



# ZÁKLADY ASTRONOMIE 1

## Praktikum 6.

### POZOROVÁNÍ DALEKOHLEDEM

#### 1 Úvod

Oko bylo základním přístrojem astronoma, základním detektorem světla po dlouhá staletí ba tisíciletí, a zůstalo jím dokonce i tři století po vynálezu dalekohledu a jeho využití v astronomii. Dnes už prostý pohled do dalekohledu zůstal v podstatě jen doménou návštěvníků hvězdáren a milovníků astronomie. Odborná pozorování se vizuálně již téměř neprovádějí. Také fotoelektrický fotometr nebo fotografická deska jsou už překonané a byly v naprosté většině nahrazeny snímáním zorného pole dalekohledu CCD kamerou. Přesto se v tomto praktickém cvičení tak trochu vrátíme zpět a ukážeme si vlastnosti oka a optického dalekohledu. Lidské oko je velmi důmyslný nástroj, zejména ve spojení s lidským mozkem. Jeho rozlišovací schopnost si vyzkoušíme jednoduchým pokusem. Budeme zjišťovat z jaké vzdálenosti jste ještě schopni pozorovat dva malé objekty a rozlišit je jako oddělené. Získanou rozlišovací schopnost porovnáme s rozlišovací schopností dalekohledu. S dalekohledem se ve své astronomické praxi setká i ten nejzavilejší teoretik. I on musí být schopen jednoduchý dalekohled nastavit a spočítat jeho parametry. A právě to je mimo jiné cílem této praktické úlohy.

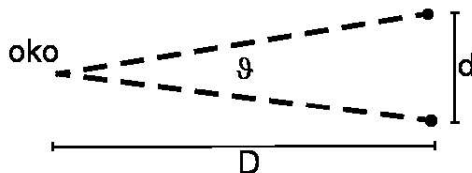


Obr. 1: Snímek Plejád pořídil Robert Gendler v roce 2004 během 20 hodinové expozice.

#### 2 Pracovní postup a úkoly

1. Rozlišovací schopnost oka vyjádříme pomocí úhlu  $\vartheta$ , pod nímž budeme pozorovat vzdálenost dvou bodových objektů  $d$  (viz obrázek 2).

Bude-li vzdálenost  $D$  dvou bodů od oka velká ve srovnání se vzdáleností samotných bodů, můžeme psát zjednodušeně  $\vartheta = d/D$ , kde úhel  $\vartheta$  je vyjádřen v radiánech. Převedení na stupně je triviální záležitostí, uvědomíte-li si, že plný úhel  $360^\circ$  odpovídá  $2\pi$  radiánů. Získaná rozlišovací schopnost je však do značné míry závislá na konkrétní situaci, kdy a kde budete měření provádět. Pro zjištění hodnoty úhlu  $\vartheta$  si připravte čtvrtku papíru a na ní dva body



Obr. 2: Pokus na rozlišovací schopnost oka.

vzdálené 5 až 8 mm o průměru přibližně 1 mm. Hledáme samozřejmě největší vzdálenost, z níž ještě rozlišíte oba body, tedy nejmenší, mezní hodnotu úhlu  $\vartheta$ . Navrhněte sami způsob realizace měření, podrobně jej popište včetně tabulky provedených měření.

2. Změřte rozlišovací schopnost oka. Navrhněte sami metodu a průběh měření. Zaznamenejte všechna měření do tabulky, kterou si připravíte. Zaznamenejte všechny okolnosti měření, například místo, čas, podmínky. Veškeré záznamy a diskusi přiložte k protokolu. Než se pustíte do realizace rozmyslete si odpovědi na následující otázky. Odpovědi stručně запиšte. viz příloha č. 1

- Bude se nějak lišit, jestliže pozorované body budou černé na bílém podkladě nebo bílé na černém pozadí? Nebude, černou barvu na bílé, pozorujeme obdobně jako bílou na černé
- Změní se nějak situace, pokud ty dva body budou samy zářit? Ano, vzdálenost, ze které je můžeme pozorovat se zvětší
- Bude mít vliv osvětlení na výsledek pokusu? Bude rozlišovací schopnost lepší na prudkém slunečním světle nebo pokud bude pod mrakem? Ano bude. Pokud bude zataženo, bude rozlišovací schopnost oka lepší. Při přímém slunečním světle bude naše schopnost rozlišit vzdálené objekty horší - světlo odražené od objektů bude "přesvíceno" přímými slunečními paprsky.

3. V roce 2009 probíhal Mezinárodní rok astronomie. V jeho rámci byl jako jedna z aktivit prodáván galileoskop – jednoduchý dalekohled srovnatelný velikostí s dalekohledem používaným Galileo Galileim na začátku 17. století. Jeho dalekohledy měly průměry objektivů 51 mm, 26 mm, 37 mm a 58 mm, ale většinou byly kvůli optickým vadám čočky zacloněny na zhruba polovinu průměru. Dosahoval až 34násobného zvětšení. Galileoskop sestává z objektivu o průměru 50 mm s ohniskovou vzdáleností 50 cm a okulárem s ohniskovou vzdáleností 20 mm. Jaké zvětšení sestava galileoskopu dává?

objektiv: 500mm  
okulár: 20mm => zvětšení 25x

Je možné použít na pozorování s galileoskopem okulár o ohniskové vzdálenosti 2 mm? Svou odpověď zdůvodněte.

soustava nám poskytne zvětšení 250x - užitečné zvětšení dalekohledu  $\langle D/2, 2D \rangle$ , kde D [mm],  
kde D....průměr objektivu  
=> maximální užitečné zvětšení:  $2 \times 50\text{mm} \Rightarrow 100\times$

4. V novinách jste zahlédli inzerát: "Prodám z pozůstalosti jeden a půl metru dlouhý astronomický dalekohled zvětšující 300x. Cena 3000 Kč." Dejme tomu, že Vás nabídka zaujala

a chcete si takový přístroj zakoupit. Nicméně, jistě budete vyžadovat o přístroji další údaje. Na co především se budete prodávajícího ptát? Jinak řečeno, jaké základní údaje by měl astronom znát o svém dalekohledu?

- zda se jedná o reflektor či refraktor
- ohniskové vzdálenosti objektivu a okulárů, typy okulárů, případně zda jsou k tomu nějaké filtry
- rozměry, váha, přenosnost
- typ montáže (nejčastěji německá paralytická nebo azimutální)

5. Při použití galileoskopu pro vizuální pozorování, žádnou montáž nepotřebujeme. Dalekohled budeme držet v ruce. Nicméně větší přístroje montáž vyžadují a kvalitní montáž je opravdu nezbytná pro astrofotografii nebo pozorování se CCD kamerou. Z kurzu víte, že montáží je celá řada typů. Některé jsou jednoduché na stavbu, například typ Dobson, ale mají určité nedostatky při použití. Zkuste nyní odpovědět na několik otázek.

- Jednou z nejběžnějších montáží je německá montáž. Jaké výhody nebo nevýhody spatřujete v jejím použití?

- + - "hodinová" osa je rovnoběžná se zemským rovníkem (deklinací je na ni kolmá) => pro dlouhodobé pozorování stačí zajistit otáčení "hodinové" osy stejnou rychlostí, jakou se posouvá hvězdná obloha (otáčí Země)
  - vhodná pro všechny druhy dalekohledů
- - polární osa upěvněna na trojnožce - na jedné straně dalekohled, na druhé protizávaží nebo další dalekohled => zvýšená hmotnost, horší manipulace

- Jakou nevýhodu má oproti německé montáži montáž typu Dobson?

- 1. osa kolmá na vodorovnou rovinu, 2. osa je s ní rovnoběžná => pro dlouhodobé pozorování či fotografování je třeba korigovat pohyb dalekohledu po obou osách
- nemá aretace - tubus musí být dobře vyvážený

- Je možné se všemi typy montáží pozorovat hvězdy v okolí světových pólů?

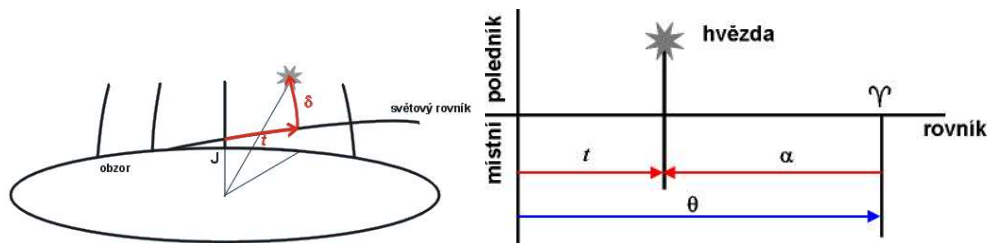
Není - např. pro rámovou montáž (polární osa ve dvou bodech) jsou objekty v okolí pólů nedostupné

6. V dnešní době používají dalekohledy tzv. goto systémy. To znamená, že je možné zadat dalekohledu název objektu, on si jej najde v katalogu a nastaví se na něj. Případně zadáme souřadnice hledaného objektu (rektascenzi a deklinaci) a dalekohled se na ně nastaví. Dříve se ale u větších přístrojů<sup>6</sup>) na hvězdárnách využívalo nastavování pomocí souřadných dělených kruhů na montáži dalekohledu. K tomu se využívala jednoduchá závislost mezi délkovou souřadnicí první a druhé rovníkové soustavy souřadnic. Ve druhé rovníkové souřadné soustavě je délkovou souřadnicí rektascenze  $\alpha$ , která se měří od jarního bodu proti směru otáčení hodinových ručiček při pohledu od severního světového pólu. V první soustavě rovníkových souřadnic je délkovou souřadnicí tzv. hodinový úhel, což je úhel mezi rovinou místního poledníku a rovinou kolmou na rovinu světového rovníku (deklinací rovinou) procházející sledovaným objektem. Mezi rektascenzí objektu  $\alpha$  a jeho hodinovým úhlem  $\Theta$  je jednoduchý vztah

<sup>6</sup>Rozuměj přístrojů v rozmezí průměrů 20–100 cm.

$$\alpha + \Theta = \text{místní hvězdný čas.}$$

Jinak řečeno místní hvězdný čas udává aktuální hodinový úhel jarního bodu a všech ostatních objektů s nulovou rektascenzí (viz obrázek 3).



Obr. 3: Hodinový úhel. Převzato z <http://www.aldebaran.cz>.

- Jaký je hodinový úhel hvězdy, která při pozorování z Brna právě vrcholí nad jižním obzorem?

je na místním poledníku => 0h

- Jaký úhel bude svírat polární osa pomyslného dalekohledu na německé montáži s vodorovnou rovinou?

49°

- Nastavme nyní náš pomyslný přístroj na deklinaci 50° a otáčením podle hodinové osy postavíme dalekohled do svislé polohy. Jakou hodnotu můžeme odečíst na hodinovém kruhu montáže?

pokud je tubus ve svislé poloze díváme se na zenit - ten je na místním poledníku => 0h

7. Přejdeme nyní k praxi. Vykonejte libovolným astronomickým dalekohledem jednoduché pozorování nějakého kosmického objektu, například Měsíce, jasné hvězdokupy, mlhoviny apod. Pozorovaný objekt zakreslete. Zaznamenejte si i podmínky a čas pozorování. Pokud používáte pozorovací deník, pořiďte kopii zápisu v deníku a přiložte k protokolu. Jinak přiložte originál. Podrobně popište parametry použitého dalekohledu – typ, průměr, použitý okulár, použité zvětšení, případně použité filtry na odstranění rušivého městského osvětlení atd.

Pokud nemáte vlastní dalekohled, pokuste se jej vypůjčit nebo provést pozorování na blízké hvězdárně. V případě, že nebudete moci pořídit kresbu pozorovaného objektu (např. z časových důvodů, pokud půjde o pozorování s ostatními návštěvníky na hvězdárně), zapište seznam pozorovaných objektů a napište, který z nich vás nejvíce zaujal.

V krajní variantě, kdy nebudete mít k dispozici žádný dalekohled, ani možnost navštívit žádnou hvězdárnu, provedete pozorování očima a zakreslíte mapku pozorovaných objektů, například Plejád, jasných hvězd ze souhvězdí Kasiopeja, Orion apod.

viz příloha č. 2

## 8. Pár otázek závěrem

K zodpovězení závěrečných otázek vám pomohou přednášky, ale třeba i internet:

- Jaký je největší čočkový dalekohled světa? Jaký má průměr a kde se nachází?

Yerkeská observatoř - dalekohled s největší čočkou na světě (hlavní čočka 102 cm, tubus 18m) - postaven r. 1897  
observatoř Archenhold - dalekohled s nejdelším tubusem (hlavní čočka 68 cm, tubus 21 m)

- Proč se observatoře s největšími dalekohledy budují na nehostinných místech vysoko v horách?

- velmi nízké světelné znečištění (popř. i jiné části elmag. spektra, např. rádiových vln)
- nízká oblačnost, vlhkost vzduchu.. (po většinu roku příznivé počasí)
- poloha (vyšší nadmořská výška nebo např. v údolí)

- Jakým největším dalekohledem jste pozoroval/a?

hvězdárna Sobotiště (Slovensko)  
- nepodařilo se mi dohledat parametry dalekohledu

- Jakým dalekohledem byla pořízena fotografie na obrázku 1? Reflektorem nebo refraktorem? Svou odpověď zdůvodněte.

Snímek byl pořízen za pomoci reflektoru:

- zrcadla mají zpravidla větší sběrnou plochu (zorný úhel)
- čočky se hodí spíše pro detailní pozorování objektů se velkým kontrastem (měsíc, planety...)
- hvězdy jsou na snímku "deformovány" do tvaru čtyřcípé hvězdy - způsobuje to uchycení sekundárního zrcadla

Zorné pole snímku je zhruba  $2,4^\circ \times 2^\circ$

- Co je to seeing?

hvění obrazu pozorovaného objektu - způsobeno rozptylem světla v atmosféře Země  
- ovlivněno vlhkostí, teplotou vzduchu, hustotou vzduchu...

## Použité zdroje a další materiály ke studiu

Steve Joiner <http://threeaxis.sourceforge.net/simulator.html>

<http://astro.unl.edu/classaction/animations/telescopes/telescope10.html>