

Koupím dalekohled, zn. „levně“

Jan Píšala
Hvězdárna a planetárium Brno, p. o.
pisala@hvezdarna.cz



Abychom viděli dál?

S čím nám pomůže dalekohled?

- bohužel nám nic nepřiblíží, ale:
- navýší rozlišovací schopnost našeho oka, která činí cca 1'
- na pozorované objekty budeme nahlížet pod větším úhlem
-> dalekohled tudíž nepřibližuje, ale zvětšuje

Co je ještě důležité pro astronomická pozorování?

- dalekohled do oka shromáždí více světla z pozorovaného objektu
- zornička v oku se může rozevřít na cca 6-7 mm
- dalekohled s objektivem o průměru:
 - 50 mm -> **17x** větší sběrná plocha než oko
 - 150 mm -> **136x** větší sběrná plocha než oko
 - 300 mm -> **625x** větší sběrná plocha než oko



Když se řekne dalekohled...

Čočky i zrcadla...

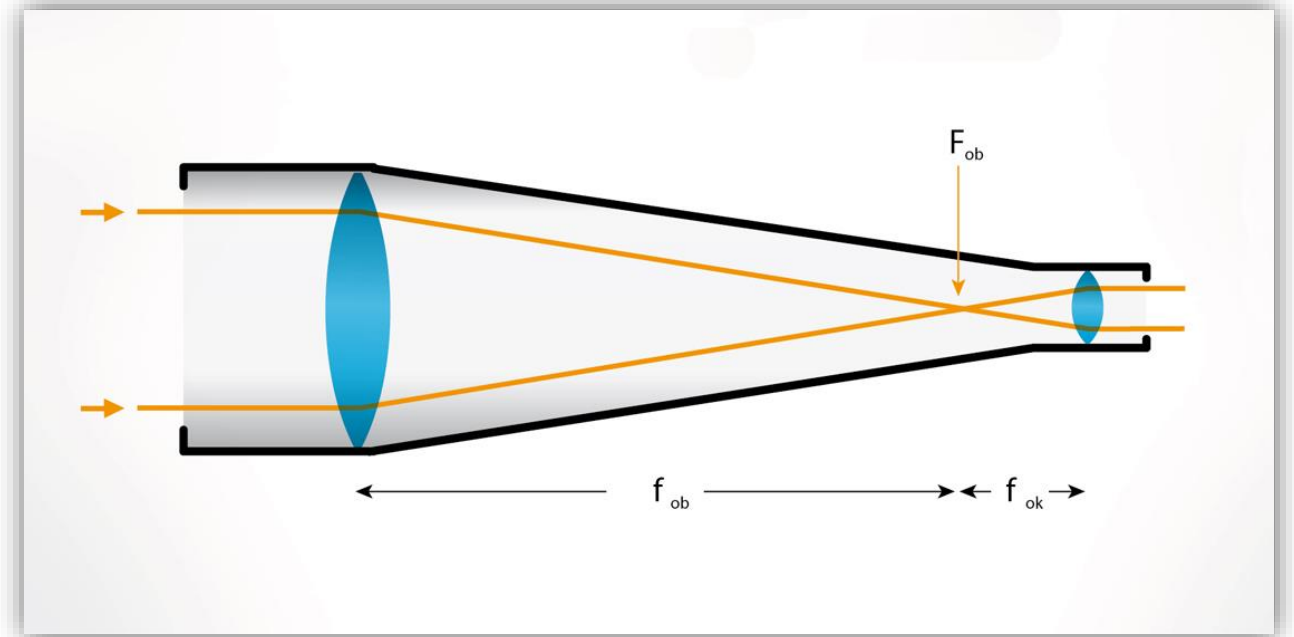
- nejpodstatnější součástí dalekohledu je objektiv, může být:
 - **čočkový** -> refraktory (světlo se v objektivu láme)
 - **zrcadlový** -> reflektory (světlo se od zrcadla odráží)

Díváme se přes...

- okulár umístěný v blízkosti ohniska objektivu, funguje stejně jako lupa – zvětšuje obraz vytvořený objektivem

Dalekohledy jsou...

- **čočkové** – objektiv tvoří jedna nebo více čoček (dohromady se chovají jako jediná spojná čočka s kladnou ohniskovou vzdáleností)
- **zrcadlové** – objektiv tvoří zrcadlo s kulovým, parabolickým či hyperbolickým povrchem
- **katadioptrické** – zrcadlový objektiv v kombinaci se skleněnou korekční deskou umístěnou před ním



Jeden příklad za všechny – čočkový Keplerův dalekohled tvořený dvojicí spojných čoček. Za objektivem s velkou ohniskovou vzdáleností f_{ob} se nachází okulár s mnohem menší ohniskovou vzdáleností f_{ok} . V obrazovém ohnisku objektivu F_{ob} vzniká obraz pozorovaného objektu, který sledujeme okulárem.

Triedr – první po ruce

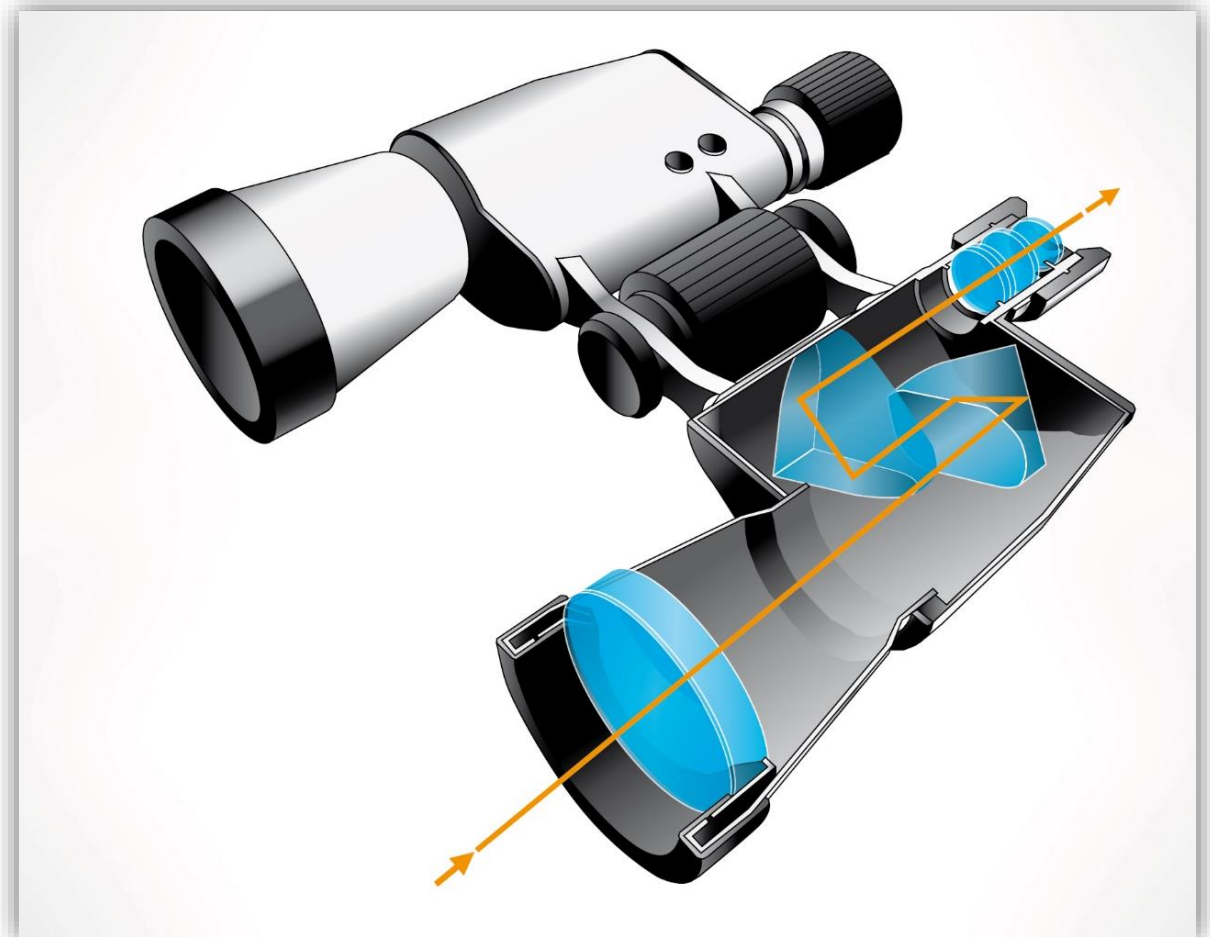
Dva jsou víc než jeden...

- binokulární dalekohled pro pozorování oběma očima
- dva rovnoběžné refraktory (Keplerovy konstrukce) spojené osou, kolem níž se mohou vzájemně otáčet
- objektiv i okulár je tvořen spojnými čočkami
- centrální ostření se samostatným ostřením na alespoň jednom z okulárů
- v každém z dalekohledů triedru jsou mezi objektivem a okulárem umístěny dva skleněné hranoly
- díky tomu dává triedr stranově i výškově správně orientovaný obraz
- **triedr 10x50: uvidíme krátery na Měsíci, Jupiterovy měsíce, hvězdy mléčné dráhy, Uran i Neptun (jen jako „hvězdy“), některé dvojhvězdy, jasnější otevřené hvězdokupy, mlhoviny i galaxie, sluneční skvrny...**

Tip: Co lze vyčíst z popisků?

Parametry triedru jsou zpravidla uvedeny přímo na jeho těle a mají podobu zkratky, která obsahuje dvojici čísel oddělených symbolem x.

Např. údaj 10x50 znamená, že jde o dalekohledy zvětšující 10krát a objektivy mají průměr 50 mm (existují i zoomovací verze s proměnným zvětšením např. 10-25x50).



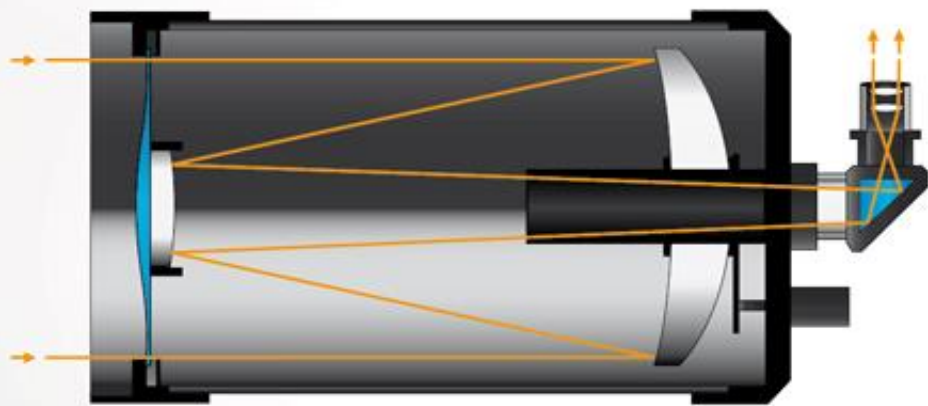
Základní optické konstrukce



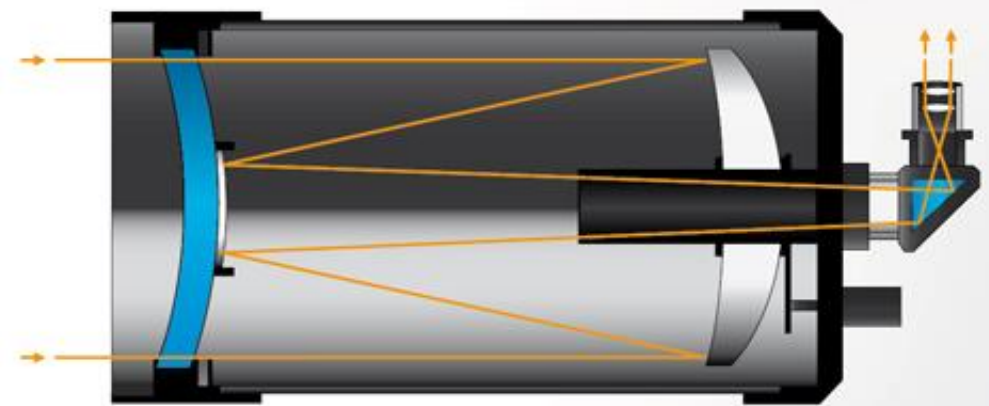
refraktor



newton



schmidt-cassegrain



maksutov-cassegrain

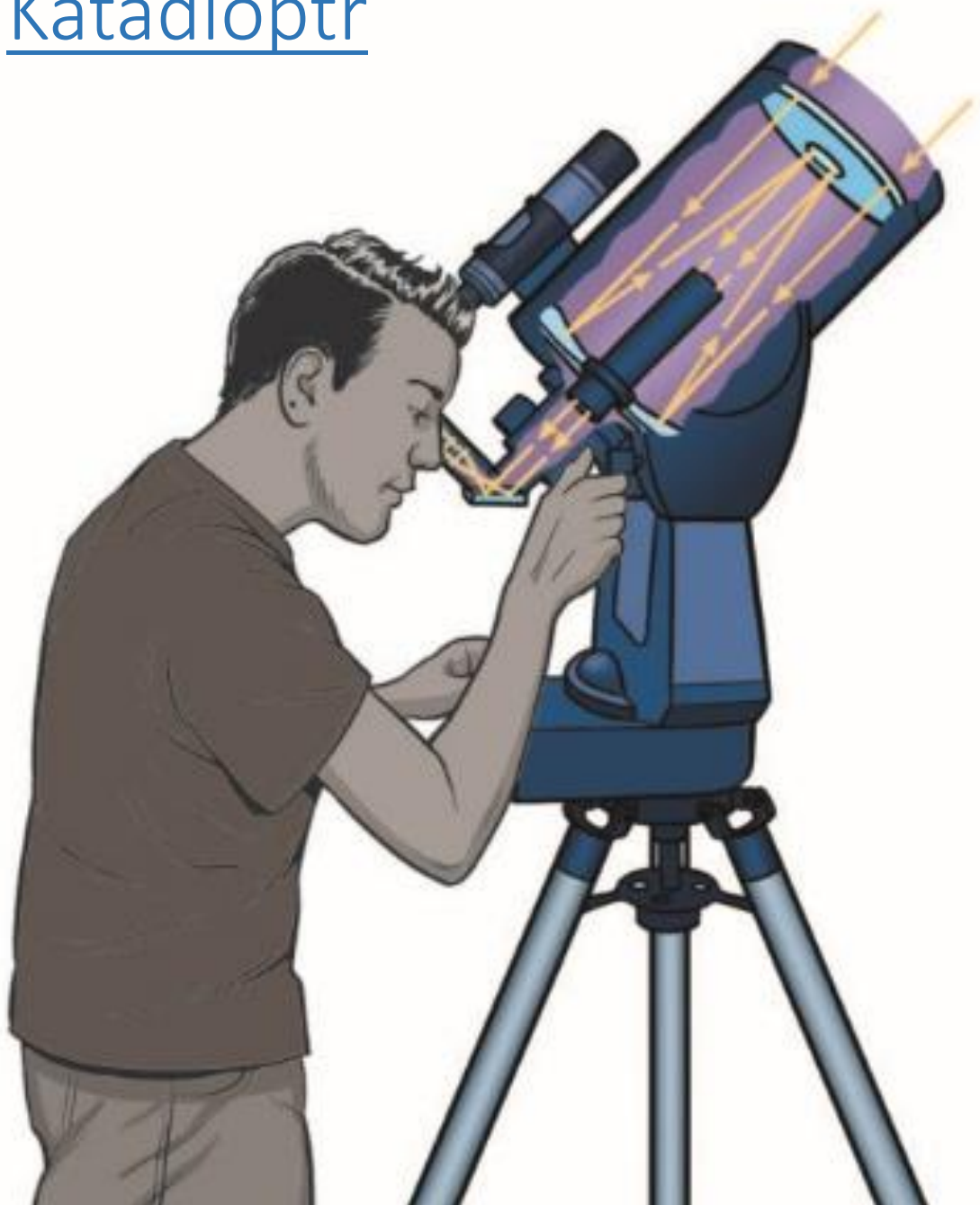
Refraktor



Newton



Katadioptr



Zvětšení – čím více, tím lépe?

Zvětšení dalekohledu

- udává, kolikrát se zvětší zorný úhel, pod nímž nahlížíme na pozorovaný objekt
- vypočítá se jako podíl ohniskové vzdálenosti objektivu a ohniskové vzdálenosti okuláru

Příklad:

- čočkový dalekohled s objektivem o průměru 100 mm a ohniskové vzdálenosti 1000 mm (v popisu objektivu se tyto údaje zpravidla uvádí jakožto 100/1000)
- okulár o ohniskové vzdálenosti 10 mm
- zvětšení dalekohledu: $1000/10 = 100$
-> **dalekohled zvětšuje 100x**
- ohniskovou vzdálenost je potřeba uvádět vždy ve stejných jednotkách!

Tip: Maximální použitelné zvětšení

Teoreticky odpovídá dvojnásobku průměru objektivu v milimetrech.

Větší zvětšení se označuje jako prázdné – pozorovaný obraz je sice větší, ale nevidíme již žádné další detaily (obraz tmavne, ztrácí kontrast atd.)

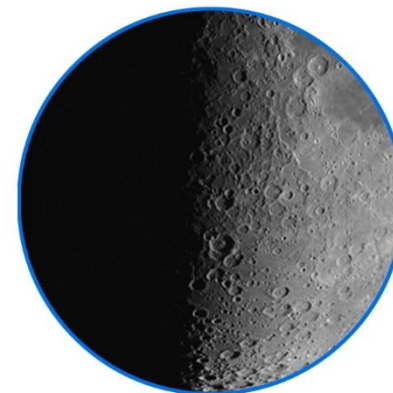
V praxi závisí maximální použitelné zvětšení zejména na kvalitě optiky a především na aktuálním stavu pozemské atmosféry – její neklid neboli seeing – dovoluje obvykle použít zvětšení 150x až 250x.



zvětšení 15x



zvětšení 80x



zvětšení 150x

Zorné pole

Co se mi do dalekohledu „vejde“...

- úsek oblohy či krajiny, který v dalekohledu při daném zvětšení uvidíme
- udává se v úhlových stupních či minutách
- s narůstajícím zvětšením se velikost zorného pole zmenšuje

Příklad:

- vypočítá se jak podíl zorného pole okuláru (tento údaj se uvádí přímo na okulárech) a použitého zvětšení
- dalekohled dává zvětšení 100x, okulár má zorné pole 50°, zorné pole dalekohledu činí: $50/100 = 0,5$
-> dalekohled má zorné pole 0,5°
- **malá zvětšení = velká zorná pole,**
velká zvětšení = malá zorná pole

Tip: Jak je co úhlově velké?

Pro srovnání: Měsíční kotouč v úplňku má úhlový průměr cca 0,5°.

Velké zorné pole -> jednotky úhlových stupňů, vhodné pro přehlídky oblohy či úhlově velké objekty – např. celý měsíční či sluneční kotouč, otevřené hvězdokupy, jasné komety apod., velké mlhoviny.

Malé zorné pole -> zlomky úhlových stupňů, typicky při pozorování měsíčních a planetárních detailů, kulových hvězdokup, nejrůznějších drobných mlhovin a galaxií.



zorné pole 1,5°



zorné pole 0,75°



zorné pole 0,15°

Rozlišovací schopnost

Jaké detaily dalekohledem uvidím...

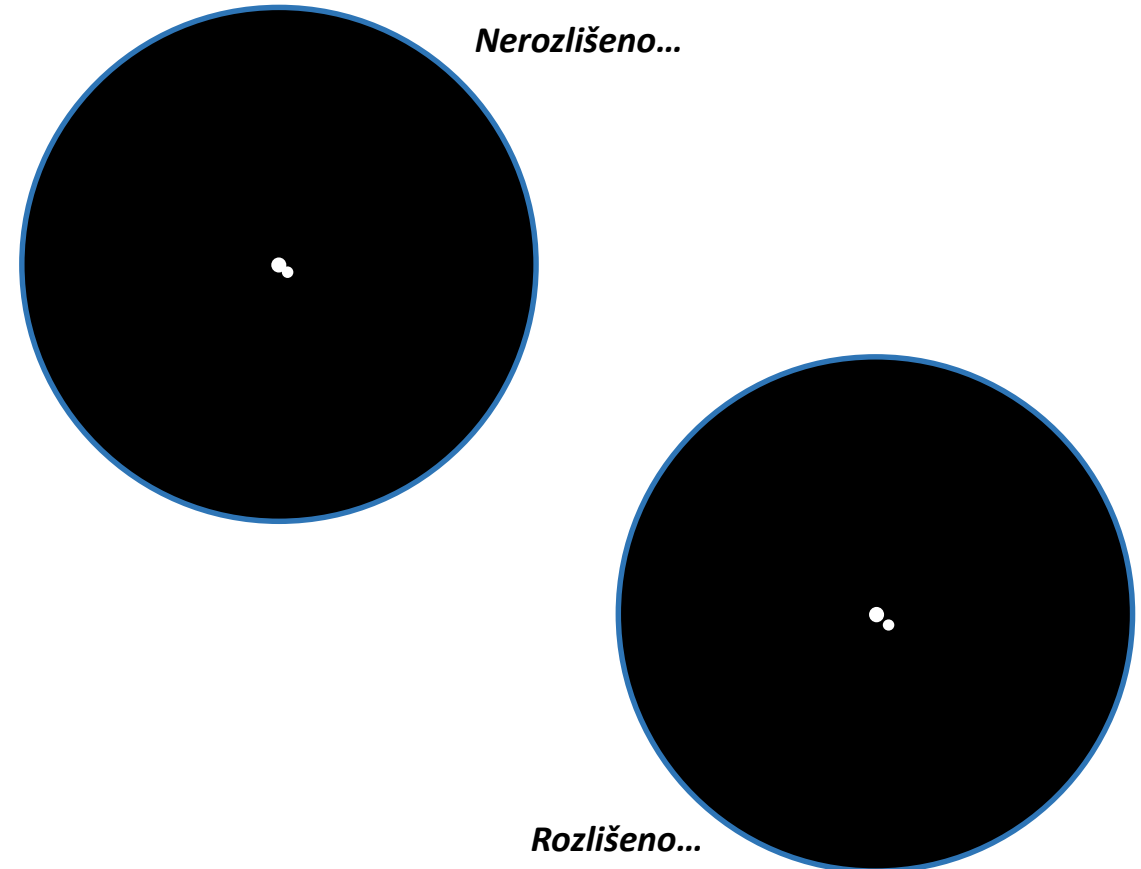
- udává úhlovou vzdálenost dvou blízkých bodových zdrojů (například dvou hvězd), které jsme v dalekohledu ještě schopni rozlišit, aby nám nesplývaly dohromady
- udává se v úhlových minutách či vteřinách
- informuje i o tom, jak malé detaily jsme dalekohledem ještě schopni zaznamenat např. na povrchu Měsíce, planet apod.

Příklad:

- orientační hodnotu rozlišovací schopnosti v obloukových vteřinách lze vypočítat, pokud vydělíme 120 průměrem objektivu v milimetrech
- dalekohled s průměrem objektivu 50 mm má rozlišovací schopnost rovnu: $120:50 = 2,4$
-> dalekohled má rozlišovací schopnost 2,4"
- **rozlišovací schopnost dalekohledu vzrůstá s průměrem objektivu**

Tip: Teorie vs. praxe

Reálnou rozlišovací schopnost ovlivňuje kvalita použitých optických elementů dalekohledu, ale také pozorovací podmínky či dokonce vzájemná jasnost pozorovaných objektů (např. dvou hvězd).



Co z toho všeho plyne?

...že větší je lepší!

- s rostoucím průměrem objektivu totiž roste:
 - dosah dalekohledu -> jak slabé objekty ještě uvidíme
 - rozlišovací schopnost -> jak titěrné detaily ještě uvidíme

Jak velký dalekohled tedy dává smysl?

- mnohé spatříme již v dalekohledech s objektivem o průměru ~70 mm
- pro vážné zájemce je ideálním startovním přístrojem dalekohled s průměrem objektivu ~150 mm
- největší komerční dalekohledy mají zrcadla o průměru cca 400 až 500 mm



Co „uvidíme“?

Galaxie v Andromedě



Pohled dalekohledem



Otevřená hvězdokupa Plejády v Býku



Pohled dalekohledem



Emisní mlhovina v Orionu



Pohled dalekohledem



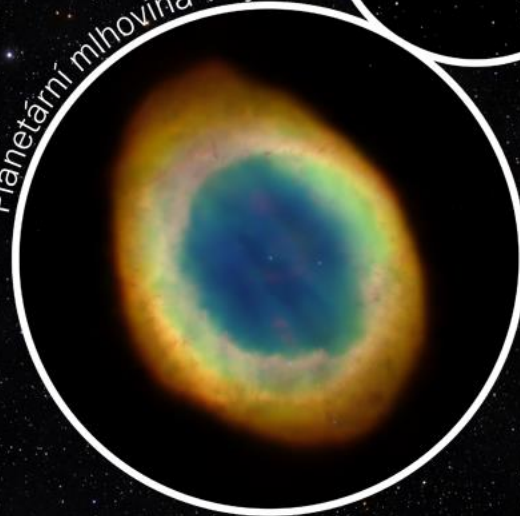
Kulová hvězdokupa v Herkulovi



Pohled dalekohledem



Planetární mlhovina v Lyře



Také svět vzhůru nohama...



A někdy i spoustu barev...



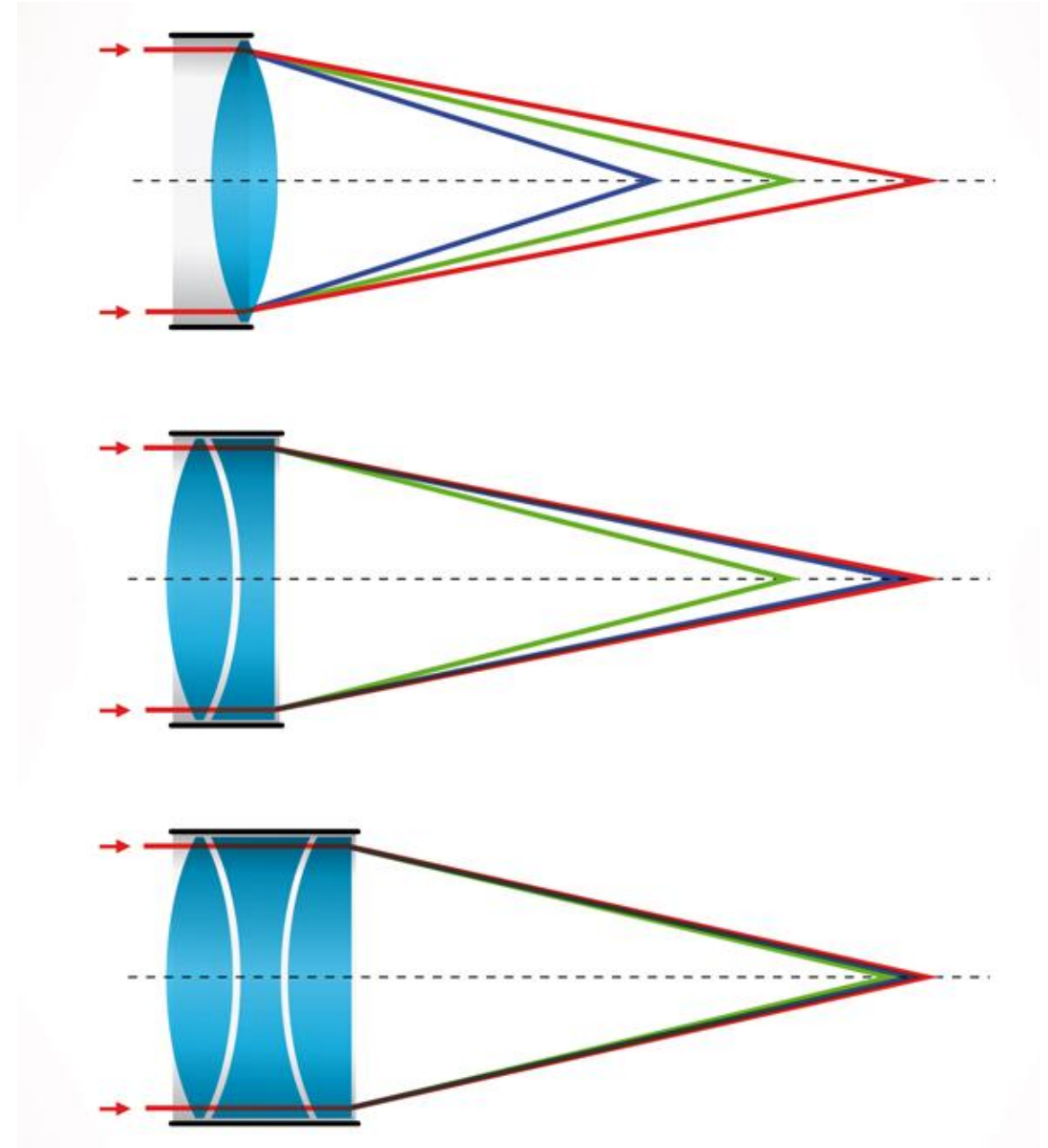
S čočkami je to složité

Kde se tam ty barvy berou?

- tzv. barevná vada se obvykle projevuje jako modrofialový difúzní lem kolem pozorovaného objektu
- čím je objekt jasnější, tím je barevná vada nápadnější
- trpí jí zejména dalekohledy se světelnými objektivy (světelnost je dána poměrem průměru objektivu ku jeho ohniskové vzdálenosti – velmi světelné objektivy mají světelnost 1:4 až 1:6, málo světelné kolem 1:10 až 1:15)
- příčinou je lom světelných paprsků na rozhraní vzduchu a skleněné čočky -> paprsky různých barev (vlnových délek) se lámou pod odlišnými úhly, díky čemuž se nesbíhají přesně v jednom ohnisku

Drahá léčba achromáty a apochromáty

- výrazně ji lze potlačit kombinací dvou (achromatické objektivy) nebo dokonce tří (apochromatické objektivy) čoček z různého materiálu
- dnes jsou nejrozšířenější tzv. **ED skla s nízkou disperzí** (zkratka ED pochází z anglického výrazu extra-low dispersion)
- achromatické i apochromatické objektivy z ED skel jsou velmi drahé



Zrcadla jsou levnější!

V jednoduchosti je síla...

- zrcadla netrpí barevnou vadou
- jsou vyrobeny z jednoho bloku skla, které je vybroušeno pouze z jedné strany
- sklo ani nemusí být dokonale čiré, stejně se pokoví...



Astronomické ceny?

Čočkový objektiv o průměru 100 mm:

- achromát: 6 000 Kč
- achromát ED: 30 000 Kč
- apochromát ED: 55 000 Kč

Zrcadlový objektiv o průměru:

- 150 mm 7 000 Kč
- 250 mm 18 000 Kč
- 300 mm 30 000 Kč

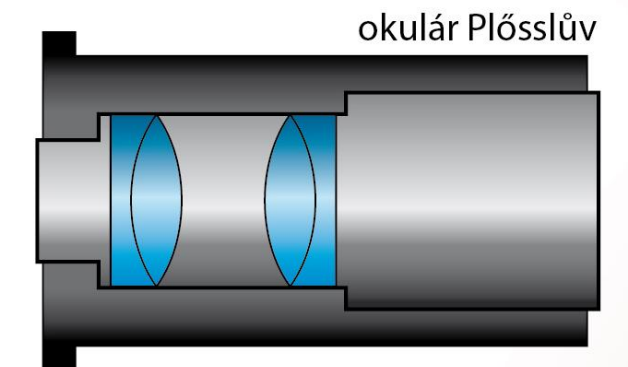
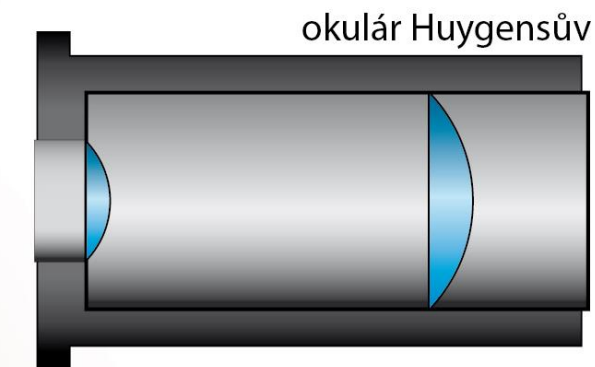
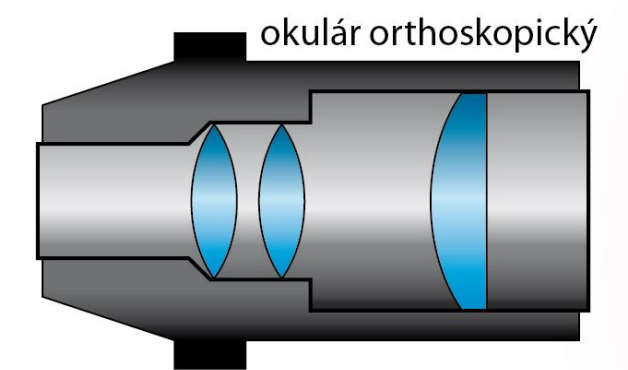
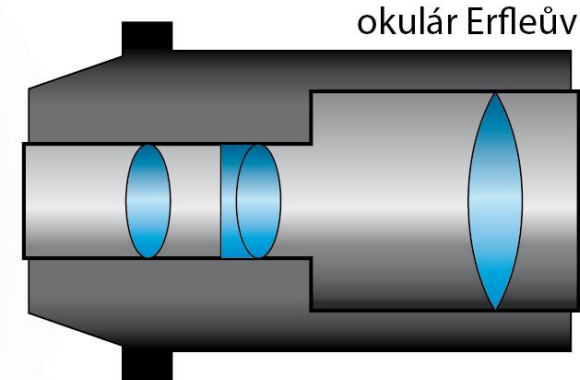
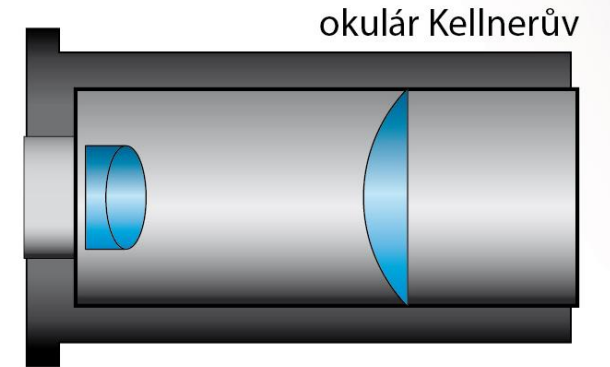
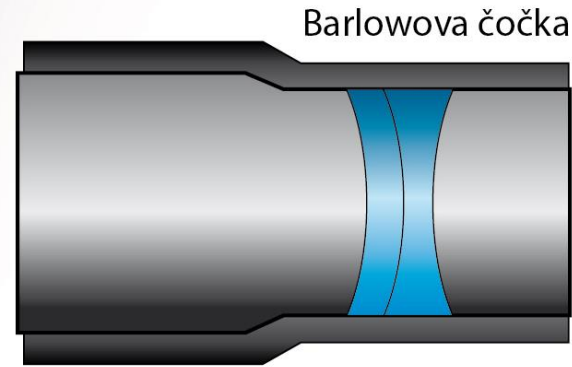
Astronomické okuláry

Okulár – polovina dalekohledu!

- špatný okulár může snadno pokazit i špičkový objektiv
- současné okuláry jsou složeny ze čtyř nebo i více čoček a celé řady clonek
- vyrábějí ve dvou průměrech upínacího tubusku, který se vkládá do okulárového výtahu – menší okuláry mají průměr 1,25“ zatímco větší okuláry 2“
- většina dalekohledů má okulárové výtahy o průměru 2“, do nichž je vložena redukce o průměru 1,25“

Důležité parametry

- **ohnisková vzdálenost** (mm) a **zorné pole** (úhlové stupně)
- **vzdálenost výstupní pupily** – říká, v jaké vzdálenosti od okuláru v milimetrech bude pozorovatelovo oko
- **oční reliéf** – průměr koncové čočky okuláru, ke které pozorovatel přikládá své oko
- očníce, antireflexní vrstvy, vnitřní vyčernění, zoom



Nechme ruce odpočinout...

Azimetální montáž

- umožňuje pohyb dalekohledu ve směru azimutálních neboli obzorníkových souřadnic
- jejím základem je dvojice navzájem kolmých os
- pohyb dalekohledu kolem svislé osy souvisí se změnou azimutu, pohyb kolem vodorovné osy se změnou výšky nad obzorem
- **velmi snadno a intuitivně se ovládá**



Dobsonova montáž

U zrcadlových dalekohledů je nejrozšířenější variantou azimetální montáže tzv. dobsonova montáž, která se skvěle osvědčila u newtonových dalekohledů. Obvykle je vyrobena ze dřeva a má podobu nepříliš vysoké kolébky, do níž je usazen tubus newtonova dalekohledu. Kolébka stojí na zemi a může se celá otáčet kolem svislé osy (změna azimutu), zatímco tubus spočívá ve dvou postranních kluzných ložiscích, jež zajišťují natáčení kolem vodorovné osy ve výšce.



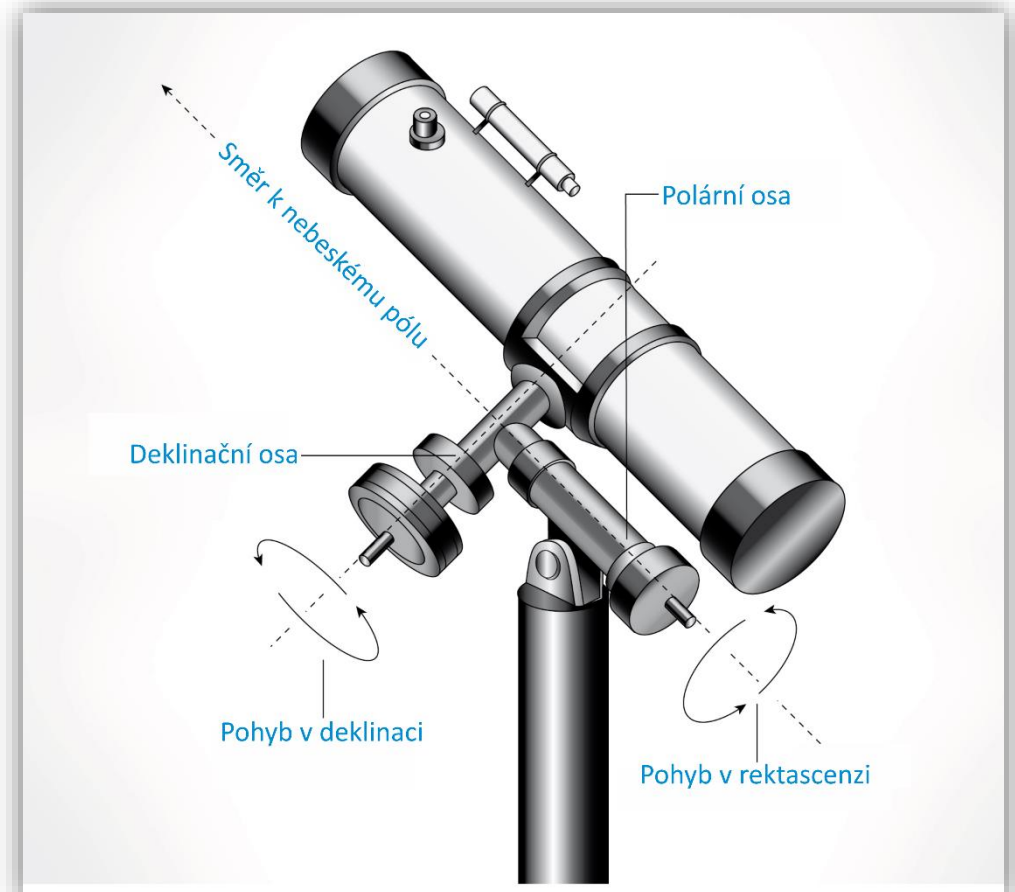
Montáž pro pokročilé

Ekvatoreální (paralaktická) montáž

- umožňuje pohyb dalekohledu ve směru rovníkových souřadnic, tedy v deklinaci a rektascenzi
- tvoří ji dvojice navzájem kolmých os, z nichž se jedna označuje jako deklinační a druhá jako polární
- pokud se dalekohled pohybuje ve směru deklinace, otáčí se kolem deklinační osy a jestliže se pohybuje ve směru rektascenze, otáčí se kolem polární osy
- orientace obou os v prostoru však nemůže být náhodná, musí se krýt se systémem rovníkových souřadnic
- to je zajištěno jen tehdy, pokud je polární osa montáže rovnoběžná se zemskou rotační osou
- na severní zemské polokouli míří rotační osa Země na severní nebeský pól, který se v současnosti nachází nedaleko hvězdy Polárky -> pokud má být polární osa ekvatoreální montáže rovnoběžná se zemskou rotační osou, je nezbytné, aby také ona mířila na severní nebeský pól

Snazší sledování hvězd

Hlavní výhodou ekvatoreální montáže je způsob, jakým se dalekohled na ní umístěný pohybuje při vedení za sledovaným objektem, například hvězdou. Dalekohled se totiž otáčí pouze kolem polární osy, zatímco kolem deklinační osy se nepohybuje vůbec. Tubus dalekohledu tudíž v prostoru opisuje stejnou křivku, jako hvězda na nebi. Vše bude jasnější, pokud si tento pohyb srovnáme s pohybem dalekohledu na azimutální montáži. V takovém případě se totiž dalekohled pohybuje v obou osách současně.



Chytré montáže

Za komfort se platí

- elektrické motory ideálně v obou osách
- hodinový stroj automaticky otáčí dalekohledem za hvězdami
- ovládání prostřednictvím tzv. digitálních ruček anebo chytrých telefonů skrze Wi-Fi (bezdrátově)
- velmi jemné posuny dalekohledu
- chytré enkodéry umožňují vyhledávání objektů na nebi (tzv. Go-To dalekohledy)
- GPS se postará o přesný čas i polohu
- vestavěné katalogy nebeských objektů s desítkami tisíc položek
- ekvatoreální montáže s hodinovým strojem jsou ideální pro fotografování nočního nebe
- mnohonásobně dražší než „hloupé“ montáže
- neobejdou se bez patřičného „ustavení“, tzn. počátečního zorientování pod hvězdnou oblohou



Co tedy do začátku?



Refraktor s objektivem o průměru 70-100 mm na azimutální montáži



Reflektor s objektivem o průměru 150-200 mm na azimutální montáži

„Lidlskop“



Nad čím popřemýšlet?

Dříve než se odhodláme k nákupu, zvažme:

- pro koho je dalekohled určen – dítě, začátečník, pokročilý pozorovatel
- zda bude dalekohled sloužit pro letmé pohledy do vesmíru anebo se stane základem soustavnější činnosti
- odkud se bude s dalekohledem pozorovat – balkón či terasa, zahrada, město nebo vesnice
- zda budeme dalekohled nuceni přenášet či převážet
- zda bude potřeba zdroj elektrického napájení – např. pro naváděné montáže
- jaký je náš finanční strop



Kde nalézt další informace a event. i nakupovat?

Podrobnější souhrnné informace o astronomické technice, rady, návody:

- Internetový kurz základů astronomie (část „S dalekohledem“): <https://www.hvezdarna.cz/astrokurz/>

Renomovaní internetoví prodejci astronomické techniky:

- Supra-Praha: <http://www.supra-dalekohledy.cz/>
- Dalekohledy Matoušek: <http://www.dalekohledy.cz/>

Recenze dalekohledů, bazarový prodej, užitečné tipy, setkání pozorovatelů:

- Astronomické fórum: <https://www.astro-forum.cz/>