

VÝVOJ ĎALEKOHĽADOV A ASTRONOMICKÝCH
KOMOR
A
AMATÉRSKA KONŠTRUKCIA ĎALEKOHĽADU

ÚVOD

Už od pradávna sa človek vyznačuje túžbou poznania, ktorá ho vedie stále vpred a odhaľuje nové poznatky dotvárajúce obraz o okolitom svete. Astronómia je jednou z vied, ktorá je neustálym zdrojom týchto informácií, nevyčerpatel-
nou studňou poznania.

Zmocniť sa však poznatkov, ktoré už doteraz máme by v astronómii nebolo ľahké nebyť obrovského rozvoja prístrojovej techniky, ktorá umožnila poznať to, čo by sme ináč nikdy nemohli poznať ľudskými zmyslami.

Ak v súčasnosti vyslovíme slovo astronóm, či hviezdár, automaticky sa nám vybaví aj pojem ďalekohľad, ktorý tvorí základný pozorovací prístroj tejto vednej oblasti.

Tento metodický materiál má za úlohu v stručnosti informovať čitateľa o vývoji základného pozorovacieho prístriedku - ďalekohľadu od jeho vzniku až po dnešok a v chronologickom slede podať prierez jednej z dôležitých kapitol astronómie. Súčasne je doplnený návodom na stavbu jednoduchého astronomického ďalekohľadu, ktorého stavba sa dá realizovať v každom krúžku s minimálnymi nákladami a vybavením.

Veríme, že informácie z tohto metodického materiálu prispejú k skvalitneniu práce našich astronomických krúžkov.

Peter Šulek, prom. ped.

VYNÁLEZ ĎALEKOHĽADU

Podobne ako iné veľké vynálezy je aj vynález ďalekohľadu prisudzovaný viac náhode než výpočtom a namáhavej práci. Bol pravdepodobne vynájdený viacerými ľuďmi súčasne. V literatúre sa však často uvádza meno holandského optika, výrobcu a brusiča okuliarov Jána Lippersheya. Je faktom, že 2. októbra 1608 požiadal generálne stavy nizozemskej o udelenie patentu na vynález, ktorý "pomocou sklenených šošoviek vzdialené predmety približuje". Akým spôsobom tento prístroj vynašiel sa neuvádza. Je však rozšírená historika, že Lippersheove deti pri hre so starými šošovkami zistili, že ak sú v určitej zostave približujú vzdialené predmety. Upozornili otca na tento jav a tento zhotovil po niekoľkých pokusoch primitívny ďalekohľad. Patent, o ktorý požiadal však nedostal, pretože už vraj podobné prístroje boli zhotovené. Lippershey však bol požiadaný, aby svoj vynález upravil tak, aby sa ním dalo pozorovať oboma očami a tak vyrobil prvé tri kusy binokulárnych ďalekohľadov.

V inej literatúre sa dočítame aj iné mená vynálezcov ďalekohľadov. Doppelmayr považuje za objaviteľa Z. Jansena z Middleburgu, Johannes Kepler zasa uvádza J. Metia z Alkmaaru.

Nie je ani tak dôležité, kto prvý zostrojil ďalekohľad ako dôležitá okolnosť, že sa podstata tohto vynálezu dostala do rúk slávnemu talianskemu hvezdárovi Galileovi, ktorého poznatky získané ďalekohľadom sa stali základom pozorovateľskej astronómie.

Galileo Galilei sa o vynáleze dozvedel asi v máji roku 1609 a videl v ňom možnosť skúmať vzdialené objekty vesmíru. Galileo nevedel, ako prístroj vyzerá a ako je zostrojený, ale pokúsil sa sám zostrojiť podobný prístroj.

V jeho denníku nachádzame tento záznam:

"Pred desiatimi mesiacmi došla ku mne správa, že istý Holanďan zhotovil ďalekohľad, ktorým viditeľné predmety, ho-

ci sú viac vzdialené od oka pozorovateľa, môžu sa zreteľne pozorovať, ako keby sa nachádzali celkom blízko. O niekoľko dní som dostal potvrdenie týchto správ z Francúzska, v liste od francúzskeho šľachtica Jaques Badovera, a to má privedlo konečne k rozhodnutiu najprv podstatu ďalekohľadu skúmať a potom uvažovať o prostriedkoch, pomocou ktorých by som mohol takéto prístroje zhotoviť. Po dlhšej dobe a usilovnom štúdiu teórie refrakcie a svetla sa mi to podarilo. Pripravil som si trubicu z olova a do jej koncov som zasadiť šošovky, po jednej strane rovné ale na druhej strane bola jedna sféricky konvexná, druhá konkávna. Potom som priblížil oko ku šošovke konkávnej a videl som predmety uspokojivu veľké a blízke."

Zo záznamov, ktoré Galileo písal je zrejmé jeho obrovské nadšenie nad novým prístrojom. Pokúsil sa o ďalšie zdokonalenie ďalekohľadu a postupne zhotovil tri ďalekohľady zväčšujúce trikrát, sedemkrát a tridsať-krát.

Najkrajším okamihom jeho života asi bol ten, keď svoj ďalekohľad prvý krát namieril na oblohu. Nadšene píše vo svojom denníku o pohľadoch na Mesiac s jeho vysokými pohoriami a brázdami. Objavil škvrny na Slnku, ktoré bolo doteraz učením Aristotelovým prehlásené za čisté bez poškvorny. Zistil zloženie Mliečnej dráhy z tisícov hviezd. 7. januára 1610 zistil, že planéta Jupiter je obklopená tromi drobnými hviezdičkami a v nasledujúcich dňoch sa presvedčil, že sú to podobné telesá ako náš Mesiac. V tomto poznatku videl Galileo dôkaz správnosti Koperníkovej sústavy. Galileo nenašiel však u svojich súčasníkov veľa pochopenia. Jeho dielo "Nuncius sidereus - Hviezdny posol" nenašlo potrebné porozumenie a získalo veľa odporcov. Boli aj takí, ktorí sa odmietli pozrieť ďalekohľadom na oblohu a overiť si tak pravdivosť Galileových tvrdení.

Galileo Galilei píše o svojich objavoch aj J. Keplero-
vi, ktorý pracoval na dvore Rudolfa II. v Prahe. Ten v roku 1611 vyskúšal malý ďalekohľad holandského typu a pojednal

o ňom v spise "Dioptrica". Súčasne navrhuje, aby sa rozptylka okuláru nahradila spojkou, ktorej výhoda je tá, že rozširuje zorné pole ďalekohľadu.

Kepler sám nezhotovil ďalekohľad podľa tohoto návrhu. Prvý sa o to pokúsil Krištof Scheiner a pretože sa sám zaujímal o pozorovanie Slnka, zhotovil tento ďalekohľad len pre účely jeho pozorovania. Tento prístroj, ktorý nazval "heliotropium telioscopium" mal objektív z farebného skla, ktoré zoslabovalo intenzitu lúčov slnečného svetla. Mimo tohoto prístroja Scheiner tiež pozoruje Slnko premietaním jeho obrazu na tienidlo postavené kolmo na os ďalekohľadu. Zaviedol teda metódu projekcie, ktorá sa používa v astronómii dodnes.

VÝVOJ ĎALEKOHĽADOV - REFRAKTOROV

Zlepšovanie mechanických a optických vlastností ďalekohľadov postupovalo len pomaly. Zo začiatku bolo veľkým problémom odlievanie potrebných kotúčov skla pre brúsenie objektívov. Odliatky obsahovali veľa vzduchových bubliniek. Brúsiace a leštiace metódy sa v podstate obmedzovali na úpravu dvoch vypuklých plôch s malým zakrivením. Zhotovené šošovky trpeli farebnou vadou.

Neskôr sa zistilo, že predĺženie ohniska objektívu umožňuje pozorovať obraz pri väčšom zväčšení aj okulárom dlhšej ohniskovej vzdialenosti, čo má za dôsledok zníženie spomínanej farebnej vady. Na základe tohoto poznatku sa konštruujú ďalekohľady s obrovskými ohniskovými dĺžkami objektívu.

Na tomto mieste je treba spomenúť význačnú osobu hvezdára J. Hevelia, purkmistra mesta Gdaňska.

Od roku 1639 sa datuje jeho práca v astronómii. Odvážne sa pustil do stavby hvezdárne a veľkých ďalekohľadov. Na veľkom priestranstve pred mestom postavil ďalekohľad ohniskovej

dĺžky 47,4 metra. Samozrejme práca s takouto ozrutou bola nemotorná, no napriek tomu Heveliove pozorovania Mesiaca a pedrobnosti na jeho povrchu uverejnené v diele Selenografia zarážajú svojou precíznosťou a to aj vďaka tomu, že Hevelius bol nepochybne veľmi zručný kreslič.

V polovici 17. storočia bratia Ch. a K. Huygens pôvodom holanďania, pokračovali v stavbe obrovských ďalekohľadov. Najprv zhotovili prístroj s ohniskom 7,25 m a priemerom 6 cm, ktorým rozoznali podstatu Saturnových prstenov a objavili najjasnejší mesiac tejto planéty - Titan. Ich druhým prístrojom bol ďalekohľad priemeru 15 cm s ohniskom 40 m. Ním určili rotáciu Marsu z pozorovania temnej oblasti Syrtis Maior.

Achromatických objektívov dlhých ohniskových vzdialeností používal aj riaditeľ parížskej hvezdárne D. Cassini, ktorý urobil pomocou týchto prístrojov prekvapujúce objavy. Deviaty mesiac Saturna objavil ďalekohľadom s ohniskom 5,37 m. Piaty mesiac Saturna, Rhea, objavil ďalekohľadom s ohniskom 10,78 m a tretí mesiac Tethys ďalekohľadom s ohniskom 31,6 m. Rekord však dosiahol pri objavení mesiaca Dione, keď použil achromatický objektív s ohniskom 43 m.

Ak uvážime ako nepohodlne sa pracovalo s ďalekohľadmi týchto dĺžok a uvedomíme si, že sa nepoužívala paralaktická montáž ani hodinové stroje na pohon ďalekohľadov, s úctou sa skláňame pred titanskou prácou vtedajších pozorovateľov.

VYNÁLEZ A VÝVOJ ACHROMATICKÝCH REFRAKTOROV

Farebná vada jednoduchých šošoviek bola neprijemnou prekážkou pri pozorovaniach a tak sa ani nemožno diviť obrovskej snahe o jej odstránenie. Robili sa pokusy s rôznym zafarbením skla, D'Alembert navrhol odstrániť vadu špeciálnou konštrukciou okuláru. Systém a konštrukcia je však nákladná a zložitá.

Teoretické úvahy S. Klingenstierna (1698 - 1765) a Eulerova práca "Constructio lentium objectivorum ex duplici vitro" z roku 1761 sa stali základom pre prácu C. M. Halla, ktorý asi v roku 1753 zhotovil objektív zložený z dvoch skiel rôznych indexov lomu. Sklo použité na výrobu spojky dostalo neskôr názov korunové a sklo použité na rozptylky názov flintové. Kombinácia týchto dvoch šošoviek viedla k zobrazeniu farieb do jedného ohniska a tým aj k odstráneniu chromatickej vady. Obrazy vytvorené achromatickými objektívami boli čisté a zreteľné. Zostal síce zbytok farebnej vady v modrej farbe, ale pri pozorovaní táto chyba skoro nerušila. Súčasne so zlepšením objektívu sa zlepšila aj konštrukcia okulárov. Z tejto doby sú známe konštrukcie okuláru Huygensovho typu, ktorý sa používa s úspechom aj dnes.

O zavedenie achromatických objektívov do praxe sa pričínil najmä J. Dollond (1706 - 1761). Ním vyrábané objektívy sa skladali z dvoch spojok z korunového skla a z jednej rozptylky zo skla flintového.

Ďalekohľady s týmito objektívami rozšírili značne hranice poznania vo vesmíre. V ich zornom poli sa stali jasné doposiaľ neznáme tvary hmlovín a hviezdokôp. Vzhľadom na zväčšenie ich priemeru sa zväčšil aj zisk na hviezdnych triedach.

Ďalší vývoj achromatov je spojený s menom J. Franenhera (1787 - 1846). V roku 1817 vyrobil prvý achromat zložený z dvoch šošoviek o priemere 30 cm. Objektív bol dokonalý a slúžil k meraniu dvojhviezd a určaniu paralaxy najbližších hviezd. Zakúpil ho O. Struve pre hvezdáreň v Dorpate. Ďalšie dva objektívy o priemere 38 cm a ohniskovej vzdialenosti 6,83 m získala hvezdáreň v Pulkove a Harvardo-va hvezdáreň v USA. Harverdský objektív si dokonca získal historickú povest tým, že bol použitý k prvým fotografickým pokusom.

Hoci technický pokrok nasledoval teraz veľmi rýchlo, predsa v konštrukcii objektívov pre ďalekohľady bolo treba na majstra a vrchol ešte čakať.

Týmto majstrom sa stal maliar portrétov Alan Clark. Jeho vstup do optiky bol viac než zaujímavý a popudom k tomu bola len jeho vrodená zvedavosť. Sledujúc činnosť svojho syna, ktorý brúsil prvé zrkadlá pre ďalekohľady pokúsil sa v snahe mu pomôcť o jeho dohotovenie, čo sa aj podarilo. Clark si však bol vedomý toho, že sklenené objektívy sú ďaleko dokonalejšie a stálejšie než ich kovové zrkadlo. Zohnal teda niekoľko kusov optického skla a začal brúsiť. Zhotovil objektívy o priemere 13 cm a neskôr o priemere 20 cm. Jeho objektívy však stáli v tieni Frauenhoferových objektívov hoci boli určite lepšie. Až v roku 1851 napísal anglickému pozorovateľovi dvojhviezd Dawesovi o svojich objavoch uskutočnených pomocou ďalekohľadov s vlastnými objektívami. Dawes pozorne sledoval jeho správy pretože údaje, ktoré Clark oznamoval podstatne predčili poznatky získané ďalekohľadmi väčších priemerov. Konečne po odkúpení objektívu začína Clark získavať meno a postavenie v optickom svete.

Ďalší 20 cm objektív jeho výroby získal hvezdár Huggins. Bol zapojený do prvých pokusov pri fotografickej registrácii spektier.

Clark získavajúc potrebné vedomosti brúsi čoraz rozmernejšie objektívy. V roku 1879 dokončil achromatický objektív o priemere 76 cm pre hvezdáreň v Pulkove.

Vrcholom jeho práce však bol objektív pre novo postavenú hvezdáreň na Mt. Hamiltone. Achromat tohoto ďalekohľadu má priemer 92 cm a je vyvrcholením celoživotného Clarkovho diela.

V roku 1897 Clark zomrel avšak jeho žiak Švéd A. R. Lundin pokračuje v jeho diele. Práve on uskutočnil výbrus najväčšieho achromatického objektívu pre Yerkesovu hvezdáreň pri Chicagu.

Vonkajšia šošovka dvojbypuklého tvaru je uprostred 7 cm

hrubá. Jej hrúbka pri okraji je 2 cm. Rozptylka z flintového skla meria pri okraji 5 cm a v strede necelých 4 cm. Šosovky sú od seba vzdialené 22 cm a ich výsledná ohnisková vzdialenosť je 19 m. Hmotnosť celého objektívu je 227 kg a jeho priemer je 102 cm.

Lundinove dielo zostalo dodnes neprekonané a tvorí tak špičku v kategórii ďalekohľadov - refraktorov.

V súčasnej dobe existuje viacero výrobcov astronomických ďalekohľadov s achromatickými objektívami vynikajúcich vlastností. Rozvoj techniky umožnil konštruovať dokonalé sústavy, ktoré odstránia aj tie najmenšie optické chyby.

Zo súčasných výrobcov refraktorov spomeniem aspoň významné závody založené r. 1846 Karlom Zeissom v Jene. V spolupráci s vynikajúcim teoretikom Abbém sa závody vypracovali na špičkovú úroveň. Zeissove závody v súčasnej dobe patria medzi výrobcov dokonalých refraktorov ako po stránke optickej tak i mechanickej. Mnohé z týchto výrobkov sú známe aj u nás. Značka Zeiss-Jena patrí k značkám ručiacim za kvalitu a precíznosť pozorovacích a meracích optických prístrojov.

VÝVOJ ZRKADLOVÝCH ĎALEKOHĽADOV - REFLEKTOROV

Myšlienka použiť duté zrkadlo na sústredenie svetelných lúčov je oveľa staršia než vynález šošovkového ďalekohľadu. Duté zrkadlá boli známe už v staroveku. Boli zhotovené z kovu a po vyleštení slúžili na sústredenie tepelných lúčov Slnka prípadne iných tepelných zdrojov.

Prvé návrhy na použitie týchto zrkadiel pre konštrukciu ďalekohľadov pochádzajú od Zucchiho (1616) a Mersena (1639). Ich návrhy však nikdy neboli realizované, pretože konštruktéri sa mylne domnievali, že najlepším tvarom zrkadla je hyperboloid.

V roku 1663 uverejnil J. Gregory presné výpočty a plány na zostrojenie zrkadlového ďalekohľadu s malým pomocným zrkadlom. Navrhol, aby hlavné sférické zrkadlo bolo vyrobené s otvorom a oproti nemu v príslušnej vzdialenosti umiestnené duté zrkadlo menšieho rozmeru. To malo zachytiť svetlo odrazené od hlavného zrkadla a vytvoriť ohnisko za otvorom, kde malo byť pohodlne pozorované okulárom. Zrkadlo nemalo farebnú vadu a proti refraktorom malo mať oveľa väčší priemer a teda aj svetelnosť. Teória bola správna ale optické postupy v tej dobe ešte neumožňovali vyhotoviť ďalekohľad tohoto typu. Veľkou ťažkosťou pre optikov bolo hlavne odliatie materiálu na zrkadlo s potrebným vysokým leskom a predpísané zakrivenia oboch zrkadiel. Až v roku 1674 uskutočnil Gregoryho myšlienku R. Hooke.

Isaac Newton, ktorý poznal návrh Gregoryho, podal na základe vlastných úvah riešenie oveľa jednoduchšie. Lúčom odrazeným od hlavného zrkadla postavil do cesty malé rovinné zrkadlo, ktoré odrazilo svetlo mimo tubus ďalekohľadu, kolmo na jeho os. Newton zhotovil dva modely tohoto typu. Jeden z nich venoval r. 1671 Kráľovskej astronomickej spoločnosti v Londýne. Zrkadlá jeho ďalekohľadov boli vyrobené z kovovej zliatiny - zvonoviny s veľkým obsahom cínu.

Do vývoja ďalekohľadov - reflektorov prispel v nemalej miere aj muž, ktorého pôvodné povolanie nemalo veľa spoločného s astronómiou. V roku 1672 francúzsky sochár G. Cassegrain navrhol nový typ ďalekohľadu. Vychádzal z myšlienky Gregoryho, ale duté odrazné zrkadlo nahradil vypuklým. Týmto usporiadaním získal optickú sústavu veľmi dobrých parametrov. Ale aj v tomto prípade zostalo len pri realizácii prototypu a ne našiel sa výrobca, ktorý by sa zaujímal o tento vynález. Uplynulo ďalších 50 rokov. J. Hadley, výrobný mechanik a optik vyrobil prvý ďalekohľad Newtonovho typu. Reflektor mal priemer 15 cm a ohniskovú vzdialenosť 1,83 m. Tubus ďalekohľadu bol vyrobený z dreva. Hadley zlepšil vyhľadávanie objektov tým, že k ďalekohľadu umiestnil hľadačik - t.j. ďalekohľad s malým zväčšením. Po trojročných skúškach ho zaslal na posú-

denie Kráľovskej spoločnosti. Ďalekohľad vzbudil rozruch a nedôveru tých, ktorí v tom čase pozorovali dlhými neachromatickými ďalekohľadmi. Bola však zostavená komisia, ktorá po pozorovaniach jednoznačne vyslovila úsudok, že predložený ďalekohľad predčí všetky doterajšie prístroje. Úspech nového ďalekohľadu bol tak presvedčivý, že optici Scarlet a Hearn v Londýne zaviedli jeho hromadnú výrobu. Najväčším problémom však zostávalo uchovať vysoký lesk zrkadiel, ktoré boli zhotovené z rôznych kovových zliatin a časom rýchlo korodovali.

Mladý optik James Short snažiac sa o odstránenie tejto chyby, vybrúsil prvé sklenené zrkadlo. Po vyleštení však zistil, že sklo neodráža svetlo o potrebnej intenzite a pretože predbehnúc vývoj nepoznal pokovovanie skla, zostal pri brúsení kovových zrkadiel.

V tom čase bol objavený achromatický objektív a v polovici 18. storočia nastal súbežný vývoj refraktorov a reflektorov. Pretože v tom čase nebolo dosť skla pre výrobu refraktorov, zrkadlový ďalekohľad vedie prvenstvo.

V roku 1767 prichádza do kúpeľného mestečka Bath v Anglicku mladý hudobník W. Herschel, ktorý sa okrem hudby zaujímal aj o astronómiu. Drahé ďalekohľady mu však neboli cenovo dostupné a len čistou náhodou mu bol na krátky čas zapožičaný ďalekohľad Gregoryho typu. Pohľad, ktorý sa mu naskytol pri pozorovaní oblohy rozhodol o jeho ďalšom osude. S pomocou svojej sestry Karolíny sa pustil do brúsenia a leštenia kovového zrkadla pre vlastný ďalekohľad. Veľa práce a pokusov ho stálo vybrúsenie zrkadla, ktoré použil pri konštrukcii svojho reflektoru. Malo priemer 16 cm a ohnisko 2,21 m.

Ním vykonal aj svoj najväčší objav. V noci 13. marca 1871 objavil v súhvezdí blížencov hviezdu, ktorá sa zdala byť plošným objektom. Herschel sa k nej neustále vracal a keď zistil, že objekt má medzi hviezdami svoj vlastný pohyb, podal správu Kráľovskej spoločnosti o tom, že objavil novú ko-

métu. Matematik a hvezdár Bode v Berlíne skúmal udané polohy a nakoniec zistil, že sa nejedná o kométu, ale o novú planétu slnečnej sústavy. Herschelovi sa dostalo najvyšších počt a nová planéta dostala názov Urán. To podnietilo Herschela do ďalšej práce. Zhotovil ďalekohľad s ohniskom 6,32 m a objavil ním štyri mesiace Urána (Ariel, Umbriel, Titania, Oberon). 28. augusta 1789 Herschel dokončil ďalší reflektor priemeru 120 cm a ohniskom 12,64 m a ešte tej istej noci objavil pomocou neho Saturnove mesiace Enceladu a Mimas. Pozorovanie týmto ďalekohľadom bolo veľmi namáhavé a obťažné. Tubus ďalekohľadu sa pohyboval v otáčavom lešení z dreva a na obsluhu vyžadoval niekoľko ľudí.

Týmto ďalekohľadom začína éra obrovských zrkadlových ďalekohľadov.

V roku 1842 po úspešnom zhotovení dvoch kovových zrkadiel o priemere 95 cm pristúpil W. Parson dedič titulu "earl of Rosse" k zhotoveniu zrkadla o priemere 180 cm a ohniskom 17 m. Mechanická konštrukcia ďalekohľadu bola na hranici vtedajších možností techniky. Veď samotné zrkadlo malo hmotnosť 4 000 kg. Pohybovať ním vo všetkých smeroch bolo nemožné a preto Rosse obmedzil pohyb ďalekohľadu na 12° od miestneho poludníka a od 25° do 90° nad obzorom. V roku 1848 bol ďalekohľad pripravený k pozorovaniu. Celých tridsať rokov slúžil k poznávaniu vesmíru. Herschelov katalóg 4 000 hmlovín bol rozšírený o ďalšie tisíce nepoznaných objektov.

O niečo neskôr v roku 1852 po predchádzajúcich úspešných pokusoch a zostrojení ďalekohľadu priemeru 61 cm, vybrúsil na ostrove Malta angličan W. Lassel z Boltonu zrkadlo o priemere 120 cm. V priaznivom podnebí vykonal Lassel týmto reflektorom celý rad cenných pozorovaní. Určil polohy Uránových mesiacov, zostavoval katalógy hmlovín a hviezdokôp. Keď mu sily začali ochabovať a chýlil sa koniec jeho života, prikázal svoj milovaný stroj rozbiť.

Veľký krok vpred znamená vynález nemeckého chemika

Just von Liebiga, ktorý vynášiel spôsob postriebrenia sklenných plôch. Teraz konečne mohol byť realizovaný návrh J. Shorta na výrobu sklenných dutých zrkadiel. Liebigov vynález prvý použil francúzsky fyzik Foucault riaditeľ parížskej hviezdárne, ktorý v roku 1875 vybrúsil zrkadlo pre reflektor o priemere 120 cm a s ohniskom 8 m. Malé skúsenosti s liatím zrkadlových blokov a skutočnosť, že strieborný povlak časom oxidoval, brzdili zo začiatku snahu o vývoj väčších reflektorov so sklennými zrkadlami.

Technický pokrok a rozvoj nových technologických postupov znamenali však zelenú pre výrobu reflektorov so sklennými zrkadlami. Umožnilo to aj zlepšenie a zdokonalenie mechanických montáží a hodinových strojov.

Ďalší vývoj zrkadlových obrov je úzko spojený s menom George Hala. Okrem vynikajúcej odbornej činnosti bol aj dobrým organizátorom a získal pre astronómiu prostriedky od ľudí, ktorí mali veľké majetky. Jeho zásluhou bolo aj to, že Ch. Yerkes financoval refraktor o priemere 102 cm, ktorý sme už spomínali.

Medzi svojimi priateľmi mal Hale aj profesora E. Ritcheya, vynikajúceho teoretika a praktika v optike. S jeho pomocou bol vybrúsený kotúč o priemere 150 cm, a tak začala slubná cesta výstavby nových veľkých ďalekohľadov.

Hale roku 1906 presvedčil J. Hookera v Los Angeles, aby financoval projekt a zhotovenie ďalekohľadu priemeru 2,5 m. To sa aj stalo. Prvý pokus však sklamal. Blok, ktorý vážil 4,5 ton pri chladnutí praskol. Druhý odliatok sa však podaril. Celých 6 rokov trvalo formovanie, brúsenie a leštenie obrovského zrkadla pod dozorom prof. Richteyho. Zatiaľ bola zhotovená mohutná rámová montáž usadená na tenkej vrstve ortute. Primárne ohnisko ďalekohľadu je 12,78 m. Pre spektroskopické pozorovania sa dá predĺžiť až na 76 m.

Po dohotovení ďalekohľadu sa potvrdili vynikajúce vlastnosti optických plôch.

Hale v roku 1923 ťažko ochorel, ale ani tak sa nevzdáva ďalšej činnosti. Prehlásil, že ďalšou úlohou je postavenie ďalekohľadu 5 metrového priemeru. Hale desať rokov prednášal, písal knihy a články, presviedčal, získaval technikov a odborníkov, zabezpečoval financovanie a pripravoval toto obrovské dielo. V roku 1929 sa rozhodlo s konečnou platnosťou o stavbe gigantického ďalekohľadu.

ZRODENIE OBROV

Hneď, ako bolo rozhodnuté o stavbe veľkého ďalekohľadu začali sa v laboratóriách a montážnych halách stavby pokusov s overovaním zliatin, postupov, metód a spôsobov práce spojených s výrobou ďalekohľadu.

Dr. A. Day, riaditeľ geofyzikálnych laboratórií Carnegie Institution pripravil pyrexové sklo pre odliatie obrovského kotúča. Vhodná forma pre pyrexový disk bola zhotovená z ťažko taviteľných izolačných tehál spojených izolačnými pásmi. Spodná časť zrkadla bola rebrovaná čím sa znížila jeho výška na 52 cm a hmotnosť na 20 ton. Rebrovanie bolo prevedené 114 hlinenými jadrami upevnenými ku dnu formy.

30 dní pred liatím kotúča bolo započaté s prípravou skla. Posledných desať dní bola tavenina udržiavaná pri teplote $1\ 575^{\circ}\text{C}$, ktorá bola potrebná pre proces odlievania. Kotúč bol odliaty po sedem hodinovej nepretržitej práci. Prvé dva mesiace po odliatí bola udržiavaná stála nemenná teplota 500°C , aby sa vylúčilo vnútorné pnutie v skle a zamedzilo vzniku nehomogenít.

Je treba pripomenúť, že kvôli bezpečnosti boli odliate dve kotúče skla, čo sa ukázalo správne, pretože prvý odliatok bol práve pri chladnutí znehodnotený odtrhnutím spodných tehál z rebrovania.

Druhý kotúč potom chladol 11 mesiacov a bol zhotovený bez technických problémov.

Po odliatí bol pyrexový kotúč prepravený v špeciálnom železničnom vozni z Corning Glass Works pri New Yorku, kde bol vyrobený na kalifornské pobrežie do Pasadeny. Cesta, ktorú prekonal merala vyše 3 000 km a trvala od 26. marca do 10. apríla.

V Pasadene boli už, pripravení technici a dali sa do dlhej a namáhavej práce brúsenia a leštenia kotúča. Pôvodný kotúč hmotnosti 20 ton stratil brúsením 5 ton skla. Pri brúsení bolo použité 31 ton brúsnych prostriedkov. Presnosť výbrusu dosiahla hodnoty jednej dvadsaťtisíciny milimetra.

Tak ako čitateľa ohromujú tieto čísla, ohromujú aj čísla o mechanickej konštrukcii ďalekohľadu. Súčasne so zhotovením zrkadla bola pripravená montáž ďalekohľadu na Mont Palomare. Paralaktická podkovitá montáž ďalekohľadu má hmotnosť 500 ton. Bola dohotovená v roku 1937.

Priemer tubusu ďalekohľadu je 6,5 m a dĺžka 16,5 m. Samotný tubus je zavesený vo vidlici priemeru 14 m. Všetky otočné a kĺzne časti sa pohybujú na olejových vrstvách. K pohonu ďalekohľadu je použitý elektromotor výkonu 82,4 kW. Veľká presnosť vyžadujúca precízne spracovanie konštrukcie nepripúšťala deformáciu celého systému v žiadanej polohe ďalekohľadu o viac ako 1,5 mm.

Samotné zrkadlo má priemer 5 m a v jeho strede je otvor priemeru skoro 1 m, ktorý umožní pozorovať v Cassegrainovom ohnisku. Pozorovateľ môže pozorovať tiež v primárnom ohnisku zrkadla, ktoré je 16,5 m a to priamo v tubuse ďalekohľadu, kde je preň kabína s prístrojovou technikou.

Celý ďalekohľad hmotnosti 650 ton je ukrytý v kupole priemeru 40 m. Samotná kupola má hmotnosť 1 000 ton a má štrbinu zloženú z mnohých dielov s hmotnosťou po 50 ton o priemere 9 m. Kupola sa pohybuje pri otáčaní na 32 štvorkolesových podvozkoch.

3. júla 1948 sa zišla 800 členná spoločnosť v kupole ďalekohľadu pri príležitosti jeho dokončenia. Predseda

kalifornského inštitútu technológie L. A. Bridge zahájil zhromaždenie týmito slovami:

"Predsedníctvo kalifornského inštitútu technológie sa rozhodlo pomenovať najväčší ďalekohľad sveta Haleovým."

J. E. Hale priekopník stavby gigantických ďalekohľadov, ktorý sa nedožil odovzdania nového ďalekohľadu bol tak poctený najvyššou poctou.

Haleov ďalekohľad viac ako 30 rokov bol najväčším ďalekohľadom sveta. Práca a poznatky ním získané sa nedajú popísať slovami. Obrovský prínos pre astronómiu znamenal jeho využitie najmä vo fotografii oblohy. Katalógy hviezdnych objektov a hviezd sú výsledkami tisícov pozorovacích hodín tohoto jedinečného obra.

S úctou sa skláňame pred prácou ľudí, ktorí sa zaslúžili o zhotovenie gigantu a ktorý sa im odvdáčil tým, že umožnil nazrieť človeku do hĺbín vesmíru dosiaľ nepoznaných a neprístupných."

Druhým človekom, ktorý urobil bodku za súčasným vývojom zrkadlových ďalekohľadov bol sovietsky vedec B. K. Ioannisiani. V tridsiatich rokoch pracoval na hvezdárni v Pulkove a podobne ako jeho predchodcov ho uchvacovala myšlienka zostrojenia veľkých ďalekohľadov.

Úzko spolupracoval najmä s D. D. Maksutovom, o ktorom sa zmienime v časti o vývoji fotografických komôr.

Ioannisiani čerpal z jeho skúsenosti a potrebné praktické znalosti získal konštrukciou 260 cm ďalekohľadu Bjurakanského observatória.

Začiatkom 50-tych rokov bolo v ZSSR rozhodnuté o stavbe a projekcii najväčšieho ďalekohľadu sveta s priemerom zrkadla 6 m. A práve Ioanisiani bol poverený vedením tímu konštruktérov, ktorí mali realizovať túto národnú úlohu.

Na základe niekoľkoročného štúdia a práce expedícií bolo pre stavbu ďalekohľadu vybrané miesto na severnom svahu Kaukazského pohoria s nadmorskou výškou 2 070 m.

Rozvoj elektroniky umožnil použiť pre stavbu teleskopu obyčajnú azimutálnu montáž, ktorá je konštrukčne jednoduchšia, pevnejšia, ľahko vyvážiteľná a stabilná.

Konštrukcia ďalekohľadu bola zverená Opticko-mechanickým závädom v Leningrade. Tam bola aj celá konštrukcia najprv zmontovaná a po preskúšaní opäť rozobraná a dopravená na miesto montáže. Celá pohyblivá časť ďalekohľadu má hmotnosť 840 ton a je pohyblivá v olejových ložiskách podobne ako palomarský ďalekohľad. Prácu pozorovateľa obstaráva 100 tonová pozorovacia plošina. Aj v tomto ďalekohľade je miesto pre pozorovateľa, ktorý môže pozorovať v tubuse priamo v primárnom ohnisku ďalekohľadu.

Najchúlostivejšou časťou ďalekohľadu je samozrejme obrovské 6 m zrkadlo. Je odliate z pyrexového skla hrúbky 65 cm a má hmotnosť 42 ton. Dva roky trvalo chladnutie kotúča, aby nedošlo k vnútornému pnutiu a prasknutiu, tak ako sa to stalo pri odliatí pokusného kotúča. Aj tak pri maximálnej pozornosti a opatrnosti nepodarilo sa zamedziť vzniku bubliny na optickej ploche, ktorá je v súčasnosti zakrytá clonkami a spôsobuje pokles efektívnej plochy zrkadla na 70 %.

V súčasnosti boli zahájené práce na odliatí nového kotúča z kvalitnejšieho materiálu s menším koeficientom tepelnej rozťažnosti. Po dokončení a montáži by mali byť využité všetky prednosti 6 m ďalekohľadu.

Zrkadlo ďalekohľadu spočíva na 60 podporách a má v strede 50 cm otvor určený pre montážne účely. Jeho primárna ohnisková vzdialenosť je 24 m.

Najzložitejšou časťou ďalekohľadu je nepochybne riadiaci systém. Digitálny počítač transformuje rovníkové súradnice objektu a hviezdny čas na azimut, zenitovú dištanciu a pozičný uhol objektu. Vyhodnocuje súčasne aj zmenu týchto troch veličín. Každých 8 sekúnd (pri pozičnom uhle každú sekundu) je informácia spracovaná na vydaj pokynu pre servomotory ďalekohľadu. Ďalekohľad má tri kontrolné systémy: počítač,

fotografické vedenie a lokálne fotografické vedenie samostatným optickým systémom. Presnosť pointácie by mala byť okolo 0,2".

Nový ďalekohľad slúži astrofyzikálnemu výskumu. V predĺžených ohniskách sú namontované spektrografy, fotometria sa prevádza v primárnom ohnisku. Nový ďalekohľad spolu s blízkym rádioteleskopom RATAN 600 a budovaným neutrínovým detektorom vytvára komplex Špeciálneho astronomického observatória AV ZSSR, ktoré je najväčšie svojho druhu na svete.

Postavením 6 m ďalekohľadu, ktorý nesie názov LOMO sa završila etapa stavby mohutných reflektorov.

Okrem týchto obrov pracuje na svete ešte niekoľko veľkých ďalekohľadov - reflektorov typu Ritchey-Chretien, ktoré sú v súčasnosti špičkovými prístrojmi. Umožňujú v Cassegrainovom ohnisku fotografie o priemere poľa asi 1 oblúkový stupeň. Niektoré z nich sa napriek menšiemu priemeru zrkadla vyrovnali, b. v niektorých parametroch aj prekonalí 5 m palomarský ďalekohľad.

Typickými predstaviteľmi týchto ďalekohľadov sú tieto prístroje: 4 m ďalekohľad s hmotnosťou zrkadla 15 ton umiestnený v Národnom astronomickom observatóriu USA na Kitt Peak v štáte Arizona, 4 m teleskop na Cerro Tololo v Chile v nadmorskej výške 2 200 m; 3,9 m ďalekohľad v Austrálii a 3,6 m ďalekohľad European Southern Observatory (ESO) na La Silla v Chile.

Vývoj v súčasnej dobe smeruje k stavbe teleskopov so zloženým zrkadlom (z niekoľkých menších), ktoré by sa používali predovšetkým k získavaniu spektier. Uvažuje sa tiež o postavení optického ďalekohľadu na obežnej dráhe okolo Zeme. Vo vesmíre v súčasnej dobe pracujú špeciálne ďalekohľady prispôbené pozorovaniu v rôznych vlnových dĺžkach.

Nové smery v spracovaní materiálov vedú ku konštrukcii nových typov ďalekohľadov tzv. ATT (Advanced Technology Telescope). Ich výhodou je podstatne menšia hrúbka primárneho

zrkadla. Najväčší z nich o priemere zrkadla 7,5 m by mal byť dokončený ešte v tomto desaťročí.

Rozvoj vedy a techniky v súčasnosti umožnil konštrukciu ďalekohľadov vynikajúcich optických vlastností. V ČSSR je najväčším prístrojom 2 m na Ondřejove pri Prahe vyrobený v Zeissových závodoch v Jene. Tento závod vyrába aj 60 cm reflektory, z ktorých jeden slúži na pozorovanie premenných hviezd na Skalnatom Plese. Menšie typy reflektorov sú k dispozícii aj amatérom, ktorí sa vážne zaujímajú o prácu v astronómii. Optické vlastnosti týchto ďalekohľadov sa nedajú zrovnáť s vlastnosťami prvých prototypov zrkadlových alebo šošovkových ďalekohľadov.

Záleží len na ľuďoch, ako využijú vedomosti získané týmito prístrojmi, a ako budú vedieť čerpať zo studne poznania, ktorú poskytuje astronómia.

VÝVOJ ASTRONOMICKÝCH FOTOGRAFICKÝCH KOMÔR

Začiatkom devätnásteho storočia, keď bola vynájdená fotografia, otvára sa astronómii nová sféra poznania.

V marci 1840 získava prvé snímky Mesiaca američan Draper a o dva roky neskôr fotografuje v Miláne Majocchi úplné zatmenie Slnka. Roku 1850 bola fotografovaná Whipplem prvá hviezda - Vega v súhvezdí Lýry.

Z týchto jednoduchých začiatkov rýchle vyrástlo jedno z najdôležitejších odvetví astronómie - astrofotografia.

Veľký náskok v tejto oblasti získali bratia Paul a Prosper Henryovi v Paríži. Pomocou vlastnoručne vybrúseného 15 cm objektívu dosiahli pri fotografovaní hviezdokôp veľmi dobré výsledky. Povzbudení úspechom zhotovili astrograf s priemerom objektívu 34 cm a ohniskom 343 cm. Ako pointačný ďalekohľad slúžil refraktor priemeru 22,7 cm. Používané dosky mali rozmer 13 x 18 cm. Fotografie získané týmto strojom boli použité ako doplnkový materiál pre zhotovenie ekliptikálnych máp.

Súčasne s použitím refraktoru na fotografické účely sa rodí myšlienka prispôbiť zrkadlové parabolické plochy pre fotografovanie hviezdnych objektov. V roku 1884 majiteľ hviezdárne Herény (Stará Ďala) na Slovensku E. Gothard kúpil 26 cm refraktor od angličana J. Browninga. Reflektor prekonštruoval a o krátky čas dospeľ k pozoruhodným výsledkom. Na negatíve prstencovej hmloviny v Lýre, ktorú zhotovil 21. 10. 1886 zachytil nielen jej eliptický tvar, ale aj centrálnu hviezdu. Oznámenie tohoto faktu vyvolalo veľký rozruch.

V roku 1885 dostala firma Howard Grubb v Dubline od Isaaca Robertsa objednávku na dodanie špeciálneho typu fotografického zrkadla o priemere 52 cm a ohniskom 254,8 cm. Kazeta s citlivou doskou bola umiestnená priamo v primárnom ohnisku zrkadla. Roberts nafotografoval týmto strojom stovky negatívov hmlovín a hviezdokôp a získal toľko podrobností, že reflektorom sa predpovedala veľká budúcnosť.

V roku 1872 vybrúsil Calver zrkadlo priemeru 91 cm. A. Common, ktorý toto zrkadlo kúpil zhotovil preň špeciálnu paralaktickú montáž. 30. januára 1872 zhotovil Common 37 min. expozíciou snímku Veľkej hmloviny v Orióne. Výsledok bol vynikajúci. Common pokračoval vo fotografických pokusoch a jasne ukázal dokonalosť tohoto zrkadla.

Ďalší vývoj fotografických komôr sa po týchto úspechoch dočasne zastavil. Snaha po dosiahnutí väčších svetelností prinášala konštrukcie, ktoré bolo zatažené rôznymi optickými chybami. Hlavnou vadou svetelného parabolického zrkadla je tzv. "koma". Obrazy v istej vzdialenosti od osi zrkadla sú vejárovite skreslené. Táto vada klesne zaclonením zrkadla čím sa však ruší svetelnosť. Inou vadou zrkadiel je astigmatizmus. Táto vada sa prejavuje tak, že obraz bodu mimo optickú os je v istejrovine čiarkou a v inej rovine čiarkou kolmou na predošlú. Uprostred medzi rovinami sa bod zobrazí ako rozptylový krúžok. Dá sa odstrániť vhodným zakrivením fotografického materiálu.

Tieto a ďalšie optické ohyby viedli ku konštrukciám rôznych korekčných systémov. Ani tieto však neprinášajú žiadané parametre.

Rozriešenie tohoto problému čakalo na samouka v optike Bernharda Schmidta, ktorý pracoval na hamburskej hvezdárni. Schmidt neriešil túto úlohu matematicky ale intuitívne na základe predstavivosti starého praktika.

Najprv vybrúsil zrkadlo o priemere 44 cm a ohniskom 62 cm. Po mnohých neúspešných pokusoch dospel ku konečne žiadanému výsledku. Pred zrkadlo umiestnil korekčnú dosku, ktorá bola pri okraji dutá a smerom do stredu prechádzala do vypuklého tvaru. Svetelnosť prístroja stúpila na 1 : 1,75 a obrazy boli stále jasné a ostré. Schmidt bol veľmi spokojný s výsledkom, napísal o konštrukcii krátky referát a celá vec sa skončila.

Je až zarážajúce, že až dvadsať rokov po jeho smrti bol náležite ocenený jeho prínos pre astrofotografiu. V súčasnosti len výpočet a popis všetkých zostrojených komôr Schmidtovej typu by tvoril objemný zväzok potvrdzujúci úspech jeho myšlienky.

Jednou z najväčších je Schmidtova komora, ktorá bola vyrobená pre hvezdáreň na Mt. Polomare, kde po boku 5 m ďalekohľadu tvorí komplex, ktorý zohráva obrovskú úlohu vo fotografickom a fyzikálnom výskume vesmíru.

Priemer jej korekčnej dosky je 122 cm. Výsledná ohnisková vzdialenosť sústavy je 303 cm. Celková dĺžka tubusu je 6,1 m. Tubus je namontovaný v paralaktickej vidlicovej montáži. Celková hmotnosť tohoto obrovského "fotografického aparátu" je 12 ton. V prístroji sa používajú fotografické dosky rozmerov 26 x 26 cm alebo 36 x 36 cm, ktoré sú vyrobené z tenkého skla a po dobu expozície sú miernym tlakom vzduchu prispôsobené k požadovanému zakriveniu. Korekčná doska je vybrúsená z obyčajného tabuľového skla, ktoré sa ukázalo po skúškach najvhodnejším materiálom. Vnútoraná konštrukcia komory je prachotesná, vsúvanie kazety je automatické.

Týmto obrom boli získané tisícky snímok hviezdnej oblohy, ktoré svojou vynikajúcou kvalitou značne prispeli k rozšíreniu poznania okolitého vesmíru.

Zatiaľ najväčšou Schmidtovou komorou na svete je univerzálny 2 m reflektor na observatóriu v Tautanburgu. Tento ďalekohľad môže byť používaný v štyroch rôznych optických sústavách. Schmidtova optická sústava sa skladá z 2 m hlavného zrkadla a asférickej korekčnej dosky o priemere 134 cm. Celok má ohniskovú vzdialenosť 4 m a svetelnosť 1 : 3. Snímky sú zhotovované na dosky rozmeru 24 x 24 cm a zachytia na oblohe plochu 11 štvorcových stupňov.

Ďalšie používané systémy pri tomto ďalekohľade sú odvodené od systémov; Newton, Cassegrain a coudé.

Celý ďalekohľad pôsobí impozantným dojmom. Tubus ďalekohľadu je štvorhranný a má dĺžku 10 m a hmotnosť 56 ton. Samotné dvojmetrové zrkadlo má hmotnosť 2 370 kg. Prístroj je umiestnený v kupole o priemere 20 m, ktorej celková hmotnosť je 175 ton.

Po zverejnení prvých skúseností zo Schmidtovými komorami sa pozornosť optikov obrátila na možnosti jej úprav.

Hlavné ťažisko práce spočívalo v úprave korekčnej dosky, ktorá nezvyklým tvarom prinášala pre optické postupy veľa problémov. Preto sa hľadali nové formy korekcie a prišlo sa na to, že do istej miery môže korekčnú dosku nahradiť jednoduchší meniskus.

Skoro súčasne Caber v Anglicku (1940), Penning v Nemecku (1941), D.D. Maksutov v ZSSR a Bouwer v Holandsku (1942) nezávisle na sebe použili meniskus miesto korekčnej dosky.

Zásluha patrí D. D. Maksutovi, ktorý podrobne popísal funkciu uvedenej sústavy a zaviedol ju na mnohých hvezdárňach v ZSSR. Najväčšia Maksutova komora bola dopravená na pobočku Pulkovskej hvezdárne v Cerro Robus v Chile v roku 1967. Táto komora má priemer 70 cm a svetelnosť 1 : 2,95.

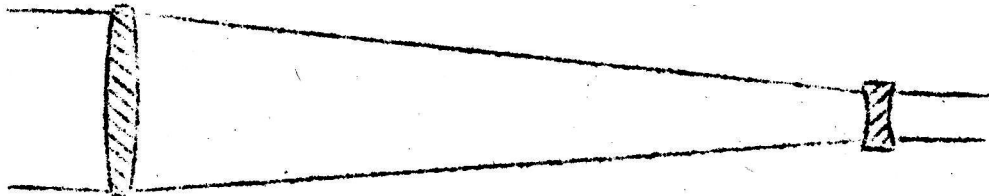
Okrem mohutného rozvoja optických fotografických systémov sa paralelne rozvíja aj technológia a chémia výroby svetlocitlivých materiálov. V súčasnej dobe sa vyrába fotografický materiál pre rôzne špeciálne použitia. Rozbor týchto však

nespadá do okruhu uvedenej problematiky.

Ak by sme mali zhodnotiť prínos fotografie pri skúmaní vesmíru môžeme tak urobiť v krátkosti jedným slovom - obrovský. Fotografia ukázala to, čo by ľudské oko nikdy nemohlo vidieť. Fotografie sú cenným a stálym dokumentom, ktorý môže slúžiť na rôzne spracovania za dlhé roky. Astrofotografia sa stala neodmysliteľnou súčasťou dnešnej vedy.

Zdokonalením techniky prináša nové a nové poznatky o dejoch a javoch vo vesmíre.

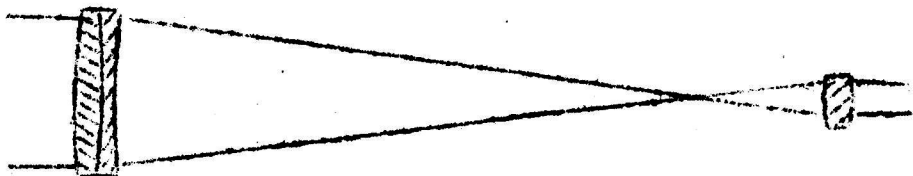
Prehľad konštrukcie optických sústav



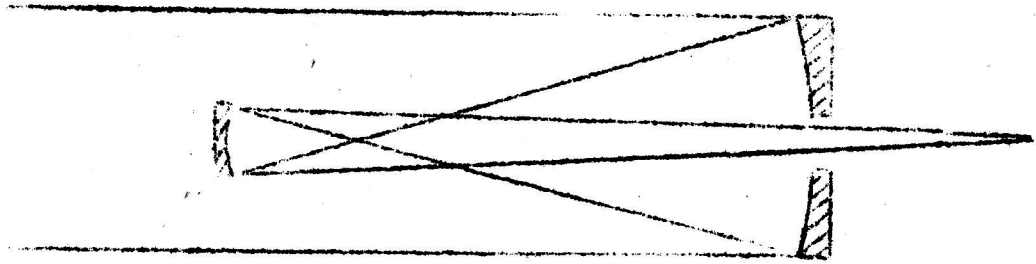
Galileo - 1609



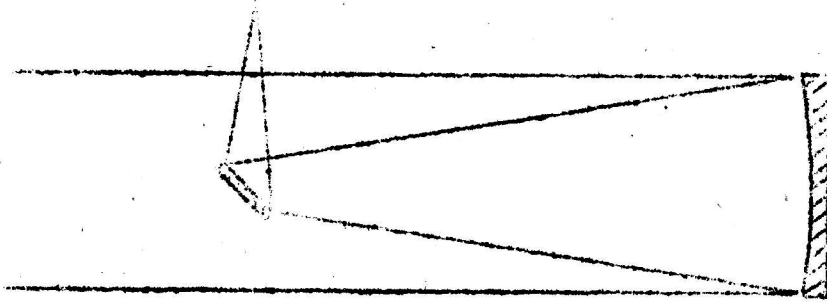
Kepler - 1610



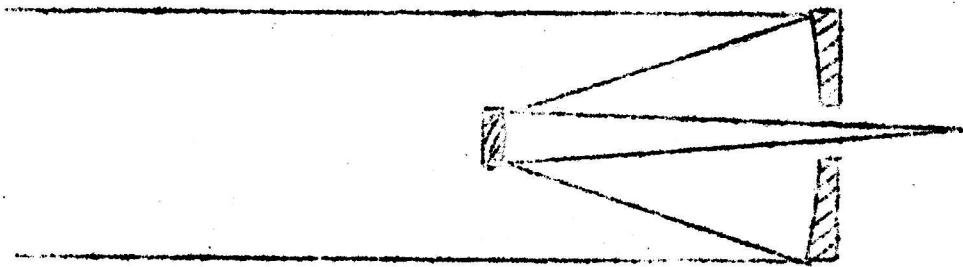
Hall - Dollond - 1755



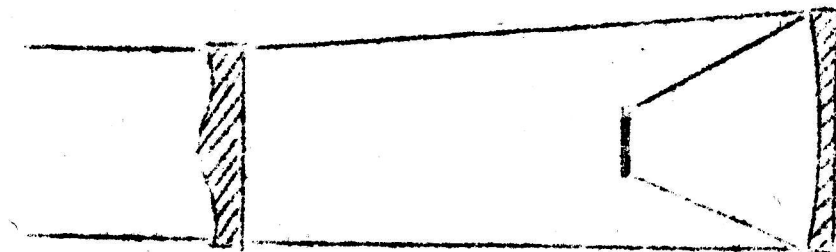
Gregory - 1663



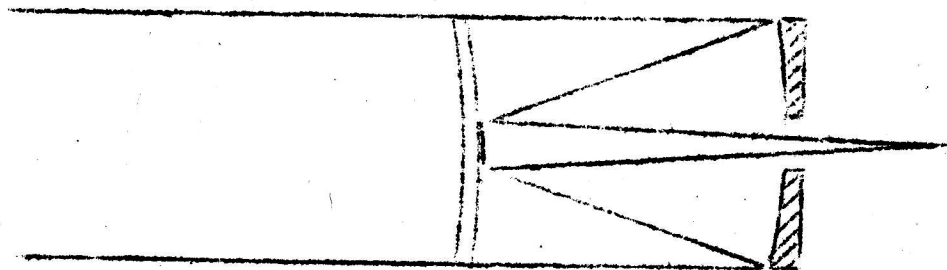
Newton - 1668



Cassegrain - 1672



Schmidt - 1930



Maksutov - 1941

KONŠTRUKCIA JEDNODUCHÉHO AMATÉRSKEHO REFRAKTORA

Základným vybavením astronomického krúžku by mal byť ďalekohľad. V praxi sa často stretávame s rôznymi typmi ďalekohľadov, najčastejšie však s ďalekohľadom typu Newton priemeru 10 cm. Pretože väčšina krúžkov pracuje pri ZŠ je tento ďalekohľad ešte v inventári školy a môže byť pre krúžok prístupný.

Niektoré krúžky však nemajú žiaden ďalekohľad a jeho získanie je v súčasnosti značne nákladnou záležitosťou. Ak má krúžok finančné prostriedky na zakúpenie potrebnej optiky, potom je možnosť získania kvalitnej optiky pre amatérsky ďalekohľad, ktorú vyrába firma Zeiss v Jene. Je to súprava: objektív priemeru 52 mm s ohniskom 540 mm a dva okuláre $f_1 = 16$ mm a $f_2 = 25$ mm.

Pretože každý člen krúžku skôr či neskôr zatúži mať vlastný ďalekohľad, uverejňujeme konštrukciu najjednoduchšieho ďalekohľadu, ktorého konštrukcia bola už mnoho-krát popísaná a ktorý sa dá zhotoviť najjednoduchšími prostriedkami a s minimálnymi nákladmi. Jeho stavba môže byť prevedená v rámci činnosti krúžku.

Konštrukcia, ktorú popisujeme je veľmi jednoduchá a ľahko realizovateľná. Je popísaná podrobne a bola odskúšaná v praxi na KH v Prešove.

Záujemcom o hlbšie poznanie a konštrukciu ďalekohľadov ako aj mladým experimentátorom odporúčame publikáciu RNDr. Ivo Zajonca: Stavba amatérskych astronomických ďalekohľadov a fotokomôr. Táto výborná príručka zahrňuje v sebe všetko, čo je pre amatéra potrebné vedieť, aby mohol v danej oblasti úspešne experimentovať.

OBJEKTÍV ĎALEKOHĽADU

Získanie objektívu pre ďalekohľad je v súčasnosti veľmi problematické. V našom prístroji použijeme objektív jednoduchý, avšak dostupný. Bude to spojná šošovka do okuliarov, ktorú dostaneme kúpiť v každej predajni Optiky. Jej optická mohutnosť je 1 dioptria, t.j. ohnisková vzdialenosť 100 cm. Cena šošovky je 15,50 Kčs. Jej priemer je v neobrušenom stave 59 mm.

Pretože šošovka je zatažená farebnou vadou, nevyužijeme jej celý priemer, ale zaočneme ju kruhovou clonou čím sa súčasne znížia aj optické vady.

OKULÁR ĎALEKOHĽADU

Ako okulár pre náš ďalekohľad použijeme akúkoľvek optickú sústavu s krátkym ohniskom. Pretože väčšina krúžkov pracuje pri ZŠ, odporúčame požičať si z inventáru školy mikroskopické okuláre. Pretože vedúcimi astronomických krúžkov bývajú obvykle učitelia fyziky iste nebude problém okulár vypožičať. V prípade, že táto možnosť nie je, zhotovíme okulár z dvoch okuliarových skiel optickej mohutnosti +10 D, ktoré opäť kúpime v predajni Optiky. Tieto hneď dáme obrúsiť na priemer 45 mm. Konštrukciu okuláru popíšeme podrobne v ďalšej časti.

Na tomto mieste odporúčame zakúpiť pre experimentovanie optickú stavebnicu: Optik-Montage-Experiment, ktorú je možné dostať v predajni Hračky za Kčs 100.--. Obsahuje celý rad šošoviek ($f = -35\text{ mm}, +120\text{ mm}, +30\text{ mm}, +65\text{ mm}$) a tiež hotový okulár, ako aj množstvo mechanických dielov, ktorú môžeme s úspechom použiť pri konštrukcii nášho ďalekohľadu.

TUBUS ĎALEKOHĽADU

Tubus nášho ďalekohľadu zhotovíme z rúrok PVC, ktoré dostaneme kúpiť v predajniach Železiarstvo, príp. Armatury a čerpadlá. Používajú sa na vodovodné a odpadové inštalácie. Pre náš účel potrebujeme dva rôzne priemery. Hlavná časť tubusu je zhotovená z rúrky vnútorného priemeru 59 mm (šedá farba). Celková dĺžka, ktorú potrebujeme je 100 cm. Okulárový výtah zhotovíme z rúrky PVC (opäť šedá farba) s vnútorným priemerom 45 mm. Celkovú dĺžku, ktorú potrebujeme je 40 cm.

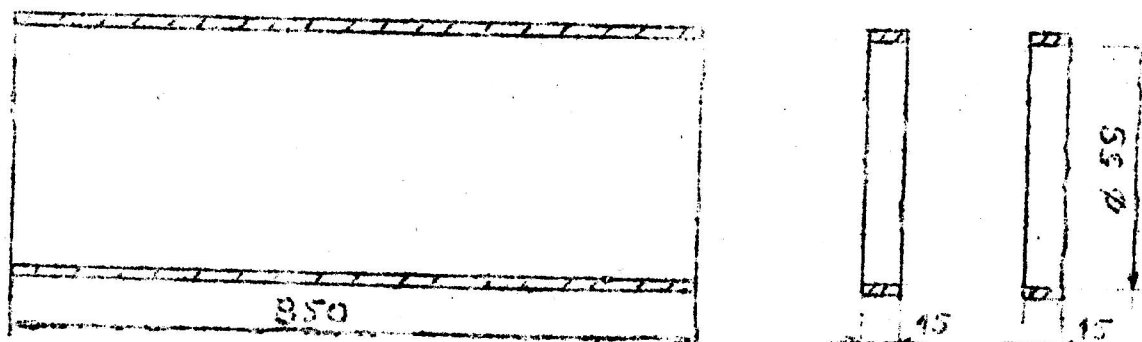
Odporúčame pri kúpe odmerať vnútornú svetlosť, pretože jednotlivé druhy sa od seba líšia a v prípade menšieho priemeru by sme museli dať obrúsiť zakúpené šošovky na daný priemer.

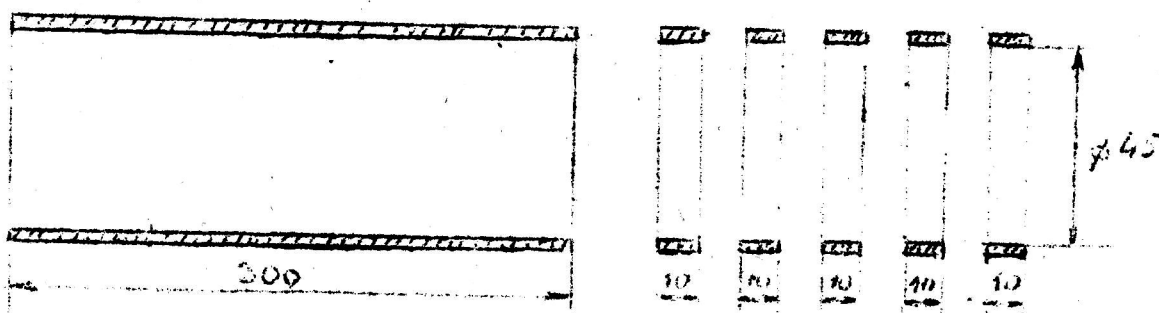
KONŠTRUKCIA ĎALEKOHĽADU

Obidve rúrky najprv upravíme opracovaním ich otvorov. Odrežeme ich kolmo na os prístroja a to najlepšie tak, že okolo rúrky otočíme tesne list kancelárskeho papiera a podľa jeho okraja na rúrku narýsujeme kružnicu, podľa ktorej potom rúrku odrežeme.

Z rúrky priemeru 59 mm potom odrežeme tou istou metódou dva prstence dĺžky 1,5 cm a z rúry priemeru 45 mm päť prstencov dĺžky 1 cm.

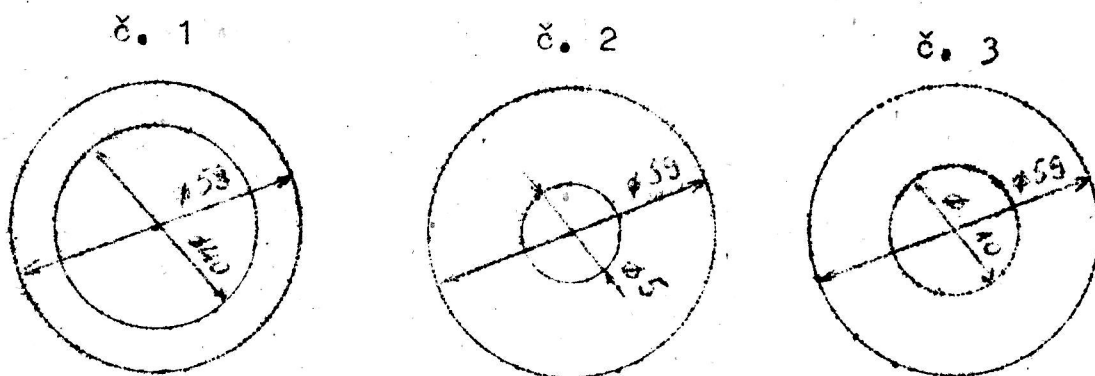
obrázok č. 1



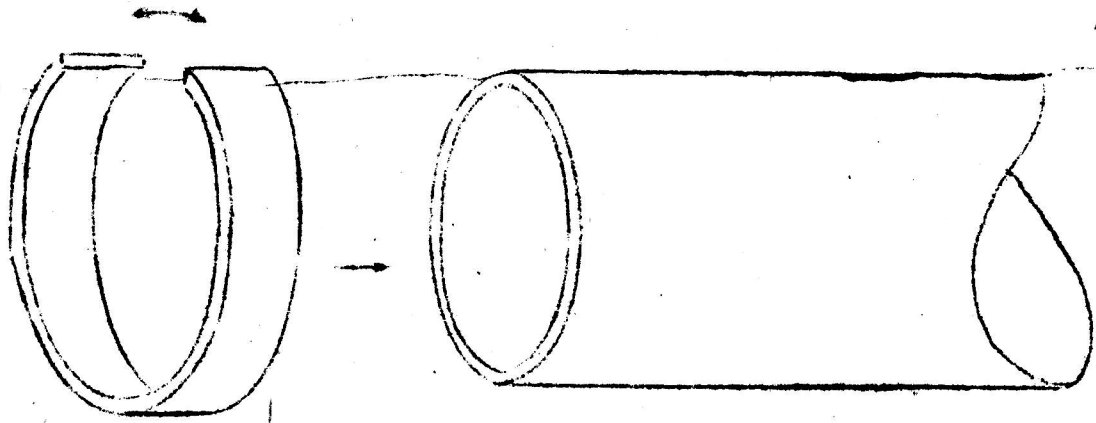


Prstence nám poslúžia na upevnenie optiky v rúrkach. Pred započatím umiestnenia šošoviek vnútro rúrok začerníme farbou ("Matná ralley čierna" - spray) a necháme poriadne zaschnúť.

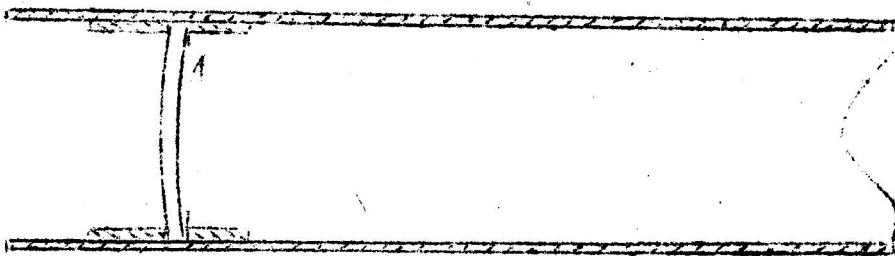
Z kartónu si pripravíme clony podľa nasledujúceho obrázka a tiež ich začerníme farbou.



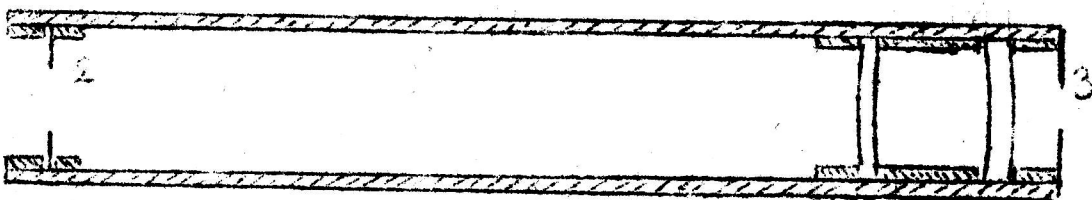
Prstence, ktoré sme odrezali z rúrok rozrežeme a vyrežeme z nich toľko, aby po stisnutí tesne vošli do rúrk, z ktorej sme ich odrezali. Tieto prstence budú držať optiku. Pracujeme pozorne a z prstencov odrežeme len toľko, aby boli po zasunutí do rúrok bez medzery a išli podľa možnosti tuho. Dobře zhotovené krúžky držia optiku v tubuse aj bez lepenia.



Do hlavného tubusu upevníme pomocou krúžkov objektív, t.j. šošovku s ohniskovou vzdialenosťou 100 cm. Pozor ! Šošovka bez obrúsenia ide do tubusu veľmi tuho, preto pracujeme opatrne. Najprv zasunieme do tubusu rovný krúžok a to do hĺbky asi 5 cm, potom clonu č. 1, ďalej šošovku ohniskovej vzdialenosti 100 cm vypuklou stranou von z tubusu a nakoniec upevňovací prstenec.

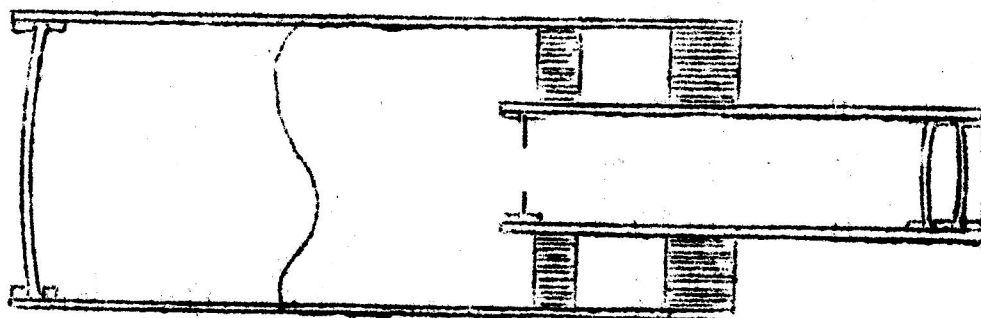


Okulárovú časť zostavíme podobne. Do jedného konca upevníme clonu č. 2 pomocou dvoch krúžkov a do druhého dve šošovky s optickou mohutnosťou po +10 D vo vzdialenosti 1 cm od seba a clonu číslo 3 podľa nasledujúceho obrázka.



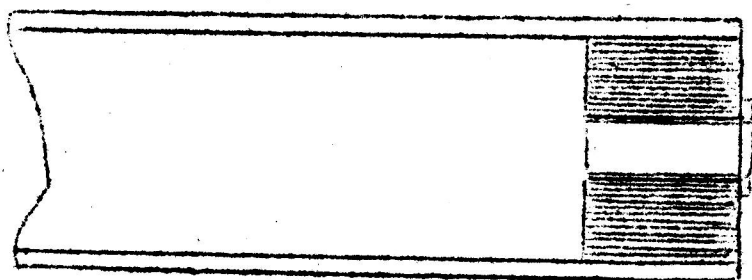
Clonu č. 3 prilepíme o krúžok lepidlom Kanagon. Potom lepiacou páskou oblepíme natáčaním okulárovú časť tak, aby sa táto tesne ale ľahko pohybovala v hlavnom tubuse. Oblepenie prevedieme na konci rúrky a vo vzdialenosti asi 10 cm pri šírke lepiacej pásky asi 2 cm. Samozrejme, že lepiaca páska môže byť aj širšia a môžeme ju s úspechom nahradiť izolepou prípadne leukoplastom.

Celková zostava ďalekohľadu je na tomto obrázku.



Ak máme možnosť použiť pre náš ďalekohľad mikroskopické okuláre, zhotovíme v okulárovej časti pre ne krúžok, zhotovený opäť ovíjaním okulára lepiacou páskou alebo izolepou.

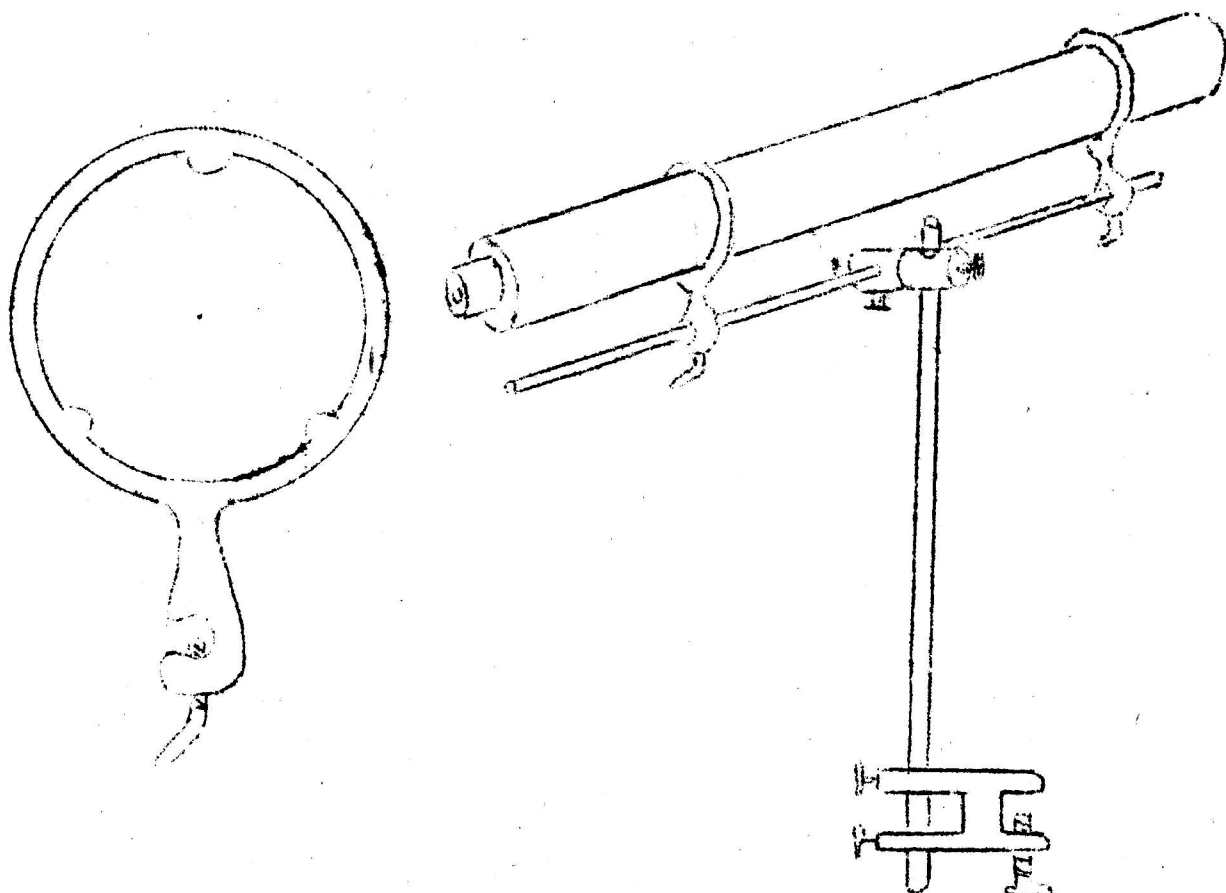
Okulár najprv ovinieme páskou obyčajného papiera, aby sme prstenec mohli hladko zobrať a potom navinieme potrebnú vrstvu lepiacej pásky. Prstenec stiahneme a vlepíme do okulárovej časti. Takto môžeme vymieňať rôzne druhy okulárov.



Pretože náš objektív je zaťaženy rôznymi optickými chybami, prichystáme si pre pozorovanie ešte niekoľko clôn s rôznym priemerom, ktoré vkladáme pre objektív a snažíme sa nimi zlepšiť obraz.

Pozorovanie ďalekohľadom z voľnej ruky je nepohodlné a preto si zhotovíme preň jednoduchý statív. Tu každý využije ten materiál, ktorý má k dispozícii.

Vedúci, ktorí majú možnosť použiť diely zo školskej stavebnice Mechanika používanej na ZŠ pre pokusy z mechaniky, môžu vyrobiť stojan z týchto častí. Na škole sa iste nájdú dva krúžky používané v chemických kabinetoch, pomocou ktorých sa upevní ďalekohľad. (Kruhy je treba vybrať a v školskej dielni obrúsiť asi o 2 mm ich stredné výbežky.) Ostatná konštrukcia sa zhotoví z častí stavebnice.



MOŽNOSTI POZOROVANIA

Nežiadajme od nášho ďalekohľadu žiadne zázraky. Jeho optika je veľmi jednoduchá a tak sa nemôže rovnať hviezdárskym prístrojom. Predsa sa však stane dobrým pomocníkom pri oboznamovaní sa so základnými objektami blízkeho vesmíru. Veľmi vhodnými objektami pre pozorovanie je Slnko, ktoré možno pozorovať projekciou, potom Mesiac a planéty Venuša, Jupiter a Saturn.

Sprístupňuje nám aj niektoré najjasnejšie galaxie, hmloviny a hviezdokopy. Môžeme ním pozorovať tesné dvojhviezdy a naučiť sa vyhľadávať objekty podľa mapiek hviezdnej oblohy.

Verím, že aj výstavba jednoduchého prístroja splní svoj výchovný a pedagogický cieľ a určite zapáli iskru záujmu o astronómiu v žiakoch a mladých záujemcoch. Odtiaľ je už len krok ku konštrukcii kvalitných prístrojov a získavaniu cenných poznatkov z tejto krásnej vednej disciplíny.

ZÁVER

Pred tristo rokmi bol vynájdený prístroj, ďalekohľad, ktorý umožnil človeku preniknúť do hĺbky vesmíru. Dnes už nikto nepochybuje, že ďalekohľad je jedným z najvýznamnejších objavov ľudstva. Uplatnil sa vo vede a technike, v pracovniach a laboratóriách vedcov ale aj v praktickom živote.

Bez ďalekohľadu by sme ešte tápali v neznalosti a mnoho tajov prírody by nám zostalo skrytých.

V mnohých oboroch ľudskej činnosti, kde je ďalekohľad používaný v spojení s inými prístrojmi, boli by získané výsledky nepresné alebo vôbec nemožné.

Zvykli sme si na ďalekohľad. V divadle ho používame vo forme divadelného kukátka, v poľovníctve ako poľovnícky trier. Zememerači pracujú s teodolitom, ktorého základnou súčasťou je ďalekohľad.

Ale málokedy si pripomenieme konštruktérov prvých ďalekohľadov a uvedomíme si obrovský krok vpred v konštrukcii prvých výrobkov.

A práve tento metodický materiál má spĺňať úlohu prehľadu a uviesť súvislosti vývoja tohoto dôležitého prístroja.

Vydala: Okresná hvezdáreň Svidník v spolupráci s KHAP
Prešov

Zodpovedný: riaditeľ OH Svidník Šulek Peter, prom.ped.
riaditeľ KHAP Prešov Lenzová Štefánia, prom.ped.

Náklad: 500 výtlačkov

Nepredajné!

Len pre vnútornú potrebu!

Autor: Šulek Peter, prom.ped.

Odborný posudok: Žižňovský Peter, prom.fyz.

Bl. č. 28-61/86