou pokusných čoček 2,5D a 12D Keplerův dalekohled. Zkus ho sestavit. Spočti jeho zvětšení.

Na Keplerův dalekohled potřebujeme dvě spojky  $\Rightarrow$  z uvedených čoček sestavit půjde.

Určíme si ohniskové vzdálenosti:

- $\varphi = 12D \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{12} = 0,083 \text{ m} = 8,3 \text{ cm}$
- $\varphi = 2,5D \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$

$\Rightarrow$  spojku 12D použijeme jako okulár, spojku 2,5D jako objektiv, vzdálenost čoček musí být  $d = f_1 + f_2 = 8,3 + 40 \text{ cm} = 48,3 \text{ cm}$ . Spojku 12D musíme přiložit přímo k oku.

Výpočet zvětšení:  $y = \frac{f_1}{f_2} = \frac{40}{8,3} = 4,8 \Rightarrow$  dalekohled bude zvětšovat téměř 5x.

Dvě zásadní nepříjemnosti Keplerova dalekohledu:

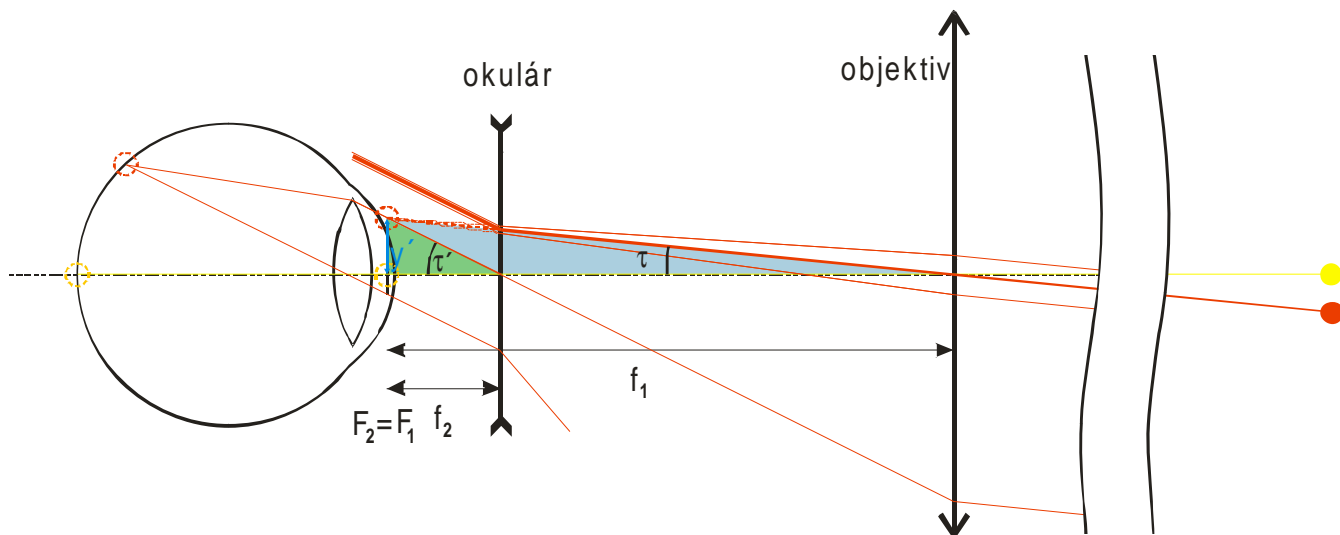
- převrácený obraz: nevadí při sledování hvězd (proto hvězdářský), za normální situace problém  $\Rightarrow$  převrácení obrazu uvnitř dalekohledu další spojkou nebo odrazným hranolem

- velká délka: délka je dána ohniskovou vzdáleností objektivu a okuláru a u objektivu ji chceme co nejdelší  $\Rightarrow$  zasunovací dalekohledy (v každém pirátském filmu)

Oba problémy zajímavě řeší **triedr** (to čemu se běžně říká dalekohled) paprsky, které zalomil objektiv jsou před dopadem na okulár čtyřikrát zlomeny pomocí dvou odrazných hranolů (totálním odrazem)  $\Rightarrow$

- obraz se převrátí stranově i svísele a vidíme normálně
- prodlouží se vzdálenost (a tedy i možné zvětšení) mezi objektivem a okulárem bez prodloužení přístroje

### Galileiho (pozemský, holandský) dalekohled



Podobná funkce jako u Keplerova dalekohledu:

objektiv vytváří reálný obraz pozorovaných bodů ve svém ohnisku

okulár, který je tvořen rozptylkou, přemění sbíhavý svazek na rovnoběžný (který dokáže oko spojit bez námahy), s větším zorným úhlem (vrcholový paprsek rozptylka neláme)

ohniska obou čoček splývají

červené paprsky jsou do oka zezdola (stejně jako před dalekohledem)  $\Rightarrow$  dalekohled neobrací

Stejně jako u Keplerova dalekohledu je možné vypočítat úhlové zvětšení:

$$y = \frac{\tau'}{\tau} = \frac{tg \tau'}{tg \tau} = \frac{\frac{y'}{|f_2|}}{\frac{y}{f_1}} = \frac{f_1}{|f_2|} \quad (\text{okulárem je rozptylka se zápornou ohniskovou vzdáleností} \Rightarrow \text{ve}$$

vzorci je uvedena v absolutní hodnotě)

Protože neobrací používá se jako divadelní kukátko

**Př. 5:** Navrhni, jak sestavit ze dvou pokusných čoček 2,5D a 12D -6D Galileiho dalekohled. Zkus ho sestavit. Spočti jeho zvětšení.

Na okulár potřebujeme rozptylku s malou ohniskovou vzdáleností, na objektiv spojku s velkou ohniskovou vzdáleností  $\Rightarrow$  použijeme čočky

- $\varphi = -6 \text{ D} \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{-6} = -0,167 \text{ m} = -16,7 \text{ cm}$
- $\varphi = 2,5 \text{ D} \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$

rozptylku -6D použijeme jako okulár, spojku 2,5D jako objektiv, vzdálenost čoček musí být  $d = f_1 + f_2 = 40 - 16,7 \text{ cm} = 23,3 \text{ cm}$ . Rozptylku -6D musíme přiložit přímo k oku.

Výpočet zvětšení:  $\gamma = \frac{f_1}{|f_2|} = \frac{40}{16,7} = 2,4 \Rightarrow$  dalekohled bude zvětšovat téměř 2,5 x.

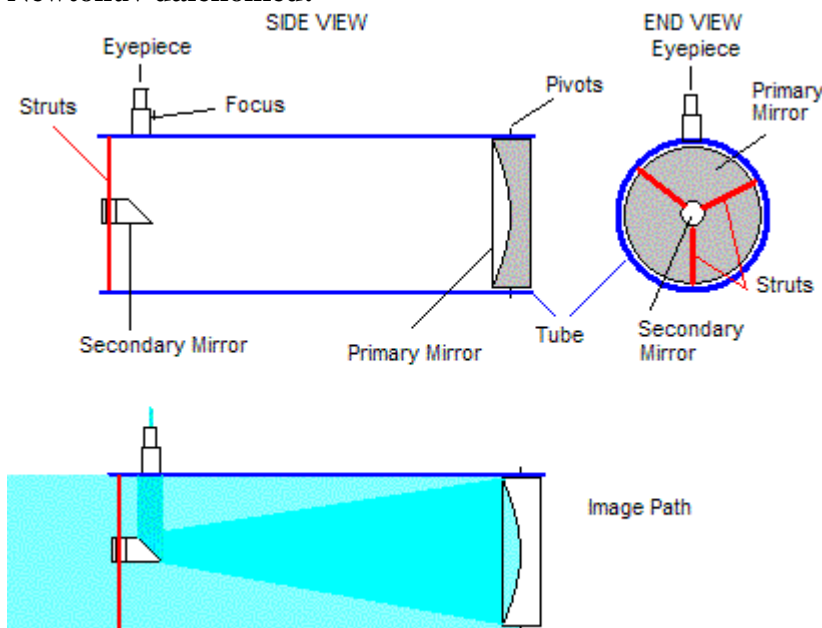
Zvětšení dalekohledů není omezeno pouze ohniskovou vzdáleností čoček. Stejně významné omezení (podobně jako u mikroskopů) vyplývá z vlnových vlastností světla (ještě se o nich budeme učit). Toto omezení je určeno kromě vlnové délky světla hlavně zachycovaného světelného svazku  $\Rightarrow$  z hlediska zvětšení je nejdůležitějším údajem průměr čoček. Největší dalekohledy mají průměr čoček do 1m.

Oba předchozí typy dalekohledů patří mezi **dalekohledy čočkové (refraktry)** obraz vytváří čočky.

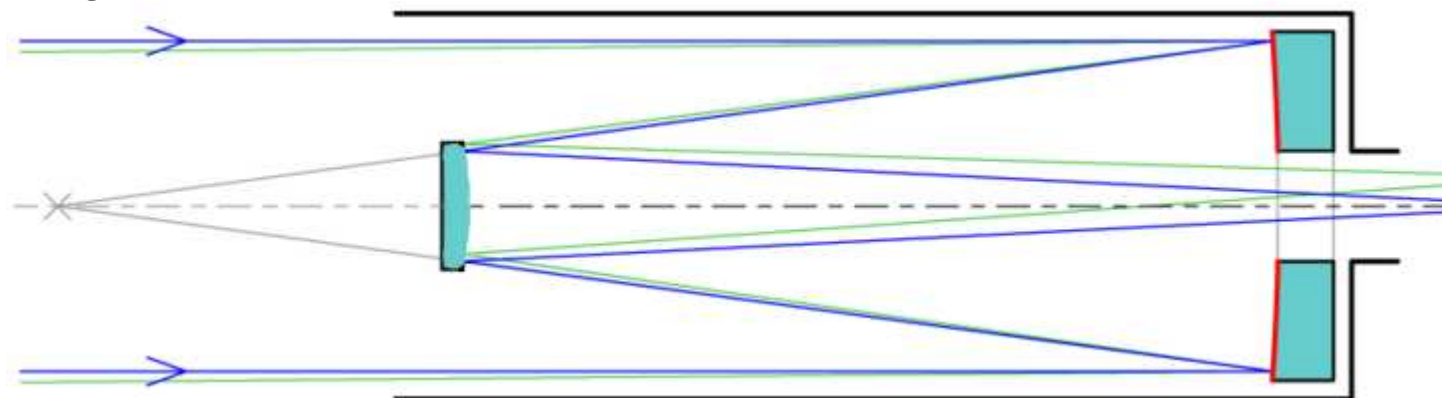
Podstatně většího zvětšení je možné dosáhnout pomocí **zrcadlových dalekohledů (reflektory)**. Objektiv těchto dalekohledů netvoří spojka, ale duté parabolické zrcadlo (vytváří reálný obraz stejně jako spojka). Toto zrcadlo se nazývá primární a průměry největších současných teleskopů dosahují 10 m. (Vyrábět velká zrcadla je daleko snazší než velké čočky).

Dva nejpoužívanější typy se liší způsobem, jakým jsou z tubusu vyvedeny paprsky, které odrazilo primární zrcadlo a které tvoří obraz.

**Newtonův dalekohled:**



**Cassegrainův dalekohled:**



**Hubbleův teleskop:**

upravený Cassegrain s průměrem zrcadla 2,4 m, ohniskovou vzdáleností 57,6 m. Zrcadlo bylo vyráběno s přesností na 10 nm.

**Př. 6:** Pokud se vysvětlit rozpor mezi informací tím, že Hubbleův teleskop nemá zdaleka největší průměr zrcadla a přesto poskytuje nejkvalitnější pozorování ze všech lidských dalekohledů.

Velkou roli při pozorování hvězd hraje cesta světla zemskou atmosférou (proto se dalekohledy staví na odlehlých a pustých horách). Hubbleův teleskop je umístěn na oběžné dráze a paprsky, které zachycuje nejsou zkreslené atmosférou.

**Dodatek:** Všechny dalekohledy převádějí rovnoběžné svazky paprsků na rovnoběžné svazky. Takovému zařízení se říká afokální optická soustava.

**Shrnutí:** V dalekohledech objektiv s velkou ohniskovou vzdáleností vytváří obraz, který sledujeme okulárem.