PRÍRUČKA K ĎALEKOHĽADOM

Vlastník, alebo budúci majiteľ ďalekohľadu sa častokrát dostáva do situácie, v ktorej je obklopený záplavou nových pojmov, s ktorými sa bežne nestretáva, a preto im ani poriadne nerozumie. Snaží sa zorientovať v labyrinte informácií, je plný otázok, hľadá odpovede a rady. Chce vedieť aké má možností riešenia, pričom netuší, či jeho predstavy a požiadavky sú reálne.

V tomto tápaní by mala pomôcť naša príručka k ďalekohľadom. Samozrejme, dá sa o tom aj hovoriť, ale je toho dosť veľa. Navyše v hovorovej forme môže dôjsť k prehliadnutiu niektorých súvislostí, či dočasnému neporozumeniu. V písomnej forme sa k tomuto prehliadnutiu môžete kedykoľvek vrátiť späť. Môžete si vybrať tú časť ktorú potrebujete, resp. ktorá vás zaujíma. A hlavne (čo je najpodstatnejšie), môžete si to v pokoji premyslieť a nájsť pre vás to najideálnejšie riešenie.

V tejto príručke sa vo väčšine prípadov uvádza nielen to, že je tomu tak, ale aj to, prečo tomu tak je. Postupne a na rôznych úrovniach sa dozviete : čo je to ďalekohľad, niečo o oku a ceste svetla okom, ako narábať zrakom pri pozorovaní, informácie o svetle, ako vplýva atmosféra na pozorovanie, ako fungujú jednotlivé časti ďalekohľadu, základné parametre ďalekohľadov (od zväčšenia cez rozlišovaciu schopnosť až po obrazy v ohnisku) – čo znamenajú, ako si ich jednoducho určiť alebo vypočítať, ako bezpečne pozorovať Slnko, o dileme medzi šošovkovými a zrkadlovými ďalekohľadmi a množstvo ďalších praktických postrehov, rád a informácií z oblasti ďalekohľadov a astronómie.

Napriek tomu, že postup výkladu je encyklopedický, pojmy z predchádzajúcich častí sú potrebné pre pochopenie nasledujúcich kapitol.

<u>Aj keď na prvý pohľad sa to nezdá, táto príručka má skôr otvárať oči, než poúčať.</u>

1.1: Ďalekohľad (teleskop) - definícia

- je optické zariadenie, ktoré sa používa na zobrazenie relatívne dostatočne veľkých predmetov vo veľkých vzdialenostiach. Je to najdôležitejší astronomický optický prístroj.

Fyzikálny princíp ďalekohľadu:

Svetelné lúče sa pomocou objektívu ďalekohľadu sústredia (sfokusujú) do obrazového ohniska objektívu, čím sa v ohniskovej rovine objektívu vytvára obraz pozorovaného predmetu. Na takto vzniknutý obraz sa potom pozeráme okulárom (ako lupou), pričom objektívový obraz sa musí stotožniť s predmetovým ohniskom okulára (čo dosahujeme vysúvaním, či zasúvaním okuláru, teda ostrením).

Ďalekohľad pri svojom použití plní tri hlavné úlohy:

1. ***Sústreďuje oveľa viac svetla než ľudské oko***, zvyšuje tak jasnosť pozorovacích predmetov, prípadne nám ukáže aj také zdroje svetla, ktoré voľným okom sú nepostrehnuteľné. (Priama závislosť od priemeru objektívu).

2. ***Zväčšuje pozorované predmety***, t.j. ukazuje nám ich pod väčším zorným uhlom, než voľné oko (Priama závislosť od zväčšenia).

3. ***Rozlíši body nepatrne vzdialené od seba***, ktoré voľnému oku splývajú. (Priama závislosť od priemeru objektívu).

Vedecky cenné pozorovania možno robiť s ďalekohľadmi s minimálnym priemerom objektívu 150 mm. Pre cvičné alebo demonštračné pozorovania stačí aj menší prístroj s priemerom 60-100 mm, s približne 100 násobným zväčšením.

1.2: Rozdelenie ďalekohľadov :

► **Podľa použitého okuláru**: ***Galileov typ*** – objektívom je spojná šošovka a okulárom je rozptylka. Obraz je priamy - výškovo i stranovo správne orientovaný. Do oka však vstupuje len malá časť lúčov ktoré prešli objektívom, preto obraz je menej svetlý a málo kvalitný. V astronómii sa nepoužíva, používa sa iba ako divadelný ďalekohľad Niekedy tento typ je nazývaný aj ako ***pozemský*** *alebo* ***holandský*** ďalekohľad.

Keplerov typ – objektívom i okulárom sú spojky, resp. sústavy šošoviek správajúcich sa ako spojky. Obraz je stranovo i výškovo prevrátený, avšak po všetkých stránkach je kvalitnejší než pri Galileiho type ďalekohľadu. Niekedy tento typ je nazývaný aj ako ***hvezdársky*** ďalekohľad.

► **Podľa fyzikálneho princípu** sfokusovania svetelných lúčov (lom či odraz v objektíve):

Refraktor (šošovkový, dioptrický) – objektívom i okulárom sú (spravidla) sústavy šošoviek s výsledným správaním ako spojky. Na vytvorenie obrazu v ohniskovej rovine objektívu sa využíva zákon lomu.

Reflektor (zrkadlový) – okulárom je opäť spojná sústava šošoviek, avšak objektívom sú konvexné, t.j. duté (napr. parabolické) zrkadlá, ktoré pomocou zákonov lomu tiež vytvoria obraz v ohnisku objektívu.

Katadioptrický – kombinácia zrkadlo/šošovka, teda odraz aj lom. Príkladom je napr. Schmidt-Cassegrainov ďalekohľad, kde v zrkadlovom ďalekohľade (Cassegrainovom) do cesty svetelným lúčom je vložená špeciálne tvarovaná šošovka (Schmidtova korekčná doska) slúžiaca na požadované usmernenie lúčov (lomom).

► **Podľa rôznych spôsobov používania**, napr. ***Monokulár*** (***monar***) či ***binokulár (binar)*** do ďalekohľadu je možné pozerať jedným, či dvoma očami);

Prenosný či ***stacionárny*** ďalekohľad a pod...

2. Oko ako optický prístroj

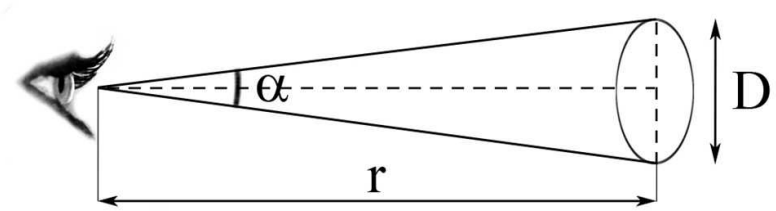
2.1: Oko – základný astronomický prístroj, ktorý do roku 1610 bol jediným optickým nástrojom hvezdárov.

► **Zorné pole**: - oka je asi 60°- 80°, pričom zorný uhol ostrého videnia okolo optickej osi oka je asi 1°- 2°.
- pohľadu je asi 120° - 130° ↕ vo vertikálnom smere
150°- 160° ↔ v horizontálnom smere, pričom pole priameho videnia je obmedzené iba na 0,75 °.

► **Rozlišovacia schopnosť oka (ostrosť zraku)**:
- schopnosť zraku ***rozlíšiť od seba dva blízke body***. Závisí od hustoty usporiadania čapíkov na sietnici ***(viď časť 2.4)***. Ľudské oko môže rozlíšiť dva svetelné body, ak ich obraz na sietnicu dopadne tak, že medzi podráždenými čapíkmi zostane aspoň jeden nepodráždený. Ak sa zobrazia dva body na dvoch susedných čapíkoch, vnímame ich ako súvislú čiarku. Zdravé oko rozozná dva body od seba vtedy, ak sú od oka vzdialené najviac 3438-násobok ich vzájomnej vzdialenosti. Vtedy je ich uhlová vzdialenosť 1´. Preto pri dobrom oku a za dobrých pozorovacích podmienok môže byť jeho rozlišovacia schopnosť až 60“ t.j. **1´** (jedna uhlová minúta, výnimočne i menej). Pri takejto rozlišovacej schopnosti oko rozlíši okrajové body predmetu vysokého 1 meter vo vzdialenosti 3,44 km. Avšak svetlá auta vzdialeného od nás až 3,5 km vnímame už iba ako jeden bod. V praxi má však oko menšiu rozlišovaciu schopnosť a to 120“ až 200“ (2´-3´).
- závisí od prostredi*a*. Tmavé teleso na svetlom podklade môžeme vidieť aj s menším uhlovým priemerom (napr. elektrické vedenie na pozadí oblohy vidíme aj pod uhlom 6“).So svetlými telesami na tmavom podklade je to oveľa horšie. Pri zníženej viditeľnosti môže rozlišovacia schopnosť oka, pri pozorovaní hviezd v noci klesnúť až na 20´.
- pre astronomické potreby (v noci svetlé hviezdy na tmavom podklade) je reálna rozlišovacia schopnosť oka asi **160“ (t.j. ≈ 2,5´).** Uhlová vzdialenosť Alcoru od Mizaru je 12´. Uhlový priemer Slnka a Mesiaca je približne 0,5° = 30´, čo je dostatočne postačujúce na to, aby sme ich vnímali ako kruhové plochy.

Praktická poznámka č.1: Jednotliví ľudia sa môžu vyznačovať vynikajúcimi zrakovými schopnosťami. Preto je možné, že výnimočne schopní jednotlivci môžu voľným okom za mimoriadne priaznivých podmienok pozorovať i fázy Venuše, ktorej zdanlivý priemer môže dosiahnuť viac ako 1´. Podarilo sa to napríklad anglickému astronómovi J. A. Prostorovi roku 1881. Z histórie sú známi minimálne ďalší šiesti astronómovia s takouto schopnosťou zraku.

► **uhlový priemer objektu (α): *(** viď aj slovníček na konci –Uhlové miery)*
– je zdanlivý priemer vesmírnych objektov: **α = 2 arctg (D/2r)**



$$\alpha = 2.arctg\left(\frac{D}{2r}\right)$$

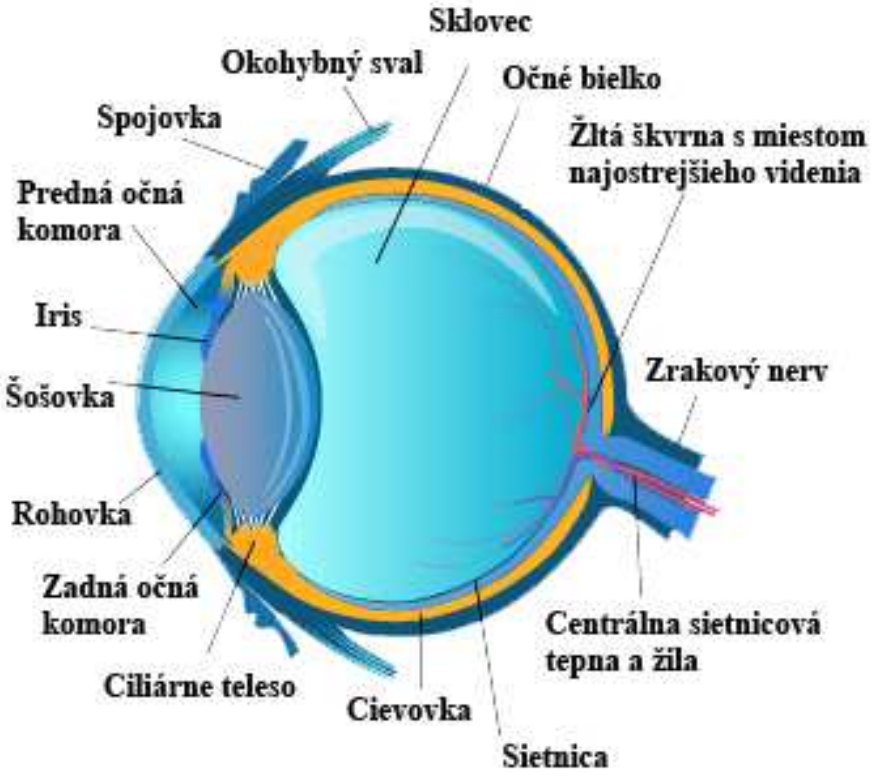
(α - uhol v stupňoch, min, sek;
D - skutočný priemer objektu;
r - vzdialenosť objektu).
V astronómii sú uhlové priemery objektov malé, pre maličké uhly 0°< α <0,1°je tgα = α , potom **α = arctg (D/r)** .
Keď je známa vzdialenosť telesa „r“, zo známeho (odpozorovaného) uhlového priemeru objektu „α“ možno vypočítať jeho skutočnú veľkosť „D“(lineárny priemer): **D = r . tgα**

2.2: **Cesta svetla okom*:*** –> rohovka –> predná očná komora –> zrenica –> šošovka –> sklovec –> svetlocitlivé bunky (fotoreceptory) na sietnici.

► **Rohovka (cornea)** je transparentná vrstva (mierne vyklenutá dopredu), ktorá tvorí prednú časť oka a chráni jeho vnútorné časti. Jej priemer je asi 12 mm, hrúbka 0,5 mm. Tvorí rozhranie medzi okom a okolitým prostredím. Lom indexu vzduchu je 1,0. Lom rohovky je 1,38 – blízky indexu lomu vody. Najväčší lom je na rozhraní medzi vzduchom a rohovkou, preto rohovka sa najviac podieľa na lome lúčov dopadajúcich do oka. Jej optická mohutnosť (schopnosť lomiť sv. lúče) je asi 43 dioptrií. ***(***<u>*viď aj slovníček na konci – Dioptria)*</u>

► **Predná očná komora** je vyplnená očným mokom (humor aquens - komorovou vodou), s indexom lomu 1,33.

►**Zrenica (pupila)** je kruhový otvor v strede **dúhovky** (**iris**). Dúhovka, okrem pigmentových buniek (ktoré zabraňujú vstupu svetla do oka) je tvorená hladkým svalstvom usporiadaným kruhovito, alebo lúčovite. Otvor v dúhovke, zvaný zrenica, je stále čierny, pretože zvnútra oka nevystupujú žiadne svetelné lúče. Veľkosť zrenice je dynamicky riadená svalmi tak, aby bol udržiavaný relatívne konštantný tok svetla do oka. Pri silnom osvetlení sa zrenica (veľmi rýchlo) zúži na priemer asi 2 mm, v šere a tme sa postupne (pomaly) rozšíri až na priemer asi 8 mm (u ľudí nad 40 rokov je to menej). Dúhovka so zrenicou pripomína činnosť irisovej clony vo fotoaparáte.



► **Šošovka (lens)** je bikonvexná (dvojvypuklá) pružná spojka vytvorená z priehľadných buniek. Viac zakrivená je zadná plocha. Jej priemer je asi 9 mm a najväčšia hrúbka v strede je asi 4 mm. Šošovka v strede má index lomu 1,40 a na okrajoch 1,38. Samotná šošovka má mohutnosť asi 16 dioptrií. Jej vzdialenosť od sietnice je stála, avšak napriek tomu jej funkciou je mierne doostrovanie. Zaostrovanie oka na predmety v rôznych vzdialenostiach od neho tak, aby ostrý obraz predmetu dopadol na sietnicu sa volá ***akomodácia***. Kým oko zaostruje, potrebuje na to určitý čas ktorý trvá od stotín sekundy až približne po jednu sekundu. Pri akomodácii sa šošovka pomocou akomodačných svalov „zaguľacuje“(zmršťovaním svalov - ostrenie na blízko), resp. „splošťuje“ (ostrenie do diaľky – sval sa uvoľňuje). Zmenou polomeru zakrivenia (hlavne prednej plochy) sa mení optická mohutnosť šošovky. Pri pohľade na bližšie predmety sa spolu s akomodáciou reflexne zúžia zrenice a súčasne sa osi očí pootočia do vnútra (podobne ako pri škúlení). Akomodačná schopnosť oka má svoje hranice. Najbližší bod, ktorý sa zobrazí na sietnici ostro (pri najväčšej akomodácii) sa nazýva ***blízky bod*** a od oka je vzdialený asi ***d = 10 cm – u detí 7 cm*** u dospelých asi ***20 cm*** .S vekom sa akomodačná schopnosť oka znižuje a blízky bod vzďaľuje (bližšie body sa zobrazujú neostro) a oko sa stáva ďalekozrakým.

Závislosť akomodačnej schopnosti oka od veku človeka:

Vek [roky]	10	20	30	40	50	60	70	80
Blízky bod [cm]	7	10	14	20	40	100	∞	∞
*Akomodačná šírka [D]	14	10	7	5	2,5	1	0	0

*****<u>*(viď aj slovníček na konci – Starecká ďalekozrakosť)*</u>

Najvzdialenejší bod, ktorý sa na sietnici zobrazí ostro (pri neakomodovanom, relaxovanom, uvoľnenom) oku sa nazýva ***ďaleký bod*** a je v ***nekonečnu***. V skutočnosti ak je predmet vzdialený ***2 a viac metrov***, akomodačný sval je už uvoľnený. Oko sa najviac akomoduje pri pozorovaní predmetov v okolí blízkeho bodu, vtedy sa najviac namáha a rýchlo unaví. Vzdialenosť, v ktorej môžeme predmety dlhšie pozorovať bez väčšej únavy sa nazýva ***konvenčná zraková vzdialenosť*** a je asi ***d = 25 cm*** od oka. Očná ***šošovka*** na sietnici ***vytvorí ostrý, skutočný, zmenšený, stranovo a výškovo prevrátený obraz predmetu.***

► **Sklovec (vitreus humor)** je rôsolovitá priehľadná číra hmota, ktorej 96% tvorí voda. Vyplňuje zadnú komoru (corpus vitreum), t.j. vnútorný priestor očnej gule. Jeho index lomu je 1,34.

► **Sietnica (retina)** a **svetlocitlivé bunky** (tzv**. fotoreceptory**) na nej - Sietnica je najvnútornejšou, jemnou, zakrivenou, niekoľkovrstvovou blanou, hrúbky 0,2-0,4 mm, umiestnenou v zadnej časti oka. Je zložená z neurónov a buniek citlivých na svetlo. Obsahuje dva druhy svetlo citlivých buniek – čapíky a tyčinky.

- *Čapíky* umožňujú ***farebné videnie***, potrebujú ***vyššiu intenzitu svetla*** aby zareagovali – teda na svetlo sú málo citlivé, ale zabezpečujú ***lepšiu ostrosť videnia*** .Sprostredkovávajú videnie za ***denného svetla***, tzv. ***fotopické videnie***. Fotopické videnie dodáva oku schopnosť vidieť farby a rozlišovať jemné detaily, ale funguje len pri dobrom osvetlení. V jednom oku je približne ***7 miliónov čapíkov***.

- *Tyčinky* nie sú schopné rozlíšiť farby, rozlišujú ***iba odtiene šedi***, ale za to sú veľmi ***citlivé na svetlo*** – reagujú už pri slabom svetelnom impulze, majú však ***malú ostrosť videnia*** (uhlové rozlíšenie). Sprostredkovávajú videnie v ***noci (za šera)***, tzv. nočné alebo ***skotopické videnie***. Skotopické videnie je nižšej kvality, má obmedzené možnosti rozlišovania a umožňuje rozlišovanie len medzi odtieňmi čiernej a bielej, avšak preukazuje zvýšenú citlivosť pri redukovanom osvetlení. V jednom oku je približne ***120 – 130 miliónov tyčiniek***.

2.3: Oko ako optický člen:

Po optickej stránke (pokiaľ by sme oko chceli prirovnať k ďalekohľadu) môžeme oko nahradiť optickou sústavou tzv. ***redukovaného oka*** s nasledovnými parametrami:

- Priemer vstupnej pupily: 2,5 mm (v tme až 8 mm)
- Celkový index lomu (celej optickej cesty v oku od rohovky po sietnicu): 1,33
- Optická mohutnosť celého oka: 58,64 dioptrií
- Predmetová ohnisková vzdialenosť: 17,1 mm
- Obrazová ohnisková vzdialenosť: 22,8 mm
- Svetelnosť: 1:6,8 – 1:2,1, pri priemeroch zrenice 2,5-8 mm
- Rozlišovacia medza (schopnosť): 1´ (uhlová minúta)
- Registruje elektromagnetické žiarenie: v oblasti viditeľného svetla s vlnovou dĺžkou od 380 nm (fialové svetlo) do 780 nm (červené svetlo).

- **Ďalšie údaje o oku**: - Úplne adaptované oko reaguje pri osvetlení zrenice od 5 . 10^{-10} luxov (prahové osvetlenie videnia pre vlnovú dĺžku 510 nm -modrozelená.). Tomu zodpovedá 58 – 145 fotónov dopadajúcich na rohovku, čo zodpovedá len 5 – 14 fotónom, ktoré skutočne dopadnú až na sietnicu a pôsobia na tyčinky.

*****<u>*(viď slovníček na konci – Osvetlenie, lux)*</u>

- Prah videnia: 3 . 10^{-14} lm, (lúmen) t.j. najmenší svetelný tok schopný vyvolať zrakový vnem.
  (viď aj slovníček na konci – Svetelný tok ,lúmen)
- Prah bolesti : 1,4 . 10^{-2} lm, t.j. najväčší svetelný tok, ktorý ešte nepoškodí oko
- Spodná hranica fotopického (denného) videnia: od 3 cd/m^2 (kandela na 1 m^2) (čapíky, deň)
  (viď slovníček na konci – Svietivosť, kandela)
- Horná hranica skotopického (nočného) videnia: do 3 . 10^{-5}cd/m^2 (tyčinky, noc)
- Oko dokáže rozlíšiť zmenu hviezdnej veľkosti (jasu): $0{,}1^m$ - $0{,}05^m$ (magnitúdy ***viď 5.2.2.***)
- Ako dve rozličné farby rozlíši ľudské oko svetlo s rozdielom vlnových dĺžok iba 1 až 2 nm. (Oko dokáže rozlíšiť 130-250 čistých farieb a ich odtieňov; + 5 až 10 miliónov miešaných odtieňov).

2.4: Oko pri pozorovaní *:*

► **Videnie pri rôznej intenzite svetla** : ***Denné (fotopické)*** videnie je vlastne výsledok činnosti čapíkov, pričom je potrebné, aby osvetlenie bolo ***viac ako 30 luxov (až do asi 80 000 luxov).*** Jas v zornom poli je nad 30 cd/m^2. Pri hodnotách ***25 - 0,3 luxov***, sa do činnosti zapájajú okrem čapíkov aj tyčinky. Ide o prechodné tzv. ***mezopické videnie***, pri jase od 30 do 0,003 cd/m^2. Pri tomto videní však ani tyčinky, ani čapíky nepracujú s vrcholovou účinnosťou, no napriek tomu aktívne prispievajú k nášmu videniu. Najslabšie osvetlenie v akom čapíky sú schopné fungovať (prah pre čapíkové videnie) zodpovedá podmienkam počas noci s asi 50% mesačným osvetlením. Pri osvetlení *pod* ***0,3 lx až do 0,1 lx*** pracujú takmer výlučne tyčinky – takéto videnie nazývame súmračné resp. ***skotopické***, s jasom v zornom poli do 0,003 cd/m^2. Pod hodnotou ***0,1 lx (až do asi 0,003lx)*** pracujú iba tyčinky – ide o tzv. ***nočné videnie***.

Praktická poznámka č.2: V noci pri pohľade na oblohu väčšinou pracujú tyčinky (skotopické videnie). Preto hviezdy vidíme ako biele, i keď oni v skutočnosti bielymi nie sú. Keď sa pozornejšie pozriete na tie najjasnejšie, zistíte, že majú nádych do červena, modra, žlta a pod.. Je to spôsobené tým, že intenzita svetla v našom oku predsa len (ako-tak) aktivizuje aj čapíky a naše oko začína vnímať aj farbu. Pri málo jasných hviezdach ich jas je taký slabý, že nie je dostatočný na to, aby ich zaregistrovali aj čapíky v našom oku. Keď sa však na ne (aspoň na tie jasnejšie z tých málo jasných) pozrieme cez ďalekohľad, zistíme, že aj oni majú slabý farebný nádych. Ich jas sa v ďalekohľade zväčšil a my opäť začíname vnímať aj ich farbu. Ešte výraznejšie sa to prejaví, keď budeme porovnávať farebný nádych jasných hviezd voľným okom a následne ďalekohľadom. Voľným okom sotva zaregistrujeme ich farebný nádych, no v ďalekohľade to bude postrehnuteľné ľahko .

► **Adaptácia oka:** Pri náhlej zmene svetelných podmienok (z intenzívneho svetla do šera či tmy, alebo naopak), oko nestačí na túto zmenu reagovať ihneď, ale trvá mu to určitý čas. Ak vstúpime z osvetleného priestoru do tmavej miestnosti, spočiatku nevidíme nič. Po dlhšom pobyte v tme začíname vnímať svetlo a môžeme sa orientovať. Ak sa vrátime do osvetleného priestoru, spočiatku sme oslnení a až po chvíli vidíme normálne.

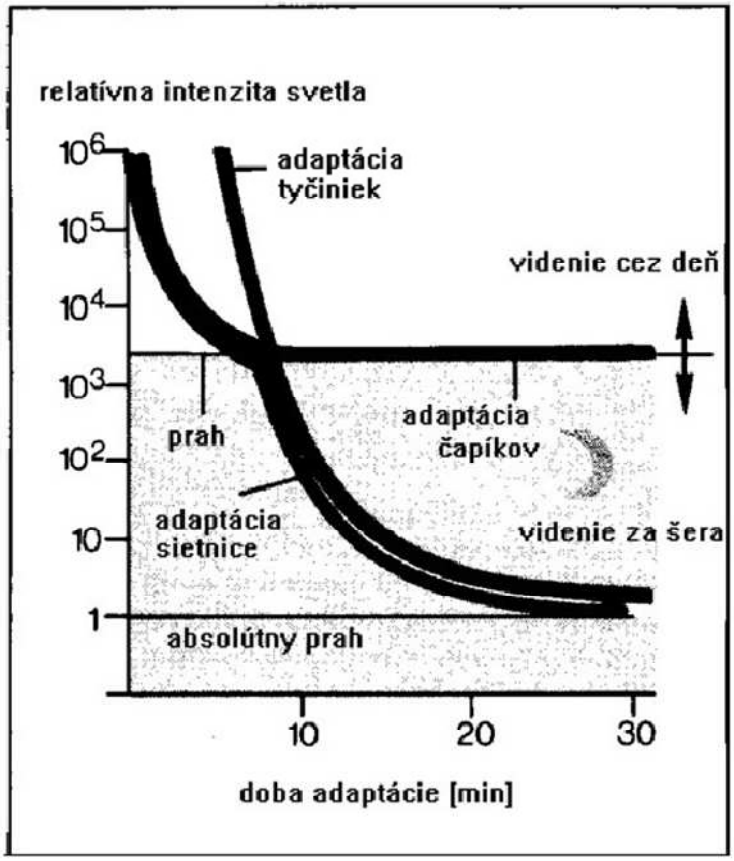
► **Adaptácia sietnice na svetlo alebo tmu** – tento dej – prispôsobovanie sa oka, resp. sietnice na rozličné intenzity svetla nazývame ***adaptáciou***. Oko sa adaptuje buď na svetlo alebo tmu.

Adaptácia na tmu spočíva v tom, že sa musia aktivovať tyčinky, ktoré pri bežnom osvetlení prakticky nie sú v činnosti. Pri ***adaptácii na svetlo*** sa zase aktivizujú čapíky a tyčinky prakticky nie sú v prevádzke.

Cez deň v procese videnia sa uplatňujú predovšetkým čapíky (farebné videnie), ktoré sú na svetlo menej citlivé a preto aj naša sietnica je na svetlo pomerne málo citlivá. Po prechode ***zo svetla do tmy*** citlivosť sietnice na svetlo narastá nielen preto, že sa začínajú aktivizovať tyčinky, ale aj preto, že začína stúpať aj citlivosť čapíkov. V priebehu prvej minúty citlivosť sietnice

vzrastie až 10-násobne hlavne zásluhou rastu citlivosti čapíkov. Po 5-tich minútach vzrastie citlivosť sietnice až 80-násobne, nakoľko čapíky dosiahli maximum svojej citlivosti. U tyčiniek rast citlivosti na svetlo pokračuje ďalej. V sietnici sa čapíky prestávajú zúčastňovať na procese videnia a hlavnú úlohu preberajú tyčinky. Preto citlivosť sietnice na svetlo naďalej stúpa. Po 20-tich minútach narastie jej citlivosť 6 000-násobne a po uplynutí ***30 – 45 min*** až 25 000-násobne. (Tyčinky adaptujú pomaly ale napokon dosiahnu veľkú citlivosť na svetlo.) Po tomto čase strávenom v tme je oko spravidla úplne adaptované (prispôsobené) na nočné videnie. Čapíky sa na ňom prakticky nezúčastňujú, lebo intenzita svetla nie je dostatočná na to, aby ho čapíky registrovali. Z toho dôvodu naše nočné videnie je čiernobiele. Proces adaptácie ***z tmy na svetlo*** je rýchlejší. Na tmu adaptované oko potrebuje k adaptácii na denné videnie len ***2 – 3 minúty***.

Graf priebehu adaptácia čapíkov a tyčiniek



Praktická poznámka č.3: Pokiaľ chcete pozorovať málo jasné objekty (slabé hviezdy, hmloviny, asteroidy, kométy a pod.), aby ste využili možnosti vášho zraku, musíte zrak dobre adaptovať na tmu aspoň 30 minút (napriek tomu, že sa vám zdá, že na to stačí iba 10 minút – netreba sa nechať oklamať skutočnosťou, že citlivosť sietnice ku slabým podnetom rastie najprv veľmi rýchlo a neskôr sa spomaľuje). Keď cez prestávku počas pozorovania vstúpite do osvetlenej miestnosti aspoň na dve minúty, urobili ste chybu, pretože aby ste sa vrátili späť k úplnému nočnému videniu, znova musíte stráviť minimálne 30 minút v tme. Aj rozsvietenie baterky, či prejazd automobilu naruší nočné videnie, no spätná adaptácia netrvá až tak dlho. Trvá iba pár minút, v závislosti od dĺžky a intenzity osvetlenia.

Čas potrebný k adaptácii zraku závisí od rýchlosti fotochemických reakcií fotopigmentov nachádzajúcich sa v čapíkoch a tyčinkách. Celý tento proces je značne komplikovaný a ešte nie úplne prebádaný, no pri značnom zjednodušení, jeho princíp je nasledovný: V tyčinkách sa nachádza fotopigment zvaný rodopsín (zrakový purpur), ktorý pri absorpcií (pohltení) fotónov sa rozkladá na opsín (bielkovina) a retinal (derivát vitamínu A). Tým sa zahajuje reťaz chemických reakcií, ktoré vedú k prevodu signálu na elektrický potenciál, vzruch, ktorý prenáša informáciu do zrakových centier mozgu. Potom vzniká spätná regenerácia rodopsínu, resyntézou cez vzniknutý retinal, ktorý sa zlúči s opsínom späť na rodopsín. Výsledkom však je, že resyntéza rodopsínu je výrazne pomalšia ako rozklad rodopsínu, a preto prispôsobenie na tmu je podstatne pomalšie, než adaptácia na svetlo. Dĺžka adaptácie na tmu je priamo úmerná dĺžke predchádzajúcej adaptácie na svetlo. Rýchlosť týchto fotochemických reakcií sa nedá ovplyvniť vôľou.

Pri nedostatku retinalu (časti rodopsínu) sa spomaľuje adaptácia na tmu, čo môže viesť až k šerosleposti - zníženej schopnosti videnia za šera. Preto organizmu treba zabezpečiť dostatočný prísun vitamínu A.

► **Adaptácia zrenice** - pri zmenách svetelných pomerov má zrenica významnú úlohu. Reflexne mení svoj priemer (v rozmedzí 2-8mm), čím sa množstvo dopadajúceho svetla mení až 16-násobne. ***Adaptácia zrenice z tmy na svetlo*** (zmenšenie priemeru) trvá krátko – ***sekundy, zo svetla na tmu*** (zväčšenie priemeru) je o niečo dlhšia – ***desiatky sekúnd***.

Praktická poznámka č.4: Zákony optiky ktoré platia pre ďalekohľady, platia aj pre oko. Pri ďalekohľadoch, keď chceme zmenšiť jeho optické chyby, pred objektív zaradíme clonu s menším priemerom ako je priemer objektívu. Výsledkom je, že obraz v jeho zornom poli sa vylepší.

Zrenica v oku je ako clona pri ďalekohľade. Avšak otvorená zrenica umožňuje v noci väčšie vyniknutie chýb oka, ktoré sa za denného svetla čiastočne korigujú malým priemerom zrenice, teda vlastne znížením svetelnosti oka. Preto sa očné chyby v tme prejavujú nápadnejšie.

► **Žltá škvrna (Macula lutea)** – tvorí centrum sietnice ktoré sa nachádza blízko optickej osi oka, hneď oproti zrenice. Jej priemer je 3 – 4 mm. V oblasti žltej škvrny je najväčšia koncentrácia čapíkov (tyčinky v nej takmer úplne chýbajú). Čapíky sú k sebe natlačené tak, že v priečnom reze tvoria vzorku medového plástu. Priemer čapíkov je asi 3-4 mikrometrov a v 1 mm^2 je ich asi 12 000. Ba v stredovej priehlbinke (ústrednej jamôčke, vo foveole) je ich na ploche 0,4 - 0,6 mm^2 až 13 000. Čapíky v makule sú tak nahustené, že sú oveľa jemnejšie a tenšie, ako kdekoľvek inde na sietnici. Dnešnou terminológiou by sme mohli povedať, že vo foeole sú umiestnené najmenšie „pixely“ a sú k sebe najviac natlačené. Všade inde sú „pixely“ väčšie a nie sú k sebe natlačené tak husto. Preto ***pri dostatočnom osvetlení*** (denné videnie) v strede zorného poľa vidíme veci ***najfarebnejšie, najjasnejšie a najostrejšie s dobrým rozoznaním detailov***. Smerom od žltej škvrny k periférii, hustota čapíkov prudko klesá, ale zase pribúda počet tyčiniek.

► **Centrálne a periférne videnie.** Ak sa dívame priamo na nejaký predmet dopadá jeho obraz na žltú škvrnu. Vtedy ho vidíme (pri dobrom osvetlení) najkvalitnejšie. Ak oko fixujeme na tento predmet, hovoríme ***o centrálnom videní***. Pri ***nepriamom videní*** obraz vzniká na časti sietnice vzdialenej od žltej škvrny a je vnímaný prevažne tyčinkami v perifernej oblasti. Preto sa nepriame videnie nazýva aj ***periférne videnie***.

Praktická poznámka č.5: Keď sa v ďalekohľade pozeráte na ***jasné objekty*** (napríklad Mesiac), v sietnici sa aktivizujú čapíky, ktorých najviac je v žltej škvrne. Preto ***oko*** treba ***sústredene fixovať na centrálne videnie*** a budete prekvapený, koľko detailov vám ďalekohľad umožnil rozoznať.

Pri pozorovaní ***málo jasných*** objektov je dobre použiť inú „stratégiu“. Keď sa naše oko úplne adaptovalo na tmu, žltá škvrna prestane úplne fungovať, pretože neobsahuje žiadne tyčinky. Centrálne videnie nemôžeme použiť, lebo v strede nášho zorného poľa nevidíme nič. Funkčným stredom sa stáva periféria sietnice s tyčinkami, ktoré sú veľmi citlivé na svetlo. Preto sa ich pokúsime zapojiť do procesu videnia. Tyčinky sú najviac sústredené približne 15°- 25° od optickej osi oka. Preto sa snažíme, aby obraz pozorovaného objektu dopadol akurát na túto oblasť a aby sme tento obraz dokázali vnímať sústredene. Hovoríme o tzv. ***bočnom videní***. Keď v ďalekohľade v strede zorného poľa je nejaká slabá hviezdokopa, či hviezda, nepozeráme sa na ňu priamo, ale je potrebné dívať sa ***mierne stranou, asi 15°-20° vedľa***. Používať bočné videnie nie je jednoduché. Treba si to natrénovať, osvojiť a ono svoje ovocie prinesie.

► **Citlivosť zraku na rozdiely v intenzite zdrojov.** Predpokladom toho, aby sme rozoznali určitý objekt je aby sa odlišoval od okolitého prostredia. Ak sú tieto ***rozdiely len v jasnosti objektov***, tak tento rozdiel ***musí byť aspoň 2% ich intenzít***. V prípade slabých objektov tento rozdiel musí byť ***aspoň 10%.*** Ak uvedené rozdiely sa prepočítajú na hviezdne

veľkosti ***(magnitúdy - viď časť 5.2.2. – Zisk svetla)** dve hviezdy sa musia od seba odlišovať o 0,02 – 0,1^{m}. Iba vtedy je oko schopné rozoznať rozdiely v ich jasnosti.

Pri zvyšovaní jasu už aj tak jasných objektov, sa vnímavosť na svetelný kontrast znižuje a odchádza k oslneniu oka. Keď sa pozeráme do tmy a potom sa náhle pozrieme na Mesiac v splne, ten nás oslní. Takéto oslnenie nie je síce nebezpečné, no slabo svietiace objekty zasa uvidíme až po uplynutí určitej doby (po adaptácii zraku). Oslnenie je do značnej miery príčinou toho, že voľným okom nevidíme mesiace Jupitera, ktorý tiež oslňuje oko a znižuje jeho citlivosť na slabé svetelné zdroje. Keby tam Jupiter nebol, mohli by sme „galileove“ mesiace zaregistrovať, lebo sú na hranici viditeľnosti voľným okom. ***(pozri aj tabuľky na str.45 – Magnitúda a str. 49 – Štyri najväčšie mesiace Jupitera).**

2.5: Svetlo:

Viditeľné svetlo je časť elektromagnetického žiarenia ktoré vníma sietnica ľudského oka a vyvolá u neho zrakový pocit. Rozsah vnímaného optického žiarenia je individuálny. Spravidla je v intervale žiarenia s frekvenciou od ***7,8 . 10^{14}Hz (vlnovou dĺžkou λ = 380 nm – fialové svetlo***) až do ***3,8 . 10^{14}Hz*** (***vlnovou dĺžkou 780 nm – tmavočervené svetlo***). Zdola – smerom ku kratším vlnovým dĺžkam tento interval ohraničuje ultrafialové žiarenie a zhora – smerom do dlhších vlnových dĺžok zase infračervené žiarenie.

► **Rýchlosť svetla *vo vákuu je c = 299 792 458 m/s***, čo je najvyššia možná rýchlosť vo vesmíre. Rýchlosť svetla v rôznych optických prostrediach je rôzna, ale vždy menšia ako rýchlosť svetla vo vákuu. Jednotlivé prostredia sú charakterizované ***indexom lomu (n)*** určitej látky, ktorý udáva koľkokrát je ***rýchlosť svetla*** v uvažovanom prostredí (látke) menšia než rýchlosť svetla vo vzduchoprázdne.

Absolútny index lomu* „n“** je pomer rýchlosti svetla vo vákuu „c“ ku rýchlosti svetla v nejakom prostredí „v“. Teda $\boxed{\mathbf{n = c/v}}$. ***Absolútny index lomu vákua je 1,000. Absolútny index lomu ostatných prostredí je vždy väčší než jedna. Napr. priemerný absolútny index lomu vzduchu ***bieleho svetla je n_v = 1,000292***. Potom rýchlosť svetla vo vzduchu je $\boxed{\mathbf{v = c/n_v}}$ = ***299 704 944 m/s***. Index lomu vzduchu je blízky indexu vákua a v praxi sa obyčajne neprihliada na rozdiel indexu lomu vákua a vzduchu. Hustejšie prostredia svetlo spomalia viac. Hodnoty absolútnych indexov lomu niektorých látok pre žlté sodíkové svetlo s vlnovou dĺžkou 589,3 nm udáva nasledovná tabuľka:

Látka	Index lomu
Kyslík	1,000 271
Vzduch	1,000 292
Dusík	1,004 49
Ľad	1,31
Voda	1,332 9
Obyčajné sklo	1,45 až 1,56
Kremenné sklo	1,458 8
Plexisklo	1,50 až 1,52
Kanadský balzam	1,5420
Kamenná soľ (NaCl)	1,5443
Ľahké flintové sklá	1,54 až 1,58
Ťažké korunové sklá	1,60 až 1,68
Diamant	2,417 3

Svetlo po opustení prostredia (látky) sa potom ďalej šíri opäť svojou pôvodnou rýchlosťou, bez získania dodatočnej energie.

Relatívny index lomu „$n_{1,2}$“ je určený podielom absolútnych indexov lomu jednotlivých prostredí „n_1“ a „n_2“ ; Teda $\boxed{\mathbf{n_{1,2} = n_1/n_2}}$ **.**

Spomaľovanie svetla v rôznych prostrediach je zodpovedné aj za vychýlenie svetla na rozhraní dvoch prostredí s rôznymi indexmi lomu. Tento jav sa nazýva lom svetla, alebo refrakcia.

► **Farba svetla**: Biele (optické) svetlo sa skladá z vlnenia rôznych dĺžok. Vzťah medzi rýchlosťou svetla (c v m/s), vlnovou dĺžkou (λ v nm) a frekvenciu (ν v Hz) definuje vzorec $\boxed{\mathbf{c = \lambda \cdot \nu}}$ **.** Slovami povedané: vlnová dĺžka svetla krát jeho frekvencia (kmitočet) sa vždy rovná rýchlosti svetla. Vlnovú dĺžku označujeme gréckym písmenom **λ** (lambda) a vyjadrujeme ju v nanometroch [nm], kde **1 nm = 10^{-9} m.** Vlnová dĺžka je rozhodujúcou charakteristikou pre výsledný vnem farby. Svetlo jednej farby sa nazýva monochromatické. Každej vlnovej dĺžke prináleží určitá farba.

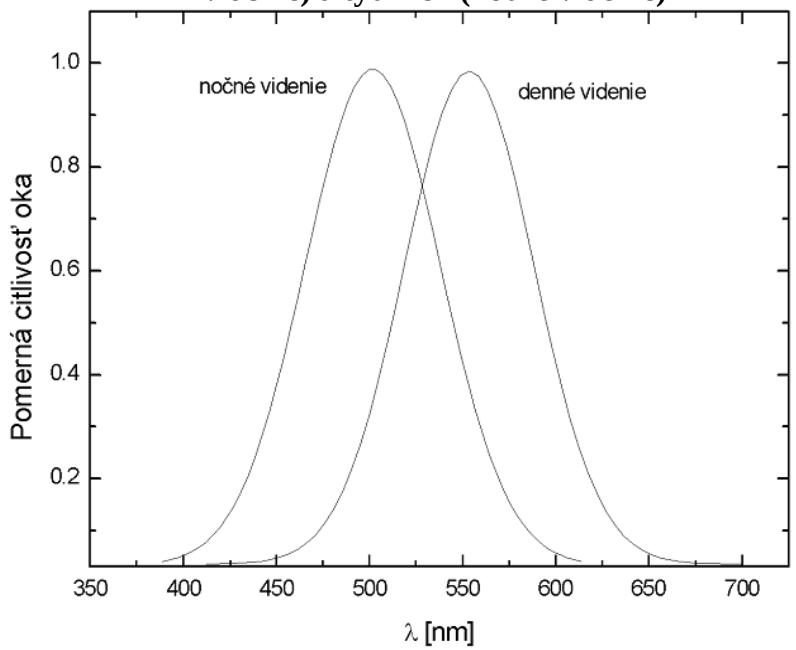
Tabuľka vlnových dĺžok svetla rozličných farieb

Vlnová dĺžka λ [nm]	**Farba**
380 - 420	Fialová -najkratšia vlnová dĺžka; najvyššia frekvencia ($7{,}8.10^{14}$Hz)
420 - 450	Modrofialová
450 - 480	Modrá
480 - 510	Modrozelená
510 - 550	Zelená
550 - 570	Žltozelená
570 - 590	Žltá
590 - 600	Oranžová
600 - 630	Oranžovočervená
630 -750	Červená
750 - 780	Tmavočervená - najväčšia λ; najnižšia frekvencia($3{,}8.10^{14}$Hz)

Citlivosť na farby je u každého človeka individuálna, mierne rôznorodá. Vo všeobecnosti oko je ***najcitlivejšie*** na strednú časť spektra, k farbe ***žltozelenej (okolo 555 nm)***. Za povšimnutie stojí aj skutočnosť, že v žltom svetle je sústredená maximálna energia slnečného žiarenia – nášho prirodzeného zdroja svetla. Počas dlhého vývoja sa oko prispôsobilo Slnku. Smerom k okrajovým farbám spektra citlivosť oka klesá.

Praktická poznámka č.6: Pri dennom videní sú v činnosti prevažne čapíky. ***Čapíky sú citlivé*** na svetlo dlhších vlnových dĺžok v intervale asi od 430 nm (modré), približne do 700 nm (červené), s ***maximom citlivosti približne 555 nm*** (žltozelené). Pri nočnom videní sú v činnosti prevažne tyčinky. Ale aj ***tyčinky*** reagujú na farbu (aj keď zrakový vnem nie je farebný). Sú citlivé hlavne na kratšie vlnové dĺžky v intervale od 380 nm (fialové) až po asi 600 nm (oranžové),s ***maximom citlivosti pri 505 nm (modrozelené).***

Graf spektrálnej citlivosti čapíkov (denné videnie) a tyčiniek (nočné videnie)



Z uvedeného najpodstatnejšia informácia je, že tyčinky prakticky vôbec „nevidia“ červené svetlo, avšak čapíky áno. Preto, keď pri nočnom pozorovaní máte adaptovaný zrak na tmu (fungujú tyčinky) a chcete sa pozrieť napríklad do hviezdnej mapky, môžete si na ňu posvietiť slabým červeným svetlom - najlepšie červene svietiacou diódou LED (Light Emitting Diode). Aktivizujete čapíky a vďaka tomu mapku uvidíte dobre a súčasne tým nerušíte tyčinky, čím nenarušíte ani adaptáciu oka na tmu. Slabým červeným svetlom si môžete posvietiť aj vtedy, keď počas pozorovania niečo hľadáte (a v tme sa toho stratí dosť). Nuž a po pozorovaní, keď chcete v tme vidieť veľmi dobre, použite modrozelené svetlo. Vždy keď v tme chceme dobre vidieť použijeme modrozelené svetlo. Využívame najväčšiu farebnú citlivosť tyčiniek a zároveň čiastočne aktivizujeme aj čapíky.

2.6: Na záver o oku:

► Čapíky, ktoré sú funkčné pri vyššej hladine osvetlenia pracujú rýchlo. Svetelný ***signál spracujú za 0,03 sekundy***. Preto oko je teoreticky schopné zaregistrovať jednotlivé svetelné záblesky s frekvenciou 1 záblesk za 0,03s. Pri vyššej frekvencii (asi 30 zábleskov za sekundu) blikanie splynie. (Preto by mal byť zamedzený prístup ľudí k točivým častiam strojov s frekvenciu nad 30 Hz. Na druhej strane táto nedokonalosť sa využíva pri televízii a filme, kde sled statických obrázkov nasleduje za sebou tak rýchlo, že oko ich vníma ako kontinuálny vnem). ***Tyčinky***, ktoré sú funkčné pri nižšom osvetlení, pracujú oveľa pomalšie. Svetelný ***signál spracujú za 0,1 s,*** to znamená, že pri frekvencii nad 10 zábleskov za sekundu jednotlivé záblesky splynú v kontinuum. Kritická frekvencia, pri ktorej blikanie svetla splynie, závisí priamo úmerne od intenzity svetla. (Preto pri filmovacích kamerách stačí natáčať rýchlosťou iba 24 obr. za s.)

► Krátkotrvajúci zrakový vnem sa pri bežnom osvetlení predmetu zachová asi *0,1 s*. Toto zachovanie vnemu (tzv. ***zotrvačnosť oka***) umožňuje vnímať postupnosť rýchle sa striedajúcich obrazov ako plynulý dej, či pohyb. Na to zvlášť dobre reagujú okrajové časti sietnice, ktoré reagujú na nízku úroveň jasu, a navyše sú citlivé na jeho náhle zmeny (t.j. v konečnom dôsledku pohyb). Keď sa na okraji nášho zorného poľa pohne niečo, o čom nevieme, že je to tam, okamžite na to zareagujeme periférnym videním. Periférne videnie je rozptýlené; slúži hlavne na orientáciu v priestore a na rozlišovanie obrysov. Teraz ho môžeme využiť na zaregistrovanie pohybu pri pozorovaní. (V minulosti zrejme slúžilo na zaregistrovanie potenciálneho nepriateľa a túto vlastnosť sme nadobudli v rámci evolučného vývoja). Naopak, centrálnym videním vnímame skôr tvar než pohyb. Centrálne videnie zaisťuje súvislosť našej zaostrenej pozornosti, avšak niekedy môže byť aj menej pozorné, takže chvíľkami sa môže stať, že sa pozeráme na veci bez toho, aby sme ich videli. (t.j. uvedomili, tzv. pohľad do blba)

► Keďže naše oči sú vzdialené od seba 58 – 70 mm, na každej z dvoch sietnic sa vytvárajú mierne odlišné obrazy. Každé oko vidí daný predmet pod iným (i keď minimálne) odlišným uhlom. Obrazy zo sietnic oboch očí sa potom spájajú v mozgu a ten, vďaka rozdielu oboch obrazov nám poskytne výsledný vnem „tretieho rozmeru“, t.j. priestorového videnia. Takéto videnie nazývame ***binokulárne*** alebo ***stereoskopické***. Videnie oboma očami súčasne, nám umožňuje vhodne odhadnúť hĺbku priestoru a trojrozmernosť predmetov. Spravidla priestorové videnie sa stráca pri predmetoch, ktoré sú vzdialené viac ako ***450 metrov***.

► Oko vníma biele svetlo (380 – 780 nm). Naša atmosféra však s 50 – 90% účinnosťou prepúšťa aj blízke UV žiarenie (100 – 380 nm) a blízke infračervené žiarenie (780 – 5000nm), ktoré do oka môže vstupovať podobne ako svetlo, avšak s tým rozdielom, že môže poškodiť sietnicu. Oko do určitej miery má obranné mechanizmy aby sa tomu tak nestalo. Žiarenie s vlnovou dĺžkou: - *100 – 315 nm* (UVC a UVB) sa pohlcuje prevažne v rohovke, zvyšok sa rozptýli v komorovej vode.

- 315 – 380 nm (UVA) sa absorbuje prevažne v šošovke pomocou premeny proteínov.

- 380 – 1400 nm (viditeľné svetlo a časť infračerveného žiarenia) dopadá až na sietnicu a pri veľkej intenzite ju môže vážne poškodiť. Viditeľné svetlo je oko schopné pomerne rýchlo zredukovať na znesiteľné množstvo zúžením zrenice, ale na dlhšie vlnové dĺžky tak rýchlo zareagovať nedokáže.

- viac než 1400 nm (zostatok infračerveného žiarenia) sa absorbuje v rohovke a môže spôsobovať silné slzenie a zvyšovanie teploty a tlaku komorovej vody.

Snáď ani nie je nutné zdôrazniť, že proti dlhodobejšiemu či intenzívnejšiemu pôsobeniu hociktorej zložky spomínaného žiarenia oko nie je schopné sa ubrániť a dôjde k jeho trvalému poškodeniu. Preto radšej neriskovať a chrániť si ho „ako oko v hlave“.

Zaujímavé je, že fotoreceptory nášho zraku by zaregistrovali ultrafialové žiarenie (aspoň tú mäkšiu, dlhovlnnejšiu zložku), ale oko ho na sietnicu neprepustí. Na druhej strane oko na sietnicu prepustí tú krátkovlnnejšiu zložku infračerveného žiarenia, ale naše fotoreceptory ju nezaregistrujú. Je otázne, či táto disproporcia je pozostatkom predchádzajúceho vývoja zraku, alebo ktovie akým smerom sa bude ďalej posúvať evolúcia ľudského zraku.

3. Pozorujeme cez atmosféru

Keby na Zemi neexistovala atmosféra, naša obloha by bola aj cez deň čierna. Na nej by sme videli hviezdy spolu s dominantným žiarivo bielym Slnkom. Okamžite, hneď po jeho západe by nastala noc. Bolo by tu tak ako na Mesiaci.

Avšak my tu atmosféru máme a kvôli nej je tu pestrofarebnejšie. Pozemská atmosféra pozostáva prevažne z dvoch plynov. Približne ***78% atmosféry tvorí dusík (N_2), 21% kyslík (O_2)*** a všetky ostatné plyny sú iba v zlomkoch percenta. Navyše v nej existuje aj vodná para a malé tuhé alebo kvapalné čiastočky rozptýlené vo vzduchu vo forme aerosólu. K prirodzenému aerosólu patria kvapôčky vody, kryštáliky ľadu, prachové a pieskové častice z pôdy, mikroorganizmy, peľové zrnká, popol zo sopiek, mikrometeoroidy a pod. Antropogénny aerosól tvoria hlavne dymové častice, popolček, smogové častice a iné splodiny vytvorené ľudskou činnosťou. Pri povrchu Zeme v ***1 cm^3 je asi 10^{19} molekúl*** atmosférických plynov. Preto nie div, že svetelné lúče nepreniknú z vesmíru k povrchu Zeme bez strát. ***Zoslabovaniu žiarenia*** prechodom zemskou atmosférou hovoríme ***atmosférická extinkcia***. Za jasného počasia a priemerných atmosférických podmienok hviezda v zenite je ***zoslabená asi o 20%*** svojej skutočnej jasnosti (vo viditeľnej oblasti spektra). Smerom k horizontu, samozrejme, hodnota extinkcie vzrastá. Atmosférická extinkcia je spôsobená ***atmosférickou absorpciou*** a ***rozptylom svetla***. Naša atmosféra prepúšťa žiarenie s vlnovou dĺžkou medzi ***300 – 1 100 nm***. Táto oblasť sa nazýva ***optické okno,*** napriek tomu, že obsahuje aj časť infračerveného a ultrafialového žiarenia. Svetlo z vesmíru prechádza optickým oknom atmosféry, preto jeho absorpcia (pohlcovanie) je takmer zanedbateľná. Rozptyl však zanedbateľný nie je.

3.1: Rozptyl (difúzia*)*

Rozptyl svetla sú odchýlenia svetelných lúčov od pôvodného smeru ***po*** vzájomnej ***interakcii*** svetla ***s*** optickými ***nehomogenitami prostredia*** (teda časticami atmosféry).

Výsledok rozptylu závisí ***od vlnovej dĺžky svetla*** a od ***veľkosti*** atmosférických ***častíc***, ktoré sa svetlu postavia do cesty. Lineárne rozmery častíc aerosólu sú v rozmedzí od 1 nm až po 10 miliónov nm (t.j.10 mm). Rozmery atómov sú okolo 0,1 nm, rozmery molekúl sú niekoľko násobne väčšie. Keď :

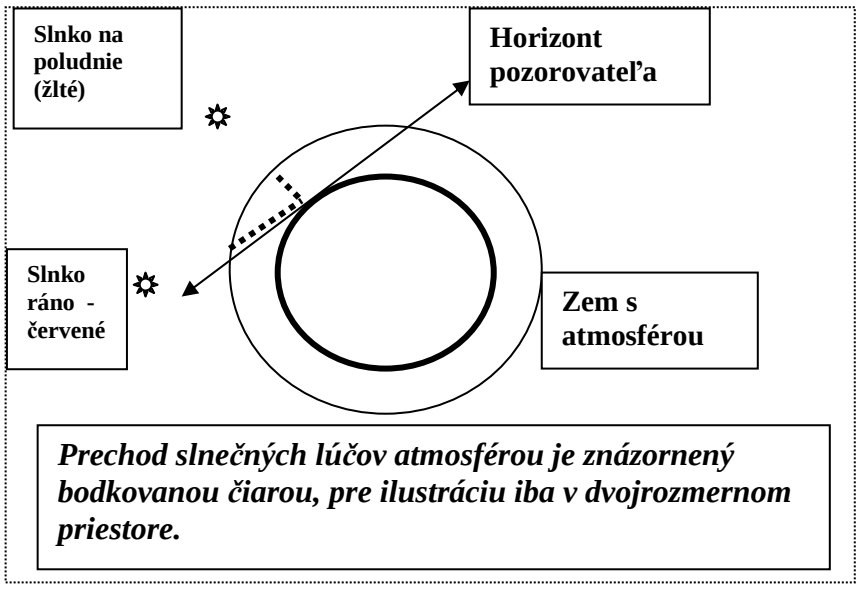
a) rozmery častíc sú značne ***väčšie ako je vlnová dĺžka svetla*** – ***rozptyl*** nastáva ***odrazom*** svetla od ich povrchu do všetkých smerov (ako keby sa v atmosfére vznášali rôzne orientované malé zrkadielka). Svetlo všetkých vlnových dĺžok sa rozptyľuje rovnako účinne a obloha získava bielu farbu.

b) rozmery častíc sú ***porovnateľné*** alebo menšie ako je ***vlnová dĺžka svetla*** (t.j.stovky nm a menej). Tu sa už uplatňuje ***selektívny (výberový) rozptyl***. ***Účinnosť rozptylu*** je priamo úmerná prevrátenej hodnote vlnovej dĺžke svetla (teda ***~1/λ)***, tzv. ***Mieho rozptyl***. Krátkovlnné (modré) svetlo sa rozptyľuje viac ako dlhovlnné (červené) svetlo.

c) rozmery častíc sú značne ***menšie*** *ako je vlnová* ***dĺžka svetla*** (t.j. desiatky nm a menej). Týchto častíc ***je najviac***, lebo toto kritérium spĺňajú molekuly plynov vo vzduchu (hlavne už spomínaný dusík a kyslík). Preto tento rozptyl sa uplatňuje najviac a preto sa niekedy nazýva aj ***molekulárnym rozptylom.*** Ten je ešte viac selektívny ako predchádzajúci. Podľa tzv. ***Rayleighiho rozptylu*** je účinnosť úmerná až štvrtej mocnine prevrátenej hodnoty vlnovej dĺžky svetla (teda ***~$1/\lambda^4$***). Teda oveľa, oveľa ***viac sa rozptyľuje svetlo krátkych vlnových dĺžok***.

Konečným a výsledným dôsledkom rozptylu optického svetla je, že modré svetlo (krátkovlnná zložka) je v našej atmosfére rozptýlené viac (účinnejšie), ako dlhovlnné červené svetlo.

Praktická poznámka č.7: Pretože najviac od pôvodného smeru je rozptýlené krátkovlnné svetlo, naša obloha je (cez deň, keď svieti Slnko) modrá. Modré svetlo je doslova „rozprášené“ v celej atmosfére a do našich očí dopadajú jeho fotóny zo všetkých smerov, nech sa na oblohu pozrieme kdekoľvek. Preto aj kozmonautmi z vesmíru je naša Zem vnímaná ako modrá planéta. Modré svetlo sa rozptyľuje asi 7 krát účinnejšie ako červené a fialové až 10 krát, lebo má kratšiu vlnovú dĺžku ako modré. Preto by sa dalo očakávať, že obloha by mala mať farbu fialiek. Napriek tomu tak nie je, a to z dvoch dôvodov. Maximálna energia slnečného žiarenia je sústredená v žltom svetle. Smerom ku kratším (ale i dlhším) vlnovým dĺžkam intenzita vyžarovania klesá (podľa Planckovho zákona). Intenzita fialového svetla je menšia ako v modrej časti spektra. Preto fialového žiarenia je v slnečnom spektre menej ako modrého. Navyše (čo už bolo spomenuté) naša sietnica na fialové žiarenie je menej citlivá než na modré. Kvôli dvojitému znevýhodneniu fialovej pred modrou, v konečnom dôsledku oblohu fyziologicky vnímame ako modrú. Rozptyl vysvetľuje aj farbu východu, či západu Slnka. Vtedy sa Slnko nachádza nízko nad horizontom a kým jeho svetlo dôjde až na povrch Zeme musí prejsť väčším (najdlhším) vzduchovým stĺpcom. (viď náčrtok). Napríklad pri výške Slnka 4°nad obzorom lúč prejde 12 krát hrubšou vrstvou atmosféry ako keby bolo v zenite.



Viac atmosféry znamená aj viac molekúl, na ktorých sa modré svetlo rozptýli až úplne. Dlhovlnná zložka svetla (červená) sa rozptyľuje najmenej, prenikne atmosférou, a preto zapadajúce Slnko je žltooranžové, oranžové, alebo až červené (v závislosti od toho, ako je znečistená atmosféra). V podstate taký istý rozptyl sa uplatňuje aj na svetle prichádzajúcom k nám v noci, avšak efekty jeho rozptylu nie sú až tak výrazné. (Napr. tá istá hviezda v zenite – vysoko nad hlavou – je modrejšia, nižšie nad obzorom je zase červenšia.)

3. 1.1: Súmrak

Keby neexistoval rozptyl svetla v atmosfére, prešiel by deň po západe Slnka hneď do úplnej noci. Fyzikálny princíp súmraku spočíva v tom, že po západe Slnka (***večerný súmrak***) alebo pred východom Slnka (***ranný súmrak, svitanie***) sa síce k pozorovateľovi nedostáva žiadne priame slnečné žiarenie, ale dostáva sa do vyšších vrstiev atmosféry. Tam sa na molekulách vzduchu rozptyľuje a po jednoduchom alebo viacnásobnom rozptyle sa dostáva až k pozorovateľovi na Zemi. Počas súmraku je Slnko ponorené 0°-18° pod horizontom, pričom ešte vždy ožaruje atmosféru. Podľa hĺbky ponorenia (depresie) Slnka sa mení osvetlenie atmosféry. Súmrak sa delí na:

1. ***Občiansky súmrak***, kedy Slnko je v hĺbke ***0°- 6°*** pod horizontom. Vtedy vonku, pod širim obzorom pri jasnej oblohe, môžeme ešte vykonávať všetky denné činnosti, napr. čítať.
2. ***Nautický súmrak*** – Slnko je ***6°- 12°*** pod horizontom a na oblohe sa začínajú objavovať hlavné navigačné hviezdy. (preto aj názov – nautický súmrak)
3. ***Astronomický súmrak***, kedy sa Slnko nachádza ***12°- 18°*** pod horizontom. Ak Slnko klesne ešte hlbšie ako 18° , potom na oblohe už nevidieť žiadnu stopu po rozptýlenom slnečnom svetle, je ***astronomická noc*** a je možné vykonávať všetky astronomické pozorovania.

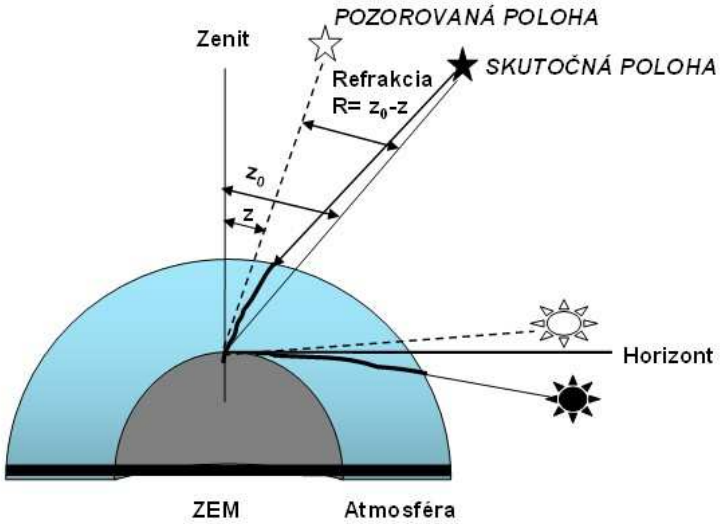
Občiansky súmrak v našich zemepisných šírkach trvá ***30 - 40 minút***. Najdlhší je v lete a zime. Najkratší na jar a jeseň. Časový interval od západu Slnka ***po koniec nautického*** súmraku u nás trvá ***vyše hodiny***.

Trvanie súmrakov závisí od geografickej šírky a od ročného obdobia. Najvýraznejšie sa to prejaví na astronomickom súmraku. Interval od západu Slnka ***po koniec astronomického*** súmraku, v našich zemepisných šírkach trvá asi ***dve hodiny.*** Dĺžka astronomického súmraku je v jeseni, v zime a v predjarí, takmer rovnaká, ale v lete je situácia rozdielna. Od šírky ***+49°*** sa začína zóna tzv. ***súmrakových nocí***, v ktorej určitú dobu trvá astronomický súmrak po celú noc, pretože Slnko sa nikdy nebude nachádzať 18° pod obzorom. V Prešove (49°s.z.š.) od 11. júna do 3. júla trvá astronomický súmrak počas celej noci. Smerom na sever sa táto doba predlžuje.

Najrýchlejší prechod medzi dňom a nocou je v trópoch, kde Slnko počas celého roka vychádza a zapadá takmer kolmo na horizont, najpomalší je v polárnych oblastiach.

3.2: **Astronomická** (alebo aj **atmosférická**) **refrakcia (lom)** svetla je odchýlka svetelných lúčov prichádzajúcich od vesmírnych telies, ktorá vzniká súvislým lomom svetla pri prechode zemskou atmosférou. Atmosféra je opticky nehomogénna. Jej hustota smerom k povrchu narastá, čím narastá aj index lomu. Preto sa svetlo v nej nešíri priamočiaro, jeho dráha sa postupne zakrivuje smerom k zemi, čím opíše konkávnu krivku. (Na náčrtku je to znázornená čiernou čiarou od čiernych telies) Pozorovateľ nevidí objekt v smere skutočnej polohy, ale v smere dotyčnice k dráhe svetla v mieste pozorovania. (Na náčrtku je to znázornené čiarkovanou čiarou k bielym objektom) Dôsledkom toho je, že všetky objekty sa zdajú byť vyššie nad horizontom (bližšie k zenitu), než v skutočnosti sú. Uhlový rozdiel medzi skutočnou (z_0) a pozorovanou (z) polohou telesa nazývame ***astronomickou refrakciou:***

$\boxed{R = z_O - z}$.



Refrakcia – dráha svetla v atmosfére sa vďaka lomu zakrivuje do tvaru vypuklej krivky. V dôsledku neustálych zmien indexu lomu atmosféry nadobúda kostrbatý tvar. Kostrbatosť neustále kolíše okolo priemernej hodnoty.

Veľkosť tejto zmeny je tým väčšia, čím väčší je rozdiel hustoty medzi jednotlivými vrstvami atmosféry a čím šikmejší je smer pod ktorým lúč na rozhranie dopadá. V ***zenite*** je refrakcia ***nulová*** (lúč sa neodkloní), ***smerom k obzoru sa zväčšuje***. Stredné hodnoty refrakcie sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

Uhlová vzdialenosť objektu od zenitu	**Stredná refrakcia**	**Uhlová vzdialenosť objektu od zenitu**	**Stredná refrakcia**
0°	0´ 0,0“	70°	2´ 43,8“
10°	0´ 11“	75°	3´ 42“
20°	0´ 35“	80°	5´ 29,9“
30°	0´ 35“	85°	9´ 53“
40°	0´ 50,4“	88°	18´ 23“
50°	1´ 11,5“	89°	24´ 41“
60°	1´ 43,8“	90°	~35´ 23“

Praktická poznámka č.8: Refrakcia na obzore sa nazýva ***horizontálna refrakcia***. Prejavuje sa pri východe a západe vesmírnych telies. Každé sa objaví nad horizontom prv, než skutočne vyjde a vidieť ho ešte nejaký čas po jeho skutočnom západe. Vďaka refrakcii vidíme vlastne trochu pod horizont. Pretože hodnota horizontálnej refrakcie je asi 35´ čo je viac ako uhlový priemer Slnka či Mesiaca (32´), v čase keď sa na oblohe dotýkajú obzoru, v skutočnosti sú ešte celé (35´+ 16´= 51´) pod obzorom ***(viď obrázok vyššie – k refrakcii)***.To spôsobuje predĺženie dňa. V strednej Európe predlženie dňa predstavuje okolo 10 minút.

Pri týchto telesách je možné reálne pozorovať dôsledok refrakcie. Ich uhlový rozmer je približne 32´. Keď vychádzajú či zapadajú, refrakcia pri ich hornom a dolnom okraji je značne rozličná. Horný okraj je oveľa viac „posunutý“ smerom k zenitu, než spodný. V dôsledku astronomickej refrakcie sa slnečný či mesačný disk javia tesne nad horizontom sploštene, so skrátením vertikálneho priemeru.

3.3: Scintilácia; mihotanie*:*

Refrakcia značne ovplyvňuje kvalitu pozorovacích podmienok a to zvlášť v miestach nízko nad obzorom. Zemskú atmosféru si môžeme predstaviť ako sústavu z množstva tenkých vrstvičiek poukladaných vzájomne nad sebou. Z dôvodu ich rôznych teplôt, tlakov a z dôvodu rýchlych turbulentných presunov vzduchových hmôt sa neustále mení ich hustota. Tým sa mení aj index lomu, čo zapríčiňuje neustále zmeny refrakcie a teda v konečnom dôsledku aj rýchle odchýlky lúčov od pôvodného smeru. V ďalekohľade sa to prejavuje tak, že ***obraz hviezdy sa rýchle*** a ***nepravidelne pohybuje okolo strednej polohy*** (***mihotá***), takže výsledný obraz je rozmazaný a zväčšený. Toto mihotanie sa nazýva ***smerová scintilácia.***

Svetelný lúč (biele svetlo), ktorý prechádza atmosférou šikmo k povrchu, sa kvôli atmosférickej refrakcii rozkladá na jednotlivé farebné zložky rovnako, ako pri prechode optickým hranolom. Refrakcia spôsobená atmosférou je najväčšia pre fialovú a najmenšia pre červenú časť spektra. To znamená, že modrý obraz sa nachádza vyššie ako červený. Neustála zmena a nehomogénnosť atmosféry má vplyv aj na neustále zmeny v refrakcii, čo je možné spozorovať aj v ďalekohľade ako ***farebné trblietanie.*** (***farebná scintilácia***).

V dôsledku neustáleho premiestňovania vzdušnej hmoty sa neustále mení aj zloženie jednotlivých vrstiev atmosféry, čím sa neustále mení aj rozptyl svetla. Tento efekt v ďalekohľade sa prejaví ***nepravidelnými zmenami jasnosti hviezd (blikaním)*** a rýchlymi zmenami farieb. Týmto zmenám jasu hovoríme ***scintilácia jasnosti.***

Celému tomuto javu sa hovorí scintilácia. Scintilácia je značnou prekážkou pri pozorovaní, pretože znižuje aj rozlišovaciu schopnosť.

Praktická poznámka č.8: ***Scintilácia***, čiže rýchle ***mihotanie polohy***, ***blikanie jasnosti*** a ***farebné trblietanie*** je viditeľné hlavne pri bodových zdrojoch svetla, teda hviezd. Je tým výraznejšia, čím je pozorovaný objekt bližšie k obzoru. Nízko nad obzorom sa prejaví aj scintilácia planét, ktorá je viditeľná už aj voľným okom. V ďalekohľade sa scintilácia prejaví výraznejšie, než pri pohľade voľným okom. Pri plošných objektoch (Slnko, Mesiac) scintilácia je menej výrazná. Pri bežných pozorovaniach sa tomu nedá vyhnúť. Netreba reklamovať ďalekohľad, že je zlý, či zúfať si, že niečo mám so zrakom. Radšej si na pozorovanie treba vyberať objekty ktoré sa nachádzajú vysoko na oblohe (blízko zenitu) a v čase pokojnej atmosféry. Vtedy pri bežnom pozorovaní scintiláciu ani nezaregistrujete. Keď pozorujete objekt asi ***30°nad obzorom***, jeho svetlo musí prejsť cez atmosféru dvakrát dlhším vzduchovým stĺpcom, než keby objekt bol priamo nad vami. A niekde tu je hranica nad ktorou vplyv scintilácie začne výrazne slabnúť. Nuž a keď vás prestanú baviť astronomické objekty, namierte ďalekohľad na nejakú jasnú hviezdu (či Venušu) tesne nad horizontom a odrelaxujte pri pohľade na farebný kaleidoskop, ktorý nám pripravilo vesmírne svetlo spolu s našou atmosférou. Možno nepoteší, ale zaujme.

3.4: Atmosférický seeing

– je neustále chvenie a kmitanie obrazu spôsobené nepokojom a nehomogénnosťou atmosféry. Turbulencia, vzdušné prúdy a teplotné rozdiely v rôznych výškach spôsobujú ***nepravidelnú refrakciu*** svetelných lúčov. To spôsobuje, že ***obraz*** v okulári ďalekohľadu ***neustále kmitá***, poskakuje, chveje sa, pláva, doslova vrie a je veľmi ***obťažné rozoznať*** akýkoľvek ***detail*** pozorovaného objektu. Tejto pomerne bežnej situácii sa hovorí, že je ***zlý seeing***. Veľkosť výkyvov kmitania (amplitúdu) a jeho frekvenciu je zvlášť dobre vidieť na okraji pozorovaného objektu (na rozhraní svetla a tmy). Okraj sa neustále vlní, nedá sa zaostriť. Opakom tejto situácie je dobrý alebo ***výborný seeing***, kedy ***vzduch je*** extrémne ***pokojný***.

Antoniadi rozdelil seeing do piatich stupňov:

1. Veľmi dobrý (Very good) – Vynikajúci, perfektný seeing. Obrazy planét sú ostré a úplne pokojné aj pri väčšom zväčšení.

2. Dobrý (Good) – Ľahko chvejúci sa obraz s niekoľko sekundovými chvíľkami úplného pokoja.

3. Stredný (Moderate) – Časté mierne chvenie obrazu s občasným krátkym upokojením. Seeing je vyhovujúci aj pre stredné zväčšenia.

4. Zlý (Poor) – Takmer trvale trasľavý obraz s veľmi vzácnymi chvíľkami, kedy je možné tušiť detail.

5. Veľmi zlý (Very poor) – Veľmi nepokojný, rozmazaný obraz aj pri malom zväčšení. Detaily sú nerozoznateľné.

Seeing býva najhorší spravidla v lete, kedy neustále dochádza k teplotným zmenám v atmosfére. Zlepšuje sa až nad ránom, pred východom Slnka. Najlepší býva v zime, kedy nočná teplota klesá pod bod mrazu a obloha je pritom jasná a pokojná. Avšak počas odmäku býva seeing absolútne najhorší. Netreba zabudnúť aj na lokálne vplyvy na seeing. Napr. je potrebné vyhnúť sa pozorovaniam cez strechy budov, ktoré v lete dlho vyžarujú teplo a v zime kvôli vykurovaniu tiež.

Praktická poznámka č.9: Dobrý seeing je dôležitý hlavne pri pozorovaní Slnka, Mesiaca a planét. Pre pozorovanie hmlovín a galaxií seeing zvyčajne nebýva tak dôležitým a difúzne obrazy týchto objektov sú celkom dobre viditeľné pri dobrom i zlom seeingu (ale musí byť priezračná atmosféra).

3.5: Svetelné znečistenie

- je svetlo rozptýlené v ovzduší. Keď je toto svetlo vyrobené človekom a je umelo distribuované do nočnej krajiny čím sa až osvetľuje obloha, populárne sa označuje ako ***svetelný smog***. Pokiaľ v atmosfére sú prachové častice a vodná para (a tie sú v atmosfére vždy), takéto svetelné lúče sa od nich nespočetne krát odrazia do všetkých smerov, čím sa rozptýlia. Tento umelý príspevok osvetlenia zvýši jas celej oblohy. Jas takto rozsvietenej oblohy je často väčší než jas plošných objektov (hmlovín, galaxií a pod.). A tak na presvetlenej oblohe (okrem tých najjasnejších) stratí sa väčšina slabších objektov a to i pri pohľade cez ďalekohľad. Preto svetelné znečistenie obmedzuje niektoré astronomické pozorovania.

Pokiaľ nejaký svetlomet svieti priamo hore, iba malá časť svetla sa rozptýli a väčšina unikne do vesmíru. Z hľadiska šírenia sa svetelného znečistenia sú najhoršie šikmé zväzky svetla vyžarované vodorovne, prípadne niekoľko stupňov nad horizont. Tieto majú dostatočne dlhú dráhu (a teda aj počet rozptylových častíc) na to, aby sa stihli rozptýliť úplne celé. Práve tieto lúče sa významným spôsobom podieľajú na zvýšenom jase oblohy. Veľkomestá takýmto spôsobom svetelne znečisťujú oblohu až do vzdialenosti 100 km. Je neodškriepiteľným faktom, že od roku 1960 jas oblohy neustále stúpa každoročne a to exponenciálne. Keď to pôjde takýmto trendom aj naďalej (zhruba za 30 rokov) môže dôjsť k takému stavu, že neuvidíme Mliečnu cestu a stále viac ľudí nebude tušiť, ako vyzerá hviezdna obloha.

Situácia sa stáva až natoľko vážnou, že do zoznamu ohrozených častí prírody sa dostala aj tma. A pritom riešenie, ako zachrániť noc, je jednoduché. ***Netreba zhasnúť, ale účelnejšie svietiť. Svietiť iba tam a tým smerom, kde je to potrebné a vždy iba toľko, koľko je to nevyhnutné. Hore nesvietiť vôbec.***

Hviezdne nebo je súčasťou nášho prirodzeného bohatstva. Silné svetelné znečistenie atmosféry nás ochudobňuje o pohľad do vesmíru. A ten ovplyvňoval ľudstvo odjakživa. Bol zdrojom viery.

Praktická poznámka č.10: Za dobrých pozorovacích podmienok, pod tmavou oblohou, ďaleko od rušivého osvetlenia a vysoko nad zaprášenou vrstvou vzduchu malý ďalekohľad s priemerom objektívu iba niekoľko centimetrov ukáže objekty ďalekého vesmíru oveľa lepšie, než oveľa väčší ďalekohľad z balkóna veľkomestského bytu. Z veľkomesta aj vo veľkých ďalekohľadoch namiesto očakávaných iskriacich hviezd veľkých hviezdokôp, či ramien jasných galaxií uvidíte ako-tak iba zreteľne svetlú škvrnu. ***Kvalitu obrazu*** pozorovaných objektov ***oveľa účinnejšie vylepšíte vhodným pozorovacím miestom, než veľkosťou ďalekohľadu.***

► **Mesiac** je prirodzeným ***zdrojom svetelného znečistenia*** a to zvlášť vtedy, keď je v splne. Jeho jas v porovnaní s hviezdami je mnohonásobne väčší. Mesiac v splne dokáže z oblohy „vygumovať“ i relatívne jasné hviezdy. Slabý opar v atmosfére osvetlený Mesiacom sa premení na žiarivo biely závoj, v ktorom zaniknú všetky objekty vzdialeného vesmíru a tiež aj dosť výrazné množstvo hviezd.

Pre klasické nočné pozorovania mesačné noci nie sú úplne vyhovujúce a to aj z dôvodu svetelných podmienok okolia. Našimi očami pociťujeme súmrak pri osvetlení okolia v rozmedzí asi 0,1 – 100 luxov (za slnečného dňa na poludnie je osvetlenie rádovo až 10^5 lx). Počas jasnej bezmesačnej noci je osvetlenie krajiny iba asi 0,001 lx. Asi tak by osvetľovalo integrované svetlo 2 miliónov hviezd +10. magnitúdy, alebo 51 hviezd rovnako jasných ako Sírius. Za jasnej, mesačnej noci je osvetlenie približne 0,25 lx (asi od 1 lx nižšie vidíme čiernobielo). Mesiac svojim svetlom osvetlí okolité predmety približne rovnako, ako sviečka vo vzdialenosti 1,8m. Nášmu zraku do určitej miery spôsobuje problémy aj jas Mesiaca.

Pri pohľade na neho sa nám síce reflexne zúžia zrenice, no napriek tomu to stačí na to, aby sa nám zrušila adaptácia zraku na nočnú tmu. Preto keď sa chcete pozerať na ozajstnú nočnú oblohu, vyberte si k tomu bezmesačnú noc.

Praktická poznámka č.11: Jednoducho povedané, keď je na oblohe Mesiac, seriózne nie je možné pozorovať nič iného, iba jeho samého. Tak prečo sa mu nevenovať bližšie. Mesiac je asi jediným nebeským objektom, ktorý pri pozorovaní nesklame ani toho najväčšieho laika. Už pri menšom zväčšení (asi 20 násobnom) môžete na ňom pohodlne spozorovať množstvo kráterov a pohorí. Pri väčšom zväčšení Mesiac vyplní celé zorné pole a je možné spozorovať množstvo ďalších detailov – brázdy, zlomy, reťazce menších kráterov. Pri maximálnych zväčšeniach ďalekohľadu, z Mesiaca uvidíte iba malý kúsok, ale pomalým „prechádzaním“ po jeho povrchu môžete nadobudnúť dojem, ako keby ste sa na neho pozerali z kozmickej lode na obežnej dráhe okolo neho. Dobre rozoznáte tiene mesačných pohorí, či valov alebo stredových kopcov veľkých impaktných kráterov. Tie v konečnom dôsledku sú viditeľné i pri menšom zväčšení, o čom sa môžete presvedčiť, keď sa vrátite späť na menšie zväčšenie. Avšak teraz už viete ako sa na Mesiac pozerať a čo a kde môžete očakávať. Možno prídete aj na to, že niekedy menej znamená viac. Totiž pri veľkých zväčšeniach jas Mesiaca poklesne (zmenší sa kontrast) a navyše jeho obraz sa bude chvieť (z dôvodu nepokoja vzduchu). Pri spätnom návrate späť na menšie zväčšenie sa obraz zlepší, vnímame ho ako keby bol ostrejší. Pri pozornom pozeraní môžeme zistiť, že na rozlíšenie už známych detailov nám postačia aj tie menšie zväčšenia.

Mesiac nie je vhodné pozorovať keď je v splne. Oveľa krajší je okolo prvej a poslednej štvrte. Vtedy, v blízkosti mesačného terminátora je Slnko nízko nad jeho obzorom a pri šikmom osvetlení jeho povrchu sa aj mierne nerovnosti zvýraznia lepšie a obraz bude plastickejší, priam úchvatný. ***(viď aj doplnkový slovníček na konci – terminátor)***

3.6: Meteorologická alchýmia:

Pozorovanie oblohy je vždy závislé od počasia. Avšak pojem – jasná obloha - je veľmi relatívny. Cez deň môže svietiť Slnko, resp. v noci na takmer bezoblačnej oblohe vidieť hviezdy = typický znak ***„občianskej“ jasnej oblohy***. Pozriete sa do ďalekohľadu a zistíte, že obloha ***„astronomicky“ až tak jasná nie je***. Obraz v ďalekohľade kmitá, vlní sa, je málo kontrastný, málo jasný, všetko je akosi zahmlené, neostré. Bolo už aj lepšie.

Všetko ***závisí od priezračnosti atmosféry***. Dobrá priezračnosť atmosféry sa prejaví sýtou modrou farbou oblohy a dobrou dohľadnosťou. Tá sa prejaví tým, že dobre uvidíte aj vzdialené kopce na obzore. Najčastejšie takýto stav ovzdušia býva po prechode fronty. Keď sa vtedy pozriete do ďalekohľadu obloha bude ozaj tmavá, obraz bude kontrastný, vidieť i málo jasné hviezdy. Ale má to jeden háčik. ***Dobrá priezračnosť je často s spojená nepokojom*** atmosféry. Obraz je jasný, no predsa mierne kmitá a bliká, v dôsledku čoho klesá aj rozlíšenie, t.j. obraz nie je ideálne ostrý. No v konečnom dôsledku môžeme povedať, že obloha je predsa jasná aj po astronomickej stránke.

Druhý prípad je tak trochu opačný prvému. Atmosféra nie je až tak priezračná. Je ***mierne zahmlená*** akýmsi slabučkým zákalom. Keď sa teraz pozriete do ďalekohľadu, obraz je menej jasný, ale zato ostrý, takmer ***nekmitá, je stabilný***. Rozlíšenie je výborné. Preto opäť môžeme skonštatovať, že obloha je aj astronomicky jasná.

Keď sa začne zhoršovať priezračnosť atmosféry, alebo mierny zákal sa začne zhusťovať, občiansky môže byť obloha jasná, ale astronomicky už nie. Vyzerá to tak, ako keby nám počasie dávalo možnosť výberu z dvoch alternatív – buď horšia priezračnosť a dobrá stabilita obrazu, alebo dobrá priezračnosť za cenu blikania. Väčšinou tomu tak skutočne je. Ale niekedy (nie však často) sa môže stať, že obe dobré podmienky sa stotožnia a vtedy neprestávate žasnúť nad tým, čo všetko v ďalekohľade môžete zazrieť.

Často sa stáva aj to, že obloha sa správa úplne ináč cez deň ako v noci. Napríklad pokiaľ sa v lete nad naším územím usadí tlaková výš (znak jasnej oblohy bez mrakov), cez deň je ozaj jasno, ale atmosféra začne pohlcovať vodné pary. Obloha zo sýtomodrej sa zmení na svetlomodrú až pobelavú. Pokiaľ sa nevytvoria mraky, v noci vznikne opar a je po astronomicky jasnej oblohe. (Vtedy sa však často krát do polnoci vyjasní.) Sú možné aj opačné situácie, keď sa cez deň vyprší (napr. búrkou), atmosféra sa vyčistí, tlaková výš mraky rozpustí a v noci je jasno. Táto meteorologická alchýmia má veľa možností, no vždy platí: ***Pokiaľ nad nami je tlaková výš, šanca na dobré počasie je veľmi reálna. Pri tlakovej níži očakávajte zamračenú oblohu.***

Praktická poznámka č.12 : Nie všetky objekty oblohy vyžadujú rovnaké pozorovacie podmienky. Preto svoj pozorovací program si môžete upraviť.

Pri priezračnej a nepokojnej atmosfére je lepšie pozorovať difúzne objekty (hmloviny, galaxie). Spravidla sú málo jasné a k ich pozorovaniu je dôležitý hlavne dobrý kontrast oproti pozadiu . Nepokoj atmosféry (teda aj obrazu) prakticky neruší a to zvlášť pri menších zväčšeniach.

Pri mierne zahmlenej ale pokojnej atmosfére je lepšie pozorovať dvojhviezdy, planéty a Mesiac. Dvojhviezdam, ako bodovým zdrojom, mierny zákal nevadí, pretože ich kontrast oproti oblohe je dosť veľký. Pri Mesiaci a planétach ich kontrast oproti oblohe je tiež dosť veľký. Tu ide hlavne o dobré rozlíšenie (teda ostrý obraz) a o stabilitu obrazu (teda pokojnú atmosféru). Spravidla kontrast je postačujúci aj pri väčšom zväčšení, kedy obraz relatívne stemnie.

Deformácie obrazu v ďalekohľade spôsobujú hlavne lom a rozptyl svetla pri prechode atmosférou. Preto je dôležitá hrúbka vrstvy vzduchu (anglicky air mass), cez ktorú sa na objekty pozeráte. Čím je menšia, tým je menej problémov so vzduchom. Preto, keď je to možné, vyberajte si objekty vysoko nad obzorom. Vzduchový stĺpec nad vami sa skráti a pri určitých meteorologických situáciách sa možno obloha vyjasní aj „astronomicky“.

3.7: Tvar oblohy:

Fakt, že obloha sa ľudskému oku nejaví ako polguľa, ale ako sploštená, nesúvisí s atmosférou. Človek má dojem, že ***horizont je*** od neho ***vzdialenejší než zenitový bod*** na oblohe. Tento jav má fyziologickú podstatu a súvisí hlavne so štruktúrou ľudského oka. O tom sa dá presvedčiť aj z nasledovnej skutočnosti, pri ktorej sa uhly pohľadov vymenia:
Pozorovateľovi ***ležiacemu*** na zemi ***sa zenitový bod*** na oblohe ***javí*** oveľa ***vzdialenejší*** vzhľadom na obzor, ako pozorovateľovi stojacemu.

Dôsledkom tejto vlastnosti ľudského oka je nesprávny odhad uhlovej výšky objektu nad obzorom. Jeho výška sa väčšinou preceňuje, pričom veľkosť chyby je individuálna a cvikom sa môže zmenšiť. Nasledujúce čísla znamenajú priemerné hodnoty.

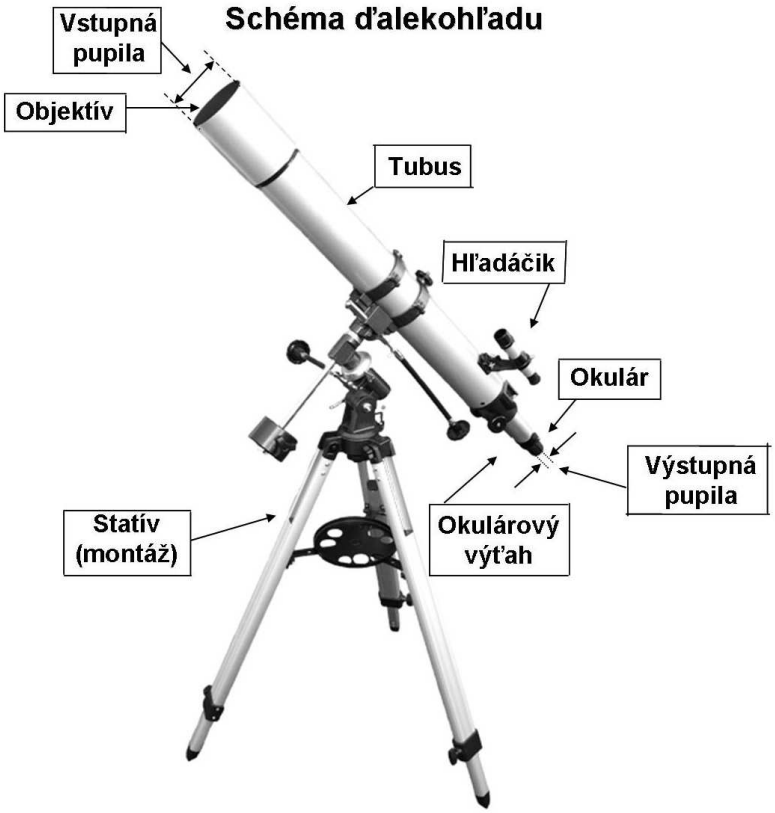
Rozdiel medzi skutočnou a odhadnutou výškou objektu nad obzorom

Skutočná výška	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Odhadnutá výška	0°	30°	50°	65°	75°	84°	90°

Subjektívny odhad uhlových uhlových veľkostí (z dôvodu fyziológie oka) v závislosti od výšky, je zrejme príčinou, prečo Mesiac a Slnko nízko nad obzorom sa nám zdajú väčšie, než v čase ich kulminácii.

4. Časti ďalekohľadu

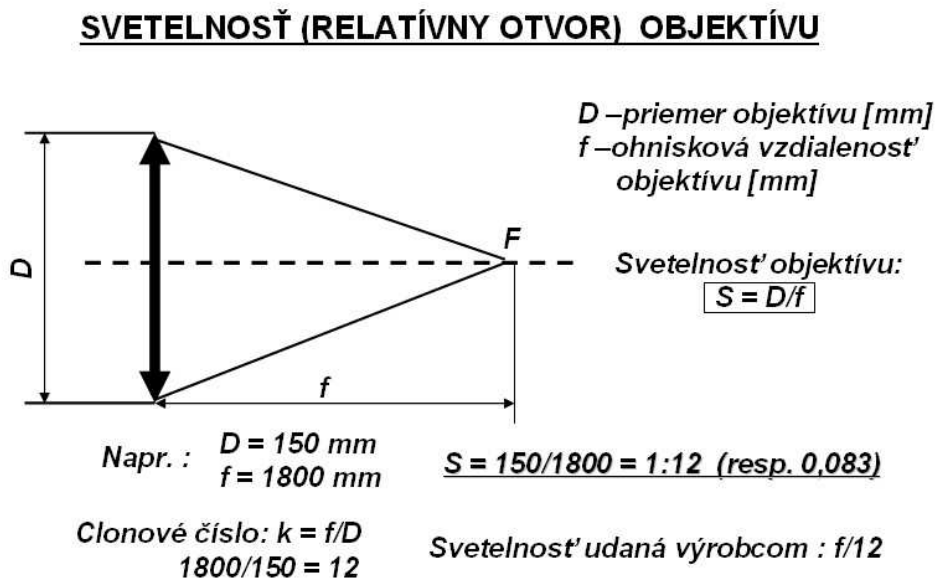
Hlavné časti astronomického ďalekohľadu sú: **objektív, okulár, tubus a statív (montáž).**



Praktická poznámka č13: U predajcov ďalekohľadov v ponuke býva aj kompletná zostava tubusu s optikou (anglicky OTA – Optical Tube Assembly). Oveľa nižšia cena rozhodne zaujme, avšak pozor! Je to ozaj iba čistý ďalekohľad (optika + tubus) a nič viac. Všetko je bez ďalšieho príslušenstva, napr. ďalších okulárov a hlavne bez statívu, či montáže.

4.1: **Objektív** – je optická sústava utvárajúca reálny obraz pozorovaného objektu v ohniskovej rovine objektívu. Objektív je ***najdôležitejším prvkom ďalekohľadu***, od ktorého závisí *kvalita* pozorovaného *obrazu.* Jeho úlohou je aj zhromaždiť čo najväčšie množstvo svetla a rozlíšiť čo najmenšie detaily. To je možné zaistiť iba veľkosťou plochy objektívu, preto platí: ***čím viac chcete vidieť, tým väčší musí byť priemer objektívu.***

► **Svetelnosť (relatívny otvor) objektívu (S)***:* - charakterizuje jas obrazu vytvoreného objektívom v jeho ohniskovej rovine. Čím ***svetelnejší*** je ***objektív***, tým ***jasnejší*** je ***obraz***. Pri astronomických objektívoch znamená to isté čo aj ***relatívny otvor objektívu***. Svetelnosť objektívu je priamo úmerná priemeru objektívu „D“ a nepriamo úmerná jeho ohniskovej vzdialenosti „f“. Vyjadruje sa zlomkom **S = D/f**. Slovne je to možné popísať, že ***svetelnosť objektívu*** je určená tým, koľkokrát je priemer objektívu „D“ obsiahnutý v ohniskovej vzdialenosti objektívu „f“; a to sa zároveň nazýva aj ***relatívnym otvorom objektívu***. Napríklad objektív s priemerom 100 mm a ohniskovou vzdialenosťou 1000 mm má svetelnosť
S = 100/1000 = 1/10 = 1:10 = 0,1. ***Čím je hodnota pomeru D:f väčšia, tým je objektív svetelnejší.***



Matematické úvahy o svetelnosti objektívu sú jednoduché a súvisia s druhou mocninou. Ak zmenšíme priemer objektívu na polovicu, klesne množstvo svetla na štvrtinu. Čím dlhšia bude ohnisková vzdialenosť objektívu, tým väčší obraz bude vznikať v jeho ohniskovej rovine, ale jeho jas bude tým viac klesať.

Pri dvojnásobnom predĺžení ohniskovej vzdialenosti sa plošný objekt zväčší štvornásobne a jeho jas sa zmenší na štvrtinu. Ak ohniskovú vzdialenosť skrátime na polovicu, jas obrazu vzrastie štvornásobne.

Pri ***rovnakom priemere objektívu***, ale rôznych ohniskových vzdialenostiach, dáva ***objektív*** s ***kratšou ohniskovou vzdialenosťou jasnejší ale menší obraz.***

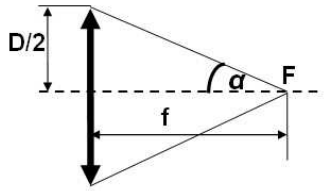
Výrobcovia svetelnosť objektívu (resp. ďalekohľadu) udávajú pomocou ***clonového čísla „k“***, ktoré je *prevrátenou hodnotou svetelnosti* ***objektívu***. Teda **k = f/D** a svetelnosť udávajú v ***tvare f/k*** (niekedy nesprávne ako ***F/k***, lebo F- znamená ohnisko a f je ohnisková vzdialenosť). Potom ***čím menšia je hodnota clonového čísla, tým väčšiu svetelnosť*** má objektív resp. ďalekohľad. Napr. f/4 znamená vysoko svetelný objektív so svetelnosťou S=1:4 a f/12 znamená objektív so svetelnosťou iba 1:12.

Svetelnosť bežných astronomických objektívov sa pohybuje v intervale približne od 1:4 až do 1:15.

Praktická poznámka č.14: Nedá sa povedať ktorá svetelnosť je najvýhodnejšia. Pokiaľ chcete pozorovať málo jasné objekty (hviezdy, asteroidy, kométy) a nejde vám až tak o zväčšenie, treba voliť vysoko svetelné objektívy (1:4 – 1:6). Pokiaľ chcete pozorovať jasné objekty (Slnko, Mesiac, planéty) pri väčšom zväčšení, je vhodné voliť málo svetelné objektívy (1:10 – 1:15). Snáď univerzálny je stred (1:7 – 1:10).

► **Zorné pole objektívu (Z_o) :** Zo vzťahu pre svetelnosť, resp. pre relatívny otvor (S =D/f) sa dá určiť aj zorné pole objektívu. Pomocou tangensu vyjadríme veľkosť uhla α a z neho (ako z rovnice) vypočítame čomu sa rovná „D“. Do vzťahu pre relatívny otvor dosadíme vypočítané „D“ a dostávame ďalší ***vzťah pre relatívny otvor:*** **S = 2 tgα**. α je polovičný otvorový uhol. Otvorový uhol udáva aj veľkosť zorného poľa . Celé zorné pole „Z“ je rovné 2α. Teda **Z_o = 2.arctg (S/2)** , alebo **Z_o = 2.arctg (D/2f)** .

ZORNÉ POLE OBJEKTÍVU



D/2 – polomer objektívu
f – ohnisková vzd. objektívu
S = D/f – rel. otvor, svetelnosť

1) tg α = D/2 : f ⟶ D = 2 tgα . f

2) Do: S = D/f dosadiť vypočítané „D“
S = 2 tg α .f /f
S = 2.tg α ⟶ tg α = S/2

3) α = arctg (S/2), resp. = arctg (D/2f)

Celé zorné pole objektívu je 2α

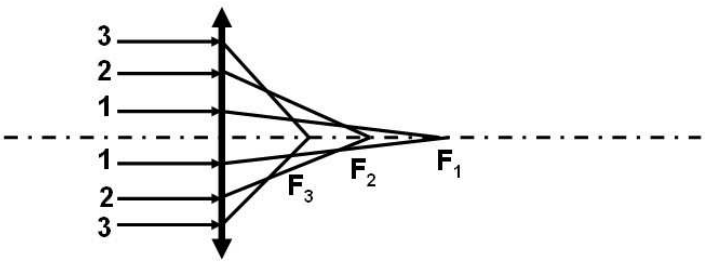
4) Veľkosť zorného poľa „Z“ je:
Z = 2. arctg (S/2) , resp.
Z = 2. arctg (D/2f)

4. 1.1: Šošovkový objektív:

Pri zobrazovaní šošovkami nie sú splnené dva základné teoretické predpoklady, t.j. zobrazovanie sa neuskutočňuje iba osovými lúčmi a ani (nekonečne) tenkými šošovkami. Preto zobrazenie je zaťažené chybami reálnych šošoviek. Aby ste vedeli identifikovať ako sa jednotlivé chyby podieľajú na deformácii obrazu v ďalekohľadoch, je vhodné ich aspoň krátko popísať.

► **Otvorová** *(*alebo aj **guľová**, **či sférická***)* **chyba***:* Ak na spojnú šošovku (hlavne guľovitého tvaru) dopadá široký zväzok lúčov rovnobežných s optickou, jednotlivé lúče sa lámu tým bližšie k šošovke, čím sú ďalej od optickej osi. Body predmetu sa preto zobrazujú ako rozptýlené krúžky, ktoré sa prekrývajú. ***Výsledný obraz v strede zorného poľa je ako tak ostrý, ale smerom k okrajom, jeho rozostrenie rastie.*** Otvorová chyba závisí od ohniskovej vzdialenosti šošovky, od veľkosti otvoru (priemeru šošovky) a od indexu lomu šošovky. Dá sa zmenšiť clonou, kombináciu spojky a rozptylky z rôzneho materiálu, prípadne použitím šošoviek, ktorých povrchy netvoria guľové plochy.

Otvorová (guľová, sférická) chyba (aberácia)

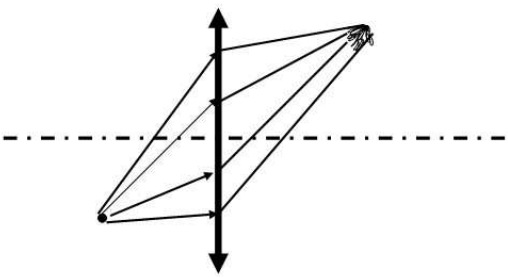


Lúče vzdialenejšie od optickej osi sa lámu bližšie k šošovke.

► **Koma**: Svietiaci bod ***mimo optickej osi*** šošovky sa zobrazí ***v tvare kométy*** s jasným jadrom a širokým chvostom. Koma vzrastá úmerne so vzdialenosťou od optickej osi a môže dosiahnuť veľkých hodnôt. Potom znižuje rozlišovaciu schopnosť ďalekohľadu a ostrosť zobrazenia na okrajoch zorného poľa. Koma sa dá korigovať podobne ako otvorová chyba.

Objektív s korigovanou otvorovou chybou a hlavne komou sa nazýva ***aplanát*** (skladá sa z dvoch symetrických achromátov). Používa sa pri ďalekohľadoch, kde sa vyžaduje veľké zorné pole.

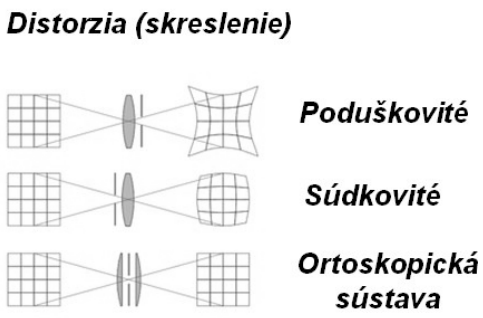
Koma



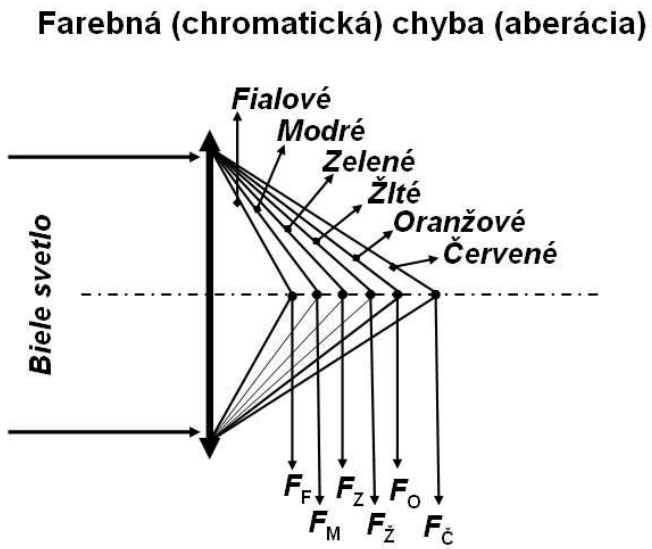
Svietiaci bod mimo optickej osi sa zobrazí v tvare kométy

►**Astigmatizmus (nebodovosť):** Aj táto chyba vzniká pri zobrazovaní mimoosových bodov a prejavuje sa tým, že obraz nevzniká v jednej rovine ale v priestore. ***Obraz bodového zdroja sa zobrazuje*** ako malá ***eliptická plôška***, ktorá pri vzďaľovaní alebo približovaní prechádza do ***krátkej úsečky***. Objektív s korigovanými optickými chybami, najmä s opraveným astigmatizmom pre pomerne veľké zorné pole, sa nazýva ***anastigmat***. Skladá sa najmenej z troch od seba oddelených sústav šošoviek. Uplatňuje sa aj ako širokouhlý fotografický objektív.

► **Distorzia (skreslenie):** Je spôsobené tým, že zväčšenie šošovky v blízkosti optickej osi je iné ako na okraji zorného poľa. Potom sieťka so štvorcovými okienkami sa nezobrazí ako sústava štvorcov, ale strany jednotlivých štvorcov budú prehnuté buď *dovnútra,* tzv. ***poduškovité skreslenie*** (ak zväčšenie rastie od stredu k okraju šošovky), alebo *vonku,* tzv. ***súdkovité skreslenie*** (ak zväčšenie rastie od okraja do stredu šošovky). Neskresľuje sa zobrazenie bodov, ale ich konfigurácia. Pre bežné vizuálne pozorovanie skreslenie veľmi neprekáža (prekáža pri omeriavaní – určovaní polôh objektov, pri astrometrických pozorovaniach). Distorzia sa zväčšuje s rastúcou vzdialenosťou od optickej osi. Skreslenie sa dá odstraňovať clonou alebo vhodnou sústavou troch a viac šošoviek. Sústavu šošoviek, ktorá má značne korigované skreslenie, nazývame ***ortoskopickú***.



► **Farebná (chromatická) chyba (aberácia):** Šošovky sú z optického skla, ktoré vzniká pretavením anorganických zložiek. Medzi jeho vlastnosti patrí to, že vykazuje určitú ***disperziu (rozklad)***, to znamená, že ***mení index lomu svetla v závislosti od vlnovej dĺžky***. Krátkovlnná (fialová, modrá) zložka bieleho svetla má najväčší index lomu, preto sa lomí najviac. So stúpajúcou vlnovou dĺžkou index lomu klesá. Dlhovlnná zložka svetla (červená) má najmenší index lomu, lomí sa najmenej. Preto ohnisková vzdialenosť fialového svetla je kratšia ako červeného. Zväzok lúčov bieleho svetla dopadajúceho rovnobežne s optickou osou vytvára na optickej osi rad farebných ohnísk, z ktorých ***najbližšie k spojnej šošovke je ohnisko pre fialové svetlo, najďalej pre červené svetlo.***



Svetlo kratšej vlnovej dĺžky sa láme viac než svetlo dlhšej vlnovej dĺžky. Preto ohnisko fialovej zložky je najbližšie k šošovke a červenej zložky je najďalej.

Predmet sa zobrazí v toľkých polohách od šošovky a v toľkých veľkostiach, koľko farieb má zložené svetlo. Ak dáme biele tienidlo do miesta F_F vytvorí sa na ňom malá kruhová plôška, ktorá je v strede sfarbená fialovo a na okraji červene. V mieste $F_Č$ plôška bude väčšia s červeným stredom a fialovým okrajom.

Chromatická chyba zhoršuje kvalitu obrazu, a to často ***viac než všetky ostatné chyby*** šošoviek. Obraz je neostrý a jeho sfarbenie nezodpovedá sfarbeniu predmetu. V ďalekohľade obraz hviezdy je neostrý, na okraji sfarbený. Ani obrazy plošných predmetov nebudú ostré a farebná chyba sa prejaví ako farebné lemovanie ostrých prechodov medzi svetlom a tieňom (resp. tmou). Okraje obrazu napr. Mesiaca vytvorené jednoduchou spojkou sú orámované troma farbami, z ktorých chýba tá, na ktorú je ďalekohľad zaostrený.

Jemným preostrovaním sa farebné orámovanie môže meniť, avšak naša sietnica najlepšie vníma žltozelenú, lebo na ňu je náš zrak najcitlivejší. ***So stúpajúcim zväčšením sa zvýrazňuje aj farebná chyba***.

Chromatická chyba sa dá korigovať rôznymi spôsobmi. Najčastejšie sa odstraňuje kombináciou spojky a rozptylky vyrobených zo skiel s rozličnými relatívnymi disperziami. Objektív vytvorený z ***dvoch šošoviek (duplet)***, prednej spojky z korunového skla a zadnej rozptylky z flintového skla sa nazýva ***achromát*** a ním sa značne zmenší farebná chyba. Touto kombináciou je možné dosiahnuť rovnakú ohniskovú vzdialenosť pre vzdialené časti spektra – stotožnia sa ohniska červeného a modrého svetla. Pre ostatné časti spektra zostáva malá chyba (tzv. sekundárne spektrum) a obraz je dostatočne ostrý pre dosť široké pásmo vlnových dĺžok. Achromatický objektív má ***odstránenú chybu pre dve farby a navyše aj otvorovú chybu pre žltozelené svetlo*** (na ktoré je ľudské oko najcitlivejšie). ***Apochromát*** (skratka ***APO***) je ***trojšošovkový objektív (triplet)*** a má odstránenú chybu ***pre tri farby*** (stotožňuje ohniská pre tri rôzne vlnové dĺžky napr. pre červené, žlté a modré svetlo) a má odstránenú ***otvorovú chybu pre dve farby***. Uplatňuje sa pri väčších zväčšeniach.

V súčasnosti existujú nové druhy skiel, ktoré sa vyznačujú **nízkou disperziou** (ich index lomu pre rôzne vlnové dĺžky je blízky). Tieto materiály sa označujú ako ***ED***, alebo ***LD*** člen a pomocou nich je možné vyrobiť dvojšošovkový objektív s kvalitou blízkou apochromátu. Avšak takéto nové objektívy niektoré firmy označujú tiež ako APO, čo je neférový reklamný ťah, ktorým sa stiera význam pôvodnej skratky APO, znamenajúci ozajstnú kvalitu.

Praktická poznámka č.15: Z uvedeného je zrejmé, že ďalekohľad ktorého objektívom bude iba jedna šošovka snáď bude najlacnejší, ale jeho obraz bude nekvalitný, zaťažený všetkými optickými chybami. Takýto určite odporúčať nemôžeme. O kvalite objektívu ďalekohľadu sa jednoducho môžete presvedčiť už v predajni. Stačí sa doň pozrieť a keď obrazy predmetov budú farebne orámované, objektív je iba jednošošovkový a celý ďalekohľad by mal patriť do málo kvalitnej lacnejšej kategórie. Je potrebné vyhnúť sa aj objektívom z plastovej šošovky. Nielenže má krátku životnosť, ale aj jeho kvalita je dosť pochybná. Ani takéto ďalekohľady nemôžeme odporúčať, nakoľko oni skôr znechutia, než pritiahnu na astronomické pozorovania.

Rozoznať plastovú šošovku od sklenenej je dosť obťažné, nakoľko na ňu siahnuť nemôžeme. Snáď pomôže pohľad z uhla (z boka) podľa chýbajúceho farebného nádychu, zapríčineného chýbajúcou antireflexnou vrstvou. Dôležitým ukazovateľom je aj jeho hmotnosť – sklenený objektív je oveľa ťažší než plastový.

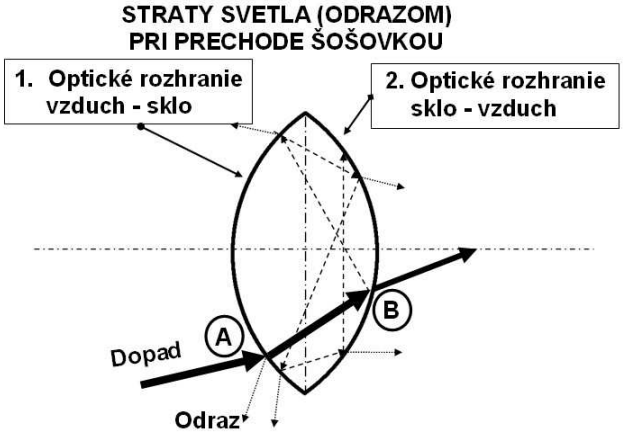
Kvalitné objektívy sú veľmi drahé. Navyše je potrebné pouvažovať, či využijete kvalitu napr. objektívu APO (pri bežných vizuálnych pozorovaniach z bežných pozorovacích stanovíšť). Pre akceptovateľné vykreslenie obrazu je nutný aspoň achromatický objektív (v ktorom výrobca častokrát výrazne potlačí aj ostatné chyby). Achromatický objektív odporúčame.

► **Objektív *s* korigovanými chybami:** Úplné odstránenie chýb nie je možné, i keď niektorými korekciami, ktoré sú možné iba pri šošovkových objektívoch, sa dá doslova až čarovať v zornom poli ďalekohľadu. V podstate každá korekcia uskutočnená zložitými systémami vedie iba ku kompromisom (na úkor niečoho iného), ale nie k dokonalému odstráneniu všetkých chýb.

Praktická poznámka č.16: Každý, aj ten najkvalitnejší objektív dokáže iba eliminovať jednotlivé optické chyby. V niektorých kritických či extrémnych situáciách sa niektorá chyba môže prejaviť výraznejšie. Možno, že ste si všimli, že pre väčšinu chýb platí: „chyby sa zväčšujú, s rastúcou vzdialenosťou od optickej osi“. Preto, keď chyby zobrazenia chceme čo najviac eliminovať, pri pozorovaní by mala platiť zásada: „Pozorovaný objekt by mal byť vždy v strede zorného poľa“.

► **Absorpcia (pohlcovanie) svetla:** Optická sústava ďalekohľadov je vytvorená zo šošoviek. Tie sú zo skla a napriek tomu, že sú dosť priehľadné, nie všetky lúče prejdú objektívom, aby sa dostali až k rovine ohniskového obrazu. Časť z nich sa v skle pohltí, absorbuje. Táto strata svetla vzrastá s rastúcou mohutnosťou (hrúbkou) optických členov objektívu a závisí na kvalite použitého skla, priemeru šošoviek a typu konštrukcie. Orientačne môžeme povedať, že ***1 cm hrubá vrstva*** optického skla ***pohltí*** priemerne ***1,5% dopadajúceho svetla.*** I keď táto strata svetla je reálna, v praxi je zanedbateľná oproti stratám svetla, ktoré vznikajú iným spôsobom, napr. odrazom svetla.

► **Odraz (reflex):** V závislosti od skla, povrch jednej šošovky ***odráža 4 – 8%*** vchádzajúceho svetla. *******<u>*(viď aj slovníček-Odraz, lom)*</u> Svetlo prechádzajúce šošovkou prechádza dvoma optickými prostrediami. Pri prvom rozhraní (vzduch – sklo) podstatná časť svetla prenikne do šošovky a lomí sa, malá časť sa odrazí späť do vzduchu (na obr. miesto A). Pri druhom rozhraní (sklo – vzduch) podstatná časť svetla po lome prenikne do vzduchu a malá časť sa odrazí späť do skla šošovky (na obr. miesto B). Toto odrazené svetlo sa prejavuje ako rozptýlené svetlo a spôsobuje zmenšenie kontrastu obrazu (jeho ďalšia púť je znázornená čiarkovanou čiarou). Súčtom týchto odrazov cez viaceré šošovky v ďalekohľade môže dôjsť až k takej situácii, že sa môže odraziť až 60% svetelných lúčov. Treba mať na pamäti, že optickú sústavu ďalekohľadu netvorí iba objektív, ale aj okulár, kde sa straty odrazom uplatňujú tiež. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené teoretické straty svetla prechodom cez optickú sústavu:



Počet rozhraní	2	4	6	8	10
Množstvo svetla v %, ktoré sa zúčastní zobrazenia	90,2	81,4	73,5	66,3	59,9
Rozptýlené svetlo v %	0,2	1,2	2,5	4,0	5,6

Tým samozrejme klesá aj (reálna) svetelnosť obrazu v ďalekohľade. Objektívy, ktoré sú skonštruované z viacerých šošoviek síce korigujú optické chyby, na druhej strane však pri veľkom počte optických členov treba rátať s výraznou stratou svetla odrazom. Aby sa tomu zamedzilo čo najviac, na to slúžia antireflexné vrstvy.

► **Antireflexná vrstva –** je veľmi tenká priezračná vrstva zlúčenín kovu nanášaná na povrch šošoviek (teoreticky na rozhranie dvoch optických prostredí). Vidieť ju ako farebný povlak na povrchu šošovky. ***Znižuje odrazivosť*** plôch, ***zväčšuje svetelnú priepustnosť***, ***zlepšuje kontrast*** a ***redukuje lesk***. Zvyšuje tak množstvo svetla, ktoré prejde šošovkou, čím sa zväčšuje aj skutočná svetelnosť. Podstatou činnosti antireflexných vrstiev je čo najviac ***zabrániť odrazom na optických rozhraniach***, čím sa eliminuje aj ďalší následný rozptyl. Antireflexná vrstva pracuje na princípe interferencie (skladanie vlnových kmitov) svetla na tenkej vrstve. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené teoretické straty svetla pri prechode optickou sústavou s antireflexnými vrstvami.

Počet rozhraní	2	4	6	8	10
Množstvo svetla v %, ktoré sa zúčastní zobrazenia	98,0	96,1	94,1	92,3	90,4
Rozptýlené svetlo v %	0,01	0,06	0,14	0,25	0,39

Výrobcovia v katalógoch používajú rôzne spôsoby na označenie vrstvenia antireflexnými vrstvami a často to ***označujú dosť zahmleno***. Pre ***počet vrstiev*** sa používa nasledovné označenie:
- Písmenom <u>C (coating)</u> (*jedna vrstva)* – sa označuje ***jedna vrstva*** nanesená na sklo. Intenzita

svetla prechádzajúceho optikou je vyššia iba pre jednu časť farebného spektra (v závislosti od hrúbky a druhu antireflexnej vrstvy).

- Písmenami MC (multicoating) *(viacvrstevná)* – sa označuje ***viacej*** rôznych ***vrstiev*** nanesených na povrch skla. Intenzita svetla prechádzajúca optikou je vyššia pre viacero častí farebného spektra (v závislosti od počtu a druhov antireflexných vrstiev).

Pre ***miesta, kde sa vrstvy nanášajú*** sa používa podobné označenie, čo je mätúce a neprehľadné, zvlášť vtedy, keď sa do označenia snažia „vpašovať“ aj počet vrstiev. Väčšinou sa používa nasledovné označenie:

- C (Coated optics) (*jednovrstvená optika*) – ide o najlacnejšie a najchudobnejšie nanesenie antireflexných vrstiev. Spravidla je nanesená iba ***jedna*** vrstva „C“, iba ***na vonkajšie*** povrchy objektívových a okulárových šošoviek.
- FC (Fully coated optics) *(plnevrstvená optika)* – ***jedna*** vrstva „C“ je nanesená ***na všetky povrchy*** v optickom systéme. Povrch - sa väčšinou chápe ako rozhranie: povrch šošovky – vzduch.
- MC (Multi coated optics) *(viacvrstvená optika)* – vrstvy „MC – teda ***viacej vrstiev***“, ktoré sú väčšinou nanášané len ***na vonkajšie plochy*** objektívových a okulárových šošoviek. (V lepšom prípade na zvyšok optiky môže byť nanesená jedna vrstva „C“).
- FCM (Fully multi coated optics) *(plne mnohovrstvená optika)* – ***na všetky povrchy*** v optickom systéme sú nanesené viacvrstvené „MC – teda ***viacej vrstiev***“. V takomto najlepšom a najkvalitnejšom prípade by ďalekohľadom malo prejsť 90 – 95% svetla.

- ***Transmitancia (priepustnosť)*** – udáva aké veľké množstvo svetla v % prejde optickým systémom. Nie je dôležité len to koľko svetla prejde, ale aj to aké je jeho spektrálne zloženie, teda akej farby. S tým súvisí aj farebný nádych antireflexných vrstiev.

Praktická poznámka č.17: Z uvedeného vyplýva, že astronomický ďalekohľad by mal mať antireflexné vrstvy. Aj systém – C – je lepší ako nič. Potom, aby sme nepoškodili antireflexnú vrstvu, je nutné o to opatrnejšie postupovať pri čistení optiky.

► **Čistenie optiky***:* Prvoradá je prevencia, t.j. chrániť optiku pred zbytočným vystavovaním prachu, vlhka, nečistôt a vôbec sa nedotýkať optiky prstami. Realita je však taká, že napriek maximálnej snahe sa optika skôr či neskôr zašpiní. Či je zašpinená, to sa najlepšie skontroluje pohľadom pri silnom osvetlení, najlepšie pri priamom slnečnom svetle. V závislosti od stupňa a druhu znečistenia, je možné postupovať podľa určitej postupnosti.

Najprv použiť stlačený vzduch. Buď vo forme spreja, ofukovacieho balónika, alebo nečistotu odfúknuť ústami (pokiaľ je to možné – „suchým“ sfúknutím).

Keď to nezaberie, treba použiť čistý, nezaprášený, jemný vlasový štetec na optiku. Najlepšie je čistiť priamočiarymi pohybmi od stredu k okraju, resp. opačne. Krúživé pohyby väčšinou roztrúsia prach po celom povrchu šošovky.

Keď nezaberie ani to, potom použiť suchú, čistú, nezaprášenú mikrovláknovú handričku na optiku. V prípade potreby môžete na optiku dýchnuť a para s pomocou handričky väčšinou zaberie. Pri čistení postupovať opatrne a šetrne. Handričku veľmi nepritláčať, aby sa nepoškodila antireflexná vrstva, či nepoškriabala optika. Stačí vhodné zrnko prachu a silnejší tlak, čím vznikne škrabanec – a to sa už späť vrátiť nedá. Suchá a nezaprášená handrička vždy pomôže aj pri zarosení objektívu (a ten sa zarosí takmer vždy, keď večer, či nad ránom padne rosa). Štetec a handričku udržiavať v čistom prostredí – puzdro, mikroténové vrecko.

Odtlačok prsta je najlepšie odstrániť okamžite, akoukoľvek cestou. Hrozí, že pot by mohol v antireflexnej vrstve zanechať stopu zvečnenú navždy. Kvapalinu radšej nepoužívať a keď, tak iba destilovanú vodu.

V predajniach foto-kino, či optikách je možné zakúpiť utierky, štetce, či čistiace kvapaliny ktoré nenarúšajú antireflexnú vrstvu a pod.. Ba dostať tam aj celé súpravy na čistenie optiky. Niektoré sú až prehnane drahé, alebo nemusia vyhovovať ďalekohľadom (napr. svojou veľkosťou).

Niekedy optika vydrží aj brutálnejšie čistenie, či neštandardné pomôcky (vreckovka), no to uplatňovať iba núdzovo, opatrne a zbytočne neriskovať. Na čistenie rozhodne nepoužívať abrazívne prostriedky (prášok, drsná špongia na riad) a ani chemikálie (rozpúšťadlá, čistiace prostriedky).

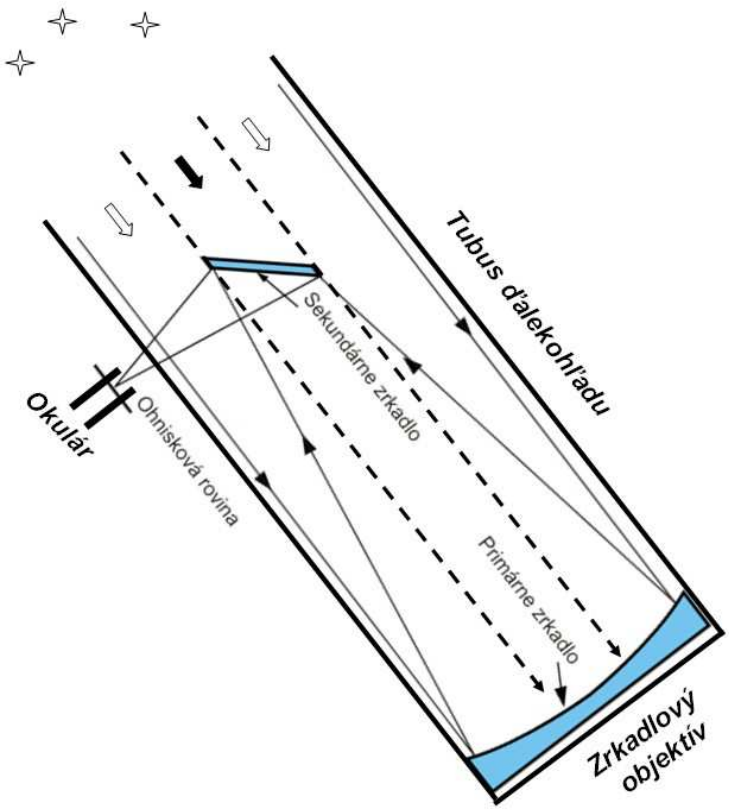
► **Šošovkový objektív** ďalekohľadu: Výroba presného a kvalitného objektívu je dosť náročná a preto ich ceny so stúpajúcou veľkosťou rastú veľmi prudko. Navyše ich priemery nie je možné ľubovoľne zväčšovať. Veľmi veľká šošovka je ťažká až natoľko, že sa vplyvom vlastnej váhy deformuje (obrazne povedané – tečie), čím sa deformujú jej plochy. Do tubusu môže byť upevnená iba po jej obvode a práve tam je najtenšia a aj veľmi krehká.

Praktická poznámka č.18 : Šošovkový objektív ďalekohľadu vhodného pre astronomické pozorovania by mal mať priemer aspoň 90 mm. (Dá sa o tom polemizovať, lebo je to iba môj názor a skúsenosť.)

4.1.2: Zrkadlový objektív*:*

Svetlo môžeme do ohniska sústrediť aj pomocou ***dutého zrkadla***. Zrkadlá ďalekohľadov sa vyrábajú z nízko rozťažného keramického skla. Po dokonalom hladkom vybrúsení jeho plochy do tvaru dutého zrkadla, sa jeho optický povrch ***pokoví*** (pokryje napr. ***tenkou vrstvou hliníka***).

Zrkadlový objektív sa umiestňuje na dno tubusu, oproti vstupnému otvoru ďalekohľadu. Nazýva ***sa primárne zrkadlo***. Svetelné lúče vstupujúce do tubusu sa od neho odrážajú a sústreďujú do ohniska. Avšak predtým, než sa sfokusujú, do cesty je im umiestnené menšie zrkadlo – tzv. ***sekundárne zrkadlo***, ktoré odrazí sústredené lúče mimo tubus, do okulára (v prípade Newtonovho typu na boku ďalekohľadu). Umiestnenie sekundárneho zrkadla pred primárnym spôsobuje, že časť svetla nedopadne na primárne zrkadlo. Na náčrtku je tieň sekundárneho zrkadla vymedzený dvoma čiarkovanými čiarami. Tento úbytok svetla spôsobený ***centrálnym zatienením*** + tienenie držiakom, ktorý fixuje polohu zrkadielka, spôsobujú aj ***ohybové javy***, čo má za následok ***zníženie kontrastu*** obrazu a ***zhoršenie rozlišovacej schopnosti*** ďalekohľadu. Malé sekundárne zrkadielko by nedokázalo s dostatočnou svetelnosťou vykresliť celé zorné pole. Veľké by zase spôsobovalo aj väčšie ohybové javy a jeho plocha by zmenšovala využiteľnú plochu primárneho zrkadla. Ukazuje sa, že pokiaľ centrálne zatienenie ***nepresahuje 25%*** priemeru primárneho zrkadla, zhoršenie kvality obrazu by nemalo byť zistiteľné. 30% zatienenie už mierne zhorší kontrast i rozlišovaciu schopnosť.



Pri zrkadlových objektívoch obraz nevzniká lomom, ale odrazom svetla. Všetky vlnové dĺžky sa odrážajú rovnako – pod rovnakým uhlom. Pretože odraz nie je závislý od vlnovej dĺžky, pri zrkadlových objektívoch ***nevzniká farebná chyba***, čo je veľkou výhodou zrkadlových objektívov.

Pokiaľ odrazová plocha primárneho zrkadla je vybrúsená do tvaru ***rotačného paraboloidu*** (ideálny tvar zrkadla), obraz ***nemá ani guľovú chybu***. Pri menších priemeroch zrkadla rozdiel medzi guľovou a parabolickou plochou je minimálny. Nakoľko vybrúsiť guľovú plochu je ľahšie, menšie a málo svetelné zrkadlá bývajú vyrobené ako guľové a rozdiel v kvalite obrazu nie je zistiteľný. Až zrkadlá s priemerom *nad 15 cm* a so svetelnosťou 1:6 (a väčšou) by mali byť už *parabolizované.*

Napriek tomu aj pri parabolickom zrkadle obraz v ohnisku (zvlášť ďalej od optickej osi) je ***zaťažený astigmatizmom a prejavuje sa aj koma***. Tieto chyby sú tým väčšie, čím väčšia je svetelnosť objektívu. Takže zrkadlový ďalekohľad kreslí výborne len v blízkosti stredu zorného poľa. Zrkadlové ďalekohľady sa konštruujú tak, aby sa maximálne využili ich výhody (väčší priemer objektívu, achromatičnosť, bez guľovej chyby) a potlačili nevýhody (koma, astigmatizmus – napr. menšou svetelnosťou).

Praktická poznámka č. 19: Zrkadlový objektív ďalekohľadu vhodného pre astronomické pozorovania by mal mať priemer aspoň 110 mm. (Opäť je možné s mojim názorom polemizovať.)

4.2: **Tubus ďalekohľadu*:*** - Spája a fixuje polohy jednotlivých častí ďalekohľadu. Preto by mal byť čo najpevnejší a čo najodolnejší voči fyzikálnym vplyvom. Býva vyrábaný z rôznych materiálov. Oceľový tubus je najpevnejší a najodolnejší. Modernejšie hliníkové zliatiny môžu byť tiež kvalitné a sú ľahšie, čo pre prenosné ďalekohľady je výhodnejšie. Tubusy z plastickej hmoty nie sú najvhodnejšie a svedčia o ďalekohľadoch patriacich do lacnejšej a menej kvalitnejšej kategórie. Avšak nie je to možné generalizovať, lebo niektoré plasty môžu byť ozaj kvalitné, no okom neodborníka sa to postrehnúť nedá.

Obvyklým tvarom tubusov sú trubice. Z vnútra musia byť natreté čiernou matnou farbou, aby sa v ňom zabránilo rozptylu prípadného parazitného svetla. Pri šošovkových ďalekohľadoch je dobre, keď sa na tubus pred objektívom nasunie ďalšia trubica – tzv. ***rosnica***, ktorá plní dve funkcie. Zabraňuje vstupu nežiaducemu šikmému svetlu zo strán a hlavne má zabrániť predčasnému roseniu objektívu. Pri klasických zrkadlových ďalekohľadoch rosnica nie je potrebná. Ňou je vlastne celý tubus, lebo primárne zrkadlo je umiestnené na jeho dne.

4.3: **Hľadáčik:** Je to malý svetelný ďalekohľad s malým zväčšením a veľkým zorným poľom. Priemer jeho objektívu býva 30-50mm a zväčšuje 6-8 x. Spravidla stred jeho zorného poľa je označený zámernou značkou (bod, krížik, krúžok). Slúži na ľahšie nájdenie objektu na oblohe. K tubusu ďalekohľadu sa upevňuje prostredníctvom špeciálneho držiaka. Pomocou vymedzovacích vôlí upevňovacích skrutiek sa k ďalekohľadu upevní tak, aby mieril na rovnaké miesto na oblohe ako hlavný ďalekohľad, tzv. ***zosúosenie***. Po zosúosení pomerne ľahko nastavíme nejaký objekt do stredu hľadáčika a ten už bude aj v zornom poli veľkého ďalekohľadu.

Novšie verzie hľadáčika sú s tzv. červeným zámerným bodom (angl. Red dot, resp. Red dot finder). V ňom sa premieta červený bod z LED zdroja do stredu zorného poľa hľadáčika na oblohu, prostredníctvom polopriepustnej reflexnej plochy vloženej do hľadáčika. Spojnica oko – červený bod – objekt zaisťuje správne namierenie ďalekohľadu na cieľ.

Praktická poznámka č.20: V čase, keď hľadáčik nepoužívate (najmä po pozorovaní), červený bod je potrebné vypnúť malým mikrospínačom, čím predídete predčasnému vybitiu malej gombičkovej batérie.

4.4: **Okulárový výťah*:*** Slúži na uchytenie okulára a umožňuje zaostrenie pozorovaného obrazu posúvaním okulára v optickej osi ďalekohľadu smerom dnu (k objektívu ďalekohľadu), resp. opačne – smerom von. Pri zaostrovaní obraz by sa nemal vychyľovať do strán. Zaostrovanie by malo prebiehať hladko, bez trenia a zadrhávania. Mŕtvy chod pri zmene smeru ostrenia by mal byť minimálny, najlepšie nulový. Po zaostrení poloha výťahu by sa mala dať zafixovať, v lepšom prípade okulár by mal ostať v nastavenej polohe sám. Vzdialenosť od zasunutej polohy po vysunutú – ***zdvih*** – by mal byť aspoň 20 mm. Ďalekohľady, ktoré sa používajú aj na pozemské pozorovania potrebujú okulárový výťah s dlhším zdvihom, aby umožnili zaostriť aj na menšiu vzdialenosť. Fotografické ďalekohľady vyžadujú presný okulárový výťah s jemným posúvaním, umožňujúci opakované nastavenie identickej polohy výťahu, napr. pomocou naznačenej stupnice. Okulárové výťahy nesúce ťažšie príslušenstvo (fotoaparát, CCD kamery a pod.), musia mať vysokú nosnosť a možnosť presnej aretácie zaostrenej polohy.

Je veľa možností zaostrovania obrazu v ďalekohľadoch:

- Zaostrovanie posunom trubky menšieho priemeru (s okulárom) v trubke väčšieho priemeru (pevne spojenej s tubusom). Jedná sa o najjednoduchší spôsob zaostrovania. Nie je dostatočne jemný, komfortný a musí mať aretáciu zaostrenej polohy. Stretnúť sa s ním je možné iba pri tých najjednoduchších a najlacnejších modeloch.
- Zaostrovanie pomocou hrebeňového prevodu. Takýmto okulárovým výťahom je vybavená väčšina predávaných ďalekohľadov. Na trubke nesúcej okulár je pripevnený ozubený hrebeň. Otáčaním ozubeného kolieska *(pastorka)* sa trubka posúva a zaostruje obraz.

Praktická poznámka č.21: Aj hrebeňový prevod má svoje neduhy. Pri zmene smeru zaostrovania sa môže vyskytovať mŕtvy chod. Zmenšenie tejto vôle je možné pritlačením pastorka k hrebeňu. No tým sa zároveň zväčší odpor otáčania, preto s pritlačením netreba preháňať. Tento typ výťahu nemá príliš veľkú nosnosť. Preto vysúvaciu trubku v zaostrenej polohe treba zaistiť, najmä v prípade ťažšieho okulára, či s fotoaparátom upevneným na výťahu

- Zaostrovanie pomocou otáčania okulárovej koncovky, pričom dochádza aj k otáčaniu okulára. Trubka menšieho priemeru (ukončená okulárom) má na vonkajšej strane narezaný závit a funguje ako skrutka. Táto trubka sa otáča v rovnakom závite narezanom na vnútornej strane trubky väčšieho priemeru (ktorá je pevne spojená s tubusom). Podľa jemnosti závitov je možné dosiahnuť hladký chod bez vôle.

Praktická poznámka č.22: Pri bežnom pozorovaní takýto výťah je veľmi dobrý. Hoci sa to na prvý pohľad možno nezdá, použitie vláknového kríža, alebo fotoaparátu či kamery spôsobuje značné komplikácie. (napr. zaostrovaním sa otáča aj fotoaparát, čo sťažuje sústavný pohľad do neho)

- Zaostrovanie pomocou otáčania okulárovej koncovky, pričom nedochádza k otáčaniu okulára. Jedná sa o zložitú konštrukciu, ktorá funguje na podobnom princípe ako objektívy fotoaparátov (otáčaním ďalšieho prstenca dochádza k unášaniu vnútornej trubky s okulárom).
- ***Fixný okulár***. Tento spôsob je dosť zriedkavý, ale existuje. Nezaostruje sa posúvaním okuláru, ale posúvaním objektívu, alebo sekundárneho zrkadla v tubuse. Používa sa pri menších ďalekohľadoch.

4.5: **Okulár*:***

- je šošovka alebo sústava šošoviek, ktorou pozorujeme a zväčšujeme obraz vytvorený objektívom. Okrem kvality objektívu je okulár ***druhým najdôležitejším prvkom od ktorého závisí kvalita pozorovaného obrazu***. Naozaj platí zásada, že ***kvalitný okulár = polovica ďalekohľadu!*** Pre kvalitu obrazu je nutné dodržať podmienku, aby optická os okulára bola

totožná s optickou osou objektívu. Základným parametrom okulára je jeho ohnisková vzdialenosť. Od nej závisí celkové zväčšenie ďalekohľadu.

Ak okulárom je jednoduchá spojka je možné pozorovať iba malé objekty (napr. tesné dvojhviezdy) a aj to iba v strede zorného poľa, lebo získaný obraz je dobrý iba v malej blízkosti optickej osi. Mimo nej sa vo veľkej miere zvýraznia všetky optické chyby – aj tu platia také isté optické zákony ako pri šošovkových objektívoch. Preto okuláre sú zvyčajne viacšošovkové, ktoré sú schopné dobre zobraziť celé zorné pole. Šošovka okulára, ktorá je bližšie k objektívu sa nazýva ***zberná šošovka*** alebo ***kolektív*** niekedy nazývaná aj ako ***poľná*** šošovka. Šošovka okulára ktorá je bližšie k oku sa nazýva ***očná šošovka***, niekedy aj ***očnica.***

Priemery okulárov nie sú celosvetovo unifikované (zjednotené). Preto nie každý okulár pasuje do každého okulárového výťahu. Najčastejším a svetovým štandardom je okulár s upínacím ***priemerom 31,75 mm (1,25“*** – palcov). Priemer (***2“*** - palce) ***50,8 mm*** je veľký a používa sa väčšinou pri veľkých ďalekohľadoch (sú aj veľmi drahé). Avšak existuje aj redukcia z 2“ na 1,25“, ktorá je dobre používateľná. Rozšírené sú aj okuláre s priemerom ***24 mm (0,965“*** - palcov***)***, ktorých výrobcom je Carl Zeiss Jena.

Praktická poznámka č.23: Je rozumné zadovážiť si ďalekohľad s okulárovým výťahom do ktorého je možné zasúvať okuláre s vyššie uvedenými priemermi. Týchto okulárov je na trhu najviac s relatívne dobrou kvalitou.

► Druhy okulárov:

Podľa ***polohy obrazu***, ktorý okulárom pozorujeme poznáme okuláre pozitívne a negatívne.

- ***negatívny okulár*** – pozorovaný obraz ***leží vo vnútri*** okulára medzi jeho kolektívnou (zbernou) a očnou šošovkou. Do obrazovej roviny môže výrobca pevne a nastálo vložiť napríklad nitkový osový kríž, ktorý bude ostrý spolu s obrazom. Obrazová rovina (bez rozobratia okulára) nie je voľne prístupná. Ale za to výhodou je, že v zornom poli nevidíme prachové zrnká usadené na prednej ploche kolektívnej šošovky, ktoré sa tam ľahko dostanú pri výmene okulárov.

- ***pozitívny okulár*** – pozorovaný obraz leží ***mimo okulára*** – medzi objektívom a okulárom. Pozitívny okulár je možné používať ako lupu. Okulár v ďalekohľade je umiestnený až za ohniskovou rovinou objektívu. Obrazová rovina je ľahko dostupná aj pre pozorovateľa na dočasné umiestnenie ľubovoľných pomocných zariadení, napr. pohyblivý nitkový kríž či pomocné stupnice. Čiastočky prachu usadené na prednej ploche kolektívnej šošovky môžu znehodnocovať obraz v zornom poli.

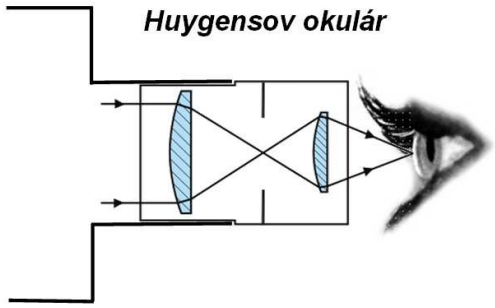
Podľa dĺžky ***ohniskovej vzdialenosti***:

- ***Krátkoohniskový okulár –*** s ohniskovou vzdialenosťou 3 – 5 mm
- ***Strednoohniskový okulár –*** s ohniskovou vzdialenosťou 10 – 50 mm
- ***Dlhoohniskový okulár –*** s ohniskovou vzdialenosťou 55 – 160 mm

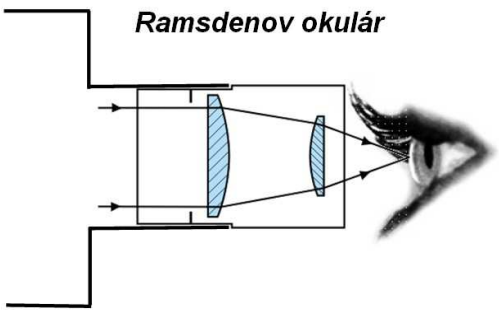
Podľa ***konštrukcie*** na jednoduché a zložené.

- ***Jednoduchý okulár*** – tvorí iba jedna šošovka.
- ***Galileov okulár*** – je vytvorený z jednej ***rozptylky,*** ktorá neobracia obraz hore nohami. Dovoľuje však iba malé zväčšenie.
- ***Keplerov okulár*** – jedna ***spojná šošovka*** s krátkou ohniskovou vzdialenosťou, ktorá umožňuje väčšie zväčšenie ako pri Galileiho okulári, avšak prevracia obraz. Smerom k okrajom zorného poľa sa výrazne prejavuje farebná a otvorová chyba.
- ***Zložený okulár*** – tvorí sústava minimálne dvoch šošoviek. *******(viď aj doplnkový slovníček na konci – Šošovka)*

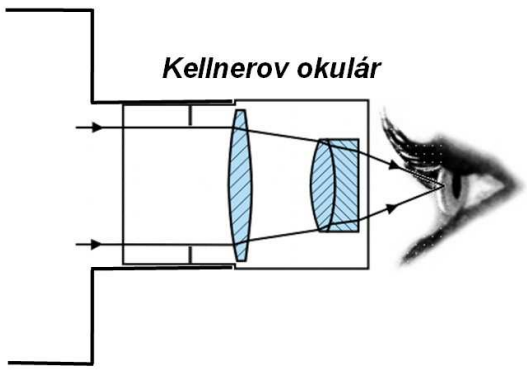
- ***Huygensov okulár*** - ***H*** – skladajúci sa z dvoch plankonvexných (ploskovypuklých) šošoviek obrátených rovnou plochou k oku a s clonou medzi šošovkami. Je to ***negatívny*** typ okuláru. Má korigovanú farebnú a sférickú chybu. Používa sa v spojení s achromatickými dlhoohniskovými objektívmi. Je vhodný na menšie zväčšenia. Jeho zorné pole je 30°- 40°. Jeho konštrukcia pochádza zo 17. storočia a vtedy znamenal značný pokrok. Je rozšírený vďaka výrobnej nenáročnosti a je dodávaný k lacnejším ďalekohľadom. Iba ťažko konkuruje novým modernejším okulárom. Preto vznikajú jeho inovácie. *HM* – Huygensonov modifikovaný okulár s dvoma šošovkami. Oproti „H“ má lepšiu kvalitu a jeho zorné pole je asi 50°. *AHO* – achromatický Huygensov okulár s troma šošovkami. Má lepšiu kvalitu v celom zornom poli.



- ***Ramsdenov okulár*** - **R** – skladá sa z dvoch plankonvexných šošoviek rovnakej ohniskovej vzdialenosti, obrátených vypuklými plochami k sebe. Je základným typom ***pozitívnych*** okulárov. Má oveľa menšiu guľovú chybu než Huygensov okulár, ale horšiu farebnú chybu. Jeho zorné pole je okolo 40°. Vhodný pre málo svetelné ďalekohľady (1:10 a menej).

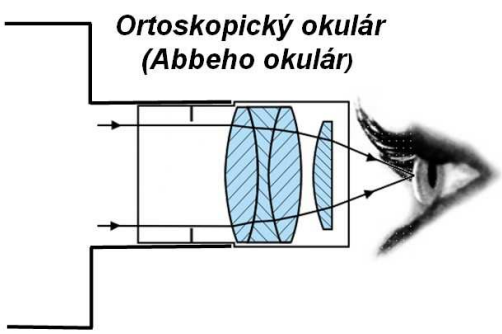


- ***Kellnerov okulár*** – ***K*** – je to vlastne Ramsdenov okulár s achromatickou očnou šošovkou, vytvorenou formou tmeleného dupletu. To všetko viedlo k podstatnej redukcii otvorovej a farebnej chyby. Pre dobrú korekciu aberácií a pri jednoduchej konštrukcii je dosť rozšíreným okulárom. Pre malé a stredné zväčšenia je lacnejšou alternatívou drahších okulárov. Je to ***pozitívny*** typ okuláru, používaný aj v triédroch. Je vhodný pre svetelnejšie objektívy (do 1:6). Pri veľkých zväčšeniach majú malé zorné pole. Jeho zorné pole je využiteľné do 50°.



Praktická poznámka č.24: - ***Keplerov okulár*** – ***(K)*** – niekedy sa písmenom „K“ označoval tzv. Keplerov okulár. Ukazuje sa (pre prípadné experimenty), že namiesto dvojvypuklej šošovky oveľa lepšie výsledky dáva ploskovypuklá šošovka, obrátená plochou stranou k oku, zvlášť pokiaľ má väčšiu ohniskovú vzdialenosť (nad 30 mm).

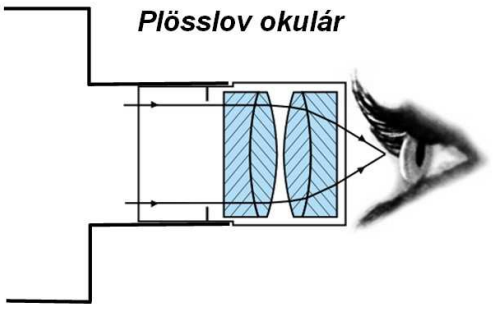
- ***Monocentrický okulár*** - na prvý pohľad vyzerá ako jedna šošovka, ale v podstate je to achromatický okulár zlepený z troch šošoviek. Stredná šošovka je spojka z korunového skla a krajné sú rozptylky (dutovypuklé šošovky) z flintového skla. Všetky tri šošovky majú spoločný stred krivosti svojich plôch. Stmelením sa odstránia odrazy od jednotlivých plôch šošoviek, ktoré by vytvárali parazitné obrazy. Je to ***pozitívny*** typ okulára s veľmi dobre korigovanou farebnou chybou. Jeho zorné pole je 30°- 35°. Je vhodný na pozorovanie planét.



- ***Ortoskopický okulár - O*** – (tiež aj ako ***Abbeho okulár,*** nazývaný aj ako ***Zeissov)*** – skladá sa zo vstupnej clony, zbernou šošovkou je lepený triplet a očná je plankonvexná šošovka. Vďaka štyrom šošovkám umožňuje dokonalú korekciu farebnej chyby. Je to konštrukčne náročný, avšak vysoko kvalitný ***pozitívny*** okulár. Jeho zorné pole je 40° - 50°. Je to okulár s veľmi malým skreslením a je použiteľný pre ďalekohľady do svetelnosti 1:4,5. Pre jeho skvelú ostrosť a kontrast patrí k štandardnému vybaveniu pre astronomické ďalekohľady. Je zvlášť vhodný pre pozorovanie Mesiaca a planét.

Praktická poznámka č.25: Pretože oko pri pozorovaní týmto okulárom sa nachádza pomerne ďaleko od očnej šošovky okuláru, ďalekohľad s ortoskopickým okulárom je zvlášť vhodný pre pozorovateľov nosiacich okuliare.

Doposiaľ uvedené okuláre patria ku klasickým okulárom. V súčasnosti existujú aj modernejšie a vysoko kvalitné okuláre a zrejme vývoj prinesie aj zrod ďalších. Pre informovanosť v krátkosti popíšeme niektoré z nich.

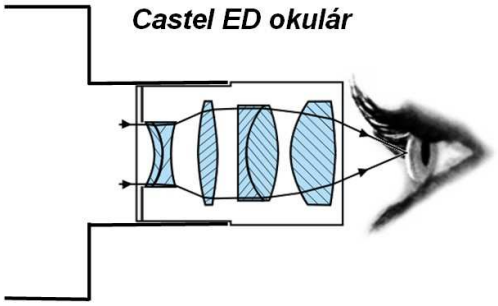


- ***Plösslov okulár – P*** – skladá sa z dvoch rovnakých dupletov privrátených spojkami k sebe. Niektoré modifikácie majú rovnakú orientáciu dupletov. Tento okulár má veľmi dobrú korekciu otvorovej a farebnej chyby. Vzhľadom na malý počet optických rozhraní (sklo - vzduch) dáva podobne ako ortoskopický okulár kontrastný obraz. Jeho zorné pole je viac ako 40°. Ich lacnejšie varianty majú menšie zorné pole, drahšie - širšie s kontrastným a achromatickým obrazom ako pri malých, tak aj pri väčších zväčšeniach. Patrí medzi univerzálne okuláre. Aj pri tomto type okulárov je oko pri pozorovaní pomerne ďaleko od okuláru, čo je príjemné pre pozorovanie aj pre tých, ktorí okuliare nenosia. K vyššiemu vývojovému stupňu tejto rady patrí vylepšený Plösslov okulár pod označením ***Super Plösslov okulár – SP***.

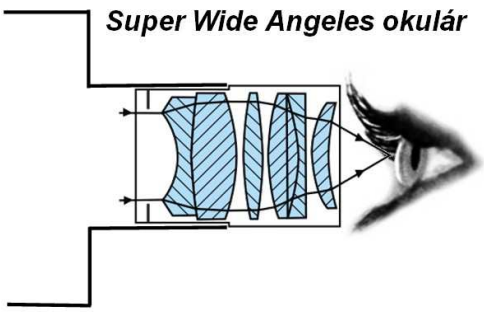
- ***Erfleov okulár - E*** – zložený zo šiestich šošoviek za účelom čo najširšieho poľa, avšak za cenu miernej straty ostrosti na jeho okrajoch (zvlášť pri väčších zväčšeniach). Jeho zorné pole je až do 70° a maximálna doporučená svetelnosť objektívu je do 1:5. Okuláre tohto typu sú vhodné pre menšie zväčšenia a pre pozorovanie rozsiahlych difúznych objektov.

- ***Naglerov okulár – N*** – je ultraširokouhlý okulár navrhnutý špeciálne pre astronomické účely. Je dobre korigovaný hlavne na astigmatizmus. Jeho zorné pole dosahuje až 82° a v ňom celom má kontrastný obraz. Jeho použitie je do svetelnosti objektívu 1:4.

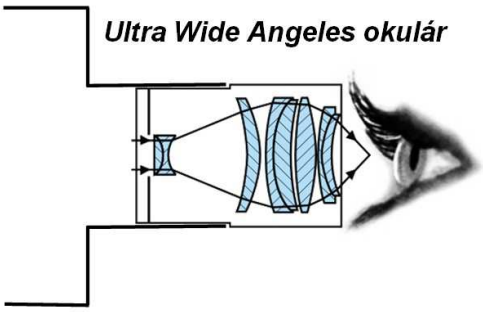
- ***Ultra Wide okuláre – UW*** – tvoria celú skupinu 6 až 8 šošovkových okulárov zameraných na čo najširšie zorné pole a dobrý obraz. Spravidla sú uvádzané pod firemnými názvami. K takýmto patria aj nasledovné okuláre.



Castel ED okulár – je šesťčlenný okulár rozdelený do štyroch skupín. Má iba 50°zorné pole, ale chromatické a sférické chyby na okraji zorného poľa sú pre oči nepostrehnuteľné. Viacnásobné antireflexné vrstvy zabezpečujú verné podanie farieb a dobrý jas obrazu. Je ho možné použiť aj pri väčších zväčšeniach.



Super Wide Angeles okulár – je 6-členný okulár so 67°zorným poľom s výborným obrazom a vysokým rozlíšením nielen pri pozorovaní hviezd a galaxií, ale aj pri pozorovaní Mesiaca a planét. Tieto okuláre majú vynikajúce vlastnosti aj pri ďalekohľadoch vyšších svetelností ako je f/5 či f/4. V týchto ďalekohľadoch v ohnisku sú dopadajúce lúče dosť šikmé a okuláre jednoduchších konštrukcií ich nedokážu spracovať tak, ako tento okulár.



Ultra Wide Angeles okulár je 8 – členný širokouhlý okulár s vysokou vernosťou obrazu a vysokým kontrastom v 84° zdanlivom zornom poli.

Okuláre sa väčšinou označujú písmenom (podľa typu a konštrukcie) a číslom, ktoré udáva ich ohniskovú vzdialenosť v mm. Napr. **O – 25** znamená, že ide o ***ortoskopický okulár s ohniskovou vzdialenosťou 25 mm.*** Mnohí predajcovia si však písmená upravujú K-Kellner na KE, P-Plössl na PE, O-ortoskopický na OR a pod. Častokrát výrobcovia kombináciou písmen ešte zjemňujú škálu typov z dôvodu bližšieho určenia konštrukcie. Spravidla okuláre sú tým drahšie, čím sú kvalitnejšie, čím náročnejšia je ich výroba, čím dlhšia je ich ohnisková vzdialenosť a čím širšie majú zorné pole. V katalógoch sa zdanlivé zorné pole udáva v stupňoch.

Praktická poznámka č.26: Orientačne sa dozvedieť o veľkosti zorného poľa okulára je ľahké. Pozrite sa na stenu jedným okom cez okulár a druhým obyčajne. V okulári síce neuvidíte žiadne predmety, ale jasne vnímate okraje svetlého kruhu, t.j. jeho zorné pole. Z toho akú veľkú časť steny vytína zorné pole okulára a vzdialenosti od steny ľahko vypočítate jeho zorné pole, alebo namiesto počítania si situáciu nakreslite na papier a uhol odmerajte uhlomerom. Týmto spôsobom môžete aj ľahko porovnávať zorné polia rôznych okulárov.

4.5.1: Okuláre encyklopedicky*:*

- ***Zoom okulár*** – okulár s premenlivou ohniskovou vzdialenosťou.
- ***Helioskopický okulár*** – okulár ďalekohľadu umožňujúci priame pozorovanie Slnka. K zoslabeniu svetla sa využíva buď odraz (***Herschelov helioskopický okulár***) alebo polarizácia (***Colziho helioskopický okulár***). Pri Herschelovom okulári je svetelným lúčom do cesty vložený priehľadný sklenený klin, z ktorého z jeho prednej strany sa do okulára odrazí asi iba 5% svetla.
- ***Periplanatický okulár*** **–** negatívny okulár s clonkou medzi šošovkami. Od Huygensovho typu sa odlišuje tým, že jeho očná šošovka je dvojitá, achromatická, čo vplýva na farebnú dokonalosť obrazu, vyrovnanie zorného poľa, ako aj na jeho rozšírenie. Zvyčajne býva súčasťou vybavenia mikroskopov, ale dá sa použiť aj pri ďalekohľadoch.
- ***Symetrický okulár*** **–** vychádza z Ramsdenovho typu. Jeho dve šošovky majú rovnakú ohniskovú vzdialenosť, sú však achromatické, tmelené z dvoch členov, čím sa výrazne potlačuje chromatická chyba. Preto tento typ okulára je vhodný aj ako krátkoohniskový okulár.
- ***Terestrický okulár*** **–** zložený optický systém z ktorého prvá časť obracia obraz a druhá funguje ako astronomický okulár, ktorý obraz prevráti druhýkrát. Dvakrát (stranovo aj výškovo) prevrátený obraz v zornom poli ďalekohľadu vytvára správne orientovaný, priamy obraz (ako v skutočnosti).

Praktická poznámka č.27: Kvalita obrazu v ďalekohľade závisí aj od čistoty okulárov. Jedno prachové zrnko na objektíve kvalitu obrazu nenaruší. Ba veľa by sa nestalo, keby tam bol hoc aj hrášok – spomeňte si ako tieni sekundárne zrkadielko objektívu v reflektoroch. Avšak v okulári zrnko prachu (zvlášť keď je ich viac a sú väčšie) kvalitu obrazu už naruší. Je to spôsobené tým, že nečistoty na okulári sú blízko ohniskovej roviny objektívu. Všetky nehomogenity v blízkosti ohniska sa prejavia oveľa výraznejšie než tie, ktoré sú od ohniska ďaleko. Tie vzdialené sú veľmi rozostrené a na tie v blízkosti ohniska takmer zaostrujeme. Napriek tomu s čistením optiky netreba preháňať (určitá miera znečistenia je znesiteľná), ale ani podceňovať. Treba si uvedomiť, že nečistotu na objektíve môžeme tolerovať viac, než nečistotu na okulári.

Praktická poznámka č.28: Z každého majiteľa ďalekohľadu sa po určitom čase stáva experimentátor. Do okulárového výťahu vkladá rôzne optické systémy – objektívy z fotoaparátov, kamier - (hoc aj pomocou redukcie) a očakáva, čo uvidí. Zrejme prídu na rad aj okuláre z mikroskopu. Prečo nie. Je lepšie raz vyskúšať, než 10x počuť. Lenže pri týchto okulároch nie je udaná ich ohnisková vzdialenosť. Na obrube sú napísané iba hodnoty zväčšenia, napr. 10x, 25x, a pod., ktoré po vynásobení so zväčšením mikroskopického objektívu udávajú celkové zväčšenie mikroskopu. Ohniskovú vzdialenosť (f_{ok}) takýchto okulárov vypočítame tak, že číslo 250 vydelíme uvedeným zväčšením (Z) na okulári (a výsledný údaj je v mm); t. j. $\boxed{\mathbf{f_{ok} = 250/Z}}$. (250 mm = konvenčná vzdialenosť oka). Teda 25x zväčšujúci mikroskopický okulár má ohnisko: $f_{ok} = 250/25 = 10$ mm.

Takýmto spôsobom je možné experimentálne odskúšať aj objektívy kamier a fotoaparátov. Sú to kvalitné optické systémy s ohniskovou vzdialenosťou patriacich do kategórie strednoohniskových okulárov. Pravdepodobne očnou šošovkou v takýchto prípadoch bude šošovka, ktorá býva obrátená k filmu.

Praktická poznámka č.29: Astronomický ďalekohľad by mal byť vybavený aspoň troma vymeniteľnými okulármi.

4.5.2: Okuláre a chyby zraku.

Ak je zraková ***chyba (dioptrická)*** korigovaná len okuliarmi so sférickými šošovkami, ako je to pri krátkozrakosti alebo ďalekozrakosti***(viď slovníček na koniec)**, môže pozorovateľ používať ďalekohľad aj bez okuliarov. Príslušnú chybu vykompenzuje ***malým posunom okulára, zaostrením smerom k objektívu (pri krátkozrakosti), alebo smerom od objektívu (pri ďalekozrakosti).*** Okuliare potom neprekážajú a oko sa môže priblížiť dostatočne blízko k očnej šošovke, aby mohlo obsiahnuť celé zorné pole, alebo ako je to potrebné pri veľkých zväčšeniach.

Ak je dioptrická chyba väčšia a okulárový výťah nestačí pri jej korigovaní svojou dĺžkou (napr. pri triédri), pri pozorovaní sa musia používať okuliare. Je však možné okuliare nahradiť a to upevnením príslušného okuliarového skla (orezaného na priemer okulára) priamo na koniec okulára k očnej šošovke.

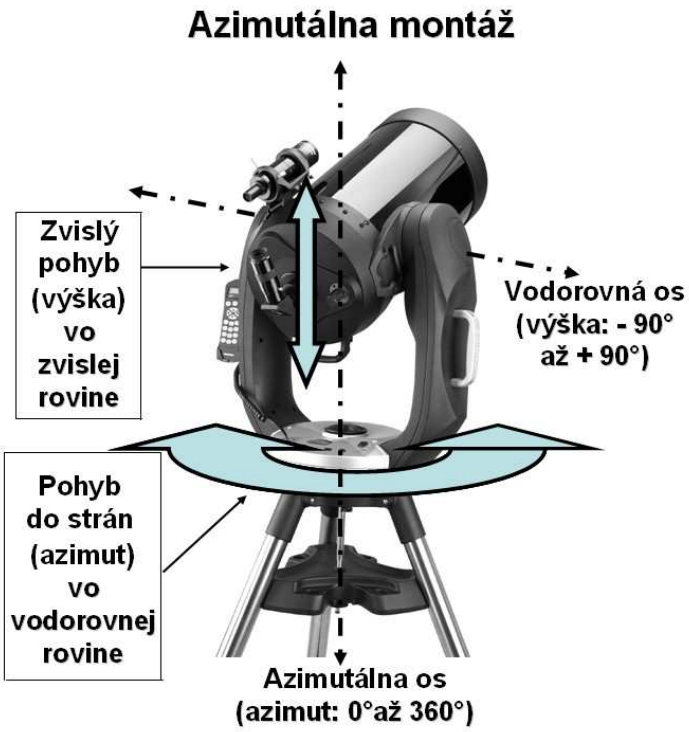
V prípade, že ide o ***astigmatickú chybu***, treba použiť okuliare aj pri pozorovaní. Korekcia astigmatizmu totiž vyžaduje okuliare s valcovým výbrusom. Preto posúvaním okulára túto chybu nemôžeme vykompenzovať a obraz v ďalekohľade zostáva stále neostrý. Aby sme mohli dobre využiť ďalekohľad aj vtedy (s nasadenými okuliarmi) musíme použiť okuláre, ktoré majú výstupnú pupilu čo najďalej od očnej šošovky ***(viď časť 5.5 - Poloha výstupnej pupily)**. Túto situáciu môžeme riešiť aj pripojením príslušnej okuliarovej šošovky, obrúsenej na potrebný priemer, pomocou objímky priamo za očnú šošovku okulára, čo zabezpečí presnejšiu správnu vzájomnú polohu korekčného okuliarového skla a optiky okulára. Pri valcovitých sklách korigujúcich astigmatizmus však musíme, ešte otáčaním okuliarového skla alebo otáčaním celého okulára okolo jeho osi, nájsť správnu polohu valcovitého výbrusu. Len pri splnení tejto požiadavky bude obraz v ďalekohľade dokonalý.

4.6: Statív, montáž:

Keď si vezmete do rúk nejaký ďalekohľad a namierite ho na oblohu, z pozorovania nemáte žiaden pôžitok. Ani presne neviete kam sa pozeráte a podopieranie ďalekohľadu len vašimi rukami spôsobuje, že chaoticky blúdite po oblohe. Pokiaľ ďalekohľad postavíte na podstavec, odstránite chvenie ďalekohľadu, obraz sa vylepší, ale nemôžete ním namieriť hocikde na oblohu. Ľubovoľne ním pohybovať umožní až statív. Takýmto ***statívom*** môže byť napríklad fotografický statív s guľovým kĺbom. Pri jeho uvoľnení je pohyblivý do všetkých smerov. Po zaaretovaní malý ďalekohľad ostane zafixovaný na nastavenú časť oblohy. Avšak takýto stojan nie je ideálnym riešením pre väčšie ďalekohľady a ani pre astronomické pozorovania. V tomto prípade sa do mechanickej konštrukcie statívu vstavajú prvky uľahčujúce nastavovanie ďalekohľadu na vesmírne objekty a prípadne aj navádzanie ďalekohľadu za nastaveným objektom - tzv. ***pointácia***. Takémuto upevneniu ďalekohľadu hovoríme montáž ďalekohľadu.

Montáž ďalekohľadu umožňuje ***pohybovať ďalekohľadom okolo dvoch navzájom kolmých osí.*** Podľa orientácií týchto osí v podstate existujú dva typy montáži: azimutálna a ekvatoriálna.

4.6.1: **Azimutálna** (niekedy aj **alt-azimutálna**) **montáž** – umožňuje pohyb ďalekohľadu vo ***vodorovnej rovine*** (v azimute, t.j. doprava a doľava) a ***zvislej rovine*** (vo vertikále, do výšky, t.j. hore a dole). Problémom však je, že objekty na oblohe sa nepohybujú pozdĺž zvislej a vodorovnej osi. Pri malých zväčšeniach (25x) to ani veľmi nie je postrehnuteľné. Pokiaľ pozorujete planétu pri 200 násobnom zväčšení, zistíte, že planéta vplyvom rotácie Zeme opustí zorné pole už po niekoľkých sekundách. Preto je ťažko v pokoji sa sústrediť, keď musíte ďalekohľadom neustále posúvať v dvoch osiach (doprava a súčasne hore či dole). Hviezdy pri svojom pohybe na oblohe menia výšku nad obzorom a v azimute nerovnomerne. Keď sa dlhšie nepozeráte do ďalekohľadu, pozorovaný objekt ujde zo zorného poľa a potom je dosť obťažné ho nájsť znovu.



Praktická poznámka č.30: Nie je to však neriešiteľná situácia a po určitom čase nadobudnete prax v „znovunájdení“. Stačí vrátiť sa späť k menšiemu zväčšeniu, čím sa zväčší zorné pole. Keď objekt v ňom nebude ani teraz, treba jemnými pohybmi posúvať ďalekohľad doprava a mierne hore (keď je pozorovaný objekt pred kulmináciou) alebo dole (keď je objekt už po kulminácii). A keď všetko zlyhá, je tu ešte hľadáčik.

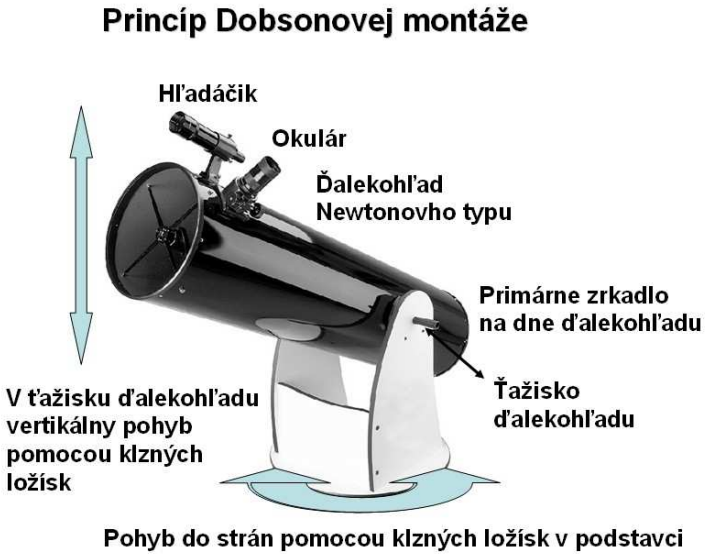
Azimutálna montáž je jednoduchá a ľahko ovládateľná. Ďalekohľad sa nastavuje v obzorníkových - pre človeka najprirodzenejších – súradniciach, a preto práca s ním je príjemná. Táto montáž je vhodná pre malé zväčšenia alebo aj pre pozemské pozorovania. Nie je vhodná pre väčšie zväčšenia, k dlhodobému pozorovaniu, alebo na fotografovanie (okrem krátkych expozícií).

► **Vidlicová (americká) montáž**. Keby ste bicykel prevrátili kolesami hore a namiesto predného kolesa do vidlice by ste upevnili ďalekohľad, dostávate vidlicovú montáž. Statívom

môže byť aj trojnožka, na ktorú je upevnený ďalekohľad prostredníctvom otočnej vidlice v oboch osiach. V prípade, že ďalekohľad je do vidlice upevnený v jeho ťažisku, montáž nepotrebuje žiadne protizávažia. Táto montáž je vhodná pre menšie ďalekohľady. Pri ďalekohľadoch s okulárom v zadnej časti tubusu môžu pre pozorovateľa vzniknúť krkolomné polohy, zvlášť pri pozorovaní v blízkosti zenitu. Dá sa to však riešiť zenitový hranolom.

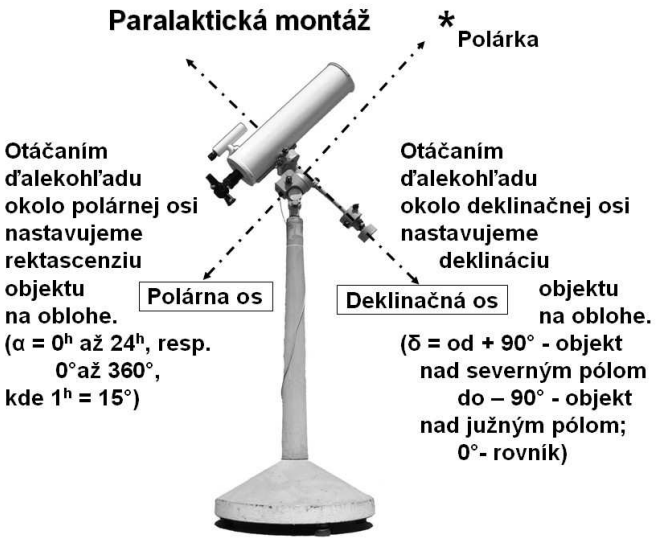
Keď os vidlice nie je kolmá na zemský povrch, ale je rovnobežná s rotačnou osou Zeme – stáva sa polárnou osou montáže – potom sa jedná o ***vidlicovú paralaktickú montáž,*** ktorá je zvlášť vhodná pre zrkadlové ďalekohľady.

► **Dobsonova montáž** je to modifikácia azimutálnej montáže prakticky ***výhradne*** pre zrkadlové ďalekohľady ***Newtonovho typu***. Na podstavci pomocou klzných ložísk je možné otáčať ďalekohľadom do strán (vpravo, vľavo). Tubus, v ose prechádzajúcej jeho ťažiskom, je opäť cez klzné ložiská upevnený do krabicovej kolísky. V tejto osi sa ďalekohľad pohybuje smerom hore – dole. Dobsonova montáž je lacná, ľahko ovládateľná, vhodná aj pre zrkadlá väčších priemerov. Nie je potrebný žiadny statív, ani protizávažia. Dá sa vyrobiť aj po domácky z dreva a preglejky. (Na internete sú aj návody) Celý systém sa dá ľahko prevážať. Je vhodný pre vizuálne pozorovania s malým a stredným zväčšením. Nehodí sa pre fotografovanie. Aj z tejto jednoduchej azimutálnej montáže je možné vyrobiť ***paralaktickú Dobsonovu montáž*** a to doplnením montáže o tzv. ***rovníkovú plošinu*** (alebo podľa konštruktéra ***Poncetovu***).



4.6.2: Paralaktická (ekvatoreálna, rovníková) montáž

Ak pri klasickej azimutálnej montáži zvislú os (ktorá smeruje do zenitu) nakloníme tak, aby bola **rovnobežná so zemskou** rotačnou osou (aby smerovala k Polárke) dostávame paralaktickú montáž. Táto naklonená os sa nazýva ***hodinovou, polárnou,*** niekedy aj ***rektascenčnou.*** Musí ***mierit'*** presne k ***severnému nebeskému pólu,*** teda musí s vodorovnou rovinou zvierať uhol ***zhodný so zemepisnou šírkou*** pozorovacieho ***miesta***. (Hodinová os teda leží aj v rovine miestneho poludníka.) Pri sledovaní pohybu objektov na oblohe potom postačí, ak budeme hodinovou osou pomaly pravidelne otáčať rýchlosťou jednej otáčky za 24 hodín (presnejšie za hviezdny deň, t.j. za 23 h 56 min). Druhá os – ***deklinačná*** – je kolmá na hodinovú os. Dovoľuje zamieriť ďalekohľ. na miesta v rôznej výške nad miestnym rovníkom a pod ním. *******<u>*(viď aj slovníček- Delené kruhy)*</u>



Teda výsledne môžeme ďalekohľadom ***pohybovať hore-dole, t.j. severojužným smerom*** v smere miestneho poludníka a ***do strán, východozápadným smerom*** pozdĺž svetového rovníka. Namiesto výšky nad obzorom sa nastavuje deklinácia a namiesto azimutu hodinový uhol.

Paralaktická montáž uľahčuje astronomické pozorovania. Na sledovanie pozorovaného objektu stačí otáčať ďalekohľadom iba jedným pohybom okolo polárnej osi. Keď počas prestávky objekt ujde zo zorného poľa (smerom na západ) dobehneme ho týmto pohybom smerom doprava.

► **Montáž s pohonom:** Zem sa otáča rýchlosťou 15°za hodinu od západu na východ. Ak k montáži namontujeme motorček ktorý bude otáčať ďalekohľadom okolo polárnej osi takou istou rýchlosťou ale v opačnom smere (t.j. od východu na západ), nastavený objekt počas pozorovania zostáva v zornom poli. Tento motorček sa nazýva ***hodinový pohon***, resp. ***hodinový stroj***. Objekt zostáva presne v strede zorného poľa, ak chod motorčeka je presný, rovnomerný a ďalekohľad je správne zjustovaný. ***Justáž ďalekohľadu*** je presné nasmerovanie sklonu polárnej osi ďalekohľadu a jej nastavenie do roviny miestneho poludníka.(Niekedy sa ďalekohľadu s ekvatoreálnou montážou hovorí aj ***ekvatoreál*** – dnes to považuje už za archaizmus.)

Existuje viac typov paralaktických montáží. Pre prenosné ďalekohľady sa najčastejšie používajú nemecká a vidlicová montáž.

► **Nemecká montáž: ***<u>*(viď obr. vyššie)*</u> - pripomína písmeno „T“. Polárna os je upevnená iba na jednom pilieri. Na ňu je kolmá deklinačná os, ktorá nesie na jednej strane ďalekohľad (jedna strana „T“) a na opačnej strane je vyvážený vhodným protizávažím. Jej výhodou je, že môže niesť ľubovoľne dlhý ďalekohľad. Nemecká montáž je najuniverzálnejšou, principiálne (pokiaľ to jej nosnosť dovolí) je možné na ňu upevniť ľubovoľný ďalekohľad bez ohľadu na jeho konštrukciu (reflektor, refraktor, ..) Nevýhodou je nutnosť protizávažia, čo podstatne zvyšuje váhu celej zostavy.

► **Vidlicová (americká) montáž:** - pripomína písmeno „U“. Polárna os má na jednom konci vidlicu. V nej, v ťažisku tubusu je upevnený ďalekohľad, ktorý sa otáča vo vidlici na deklinačnej osi. Jej výhodou je, že nie sú potrebné protizávažia. Používa sa iba pre zrkadlové ďalekohľady krátkych konštrukčných dĺžok – pre dlhé ďalekohľady by bola potrebná dlhá vidlica a montáž by nemala potrebnú tuhosť.

- Pre neprenosné ďalekohľady sú aj ďalšie konštrukcie paralaktických montáží ako napr. ***anglická rámová montáž, anglická osová montáž,*** resp. francúzska ***Coudé (lomená) montáž.***

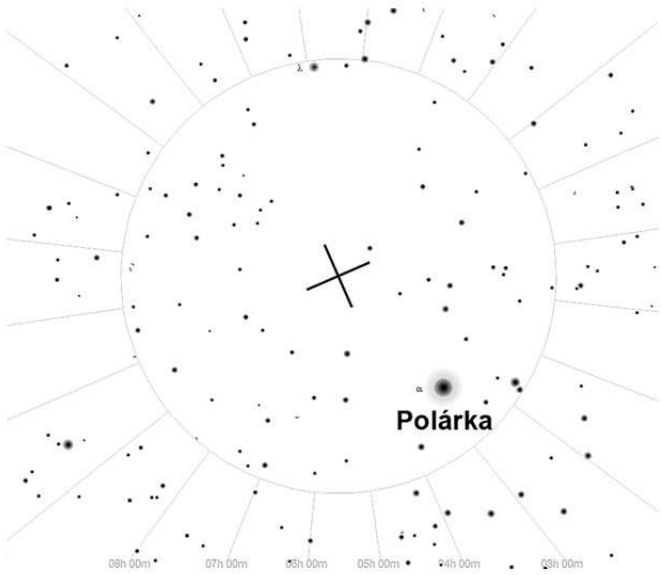
Praktická poznámka č.31: ***Paralaktická montáž je vhodná pre astronomické pozorovania*** a pokiaľ je aj s pohonom, aj pre fotografovanie. Do určitej mieri je potrebné si na ňu zvyknúť a naučiť sa s ňou pracovať.

Praktická poznámka č.32: Montáž je dôležitou súčasťou pozorovacej zostavy a pri jej výbere je potrebné si uvedomiť nasledovné skutočnosti:

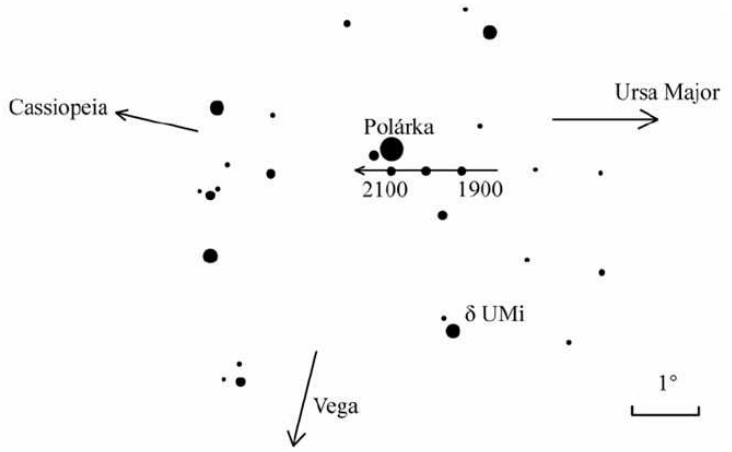
- dôležitým parametrom montáže je jej tuhosť (pevnosť), ktorá zabraňuje rozkmitaniu ďalekohľadu a to nielen pri veternejšom počasí. Nároky na tuhosť montáže rastú s dĺžkou ďalekohľadu.
- dôležitým faktorom je hmotnosť a objem montáže. Veľké a robustné montáže bývajú kvalitnejšie a mali by byť súčasťou väčších ďalekohľadov. Pri ľahších montážach sa nevyhnete určitému kmitaniu ďalekohľadu.
- každá montáž má svoju obmedzenú nosnosť. Pri jej prekročení jej tuhosť nebude stačiť tlmiť jej kmity.
- snáď najdôležitejšia je trvácnosť, ľahkosť a pevnosť aretácie a taktiež možnosť jemných pohybov. Jemné pohyby v rektascenčnej i deklinačnej osi by mali byť sprostredkované šnekovým prevodom. Pákový mechanizmus má množstvo nevýhod.
- pri väčších ďalekohľadoch je dôležitá možnosť pripojenia pohonu – aj keď si s ním ďalekohľad nekúpite. Možno, že sa oň začnete zaujímať po pozorovaniach s veľkým zväčšením, či pri snahe fotografovať.

MAPA OBLOHY V BLÍZKOSTI POLÁRKY

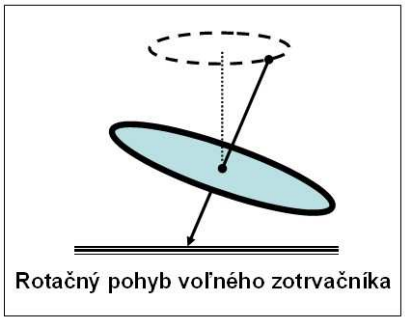
Presná poloha severného svetového pólu je označená krížikom. V súčasnosti je Polárka od neho vzdialená asi 43´. Priemer kruhu je 2° a na mape sú znázornené hviezdy do +10. magnitúdy.

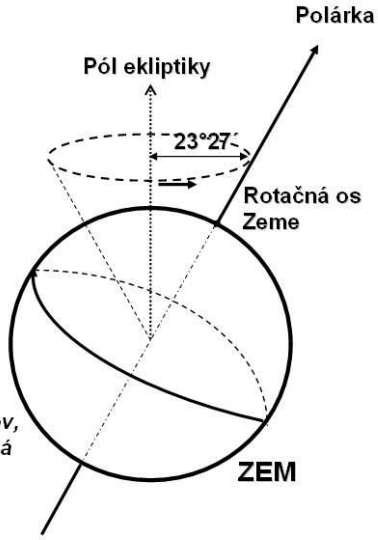


Zmena polohy svetového severného pólu v závislosti od času



PRECESNÝ POHYB ZEMSKEJ ROTAČNEJ OSI





Platónsky rok: Doba 25 725 rokov, počas ktorej svetový pól vykoná jeden celý obeh okolo pólu ekliptiky

► **Polárny hľadáčik** - je malý ďalekohľad zabudovaný do polárnej osi montáže. Slúži k jednoduchému a pomerne presnému nasmerovaniu polárnej osi k severnému svet. pólu. V polárnom hľadáčiku skontrolujeme pozíciu Polárky a pomocou príslušných ovládacích prvkov montáže dostaneme Polárku na správne miesto. Tým polárny hľadáčik uľahčí a ušetrí veľa času pri justovaní ďalekohľadu. Na priloženej mapke je naznačená poloha severného pólu. Pre zaujímavosť je na nasledujúcej hviezdnej mapke znázornený pohyb polohy svetového pólu na dlhšej časovej škále.

Rotačná os zemegule vykonáva podobný pohyb ako os roztočeného voľného zotrvačníka. Tento kruhový pohyb osí rotujúcich telies sa nazýva ***precesia***. K precesii zemskej osi dochádza v dôsledku gravitačného pôsobenia Slnka, Mesiaca (zanedbateľne aj planét) na nepatrne sploštenú Zem, pričom vplyv Mesiaca je takmer dvojnásobný ako vplyv Slnka, takže sa hovorí o ***lunisolárnej precesii.***

Zem rotuje doľava – proti smeru hodinových ručičiek, precesia sa uskutočňuje naopak – doprava, v smere hodinových ručičiek. Zemská os pri precesnom pohybe opisuje povrch kužeľa s vrcholom v strede Zeme, osou kolmou na rovinu ekliptiky a polovičným vrcholovým uhlom rovným sklonu rovníka ku ekliptike (23°27´). ***Severný svetový*** (geografický, rotačný) ***pól sa pohybuje medzi hviezdami po kruhovej precesnej kružnici***. Tento dlhodobý periodický pohyb zemskej osi spôsobí, že najmenšia vzdialenosť medzi pólom a Polárkou bude v r. 2100 a to iba 28“. O 12 000 rokov „Polárkou“ bude Vega. Jeden uzavretý obeh sa uskutoční za ***25 725 rokov***, za tzv. ***Platónsky rok.***

V geologicky dlhých časových úsekoch sa precesia prejavuje zmenou orientácie zemskej osi, čo spôsobuje dlhodobé posúvanie ročných období vzhľadom na kalendár. Približne za 13 000 rokov sa orientácia zemskej osi v priestore zmení tak, že severná pologuľa bude v júni odvrátená od Slnka a od decembra privrátená k Slnku. To spôsobí, že v júni sa začne na severnej pologuli klimatická zima (jún – júl – august) a v decembri klimatické leto.

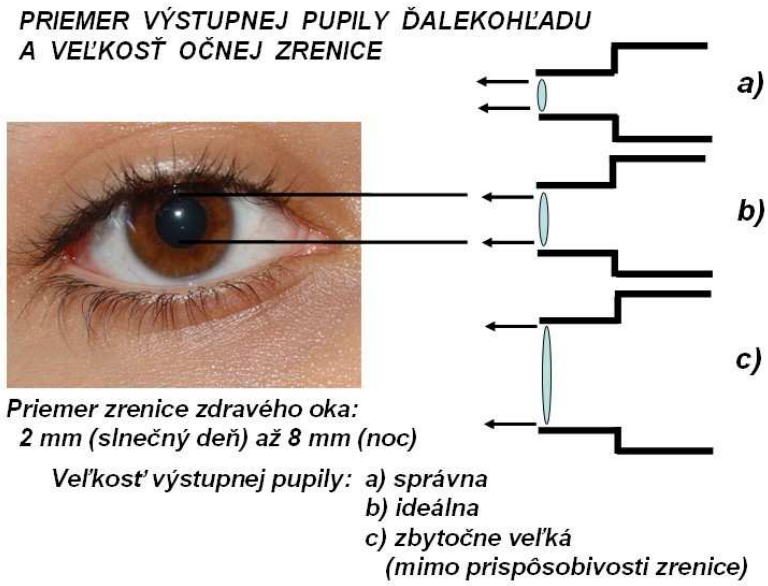
Praktická poznámka č.33: To som uviedol iba ako perličku. Teraz (a ešte dlhý čas) treba polárnu os montáže nasmerovať k Polárke.

4.7: **Vstupná pupila (P*)***(angl.entry pupil) **:** - je to kruhový otvor ktorý ohraničuje ***zväzok* svetelných *lúčov vstupujúcich do ďalekohľadu***. Priemer vstupnej pupily sa udáva v mm, niekedy i v cm. Zdalo by sa (a predajcovia aj tak informujú), že je to priemer objektívu ďalekohľadu, resp. priemer tubusu. Napríklad šošovkový objektív je do tubusu ďalekohľadu upevnený pomocou objímky. Potom v skutočnosti vstupnou pupilou je ***najmenší vnútorný priemer obruby objektívu*.** Takže rozdiel medzi tvrdením predávajúcich a skutočnosťou nie je až tak veľký a v úvahách môžeme vstupnú pupilu považovať za priemer objektívu, čiže $\boldsymbol{P = D_{obj}}$. Čím ***väčšia*** je ***vstupná pupila***, tým ***väčšia*** je ***svetelnosť*** a ***rozlišovacia schopnosť*** ďalekohľadu.

Praktická poznámka č.34: Zvlášť pri lacnejších a menej kvalitných ďalekohľadoch z reklamných dôvodov sa udáva, že napríklad priemer šošovkového objektívu je 10 cm (a napriek tomu je relatívne lacný). A ozaj tubus má priemer 10 cm, avšak tesne za objektívom (zriedka pred objektívom) je umiestnená kruhová clona s otvorom 8 cm. Na jednej strane výrobca urobil dobre, lebo clonou čiastočne eliminoval optické chyby, avšak tým znížil svetelnosť a rozlišovaciu schopnosť ďalekohľadu. Skutočná vstupná pupila je 8 cm a tak predajca by mal správne informovať, že reálny priemer objektívu je iba 8 cm (zrejme preto je aj lacnejší ako ostatné ozaj 10 cm ďalekohľady).

4. 8: **Výstupná pupila (p*)*:*** (angl. exit pupil): - je to kruhový otvor ohraničujúci ***lúče vystupujúce z ďalekohľadu*.** Výstupnú pupilu vidíme ako svetelný kruh na očnej šošovke okulára, keď sa na ňu pozeráme zo vzdialenosti asi 30 cm a ďalekohľad je zaostrený na nekonečno. Jej priemer si tam môžeme odmerať.

Výstupná pupila je vlastne ***obrazom vstupnej pupily utvorenej optickou sústavou*.** Pretože z okulára vystupuje zväzok rovnobežných lúčov, veľkosť (priemer) výstupnej pupily môžeme určiť aj presnejšie. Na kúsok papiera nachádzajúcom sa iba niekoľko mm za očnou šošovkou okulára premietneme ostrý obraz z ďalekohľadu. Jeho priemer je priemerom výstupnej pupily ďalekohľadu.



Pokiaľ viete priemer vstupnej pupily „P“ vášho ďalekohľadu a zväčšenie „Z“ ďalekohľadu, pri ktorom ste pozorovali, priemer výstupnej pupily „p“ si môžete vypočítať zo vzorca: **p = P/Z** , teda ako podiel vstupnej pupily a zväčšenia. Napríklad ďalekohľadom s priemerom objektívu D= 10 cm (nech teda aj P = 100 mm) ste pozorovali pri 50 násobnom zväčšení; Z = 50. Priemer výstupnej pupily p = P/Z = 100/50 = 2 mm. Do vášho oka z okulára vstupoval zväzok lúčov, ktorého priemer bol 2 mm *(pozri aj 5.1.2-Druhy zväčenia.).*

Praktická poznámka č. 35: Vstupnou pupilou nášho oka je priemer zreničky. Pri slabom osvetlení (v noci) má priemer až 8 mm, pri silnom (slnečný deň) iba 2 mm. Ideálne je, keď výstupná pupila ďalekohľadu má taký istý priemer ako vstupná pupila nášho oka. Vtedy do oka vchádza rovnaké množstvo svetla, ako vychádza z ďalekohľadu. To znamená, že za šera až tmy naše oko môže využiť najviac 8 mm priemeru výstupnej pupily okuláru a počas dňa iba 2-3 mm. Triéder s priemerom objektívu 5 cm a zväčšením 7x má priemer výstupnej pupily p = 50/7 = 7,14 mm. Cez deň, pri našej 3 mm zrenici sotva využijeme vyše 7 mm výstupnú pupilu ďalekohľadu. V skutočnosti ju nevyužijeme ani v noci, lebo je väčšia ako priemer zrenice dospelých ľudí. Priemer ich zrenice ***nepresahuje 7 mm***.

Starnutím totiž oko postupne stráca schopnosť maximálne sa rozširovať. (Od veku 30 rokov asi o 1 mm za každých 10-15 rokov, v stareckom veku končí asi pri priemere 2-3 mm) U 40 ročného človeka je maximálne okolo 6 mm. Takže ak je výstupná pupila ďalekohľadu väčšia ako vstupná pupila oka, oko ju odfiltruje a tým pádom je zbytočná.

Pri astronomických pozorovaniach je rozumné, keď výstupná pupila ďalekohľadu kolíše v rozmedzí 1-3 mm. Pri väčších zväčšeniach výstupná pupila je dosť tenká (má malý priemer) a preto je potrebné vedieť správne priložiť oko k okuláru. (napr. pri 10 cm priemere objektívu a 300 násobnom zväčšení výstupná pupila je iba 0,3 mm) .

Závislosť maximálnych (p_{MAX}) a minimálnych(p_{MIN}) priemerov očnej zrenice od veku:

Vek (roky)	20	*40*	*60*	*80*
p_{MAX} (mm) - deň	4,7	3,9	3,1	2,3
p_{MIN} (mm) - noc	8,0	6,0	4,1	2,5

► **Apertúra (clonový otvor):**- je clonový otvor v optickej sústave, ktorý ohraničuje zväzok lúčov prechádzajúcich optickou sústavou. Pojem veľmi blízky pojmu pupila. Apertúra je tu v zmysle obmedzovania veľkosti otvoru napríklad pomocou plynule sa meniaceho otvoru irisovej clony (ako pri fotoaparáte) alebo v zmysle, keď priemer hlavného zrkadla je väčší ako vstupná apertúra. Vo vyššie uvedenom príklade (7x zväčšujúceho triédra so vstupnou pupilou 50 mm a výstupnou pupilou 7,14 mm), v optickej sústave: triéder – oko, bola apretúrou očná zrenička s priemerom 7 mm.

5. Parametre ďalekohľadu*:*

Označovanie ďalekohľadov – býva rôzne. Písomne môže byť uvedený typ, názov a podobne. Najpodstatnejšie sú však číselné údaje. Zvyčajne býva uvedená dvojica čísel. Pri menších ďalekohľadoch (bináre, triédre) je uvedená dvojica čísel v tvare ***násobku***, napr. ***10x50. Prvé*** číslo udáva ***zväčšenie*** ďalekohľadu a ***druhé priemer*** objektívu v mm. Teda uvedený ďalekohľad zväčšuje 10x a jeho objektív má priemer 50 mm. Pri takto označených ďalekohľadoch okuláre bývajú väčšinou pevne zabudované, nedajú sa vymieňať.

Väčšie ďalekohľady bývajú označené dvojicou čísel v tvare zlomku, napr. ***90/120***. ***Prvé*** číslo (čitateľ zlomku) udáva ***priemer*** objektívu v mm a ***druhé*** (menovateľ) udáva ***ohniskovú vzdialenosť objektívu*** v mm. Teda uvedený ďalekohľad má priemer objektívu 90 mm a jeho ohnisková vzdialenosť je 120 mm. V katalógoch, či informačných letáčikoch bývajú uvedené aj ďalšie parametre ďalekohľadu.

5.1: Zväčšenie ďalekohľadu: (Z)

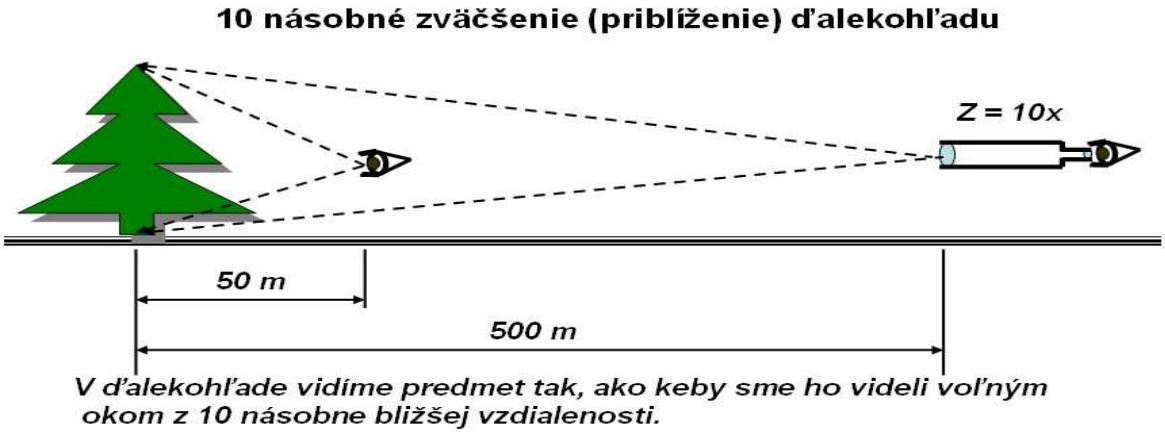
Môžeme určiť: » **pomerom ohniskových vzdialeností objektívu** (**f_{ob}**) a **okulára** (**f_{ok}**) :

$\boxed{Z = f_{ob} / f_{ok}}$. ***Čím je ohnisková vzdialenosť objektívu dlhšia a ohnisková vzdialenosť okulára kratšia, tým väčšie je zväčšenie ďalekohľadu.*** Tento vzorec je základným a najpoužívanejším pre výpočet zväčšenia.

» aj **pomerom** priemerov **vstupnej pupily** (**P**) a **výstupnej pupily** (**p**) :

$\boxed{Z = P / p}$ » a **pomerom** tangensov **uhla α**, pod ktorým lúč z predmetu **vstupuje do objektívu** (a prechádza jeho stredom) a uhla **α´**, pod ktorým lúč **vystupuje z okulára** (a prechádza jeho stredom) vzhľadom na optickú os: $\boxed{Z = tg\alpha' / tg\alpha}$.

Zväčšenie (alebo aj priblíženie) udáva koľkokrát ďalekohľad približuje pozorovaný predmet. Keď ďalekohľad zväčšuje desať násobne (**Z** = 10x), predmet vo vzdialenosti (**d_S**) 500 m, uvidí pozorovateľ v ďalekohľade taký veľký (pod takým uhlom), ako keby bol videný voľným okom (bez ďalekohľadu) vo vzdialenosti (**d_R**) iba 50 m ; (500:10 = 50, teda ***skutočná vzdialenosť : zväčšenie = redukovaná vzdialenosť na voľné oko***), resp. vyjadrené vzorcom: $\boxed{d_S / Z = d_R}$ **.**



.

Praktická poznámka č.36: Mesiac vzdialený od nás 384 400 km pri 200 násobnom zväčšení v ďalekohľade vidíme tak, ako by sme ho voľnými očami videli zo vzdialenosti 1 922 km (384 400:200 =1 922).

Konštrukcie ďalekohľadov sú zväčša také, že objektív je pevný a vymeniteľný je okulár. Potom ďalekohľadom môžeme dosiahnuť toľko zväčšení, koľko máme okulárov. Preto na astronomických ďalekohľadoch zväčšenie nie je udané. Treba si ho vypočítať podľa ohniskovej vzdialenosti použitého okulára.

Začiatočníci zo všetkých parametrov ďalekohľadu preferujú akurát zväčšenie. Neuvedomujú si, že za väčšie zväčšenie sa musí platiť menším zorným poľom, nižšou svetelnosťou obrazu a pri extrémnych zväčšeniach aj nižšou rozlišovacou schopnosťou, pohodou pri pozorovaní (prikladať oko bližšie k okuláru a presne do optickej osi nakoľko výstupná pupila je má malý priemer) a vyššou cenou. Nehovoriac o tom, že pri veľkých zväčšeniach sa výraznejšie prejavia všetky chyby optiky a zároveň sa spolu s pozorovaným objektom zväčší aj nepokoj atmosféry.

5. 1.1: Zväčšenia a ohnisková vzdialenosť okulárov

Reálne môžeme predpokladať, že vstupnou pupilou ďalekohľadu je priemer objektívu „D“ v mm. Potom pre zväčšenie ďalekohľadu (z pomeru pupíl) platí vzťah: $\boxed{Z = D/p}$, kde p je priemer výstupnej pupily v mm. Z tohto vzťahu si vyjadríme „p“, teda $\boxed{p = D/Z}$, nakoľko priemer výstupnej pupily je rozhodujúcim faktorom pri zväčšení. Čím ***väčší priemer*** má ***výstupná pupila***, tým je ***obraz*** vychádzajúci z ďalekohľadu ***jasnejší***.

Najnižšie zväčšenie (Z_N), (tzv. **normálne**) volíme tak, aby priemer výstupnej pupily bol rovný 5 mm. Keby zväčšenie bolo ešte menšie, zväčšil by sa tým priemer výstupnej pupily, ktorý by mohol byť väčší ako priemer zrenice nášho oka a tým časť svetla by do neho nemohla vstúpiť. Potom vzhľadom k priemeru objektívu najnižšie zväčšenie sa rovná pätine priemeru objektívu vyjadreného v mm. Teda $\boxed{Z_N = D/5}$, vtedy ***výstupná pupila*** ďalekohľadu má priemer ***5 mm***.

Pri **strednom zväčšení (Z_S)**: $\boxed{Z_S = D/2}$ bude mať ***výstupná pupila*** priemer ***2 mm***. ***So stúpajúcim zväčšením*** (pri použití toho istého ďalekohľadu) ***sa zužuje priemer výstupnej pupily***, čím sa znižuje množstvo svetla vchádzajúceho do oka ***a obraz*** v ďalekohľade ***je šedivejší*** (tmavší). Hraničným prípadom by mala byť výstupná pupila s priemerom 0,5 mm.

Maximálne použiteľné **zväčšenie (Z_M)** je určené dvojnásobkom priemeru objektívu v mm. Teda $\boxed{Z_M = 2D}$, kedy ***výstupná pupila*** má priemer ***0,5 mm***. Od teoretických úvah k praxi nám chýba už iba jeden vzťah, ktorý by určil, aké ohniskové vzdialenosti by mali mať okuláre, aby sme pri konkrétnom ďalekohľade dosiahli priemer výstupnej pupily 5 mm, 2 mm a 0,5 mm. Týmto vzťahom je: $\boxed{f_{OK} = (p \times f_{OB}) / D}$, kde „$f_{OK}$“ je ohnisková vzdialenosť okulára (v mm), „p“ je priemer výstupnej pupily (v mm), „f_{OB}“ je ohnisková vzdialenosť objektívu (v mm) a „D“ je priemer objektívu v mm.

Praktická poznámka č.37: Napríklad: Máme ďalekohľad s priemerom objektívu 10 cm (D=100mm) jeho ohniskovou vzdialenosťou 1 m (f_{OB}=1000mm). Akú ohniskovú vzdialenosť by mali mať okuláre, aby sa s nimi dosiahli priemery výstupných pupíl „p“ 5mm, 2mm a 0,5mm.

(1.) F_{OK} = (5 . 1000) / 100 = 50 mm
(2.) = (2 . 1000) / 100 = 20 mm
(3.) = (0,5 . 1000) / 100 = 5 mm

Pre dokonalé využitie veľkých ďalekohľadov sa volí ideálna sada okulárov tak, aby každý nasledujúci okulár mal ohniskovú vzdialenosť 1,6x väčšiu, ako predchádzajúci.

Praktická poznámka č.38: Prenosný astronomický ďalekohľad by mal byť vybavený aspoň troma okulármi – pre malé (normálne) zväčšenie Z_N=D/6 až D/5, stredné zväčšenie Z_S= D/2 až D a pre veľké zväčšenie Z_M=2D.

5.1.2: Druhy zväčšenia

- Normálne (**najnižšie, najmenšie)** zväčšenie **(Z_N):**

- Z_{NT} = D/8 – teoretické najmenšie zväčšenie ďalekohľadu, kde priemer výstupnej pupily je 8 mm a preto ho využije iba mladé zdravé oko schopné adaptovať priemer zrenice na priemer 8 mm.

- Z_N = D/6 až D/5 – reálne najmenšie zväčšenie ďalekohľadu s priemerom výstupnej pupily 6 až 5 mm.

- Stredné (Z_S): Z_S = D/2 až D – vhodné pre pohodlné pozorovania. Priemer výstupnej pupily je 2 až 1 mm.

- Optimálne (Z_O) – resp. hranica optimálneho zväčšenia. Z_O = 1,4D; Ak zväčšenie ďalekohľadu je menšie ako optimálne zväčšenie, dosahuje optimálnu rozlišovaciu schopnosť (d= 160“/Z_O; 160“- reálna rozlišovacia schopnosť oka ***(pozri 2.1. Oko)**, Z- zväčšenie ďalekohľadu). Priemer výstupnej pupily je 0,7 mm.

- Maximálne použiteľné (Z_M); Z_M = 2D až 2,5D – pri ňom je ešte viditeľný reálne zväčšený obraz s detailmi, ale za výborných atmosférických podmienok (a dobre pevnom statíve). Priemer výstupnej pupily je 0,5 až 0,4 mm. Ďalej zvyšovať zväčšenie nemá význam, lebo na obraze nezískame žiadne podrobnosti – vniká tzv. ***prázdne zväčšenie***. Obraz sa javí rozmazaný, nedá sa zaostriť, je málo svetelný. Silne sa prejaví chromatická chyba i chyby geometrické, pretože ich okulár zväčšuje spolu s pozorovaným objektom. Nie je to chyba ďalekohľadu.

Praktická poznámka č.39: Pre prenosné astronomické ďalekohľady sú ideálne zväčšenia ***30x až 100x***. Reálna hodnota použiteľného maximálneho zväčšenia (vzhľadom na atmosférické podmienky u nás a to počas celého roka) je ***okolo 150x***. Vo všeobecnosti platí, že maximálne zväčšenie ktoré sa dá ešte využiť je tak ***okolo 300x***, pre veľké ďalekohľady. Viac atmosféra nedovolí pre hocijaké ďalekohľady (pokiaľ nemajú adaptívnu optiku).

Prehľadná tabuľka jednotlivých zväčšení v závislosti od priemeru ďalekohľadu „D“ v mm.

D[mm]	30	40	50	60	80	90	100	110	120	150
Z_{NT}=D/8	3,8x	5,0x	6,3x	7,5x	10x	11,3x	12,5x	13,8x	15,0x	18,8x
Z_N=D/5	6x	8x	10x	12x	16x	18x	20x	22x	24x	30x
Z_S=D/2	15x	20x	25x	30x	40x	45x	50x	55x	60x	75x
Z_S=D	30x	40x	50x	60x	80x	90x	100x	110x	120x	150x
Z_O=1,4D	42x	56x	70x	84x	112x	126x	140x	154x	168x	210x
Z_M=2D	60x	80x	100x	120x	160x	180x	200x	220x	240x	300x
Z_M=2,5D	75x	100x	125x	150x	200x	225x	250x	275x	300x	375x

Zväčšenie, ktoré je potrebné na to, aby sme kotúčik planéty videli taký veľký ako disk Mesiaca v splne voľným okom

Planéta	zväčšenie	uhlový rozmer planéty max [“] min.	jasnosť max $[]^m$ min
Merkúr	140-400 x	12,9“ – 4,5“	-1^m $+1,3^m$
Venuša	27-187 x	66“ – 9,6“	$-4,3^m$ $-3,0^m$
Mars	72 – 580 x	25,2“ – 3,1“	$-2,8^m$ $+1,6^m$
Jupiter	40-60 x	50,1“ – 30,4“	$-2,2^m$ $+1,9^m$
Saturn	86-120 x	20,9“ – 15,0“	$-0,4^m$ $+1,5^m$
Urán	490- 580 x	3,7“ – 3,1“	$+5,4^m$ $+6,0^m$
Neptún	800 x	2,2“ – 2,0“	$+7,6^m$ $+7,7^m$
(Pluto)		0,3“ – 0,2“	$+14,3^m$ $+14,3^m$

5. 1.3: Barlowova šošovka

Je to dvoj až trojšošovková achromatická negatívna (rozptylná) sústava šošoviek. (Výnimočne je to jedna rozptylná šošovka).Umiestňuje sa pred ohnisko objektívu, do vnútra ďalekohľadu medzi okulár a objektív. Vďaka nej sa vytvorí nové ohnisko v určitej vzdialenosti za pôvodným ohniskom objektívu. Tým sa opticky predĺži ohnisková vzdialenosť objektívu (1,5x až 5x) a vďaka tomu sa toľkokrát znásobí zväčšenie ďalekohľadu pri tom istom okulári. Vznikol tak dlhoohniskový ďalekohľad v relatívne krátkom tubuse.

Pridaním tohto optického člena sa ozaj dosiahne uvedené zväčšenie, avšak zhorší sa jas, kontrast a rozlíšenie optického systému. Vložením ďalšieho optického člena do sústavy sa automaticky zanášajú ďalšie optické chyby. Aby sa to udialo v čo najmenšej miere je možné dokúpiť Barlowove šošovky s dobrou kvalitou (achromatické, apochromatické, s antireflexnými vrstvami) s rôznymi upínacími priemermi (1“,$1^1/_4$“, 2“- palcov) a rôznymi predlžovacími faktormi. Avšak s kvalitou stúpa cena. Mnohokrát je lepšie radšej dokúpiť okulár s krátkou ohniskovou vzdialenosťou.

Praktická poznámka č.40: Použitím Barlowovej šošovky sa dosiahne avizované zväčšenie, ale rozhodne sa zhorší kvalita obrazu. Preto sa netreba na ňu spoliehať. Častokrát býva využívaná ako reklamný trik: „ Priemerom objektívu 60 mm a použitím Barlowej šošovky dosiahnete až 525 násobné zväčšenie !“ V tomto prípade priemer výstupnej pupily je iba 0,11mm a treba pochybovať aj o kvalite Barlowej šošovky (rozhodne nie apochromát). Zorné pole ďalekohľadu je také malé (sotva 6´) a obraz tak málo svetelný, že na oblohe nemôžete vidieť nič reálne. Ide o prázdne zväčšenie! (Snáď by sa dali pozorovať žeraviace špirálové vlákna pouličných svetiel a aj to by ste sa natrápili, kým by ste na ne ďalekohľad namierili, z dôvodu veľmi malého zorného poľa.).

Keď Barlowova šošovka je súčasťou doplnkového vybavenia ďalekohľadu a k tomu máte aj 3 okuláre, teoreticky máte možnosť 6 zväčšení. Reálne môžete ju použiť tak do 150 násobného zväčšenia, ale zázraky od nej neočakávajte. Preto Barlowova šošovka má viac (sklamaných)

odporcov + kvalitná Barlowova šošovka je drahá, takže môžete očakávať, že v súprave sa asi nachádzať nebude.

Pretože Barlowova šošovka zhoršuje kvalitu obrazu nie je vhodné, keď je natrvalo zabudovaná do ďalekohľadu (pokiaľ nie je kvalitná).

► **Shapleyho šošovka** – je opakom Barlowovej šošovky. Je to spojná sústava šošoviek, ktorá skracuje ohniskovú vzdialenosť objektívu – tým sa zvýši svetelnosť ďalekohľadu, no zväčšia sa aj optické chyby. Spravidla dôjde i k zmenšeniu vykresleného zorného poľa. Najdôležitejším dôvodom použitia Shapleyho šošovky je zvýšenie svetelnosti sústavy, preto sa využíva vo fotografických sústavách.

5.2: Svetelnosť ďalekohľadu.(S*)*

Väčšinou sa chápe v zmysle svetelnosti objektívu ďalekohľadu, čiže je to pomer priemeru objektívu „D“ a jeho ohniskovej vzdialenosti „f_{OB}“: $\boxed{\mathbf{S = D/f_{OB}}}$; ***(viď časť 4.1.-objektív).** Často sa svetelnosť vyjadruje pomocou tzv. čísla **F**, kde $\boxed{\mathbf{1/F = D/F_{OB}}}$.

Objektív s priemerom 100 mm a ohniskovou vzdialenosťou 1000 mm má svetelnosť S = 1:10 a jeho F číslo je 10. Keby ohnisková vzdialenosť objektívu bola iba 500 mm, potom jeho svetelnosť by bola S = 1:5 a jeho číslo F by bolo F = 5. Objektív s S = 1:5 má väčšiu svetelnosť ako S = 1:10. Objektív s F = 5 je svetelnejší ako s F = 10.

Svetelnosť ďalekohľadu je však širší pojem (ako svetelnosť objektívu), ktorý charakterizuje svetlosť (jas) obrazu videného v ďalekohľade. Je ***priamo závislá od veľkosti priemeru objektívu a nepriamo závislá od zväčšenia.*** Čím väčší je priemer objektívu (pri rovnakom zväčšení), tým je svetelnosť väčšia. Čím je väčšie zväčšenie (pri rovnakom objektíve), tým je menšia jeho svetelnosť.

Svetelnosť ďalekohľadu je ***schopnosť*** optickej sústavy ***prepustiť určité množstvo svetelných lúčov.*** Preto (aj keď priemer objektívu a zväčšenie sú rozhodujúcimi faktormi) svetelnosť ďalekohľadu závisí aj od radu ďalších druhotných faktorov. Sú to najmä počet optických členov, strata svetla absorpciou (pohltením) vo vnútri šošovky, odraz a rozptyl na plochách šošoviek a podobne. Na svetelnosť vplývajú čiastkovým podielom, ale vo výslednom súčte na ňu majú nezanedbateľný vplyv. Odstránením týchto strát svetla sa dosť podstatne zvýši svetelnosť ďalekohľadu. To sa uskutočňuje hlavne ***dobrou priepustnosťou*** kvalitného optického ***skla*** a kvalitnými ***antireflexnými vrstvami*** na povrchu šošoviek. Tieto faktory treba vážne brať do úvahy pri posudzovaní svetelnosti ďalekohľadu, napriek tomu, že sa nedajú len tak jednoducho vyjadriť nejakým matematickým vzťahom.

5.2.1: Iné svetelnosti

Výrobcovia udávajú aj iné parametre svetelnosti, avšak to sú iba teoretické údaje, ktoré so skutočnou svetelnosťou ďalekohľadov nemajú veľa spoločného. Sú uvádzané hlavne pri menších ďalekohľadoch.

- ***Relatívna svetelnosť(R_S)*** – často používaný parameter s teoretickou výpovednou hodnotou. Určuje sa ako druhá mocnina podielu priemeru objektívu a zväčšenia. $\boxed{\mathbf{R_S=(Z/D)^2}}$.
Ďalekohľad 10x50 má relatívnu svetelnosť 25; 7x50 má relatívnu svetelnosť 51.

Praktická poznámka č.41: Je to v podstate druhá mocnina prevrátenej hodnoty výstupnej pupily. Vo všeobecnosti platí, že čím je hodnota R_S väčšia, tým viac je ďalekohľad vhodnejší na pozorovanie za šera. Posudzuje výkonnosť rôznych ďalekohľadov za šera.

- ***Stmievací faktor*** (angl. Twilight factor) ***(S_F)*** – Určuje sa ako druhá odmocnina zo súčinu priemeru objektívu a zväčšenia. $\boxed{\mathbf{S_F = \sqrt{(D \times Z)}}}$. Ďalekohľady - 10x50 má S_F =22,4; 7; 7x50 má S_F =18,7 a 7x35 má S_F =15,7. Tento relatívny optický parameter umožňuje teoretické porovnávanie ďalekohľadov v horších svetelných podmienkach.

Praktická poznámka č.42: Hodnota S_F okolo 17 predstavuje minimum pre dostatočnú pozorovateľnosť za šera. Ďalekohľady s hodnotou pod 17 sú vhodné na turistiku, či pozorovanie počas dňa. Posudzuje sa výkonnosť rôznych ďalekohľadov na pozorovanie počas dňa.

Pri niektorých ďalekohľadoch z dovozu býva uvedená aj svetelnosť ako súčin priemeru objektívu a zväčšenia S = D x Z. V princípe je to isté ako S_F, ibaže si osobne myslím, že skôr išlo o problém vytlačiť symbol druhej odmocniny „√ “ , ako snahu zaviesť ďalší parameter svetelnosti ďalekohľadu.

- ***Prenosová funkcia:*** ***MTF*** (Modular Transfer Function) - Je snáď najobjektívnejším parametrom, podľa ktorého možno objektívne hodnotiť kvalitu ďalekohľadu. Vyjadruje schopnosť ďalekohľadu čo najvernejšie farebne, ostro, jasne a s dostatočným kontrastom zobraziť jemné detaily. Kvalitný ďalekohľad by mal nielen zväčšovať, ale zároveň aj presne zobraziť objekt so všetkými detailmi. (Toto je možné subjektívne zhodnotiť porovnaním viacerých ďalekohľadov rôznej kvality). Zrejme objektívnym parametrom je práve MTF – prenosová funkcia, ktorá udáva rozdiel kontrastu medzi tmavým a svetlým prechodom v % za rôznych svetelných podmienok a pri určitej rozlišovacej schopnosti. Posudzuje teda do akej miery sa obraz verne podobá na svoj originál.

5.2.2: Zisk svetla

Zdravé, mladé a adaptované oko na tmu môže dosiahnuť maximálny priemer zrenice 8 mm. Ak sa pozeráme ďalekohľadom, oko získava toľkokrát viac svetla, koľkokrát je plocha objektívu väčšia, než je plocha zrenice. Plocha zrenice je cca 0,5 cm^2. V nasledovnej tabuľke je uvedené, koľkokrát viac svetla dopadne do oka v závislosti od priemeru objektívu. D [mm] je priemer objektívu v mm, P [cm^2] je plocha objektívu v cm^2 a ZISK je zisk svetla, teda pomer plochy objektívu ku plochy zrenice, t.j. P/0,5.

	OKO	ĎALEKOHĽADY								
D [mm]	8	60	70	80	90	100	110	120	130	150
P [cm^2]	0,5	28,3	38,5	50,3	63,6	78,5	95	113,1	132,7	176,7
ZISK	1x	56,5x	77x	100,5x	127,2x	157,1x	190x	226,2x	265,5x	353,4x

Praktická poznámka č.43: Nakoľko pomer plochy objektívu ku plochy zrenice je zároveň aj pomerom intenzít svetla prijímaného ďalekohľadom a voľným okom, túto súvislosť môžeme vyjadriť aj vzťahom: $\boxed{\mathbf{I/I_0 = D^2_{OB}/D^2_{OKO}}}$, kde I je intenzita svetla sprostredkovaná ďalekohľadom, I_0 je intenzita svetla vnímaná okom, D_{OB} je priemer objektívu v mm a D_{OKO} je priemer zrenice v mm. Intenzita svetla sprostredkovaná ďalekohľadom je $\boxed{\mathbf{I = I_0 \text{ x } (D^2_{OB}/64)}}$, lebo priemer zrenice je 8 mm , t.j. D^2_{OKO}=64. Intenzitu svetla pri pozorovaní vašim ďalekohľadom si môžete vypočítať, ak si do tohto vzorca dosadíte priemer svojho ďalekohľadu a priemer vašej zrenice.

Na druhej strane sa však tu nepočíta so stratou svetla pri prechode ďalekohľadom. Napriek tomu posledný riadok z tabuľky (ZISK) sa môže interpretovať aj takto (viď tabuľku): Vďaka ďalekohľadu s priemerom objektívu 100 mm, nastavenú časť oblohy vnímam tak, ako keby som sa na ňu pozeral naraz 157 očami. ($I = I_0$ x 157,1).

► **Zisk na hviezdnych veľkostiach (zdanlivých jasností hviezd) (Δ^m) :** Hviezdna veľkosť nemá nič spoločné s veľkosťami hviezd, ale s ich jasnosťou, jasom, množstvom svetla vnímaným našimi očami. Jej jednotkou je **magnitúda,** ktorá sa označuje ***indexom*** **m.** Rozdiel jednej hviezdnej veľkosti (jednej magnitúdy) zodpovedá rozdielu jasností dvoch hviezd v pomere 1:2,5. Čím je jasnosť hviezdy menšia, tým je hodnota hviezdnej veľkosti väčšia.

Pre názornosť sú v nasledujúcej tabuľke uvedené hviezdne veľkosti, t.j. zdanlivé vizuálne jasnosti niektorých objektov.

Magnitúda	**Objekt**
- 26,75^m	Slnko
- 12,6^m	Mesiac v splne
- 6^m	Mesiac vo štvrti
- 4,6^m	Maximálna jasnosť Venuše
- 1,6^m	Sírius, najjasnejšia hviezda oblohy
0^m	Vega, jasná hviezda
~ +2^m	Hviezdy Veľkého voza
+ 3^m	Najslabšie hviezdy viditeľné z mesta
> + 6^m	Najslabšie hviezdy viditeľné voľným okom; (niektorí ľudia vidia aj slabšie hv.)
+ 12,6^m	Najjasnejší kvazar
+ 27^m	Najslabšie hviezdy pozorovateľné 8 metrovými pozemskými ďalekohľadmi
+ 30^m	Najslabšie hviezdy pozorovateľné Hubllovým vesmírnym ďalekohľadom

Čím väčší priemer má objektív ďalekohľadu, tým viac svetla sústreďuje a ***tým slabšie hviezdy sú potom cez neho viditeľné.*** V nasledovnej tabuľke je uvedené ako narastá zisk hviezdnych veľkostí (jasností) – v tab. označené ako Δ^m- prírastok mag. – v závislosti od priemeru objektívu v mm – v tab. označené ako D [mm].

D [mm]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Δ^m- prírastok mag.	0,5^m	2^m	2,8^m	3,5^m	4,0^m	4,4^m	4,7^m	5,0^m	5,3^m	5,5^m

110	120	130	140	200	300
5,7^m	5,9^m	6,1^m	6,2^m	7,0^m	7,8^m

Praktická poznámka č. 44: So zväčšovaním priemeru objektívu zisk na hviezdnych magnitúdach nenarastá lineárne. Napr. pri prechode z 1 cm ďalekohľadu na 2 cm uvidíte hviezdy o 1,5 magnitúdy slabšie. Pokiaľ by ste chceli zaznamenať taký istý výrazný skok v magnidúdach, museli by ste 10 cm ďalekohľad nahradiť až 20 cm. Pri veľkých priemeroch ďalším zväčšovaním priemerov objektívov zisky narastajú veľmi pomaly. Takouto hranicou je ďalekohľad s priemerom objektívu 10 cm.

► **Medzná hviezdna veľkosť (m_{min}):** - je to ***najslabšia*** (najmenej jasná) ***hviezda*** ktorú ***v ďalekohľade*** môžete spozorovať. Táto limitná hranica ***závisí od veľkosti*** priemeru ***objektívu***. Teoretickú hviezdnu veľkosť „m_{min}“ najslabšej hviezdy, ktorú je ešte možné zbadať v ďalekohľade s priemerom objektívu „D[mm]“ za optimálnych podmienok, je možné vypočítať podľa rovnice: $\boxed{m_{min} = 2{,}5 + 5 \log D}$. Výsledok vyjde v magnitúdach. Pomocou dnešných kalkulačiek je to jednoduchý výpočet, ktorý si môžete urobiť podľa parametrov vášho ďalekohľadu.
Medzné hviezdne veľkosti v závislosti od priemeru objektívu sú v nasledovnej tabuľke.

D [mm])	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
m_{min} [mag.]	7,5^m	9,0^m	9,9^m	10,5^m	11,0^m	11,4^m	11,7^m	12,0^m	12,3^m	12,5^m

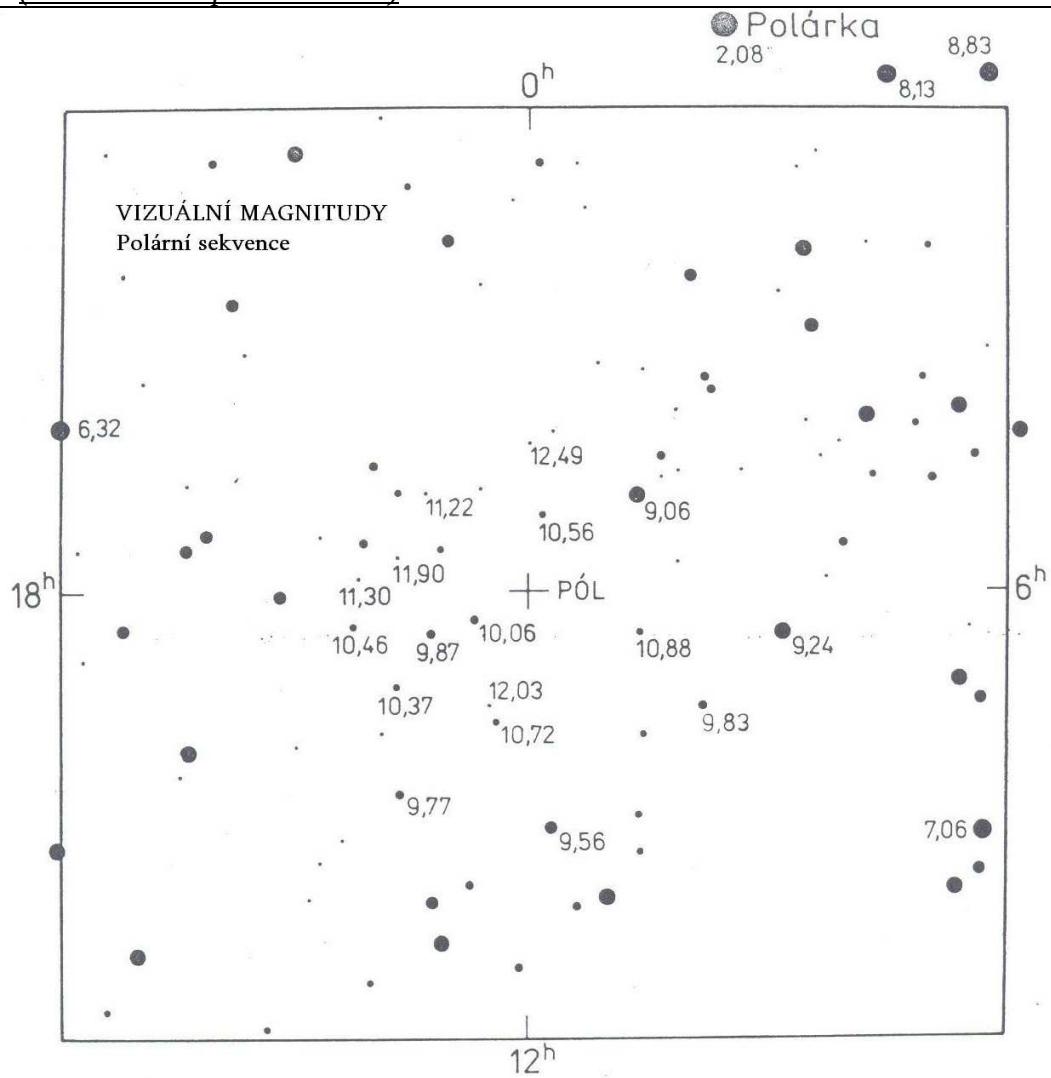
110	120	130	140	200	300
12,7^m	12,9^m	13,1^m	13,2^m	14,0^m	14,9^m

Tieto údaje sú teoretické pre ideálny ďalekohľad a preto sú trochu nadhodnotené. Viditeľnosť najslabších hviezd okom, ale aj ďalekohľadom, sa mení podľa aktuálnych pozorovacích podmienok. Zrejme bližšie k realite budú údaje podľa vzorca: $\mathbf{m_{min} = m_{oko} + 5 \log (D/10)}$, kde „m_{oko}“ je medzná hviezdna magnitúda viditeľná voľným okom a D je priemer ďalekohľadu v mm. Keď voľným okom vidíme najslabšiu hviezdu 6^m, potom: $\mathbf{m_{min} = 6 + 5\log (D/10)}$, čo je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

D [mm]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	200	300
m_{min} [mag.]	6^m	$7{,}5^m$	$8{,}3^m$	$9{,}0^m$	$9{,}5^m$	$9{,}9^m$	$10{,}2^m$	$10{,}5^m$	$10{,}8^m$	$11{,}0^m$	$11{,}2^m$	$11{,}4^m$	$11{,}6^m$	$11{,}7^m$	$12{,}5^m$	$13{,}4^m$

Svietiace body (hviezdy) ***sa v ďalekohľade javia vždy jasnejšie ako pri pozorovaní voľným*** okom, lebo nie sú zväčšené. Plošné objekty sú menej jasné, lebo sú zväčšené. Preto je možné vidieť hviezdy na oblohe aj cez deň (v závislosti od svetelnosti ďalekohľadu, ale aj tak, iba tie najjasnejšie). Obloha ako plošný objekt je menej jasná a hviezdy (bodové objekty) sú jasnejšie.

Praktická poznámka č.45: Ktorý vzorec je bližšie k realite, to môžete zhodnotiť pomocou svojho ďalekohľadu. Namierte ho na severný pól. V blízkosti je Polárka, ktorá počas celého roka nezapadá a u nás je vo výške asi 49°nad obzorom, takmer presne severným smerom. Podľa priloženej mapky, na ktorej sú udané jasnosti hviezd, môžete sa konkrétne dopracovať k medznej hviezdnej veľkosti. Navyše môžete vyskúšať aj bočné videnie . ***(viď Praktickú poznámku č.5)***



Praktická poznámka č.46: Pokiaľ patríte ku skúsenejším a trpezlivejším pozorovateľom, môžete sa pokúsiť nájsť Venušu na oblohe cez deň. Dá sa to urobiť iba vtedy, keď sa planéta nachádza v blízkosti svojich elongácií. Keď je Venuša v najväčšej východnej elongácii nachádza sa až asi 47° východne (vľavo) od Slnka. Je Večernicou. V najväčšej západnej elongácii sa Venuša nachádza tiež asi 47° od Slnka, ale západne (vpravo). Je Zorničkou.

Keď viete aktuálne súradnice Venuše a máte k dispozícii ďalekohľad na montáži s delenými kruhmi ***(viď slovníček)**, môžete v uvedenom období nájsť Venušu (možno aj) na prvý pokus. Keď takouto technikou nedisponujete, pokúste sa odhadnúť jej polohu na dennej oblohe a namierte na ňu ďalekohľad (zaostrený na nekonečno). Keď sa pozriete do ďalekohľadu a v ňom bude Venuša, máte veľmi dobrý odhad, alebo oveľa pravdepodobnejšie máte veľké šťastie. Keď v zornom poli ďalekohľadu nemáte nič, patríte k drvivej väčšine normálnych ľudí a šťastie treba nahradiť obrovskou trpezlivosťou. Jemne a pomaly pohybujte ďalekohľadom systematicky po oblohe okolo predpokladanej polohy Venuše dovtedy, dokiaľ sa v zornom poli neobjaví kosáčik Venuše. Pozor (!!), takéto pozorovania nikdy nerobte, keď sa Venuša na dennej oblohe nachádza v blízkosti Slnka. Pri systematickom skenovaní oblohy sa nechtiac môžete dostať až na Slnko a oči taký pohľad nevydržia. Takéto pozorovania patria k tzv. exotickým pozorovaniam. Veď málokto hľadá jasné objekty - spravidla nočnej oblohy - už cez deň.

Pri výborných pozorovacích podmienkach ďalekohľad s priemerom 10 cm môže zachytiť jasné hviezdy až do $+2^m$. (Nepomýliť si ich s Venušou, tá je oveľa jasnejšia a je vo fáze). Naopak, na pozorovanie plošných kotúčikov planét (Mars, Jupiter, Saturn) počas dňa máte omnoho menšiu nádej. Ich kotúčiky ďalekohľad zväčší a ich jas sa rozdelí do určitej plochy. Dokonca i užší kosáčik Mesiaca možno cez deň pozorovať ďalekohľadom len veľmi ťažko. (Jas zväčšených plošných objektov sa takmer rovná jasu oblohy v ďalekohľade).

5.3: Rozlišovacia schopnosť ďalekohľadu.(d“)

- je schopnosť ďalekohľadu ***rozlíšiť dva blízke body*** pozorovaného objektu, napr. hviezdy v dvojhviezdnom systéme.

V dôsledku ohybu svetla pri obrube (na okraji) objektívu sa hviezda v ohnisku nezobrazí ako bod, ale ako ***ohybový krúžok*** obklopený niekoľkými striedavo tmavými a svetlými prstencami, ktorých intenzity rýchle slabnú so vzdialenosťou od krúžku. Aby bolo možné rozlíšiť dva blízke krúžky, musí stred jedného padnúť do prvého tmavého prstenca. Túto minimálnu vzdialenosť nazývame rozlišovacou schopnosťou ďalekohľadu a meriame ju v uhlovej miere. Dve blízke hviezdy od seba rozlíšime ako dvojicu, ak sú od seba vzdialené minimálne o uhol „d“ „ , ktorý je určený vzťahom: **d“ = 1220 . λ/D . 206 265“** , kde λ je vlnová dĺžka svetla (v m), D je priemer objektívu v mm a číslo je počet sekúnd v radiáne (výsledok vyjde v oblúkových sekundách). Rozlišovacia schopnosť ďalekohľadu ***závisí od farby svetla a priemeru objektívu***. Znamená to, že dve blízke modré hviezdy odlíšime od seba skôr, ako také isté červené hviezdy.

Z praktických dôvodov sa za vlnovú dĺžku dosadzuje vlnová dĺžka stredu spektra optického svetla a potom pre viditeľnú časť svetla dostávame ***maximálnu teoretickú rozlišovaciu schopnosť*** ďalekohľadu ako:

d“ = 114“/D, (D – priemer objektívu v mm).Tento uhol sa nazýva aj ***Dawesova medza.***

Zväčšovaním priemeru objektívu sa zmenšujú ohybové krúžky (viď obr. vyššie), - dve hviezdy sa postupne od seba oddelia – a rozlišovacia schopnosť sa zväčšuje (zlepšuje).

V nasledovnej tabuľke je uvedená teoretická maximálna rozlišovacia schopnosť ďalekohľadu v závislosti od priemeru jeho objektívu.

d“ = 114/D[mm]

D[mm]	40	50	60	70	80	90	100	114	120	130	140	200	300
d“	2,9“	2,3“	1,9“	1,6“	1,4“	1,3“	1,1“	1“	0,95“	0,9“	0,9“	0,6“	0,4“

Nutnou podmienkou však je, aby boli dosahované dostatočne veľké zväčšenia – okolo optimálneho (Z_O=1,4D)******(pozri aj 5.1.2.-Druhy zväčšenia)*. Ku teoretickej hodnote rozlišovacej schopnosti sa môžeme priblížiť iba počas veľmi dobrých pozorovacích podmienok (pokojný vzduch). Pri ešte väčších zväčšeniach asi Z_M=2,5D , je vhodnejší vzťah:

d“ = 138/D[mm] .

D[mm]	40	50	60	70	80	90	100	114	120	130	140	200	300
d“	3,5“	2,8“	2,3“	2,0“	1,8“	1,5“	1,4“	1,2“	1,1“	1,0“	1“	0,7“	0,5“

Praktická poznámka č. 47: Toto sú teoretické maximálne rozlišovacie schopnosti, aká maximálna kvalita z ďalekohľadu môže vyjsť. Asi takéto parametre by vykazoval ideálny ďalekohľad s matematicky ideálnou optikou, umiestnený na družici obiehajúcej nad zemskou atmosférou. Hviezdy (svietiace body) by sa zobrazovali ako krúžky s rozmerom d“=114/D.

V praxi však do hry vstupuje aj atmosféra. Jej neustále prúdenie a vírenie spôsobuje, že rozlišovacia schopnosť sa nedá zvyšovať ľubovoľne. ***Nepokoj atmosféry***, a to aj za veľmi dobrých pozorovacích podmienok, ***znižuje rozlišovaciu schopnosť*** ďalekohľadu (aj keď teoreticky má na viac) ***na hodnotu okolo 1“***.

Druhým obmedzovacím faktorom je rozlišovacia schopnosť záznamového média, ktoré výstup z ďalekohľadu spracováva (film, CCD- kamera, oko). Pri vizuálnych pozorovaniach takýmto médiom je ľudské oko. Pri dennom videní jeho maximálna rozlišovacia schopnosť je (teoreticky) 1“. V noci (keď žltá škvrna takmer nepracuje), reálna rozlišovacia schopnosť nášho oka je 160“. S prihliadnutím na reálne zväčšenie (Z) ďalekohľadu a rozlišovacej schopnosti oka, reálne hodnoty rozlišovacej schopnosti ďalekohľadu sú dané vzťahom:

d“=160“/Z .

Z	20x	45x	100x	135x	150x	225x	375x
d“	8“	3,6“	1,6“	1,2“	1,1“	0,7“	0,4“

Praktická poznámka č.48: V prípade, že nejakým spôsobom zistíte skutočnú hodnotu rozlišovacej schopnosti vášho oka, do vyššie uvedeného vzorca namiesto „160“ dosaďte vašu hodnotu. V skutočnosti pri vizuálnom pozorovaní veľa možností na zvýšenie rozlišovacej schopnosti ďalekohľadu nie je. Obmedzujúce faktory: atmosféra (1“), oko (160“), optimálne zväčšenie (150x) smerujú k tomu, že pri vynikajúcich pozorovacích podmienkach je schopný tieto kritéria splniť aj ďalekohľad s priemerom objektívu 114 mm (d“=114“/114 = 1“; Z_O=1,4D = 160x; d“=160/Z = 1“; limit atmosféry tiež 1“)

Ďalekohľad nám umožňuje rozlíšiť dva blízke body, ktoré by voľnému oku splynuli. Preto ním môžeme rozoznať rôzne podrobnosti na Mesiaci, planétach a pod.

Teoreticky najmenšie podrobnosti viditeľné na Mesiaci závisia od priemeru objektívu

Priemer objektívu [mm]	Rozlišovacia schopnosť [“]	Najmenšie viditeľné detaily
50	2,2	4,2 km
100	1,1	2,0 km
150	0,7	1,4 km
200	0,5	1,0 km

Štyri najväčšie Mesiace Jupitera

Mesiac	Zdanlivý priemer		Zdanlivá jasnosť	
	Priemerný	*v Jup. opoz.	Priemerná	*v Jup. opoz.
Io	1,05“	1,25“	+5,43 ^{m}	+4,9 ^{m}
Európa	0,87“	1,07“	+5,57 ^{m}	+5,1 ^{m}
Ganymedes	1,52“	1,80“	+5,07 ^{m}	+4,5 ^{m}
Callisto	1,43“	1,64“	+6,11 ^{m}	+5,5 ^{m}

***** Opozícia Jupitera 14.8.2009

Saturn	Zdanlivý rozmer vonkajší	vnútorný
A vonkajší prstenec	39,97“	34,60“
B hlavný prstenec	33,67“	25,93“
C vnútorný	-	20,43“
Rovníkový priemer	17,24“	
Polárny priemer	15,49“	

5.4: Zorné pole ďalekohľadu (z_P)

- je kruhová oblasť oblohy, ktorú je možné vidieť v ďalekohľade. Parameter – veľkosť zorného poľa, sa udáva ***uhlovým priemerom oblasti, ktorú si môžeme v ďalekohľade prezrieť naraz .*** Väčšinou sa udáva v stupňoch, resp. minútach.

Výrobcovia (hlavne pri tých menších ďalekohľadoch) v snahe o čo najlepšiu názornosť informujú, aký v skutočnosti je dlhý terén zaberajúci celý priemer zorného poľa, keď je pozorovaný zo vzdialenosti 1000 m. Tento parameter udávajú vo forme zlomku. Napr. zápis (z angl.: field of view) FOV = 140/1000 znamená, že pozorované pole (ktoré je v skutočnosti) 140 m široké, zaplní celé zorné pole ďalekohľadu, keď je pozorované zo vzdialenosti 1000 m. V tomto prípade by to znamenalo, že jeho zorné pole je 8°.

Praktická poznámka č. 49: Pri dovoze z Anglicka by to bolo vyjadrené pomocou stôp: 1 ft = 0,3048 m, resp. yardov: 1 yd = 3 ft = 0,9144 m a to v tvare FOV = 420 ft/ 1000 yds. (Pomôcka: v prípade označenia zorného poľa v stupňoch, potom 1° = 52 ft/1000 yds, alebo 17 m/ 1000 m.)

Veľkosť zorného poľa ďalekohľadu „z_p“ sa rovná približne zornému poľu okulára „z_{ok}“ deleného zväčšením ďalekohľadu „Z“, t.j. $\boxed{z_p = z_{ok} / Z}$.

Zorné pole ďalekohľadu ***je tým väčšie, čím väčšie je zorné pole okulára***. ***Čím väčšie*** bude ***zväčšenie*** ďalekohľadu, ***tým menšie*** bude jeho ***zorné pole***. Širšie zorné pole je praktickejšie, lebo v ňom sa dá ľahšie orientovať. Preto výrobcovia sa snažia vyrábať širokouhlé okuláre tak, aby obraz v jeho poli bol vykreslený čo najlepšie.

Z praktických dôvodov je dobré vedieť aké veľké je zorné pole ďalekohľadu, pri danom zväčšení (t.j. aj okulári). Napríklad ak viete, že pri danom zväčšení je zorné pole 1° a v ďalekohľade máte objekt ktorý vypĺňa asi štvrtinu zorného poľa, potom jeho rozmer bude 1/4°, resp. 15´. Alebo keď dve hviezdy sú od seba vzdialené 2°, tie sa do zorného poľa

ďalekohľadu nezmestia. Buď treba prejsť na menšie zväčšenie (zorné pole sa zväčší), alebo posunúť sa od jednej hviezdy k druhej asi o dve zorné polia.

Praktická poznámka č.50: Pomerne presne a jednoducho si určite priemer skutočného zorného poľa, ktoré ste dosiahli pri použití daného okulára, aj sami. Vyhľadajte si nejakú hviezdu nad juhom v blízkosti rovníka. (Na hviezdnych mapách je zakreslený priemet zemského rovníka na oblohu) Je to dôležité, lebo tam sa hviezdy zdanlivo pohybujú rýchlosťou 15° za hodinu. Nastavte si hviezdu na okraj zorného poľa. Pri nehybnom ďalekohľade odmerajte čas, za aký prejde hviezda od jedného okraja zorného poľa k druhému (naprieč priemerom zorného poľa – t.j. orientovať ďalekohľad tak, aby hviezda prešla stredom poľa, aby dráha hviezdy bola priemerom a nie sečnicou zorného poľa). Potom zistený čas „t“ vynásobte „15“. $\boxed{Z_p = 15 \,.\, t}$. Pokiaľ čas dosadíte v minútach (sekundách), veľkosť poľa vyjde v uhlových minútach (sekundách), ktoré môžete premeniť na stupne (1° = 60´ = 3600“). Napríklad, keď hviezda prešla zorným poľom za 5 minút, potom z_p = 15 x 5 = 75´, t.j. 1° a 15´, t.j. 1 ¼°.

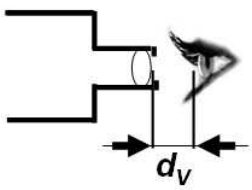
- Zorné pole okulára (z_{ok}): Zväčšenie ďalekohľadu (Z) pri použití daného okulára je vždy známe. Vyššie popísaným spôsobom zistíte zorné pole ďalekohľadu (z_p) pri použití tohto okuláru. Veľkosť zorného poľa použitého okulára sa dá vypočítať zo vzťahu: $\boxed{z_{ok} = z_p \,.\, Z}$. Tak môžete zistiť, alebo si overiť veľkosť zorného poľa ľubovoľného okulára. Napr. pri vyššie uvedenom príklade bolo zväčšenie ďalekohľadu 40 násobné a pozorovaním ste zistili, že zorné pole ďalekohľadu bolo 1,25°. Potom z_{ok} = 1,25°x 40 = 50°.

5.5: Poloha výstupnej pupily(d_V), to isté aj vzdialenosť výstupnej pupily,

(angl. : Eye Relief – v návodoch častokrát nesprávne prekladaný ako **očný reliéf)**

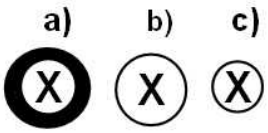
- je to ***vzdialenosť medzi*** vonkajšou plochou ***očnej šošovky okulára a rohovkou*** (resp. zrenicou) ***oka*** pozorovateľa. Táto vzdialenosť je dôležitá preto, lebo do toho miesta musíme umiestniť oko, aby sme pohodlne videli celý obraz v zornom poli okulára ďalekohľadu.

POLOHA (VZDIALENOSŤ) VÝSTUPNEJ PUPILY - d_V
(angl. eye relief = očný reliéf)



Ak by ste oko dali bližšie k okuláru, potom by ste videli stred zorného poľa s tmavým okrajom (ako keby obraz bol v čiernej kružnici). Ak by ste oko vzdialili od okulára na väčšiu vzdialenosť než je vzdialenosť výstupnej pupily, potom by ste videli iba časť zorného poľa (ako keby ste sa pozerali do záhrady cez dieru v plote).

VZDIALENOSŤ VÝSTUPNEJ PUPILY - d_V
Obraz v okulári



a) oko je bližšie ako d_V
b) oko je vo vzdialenosti d_V
c) oko je ďalej ako d_V

Praktická poznámka č.51: Polohu výstupnej pupily určíme najjednoduchšie tak, že pri ďalekohľade zaostrenom na nekonečno a obrátenom oproti jasnej oblohe sledujeme projekciu jasného objektu (Mesiac) na kúsku papiera (pauzáka). Zaznamenáme v akej vzdialenosti od očnej šošovky okulára sa nám objaví ostrý obraz kruhovej plôšky výstupnej pupily. Táto vzdialenosť je vlastne polohou výstupnej pupily.

Bežná vzdialenosť výstupnej pupily ***je 9 – 13 mm***. Pre komfortné pozorovanie s okuliarmi by mala byť asi 16 mm. Vo všeobecnosti platí, že pohodlnejšie sa pozerá pri väčšej vzdialenosti výstupnej pupily. Pri kratšej, pozorovanie je nepohodlné a namáhavé.

Vzdialenosť výstupnej pupily sa mení v závislosti od objektívu v ďalekohľade. ***Čím dlhšia je ohnisková vzdialenosť objektívu, tým kratšia je vzdialenosť výstupnej pupily***. Preto, ak ten istý okulár budeme vkladať do rôznych ďalekohľadov, jeho poloha výstupnej pupily bude rozdielna. Vzdialenosť výstupnej pupily sa ***so stúpajúcim zväčšovaním skracuje***. Preto ak do toho istého ďalekohľadu vkladáte rôzne okuláre (toho istého konštrukčného typu) najkratšiu výstupnú pupilu bude mať ten okulár, ktorým dosiahnete najväčšie zväčšenie.

Praktická poznámka č.52: Pri veľkých zväčšeniach je potrebné sústredenejšie sa približovať okom k okuláru. Výstupná pupila je príliš tenká (má malý priemer, prierez) a jej poloha je veľmi blízko pri okulári. Preto oko treba mať takmer „nalepené“ na okulár.

Aby bolo možné porovnávať okuláre i z hľadiska ich polôh výstupných pupíl, výrobcovia udávajú ďalšiu charakteristiku okulára, tzv. vzdialenosť ohniskovej roviny okulára od vonkajšej plochy očnej šošovky. Najčastejšie ju udávajú vo forme percent ich ohniskových vzdialeností. (Pri Huygensových a Ramsdenových je to 25%, Kellnerových asi 45%, ortoskopických 80% a monocentrických asi 85% z ich ohniskových vzdialeností) Ak k tejto hodnote pripočítate hodnotu „e“, dostávate vzdialenosť výstupnej pupily daného okulára. Číselná hodnota „e“ sa rovná: $\mathbf{e = f^2_{OK} / f_{OB}}$, teda závisí od ohniskovej vzdialenosti konkrétneho ďalekohľadu.

Praktická poznámka č.53: Najlepšie je to uviesť na príklade: Mám dva okuláre, prvý s f_{OK} = 25 mm a druhý s f_{OK} = 10 mm. U oboch výrobca udal, že ich vzdialenosť ohniskovej roviny od vonkajšej plochy očnej šošovky je 50% z f_{OK}. Pri prvom okulári je to teda 12,5 mm, pri druhom 5 mm. Pretože vlastním metrový ďalekohľad, t.j. f_{OB} = 1000 mm, môžem vypočítať aj hodnotu „e“; $e_1 = 25^2 / 1000 \cong 0{,}6$ mm; $e_2 = 10^2 / 1000 = 0{,}1$ mm.
Vzdialenosť výstupnej pupily prvého okulára je: $d_V = 12{,}5 + 0{,}6 = 13{,}1$ mm , druhého je $d_V = 5 + 0{,}1 = 5{,}1$ mm .
Pri pozorovaní prvým okulárom musím umiestniť oko do vzdialenosti 13,1 mm od okulára, pri druhom iba 5,1 mm.

5.6: Najkratšia ostriaca vzdialenosť

- je to najkratšia vzdialenosť, na ktorú je možné zaostriť ďalekohľad. Čím je ďalekohľad väčší a výkonnejší, tým viac sa táto vzdialenosť predlžuje. Astronomickým ďalekohľadom nezaostríte na blízke predmety, napr. vo vzdialenosti 3m.

Praktická poznámka č.54: Túto vzdialenosť si môžete zistiť aj sami. Postupne nastavujte do ďalekohľadu predmety z okolitého terénu, vždy z bližšej a bližšej vzdialenosti. Vzdialenosť pri ktorej sa ďalekohľad už nedá zaostriť, je najkratšou ostriacou vzdialenosťou, ktorú si môžete odmerať. Skúste zistiť, či tieto limitné vzdialenosti budú rôzne pri rôznych zväčšeniach (t.j. okulároch).

5.7: Obrazy v primárnom ohnisku

5.7.1: Veľkosť obrazu v primárnom ohnisku ďalekohľadu (d_{mm})

Majitelia ďalekohľadov pri svojich experimentoch sa často dopracujú ku otázke: Aké skutočné rozmery má obraz pozorovaného objektu v primárnom ohnisku objektívu? Veľkosť obrazu objektu „d_{mm}“ v milimetroch je možné vypočítať podľa vzorca: $\mathbf{d_{mm} = \alpha \,.\, f_{OB} / 57{,}°2958}$, pričom „α“ je uhlový rozmer pozorovaného objektu na oblohe vyjadrený v stupňoch a „f_{OB}“ je ohnisková vzdialenosť objektívu v mm. Pokiaľ nemáte odpor ku goniometrickým funkciám,

tento vzorček sa dá napísať aj v jednoduchšej forme: $\boxed{d_{mm} = f_{OB} \cdot tg\alpha}$, kde α a f_{OB} znamenajú to isté ako v predchádzajúcom vzorci.

Objekt v primárnom ohnisku ďalekohľadu ***bude tým väčší, čím dlhšia bude ohnisková vzdialenosť objektívu.***

V nasledujúcej tabuľke je uvedené do koľkých milimetrov sa v ohniskovej rovine objektívu zobrazí 1°na oblohe „1°->mm“, v závislosti od ohniskovej vzdialenosti objektívu „f_{OB}“ v mm.

f_{OB} [mm]	50	100	150	200	300	500	1000	2000	2250
1°->mm	0,9	1,7	2,6	3,5	5,2	8,7	17,5	34,9	39,3

Nasledujúca tabuľka je opačným pohľadom na vec. Určuje koľko oblúkových minút na oblohe znamená 1 mm obrazu v ohniskovej rovine objektívu -1mm->( )´-, v závislosti od ohniskovej vzdialenosti objektívu – f_{OB} - .

f_{OB} [mm]	50	100	150	200	300	500	1000	2000	2250
1mm->( )´	68,6	34,3	22,9	17,2	11,4	6,9	3,4	1,7	1,5

Slnko, Mesiac vidíme na oblohe pod uhlom 0,52° (priemerne). Ich rozmer (priemer v mm) v primárnom ohnisku ďalekohľadu (v ohniskovej rovine objektívu) „☼,☺->mm“ tiež rastie úmerne s ohniskovou vzdialenosťou objektívu „f_{OB}“.

f_{OB} (mm)	50	100	200	500	600	700	800	900	1000
☼,☺->mm	0,5	0,9	1,8	4,5	5,4	6,4	7,2	8,2	9,1

1200	1400	1600	1800	2000	2250
10,9	12,7	14,5	16,3	18,2	20,4

Praktická poznámka č.55: Z poslednej tabuľky je vidieť, že keby ste chceli fotografovať zatmenie Mesiaca fotoaparátom, ktorých ohnisková vzdialenosť objektívov sa pohybuje v intervale 50 -100 mm, na filme (či inom záznamovom médiu) by sa Mesiac zobrazil ako kotúčik s priemerom menším ako 1 mm. Pokiaľ by ste z ďalekohľadu vybrali okulár a na jeho miesto (zrejme pomocou nejakej redukcii) upevnili fotoaparát bez objektívu, bolo by to už iné. V ďalekohľade s ohniskovou vzdialenosťou 1 meter by Mesiac v primárnom ohnisku mal priemer takmer 1 cm.
Priemer obrazu Slnka, či Mesiaca „d_{mm}*“ v primárnom ohnisku sa dá vypočítať aj podľa vzorca: $\boxed{d_{mm}^* = 2 \cdot f_{OB} \cdot 0{,}00465}$, teda pri zaokrúhlení sa rovná ohniskovej vzdialenosti objektívu „f_{OB}“, vynásobenej číslom 0,009: $\boxed{d_{mm}^* = 0{,}009 \cdot f_{OB}}$ – všetko v mm.
Zjednodušene, pre rýchlu orientáciu – premietnutý obraz oboch telies má v ohnisku priemer približne: ***1/100 . f_{OB}***.

5.7.2: Pohyb obrazu v primárnom ohnisku nepohyblivého ďalekohľadu

V prípade statického ďalekohľadu sa obraz v primárnom ohnisku pohybuje. Je ho možné sfotografovať tak, aby fotografia nebola rozostrená z dôvodu pohybu?

Pri fotografovaní vesmírnych objektov musíme brať do úvahy ich zdanlivý ***pohyb spôsobený rotáciou Zeme***, ktorý v oblasti rovníka ***predstavuje*** posun ***0,004° za 1s, čiže 15“/ s*** . Ďalší parameter, ktorý je potrebné brať do úvahy je ***neostrosť negatívu*** (alebo iného záznamového média), ktorá by nemala byť väčšia ako ***0,02 – 0,05 mm***. Teda, aby výsledná fotografia bola ostrá, objekty na filme sa nesmú pohnúť viac, ako uvedená norma.

Posunutie obrazu v mm „P_{mm}“ v ohniskovej rovine objektívu za 1 sekundu činí:
$\boxed{P_{mm} = 0{,}004 \cdot f_{OB} / 57{,}°2928}$, kde f_{OB} je ohnisková vzdialenosť objektívu v mm. ***Čím väčšia*** bude ***ohnisková vzdialenosť objektívu***, ***tým rýchlejšie sa bude pohybovať obraz objektu*** nachádzajúci sa v primárnom ohnisku ďalekohľadu. Keď chceme aby sa obraz v dôsledku

pohybu nerozostril, je potrebné voliť taký expozičný čas, aby sa obraz počas neho nepohol viac ako 0,02 – 0,05 mm. Z toho vyplýva, že na jednotlivé ohniskové vzdialenosti objektívov „f_{OB}“, by sme pri nepohyblivom ďalekohľade mohli použiť ako najdlhšie tie expozície, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

f_{OB} [mm]	P_{mm} [mm]	Prijateľná exp. doba [s]
500	0,03	0,7 – 1,7 s
1000	0,07	0,3 – 0,7 s
1500	0,10	0,2 – 0,5 s
2000	0,14	0,1 – 0,4 s
2500	0,17	0,1 – 0,3 s
3000	0,21	0,1 – 0,2 s
50	0,0035	5,7 – 14,3 s

Praktická poznámka č.56: Z posledného riadku tabuľky je zrejmé, že pri 10s expozícii fotoaparátom, hviezdy ostanú bodmi. Pri použití nepohyblivého ďalekohľadu sú expozičné doby pomerne krátke na to, aby sa dostatočne naexponovali menej jasné objekty. Na to je potrebný ďalekohľad na paralaktickej montáži s motorovým pohonom, ktorý posúva ďalekohľad za objektmi na oblohe - tzv. ***pointácia*** – čím nastavené objekty v zornom poli ostávajú na tom istom mieste.

Tabuľka je prepočítaná na najkritickejšiu situáciu, teda na fotografovanie oblohy v oblasti rovníka. Smerom bližšie k Polárke obvodová rýchlosť objektov oblohy je menšia, takže expozičné časy môžu byť dlhšie. Astrofotografia presahuje rozsah tejto príručky, preto táto problematika ďalej nie je rozoberaná.

6. Pozorovanie Slnka ďalekohľadom.

Pri nočných pozorovaniach pozorovateľ zápasí s nedostatkom svetla, pri denných zase s jeho prebytkom. Skúste z ďalekohľadu vybrať okulár, ďalekohľad namieriť na Slnko a na okamih do ohniska objektívu vložiť svoju dlaň. Zrejme každý to skúšal s oveľa menšou lupou, takže výsledok si vie predstaviť. Napriek tomu Slnko sa dá pozorovať ďalekohľadom, a to až dvojakým spôsobom.

6.1: Pozorovanie Slnka projekčnou metódou.

Princíp je jednoduchý. Cez ďalekohľad si premietneme obraz Slnka na hárok bieleho papiera (projekčnú plochu), nachádzajúcim sa za okulárom. Ono sa to ľahko povie, ale ťažšie urobí. Už iba namieriť ďalekohľad na Slnko je problém, lebo do ďalekohľadu sa nesmieme pozrieť. Pri určitej zručnosti a praxi sa to dá ľahko. Pri mierení ďalekohľadom treba sledovať jeho tieň. Keď tieň tubusu bude kruhom, Slnko je v zornom poli ďalekohľadu. Vtedy sa na projekčnej ploche objaví svetlejšie kruhové pole s intenzívnou svetlou škvrnou uprostred. Metódou pokusov a omylov, t.j. vzďaľovaním a približovaním projekčnej plochy, s následným pokusným zaostrovaním, sa môžeme dopracovať k obrazu Slnka. Ale aby ste sa dlho netrápili, pomôže nasledovná úvaha.

Ak je ďalekohľad zaostrený na nekonečno (napr. na Mesiac), svetelné lúče prichádzajúce od Slnka opúšťajú okulár v podobe rovnobežného zväzku. Obraz Slnka sa za takýchto okolností na projekčnej ploche nedá zachytiť.

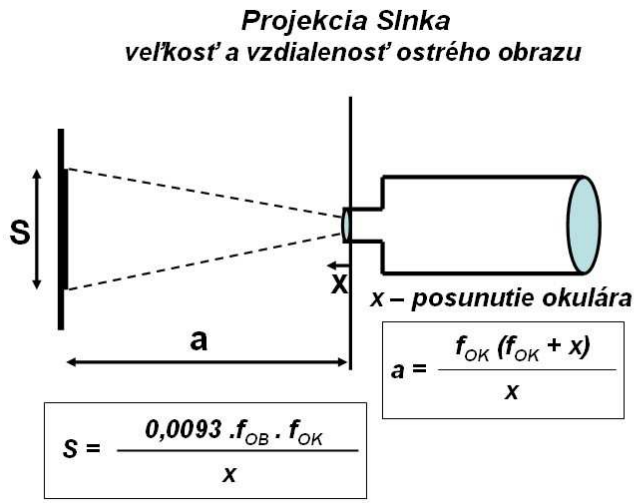
Ak ***okulár*** trošíčka (iba milimetre) ***vysunieme von***, tým zväčšíme jeho vzdialenosť od objektívu, lúče svetla ktoré teraz vystupujú z okulára sa budú viac, alebo menej rozbiehať na bielej projekčnej ploche. Keď tá bude vo vhodnej vzdialenosti, môžeme získať dokonalý obraz Slnka. Treba iba plynulo meniť vzdialenosť papiera od okulára a výsledok sa dostaví.

Keď teraz budeme ***zväčšovať vzdialenosť medzi projekčnou plochou a okulárom***, bude sa ***zväčšovať aj obraz Slnka***. Treba ho však doostrovať vsúvaním okulára smerom dnu, k objektívu. ***Jas obrazu Slnka spolu s jeho zväčšovaním bude neustále klesať***.

Opačne, ***približovaním projekčnej plochy k okuláru sa zmenšuje priemer obrazu Slnka a zároveň stúpa jeho jas***. V tomto prípade zaostrujeme vysúvaním okulára smerom von, ďalej od objektívu.

Okulár tu plní funkciu malého objektívu, ktorý premieta obraz Slnka, vytvoreného v ohnisku objektívu ďalekohľadu. Preto, keď ho vysunieme z polohy – zaostrené na nekonečno – smerom von o „x“ mm, dá sa vypočítať v akej vzdialenosti „a“ projekčnej plochy od okulára bude obraz Slnka ostrý a aj to, aký veľký bude priemer „S“ obrazu Slnka na projekčnej ploche.

Vzdialenosť „a“ (v mm) projekčnej plochy od okulára pri ktorej obraz Slnka bude ostrý vypočítame podľa vzťahu:



$\boxed{a = f_{OK} . (f_{OK} + x) / x}$, kde f_{OK} je ohnisková vzdialenosť okulára v mm a „x“ je veľkosť vysunutia okulára smerom von (v mm), od polohy – zaostrené na nekonečno.

Priemer „S“ (v mm) ostrého obrazu Slnka na projekčnej ploche vypočítame podľa vzťahu:

$\boxed{S = 0{,}0093 . f_{OB} . f_{OK} / x}$

, kde f_{OB} je ohnisková vzdialenosť objektívu, f_{OK} je ohnisková vzdialenosť okulára a x je vysunutie okulára – všetko v mm. (Len tak na okraj – súčin: 0,0093 . f_{OB} - je vlastne skutočným priemerom Slnka v primárnom ohnisku ďalekohľadu – viď: d_{mm}* = 2 . f_{OB} . 0,00465) .

Teraz namiesto metódy pokusov a omylov, viete si vypočítať (podľa parametrov vášho ďalekohľadu) kde máte hľadať a aký veľký, zaostrený obraz premietnutého Slnka.

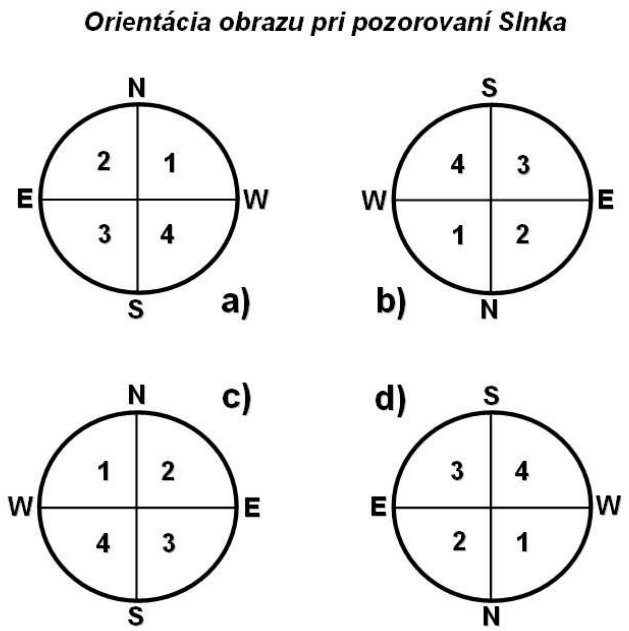
Praktická poznámka č.57 : Pre názornosť opäť si to môžeme prepočítať na príklade nášho hypotetického ďalekohľadu s ohniskom objektívu f_{OB} = 1000 mm, okulárom s f_{OK} = 25 mm a jeho vysunutím smerom von o 2 mm od polohy zaostrené na nekonečno, x = 2mm. Teda: a = 25 . (25 + 2) / 2 = 675/2 = 337,5mm ≅ 33,8 cm;
S = (0,0093 . 1000 . 25) / 2 = 232,5/2 = 116,25mm ≅ 11,6cm;
Keď vysuniem okulár smerom von o 2 mm, na projekčnej ploche vo vzdialenosti 33,8cm dostávam ostrý obraz Slnka s priemerom 11,6cm.

Praktická poznámka č.58: Nakoľko vzorce vyjadrujú vzťah medzi rôznymi veličinami môžete ich využívať rôznym (aj opačným) spôsobom. Napríklad chcete aby priemer obrazu Slnka na projekčnej ploche bol 150mm. Túto vašu tvrdohlavosť si môžete dovoliť. Do vzorca na výpočet „S“ dosadíte namiesto „S“ hodnotu 150. Nakoľko hodnoty f_{OK} a f_{OB} sú známe hodnotu „x“ vypočítate ako neznámu z rovnice. Vypočítané vysunutie okuláru dosadíte do druhej rovnice a vypočítate „a“ – vzdialenosť papiera od okulára. A takto môžete „točiť so vzorčekmi“ podľa vašej potreby. (nielen pri týchto, ale aj iných vzorcoch)

Praktická poznámka č.59: Viete, že pri tomto našom hypotetickom ďalekohľade: 100/1000, s okulármi f_{OK} = 25 mm a f_{OK} = 10 mm s ich (samostatne zistenými, keď to neuviedol výrobca) ◙ zornými poľami 50°si viete vypočítať: ◙ zväčšenie (Z_1 = 40x; Z_2 = 100x); ◙ svetelnosť objektívu (S = 1:10); ◙ zorné pole objektívu (Z_O = 5,7°); ◙ vstupnú pupilu (P = 100mm); ◙ priemery výstupných pupíl (p_1 = 2,5 mm, p_2 = 1 mm); ◙ že v ďalekohľade vidíte Mesiac ako keby bol vzdialený 9 610 resp. 3 844 km; ◙ že Z_1 je medzi normálnym a stredným zväčšením a Z_2 medzi stredným a optimálnym zväčšením; ◙ relatívne svetelnosti ďalekohľadu (R_{S1} = 6,25 a R_{S2} = 1); ◙ stmievacie faktory (S_{F1} = 63,2 a S_{F2} = 100); ◙ zisk svetla (I = I_0 x 157-očí); ◙ teoretickú medznú veľkosť (m_{min} $11{,}0^m$ až $12{,}5^m$); ◙ teoretickú rozlišovaciu schopnosť ďalekohľadu (d“ = 1,1´) a ◙ reálnu pri zväčšeniach ($d“_1$ = 4“ a $d“_2$ = 1,6“); ◙ zorné polia pri zväčšeniach (z_{p1} = 1,25° a z_{p2} = 0,5°); ◙ umiestnenie oka (pri 50% f_{OK}) d_{V1} = 5,1 mm a d_{V2} = 13,1 mm za okulármi; ◙ skutočný priemer Slnka, či Mesiaca v primárnom ohnisku d_{mm}* ≅ 9,1 mm; ◙ že obraz v primárnom ohnisku sa za 1s pohne P_{mm} = 0,07 mm –> prijateľné expozičné doby 0,3-0,7 s; ◙ že ak vysuniete okuláre o 2 mm von, vo vzdialenosti a_1 = 33,8 cm resp. a_2 = 6 cm sa na projekčnej ploche ◙ zobrazí ostrý obraz Slnka s priemermi S_1 = 11,6 cm resp. S_2 = 4,7 cm ? To isté si môžete urobiť aj so svojím ďalekohľadom.

Praktická poznámka č.60: Pri projekcii Slnka treba zabezpečiť, aby spolu s obrazom Slnka na projekčnú plochu nedopadali aj priame slnečné lúče idúce mimo ďalekohľadu. Najvhodnejšie je, niekde v oblasti pri okulárovom výťahu upevniť kruhové tienidlo (priemeru asi 40 – 50 cm), orientovanú kolmo na pozdĺžnu os ďalekohľadu. Vtedy obraz Slnka na projekčnej ploche bude neustále v tieni, čo výrazne zlepší kontrast obrazu.

Taktiež je tu potrebné ustriehnuť teplotu okulára, aby nepraskol pod vplyvom akumulácie tepla z ohniska objektívu. Väčšinou výrobca v návode informuje ktoré okuláre na takýto spôsob pozorovania môžete bezpečne používať. Logika vraví, že by to mali byť pozitívne okuláre – s ohniskom mimo okulára.



► **Orientácia obrazov vytvorených ďalekohľadom :**

Podľa toho, ako a čím pozorujeme objekty oblohy, tak sa prevracajú aj ich obrazy.

a) - pri pozorovaní voľným okom, triédrom alebo ďalekohľadom s prevracajúcim systémom (terestrický okulár). Obraz je priamy, skutočný, neprevrátený.

b) – pri pozorovaní klasickým astronomickým ďalekohľadom. Obraz je stranovo aj výškovo obrátený.

c) – obraz je vytvorený astronomickým ďalekohľadom a je premietnutý na projekčnú plochu. Obraz je stranovo obrátený.

d) – obraz je vytvorený z priamohľadného ďalekohľadu, akým je napr. triéder a je premietnutý na projekčnú plochu. Obraz je výškovo obrátený.

6.2: Priame pozorovanie Slnka.

Je to ***pozorovanie Slnka priamo za okulárom*** ďalekohľadu. Pri tomto spôsobe pozorovania je však ***nutné stlmiť jas*** slnečného disku ***filtrami, ktoré prepúšťajú len zlomok slnečného svetla a zadržiavajú tepelné a ultrafialové žiarenie.*** Pozorovanie Slnka čo i len zlomok sekundy cez ďalekohľad bez slnečného filtra zapríčiňuje ťažké poškodenie zraku (aj s trvalými následkami) !!

Pokiaľ slnečný filter nie je súčasťou súpravy ďalekohľadu, treba investovať do jeho kúpy. Na zoslabenie slnečného svetla je možné použiť aj ***Herschelov helioskopický okulár***, ktorý pomocou hranola (z klinového skla) prepustí iba 4-5% svetla, zvyšok odrazí mimo ďalekohľad. Prepustené svetlo sa za okulárom ešte tlmí ďalej a to ďalším pomocným filtrom.

Dostupnejšie sú však filtre. Tie musia mať patričnú hustotu, aby prepustili iba potrebné množstvo svetla. Môžu sa klásť medzi objektív a okulár, ale sú nepraktické pre ťažký prístup do vnútra tubusu. V polohe tesne pred okulárom môže filter vplyvom tepla získaného koncentráciou slnečných lúčov prasknúť. V mieste hneď za okulárom je situácia ešte kritickejšia, lebo tu je sústredená najvyššia teplota, ktorá môže poškodiť nielen filter, ale aj okulár. Filter za okulárom má význam vtedy, keď slúži len na odstránenie zvyškov prebytočného svetla.

Okulárové filtre filtre nie sú najvhodnejšie, nakoľko sú v blízkosti ohniskovej roviny objektívu a sú teda tepelne namáhané. Najvhodnejšia poloha filtra je pred objektívom, a to i za cenu jeho väčšieho rozmeru.

Objektívové filtre nie sú namáhané koncentrovaným svetlom a teplom vytvorených objektívom, vďaka týmto filtrom ďalekohľad spracováva už len prefiltrované svetlo, čím netrpí jeho okulárová časť, ľahko sa s nimi manipuluje a sú pod neustálou kontrolou. Najkvalitnejšie sú ***sklenené filtre s naparovanými vrstvami***, ale sú drahé. Alternatívou môže byť aj ***fólia*** s podobnými vlastnosťami ako sklenené filtre**.** Z nej si môžete vyrobiť objektívový filter aj sami.

K takýmto patrí aj ***slnečná fólia*** (filter) Baader AstroSolar™ – ktorá je určená aj na zhotovovanie slnečných filtrov na objektívy ďalekohľadov a je k dostaniu aj na našom trhu. Je to špeciálna farebne stála fólia s hrúbkou len 0,012 mm, ktorá dosahuje kvality planparalelných sklenených filtrov. Základným materiálom je vysoko stála molekulárna štruktúra. Vrstvy na oboch stranách fólie zaisťujú homogénne filtrovanie a pritom neutralizujú jav mikroskopických otvorov, ktoré sú pri sklenených filtroch oveľa častejšie.

Odrazová schopnosť AstroSolar fólie určenej pre vizuálne pozorovanie je až 99,999% čo zabezpečuje redukciu intenzity slnečného žiarenia na bezpečnú úroveň. Pri vizuálnom pozorovaní má slnečný disk reálnu bielu farbu. Odrazivosť fólie určenej na fotografovanie je o niečo menšia (99,984%). Zníženie optickej hustoty umožňuje skrátenie expozičných časov až na približne 1/1000s. Aj fólia pre vizuálne pozorovanie sa dá použiť na fotografovanie, avšak pri mierne dlhších expozíciách. Rozdiel je iba v priepustnosti fólií.

Praktická poznámka č.61: Zohnať návod na zhotovenie filtra nie je problémom. V krajnom prípade poradí aj predajca ďalekohľadov.

S fóliou treba zaobchádzať veľmi opatrne. Nedotýkať sa jej holými prstami, lebo pot vytvorí na fólii dlhodobo nefunkčné miesto. Pri práci s ňou je potrebné používať tenké bavlnené rukavice. O zaobchádzaní s ňou sa bližšie môžete dozvedieť pri jej kúpe.

7. Ďalekohľady

7.1: Aký ďalekohľad ?

Menej kvalitné a lacnejšie ďalekohľady nedávajú taký dobrý obraz ako drahšie a kvalitnejšie. Navyše rýchlejšie sa opotrebovávajú ich mechanické časti, lebo nie sú z kvalitného materiálu. Kvalitnejšími ďalekohľadmi sa v podstate dá pozorovať všetko, nezávisí od toho či sú zrkadlové alebo šošovkové, pokiaľ sa nechcete na niečo špecializovať. Do úvahy však treba vziať aj nasledovné aspekty:

► ***Pozorovacie stanovište:*** Pokiaľ budete pozorovať z mesta, napríklad z balkónu bytu, stačí aj menší ďalekohľad. Ním môžete pozorovať Slnko, Mesiac, planéty a jasné objekty oblohy. Prostredie mesta nedovoľuje pozorovať menej jasné hmloviny, hviezdokopy, asteroidy, kométy a podobne a to ani väčšími ďalekohľadmi. Mimo mesta (+ dobré počasie) sa kvalita obrazu v menších ďalekohľadoch až prekvapivo zlepší, no pri jemných detailoch sa nevyrovná veľkým ďalekohľadom.

Pri stanovištiach kde nepreniká svetlo môžete pomýšľať aj o väčšom ďalekohľade. Takýto, za dobrých pozorovacích podmienok, ukáže i menej jasné objekty, prípadne umožní aj fotografovať oblohu.

► ***Veľkosť ďalekohľadu:*** Najdôležitejším parametrom ďalekohľadu je priemer jeho objektívu. So stúpajúcim priemerom objektívu (šošovkového alebo zrkadlového) sa dostávate k slabším objektom a sú lepšie rozlíšiteľné jemné detaily všetkých pozorovaných objektov. Zdalo by sa, že najlepšie je použiť čo najväčšie ďalekohľady. S ich veľkosťou sa rýchle zvyšuje celková hmotnosť prístroja a stupňujú sa nároky na ich prevoz, či premiestnenie. Taktiež si vyžadujú presnejšiu montáž a viac času na ich poskladanie. Skúsení pozorovatelia hovoria, že 8 centimetrový ďalekohľad je preňho prospešnejší, ak ho využíva častejšie, ako 30 centimetrový, ktorým sa na oblohu pozrie iba občas.

► ***Čo chceme pozorovať:*** Na čo chcete využiť ďalekohľad a čo (hlavne) ním chcete pozorovať? Odpoveď na túto otázku je dosť podstatná. Teoreticky sú na to možné tri odpovede:

Odpoveď č.1: - Slnko, Mesiac planéty, dvojhviezdy.

»Potom: Tieto objekty si vyžadujú silno zväčšujúci ďalekohľad s veľkou rozlišovacou schopnosťou. Tieto podmienky najlepšie splní reflektor alebo refraktor s väčším priemerom a nízkou svetelnosťou (1:11, 1:13 a ďalej, t.j. s dlhým ohniskom).

Odpoveď č.2: - Hmloviny, galaxie, hviezdokopy, kométy, planétky.

»Potom: To si vyžaduje ďalekohľad svetelnejší s veľkým zorným poľom, hoc aj menším zväčšením. Tu sa dobre uplatnia krátkoohniskové prístroje s veľkou svetelnosťou (1:7, 1:6 a ďalej).

Odpoveď č.3: Nemienim sa špecializovať, chcem sa striedavo a príležitostne venovať rôznym objektom.

»Potom: Snáď tu strednú cestu, ďalekohľady so svetelnosťou 1:7 -1:10 ; čo je ale riešenie –
- ani ryba ani rak. Avšak vo všeobecnosti je lepšie prikloniť sa k nižším svetelnostiam až do 1:17, lebo nižšie svetelnosti dávajú lepší obraz (lepšie sa rozlišujú detaily, je potlačený rozptyl svetla). Nižšia svetelnosť a dlhšia ohnisková vzdialenosť nevyžaduje použitie špeciálne korigovaných okulárov. Nízke zväčšenie a veľké zorné pole môžeme aj v týchto prípadoch získať ak použijeme okulár s dlhým ohniskom.

► ***Cena***: - Stúpa s kvalitou jednotlivých komponentov prístroja, s množstvom doplnkových častí setu (napr. okulárov) a hlavne s priemerom objektívu. Výroba šošovkových objektívov je oveľa nákladnejšia než zrkadlových, preto jeden centimeter priemeru refraktoru je drahší než reflektoru. Pri zhode kvalít ďalekohľadov reflektor je lacnejší než refraktor. Preto pri väčších rozmeroch je zrkadlový ďalekohľad lacnejší, než rovnako veľký ďalekohľad šošovkový. Vo všeobecnosti treba hľadať prijateľnú kvalitu za rozumnú cenu. Určitý nadhľad môžete získať, keď budete porovnávať ponuky od rôznych predajcov, či výrobcov (+ použiť informácie z tejto príručky).

Snáď treba počítať s dokúpením výbavy k ďalekohľadu (napr. okulárov). Netreba sa prenáhliť. Stačí dokupovať postupne, súbežne s vašimi znalosťami a nárokmi.

7.2: Refraktor, alebo reflektor ?

Na túto zdanlivo jednoduchú otázku bohužiaľ neexistuje jednoznačná odpoveď. Zhrnutie ich výhod či nevýhod by vyzeralo nasledovne:

>>Výhody ďalekohľadu so ***šošovkovým objektívom (refraktoru):***

► Dáva väčšie zorné pole dobrej optickej kvality. Pri pozorovaní Slnka, Mesiaca, planét, dvojhviezd dosahujú refraktory väčších rozmerov lepšie výsledky než reflektory.

► Nemá žiadne časti pred objektívom, ktoré by stáli v ceste prichádzajúcim lúčom, takže nedochádza k rozptylu a ohybu svetla, čím kontrast obrazu je vysoký.

► Tubus je uzavretý, čo obmedzuje nepriaznivé vplyvy spôsobené prúdením vzduchu v tubuse počas pozorovania a neumožňuje vnikaniu nečistôt do vnútorných častí optiky.

► Vysoká stabilita optického systému, ktorá sa nenaruší ani pri relatívne silnejších otrasoch.

► Šošovky vydržia hrubšie zaobchádzanie než iné typy optiky. Majú dlhú (teoreticky neobmedzenú) životnosť. Väčšinou ani po dlhšom čase nevyžadujú ďalšie nastavenie optiky. Okrem jednoduchého čistenia nie sú náročné na údržbu.

► Sú ľahko prenosné

► Umožňujú ľahké vyhľadávanie objektov na oblohe.

>> ***Nevýhody*** ďalekohľadu so ***šošovkovým objektívom (refraktoru):***

► Majú chromatickú chybu objektívu. Tá sa dá korigovať (achromát, apochromát, LD-sklo) niekedy až na zanedbateľnú úroveň, ale úplne sa odstrániť nedá.

► Strata svetla pohltením v optike a odrazom (približne 4%) na každej optickej ploche, čo spôsobuje zníženie reálnej svetelnosti. (Obmedzuje sa to antireflexnými vrstvami)

► Vysoká cena z dôvodu nákladnej výroby a drahého optického skla.

► Oproti reflektoru je dlhší a ťažší.

► Dlhé tubusy si vyžadujú náročnejšiu a stabilnejšiu montáž, nakoľko sa ľahko rozochvejú vplyvom vetra alebo iných nárazov.

► Nakoľko okulár je na konci tubusu, pri veľkých ďalekohľadoch treba vysokú montáž. Menšie modely majú nižšie statívy, ale pri pozorovaní v zenite sa okulár dostáva nízko k zemi, čo zapríčiňuje nepohodlné polohy pri pozorovaní (dá sa to riešiť zenitovým hranolom).

► Objektív je náchylný na orosenie.

>> ***Výhody*** ďalekohľadu so ***zrkadlovým objektívom (reflektoru):***

► Objektív je bez chromatickej chyby.

► Má menej optických plôch (než reflektor), takmer žiadnu stratu svetla na odrazoch, nenastáva absorpcia svetla v optike (okrem okuláru), čo zvyšuje reálnu svetelnosť systému.

► Má kratší tubus.

► Z dôvodu menšej dĺžky si vyžaduje nižšiu montáž, takže odolnosť proti chveniu je väčšia ako pri refraktoroch.

► Nižšia hmotnosť.

► Lacnejší z dôvodu jednoduchšej výroby objektívu.

► Možnosť výroby zrkadiel väčších priemerov (ako pri šošovkových).

► Veľké objektívy (napriek tieneniu sekundárnym zrkadielkom) majú celkom slušný zisk svetla.

>> Nevýhody ďalekohľadu so ***zrkadlovým objektývom (reflektoru):***

► Svetlu v ceste do objektívu stojí sekundárne zrkadielko s držiakom zrkadielka. Toto tienenie znižuje účinnú odrazovú plochu objektívu (znižuje reálnu svetelnosť). Odrazy a ohyb svetla znižujú kvalitu obrazu.

► Kvalitné zorné pole je čiastočne obmedzené, obrazy hviezd pri jeho okrajoch bývajú skreslené. (Tento nedostatok sa dá odstrániť napr. korektorom komy).

► Do otvoreného tubusu ľahko vniká prach a nečistoty, ktoré sa usadia na zrkadlách.

► Otrasmi sa môže porušiť vzájomná správna poloha jeho optických častí a potom je potrebné ich znovu nastaviť (tzv. kolimácia zrkadiel).

► Prúdenie a vírenie vzduchu v tubuse môžu trochu deformovať obraz.

► Pokiaľ sa nevyrovná teplota ďalekohľadu s teplotou okolia (na začiatku pozorovania) spôsobuje to chvenie obrazu a neostrosť okrajov.

► Povrchy zrkadiel môžu po čase (cca každých 10 rokov v závislosti od kvality zrkadla a ovzdušia) zoxidovať a preto je možné, že bude treba obnoviť ich hliníkové odrazové vrstvy.

Spory zástancov oboch skupín sa obyčajne končia nerozhodne. Ideálny ďalekohľad proste neexistuje. Preto je ťažké odpovedať jednoznačne. Zdá sa, že pri menších priemeroch ďalekohľadov je vhodnejší kvalitný refraktor, pri väčších priemeroch zase kvalitný reflektor.(Avšak, na každý pád, je dobre doma mať, vlastný ďalekohľad. Ani sami neviete, kedy sa zíde. Či už na ciele astronomické, alebo iba pozemské.)

7.3: Ďalekohľad súčasnosti

V ostatnom čase je zaznamenávaný prienik elektronických prvkov aj do amatérskych astronomických ďalekohľadov a to v dosť veľkej miere. Elektronika uľahčuje pozorovanie. Ba niekedy aj v stredných cenových kategóriách sa nachádzajú prijímače GPS, ktoré presne určujú polohu prístroja na Zemi a skorigujú presný čas. Prístroj potom umožňuje automatické navádzanie a sledovanie objektov riadením pohybu pomocou malých elektromotorov vo zvislej a vodorovnej osi. V jeho databáze sa nachádzajú desiatky tisíc hviezd a objektov, ktoré ďalekohľad je schopný nastaviť do svojho zorného poľa a sledovať ich pohyb. Za týmto účelom je najčastejšie používaný optický systém Schmidt – Cassegrain s priemerom objektívu 125 mm a viac. Ďalší vývoj ďalekohľadov sa zrejme bude uberať týmto smerom.

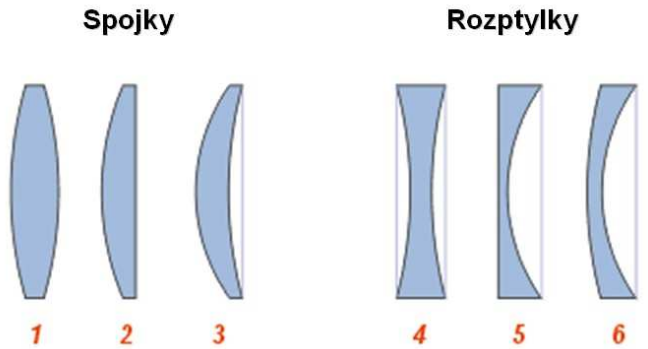
.....

8. Doplnkový slovníček

► **Šošovka** – priehľadná hmota (sklo, kremeň, kamenná soľ, plastická látka a iné) ohraničená dvoma guľovými plochami, prípadne guľovou plochou a rovinou. Ohraničujúce plochy môžu byť aj neguľové ***(asférická šošovka***) avšak aspoň jedna z oboch plôch nesmie byť rovinná. Materiál šošovky rozhoduje o priepustnosti rôznych vlnových dĺžok (napr. kremenné šošovky sa používajú na ultrafialové svetlo). V závislosti od tvaru šošoviek sa rovnobežný zväzok svetelných lúčov po prechode šošovkou zbieha (spojka) alebo rozbieha (rozptylka).

► **Spojka (spojná šošovka, kladná** alebo **plusová šošovka, konvexná šošovka*)*** - v strede je hrubšia na okraji tenšia. Predmety pozorované z bezprostrednej blízkosti cez spojku sú zväčšené. Spojky utvárajú z reálneho predmetu reálny obraz. Spojka sa používa ako lupa, objektív alebo okulár.

► **Rozptylka *(*rozptylná šošovka, negatívna** alebo **mínusová šošovka, konkávna šošovka*)*** -v strede je tenšia a na okraji hrubšia. Predmety pozorované rozptylkou sú zmenšené. Pri zobrazovaní rozptylkami vzniká neskutočný (zdanlivý) obraz reálneho predmetu. Rozptylky sa používajú ako okulár Galileiho ďalekohľadu, na predĺženie ohniskovej vzdialenosti spojných sústav (Barlowova šošovka), v kombinácii so spojkami na korekciu optických chýb.



1. Bikonvexná – dvojvypuklá
2. Plankonvexná – ploskovypuklá
3. Konkávnokonvexná - dutovypuklá
4. Bikonkávna – dvojdutá
5. Plankonkávna – ploskodutá
6. Konvexnokonkávna – vypuklodutá

► **Dioptria** (**D**, niekedy aj DPT) – je ***jednotka optickej mohutnosti*** (optickej lámavosti) šošovky. Definuje sa ako prevrátená hodnota obrazovej ohniskovej vzdialenosti šošovky (udanej v metroch). **D = 1/f** , kde ***f je ohnisková vzdialenosť*** šošovky vyjadrená ***v metroch***. Šošovka, ktorá silne láme svetlo, má krátku ohniskovú vzdialenosť. Napríklad šošovka s ohniskovou vzdialenosťou 1 m má optickú mohutnosť 1D. Šošovka s mohutnosťou 4D má ohniskovú vzdialenosť 0,25 m, pri 10D iba 10 cm. ***Spojné*** šošovky majú kladnú optickú mohutnosť **[+D]**, ***rozptylky*** zápornú **[- D].**

►**Krátkozrakosť (myopia) –** je refrakčná chyba oka, pri ktorej človek vidí blízke predmety ostrejšie ako vzdialené, čiže „má krátky zrak“. Rohovka a šošovka lomia lúče tak, že ostrý ***obraz*** sa vytvára ***pred sietnicou***, čím na sietnicu dopadne obraz už mierne rozmazaný. Postihnutý ***vidí dobre do blízka a zle na diaľku.*** Krátkozrakosť sa ***koriguje*** okuliarmi s ***rozptylnými*** šošovkami.

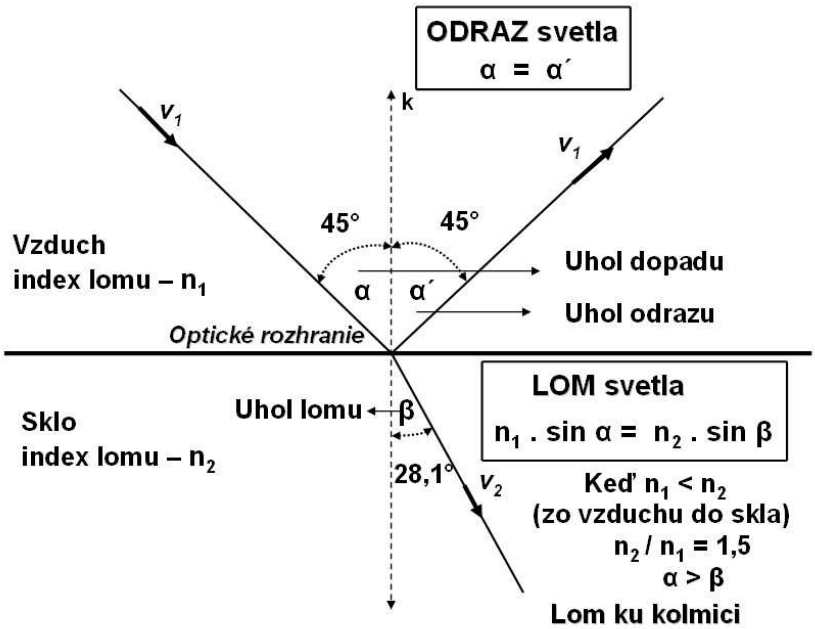
►**Ďalekozrakosť (hypermetropia, hyperopia) –** je refrakčná chyba oka, pri ktorej sa ostrý ***obraz*** vytvára ***za sietnicou***. Vzdialenejšie predmety sa zobrazujú ostrejšie ako blízke. Postihnutý nevidí ani na jednu vzdialenosť ideálne, ***ale vidí dobre do diaľky.*** Ďalekozrakosť sa ***koriguje*** okuliarmi so ***spojnými*** šošovkami.

Krátkozrakosť a ďalekozrakosť sú vrodené chyby, ktoré sa objavia počas života.

►**Starecká ďalekozrakosť, vetchozrakosť, starecké videnie (presbyopia)** – vzniká tak, že starnúce oko stráca schopnosť akomodácie, čiže ***stráca schopnosť zobrazovať*** na sietnici ***obrazy blízkych predmetov*** zmenou tvaru (mohutnosti) šošovky. Od 45 roku začíname mať „krátke ruky“ a spravidla to končí tým, že okuliare na čítanie budeme mať raz všetci.

Odraz a lom svetla – Pri šírení svetla z jedného prostredia do druhého, dochádza k dopadu svetla na rozhranie týchto dvoch prostredí. Svetlo sa na tomto rozhraní odráža, ale tiež môže preniknúť z prvého prostredia do druhého. Na rozhraní dvoch optických prostredí dochádza k odrazu a lomu svetla.

►**Zákon odrazu –** popisuje odraz svetla na hladkom rozhraní dvoch prostredí. V mieste dopadu svetla na rozhranie vztýčime kolmicu „k“ , kolmú k tomuto rozhraniu, ktorú nazývame ***kolmicou dopadu.*** Uhol „**α“,** ktorý zviera lúč dopadajúceho svetla s kolmicou dopadu nazývame ***uhol dopadu.*** Uhol „**α´** “, ktorý zviera lúč odrazeného svetla s kolmicou dopadu je ***uhlom odrazu.*** Rovina dopadu je určená dopadajúcim lúčom a kolmicou dopadu. Pre odraz svetla platí ***zákon odrazu***: ***Veľkosť uhla odrazu „ α´ “ sa rovná veľkosti uhla dopadu „α“*** , lúč dopadajúceho i odrazeného svetla leží v rovine dopadu; **α´ = α** . ***Uhol odrazu nezávisí od vlnovej dĺžky*** dopadajúceho svetla. ***Pri odraze sa nemení rýchlosť svetla***, lebo celý dej prebieha v jednom a tom istom prostredí.



►**Zákon lomu –** k lomu svetla dochádza na rozhraní dvoch prostredí vtedy, keď svetlo z jedného prostredia prenikne do druhého. Uhol dopadu označíme „**α**“. Uhol „***β***“, ktorý zviera lomený lúč s kolmicou dopadu nazývame ***uhlom lomu***. Pre lom svetla platí ***Snellov zákon lomu: Podiel sínusov uhla dopadu a lomu sa rovná podielu rýchlosti svetla v týchto prostrediach***

(v rovnakom poradí) $\boxed{(\sin \alpha / \sin \beta) = (v_1/v_2)}$, kde v_1 je rýchlosť svetla v prvom prostredí a v_2 rýchlosť svetla v druhom prostredí. Lomený lúč zostáva v rovine dopadu. Keď do Snellovho zákona namiesto rýchlostí dosadíme vzťahy pre indexy lomu, matematické vyjadrenie lomu svetla na rozhraní dvoch prostredí nadobudne tvar: $\boxed{(\sin \alpha / \sin \beta) = (n_2 / n_1)}$; respektíve $\boxed{(n_1 . \sin \alpha) = (n_2 . \sin \beta)}$, kde n_1 a n_2 sú indexy lomu prvého a druhého prostredia. Uhol lomu ***závisí aj od vlnovej dĺžky*** dopadajúceho svetla (dochádza k disperzii – rozkladu svetla na farebné zložky).

Keď je $n_1 < n_2$ (teda $v_1 > v_2$) , potom ide o lom svetla ***z prostredia opticky redšieho do opticky hustejšieho.*** Zo Snellovho zákona vyplýva $\alpha > \beta$. Uhol lomu β je menší než uhol dopadu a nastal ***lom ku kolmici.***

Keď je $n_1 > n_2$ (teda $v_1 < v_2$) , potom ide o lom svetla ***z prostredia opticky hustejšieho do opticky redšieho.*** Zo Snellovho zákona vyplýva $\alpha < \beta$. Uhol lomu β je väčší než uhol dopadu a nastal ***lom od kolmice***.

►**Úplný odraz (totálny reflex) svetla –** Keď svetlo preniká z prostredia opticky hustejšieho (napr. sklo, voda) do opticky redšieho (napr. vzduch), nastáva lom od kolmice a s rastúcim uhlom dopadu sa zväčšuje aj uhol lomu β. Pri určitom, tzv. ***medznom uhle dopadu*** α_M , dosiahne uhol lomu najväčšej možnej hodnoty β = 90° (teda sin β = 1). Uhol α_M je ***najväčší uhol, pri ktorom ešte nastáva lom svetla*** a lomený lúč splýva s rozhraním. Pri väčších uhloch dopadu než je α_M už svetlo do druhého prostredia neprenikne. Takémuto javu hovoríme ***úplný (dokonalý, totálny) odraz svetla***. Pri úplnom odraze sa odráža všetko dopadajúce svetlo. Hodnotu α_M určíme zo vzťahu: $\boxed{(\sin \alpha_M / \sin 90°) = (n_2 / n_1)}$, teda $\boxed{\sin \alpha_M = n_2 / n_1}$, čiže $\boxed{\alpha_M = \arcsin (n_2 /n)_1}$.

Uhlové miery – veľkosť uhlov môžeme vyjadriť v ***uhlovej*** alebo ***oblúkove***j miere.

►**Uhlová (stupňová) miera –** jednotkou rovinného uhla je uhlový stupeň ***(°)***. Je to 360-tina plného uhla, 180-tina priameho uhla, 90-tina pravého uhla (360°- plný uhol, 180°- priamy uhol, 90°- pravý uhol). ***1°*** sa delí na ***60´*** uhlových minút. ***1´*** sa delí na ***60“*** *uhlových sekúnd.* V nasledujúcej tabuľke je pre orientáciu uvedený násobný a podielový súvis medzi jednotlivými veľkosťami uhlov.

Veľkosť rov. uhla► / Počet častí uhla ▼	Plný uhol 4R	Priamy uhol 2R	Pravý uhol R	1°	1´	1“
360°	1	1 / 2	1 / 4	1/360	1/21 600	1/1 296 000
180°	2	1	4	1/180	1/10 800	1/648 800
90°	4	2	1	1/90	1/5 400	1/324 000
1°	360	180	90	1	1/60	1/3 600
1´	21 600	10 800	5 400	60	1	1/60
1“	1 296 000	648 000	324 000	3 600	60	1

Podstatný je pojem ***uhlová sekunda*** (zriedkavo aj sekunda uhla). Symbolom pre uhlovú sekundu je dvojitá zahnutá čiarka (“). Častokrát sa taký istý symbol používa tiež na označenie palca (angl. miera – používaná napr. pri priemere objektívov), čo môže v istých kontextoch spôsobiť nedorozumenie.

1“ – uhlová sekunda je uhlový priemer objektu s priemerom jednej jednotky vo vzdialenosti 360 x 60 x 60 / 2 π = 206 265 jednotiek. Čiže napríklad pod uhlom jednej uhlovej sekundy vidíme objekt s priemerom 1 cm vo vzdialenosti asi 2,1 km, alebo 1 astronomickú jednotku (vzdialenosť Zem – Slnko; 149 600 000 km) zo vzdialenosti 1 parseku (3,2616 svetelných rokov, t.j. 30,8568 . 10^{12} km) – čo je zároveň definícia parseku. Pri ***uhlovom priemere 1°má objekt vo***

vzdialenosti „r“ skutočnú veľkosť (priemer) ***približne r/57***, pri uhl. pr. ***1´*** približne ***r/3438*** a pri uhl. pr. ***1“*** približne ***r/206265***.

Uhly menšie ako 1“ sa vyjadrujú desatinným zlomkom; napr. 35°22´15,46“. Veľkosti uhlov sa vyjadrujú pomocou uhlových stupňov, minút a sekúnd alebo formou desatinných čísel, napr. 115°30´=115,5°; resp. 21,25°= 21°15´. Mnohé kalkulačky majú v sebe zabudovaný program na prevod minút a sekúnd na zlomky stupňov, a naopak. Avšak postupným delením „ :60“ (od sekúnd po minúty) sa dá previesť hodnota na desatinné číslo aj jednoduchou kalkulačkou. Pri opačnom postupe zase treba postupne násobiť „x60“ čísla za desatinnou čiarkou.

Príklad: 12°11´21“ previesť na desatinné číslo.

Postup: 21“ : 60 = 0,35´ → sekundy vyjadrené v desatinnom čísle minút

11, 35´ : 60 = 0,1892° → minúty (+ sek..) vyjadrené v desatinnom tvare stupňa

Výsledok: 12°11´21“ = 12,1892°

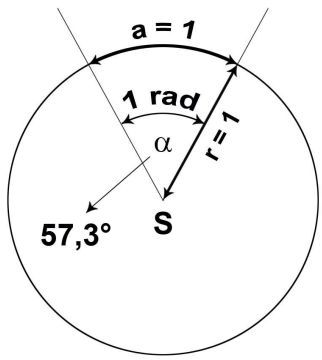
Príklad: 13,21461° vyjadriť pomocou uhlových minút a sekúnd.

Postup: 0,21461 x 60 = 12,8766´ → počet celých uhlových minút

0,8766´ x 60 = 52,586“ → počet uhlových sekúnd

Výsledok: 13,21461°= 13° 12´ 53“

►**Oblúkovou (radiánovou) mierou** – rovinného uhla označujeme dĺžku oblúka, ktorá prináleží určitému stredovému uhlu jednotkovej kružnice. **Veľkosť** ľubovoľného uhla **α** ***v oblúkovej miere je*** možné určiť ako ***pomer dĺžky oblúka „a“*** vymedzeného ramenami na kružnici opísanej okolo vrcholu, ***k polomeru „r“ tejto kružnice***, tzn. $\alpha = a/r$. Plný uhol 360° = 2 π , priamy uhol má hodnotu π = 180° a pravý uhol má hodnotu π/2 = 90°.



Uhlová jednotka oblúkovej miery je ***radián*** (skratka ***rad***). Radián je definovaný ako ***rovinný uhol, ktorý s vrcholom v strede kružnice vytína na obvode kružnice oblúk dĺžky rovnajúcej sa jej polomeru.*** Radián je bezrozmerná jednotka. Výhodou merania uhla v radiánoch je, že veľkosť uhla v radiánoch je zároveň dĺžkou kružnicového oblúka prislúchajúceho tomuto uhlu na jednotkovej kružnici.

Radián je bezrozmerný, lebo 1 rad = [m . m^{-1} =1]. Prevod medzi mierou stupňovou (uhlovou) a radiánovou (oblúkovou) vyjadrujú nasledovné vzťahy:

Prevod radiánov na stupne (stupňová miera) $\alpha_{(o)} = (\alpha_{(rad)} \cdot 180°) / \pi$ - za „$\alpha_{(rad)}$“ dosadíme číslo v radiánoch a dostaneme „ $\alpha_{(o)}$“ v stupňoch.. Z toho vzťahu môžeme určiť koľko stupňov má 1 rad.. ($\alpha_{(rad)}$ = 1) ***1 rad = 180°/ π ~ 57,29578° ~ 57° 17´ 44,8“ ~ 206 265“***

Prevod stupňov na radiány (oblúková miera) $\alpha_{(rad)} = (\alpha_{(o)} \cdot \pi) / 180$ - za „$\alpha_{(o)}$“ dosadíme uhol v stupňoch a dostaneme „$\alpha_{(rad)}$ “ v radiánoch. Z tohto vzťahu môžeme určiť koľko radiánov má 1°. ($\alpha_{(o)}$ = 1) ***1° = π / 180 ~ 0,01745 rad .***

► **Žiarivosť, žiarivý výkon** – je to celkové množstvo energie (vo forme elektromagnetického žiarenia), ktoré zdroj vyžiari do priestoru za sekundu. Jednotkou je watt. Žiarivý výkon Slnka je 3,827 . 10^{26} W. ***Svetelná časť žiarivosti je svietivosť***.

► **Svietivosť (I) ; Kandela (cd):** Svietivosť je základná fotometrická veličina, vyjadrujúca vlastnosť zdroja svetla, intenzitu vyžarovania svetla v určitom smere. Je to ***podiel svetelného toku (jeho množstvo) vysielaného*** zdrojom určitým smerom ***do malého priestorového uhla***. Svietivosť je možné určiť iba pri bodových zdrojoch svetla. Svietivosť „I“ v smere určenom

uhlom „γ“ je rovná: $\boxed{I = \varphi / \omega}$, kde ω je priestorový uhol, ktorého os leží v smere určenom uhlom γ a φ je tok svetelného zdroja vyžarujúceho do priestorového uhla ω.

Jednotkou svietivosti je ***kandela*** (značka ***cd***). Je jednou zo siedmych základných jednotiek sústavy SI. Pôvodne bola definovaná ako svietivosť sviečky definovaného zloženia (tzv. Hefnerova sviečka – „HS“ ; odtiaľ aj názov z lat. candela – sviečka). V roku 1967 definícia bola spresnená ako: Svetelný tok z malej plôšky 1 / 600 000 m^2 (t.j. približne 2 mm^2) absolútne čierneho telesa pri teplote tuhnutia platiny (1768°C) pri normálnom tlaku (1013,25 hPa). Súčasná definícia (od r. 1979) znie: ***Kandela je svietivosť svetelného zdroja, ktorý v danom smere vysiela monochromatické žiarenie frekvencie 540 . 10^{12} hertzov a ktorého žiarivosť v tomto smere je 1/683 wattov na jeden steradián.*** Zvolená frekvencia (540 . 10^{12} Hz) z viditeľného spektra je blízka zelenej farby s vlnovou dĺžkou 555nm, na ktoré je ľudské oko najcitlivejšie.

Aj keď nie najpresnejšia (z dôvodu referenčnej sviečky), ale z hľadiska bežnej predstavy je najvhodnejšia tá najstaršia definícia. Jednotková svietivosť skutočne zodpovedá približne svietivosti jednej sviečky (1 cd = 1,09 HS). Pre názornosť: 100 W žiarovka má svietivosť okolo 120 cd. Svietivosť Slnka je 2,431 . 10^{27}cd .

►**Žiarivý tok** - je množstvo žiarivej energie ktorá prejde za sekundu určitou plochou. Označuje sa φ_e . Žiarivý tok udáva výkon prenášaný žiarením a preto sa meria vo wattoch. ***Časť žiarivého toku je svetelný tok***.

► **Svetelný tok (φ) ; Lúmen (lm):** Svetelný tok je tá časť žiarivého toku, ktorú vnímame okom. Je to teda ***svetelná energia, ktorú zdroj vyžiari za časovú jednotku***. Táto svetelná energia je však posudzovaná z hľadiska citlivosti oka na rôzne vlnové dĺžky. Svetelný tok označujeme φ. Zatiaľ čo jednotkou žiarivého toku je watt, jednotkou svetelného toku je ***lúmen*** (značka ***lm***). Patrí k vedľajším jednotkám sústavy SI a je definovaný ako ***svetelný tok vyžarovaný do priestorového uhla 1 steradiánu bodovým zdrojom, ktorého svietivosť je vo všetkých smeroch 1 kandela.*** (Je to teda svetelný tok z plochy 5,305 . 10^{-7} m^2 , t.j. štvorčeka so stranou 0,4 mm tuhnúcej platiny so svietivosťou 1 kandely vo všetkých smeroch, t.j. 12,56 = 4π.). Prevodové vzťahy medzi W a lm:
Φ = 0,00147 W, resp. 1W = 680 lm.

►**Osvetlenie (intenzita osvetlenia, osvetlenosť) (E); Lux (lx):** Osvetlenie určuje účinky svetla pri jeho dopade na plochu telesa. Keď dopadá na povrch telesa svetelný tok φ, potom časť tohto toku (dφ) dopadajúca na plošný element povrchu (dS), delená veľkosťou tohto elementu sa nazýva osvetlenie telesa (E) v skúmanom mieste, teda $\boxed{E = d\varphi / dS}$**.** Osvetlenie je číselne rovné ***svetelnému toku dopadajúceho na plošnú jednotku*** osvetľovaného telesa : $\boxed{E = \varphi / S}$ - podiel svetelného toku v lúmenoch a obsahu tejto plochy v m^2. V prípade bodového zdroja so svietivosťou I pre osvetlenie platí vzťah : $\boxed{E = (I \cdot \cos \alpha) / r^2}$ **,** kde r je vzdialenosť od zdroja svetla (osvetlenie klesá s druhou mocninou vzdialenosti zdroja) a α je uhol dopadu k normále plochy (najviac je osvetlená plocha na ktorú svetelné lúče dopadajú kolmo, ak svetelné lúče sú s plochou rovnobežné, osvetlenie je nulové).

Hlavnou jednotkou osvetlenia je ***lux*** (značka ***lx***), čo je ***osvetlenie plochy veľkosti 1 metra štvorcového svetelným tokom 1 lúmenu*** , bez ohľadu na odrazivosť tejto plochy ***[lx = lm/m^2].*** Lux je možné vnímať aj ako jednotku vyjadrujúcu plošnú hustotu dopadajúceho svetelného toku. Vo všeobecnosti platí zásada, že bodový zdroj so svietivosťou „X“ kandel spôsobí na kolmo osvetlenej ploche vo vzdialenosti 1 m presne „X“ luxov. Niekedy sa používa jednotka stilbradián [sb.rad] čo je 10^4 lx.

Ľudský zrak je natoľko prispôsobivý, že dokáže vnímať určité svetelné podnety ešte pri hladine 10^{-9} lx (samozrejme bez možnosti rozlišovať akékoľvek detaily), a opačne človek je schopný čítať výrazný text pri osvetlení zhruba 10^8 lx (samozrejme za cenu výrazného nepohodlia). Pre názornosť niektoré typické osvetlenia sú uvedené v tabuľke:

Priestor	Osvetlenie [lx]
Jasný slnečný deň *	100 000
Zamračené počasie v lete **	20 000
Slnečný deň v tieni pod stromom	10 000
Operačná sála	10 000
Osvetlenie v TV štúdiu	1 000
Osvetlenie v kancelárie ***	500
Osvetlenie chodby	100
Osvetlenie ulice	10
Osvetlenie pre pohodlné čítanie	~30
V noci pri splne Mesiaca ****	0,25
Jasná hviezdna obloha	0,001
Zamračená nočná obloha bez cudzieho osvetlenia	0,0001

*V našich zem. šírkach vo voľnom priestranstve aj nad 70 000 lx (ale pod $10^{5)}$
** Môže klesnúť aj na 10^3 lx , zvlášť v zime
*** Niekedy stačí aj 100 – 200 lx
**** Môže až do 0,5 lx

►**Jas (L); Nit (nt):** Jas je fotometrická veličina pre plošné zdroje svetla. Je definovaná ako merná veličina svietivosti. Je to ***intenzita svetla (svietivosť) „I“ svietiacej plochy, delenej veľkosťou viditeľnej (zdanlivej) plochy „S“.*** Vyjadruje svietivosť jednotkovej plochy:

$\boxed{L = I / (S \cdot \cos \alpha)}$ **,** alebo svetelný tok z malej plôšky dS do malého priestorového uhla dω v smere α ku kolmici na plochu, teda: $L = I / (d\omega \cdot dS \cdot \cos \alpha)$ **.** Sú svetelné zdroje vlastné (vlastný zdroj svetla – Slnko, žiarovka, plameň) a nevlastné (odrážajúce svetlo – Mesiac, mraky, reflektor, papier).

Jednotkou jasu je ***nit*** (značka ***nt***) , čo je ***jas roviny, ktorej plocha 1 m^2 má kolmú svietivosť rovnú jednej kandely*** [nt = cd /m^2]. Vedľajšími jednotkami sú stilb – [sb = cd / cm^2], apostilb (značka asb), kde [asb = (1/π) . cd / m^2] a lambert (značka La) , kde 1La = 3183,1 nt.

Per názornosť je jas niektorých zdrojov uvedený v tabuľkovej forme:

Zdroj	*Jas [nt]*
Slnko	$2 \cdot 10^9$
Volfrámové vlákno pri teplote 2 700 K	$1 \cdot 10^7$
Biely papier pri slnečnom osvetlení	$2{,}5 \cdot 10^4$
Žiarivka	$6 \cdot 10^3$
Plameň sviečky	$5 \cdot 10^3$
Obloha pri miernej oblačnosti	$3 \cdot 10^3$
Mesiac	$3 \cdot 10^3$
Biely papier pri mesačnom osvetlení	$3 \cdot 10^{-2}$

►**Terminátor:** ***Slnečný terminátor*** je ***hranica medzi osvetlenou*** (dennou) ***a neosvetlenou*** (nočnou) ***pologuľou telies slnečnej sústavy***. Pokiaľ je uvažovaný tvar telies ako ideálne guľový, potom terminátor zodpovedá hlavnej kružnici. Pri telesách bez atmosféry je terminátor dobre zreteľný a hranica je ostrá.

Terminátor je možné zaregistrovať aj na Zemi ako rozhranie oddeľujúce dennú a nočnú časť Zeme. Hraničná čiara terminátora na Zemi sa mení z dôvodu rotácie Zeme a jej obehu okolo Slnka. Z dôvodu rotácie Zeme terminátor prejde každým bodom zemského povrchu (mimo polárnych oblastí) dvakrát za deň. Prvýkrát počas svitania, kedy Slnko vychádza – táto časť terminátorovej polkružnice sa nazýva ***východným terminátorom***. Druhýkrát v čase súmraku, keď

Slnko zapadá – táto polkružnica sa nazýva ***západným terminátorom***. Sklon rotačnej osi a obeh Zeme okolo Slnka spôsobuje, že počas pozemskej rovnodennosti terminátor pretína oba zemské póly a v období slnovratov sa dotýka polárnych kruhov. Terminátor Zeme je možné vidieť aj z kozmickej lode.

Zo Zeme je možné pozorovať hlavne terminátory vnútorných planét a najmä Mesiaca. Terminátor rozdeľuje Mesiac na dve polgule – nočnú a dennú. V čase splnu terminátorom je celý okraj mesačného disku. Od splnu cez poslednú štvrť až do novu (Mesiac má tvar stále sa zužujúceho sa písmena „C“ - Cúva), môžeme pozorovať jeho západný terminátor. Keby sme boli na Mesiaci (na jeho privrátenej strane) v mieste terminátora, videli by sme zapadať Slnko nad mesačným obzorom. Od novu cez prvú štvrť až po spln (Mesiac má tvar rozširujúceho sa písmena „D“ – Dorastá) môžeme pozorovať jeho východný terminátor. Vtedy na Mesiaci z miesta terminátora by sme videli nad mesačným obzorom vychádzajúce Slnko.

Zo Zeme sa terminátor pozoruje najvhodnejšie okolo prvej a poslednej štvrte. Vzhľad terminátora je ovplyvnený reliéfom povrchu Mesiaca. V oblasti terminátora valy veľkých kráterov a pohoria vrhajú dlhé tiene.

► **Delené kruhy: -** kruhové stupnice na montáži ďalekohľadu slúžiace k ľahšiemu namiereniu ďalekohľadu na objekty na oblohe. Pomocou nich sa dajú presne odčítať uhly. Delenými kruhmi sú vybavené deklinačná a hodinová (polárna) os. ***Hodinový kruh*** je kolmý na hodinovú os a slúži na určovanie hodinových uhlov a rektascenzie. ***Deklinačný kruh*** je kolmý na deklinačnú os a slúži na určovanie deklinácie.

.....

9: Namiesto záveru

Pri pohľade do ďalekohľadu si ani neuvedomujeme o akú jedinečnú udalosť v skutočnosti ide. Fotóny svetla vznikli niekedy v dávnych časoch, za extrémnych podmienok, v obrovských diaľavách vesmíru. Leteli ním desiatky, stovky, milióny rokov. Je obdivuhodné, že po celý tento dlhý čas si v sebe uchovali dôležité informácie o zdroji a prenášajú ich vesmírnym priestorom až do pozemských ďalekohľadov. Ale iba tie „naše“ fotóny si vybrali cestu priamo k nám, keď práve teraz – v čase pozorovania – dopadli do nášho oka, na sietnici vyvolali zrakový pocit a v mozgu zrakový vnem. Ako keby iba teraz a iba pre nás.

Vzácna a jedinečná zhoda v priestore a čase. Snáď sa to bude zdať až fascinujúce. Ale už sa to nikdy nezopakuje. De facto pohltili sme kúsok vesmíru, či malé posolstvo z neho. A je na čase o tom všetkom tak trochu pouvažovať.

Register

aberácia
  chromatická, **22**
  sférická, **21**
absorpcia, **24**
adaptácia, **6**, 8, 17
achromát, 23
akomodácia, 4
anastigmat, **22**
antireflexná vrstva, 23, **24**, 43
apertúra, **39**
aplanát, **21**
apochromát, **23**
astigmatizmus, **22**, 27
atmosféra, **12**, 15, 16
  nepokoj, 18, 48
  priezračnosť, 18
atmosférická
  absorpcia, **12**
  extinkcia, **12**
azimut, 34
binar, 2
binokulár, 2
bod
  blízky, **4**
  ďaleký, **5**
bunky
  svetlocitlivé, 5
centrálne zatienenie, **26**
citlivosť zraku, **8**
clonový otvor, **39**
čapíky, 5, 6, **10**, 11
číslo
  clonové, **20**
čistenie optiky, **25**, 33
ďalekohľad, **56**
  astronomický, 26, 27, 33, 41
  Galileov, 2
  holandský, 2
  hvezdársky, 2
  hypotetický, 54, 55
  katadioptrický, 2
  Keplerov, 2
  pozemský, 2
  veľkosť, **57**
  zrkadlový, 27
ďalekozrakosť, 33, ***60***
  starecká, ***60***
Dawesova medza, **47**
deklinačný kruh, ***65***
delené kruhy, 35, ***65***
dioptria, ***60***
disperzia, 22
distorzia, **22**
dúhovka, **4**
duplet, **23**
ekvatoreál, **36**
filter
  objektívový, **56**
  okulárový, **56**
  sklenený, **56**
  slnečný, **56**
fotoreceptory, 5
frekvencia, 9
hľadáčik, **27**, 34
  polárny, **37**
hodinový
  kruh, ***65***
  pohon, **36**
  stroj, **36**
hrebeňový prevod, **28**
hviezdna veľkosť
  ďalekohľadu, **46**
  medzná, **45**
  oka, **46**
  zisk, **44**
chyba
  astigmatická, 33
  dioptrická, 33
  farebná, **22**, 27
  guľová, **21**
  chromatická, **22**
  otvorová, **21**
  sférická, **21**
index lomu, 9, 15
  absolútny, 9
  relatívny, 9
intenzita osvetlenia, ***63***
jas, ***64***
justáž ďalekohľadu, **36**, 37
kandela, 6, ***62***
kolektív, **29**
koma, **21**, 27
komora
  predná očná, **4**
krátkozrakosť, 33, ***60***
lúmen, 6, ***63***
lux, 5, ***63***
magnitúda, 44, **45**
medzný uhol, ***61***
mihotanie, **15**
monar, 2
monokulár, 2
montáž, 19, **34**
  alt-azimutálna, **34**
  americká, **34**, **36**
  azimutálna, **34**
  Dobsonová, **35**
  ekvatoreálna, **35**
  hmotnosť, **36**
  nemecká, **36**
  nosnosť, **36**
  paralaktická, **35**
  paralaktická Dobsonová, **35**
  rovníková, **35**
  s pohonom, **36**
  tuhosť, **36**
  vidlicová, **34**, **36**
  vidlicová paralaktická, **35**
nit, ***64***
noc
  astronomická, **13**
  súmraková, **14**
objektív, 19, **20**
  svetelnosť, **20**
  šošovkový, **21**, 26
  zrkadlový, **26**
obloha
  tvar, **19**
oblúková miera, ***62***
obmedzujúce faktory, 48
obraz
  orientácia, **55**
  pohyb, **52**
  Slnka, 54
  veľkosť, **51**
očnica, **29**
odraz, **24**
  úplný, ***61***
ohybové javy, **26**
ohybový krúžok, **47**
oko, **3**
  redukované, 5
  rozlišovacia schopnosť, **3**
  svetelnosť, **5**
okulár, 19, **28**
  Abbeho, **31**
  Castel ED, **31**
  Colziho, **32**
  dlhoohniskový, **29**
  Erfleov, **31**
  fixný, **28**
  Galileov, **29**
  helioskopický, **32**, 56
  Herschelov, **32**, 56
  Huygensov, **30**
  jednoduchý, **29**
  Kellnerov, **30**
  Keplerov, **29**, 30
  krátkoohniskový, **29**
  monocentrický, **30**
  Naglerov, **31**
  negatívny, **29**
  ortoskopický, **31**, 32
  periplanatický, **32**
  Plösslov, **31**
  pozitívny, **29**
  Ramsdenov, **30**
  strednoohniskový, **29**
  Super Wide Angeles, **32**
  symetrický, **32**
  terestrický, **32**
  Ultra Wide, **31**
  Ultra Wide Angeles, **32**
  Zeissov, **31**
  zložený, **29**
  zoom, **32**
okulárový výťah, **28**
opsín, **7**
optická mohutnosť, ***60***
optické okno, **12**
ortoskopická súst., **22**
os
  deklinačná, **35**
  hodinová, **35**
  polárna, **35**
  rektascenčná, **35**
osvetlenie, ***63***, ***64***
  prahové, 5
osvetlenosť, ***63***
Platónsky rok, 37
počasie, 18
pohlcovanie, **24**
pointácia, **34**
Poncetova plošina, **35**
pozorovanie Slnka
  priamo, **56**
  projekciou, **53**
precesia, 37
prenosová funkcia, **44**
priblíženie, **40**
priemer
  uhlový (objektu), **3**
priepustnosť, **25**, 43
pupila
  vstupná, **38**
  výstupná, **38**, 51
  výstupná - poloha, **50**
  výstupná - priemer, 51
  výstupná - vzdialenosť, **50**
radián, ***62***
radianová miera, ***62***
reflektor, 2, **57**
  nevýhody, **58**
  výhody, **58**
reflex, **24**
refrakcia, **14**, 15, 16
  astronomická, **14**
  atmosférická, **14**
  hodnoty, **14**
  horizontálna, **15**
refraktor, 2, **57**
  nevyhody, **58**
  výhody, **58**
relatívny otvor, **20**
retinal, **7**
rodopsín, **7**
rohovka, **4**
rosnica, **27**
rovníková plošina, **35**
rozlišovacia
  schopnosť
  ďalekohľadu, **47**
  teoretická
    maximálna, **47**
rozptyl svetla, **12**
  Mieho, **12**
  odrazom, **12**

Rayleighiho, **12**
rozptylka, ***59***
scintilácia, **15**
farebná, **15**
jasnosti, **15**
smerová, **15**
seeing atmosférický, **16**
sietnica, **5**
sklovec, **5**
skreslenie, **22**
poduškovité, **22**
súdkovite, **22**
slnečná fólia, **56**
spojka, ***59***
statív, 19, **34**
stmievací faktor, **43**
stupňová miera, ***61***
súmrak, **13**
astronomický, **13**
nautický, **13**
občianský, **13**
ranný, **13**
večerný, **13**
svetelné znečistenie, **16**
Mesiac, 17
svetelnosť
ďalekohľadu, **43**
objektívu, **20**
relatívna, **43**
skutočná, **24**
svetelný smog, **16**
svetelný tok, 6, ***63***
svetlo, **9**, 12
biele, **11**
farba, 9, **10**, 47
farebné, 13
intenzita, **44**
lom, 18, ***60***
odraz, ***60***
rozptýlené, 16
rozpyl, 18
rýchlosť, **9**
strata, **24**, 44
zisk, **44**
svietivosť, 6, ***62***
svitanie, **13**
šerosleposť, 7
šírka
akomodačná, 5
šošovka, **4**, ***59***
asferická, ***59***
Barlowova, **42**, ***59***
kladná, ***59***
konkávna, ***59***
konvexná, ***59***
minusová, ***59***
negatívna, 42, ***59***
očná, **29**
plusová, ***59***
poľná, **29**
rozptylná, 42, ***59***
Shapleyho, **43**
spojná, ***59***
zberná, **29**
terminátor, 17, ***64***
transmitancia, **25**
triplet, **23**
tubus, 19, **27**
tyčinky, 5, 6, **10**, 11
uhlová miera, ***61***
uhlová sekunda, ***61***
vetchozrakosť, ***60***
videnie
binokulárne, 11
bočné, **8**, 46
centrálne, **8**, 11
denné, 5, **6**, 10, 48
farebné, 5
fotopické, 5, **6**
mezopické, **6**
nepriame, **8**
nočné, 5, **6**, 10
ostrosť, 5
periférne, **8**, 11
priestorové, 11
skotopické, 5, **6**
starecké, ***60***
stereoskopické, 11
vlnová dĺžka, 9, 47
vzdialenosť
konvenčná, **5**
projekčnej plochy, 54
zákon
lomu, ***60***
odrazu, ***60***
Snellov, ***61***
zorné pole, **21**
ďalekohľadu, **49**
oka, **3**
okulára, **49**, **50**
zrenica, **4**
zrkadlo
duté, **26**
primárne, **26**
sekundárne, **26**
zväčšenia, **40**
maximálne, **41**
najnižšie, **40**
normálne, **40**
optimálne, **41**
prázdne, **41**, 42
stredné, **40**
zväčšenie, **39**, 40
ďalekohľadu, 49, 50
optimálne, **48**
žiarivosť, ***62***
žiarivý tok, ***63***
žiarivý výkon, ***62***
žltá škvrna, **8**, 48

Mgr. Peter Ivan
Hvezdáreň a planetárium v Prešove

R. 2009

Recenzia: RNDr. P. Rapavý

Vydala Hvezdáreň a planetárium v Prešove
www.astropresov.sk
ISBN 978 – 80 – 88749 – 48 – 6
EAN 9788088749486

O b s a h

1.1. **Ďalekohľad, jeho definícia** 2
1.2. **Rozdelenie ďalekohľadov**.....2
2. **Oko, ako optický prístroj** 2
2.1. **Oko** (zorné pole, rozlišovacia schopnosť) 2
2.2. **Cesta svetla okom** (rohovka, predná oč. komora, zrenica, šošovka, sklovec, sietnica, tyčinky, čapíky) ...4
2.3. **Oko, ako optický člen** 5
2.4. **Oko pri pozorovaní** (foto-mezo--skotopické videnie, adaptácia oka a zrenice, žltá škvrna, centrálne a periférr. videnie, citlivosť zraku).... 6
2.5. **Svetlo** (rýchlosť, index lomu, farba). 9
2.6. **Na záver o oku** (rýchlosť spracovania, zotrvačnosť oka, binokulárne videnie) 11
3. **Pozorujeme cez atmosféru** (zloženie, extinkcia) 12
3.1. **Rozptyl (difúzia) svetla** (odrazom, (molekulárny rozptyl) 12
3.1.1.**Súmrak** (občiansky, nautický, astronomický) 13
3.2. **Atmosférická refrakcia** (astronomická, horizontálna) 14
3.3. **Scintilácia** (smerová, farebná, jasnosti) 15
3.4. **Atmosférický seeing** 16
3.5. **Svetelné znečistenie** (svetel. smog, jas Mesiaca) 16
3.6. **Meteorologická alchýmia** (priezračnosť, nepokoj atmosféry) 18
3.7. **Tvar oblohy** 19
4. **Časti ďalekohľadu** 19
4.1. **Objektív** (svetelnosť, zorné pole) ..19
4.1.1. **Šošovkový objektív** (Chyby: otvorová, koma, astigmatizmus, distorzia, farebná; +absorpcia, odraz, antireflexné vrstvy, čistenie optiky).....21
4.1.2. **Zrkadlový objektív** 26
4.2. **Tubus** 27
4.3. **Hľadáčik** 27
4.4. **Okulárový výťah** 28
4.5. **Okulár** (druhy, zložené okuláre tpu: H-, R-, K-, M-, O-, P-, E-, N-,) 28
4.5.1. **Okuláre encyklopedicky** 32
4.5.2. **Okuláre a chyby zraku** (chyba zr. dioptrická a astigmatická) 33
4.6. **Statív, montáž** 34
4.6.1. **Azimutálna montáž** (vidlicová, Dobsonova) 34
4.6.2. **Paralaktická montáž** (Nemecká, vidlicová, s pohonom, polárny hľadáčik, precesia) 35
4.7. **Vstupná pupila** 38
4.8. **Výstupná pupila** (+ apretúra) 38
5. **Parametre ďalekohľadu** 39
5.1. **Zväčšenie ďalekohľadu** 39
5.11. **Zväčšenie a ohn.vzd. okulárov** 40
5.12. **Druhy zväčšenia** (normálne, stredné, optimálne, maximálne, prázdne) 41
5.1.3. **Barlowova šoš.** (+Shapleyho š.) 42
5.2. **Svetelnosť ďalekohľadu** 43
5.21. **Iné svetelnosti** (relatívna sv., stmievací faktor, MTF funkcia) 43
5.2.2. **Zisk svetla** (+ zisk na magnitúdach, medzná hv. veľkosť) 44
5.3. **Rozlišovacia schopnosť ďalekoh.** 47
5.4. **Zorné pole ďalekohľadu** (+ zorné pole okulára) 49
5.5. **Poloha výstupnej pupily** 50
5.6. **Najkratšia ostriaca vzdialenosť** ...51
5.7. **Obraz v primárnom ohnisku** 51
5.7.1. **Veľkosť obrazu v ohnisku** 51
5.7.2. **Pohyb obrazu v ohnisku** 52
6. **Pozorovanie Slnka ďalekohľad.** ..53
6.1. **Projekčná metóda** (zaostrenie, vzd. proj. plochy, veľkosť obrazu Slnka, orientácia obr. vytvorených ďal.)... 53
6.2. **Priame pozorovanie Slnka** (Hers. helioskop. okulár, filtre okulárové a objektívové, sl. fólia) 56
7. **Ďalekohľady** 56
7.1. **Aký ďalekohľad** (pozorovacie stanovište, veľkosť ďalekohľadu, čo chceme pozorovať, cena) 56
7.2. **Refraktor, alebo reflektor** (ich výhody a nevýhody) 57
7.3. **Ďalekohľad súčasnosti** 59
8. **Doplnkový slovníček** (Šošovky, dioptria, odraz a lom, uhlová a oblúková miera, veličiny a jednotky súvisiace so svetlom, terminátor, delené kruhy) 59
9. **Namiesto záveru** 65
Register 66
Obsah 68

ISBN 978 – 80 – 88749 – 48 - 6