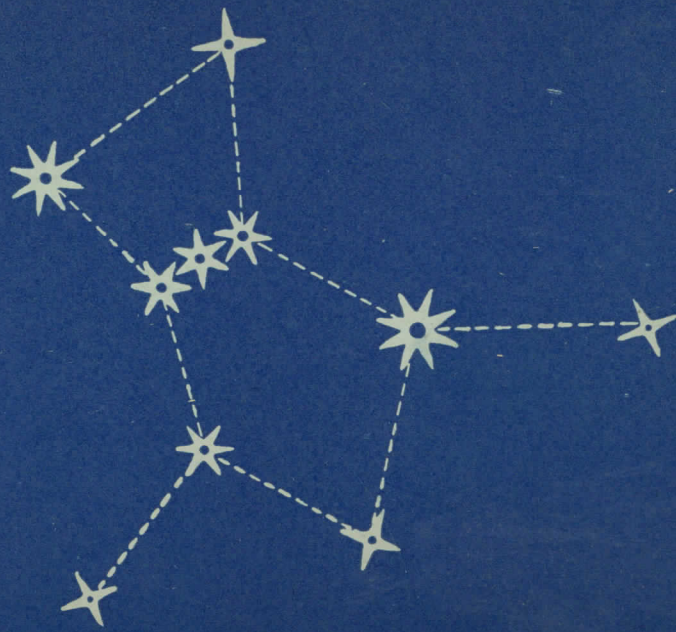


M. BUTORAC

MOUNT  
PALOMAR





MF 16383

MILAN BUTORAC

# MOUNT PALOMAR

SA 60 SLIKA NA TABLAMA

БИБЛИОТЕКА  
МАТЕМАТИЧКОГ ЗАВОДА  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Број инвентара

21. IV. 70.

Београд

HRVATSKOG PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

TISAK »TIPOGRAFIJA« GRAFIČKO NAKLADNI ZAVOD U ZAGREBU

ZAGREB 1951



## 1. Od Galilea Galileja do Georga Ellery Halea

Objavljene su prve fotografije kozmičkih objekata udaljenih na desetke i stotine milijuna godina svjetlosti, dobijene pomoću orijaškog teleskopa nove zvjezdarnice na Mount Palomaru, koja nosi ime velikog američkog astrofizičara Georga Ellery Halea.

Prije 340 godina, 6. siječnja 1610. godine, talijanski učenjak Galileo Galilei upravo je prvi put u historiji prema nebu svoj dalekozor, koji je dobijao približno 100 puta više svjetlosti od slobodnog ljudskog oka. Prema tvrđenju samog Galileja »predmeti udaljeni 50 milja izgledali su u ovom dalekozoru tako jasni, kao da su udaljeni samo 5 milja«.

»Telescopium« Galileja, iako slab, nesavršen instrument, nije samo proizveo tehničku revoluciju u gradnji astronomskih instrumenata, već su rezultati istraživanja pomoću ovog pribora utjecali na nauku i filozofiju, pa i na društveni život. Galilejeva otkrića proizvela su potresan ali radostan utisak na napredne društvene slojeve, a u reakcionarnim feudalnim i crkvenim krugovima izazvala su pravo zaprepaštenje.

### Što je otkrio Galilei?

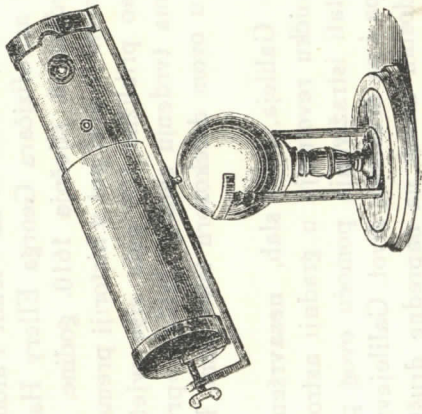
Galilei je na Mjeseću spazio planine, planeti Saturn, Jupiter i Venera izgledali su okrugli kao i Mjesec, oko Jupitera okretala su se 4 Mjeseca, a bijela koprena Kumovske Slame rasula se preko neba u tisuće zvijezda....

Ovu senzaciju objavila je mala knjižica Galileja »Sidereus Nuntius« — »Zvjezdani Vjesnik«, i kada je ona dospjela u ruke Keplera, prvog »zakonodavca neba«, on nije povjerovao u njezin sadržaj. Tek 30. kolovoza 1610., kada je od Galileja dobio teleskop, Kepler je svojim očima provjerio Galilejeve tvrdnje i napisao: »Galileo — pobijedio si!« Tommaso Campanella, socijalni utopist, koji je u to vrijeme čamio u zatvoru u Napulju, kada je pročitao »Zvjezdani Vjesnik« rekao je: »Ti si nam otvorio oči Galilei i pokazao nam ne samo novo nebo, nego i jednu novu Zemlju!«



Doista, »kristalne sfere« Ptolomejevog i Aristotelovog svijeta i srednjovjekovne skolastike bile su poljuljane u svojim temeljima, a Kopernikovim, Keplerovim i Brunovim djelima uskoro se i konačno srušile. Uzaludni su bili pokušaji crkve da inkvizicijom sačuva feudalni sistem i učvrsti poljuljano, u samim temeljima uzdrmano srednjovjekovno shvaćanje svijeta i života, što ga je crkva propisala svojom filozofijom i religioznim učenjem.

Na čelo progressa uzdignute glave i smjela pogleda stala je nauka, koja je stvaralačkim radom svojih tvoraca i boraca otkrila čovječanstvu ne samo nebo i Zemlju, nego i nove putove u svima oblastima znanja te ljudski duh izdigla do neslućenih visina i moći...



Prvi teleskop-reflektor Isaaca Newtona sa zrcalom, koje ima promjer od 1 palca (2,5 cm)

Poslije Galilejeva otkrića u XVII., XVIII. i XIX. stoljeću počele su nicali zvjezdarnice snabdjevene savršenijim astronomskim uređajem i priborom. Ljudsko oko dobilo je u obliku optičkih pomagala nenadmašivog pomoćnika. Skromni Galilejev dalekozor razvio se u orijaški teleskop refraktor, ponos najvećih zvjezdarnica Evrope i Amerike.

Gregory i Newton u XVII. stoljeću, a Herschel u XVIII. konstruirali su nov tip teleskopa — teleskop-reflektor, u kome se svjetlosne zrake ne lome nego odbijaju, reflektiraju u ugnutom zrcalu. Takvi teleskopi su potpuno ahrumatični, što je naročito važno za jasnoću slike. Osim toga teleskop-reflektor ima jaču svjetlosnu snagu

i lakše se gradi. Prve veće teleskope-reflektore sagradili su u XVIII. i XIX. stoljeću W. Herschel i Earl of Rosse i s njima učinili mnoga važna otkrića u zvjezdanom i planetarnom svijetu.

Kada je početkom XIX. stoljeća Fraunhofer uveo nova usavršavanja u praktičnu optiku, refraktori su opet zauzeli vodeće mjesto i dostigli u naše vrijeme orijaške razmjere. Na Yerkesovoj zvjezdarnici kraj Chicaga 1897. godine montiran je najveći refraktor na svijetu, teleskop s objektivom od 102 cm promjera. Pravljeni su pokušaji, da se sagrade još veći objektivni sličnoga tipa, ali savremenoj optici to nije polazilo za rukom. Veliki refraktori su jedinstveni instrumenti, prava remek djela optike dobrim dijelom i zato, što se veliki objektivni za refraktore teško prave.

Međutim, u prvoj polovini našeg stoljeća sagrađeno je preko 20 teleskopa-reflektora s ugnutim zrcalom promjera preko 1 metar. Teleskopi-reflektori prema Foucaultovom prijedlogu (1857. g.) građeni su kao masivna staklena zrcala, čija se odražajna površina najprije pokrivala tankim slojem srebra, koji se kemijskim putem u takvom sloju stavljao na zrcalo. U novije doba srebro je zamijenjeno aluminijem kao trajnijim i boljim odražajnim sredstvom. Takvi teleskopi-reflektori postali su zbog svoje jake svjetlosne snage veoma pogodni za astrofizičke radove. Osim toga lakše je sagrađiti veliko zrcalo ugnutog oblika nego leću istog promjera, pa je ta okolnost i uvjetovala dalji put tehnike...

Uspjesi fotometrije i spektroskopije, t. j. proučavanje sjaja i sastava svjetlosti zvijezda stvorili su krajem XIX. stoljeća u astronomiji novu granu nauke o nebu — astrofiziku, koja proučava ustrojstvo nebeskih tjelesa, istražuje fizikalna svojstva i kemijski sastav Sunca, planeta, kometa i zvijezda. Astrofizika proučava zatim radijalnu brzinu kretanja zvijezda i zvjezdanih formacija, udaljenost i raspodjelu zvijezda fizikalnim metodama i bavi se problemima kozmogonije — naučnom disciplinom, koja rješava probleme porijekla Sunčevog sistema i cjelokupnog zvjezdanog svijeta.

U ovoj grani astronomije, u astrofizici, posebno se ističe George Ellery Hale, čije slavno ime nosi najveći teleskop i najveća zvjezdarnica svijeta, koja je nikla također njegovom zaslugom.

Međutim vratimo se opet historiji.



Englezi su prvi podigli zvjezdarnicu izvan grada, u okolini Londona, u Greenwichu. Sada je ovaj opservatorij došao u krug velegrada, pa se seli na drugo mjesto u daleku provinciju, u Sussex, stari zamak Hurst Monceaux.

I Rusi su svoj glavni opservatorij podigli daleko od grada, u selu Pulkovu na povišenoj ravnici, južno od Petrograda, gdje horizont nije zamagljen gradskom prašinom i dimom. Pulkovska zvjezdarnica proslavila se u čitavome svijetu dragocjenim podacima o pojedinačnim i dvojnim zvijezdama, a zatim u istraživanju Sunca i drugim astrofizičkim istraživanjima. Pulkovski zvjezdani katalozi su među osnovnim zvjezdanim katalozima u suvremenoj zvjezdanoj astronomiji, po kojima se vrše mjerenja i promatranja zvijezda.

Pulkovska zvjezdarnica bila je porušena od Nijemaca za vrijeme drugog svjetskog rata kod opsjedanja Lenjingrada, ali se ubrzo obnavlja pa će uskoro, povećana i snabdjevena novim i savršениjim, većim instrumentima, zauzeti svoje staro počasno mjesto jedne od »prijestolnica astronomije«, koje je ime stekla u XIX. stoljeću...

U XIX. stoljeću proslavile su se svojim radovima brojne evropske zvjezdarnice, a krajem stoljeća pojavljuju se nove američke zvjezdarnice, koje u XX. stoljeću u vezi s razvojem astrofizike i izgradnjom teleskopa-reflektora po svom tehničkom uređenju dolaze u prve redove. Naročito se u tom pogledu istakoše planinske zvjezdarnice. Historija izgradnje takvih zvjezdarnica započela je izgradnjom kalifornijskih opservatorija.

U drugoj polovini XIX. stoljeća pojavio se u Kaliforniji, u San Francisku, milijunaš James Lick, tvorničar muzičkih instrumenata, koji je prodajom glasovira u Južnu Ameriku stekao ogroman imetak. Neženja, bez obitelji i rođaka, Lick je odlučio da čitav svoj imetak pokloni korisnim društvenim organizacijama u Kaliforniji. Između ostalih zavještanja zamislio je Lick da u San Francisku na obali Tihog oceana podigne piramidu veću nego što je ona faraona Keopsa u Egiptu, a koja bi na svome vrhu imala svjetionik i daleko na oceanu pokazivala put brodovima...

Astronom čikaškog opservatorija prof. S. W. Burnham, koji se proslavio svojim točnim promatranjima dvojnih zvijezda, nagovorio je Licka, da napusti svoju ideju i da se proslavi izgradnjom najveće zvjezdarnice u Americi. Lick je pristao, a prof. Burnham je poslije pažljivog istraživanja odabrao mjesto na planini Hamilton blizu grada San Jose, u sjevernoj Kaliforniji. Tu je prof. Burnham proveo tri mjeseca u vrlo teškim uslovima terenskog istraživačkog rada. Za to

## 2. Izgradnja astronomskih opservatorija

U ovom razdoblju postignuti su ne manji uspjesi u izgradnji astronomskih opservatorija.

Već u davno doba babilonske historije gradili su visoke tornjeve-zvjezdarnice, nastojeći da s visokog tornja lakše razgledaju nebeska tijela. Tako su na pr. na vrhu znamenitog hrama Etemenanki u Babilonu, na visini od 90 metara, kao i na drugim tornjevima mnogobrojnih hramova u Babilonu, Borsipi, Sipuru, Nipuru bile zvjezdarnice. Slične hramove-zvjezdarnice — astronomija je tada kao i druge nauke bila u rukama svećeničke hijerarhije — gradili su svećenici u Egiptu, u Peruu, Meksiku... Takva je visoka građevina bila i znamenita zvjezdarnica Tycho Brahea (1546.—1601.) na otoku Hven kod Kopenhagena, sagrađena 1576. godine, pravi srednjovjekovni dvorac, pa se tako i nazivala — »Dvorac Uraniborg«. (Dvorac Uranije, božice neba).

Ali ma kako visoke tornjeve gradili, na planetu ne možemo stići niti vidjeti više zvijezda. Visok toranj, bez obzira na tvrd kamen iz koga se gradi, nestabilan je, a stabilnost tornja danas je osnovni uvjet za točnost promatranja. To se shvatilo tek krajem XVIII. stoljeća, čim su se pojavili prvi točniji instrumenti za mjerenje i veći, jači optički instrumenti. Ustanovilo se, da su stara shvatanja o izgradnji opservatorija-tornjeva sada pogrešna. Visoki tornjevi stalno se tresu zbog saobraćaja kola, automobila, željeznice i drugih vozila u njihovom području, a zatim zbog atmosferskih pojava — vjetera. I ukoliko je toranj viši, utoliko su kolebanje tornja i vibracija instrumenata veći. Visoki je toranj osjetljiva poluga, koja treperi kao list na stablu i nepovoljno se odrazuje na točnost promatranja.

U najnovije vrijeme astronomi grade niska zdanja za zvjezdarnice, pa ih čak i ukopavaju u zemlju, kao Ulugh-beg u XVI. stoljeću u Samarkandu. Zatim nastoje, da zvjezdarnice podižu izvan grada, da se izbjegne gradska prašina, dim, električna svjetlost i vibracija tla. Nju izazivlje saobraćaj a ona se neizbježno prenosi na zgrade i na instrumente za mjerenje i promatranje, koji se nalaze u njima.



kratko vrijeme on je s relativno skromnim sredstvima otkrio 43 dvojne zvijezde i to tako bliske, da dotle ni na jednoj zvjezdarnici nisu mogli da ih rastave na komponente, t. j. da ih vide kao dvostruke zvijezde. U svome izvještaju prof. Burnham je napisao, da se ni jedan astronomski opservatorij na svijetu ne će nalaziti u tako povoljnim uvjetima za promatranje i naučno istraživanje kao Lickov opservatorij. Sam Lick je posjetio Mount Hamilton i s prof. Burnhamom odabrao teritorij za zvjezdarnicu. Pod naučnim rukovodstvom Kalifornijskog univerziteta napravljeni su planovi, i 1888. godine završena je Lickova zvjezdarnica, koja se svojim otkrićima proslavila širom svijeta.

Veliki teleskop, t. zv. ekvatorijal od 36 palaca (91 cm), biblioteka, pomoćne zgrade uskoro su ukrali planinu.

Danas je Lickova zvjezdarnica čitav astronomski kombinat snabdjeven prvoklasnim instrumentima (osim spomenutog refraktora ima ekvatorijalni refraktor od 12 palaca, meridijanski krug od 6 $\frac{1}{2}$  palaca, reflektor Crossley od 36 $\frac{1}{4}$  palaca (91 cm), tražilac kometa od 6 $\frac{1}{2}$  palaca, astrograf od 20 palaca, brojne fototeleskope, spektrografe, seizmografe, kronografe, fotometre i t. d., koje su zvjezdarnici poklonili razni darovatelji. Biblioteka ima preko 30.000 svezaka astronomске literature i srodnih oblasti. U sklopu opservatorija nalazi se i naselje astronoma i pomoćnog osoblja, stručnjaka mehaničke i optičke radionice, oko 50 ljudi. Za njihovu djecu nalazi se tu i škola, a za posjetioce hotel. Svakog dana osim nedjelje može svako posjetiti ovaj astronomski naučni centar svijeta, upoznati se s njegovim uređajem i motriti nebo sa slobodnim instrumentima.

E. Holden, J. Keeler, S. Burnham, E. Barnard, W. Hussey, W. Wright, H. Curtis, J. Moore, R. Wilson, C. Huffer, W. Campbell i drugi astronomi istakli su se svojim radovima ne samo na ovoj zvjezdarnici, već i u ekspedicijama, te na planinskoj opservatoriji, filijali u Peruu. Publikacije, prilozi, atlas i bilteni objavljuju otkrića Lickove zvjezdarnice. Preko 5.000 dvojnih zvijezda, pet Jupiterov satelit, čiji promjer nije veći od 150 km, šesti, sedmi, osmi satelit, 40 novih kometa, sjajna Barnardova otkrića u Kumovskoj Slami, preko 30.000 spektrografskih istraživanja, mjerenje gibanja zvijezda i Sunca, kretanja Polarne zvijezde i Kapele (Capella), preko 400 dvojnih spektroskopskih zvijezda, otkriće spiralnih, plinovitih i tamnih maglica, novih zdanih oblaka i drugih nebeskih objekata, istraživanja Plejada, novih zvijezda, fotografske studije Marsa, Jupitera, Saturna, Venere, Merkura — to je tek nepotpuni spisak radova i programa ove zvjezdarnice.

Znamenito je otkriće meteornog ustrojstva Saturnova prstena pomoću spektralne analize na Mt. Hamiltonu.

Bivši ulični fotograf Barnard snimio je na ovoj zvjezdarnici cjelokupnu Kumovsku Slamu i otkrio u njoj nove formacije i pojave, na koje prije nisu obraćali pažnju. On je otkrio tamne kozmičke oblake neprozirne materije, koji apsorbiraju svjetlost zvijezda, proučio je zvjezdane oblake, čudesne formacije, koje se sastoje od neizmjerne brojne zvijezda, koje nam kroz manji teleskop u prašnjavim ravninama i blizini gradova izgledaju samo kao bijele, mutne pjegice. Barnard nije propustao ni jedan komet, i njegove fotografije ovih čudnih nebeskih objekata pružile su nauči dragocjene podatke. Na Barnardovim fotografskim pločama vidi se, kako se neki kometski repovi razdvajaju u dodatne repove, koji se sastoje od oblaka kozmičkih čestica ili plinovite materije. Prvi put je ova pojava promatrana 1908. godine kod kometa Morehousa.

Barnardovi fotografski radovi objavljeni su u XI. knjizi »Fotografije Kumovske Slame i kometa« u izdanju zvjezdarnice. Knjiga XIII. daje opis 762 maglice i zvjezdanih oblaka snimljenih pomoću Crossleyevog reflektora, studije tamne materije u svemiru, planetarne maglice i njihova spektralna istraživanja, znamenite radove Curtisa, Moora, Campbella, Wilsona i Wrighta. Čitavu VIII. knjigu ispunjavaju raskošne fotografije maglica i zvjezdanih oblaka, koje je sa Crossleyevim reflektorom snimao astronom Keeler. Takve prekrasne snimke dotad nije dobila ni jedna zvjezdarnica na svijetu. Prekrasni klimatski planinski uslovi pružaju astronomima mogućnost, da spiralne maglice razlažu na zvjezdane skupine.

Tako se proslavila mnogobrojnim uspjesima u nauči prva planinska zvjezdarnica Jamesa Licka, zvjezdarnica Kalifornijskog univerziteta. Ona je dokazala cjelishodnost izbora mjesta za velike, nove zvjezdarnice u planinskim oblastima kontinenata. Niz novih opservatorija, posebno astrofizičkih, u takvim oblastima obogaćio je astronomiju velikim otkrićima, o kojima nisu mogli sanjati ni najveći umovi čovječanstva. Glasoviti babilonski toranj zvaao se, kao što smo rekli, Etemenanki, što znači »Osnovica neba i zemlje«. Savremene zvjezdarnice su pravi hramovi nauke, u kojima se otkrivaju stvarne osnove neba i zemlje, beskrajnog svemira i neprekidno pokretljive, vječne materije u svim njezinim dinamičkim i statičkim stanjima i oblicima od atoma i njegovih sastavnih dijelova pa do spiralnih maglica Velikog Svemira, svijeta svjetova...



čno radno vrijeme velikog refraktora. S materijalnom pomoći oca Hale nabavlja skromniji teleskop-refraktor od 30,5 cm promjera, s kojim je mogao eksperimentirati do mile volje.

Kao rezultat Haleovih pokusa već 1892. godine pošlo mu je za rukom da izradi radni model svog sjajnog instrumenta nazvanog spektroheliografom, koji je pružio mogućnost da se fotografiraju samo ona mjesta Sunčeve površine, gdje ima uzarene atmosfere jednog određenog kemijskog elementa. Najprije je Haleu pošlo za rukom da fotografira samo atmosferu kalcija, ali uskoro on usavršava svoj pribor u tolikoj mjeri, da se mogla fotografirati i atmosfera vodika, a oblaci kalcija mogli su se fotografirati posebno na raznim slojevima Sunčeve atmosfere.

Pomoću takvih istraživanja Hale je otkrio vrtložno gibanje u okolici Sunčevih pjega, a pravac obrtanja ovih ogromnih vrtloga bio je jednak kao i kod naših ciklona t. j. zavisan je od obrtanja Sunca oko osi. Kasnije je Hale izumio drugi, po konstrukciji jednostavniji pribor — spektrohelioskop, koji dopušta da se plinoviti oblaci promatraju neposredno, slobodnim okom, a po skromnim razmjerima i cijeni pristupačan je i manjim zvjezdarnicama pa čak i ljudjeljima astronomije.

Godine 1908. Hale je optičkim putem otkrio magnetizam Sunčevih pjega, koje predstavljaju prave elektromagnete. Dalja istraživanja ove pojave pokazala su da se svakih 11 godina, istovremeno s periodom Sunčevih pjega, mijenja i njihov magnetski polaritet.

Godine 1892. u vezi s izumom spektroheliškopa Hale je dobio poziv, da primi katedru astronomije na sveučilištu u Chicagu. Uskoro je doznao, da se kod znamenitog optičara Alvana Clarka nalaze dva diska stakla pogodna za izradu objektivna od 102 cm. Zahvaljujući svojstvenoj mu energiji, Haleu je uspjelo da smogne sredstva, pomoću kojih je sveučilište nabavilo najveći refraktor svijeta. Taj je refraktor montiran na zvjezdarnici podignutoj u državi Wisconsin na obali Michiganskog jezera. Tako je nastala Yerkesova zvjezdarnica, čiji je prvi direktor postao Hale.

Međutim teleskop nije imao potrebnih pomoćnih pribora za istraživanje. Haleu je pošlo za rukom da nabavi sredstva i za grandiozan spektrograf, s kojim je uspjelo fotografirati spektre u vrlo velikom razmjeru, kao i sredstva za izgradnju velikog spektroheliografa. Zaista se moramo diviti Haleovoj upornosti i energiji. Kao direktor tako krupne institucije on je vodio opsežni naučni rad i istovremeno nalazio vremena da pronade sredstva za razvoj nauke, koju je toliko volio.

### 3. George Ellery Hale i njegova uloga u svremenoj astronomiji

Spomenuli smo uspjehe postignute u astrofizici i ulogu Georga Ellery Halea u ovoj grani astronomske nauke.

Tko je bio George Ellery Hale i u čemu se sastoji njegov udio u ovoj nauci?

Hale se rodio 1868. godine u Chicagu. Otac mu je bio tvorničar hidrauličkih dizalica pa je sina spremio za karijeru inženjera, ali mladi Georg pokazivao je najživlji interes za prirodne nauke i naravno čito se zanosiio teorijom evolucije. Jedno vrijeme bio je Hale sklon da se posveti zoologiji, ali uspjesi spektroskopije u primjeni istraživanja Sunca i zvijezda, koji su postignuti u to vrijeme u novim radovima Hugginsa i Secchia dopuštali su, da se teorija evolucije primijeni i na svijet kozmičkih tjelesa, na zvijezde i druge kozmičke formacije, što je utjecalo na izbor profesije mladog Georga.

Dok je još Hale bio student Tehnološkog instituta u Cambridgeu u S. A. D., došla mu je na pamet misao o mogućnosti specijalnih opažanja Sunca pomoću spektroskopa. Običan izgled Sunca — okrugli disk skoro ravnornog sjaja — stvara se zračenjem, isijavanjem svih užarenih tvari, koje se nalaze u Sunčevoj atmosferi. Slabije zračenje plinova, koji lebde i plove u vidu užarenih oblaka u Sunčevoj atmosferi sasvim propada kod običnog promatranja Sunca. Hale je pronašao shemu, koja dopušta da se isključujući zračenje fotosfere, da se vide i snime samo one zrake, koje zrači kromosfera i to od jednog određenog kemijskog elementa.

Kada je 1890. godine završio Tehnološki institut, Hale je posjetio tek dovršenu Lickovu zvjezdarnicu, čiji se direktor toliko zainteresirao za nove mogućnosti opažanja Sunca, da je mladiću predložio, da za svoje pokuse iskoristi najveći u to vrijeme teleskop-refraktor opservatorija od 91 cm promjera. Hale je međutim odbio ovaj veoma laskav prijedlog, jer je smatrao, da će za praktično ostvarenje nove metode biti potreban duži rok, nego što mu ga može pružiti ograni-



Ovaj najveći teleskop-reflektor na svijetu nije bilo tako lako sagraditi — to je bio pravi podvig smjelih konstruktora i optičara. Ne samo zato što je prva faza livenja i brušenja stakla zahtijevala izuzetnu opreznost; poliranje stakla moralo je u doslovnom smislu riječi biti idealno — ni na jednoj točki površine zrcala ne smije imati odproračunate, geometrijske zakrivljenosti, veću razliku od 1—2 mikrona. Iako je debljina zrcala od 30 cm mogla osigurati zrcalo od savijanja, njegova težina od 4.500 kg mogla je lako da utječe na deformaciju površine za veću veličinu nego što se to moglo dopustiti. Neznatna promjena u temperaturi površine također je mogla da izazove deformaciju površine zrcala. Poslije dugotrajnih istraživanja konstruirana je naročita sprava čijom primjenom se izbjegava uganjanje zrcala uslijed težine i deformacija površine zbog promjena temperature.

Medu suvremenim teleskopima, teleskop-reflektor na Mt. Wilsonu pravi je velikan, kome nisu dorasli mnogobrojni teleskopi-reflektori na čitavom nizu velikih zvjezdarnica svijeta. Pomoću ovog teleskopa dobijene fotografije više su negoli sjajne i mogu se takmičiti s najboljim fotografijama Keelera i Barnarda na Lickovoj zvjezdarnici.

Reflektori, kao što smo istakli, zbog svoje velike svjetlosne snage i potpune ahromatičnosti, predstavljaju idealne instrumente za istraživanje spektra slabih zvijezda. Ali za spektroheliografska istraživanja oni nisu pogodni zbog vrlo malog polja vida. Za tu svrhu morao se koristiti objektiv s velikom žarišnom daljinom montiran neposredno, što je imalo veliku prednost, jer je dopuštalo da se upotrebi spektroheliograf s velikim omjerom i snagom. Za promatranje Sunca bio je upotrebljen coelostat, koji se sastoji od dva zrcala, koji odražuju Sunčeve zrake u odgovarajućem stalnom pravcu.

Opet pomoću sredstava, koje je uspio da pribavi Hale, bio je najprije sagrađen dugački horizontalni teleskop originalne konstrukcije, a zatim dva »toranjska« teleskopa, u kojima su se zrake Sunca od coelostata na vrhu tornja upravljale vertikalno dolje na dno dubokog zdenca, smještenog ispod rešetkastog tornja, gdje je na dubini od 22 metra, u uslovima stalne temperature, smješten najvažniji dio spektroheliografa. Visina većeg tornja jest 45 metara iznad zemlje, pa je vrlo teško bilo sačuvati na vrhu tornja montiran objektiv i zrcala coelostata od vibracija, koje izazivlje vjetar. Hale je ovaj problem riješio izgradnjom širokih čeličnih cijevi oko rešetaka, koje su preuzele ulogu kao nekog omotača i primile na sebe sve udarce vjetra.

U to vrijeme Hale je osnovao »Astrofizički žurnal«, časopis, koji je do dandanas ostao pravi uzor sličnih izdanja.

Punih deset godina ostao je Hale na mjestu direktora Yerkesove zvjezdarnice i iskoristio je sve mogućnosti, koje mu je ova institucija mogla pružiti u istraživanju Sunca. Ali on je želio i nastojao da pruži još manje pojedinosti na površini Sunca nego što je to dopuštao teleskop od 102 cm; on je htio da fotografira spektre još slabijih zvijezda, da u još većem omjeru prouči svijet najudaljenijih i najslabijih maglica. Haleu je bilo jasno, da su za tu svrhu potrebni drugi instrumenti, a ne refraktori, a i drukčije atmosfere okolnosti nego što postoje u američkoj ravni.

Bila je potrebna jedna planinska zvjezdarnica, koja bi se nalazila u odličnim klimatskim i meteorološkim uslovima, a snabdjevena sa svim drugim instrumentima — velikim teleskopima-reflektorima i refraktorima, s objektivima mnogo veće udaljenosti žarišta no što je čak i objektiv Yerkes-observatorija.

Mogućnost ostvarenja ovih projekata pružila se zbog velikih fondacija Carnegie-Instituta.

Poslije dužeg proučavanja meteoroloških prilika južnih i zapadnih država, po odluci prof. Husseya i Halea, u planinama Kalifornije bilo je izabrano mjesto za izgradnju velike astronomske zvjezdarnice. Ona je najprije određena isključivo za proučavanje Sunca, pa je zato i dobila naziv »Sunčev opservatorij na Mount Wilsonu«.

Na jednom od najviših vrhova Siera Madre (1.738 m), sjeveroistočno od grada Pasadene, započeta je izgradnja zvjezdarnice. Već u samom početku, kada se razrađivao instrumentarij za ovu zvjezdarnicu, Hale je pošao po sasvim novome putu. S jedne strane on je odlučio da napusti primjenu refraktora i sve je napore usredsredio na to, da se stvori reflektor od 60 palaca (152,7 cm), koji bi po svojoj veličini prestigao sve dotadašnje instrumente. Pri izgradnji ovog teleskopa bile su iskoristene najnovije tekovine tehnike. Haleu je pošao za rukom da u tu svrhu koristi uglednog optičara i konstruktora Ritcheya, koji je za potrebe opservatorija izgradio u Pasadeni optičke radionice. Godine 1908. teleskop je bio gotov, a 1910. započeo je Ritchey prena planovima Halea da gradi novi, još veći teleskop, za koji je John D. Hooker dao potrebna sredstva, pa se po njemu i prozvao »Hookerov teleskop«.

Hookerov teleskop-reflektor ima promjer od 100 palaca (254,6 cm), a montiran je na Mt. Wilsonu 1916—1918.



Haleu je vrlo dobro došlo njegovo obrazovanje inženjera pri gradnji ove konstrukcije kao i pri izumu i usavršavanju spektroheliografa i drugih konstrukcija.

Hale je uz zvjezdarnicu na Mt. Wilsonu organizirao obračunski biro, sjajni fizikalni laboratorij i velike mehaničke i optičke radionice u Pasadeni, gdje su se gradili mnogobrojni pomoćni instrumenti, među kojima i veliki interferometri za mjerenje promjera zvijezda. Fizikalni laboratorij pomogao je Haleu u proučavanju magnetskih pojava na Suncu kao i za mnogostrana istraživanja u oblasti spektralne analize.

Godine 1904. Hale osniva »Međunarodni savez za istraživanje Sunca«. Iz ove organizacije nikao je kasnije Međunarodni astronomski savez — najuglednija međunarodna naučna ustanova, koja ujedinjuje učenjake čitavoga svijeta i organizira zajedničke programe rada astronomskih opservatorija.

Zdravlje Georga Ellery Halea nije izdržalo tako velike napore, pa je 1923. bio prinuđen da napusti mjesto direktora velike zvjezdarnice na Mt. Wilsonu, ali je sačuvali zvanje njezinog počasnog direktora. Međutim naučni rad Hale nije prekinuo. Mirnije uslove života iskoristio je za dva važna zadatka: za popularizaciju toliko voljene nauke i za stvaranje novog, grandioznog teleskopa i nove velike astrofizičke zvjezdarnice. Mnogobrojni članci, po dubini i jasnoći majstorski izloženi, pojavile su se u štampi. Komisija za projektiranje orijaškog teleskopa — bila je rezultat njegovih posljednjih napora. U Pasadeni, 22. veljače 1938. godine, pri radu na projektima nove velike zvjezdarnice umro je najveći suvremeni astrofizičar svijeta... Novi, orijaški teleskop još nije bio gotov, ali je uspješno odličen disk bio već u Pasadeni na optičkoj obradi, a bilo je već i nađeno mjesto za novu zvjezdarnicu.

Osim spomenutih astrofizičkih uspjeha, postignutih istraživanjima Georga Ellery Halea s njegovim novim instrumentima i pomagalima, moramo spomenuti i druge uspjehe velike zvjezdarnice na Mt. Wilsonu, koji su ponukali Georga Ellery Halea da svoju neumornu inicijativu upravi na izgradnju još usavršenijih i većih teleskopa i izgradnju nove velike zvjezdarnice na Mount Palomaru.

#### 4. Mali izlet u Svemir

Da bi mogli shvatiti ove uspjehe, orijaške omjere i beskrajnost svemira, koju nam otkrivaju veliki suvremeni teleskopi, veličinu zvijezda i njihove međusobne udaljenosti, divovske razmjere svemirskih maglica, globularnih skupina i zvjezdanih oblaka, i to, kako je čovjeku uspjelo da ih utvrdi i izmjeri, krenut ćemo na jedno malo fantastično putovanje kroz svemir.

Da poletimo brzinom od 2000 metara u sekundi, a to je nesumnjivo velika brzina, 7200 kilometara na sat! Ekvator naše Zemlje obišli bismo s takvom brzinom za 5 sati i 34 minute. S istom brzinom krenuli smo na Mjesec i odabrali smo na pr. vrijeme kada je Mjesec u svome perigeju, najbliže nama. Do njegove površine doletjeli bi za 2 dana i 1 $\frac{1}{2}$  sata, a kada bismo poduzeli s istom brzinom da se krećemo prema Suncu stigli bi do nje za 2 godine 4 mjeseca i 10 dana. Kao što vidimo to je dugačko putovanje, i do prve zvijezde ne bi stigli za trajanja našeg života. Moramo dakle izabrati drugu, veću brzinu.

Da krenemo u Svemir najvećom od svih mogućih brzina, brzinom svjetlosti, brzinom radiovalova, t. j. 150.000 puta većom brzinom od pređašnje! Prema teoriji relativnosti to je najveća brzina, koja se može postići u prirodi... Tom brzinom doletjeli bismo do Mjeseca za 1 i po sekunde, do Marsa za 4 minute, ako se nalazi u protivstavljanju sa Suncem, a za 8 minuta i 18 sekundi doletjeli bi do samoga Sunca. Poslije putovanja od 45 minuta mimoišli smo Jupiter i krajem drugoga dana došli smo na granicu Sunčevog sustava, preletjeli Pluton i našli se na granici pustog nebeskog prostiranja, kroz koje bismo letjeli najmanje 4 godine da stignemo do Suncu najbliže zvijezde — Proxime Centaura. Produžujući naš put istom brzinom tek krajem devete godine doletjeli bi do Siriusa, a do Vege poslije 27 godina putovanja...

U beskrajnem svemirskom prostiranju zvijezde nam izgledaju kao rijetko rasijani svjetionici na nepreglednim horizontima oceana. Milijunima milijuna kilometara mjere se udaljenosti zvijezda. Karl



Stoermer, norveški učenjak u svojoj knjizi »Prostranstvo i atomi« daje očiglednu predstavu o veličini zvijezda i udaljenosti među njima. Zamislite čiodu, čija glava ima promjer od 1,5 milimetara a sama čioda duljinu od 160 kilometara. Eto to je očigledna slika veličine Sunca i njegove udaljenosti od Zemlje. Ali udaljenost Sunca, kao što smo vidjeli, i nije tako velika, ako je usporedimo s drugim svemirskim udaljenostima. Da navedemo primjere.

Prekrasna je skupina zvijezda Plejada u zviježđu Taurusa (Bika) u našem narodu poznata kao Vlašići ili Sedmero Braće. Talijanski je narod ovu grupu zvijezda nazvao »Sedam kokoši« — »Sette Gallinelle«. Normalnim okom može se u ovoj grupi zvijezda razabrati 6—7 zvijezda, a oštar pogled može razlikovati do 11 zvijezda. Galileo Galilei nabrojao je godine 1610. sa svojim teleskopom u ovom zviježđu 36 zvijezda, što je i objavio u svome znamenitom »Zvjezdanom Vjesniku«.

Glavnih zvijezda u ovoj grupi ima 9: Alcyone, Electra, Atlas, Maja, Merope, Taygete, Pleyone, Celoea i Asterope.

Plejade predstavljaju jedinstven fizički sistem, grupu zvijezda, koje se kreću zajedno, pa je čak i njihov spektar veoma sličan.

Međutim u Plejadama nema samo onih 36 zvijezda, što ih je nabrojao Galilei, već nekoliko tisuća zvijezda — otkrili su ih velikim teleskopima i fotoagrafskim snimcima. To je pravi zvjezdani oblak, koji je udaljen od naše Zemlje 500 godina svjetlosti a linearni promjer skupine, t. j. od jednog njenog kraja do drugog, svjetlost prijeđe za više od 17 godina.

Čak, štoviše, one najsjajnije zvijezde i nisu zvijezde — Alcyone, Merope, Maja, Taygete i konačno Electra su tamne maglice, oblaci kozmičke prašine, koje osvjetljavaju njima omotane zvijezde, pa one nama izgledaju kao velike zvijezde. Ovi oblaci kozmičke prašine pokrivaju kao ogroman, mjestimično gust veo područje zvijezda, pa je za taj oblak karakterističan spektar susjednih zvijezda i paralelne osvjetljene pruge, posebno oko Merope.

Ali i ova za slobodno oko mala grupica zvijezda, a spektroskopski i spektrografski otkrivena kao divovski, složen sistem, iščezavajuće je malena ako je usporedimo s drugim velikim sistemima u našoj Kumovskoj Slami, u našoj galaktici ili sa samom galaktikom, u kojoj svjetlost od jedne do druge suprotne njezine najudaljenije granice putuje 100.000 godina! Tako je ogroman naš zvjezdani svijet, Kumovska Slama. Koliko u njoj ima zvijezda?

Lav Tolstoj jednom prilikom htio se narugati astronomima pa je rekao, čemu onaj broje zvijezde, kad ih i onako ne mogu izbrojiti.

Kao što postoji statistika ljudi, prirodnih dobara, smrtnih slučajeva i nataliteta, tako postoji u nauci i statistika zvijezda. Bez statičke mnoge nauke ne bi upće mogle postojati ni dalje se razvijati, a pogotovo ne bi mogle da dolaze do saznanja prirodnih zakona i razumijevanja prirodnih pojava. U statistici postoje metode naučno potkrijepljene i provjerene. I eto pomoću statističkih metoda i na osnovu rotacije galaktike Oort i Lindblad proračunali su da u našoj Kumovskoj Slami ima 200 milijardi zvijezda, ako računamo da svaka njezina zvijezda ima prosječnu veličinu mase naše zvijezde — Sunca. Prostim okom čovjek vidi na čitavome nebu oko 6000 zvijezda od 1. do 6. veličine. Pomoću velikog reflektora na zvjezdarnici Mount Wilson pri dužoj ekspoziciji fotoagrafskih ploča može se izbrojiti u našoj galaktici do 1 milijardu zvijezda ili zvijezde do 20. veličine... Upravo na osnovu statističkih podataka različitih spektralnih klasa zvijezda postavljaju se osnovice za rješavanje problema evolucije zvijezda, njihove dinamike, gibanja i mnogih drugih problema zvjezdanog svijeta.

A naše Sunce, gdje se ono izgubilo u ovim milijardama zvijezda?

Na udaljenosti od 10.000 parseka ili 30.700 godina svjetlosti od centra Kumovske Slame, kao ravnopravni član divovskog sistema, kruži i putuje zajedno s drugim zvijezdama u jednome od vanjskih rukava ogromne spirale zvjezdane materije. Naše Sunce je obična srednja zvijezda, ispod srednje veličine... Proučavajući naše Sunce (a u tome smo bezuvjetno najviše zainteresirani), slične, istovetne i različite zvijezde u našoj galaktici po starosti njihovoj, kemijskoj supstanci, procesima, koji nastaju na njihovim površinama u njihovom gibanju i t. d., nesumnjivo ćemo saznati koje mjesto zauzima naša zvijezda u svemiru, koja je njezina dalja sudbina, a s njom i sudbina našeg planeta.

Iza granica naše galaktike leže mnoge i mnoge slične galaktike, spiralne maglice, svjetovi stotina milijardi zvijezda udaljeni od našeg svijeta zvijezda, naše galaktike, na milijune i stotine milijuna godina svjetlosti! Tko zna što se događa u ovim svjetovima milijarda i stotina milijarda sunaca, zvijezda, ovoga časa? Možda neki divovski događaji, o kojima mi ništa ne znamo. Svjetlost će nam donijeti izvještaj o njima tek poslije mnogo milijuna i stotina milijuna godina.



i finom šivaćom iglom napravimo dvije rupice vrlo blizu jednu drugoj i s udaljenosti od nekoliko metara razmotrimo kroz te rupice jednu od sjajnih, blještavih slika Sunca, umjesto točke zapaziti ćemo mali kružić ispresijecan malim crnim prugicama. Ova se pojava objašnjava valnom teorijom svjetlosti. Dva snopa svjetlosti prolazeći kroz obe rupice dovode do mrežnice oka tamne pruge nazvane prugama interferencije. Poslije ovog eksperimenta možemo uzeti još nekoliko kartona i probušiti na svakom od njih po dvije rupice na taj način, da udaljenost među njima bude sve veća i veća i počnimo po redu da promatramo kroz njih sjajne suncane točke. Poslije nekoliko pokusa primijetit ćemo, da će crne pruge iščeznuti, i da ćemo dobiti potpun, ne baš suviše jasan kružić. Ova pojava zavisi od udaljenosti među rupicama, a i od promjera promatranog objekta, u danom slučaju od promjera Sunca.

Kod Michelsonovog eksperimenta Hookerov teleskop od 2,5 metra promjera zamijenio je kazališni dalekozor, a rupice na kartonu posebni uređaj sa zrcalima, koja se mogu precizno razmicati. Ne ćemo se upuštati u podrobnosti opisa ustrojstva pribora i metoda obračunavanja promatranja, jer su to veoma stručna pitanja.

Poslije niza eksperimenata s planetima i Suncem Michelson i Peace izmjerili su promjer zvijezde Betelgeuse (Alfa Orionis). Ovu su zvijezdu odabrali zato, što su neki znakovi ukazivali na njezino naročito ustrojstvo. Eksperimenti su potpuno uspjeli i pretpostavke su se sjajno opravdale: pokazalo se da je promjer Betelgeuse 460 puta veći od promjera Sunca, a promjer Sunca je, kao što nam je poznato, 109,05 puta veći od promjera Zemlje (Sunce ima promjer 1.391.106 km, a Zemlja 12.756 km).

Na Mt. Wilsonu izmjerili su Hookerovim teleskopom i promjere drugih divovskih zvijezda. Tako na pr. Antares u zvijezdu Škorpiona ima promjer 510 puta veći od Sunca, Arktur u zvijezdu Pootesa 30 puta, Aldebaran 38 puta, Mira Ceti još je veća od Betelgeuse — 540 puta njezin je promjer veći od promjera Sunca, a promjer divovske zvijezde VV Cephei 1100 puta! Ako usporedimo našu zvijezdu, Sunce, s ovim kolosima — divovsko Sunce je zapravo zvjezdica patuljak.

Opisano premjeravanje zvijezda isključivo je tekovina planinskog opservatorija.

Da spomenemo još malo opširnije samo dvije tekovine zvjezdarnice na Mount Wilsonu.

Glasoviti američki astronom Harlow Shapley izvršio je određivanje udaljenosti t. zv. globularnih, kuglastih zvjezdanih skupina.

### 5. Uspjesi planinskih opservatorija

Uz ovakove uslove, gdje se dimenzije Kumovske Slame, drugih galaktika i stotina milijardi zvijezda u njima mjere godinama svjetlosti, stotinama i milijunima godina svjetlosti — ne možemo ni sanjati da bi običnim mikrometrom izmjerili promjer zvijezda.

Vidljiv promjer najbližih i najvećih zvijezda prelazi 1/1000 dio kutne sekunde pa čak i manje, a takvu veličinu ne mogu izmjeriti naši pribori niti zapaziti naše oči. Mi dakle zvijezde osim našeg Sunca ne vidimo. Mi vidimo samo bljesak njihove svjetlosti, zrake ove svjetlosti, a njihovu površinu, njihov obujam ne možemo vidjeti, ma koliko bili veliki naši teleskopi.

Trebalo je dakle pronaći neki nov, poseban način, pomoću kojega bi makar približno doznali makar što o promjeru nekih zvijezda. Ko-like su one sjajne, briljantne, najsajnije bijele, plavičaste, crvenkaste, žute, zelenkaste... zvijezde, što nam sjaje u tamnim dubinama neba?

Francuski fizičar Fizeau godine 1868. ukazao je na mogućnost ovog rješenja, na način u kome leži t. zv. princip interferencije svjetlosti, pomoću koga se može izmjeriti ne samo nevidljivi promjer zvijezda, već — ako je poznata udaljenost zvijezda — i njihov istinski promjer. Međutim, da bi se ovaj zadatak mogao izvršiti, potrebna su veoma komplicirana ustrojstva i veoma fina, teško ispunjiva promatranja. Zato je po Fizeau-u predloženi način ostao bez primjene. Tek u novije doba, vrlo vješt eksperimentator, fizičar Michelson, poduhvatio se teškog zadatka da izvrši Fizeauovu zamisao na zvjezdarnici Mt. Wilson pomoću velikog Hookerova teleskopa.

Pokušat ćemo na što jednostavniji način prikazati ovu neobičnu metodu.

Ako na stol metnemo običan kazališni dalekozor, tako da njegove objekte osvjetljava Sunce, u svakome objektivu zapaziti ćemo malu sliku Sunca u obliku sjajne točkice. Ako uzmemo tanki karton



Shapley je najprije izabrao zvijezdanu grupu u zvijezdu »Lovačkih Pasa«, zabilježenu u katalogu Messiera pod br. 3. Ova grupa pripada jednoj od najvećih i najljepših globularnih skupina zvijezda. U ovoj grupi ima najmanje 40.000 zvijezda, i većina njih su orijaške zvijezde, giganți. Udaljenost grupe dopustila je da se uoče samo zvijezde do 20. veličine. Ako u mislima u ovu grupu smjestimo naše Sunce, ono bi bilo tako slabašno, da ga ni najveći teleskop ne bi mogao otkriti, a ni na fotografskoj ploči ne bi ostavilo svoj trag, toliko je udaljena ova grupa zvijezda.

Da bi se upće dobila fotografija ove grupe zvijezda, koja izgleda kao mala pjegica, mora se fotografska ploča na teleskopu eksponirati, t. j. izložiti prema grupi nekoliko sati neprekidno na taj način, da je kretanje ploče pričvršćeno na teleskop isto tako brzo kao i vidljivo kretanje neba, tako da vidno polje, u čijem se centru nalazi grupa, ostane nepokretno na jednom te istom mjestu ploče. Da bi se teleskop mogao tako precizno gibati, cilindrična osovina teleskopa, koji pokreće specijalni sat, leži na posebnim kugličnim ležajima, na živi (kao kod Hookerova teleskopa) ili na ulju pod visokim pritiskom kao kod orijaškog teleskopa na Mount Palomaru, tako da se pritisak osovine na osloncu uopće ne osjeća. Satni mehanizam pokreće teleskop točno noću gibanja Zemlje u svemiru, a dežurni astronom pazi na to, da slika grupe sačuva svoj prvobitni točni položaj u vidnome polju. Učinjani su takvi snimci upravo na ovoj zvijezdarnici, na Mt. Wilsonu, a eksponirani su do 19 sati neprekidno, t. j. nekoliko noći uzastopce. Fotografska ploča fiksira se prema nekim objektima mikrometerski precizno, i održavanje takvog položaja omogućuje dugotrajno snimanje.

Shapley je u grupi otkrio nekoliko promjenljivih zvijezda, čiji se sjaj neprekidno mijenja. Te promjene nastaju u pravilnim vremenskim razmacima od nekoliko sati do nekoliko dana. Ove promjene sjaja zvijezda nalikuju na dobro proučene promjene sjaja sjajne zvijezde Delta (δ) u zvijezdu Cefeja (Cephei), pa su takve zvijezde dobile ime cefeide. Red promjene sjaja kod svih zvijezda ovoga tipa je jednak: zvijezda naglo bljesne i polagano se gasi da bi u određenom vremenu ponovo bljesnula. Ove promjene nastaju velikom pravičnošću. Astronom žena Miss Leavitt otkrila je, da je period cefeide funkcija njezine apsolutne veličine, t. j. da postoji određena zakonitost između apsolutnog sjaja cefeide i njezinog perioda promjene sjaja. Apsolutni sjaj zvijezda podrazumijeva se kao onaj njezin vidljivi sjaj, koji bi zvijezda imala, da se nalazi od nas udaljena 32,6

godina svjetlosti. Ovaj je zakon izveden za sjajne cefeide, za koje je poznata njihova udaljenost od nas izračunata trigonometrijski. Zatim se direktnim promatranjem određuje vidljivi sjaj cefeida, a kako se vidljivi sjaj mijenja obratno proporcionalno kvadratu udaljenosti, to se može proračunati i udaljenost cefeide, koja se nalazi u grupi, a prema tome i udaljenost grupe. Na ovaj način koristio je astronom Shapley zakon Miss Leavitt-ove.

Shapley je proučio promjenu sjaja tisuća cefeida, koje je otkrio u 70 globularnih zvjezdanih grupa i izveo je zaključak, da se najbliža grupa nalazi od nas udaljena 21.600 godina svjetlosti a najudaljenija 225.000 godina svjetlosti. Globularna grupa M 3 nalazi se 45.600 godina svjetlosti udaljena od našeg sistema. Od jednog kraja grupe do drugog svjetlost prođe za 470 godina. Većina zvijezda ove grupe — a ima ih najmanje 40.000 — pripadaju zvijezdama tipa orijaških zvijezda (giganta). Bez obzira na njihove ogromne razmjere one nam izgledaju sasvim malene. U razmjeru ploče promjer Antaresa na pr. nije veći od 1/50.000 dijela milimetra.

Zatim je Shapley zapazio jednu drugu zanimljivu pojavu: sve globularne zvjezdane grupe imaju približno jednake razmjere. Zato je dovoljno izmjeriti vidljivi promjer koje bilo globularne grupe, makar i najmanje, a prema tome najudaljenije, njezina udaljenost može biti proračunata jednostavnom aritmetičkom metodom.

Tako nam svemir otkriva tajne materije — nauka nam otkriva njezine zakone, koji ne mogu biti otkriveni na malenoj Zemlji, na kojoj nema materije u takvome stanju. Da nabrojimo ove zakone:

1. Cefeide, koje se sastoje iz svjetleće plinovite mase, imaju istinski sjaj u zavisnosti od njihove mase;
2. Sve cefeide mijenjaju svoj sjaj prema jednom te istom zakonu, pri čemu period promjene sjaja ili njihova pulzacija zavisi od njihove mase ili od njihovog apsolutnog sjaja;
3. Globularne grupe zvijezda približno su jednakih razmjera.

Ovi zakoni uz ostale otkrivene zakone iz oblasti fizike, astrofizike i druge zakone materije, prirode, ukazuju nam, da su astronomi i fizičari doista našli tragove velikih prirodnih zakona, koji će nauku o nebu dovesti na prag još većih otkrića od dosadašnjih.

Proučavanje globularnih zvjezdanih skupina išlo je i drugim putem. Shapley je izvršio statističko istraživanje njihove raspodjele u nebeskom prostranstvu i otkrio je, da veći dio grupa leži oko polova



Kumovske Slame, a manji oko njegove ravnine simetrije.<sup>1</sup> Ova pojava nesumnjivo ukazuje na njihovu tjesnu vezu s Kumovskom Slamom.

Astronom Hubble uspješno je na Mt. Wilsonu primijenio Shapleyevu metodu za procjenu udaljenosti najprije do velike maglice M 31 u Andromedi, ove prekrasne orijentalne formacije veoma slične našoj galaktici.

Prije su mislili, da je Andromedina maglica plinovita, ali su spektralnom analizom utvrdili njezino zvjezdano ustrojstvo, a tek u novije doba na planinskim opservatorijima s velikim teleskopima uspjelo je da se ova maglica razloži na milijune zvijezda, koje su raspoređene na vanjskim, bolje vidljivim spiralama. Centralni dio maglice predstavlja nepregledno more svjetlosti.

Procjena udaljenosti izvršena je na dvojak način. Najprije je Hubble po Shapleyevoj metodi izvršio ovu procjenu po cefeidama. Hubble je otkrio u maglici Andromede do 20 cefeida i prema njima izveo zaključak, da je maglica udaljena od našeg sistema okruglo 1.000.000 godina svjetlosti.

Drugi način primijenio je švedski astronom Lundmark. On je u maglici Andromede proučio 80 novih zvijezda i pomoću njih je odredio njezinu udaljenost.

Pojava novih zvijezda veoma je interesantna nebeska pojava. Na mjestu, gdje je bila mala zvijezdica ili se uopće nije vidjela, odjednom se rasplamsa sjajna zvijezda. Ona bljesne kao silna eksplozija, a zatim se postepeno gasi, blijedi i ponovo sjaji kao i prijašnja zvijezda. Pojava takve vrste zvijezda dogodila se 1572. godine u zvijezdu Kasiopeje, kako nam je to opisao Tycho Brahe. 8. veljače 1901. godine »eksplodirala« je jedna zvijezda u Perzeju. Zvijezdu Perzeja otkrili su istovremeno Borisjak u Rusiji i Anderson u Škotskoj. Lundmark je iskazao pretpostavku da prosječno Novae (lat. nove zvijezde) u momentu njihovog najvećeg sjaja dostižu jedan te isti sjaj, i prema tome njihov vidljiv sjaj u to vrijeme zavisi samo od njihove udaljenosti od nas. Ova je hipoteza približna, ali bez obzira na to kod velikog broja od 80 novih zvijezda može se stvoriti zaključak, koji je dosta blizak stvarnosti. Vidljivi sjaj takve zvijezde nesumnjivo zavisi od njene udaljenosti, koja može biti izražena u godinama svjetlosti, ako je poznata udaljenost samo makar jedne od njih, određena nekim drugim načinom, na pr. trigonometrijskim. Lundmark se koristio po-

<sup>1</sup> Ali to je prividni efekat, jer smeta apsorpcija tamne materije.

znatim podacima i procijenio je udaljenost do velike maglice Andromede na 600.000 godina svjetlosti, t. j. na manje nego li Hubble. Noviji podaci, koji uzimaju u obzir apsorpciju svjetlosti u kozmičkom prostanstvu, daju podatke od 750.000 godina svjetlosti.

Na zvjezdarnici Mt. Wilson otkrio je Hubble, da u maglici Andromede postoje i globalarne skupine zvijezda, slične onima na periferiji naše galaktike, a na rubovima spirale tamne maglice, tamni kozmički oblaci kao i u našoj galaktici. F. G. Pease otkrio je mjerenjima, da se galaktika u Andromedi okreće brzinom od 58 km u sekundi, a 316 km na periferiji, dok je Duncan na sjajnim snimkama južnog dijela maglice otkrio čitave oblake zvijezda.

Na osnovu ovih podataka o rotaciji velike maglice u Andromedi Babcock, Wyse, Mayall i Aller proračunali su, da ona sadrži 100 milijardi puta veću masu od mase našega Sunca.

Snimkama u infracrvenim zrakama svjetlosti i pomoću elektronskog fotometra na Mount Wilsonu Dr. Joel Stebbins otkriva a Americumjan na zvjezdarnici Abastumani na Kavkazu proračunava, da je velika maglica u Andromedi mnogo veća. Čitavi rojevi zvijezda okružuju velike spiralne rukave ove maglice.

Na osnovu ovih podataka smatra se, da je velika maglica u Andromedi isto tako velika kao i naša Kumovska Slama.

Na opservatoriju na Mount Wilsonu izmjerene su udaljenosti mnogobrojnih spiralnih maglica čiji prekrasni snimci G. W. Ritcheya i E. Hubblea nemaju sebi ravnih. Udaljenosti ovih maglica proračunate su na razne načine i mjere se desecima i stotinama milijuna godina svjetlosti.

Na planinskoj zvjezdarnici u Južnoj Americi, u Peruu — Solon I. Bailey i Miss Leavitt ispitali su Veliki i Mali Magellanov oblak, kojih je udaljenost izmjerena Shapleyevom metodom: 82.000 godina svjetlosti udaljen je Mali a 74.000 godina svjetlosti Veliki Magellanov oblak zvijezda.

Na Mount Wilsonu snimio je dalje astronom Baade slabe maglice udaljene na desetke milijuna godina svjetlosti. Na pločama s dugim eksponiranjem otkriveno je na stotine tisuća novih galaktika; prema Shapleyevim podacima pomoću velikih teleskopa pretežno planinskih opservatorija južne i sjeverne hemisfere otkriveno je na čitavom nebu dosad 60 milijuna galaktika. Mjestimično su otkriveni čitavi oblaci galaktika. Najudaljenija nađena je na udaljenosti od 500 milijuna godina svjetlosti a otkrivena je u jednome »prozoru« između tamnih oblaka kozmičke materije.



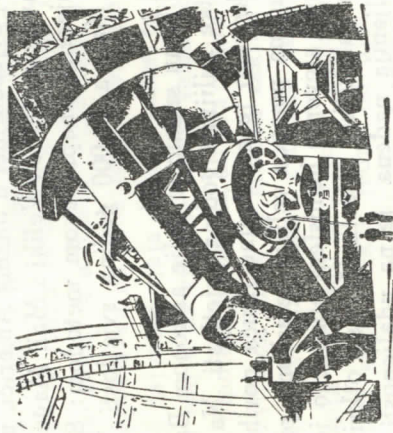
Metagalaktika — Veliki Svemir postao je pristupačan čovjeku i otkriva mu svoje neizmjerne dubine i beskrajne udaljenosti.

Na Mt. Wilsonu otkrivaju i kretanje ovih galaktika, mjere njihove udaljenosti, proučavaju njihovu strukturu...

Najudaljenije i najbliže spirale galaktike sastoje se iz zvijezda. Proučavanje zvijezda veliki je program zvjezdarnice na Mt. Wilsonu. Sunce je nama najbliža zvijezda i intenzivno studiranje pojava na njemu, mjerenje njegova žarenja i svih pojava, koje nastaju u njegovoj užarenoj materiji i paralelno studiranje drugih zvijezda rasvjetljuje probleme zvjezdane evolucije. Odatle tolika upornost glasovitog astronoma Halea da svim pristupačnim sredstvima moderne nauke i tehnike prođe u tajne Sunca i zvijezda. Najveći instrumenti, proslavljeni teleskopi - reflektori, najusavršenija sredstva fotometrije, fotografije i spektralna istraživanja posebnim teleskopima-tornjevima i podzemnim laboratorijima učestvuju u tome poslu uporedo s laboratorijskim fizikalnim istraživanjima.

Kako se ponašaju atomi na zvijezdama, u njihovoj atmosferi i u dubinama njihove plinovite materije?

Uporedo s proučavanjem orijasnih i patuljastih zvijezda i ostalih zvijezda svih spektralnih klasa, zvjezdanih sistema galaktike i metagalaktike, obavljaju se eksperimentalna istraživanja u laboratorijima, u kojima spektroskopija i atomska fizika vode glavnu riječ. U ovim eksperimentima niču otkrića i zakoni kao rezultati istraživanja, a u tim zakonima jasno se ispoljava jedinstvo materije, jedinstvo svemira.



## 6. Projektiranje i izgradnja nove astrofizičke zvjezdarnice na Mount Palomaru

Pravi stvaralački ljudski duh ne zadovoljava se nikada postignutim rezultatima. Izvršavanje velikog programa istraživanja u zvjezdarnici na Mt. Wilsonu, radovi laboratorija instituta u Pasadeni, mogućnosti mehaničkih i optičkih radionica, najveći instrumenti i najusavršenije naučne metode dovedoše do sjajnih otkrića, kojima se ponosi astronomija i astrofizika. Upravo ova postignuća otkrila su nove horizonte, u kojima se naziru nove mogućnosti spoznaje, novih otkrića u beskrajnom svemiru i u neiscrpnoj materiji. Zato su potrebne ne samo nove metode već i novi instrumenti, nova savršenija pomagala...

Tako je nikla ideja neumornog Geoga Ellery Halea da se izgradi nova astrofizička zvjezdarnica, čiji bi glavni instrument bio reflektor sa zrcalom od najmanje 200 palaca ili 508 cm promjera. Realne konture ovog grandioznog poduhvata bile su poznate 1928. godine, kada je Hale dobio pristanak za ostvarenje ovog poduhvata u okviru pomoći Carnegievog instituta, Rockefellerove fondacije i Kalifornijskog tehnološkog instituta.

Ime Geoga Ellery Halea i njegovo ogromno iskustvo u podizanju opservatorija Yerkes i na Mount Wilsonu, njegova inicijativa i neumorna energija bili su dovoljna garancija za uspjeh ovog poduhvata.

Carnegiev institut, u čijem se sistemu nalazi opservatorij na Mt. Wilsonu, Rockefellerova fondacija i Kalifornijski tehnološki institut preuzeli su organizaciju i brigu oko stvaranja nove zvjezdarnice na Mt. Palomaru.

Organizacija nove zvjezdarnice projektirana je slično organizaciji zvjezdarnice na Mt. Wilsonu. Kao i na Mt. Wilsonu zvjezdarnica na Mount Palomaru je naučni kombinat, koji osim glavnih instrumenata na Mt. Palomaru i niza drugostepenih promatračkih instrumenata ima i dobro snabdjevene i uređene astrofizičke laboratorije kao i optičke i mehaničke radionice, koje su sposobne da dovrše tako odgovorne



radove kao dogotavljanje i poliranje optičkih leća (sočiva), prizama, difrakcionih rešetaka i t. d. Pojedini odjeli ovog kombinata teritorijalno su podijeljeni u Pasadeni, predgrađu Los Angelesa — na području Instituta nalazi se glavni štab opservatorija, biro za obračunavanje, radionice, laboratorije i sunčani teleskop, dok je veliki teleskop reflektor i ostali instrumenti za točna promatranja smješten u slabo naseljenom kraju južne Kalifornije 209 km daleko od Pasadene. Razmještanje u gradu onih odjela opservatorija, koji nisu neposredno vezani s promatračkim radom ima očigledne prednosti, a u suglasnosti je s praksom rada na Mt. Wilsonu — astronomi opservatori (promatrači) žive i rade naizmjenično na opservatoriju i u Pasadeni.

Kako je planirano da se brušenje i poliranje glavnog i pomoćnih ogledala za reflektor kao i izgotavljanje množine sitnih konstrukcija i instrumenata povjeri samoj zvjezdarnici, to je na prvome mjestu bilo započeto i dovršeno građenje radionica. Najprije je podignuta optička radionica, velika moderna građevina, čitava tvornica, u kompleksu zgrada gdje je vođen rad i nad optičkim kolosom od 250 cm za Mt. Wilson zvjezdarnicu.

U isto vrijeme završen je i astrofizički laboratorij. Tri kata laboratorija smještena su ispod zemlje. Ta mjera izazvana je nastojanjem, da se po mogućnosti smanji amplituda temperaturnih kolebanja, koja predstavljaju ozbiljnu smetnju pri spektroskopskim istraživanjima. Toranj na zgradi opservatorija ima celostat vertikalnog Sunčevog teleskopa i 38 metara dubok zdenac od armiranog betona, koji prolazi kroz zgradu. Teleskop daje na otvoru spektrografa slike Sunca promjera od 18—56 cm u zavisnosti od mijenjenog sistema pomoćnih zrcala i dopušta da se dobiju direktne fotografije i spektroheliogrami i da se izvode vizuelna promatranja Sunčeve površine pomoću spektrohelijskopa.

Građenje reflektora sa zrcalima od  $1\frac{1}{2}$  do 2 m promjera ne izdaje sada više naročitih poteškoća i postalo je već davno, može se reći, normalna pojava. Dovoljno je spomenuti, da je zadnjih nekoliko godina upravo u S. A. D. i u Kanadi dano u eksploataciju nekoliko takvih instrumenata.

Za rukovodstvo projektiranjem i izgradnjom teleskopa i zvjezdarnice bio je organiziran posebni savjet, u koji su osim Halea ušli najveći američki astronomi i fizičari (Adams, Seares, Abbott, Russell, Anderson). Pred savjet bio je najprije postavljen problem o promjeru glavnog zrcala novog teleskopa. Bile su predložene 2 varijante: da se gradi zrcalo od 5 ili od 7,5 metara promjera. Ma da je bila primamljiva

druga varijanta, ugledni američki inženjeri riješili su, da je zasad vrlo teško sagraditi takvo zrcalo, pa je pala odluka za prvu varijantu.

Građenje teleskopa od 200 palaca (508 cm) predstavljalo je veliki poduhvat zbog iznimnih poteškoća i komplikacija, s kojima se moraju na nov način postavljati i rješavati mnogobrojni mehanički i optički problemi. Upravo ova okolnost a ne rekordna veličina samog teleskopa objašnjava interes, s kojim su astronomski i drugi naučni krugovi slijedili tok građenja ovog orijaškog teleskopa.

Čitav decenij — od 1928. do 1938. godine — bio je utrošen i posvećen pretežno projektiranju. Pa ipak godine 1938. moglo se reći, da još ni polovina posla nije izvršena i da će zvjezdarnica uz najpovoljnije uvjete započeti s radom u drugoj polovini trećeg ili možda tek početkom četvrtog decenija. Tako je ustvari i bilo...

Istovremeno s traženjem mjesta za opservatorij i razradom konstrukcije reflektora pažljivo su proučavani problemi vezani s lijevanjem diska za glavno zrcalo teleskopa.

Na osnovu iskustva rada s velikim reflektorom teleskopom na Mt. Wilsonu vidjelo se, da nije probitačno iskoristiti za disk obično zrcalno staklo: kod ogromnih razmjera zrcala njegove deformacije pod utjecajem razlika u temperaturi bile bi u tom slučaju stalne i škodile bi promatranjima.

Ogromno zrcalo teleskopa reflektora zvjezdarnice na Mt. Wilsonu promjera od 254 cm teško je oko 5 tona. Novo zrcalo bilo bi teško 8 puta više i savijalo bi se pod vlastitom težinom. Zatim, uprkos tome što je koeficijent rastezljivosti stakla vrlo malen, ipak se oblik površine zrcala od 254 cm pri jačim promjenama temperature s astrofizičalnog gledišta primjetljivo mijenja. Za novo zrcalo morao se naći ne samo nov materijal, već i nova konstrukcija.

Tražio se materijal, koji ima ili znatno manji koeficijent širenja negoli je ono zrcalnoga stakla ili (što je manje zgodna alternativa) veliku provodljivost topline, koja dopušta zrcalu da brzo izravna oblik poslije neravnomjernog grijanja. Bile su razmotrene mogućnosti izgotavljanja zrcala iz kvarca, metalnih legura i specijalnih vrsta stakla, koje imaju mali koeficijent širenja (rastezanja). Zbog svoje kemijske čvrstoće, tvrdoće i minimalnog koeficijenta širenja (18 puta manje no u običnog stakla) kvarc je idealna materija za zrcalo. Eksperimenti s odljevcima kvarcnih diska, koje je Dr. Elihu Thomson radio u laboratorijima General Electric Comp. bili su zato naročito uporni. Tehnika odljeva iz kvarca, t. j. glavna prepreka: njegova visoka temperatura taljenja još nije bila riješena pa su pokusi rađeni



s malim odljevcima. Thomsonu je pošlo za rukom da lako izradi nekoliko dobrih diska do 60 cm promjera. Prijelaz na veći disk, omjera od 170 cm, zahtijevao je međutim dužu pripremu i razradu naročite konstrukcije električne peći, koja je služila kao kalup za odljevak pri topljenju. Pokazalo se da je prvi disk toga razmjera neuporabiv, jer je pri hlađenju dobio pukotinu. Površina drugog diska bila je iskvarena komadima cigle, koja je pala sa svoda peći. Konačno, pri pokušaju da se taj disk pokrije s novim slojem kvarca, u najodgovornijem momentu rada desio se prekid u električnoj struji. Otvori kroz koje je sipan kvarcni pijesak u peć, rastopljen u vodikokislinom plamenu, odjednom se zabrtviše s ohlađenim kvarcom. Čitav niz neuspjeha primorao je Thomsona da prekine sa skupim eksperimentima u tom pravcu i da se napusti nada, da će se glavno zrcalo reflektora napraviti od kvarca.

Hale daje pozitivno mišljenje o malim probnim zrcalima od čelika, koji ne rđa, skrećući pažnju na njihovu veliku provodljivost topline i visoku odražajnu sposobnost u kratkim valovima. Vrlo dobre rezultate pokazalo je također u Holandiji napravljeno metalno zrcalo promjera 20 cm, pokriveno tankim slojem stakla, koje ima koeficijent rastezanja jednak s metalom. Velika provodljivost topline sličnih zrcala čini ih naročito dragocjenim pri promatranju Sunca pa je zvjezdarnica naručila jedno zrcalo takvog tipa od 90 cm promjera za celostat Sunčevog teleskopa. Bilo je očigledno, da bi izgotavljanje zrcala 508 cm promjera od metala ili stakla na metalu bila »ekskurzija u oblast nepoznatoga«, za čiji bi se neuspjeh plaćalo vrlo skupom cijenom.

Tako je ostalo, da se zrcalo pravi od stakla. Ali tko će napraviti takvo ogromno zrcalo?

Za veliki teleskop Yerkes-zvjezdarnice objektiv od 102 cm promjera odlio je francuski staklar Mantois, a obradio ga je američki optičar Alvan G. Clark.

Ogromno zrcalo od 254 cm promjera za Hookerov teleskop bilo je napravljeno u francuskim staklarima u Saint Gobainu.

Kroz 30 godina američka industrija stakla dobro je usvojila proizvodnju stakla, koje ima vrlo mali koeficijent rastezanja, širenja. Najrasprostranjenija vrsta takvog stakla poznata je u Americi, a djelomično i kod nas pod trgovačkim nazivom pyrex (pajreks) staklo. Tako je poslije ispitivanja raznog materijala bilo riješeno, da se napravi zrcalo od borosilikata ili pyrexa, posebne vrste stakla sa sasvim malim koeficijentom rastezanja. Na pr. kuhinjsko ili labo-

ratorijsko suđe iz pyrexa nalazi u S. A. D. najširu primjenu, jer izdrži, a da ne napukne, veoma oštre promjene temperature, podnoseći na pr. čak i direktni dodir s plamenom, vatrom. Na pyrex ili borosilikatno staklo položili su svoje posljednje nade graditelji teleskopa.

Ma da odlivanje diska od pyrexa nije predstavljalo, kao u slučaju kvarca, naročite tehničke poteškoće, mnogi problemi, kao što su istraživanje kakvoće različitih vrsta stakla, metode odljevanja i hlađenja, očuvanje diska od rastaklivanja za vrijeme hlađenja, zahtijevali su veliki prethodni rad. Odlučeno je, da se ne pravi kompaktan disk, kao što su se dosad pravila zrcala reflektora, nego u obliku dosta tankog diska sa sistemom rebara, koja na stražnjoj strani diska daju kao neko saće, koje na reflektoru promjera 5 metara ima 114 udubljenja. Takva konstrukcija ne samo što bi olakšala disk, već bi ga u isto vrijeme i osigurala protiv ugibanja. Dobra ventilacija stražnje površine diska ravnomjerno raspodjeljuje temperaturu i sprečava stvaranje napetosti, koje mogu da deformiraju površinski oblik zrcala, a prema tome i sliku u okularima teleskopa. Na osnovu takvih projekata pristupljeno je radu na stvaranju orijaaškog teleskopa.

Prvo livenje zrcala od 1 m 52 cm izvršeno je 1932. poslije 2 godine studiranja izloženog problema i priprema. Godinu dana kasnije slijedio je disk dvostruko veći, a zatim je izvršeno livenje kolosalne zrcalne ploče u ožujku 1934. godine. Ovaj odliv nije sasvim pošao za rukom zbog veoma visoke temperature rastopljenog pyrexa, tako da su se pojedini komadi kalupa i stražnjeg dijela diska otrgnuli i uplivali u staklenu masu. Bilo je riješeno, da se ovaj disk ostavi kao rezerva. Drugi odliv od prosinca 1934. potpuno je uspio.

Da u staklu ne bi nastale unutarnje napetosti i rastezanja, koja stvaraju mjehuriće i koja mogu deformirati ili razoriti disk, morali su se stvoriti takvi uslovi, pri kojima bi se staklo hladilo veoma polagano. Iz posebne peći, u kojoj je temperatura pomoću električnog uređaja postepeno padala, staklo je izvađeno tek 8. prosinca 1935. godine. Godina dana postepenog hlađenja nije bilo dovoljno vrijeme — još 2 mjeseca držalo se staklo na stalnoj temperaturi, a zatim na smanjenoj temperaturi još 8 mjeseci, da se sasvim ohladi.

Livenje stakla izvršeno je u tvornicama Corning u državi New York, na istočnoj obali kontinenta, a brušenje i poliranje stakla trebalo je da se izvrši u optičkim radionicama Kalifornijskog tehnološkog instituta u Pasadeni na podnožju planine Mt. Wilson. Ogroman disk morao se prevesti preko čitavog američkog kontinenta, 5.000



kilometara daleko, tako, da se izbjegne svaka osjetna trešnja. Morem ili kopnom? Morem bi bilo lakše, ali tko zna šta može da se dogodi — brod s dragocjenim teretom trebao je da prođe opasnim meksičkim vodama, gdje orkani nisu rijetka pojava. Zato se odustalo od prevoza morem. Morao se napraviti poseban vagon, čija je oprema za zrcalo visjela između osovina samo malo iznad tračnica, a vrh svega nekoliko centimetara ispod tunela i mostova, koji leže na putu. U travnju 1936. godine posebni vlak od 3 vagona i lokomotive prešao je sretno preko kontinenta putujući posebnim izabranim putem i samodanju brzinom ne većom od 40 kilometara na sat.

Prevoz je pošao za rukom i poslije ponovnog strogo ispitivanja i revizije u polarizacionoj svjetlosti, da bi se konstatale eventualne napetosti, ogroman disk predan je grupi optičara s velikim i odgovornim zadatkom, da u roku od 3—5 godina dadu staklenoj površini potreban oblik konkavnog zrcala sa žarištem udaljenim od centra površine zrcala 16 metara i 90 centimetara.

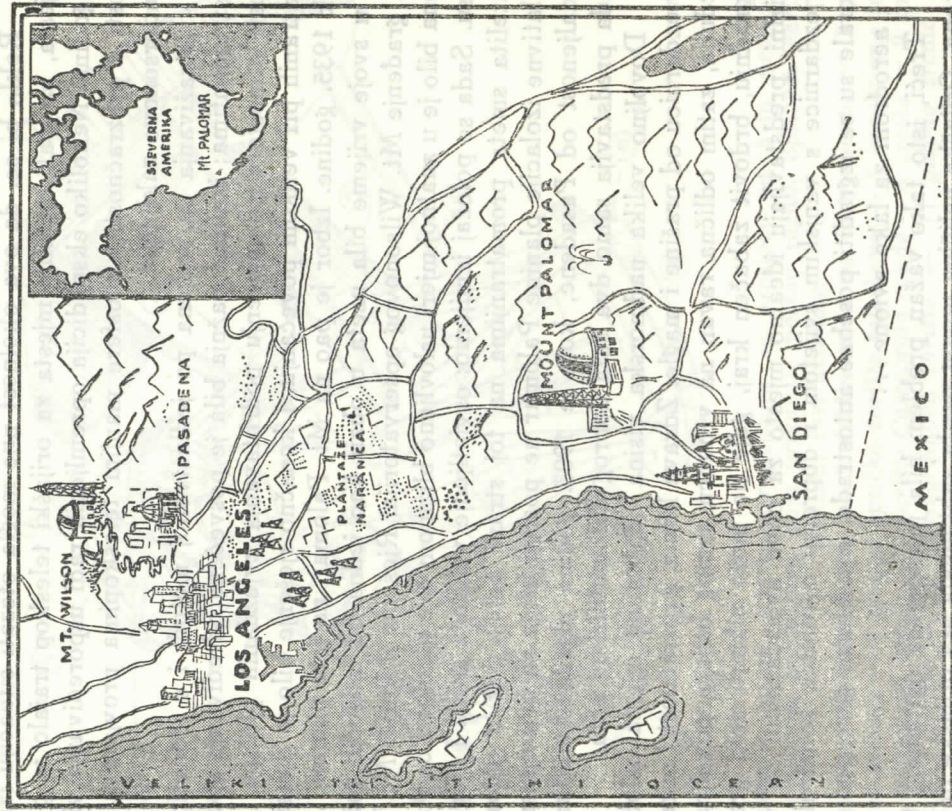
Koliko je bilo točno, odgovorno i teško brušenje ove staklene gromade može se suditi po činjenicama, da je prvih mjeseci brušenja s diska skinuto 4 tone stakla, a naredne godine skinuto je manje od 1 kilograma, da bi konačno, idealno uglučana površina, predstavljala t. zv. rotacioni paraboloid s točnošću od 0,00001 milimetra! Zrcalo se počelo zatim polirati pomoću specijalnog uređaja uz održavanje stalne temperature.

Teleskop je trebao biti gotov 1940. godine, ali rat u Evropi ukočio je mnoge radove u vezi s izgradnjom zvjezdarnice. U to je buknuo rat i na Pacifiku — japanska eskadra silnim udarcem morarice i avijacije bombardirala je američku ratnu bazu Pearl Harbour 7. prosinca 1941. godine. Dragocjeno zrcalo moralo se skloniti u duboko podzemlje, naročito sklonište u planinama Kalifornije...

Drugi važan problem u izgradnji nove zvjezdarnice bilo je njezino mjesto, lokacija zvjezdarnice. Hale je, kao što smo rekli, iz američke ravnice otišao u kalifornijske planine. Međutim, u to vrijeme gradovi oko Mt. Wilsonove zvjezdarnice nisu bili ni tako veliki ni tako mnogobrojni. Danas oko planine Mt. Wilson, čim padne mrak pruža se prema zapadu, sjeveru i jugu veličanstvena panorama stotina tisuća svjetala gradova i gradića — Los Angeles u sredini prema Pacifiku, a unaokolo kao ogromna lepeza nanizali se — Pasadena, Glendale, Burbank, Hollywood, San Marino, San Gabriel, El Monte, Alhambra, Monrovia, Arcadia, Montebello, Whittier, La Miranda... najmanje 50 gradića i gradova, ne brojeći čitav derdan gradića na

Pacifiku. Noćno nebo osvjetljavaju dakle ne samo zvijezde, već i deseci tisuća svjetala preko 50 gradova...

Posebne ekipe astronoma Andersona obišle su čitavu Južnu Kaliforniju i Arizonu da pronađu povoljnu klimu za orijaški teleskop. Konačno se poslije 5 godina rada uz primjenu posebne me-



Geografski položaj Mount Palomara u Sjever. Americi

tode istraživanja izbor zadržao na Mount Palomaru, gori visokoj 1815 metara u Južnoj Kaliforniji — 113 kilometara sjeverno od San Diega na meksičanskoj granici i 209 kilometara južno od Pasadene, centra Kalifornijskog tehnološkog instituta, generalnog štaba izgradnje i



rukovodstva buduće zvjezdarnice i znamenite Mt. Wilsonove zvjezdarnice.

Zahvaljujući sjajnim meteorološkim i klimatskim uslovima i blizini kulturnih centara, južno-zapadni ugao S. A. D. nesumnjivo je najbolji rajon na teritoriji cjelokupne Sjeverne Amerike za rad velikog teleskopa.

Reklo bi se, da ova okolnost nije mogla otežati situaciju izbora mjesta, pa ipak traženje mjesta za orijaški teleskop trajalo je punih 5 godina. Nekoliko ekspedicija opremljenih radi uspoređivanja vidljivosti i prozračnosti atmosfere manjim teleskopima provjeravalo je Andersonove zaključke.

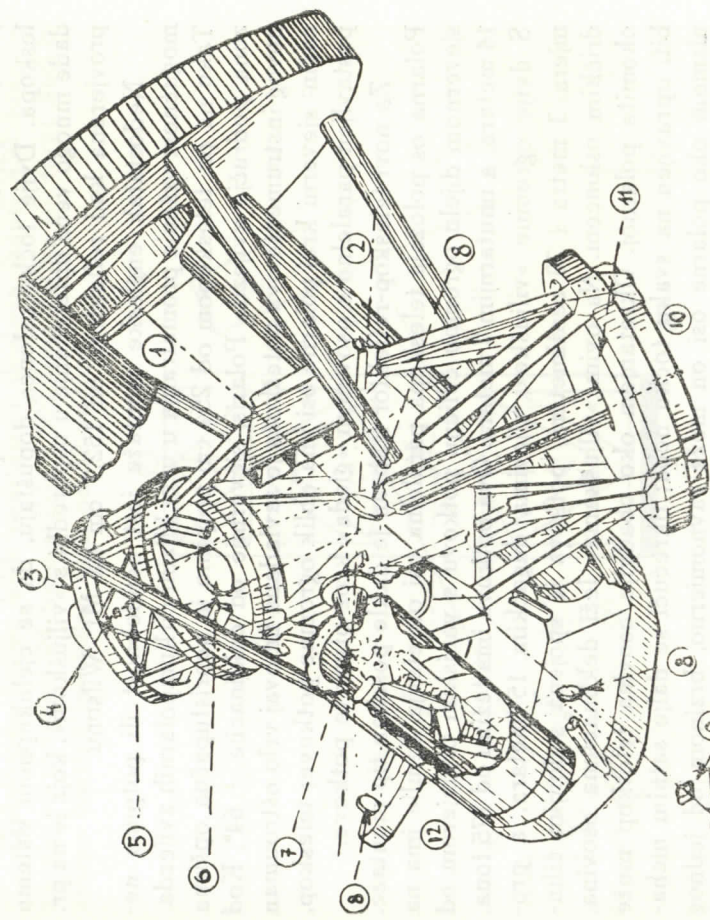
Istraživanja su vodjena po jedinstvenoj metodi i s jedinstvenim instrumentima; iznimna pažnja bila je posvećena određivanju spokojnosti atmosfere po mjerenu podrhtavanja zvjezdanih pločica, promatranih pri velikom povećanju. I konačno rješenje bilo je doneseno tek 1935. godine. Izbor je pao na Mt. Palomar, na istu planinu, koja je u svoje vrijeme bila uzeta u obzir kao jedna od mogućih točaka za građenje Mt. Wilsonovog opservatorija. Rješenje u korist Mt. Wilsona bilo je u znatnoj mjeri uslovljeno blizinom ove planine Los Angelesu. Sada se položaj izmijenio: osvjetljenje velikoga grada i njegovih satelita smeta promatranjima na toj strani neba, dok u uslovima relativne izolacije planine Palomar ne postoji briga za ovu opasnost. Udaljenost od Pasadene, koja je 1903. godine plašila Amerikance sada predstavlja samo dva sata dobrog automobilskog puta.

Dovoljno velika nadmorska visina odabranog mjesta oslobađa zvjezdarnicu od prašine i magle. Zdrava klima, prozračnost i mirnoća uzduha, zatim odlična ravan na vrhuncu samog brijege povoljna za izgradnju, brdovit zabačen kraj, gdje ne može niknuti neki grad u blizini, predstavljaju idealno mjesto za novu zvjezdarnicu. Za vezu zvjezdarnice s vanjskim svijetom i dopremu ogromnih konstrukcija morale su se izgraditi posebne autostrade, a u blizini gore podignut je i aerodrom za lake avione...

Treći, isto tako važan problem bila je montaža ogromnog teleskopa. Orijaška veličina novog zrcala zahtijevala je i orijaške detalje konstrukcija montaže reflektora. Žarišna udaljenost od 16 metara i 90 centimetara zahtijeva dužinu teleskopske cijevi od 18 metara i 30 centimetara, a promjera od 6 metara. Cijev predstavlja rešetkastu konstrukciju od čelika s malim postotkom ugljika, a njezina težina bez zrcalne opreme montaže 88 tona.

Težina teleskopa i pokretnih dijelova iznosila je prema projekcijama oko 500 tona. Ovu masu bilo je potrebno uravnotežiti i

osigurati dovoljnu čvrstoću cjelokupnog sistema predvidjevi i odstranivši prekorčenja dopuštenih normi sagibanja i napetosti, koje mogu nastati pri raznim položajima teleskopa. Do izvjesnog stepena slični, ma da manje komplicirani, radovi moraju se rješavati pri građenju velikih bojnih brodova, gdje se zahtijeva brzo, ravnomjerno



Shematski prikaz teleskopa-reflektora sa zrcalom od 5 m promjera i s njegovom montažom, koja prikazuje postav raznih optičkih žarišta (fokusa) instrumenata

1 polarna os instrumenata — 2 deklinaciona os instrumenata — 3 pokretna kabina — 4 glavno optičko žarište teleskopa — 5 korektivne leće — 6 konveksno zrcalo — 7 žarište Cassegrain coudé — 8 zrcala — 9 prelamajuće žarište — 10 Cassegrainovo žarište — 11 glavno zrcalo — 12 spektrograf

i sigurno ciljanje (gađanje) topova teških na desetke tona i ogromnih oklopnih tornjeva, u kojima se oni obično nalaze. Upravo zbog ovih okolnosti naznačen je za glavnog inženjera konstrukcije velikog reflektora vojno-pomorski inženjer kapetan C. S. Mc. Dowell, koji je »pozajmljen« za vrijeme građenja od Pomorskog departementa S. A. D. (Ministarstva mornarice).



Tip montaže bio je primljen 1935. godine poslije konzultacija s najpoznatijim mehaničarima-teoretičarima i inženjerima i nakon ispitivanja nekoliko modela. Kao i pri reflektoru od 254 cm promjera izabrana je najprije montaža engleskoga tipa, t. j. polarna os, koja ima oblik jarma, oslanja se svojim krajevima na dva masivna stupa. Preko jarma leži deklinaciona os teleskopa, na kojoj visi rešetkasta cijev teleskopa. Dvije točke oslonca dopuštaju, da se cjelokupnom sistemu dade mnogo veće opterećenje u usporedbi s »viljuškom«, koja je na pr. provjerena kod reflektora od 152,7 cm na Mt. Wilsonu.

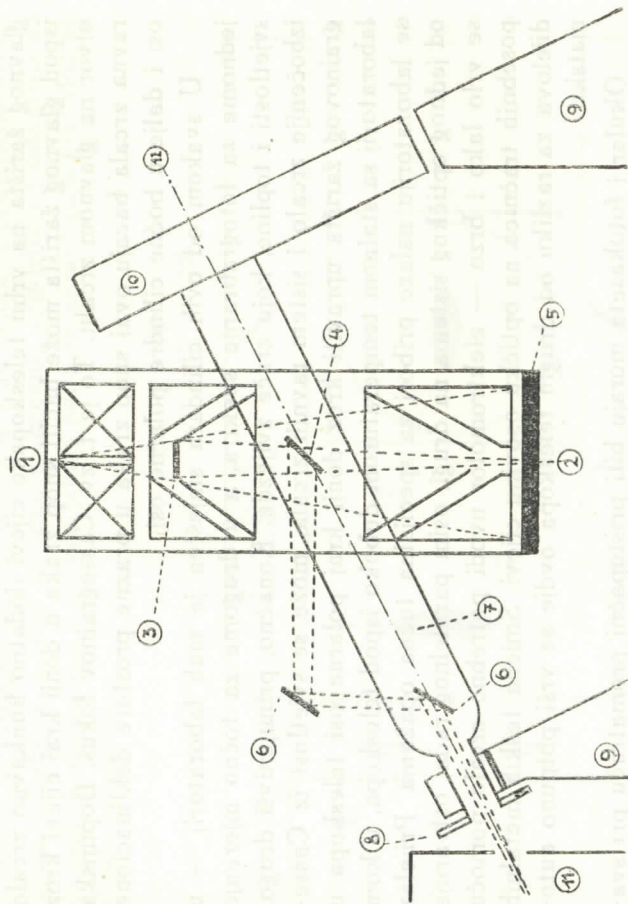
Nedostatak engleske montaže jest neudobnost ili potpuna nemogućnost vršenja promatranja u užoj blizini cirkumpolarnih zvijezda. Tako na pr. teleskopom od 254 cm potpuno je nepristupačna opširna zona područja zvijezde Polaris, sjevernije od deklinacije + 64°. Kod novog instrumenta ova poteškoća je savladana na ovaj vrlo oštroman način: sjeverni kraj polarne osi ima oblik ogromne potkove; teleskop, postavljen paralelno s osovinom »gleda« kroz otvor te potkove.

Za novi teleskop-reflektor izabran je dakle poseban tip montaže. Polarna os položaja teleskopa paralelna osi okretanja Zemlje ima na sjevernom dijelu ogromnu čeličnu potkovu s vanjskim promjerom od 14 metara, a unutarnjim 7 metara. Ova potkova ima težinu od 175 tona. S dvije ogromne »viljuške«, cijevima dugačkim 15 metara, a promjera 3 metra i 20 centimetara, potkova je spojena s donjim cilindričkim osloncem. Na ovim »viljuškama« leži deklinaciona osovina, okomita polarnoj. Okretanjem oko obadviju osovine teleskop može biti upravljen na svaku točku neba; okrećući se dalje satnim mehanizmom oko polarne osi on može ravnomjerno, brzinom od jednog obrta u 24 sata pratiti dnevno kretanje kozmičkog objekta, koji se promatra i istražuje.

Težina teleskopske cijevi s pomoćnim priborima, o kojima ćemo još govoriti, težina obadviju osovine t. j. potpuna težina dijelova, koji se okreću, iznosi oko 300 tona. Cjelokupna ova masa metalnih konstrukcija pokreće se pomoću posebnog satnog mehanizma. Morala se osigurati maksimalna ravnomjernost kretanja i trenje svesti na minimum. U tu svrhu konstruktori i inženjeri poduzeća, koje je gradilo mehaničke dijelove teleskopa, primijenili su originalan sistem. Gornja »potkova«, osovina i njezin donji oslonac leže na posebnim »jastučićima«. Kroz posebne otvore pod velikim pritiskom daje se ulje. Tako cjelokupan, težak pokretan sistem polarne osovine teleskopa pliva na sloju ulja, koje tvori tanki sloj među površinama klizanja pod pritiskom od 21 atmosfere, a za pokretanje toga

sisterna brzinom vidljivog kretanja zvijezda dovoljna je fantastično mala energija od 1/1200 konjske snage. Elektroindustrija gradi tako male motore, ali je montiran motor od 1/12 konjske snage, dakle s velikom rezervom energije. Svaki drugi sistem izazvao bi veće ili manje trenje, koje nije poželjno.

Cjelokupna težina svih montažnih dijelova iznosi 450 tona — na nju su utrošene 24 tone stakla i 500 tona čelika — teret koji bi morao voziti čitav jedan vlak od 52 vagona.



Shematski presjek velikog teleskopa na Mount Palomaru

1 optičko žarište glavnog zrcala — 2 Cassegrainovo žarište — 3 konveksno zrcalo — 4 ravno zrcalo — 5 zrcalo s promjerom od 5 metara — 6 zrcalo — 7 oprema teleskopa — 8 satni krug teleskopa — 9 stupovi, na kojima leži oprma teleskopa — 10 »velika potkova« teleskopa — 11 prostorije s konstantnom temperaturom — 12 satna osovina

Izgradnja mehaničkih dijelova teleskopa bila je započeta u lipnju 1936. i poslije nešto više od godine dana bila je uglavnom dovršena.

Pojedini mehanički dijelovi teleskopa teški su do 20 tona, pa ipak oni moraju raditi točno, kao prvorazredni satni mehanizam.

Svaki veliki teleskop-reflektor gradi se danas tako, da se mogu izvršiti opažanja u nekoliko optičkih shema, pa se u tu svrhu glavno



konkavno zrcalo kombinira s raznim ravnim i sferičnim zrcalima. Tako je i kod ovog orijaškog teleskopa.

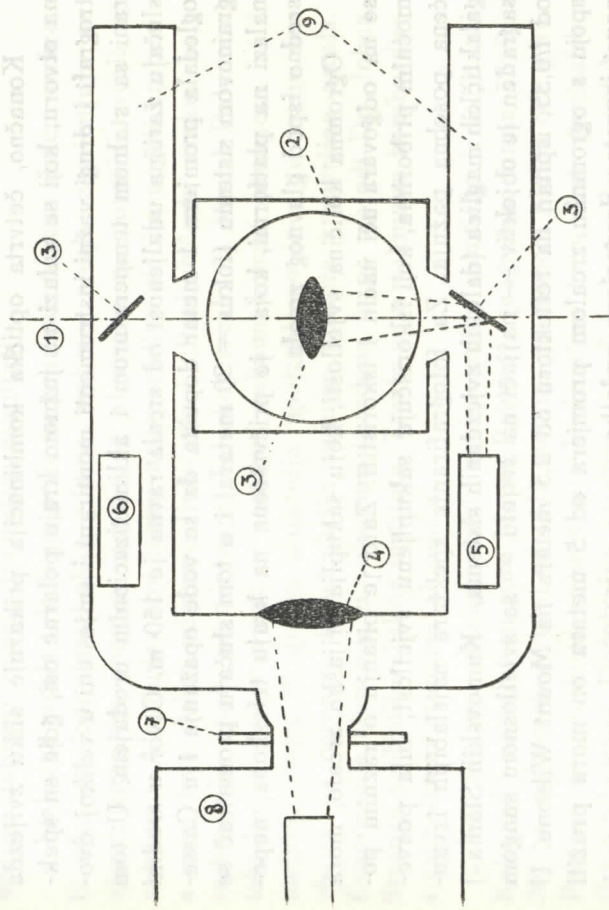
Zbog raznolikosti potreba i uslova rada teleskopa predviđeno je nekoliko žarišnih točaka za promatranje i fotografiranje nebeskih objekata. Osim glavnog žarišta na vrhu teleskopske cijevi — određenog isključivo za proučavanje najslabijih zvijezda i maglica foto-grafskom metodom — teleskop ima još nekoliko žarišnih točaka, koje se dobijaju pomoću sistema dopunskih zrcala. Tako osim spomenutog glavnog žarišta na vrhu teleskopske cijevi dodatno konkavno zrcalo ispod glavnog žarišta može baciti snop zraka u donji kraj cijevi kroz otvor na glavnom zrcalu. To je t. zv. Cassegrainov fokus. Dopunska ravna zrcala bacaju ovaj snop zraka u prazne prostore deklinacione osi i dalje u bočne cilindre polarne osi.

U svakom od ovih cilindara smješten je mali laboratorij — u jednome za fotografiranje spektra, a u drugome za točno mjerenje svjetlosti i topline, koju zrače zvijezde. Konačno, primijenivši drugo, izbočnije zrcalo i sistem ravnih zrcala, može se svjetlost iz Cassegrainovog žarišta upravititi kroz donji kraj polarne osi teleskopa u laboratorij sa stalnom temperaturom duboko ispod teleskopa, u kom se laboratoriju nalaze pribori za specijalna točna opažanja. Prijelaz od jednog optičkog sistema na drugi, osim paralelnog rada, ostvaruje se vrlo lako i brzo — elektromotor uvodi potrebno zrcalo pomoću posebnih tračnica na optičku osovinu cijevi. Smjena teških metalnih dijelova za razliku od drugih teleskopa ovdje se vrši potpuno automatski.

Okular i fotokaseta moraju biti pristupačni promatraču pri svakom položaju teleskopa, i zato je svaki teleskop okružen čitavim nizom stepeništa i dizalica. Novi reflektor nema svega toga — promatrači se nalaze u samom teleskopu. Na gornjem kraju teleskopa, kod glavnog žarišta, sagrađena je posebna kabina za promatrača — pri promjeru zrcala od 5 metara ova kabina ne oduzima zrcalu mnogo svjetlosti.

Za promatranja i snimanja u glavnom žarištu teleskopa astronom je udobno smješten u ovoj prostranoj kabini. On ne mora vikati svome asistentu, koji se nalazi na glavnom upravljaču teleskopa. On mu može po potrebi samo »telefonirati« — riječi prima mikrofoni, i na glasnogovorniku u kabini čuje se odgovor. U kabini je sve automatizirano i elektrificirano. Međutim u teleskopskoj cijevi, u kojoj je uklopljeno zrcalo, mimo izolirane kabine se samo kreću fotoni, snopovi zraka svjetlosti zvijezda i maglica u pravcu žarišta.

Kada teleskopska cijev stoji vertikalno, astronom se u kabini glavnog žarišta nalazi 21 metar visoko iznad glavnog kata kupole ili 18 metara iznad zrcala, visi dakle nad njim sa svojom kabinom na visini peterokatnice. Platforma za promatrača postoji i na drugom, donjem dijelu teleskopa, iza glavnog zrcala. Promatrači, kao što smo spomenuli, imaju kabine i u cilindrima na krajevima deklinacione osovine. Težina promatrača i uređaja ništavno je mala u usporedbi s težinom svih pokretnih dijelova teleskopa, i njihova prisutnost na jednome ili drugome mjestu uopće se i ne osjeća. Upravljanje kretanjima teleskopa je, kao što smo spomenuli, električno i ostvaruje se sa svakog mjesta kao i sa specijalnog pulta za upravljanje kraj donjeg dijela teleskopa.



Plan velikog teleskopa prikazan shematski u osnovnim crtama

1 deklinaciona os instrumenta — 2 zrcalo s promjerom od 5 metara — 3 ravno zrcalo — 4 zrcalo — 5 spektrograf — 6 aparatura u prostoru opreme teleskopa — 7 satni krug — 8 prostorije s konstantnom temperaturom — 9 oprema teleskopa

Da bi se mogla ostvariti Newtonova ili Cassegrainova projekcija, teleskop ima na strani glavnog zrcala 6 pomoćnih zrcala — 3 konveksna i 3 ravna, koja dopuštaju da se dobiju razna žarišta od — 3,30, od 16,95 i od 30 metara.



Ovim zrcalima moramo dodati i specijalnu Rossovu korektivnu leću za povećanje vidnoga polja, namještenu pri žarištu udaljenom od zrcala 16 metara i 77 cm. U tom području, u kabini glavnog žarišta, nalaze se posebna fotoelektrična pojačala, spektrografi s kratkim žarištem, termo-baterije i razni drugi instrumenti i pomagala.

Pomoću trostrukog kombiniranja jedno ravno zrcalo vraća zrake svjetlosti preko deklinacione osovine na jednu reflektivnu prizmu dugačkog žarišta. Spektrograf je montiran paralelno s polarnom osi u velikom cilindru.

Ispod osnovne teleskopske cijevi, na njezinom dnu, nalaze se posebna postrojenja s radiometrima i čitavim nizom instrumenata, koji moraju stajati vertikalno.

Konačno, četvrta optička kombinacija prikazuje sliku zvijezda na otvoru, koji se nalazi na južnom kraju polarne osi, gdje su spektrografi i drugi važni instrumenti montirani i smješteni u velikoj dvorani sa stalnom temperaturom i aklimatizacionim uređajem. U tom slučaju žarišna udaljenost od zrcala ravna je 150 m. Otvor u sredini ogledala promjera 1 metar dopušta da se vode opažanja i u Cassegrainovom sistemu (fokus = 30 metara) i u tom slučaju promatrač se nalazi na platformi, koja je pričvršćena na kraju teleskopa, neposredno ispod glavnog zrcala.

Ogromna količina svjetlosti, koju sakuplja orijaško zrcalo, mora se na odgovarajući način i iskoristiti. Zato je pitanju o raznim posebnim priborima, koji iskorišćuju sakupljenu svjetlost, bila posvećena posebna pažnja. Za fotografiranje spektara najslabijih izvan-galaktičkih maglica (dalekih zvjezdanih sistema, »Kumovskih Slama«) sagrađen je objektiv — najjači na svijetu — sa svjetlosnom snagom od  $f/0,35$ , ispitivan na reflektoru od 2,5 metara na Mount Wilsonu. U spoju s ogromnim zrcalom promjera od 5 metara on mora pružiti naučnu izuzetno dragocjene podatke.

Ovaj objektiv sagrađen je kod British Scientific Instruments, konstruiran pod rukovodstvom Sir Herberta Jacksona, Dr. Harry Moorea i M. R. J. Bracya. Promjer objektiva je 2,8 puta veći od njegove žarišne daljine. Zadnja leća toga objektiva nalazi se gotovo u dodiru s fotoagrafskom pločom, a površina joj je napravljena sasvim ravna. Kako objektiv ima dosta veliko vidno polje, da bi se smanjio gubitak svjetlosti zbog odraza pod ostrim kutom od zadnje površine te leće, razmak između nje i fotoagrafske ploče napunjen je tekućinom s odgovarajućim koeficijentom loma, koja ne djeluje na fotoagrafsku emulziju, kao što se slično radi na mikroskopima s uljanom imerzijom.

Ovaj najjači dosad sagrađeni objektiv daje 156 puta jasniju sliku od Tessara sa svjetlosnom jačinom od 1 : 4,5.

Na Mount Wilsonu svjetlosna jačina ovog objektiva nije mogla biti potpuno iskorištena, jer je pozadina noćnoga neba na zvjezdarnici Mount Wilson previše svijetla i na fotografijama izazivlje jak svjetlosni veo.

Za Mount Palomarov teleskop sagrađen je i izvanredno osjetljiv elektrofotometar sistema A. E. Whitforda i Joel Stebbinsa sposoban da bez ikakve dopunske optike otkrije plamen svijeće ili šibice na udaljenosti od 11.000 kilometara. S teleskopom od 5 metara promjera on bi mogao otkriti plamen svijeće ili šibice na udaljenosti od 30.000 kilometara! S ovim priborom sada su već na zvjezdarnici Mount Wilson dobijeni veoma dragocjeni rezultati.

Staklena zrcala teleskopa prije su pokrivali tankim slojem srebra. U toku posljednjih nekoliko godina srebrna zrcala zamjenjuju se aluminiziranjem pomoću raspršenog aluminijskog sloja na površini zrcala u vakuumu. Aluminizirani sloj tamni neusporedivo slabije negoli srebrni, a osim toga dobro odražuje ljubičaste i ultraljubičaste zrake, koje srebrni sloj upućuje ne odražuje. Teleskop-zrcalo na Mount Palomaru također je aluminizirano u posebnoj vakuum-komori promjera od 7 metara. Svega 30 grama aluminijskog sloja upotrebljeno je u tu svrhu bez obzira na ogromnu konstrukciju vakuum komore i površine zrcala. Evaporacija aluminijskog sloja u vakuumu izvedena je po metodi Dr. Johna Stronga sa Kalifornijskog instituta. Zrcalo se u vakuumu bombardira s raspršenim atomima aluminijskog sloja.

Kao što smo već spomenuli, novi teleskop montiran je u Južnoj Kaliforniji na vrhuncu gore Mount Palomar, geografske širine  $33^{\circ} 21' 20''$  na nadmorskoj visini od 1815 metara, na ravnom platou ove gore. Polarna os teleskopa sačinjava s horizontom točni kut geografske širine teleskopa. Dugotrajna istraživanja pokazala su, da je uzduh na tom platou izuzetno miran i prozračan, nebo tamno, a svjetlost veoma rijetkih naselja u tom kraju ne može ometati rad teleskopa.

Uz glavni teleskop na Mount Palomaru montirani su kao sastavni dio velikog teleskopa drugi manji reflektori, t. zv. teleskopi tražioći, ali i oni su tako veliki (promjer zrcala 60 cm), da predstavljaju velike teleskope, kojima se ponose mnoge samostalne zvjezdarnice.

Osim glavnog teleskopa zvjezdarnica na Mount Palomaru imat će još niz teleskopa satelita. Takvi su teleskopi sateliti na pr. teleskopu sistema Schmidt promjera od 45 i 122 cm, koji već rade na Mount Palomaru.



Važni pomoćni instrumenti teleskopa jesu spektrografi, među njima jedan s velikom disperzijom za rad u glavnom ili Cassegrainovom žarištu za istraživanje atmosfere zvijezda. Drugi — slabije disperzije ali jake svjetlosne snage, određen je za rad u glavnom žarištu, a za mjerenje radijalnih brzina ekstragalaktičkih maglica. Za ovaj spektrograf napravljen je prema planu Dr. W. B. Raytona poseban objektiv sa žarištem od 32 mm a  $f/0,59$  otvora. Ovaj »ultrabrizi« objektiv primijenjen s 2 prizme na teleskopu od 2,5 metara na Mount Wilsonu dopustio je astronomu Hubbleu da reducira na 2 sata i 10 minuta trajanje snimanja za zvijezde 12. veličine.

Za zvjezdarnicu na Mount Palomaru, t. j. za veliki teleskop sa-građen je i naročiti interferometar od 12,20 metara za mjerenje promjera zvijezda i za razdvajanje izvjesnih dvostrukih spektroskopskih zvijezda, t. j. onih koje se ne mogu vizuelno razdvojiti, jer su s obzirom na njihovu udaljenost previše zblježene. Proučavanjem njihovog spektra utvrđeno je međutim ne samo njihovo postojanje, nego i njihovo gibanje oko zajedničkog centra teže.

Ne smijemo zaboraviti na još jedan važan aparat konstrukcije Sinclaira Smitha i Abbotta, s kojim se može obilježiti krivulja energije u spektru, kao i čitavu zbirku laboratorijskog i fotouređaja za koji je Dr. Mees od Kodaka stvorio specijalne fotoemulzije osjetljive za ultraljubičaste i infracrvene zrake.

Rockefellerova fondacija utrošila je dosad 6 i po milijuna dolara za zvjezdarnicu na Mount Palomaru. Proći će još nekoliko godina dok će ona biti sasvim kompletirana i svi njezini aparati i moćna optička sredstva stavljena u pogon.

\*

Palomar Observatory Project uspješno je dovršen od Kalifornijskog tehnološkog instituta, pod čijim se administrativnim i naučnim rukovodstvom nalazi astronomski kombinat Mount Palomar — Palomaru — Mount Wilson.

Područje velike zvjezdarnice na Mount Palomaru omeđeno je površinom od 820 hektara, t. j. obuhvata gotovo čitavu planinu Mount Palomar. Visoki plato, na kome je podignuta zvjezdarnica, pokriva šuma i zelenilo od nekoliko tisuća akri\* (crnogorica, bjelogorica, džbunje i visoka trava), što omogućuje mirno hlađenje zraka noću i stvara veoma povoljne uvjete za vidljivost teleskopskih promatranja.

Zvjezdarnica ima čitav niz objekata.

\* 1 akter (mjera za površinu u Americi) = 4046 m<sup>2</sup>

Tu se na prvome mjestu ističe ogromna kupola glavnog teleskopa, čiji zaobljeni toranj, visok preko 40 metara, bliješti na suncu i vidi se izdaleka. Zaobljeni dio kupole pokriven je aluminijskim pločama, čiji srebrni sjaj odbija sunčane zrake i ne dopušta da se kupola zagrijava. Dio kupole, u visini trokatnice, može se okretati, a rotacija ovog dijela vrši se automatski bez ikakva šuma i vibracija. U središtu kupole, na posebnim, duboko ugrađenim temeljima od čeličnih stupova i armiranog betona podignut je orijaški teleskop.

Nedaleko od centralne, glavne kupole podignute su dvije manje: jedna visoka oko 7 metara za manji teleskop Schmidtova sistema, a druga veća, 18 metara visoka, za veliki Schmidtov teleskop.

Na sasvim drugom dijelu platoa podignuta je električna centrala s 3 snažna generatora i pogonom Diesel-motorima, koja sva postrojenja, radionice, garaže, stanove i kupole s instrumentima snabdijeva električnom energijom. Teleskopska postrojenja troše vrlo mali, najmanji dio energije ove centrale. Nedaleko centrale nalazi se meteorološka stanica s osnovnim priborima za meteorološka opažanja.

Na području zvjezdarnice nalaze se dva vodovodna sistema: posebna vodocrpna stanica na planinskom izvoru iz kojeg se sve namštambi, radionice i kupole snabdijevaju vodom za piće. Zatim postoji centralni vodovod s velikim rezervoarom i vodovodnom mrežom, koja povezuje sva postrojenja zvjezdarnice.

Nedaleko elektrocentrale nalaze se mašinske radionice, garaže i tankovi s plinom (butanom) i sa sistemom plinovoda, koji vodi u sva postrojenja i zgrade za stanovanje.

Mali pomoćni aerodrom, upotrebljavan za vrijeme izgradnje, sada je likvidiran, jer postoji opasnost od avionskog prometa u blizini zvjezdarnice...

Posebnu grupu zgrada sačinjavaju uredi i stanovi. Osim 5 priremenih zgrada za graditelje i njihove obitelji — ne smijemo smetnuti s uma, da su opservatorijska postrojenja građena neprekidno od 1935. godine, ljeti i zimi, a to znači punih 15 godina, što je zahtijevalo prisutnost mnogih graditelja — podignuto je 7 koteža od čelika i armiranog betona, pokrivenih bakrenim pločama, za osoblje zvjezdarnice i njihove obitelji. U sklopu ovih koteža, koji imaju sav potrebni komfor, podignuta je i jedna dvokatnica, koju su astronomi prozvali »samostan«, a predodređena je za stanovanje astronomopservatora. Na području gradilišta nalazi se restoran i igralište za službenike zvjezdarnice.



Uskoro će plato ukrasiti i jedna neobična zgrada — Muzej astronomije. U tom će se muzeju brojni posjetioci zvjezdarnice moći upoznati s razvitkom astronomije i astrofizike, s radom i postignućima astronomskog kombinata Mount Palomar — Pasadena — Mount Wilson. Ovaj se muzej gradi po izričitoj želji Georĝa Ellery Halea, koji je, pored svog velikog naučnog rada, popularizaciji astronomije posvećivao također veliku pažnju.

Čitavo područje zvjezdarnice vezano je sistemom asfaltiranih puteva i staza i glavnom novom asfaltiranom cestom, koja preko mjesta Pala, na podnožju planine, veže San Diego i Pasadenu sa zvjezdarnicom.

Glavna teleskopska zgrada ne sadrži samo kupolu, prostor, u kome se nalazi veliki teleskop. U njoj se nalazi čitav niz prostorija. Tako su na pr. na I. katu smještene kancelarije, foto-komore, biblioteka, kabineti za rad, prostorije za zakusku i odmor astronom-opservatora, čiji broj u punom pogonu s asistentima i pomoćnim osobljem sačinjava od 15—20 ljudi, čitav niz prostorija za aklimatizacioni uređaj, instrumente i njihove dijelove. Neke prostorije za rad i mnoga mehanička postrojenja smještena su prizemno i podzemno, ispod kupole, izolirano od temelja teleskopa.

Glavna teleskopska kupola s orijaškim teleskopom izaziva divljenje posjetilaca. Na glavnom se ulazu nalazi veliko brončano posrje G. E. Halea, čijom je zaslugom i neumornim radom podignut ovaj najveći teleskop svijeta i zvjezdarnica na Mount Palomaru. Širokim stubištem ulazi se u galeriju za posjetioce, »Visitors gallery«, u unutrašnjosti kupole. Kroz ogromna, debela zrcalna stakla galerije mogu se posjetioci do mile volje diviti veličini ogromnog teleskopa.

U velikoj okrugloj dvorani, u središtu koje se nalazi teleskop, vlada svečana tišina kao u pravoj katedrali nauke. Samo astronomi-promatrači i njihovi pomoćnici prošetaju se nečujno noću ovim prostorom, koji osvjetljuje slabo, maskirano, signalno luminescentno osvjetljenje. Takvim osvjetljenjem svijetle i instrumenti, brojne ručke, dugmad i kazaljke na centralnom pultu za upravljanje i oko instrumenata. Kroz ogroman otvor na kupoli vidi se zvjezdano nebo, koje bliješti vatrama zvijezda tako sjajnih i mnogobrojnih na planinskom nebu, kakve se mogu promatrati samo u južnim područjima naše sjeverne hemisfere...

»Samostan« je naseļjen, i opservatori — znameniti kalifornijski astronomi Adams, Hubble, Wilson, Bowen... i njihovi brojni suradnici pristupili su radu...

Ne samo astronomski svijet, nego i najšira javnost s nestrpljenjem je očekivala »prve vijesti«, koje će nam iz svemirskih daljina donijeti palomarski orijaš. Njegova montaža završena je uspješno u mjesecu travnju 1948. godine, a 3. lipnja 1948. godine »Big Eye« — Orijaško oko na Mount Palomaru, u koje je zajedno s kupolom i priborima utrošeno 6,500.000.— dolara, prvi je put pogledalo na nebo.

Od prve ideje znamenitog astrofizičara Halea o ovom teleskopu do njegovog ostvarenja prošlo je 20 godina. Na projektima novog teleskopa i zvjezdarnice rađeno je punih 10 godina, a od vremena kada je zrcalo izliveno do montiranja prošlo je punih 13 godina. Konačno 18. studenoga 1947. godine polirano zrcalo napustilo je optičke radionice u Pasadeni.

Davno prije montiran je i ispitivan mehanički dio teleskopa, ali za vrijeme ispitivanja zrcalo je bilo zamijenjeno diskom iste težine i razmjera kao i zrcalo. Zrcalo se u to vrijeme nalazilo u optičkim radionicama u Pasadeni, gdje se dovršavalo fino poliranje, glačanje i retuširanje njegove površine.

Prijevoz zrcala iz Pasadene na goru Palomar nije bio lak posao, zbog velike težine zrcala i svih mjera osiguranja, koje su morali pri-mijeniti da bi se izbjegle trešnje kod prijevoza i mnogi nepredviđeni opasni momenti. Put preko kontinenta, svladan u početku, izgledao je mnogo lakši, jer zrcalo još nije bilo ugaćano i gotovo za montažu...

Čitava operacija prijevoza trajala je puna 4 dana. Godine 1947. 16. studenoga ujutro u prostorijama optičke radionice zrcalo je u svom oklopu položeno horizontalno na specijalno građena kola s 16 gumenih kotača. Na ovim kolima zrcalo je bilo fiksirano samo na 3 točke — 2 nepokretne i 1 pokretnoj. Radi amortizacije upotrebljeni su komadi spužvaste gume, a odozgo zrcalo je bilo pokriveno drvenim poklopcem debelim 2,5 centimetara. Zatim je nad zrcalom na kolima bio montiran poseban drveni sanduk veličine 7×7 metara a visok oko 2,5 metra. Gornja površina sanduka bila je pokrivena tankim aluminijevim limom, da bi se smanjilo zagrijavanje zrcala suncem za vrijeme prijevoza. Između gornjeg sanduka i drvenog poklopca polo-ženog na zrcalo postavljena je piezokvarcna aparatura, koja je pru-žala mogućnost da se prema otklonima naročitoć galvanometra regi-striraju udarci i vibracije i u potrebnim slučajevima umanjí brzina kretanja, kako bi se vibracija svela na najmanju mjeru.

Narednoga dana — 17. studenoga — kola su iz prostorija optičkih radionica izvedena u dvorište. Put, dobra autostrada dugačka oko 230 km, zadavao je dosta brige, i bio je potreban najveći oprez,



zdarnice. Dovoljan je samo pritisak dugmeta, da se na kupoli pokrenu vratnice u širini od 9 metara, i orijaškom teleskopu otvori zvjezdano nebo.

\*

Na Mount Palomaru nalaze se samo teleskopi, manji pomoćni laboratoriji, spomenuti ostali instrumenti, stanovi za pomoćno osoblje, garaže i prostorije za astronome, koji će dolaziti na Mt. Palomar na promatračko dežurstvo. Cjelokupna obrada materijala, dobijenog na novoj zvjezdarnici, vršit će se u Pasadeni, na podnožju Mount Wilsona. Tu je sada i tu ostaje »glavni štab« zvjezdarnice, fizikalni instituti i laboratoriji, kao i stanovi za obitelji astronoma i fizičara. Ovi instituti i laboratoriji s astronomskim opservatorijima na Mount Wilsonu i Mount Palomaru predstavljaju već spomenuti naučni kombinat. U okviru instituta u Pasadeni nalazi se i veliki vertikalni teleskop, koji je kao i sunčani teleskop na Mount Wilsonu snabdjeven čitavom zbirkom spektrografa. Fizikalni laboratoriji posjeduju specijalne peći za istraživanje spektra raznih elemenata, zatim elektrostatičke aparate ciklo- beta- ili sinhrotrone, što omogućuje fizičarima da metodom fizike rješavaju mnoge probleme u procesu astrofizičkih istraživanja. Za obradu podataka, koji se dobiju teleskopskim istraživanjima i fotografijama spektara, sagrađeni su specijalni pribori za mjerenja, mikrofotometri, a osim spomenutih i drugi instrumenti za istraživanje atoma.

Ogromni su sistemi i formacije Svemira i slični atomi i njihovi dijelovi, s kojima eksperimentiraju fizičari i proučavaju ih astronomi. Njihova otkrića su nesumnjivo od velikog interesa za spoznaju svemira, u kome živimo i u kome se rađaju i nestaju u kozmičkoj evoluciji svjetovi svjetova.

Nema sumnje, da će mnoge tajne naći rješenje u nizu promatranih činjenica, a mnoge činjenice postat će nova tajna za čovjekovu spoznaju Svemira, jer je priroda beskrpna i neiscrpna. U prodiranju u njezine tajne neiscrpne su mogućnosti i ljudskoga duha i stvaralaštva. Pogledajte na Galilejev i Newtonov teleskop i na orijaš na Mount Palomaru. Razumije se, tehnički progres ne iscrpljuje naše mogućnosti, ali nam otkriva nove, beskrpne mogućnosti i neviđene još horizonte sveobuhvatne materije i ogroman je korak naprijed u otkrivanju novih svjetova u Velikom Svemiru.

Orijaški teleskop na Mount Palomaru najljepši je spomenik ne samo Georgu Ellery Haleu, nego i genijalnim osnivačima suvremene nauke Galileju i Newtonu.

jer na nekim mjestima na zaokretima prostor između zidova kuća i teleskopa iznosio je samo nekoliko centimetara. U 3 sata poslije podne kola su ukopčana uz teški teretni automobil i tako pod stražom ostavljena do drugog dana ujutro. Da bi se izbjegla moguća iznenađenja svi su putovi, koji prilaze glavnom drumu za Mount Palomar, bili zatvoreni za saobraćaj.

Težina zrcala s oklopom i sandukom iznosila je oko 40 tona, a težina kola 20 tona — što znači, da je čitav »ekipaž« bio težak 60 tona. Ova težina zahtijevala je pažljiv izbor puta, kojim se imalo krenuti, pa je napuštena misao, da se krene cestom, koja vodi izravno iz Pasadene prema zvjezdarnici na Mt. Palomaru. Izabrani put bio je 50 kilometara duži, ali u pogledu raznih mostova, mostića, vijadukata i uzanih sektora bio je bolji. Opća dužina puta bila je punih 280 kilometara — 160 milja. Ali i na ovoj cesti morali su se učvrstiti izvjesni propusti (kanali ispod ceste) i mostovi, koji su bili nedovoljno čvrsti za takav teret.

U 3 sata i 20 minuta izjutra 18. studenoga povorka je krenula na put.

Kola je vodio teški kamion. Ispred njega i iza njega išla su 2 patrolna automobila, ne dopuštajući nestručnim šoferima raznih službenih kola da zaobilaze spori transport sa zrcalom.

U 17 sati kola sa zrcalom zaustavljena su u seocu Escondino. Za čitav dan puta pređeno je oko 240 kilometara sa srednjom brzinom od 18 kilometara na sat. Na pojedinim mjestima po naročito udobnoj i ravnoj cesti brzina kola dostizala je 30 km. Posljednjih 30 kilometara puta prvoga dana, kada je započeo uspon na goru, kola su vukla 2 teška kamiona — jedan kamion je gurao kola, a drugi vukao.

U 5 sati i 15 minuta izjutra 19. studenoga kola sa zrcalom ponovo su krenula na put, kola su opet vukla 2 kamiona. U 11 sati ujutro ona su ušla u vrata zvjezdarnice i poslije nekoliko minuta zrcalo na kolima uvedeno je u kupolu.

Kupola velikog teleskopa na Mount Palomaru kao i zrcalo orijaških je razmjera — ona ima promjer 42 metra a visinu 45 metara ili kao 12—14-katni neboder. Kupola je teška preko 1000 tona, a sagrađena je dobrim dijelom od čelika i odabranog izolacionog građevnog materijala za termičku i zvučnu izolaciju. Velika kupola je pravi »hram šutnje«, u kome se čuju otkucaji astronomskog sata i šapat astronoma. Ne čuje se pokretanje ni pokretnog dijela kupole, koji stoji na kugličkim ležajima, a pokreće ga električka energija iz visoko-voltna mreže južne Kalifornije ili vlastite elektrocentrale zvje-



## 7. Program i mogućnosti rada zvjezdarnice na Mount Palomaru

Kojim će se problemima baviti zvjezdarnica na Mount Palomaru? S teleskopom-zrcalom od 5 metara promjera, dvostruko većim od onoga na Mt. Wilsonu, otkrit će se dvostruko udaljeniji objekti od naše Zemlje — 1 milijardu godina svjetlosti! Što to znači? Znači, da je svjetlost s tako udaljenih objekata krenula prema našem, Sunčevom sistemu prije milijardu godina. Svakako u to vrijeme nije još bilo ljudi na Zemlji kao ni njihovih primitivnih predaka. Kolika je ta udaljenost možemo suditi po usporedbi s udaljenošću do najbliže nam zvijezde — Sunca: ogromnu udaljenost od Sunca do Zemlje projuri svjetlost za 8 minuta! Raketni avion, koji bi poletio prema Suncu s brzinom od 1000 kilometara na sat stigao bi do njega tek nakon 17 i po godina...

Za 8 puta proširit će orijaški teleskop obujam svemirskog prostora i učiniti ga pristupačnim našem proučavanju.

Ako promjer zjenice ljudskoga oka iznosi u tamnoj noći oko 8 mm može se proračunati da orijaš na Mount Palomaru može sakučiti 400.000 puta više svjetlosti negoli naše oko, što znači, da će nam otkriti zvijezde 400.000 puta slabije od onih, koje može otkriti neoružano ljudsko oko. Bez pretjerivanja možemo reći, da je snaga ovog teleskopa jednaka snazi od blizu pola milijuna ljudskih očiju!

Razumije se, da će i na najbližim objektima našeg Sunčevog sistema biti otkriveni novi detalji, da ćemo bolje upoznati prirodu Mjeseca, Marsa, Jupitera, Saturna i drugih planeta, a isto tako i zvjezdane atmosfere postat će nam pristupačnije nego dosad.

Ako nam optički orijaš na Mt. Wilsonu otkriva zvijezde do 21. veličine, a njihov broj popeo se preko milijarde, orijašu na Mount Palomaru bit će pristupačan najmanje dvostruki broj zvijezda, jer ima 4 puta jaču svjetlosnu snagu od velikoga Hookera.

Svjetlosna snaga ovog teleskopa u moći je da otkrije beskrajno slabe svjetlosne izvore Svemira — zvijezda i maglica. Orijaški tele-

skop na Mount Palomaru otkrit će četiri puta slabije zvijezde i maglice, nego što to može učiniti veliki Hookerov teleskop na Mount Wilsonu. Na pr. razlika u svjetlosti 5. zvjezdane veličine odgovara prosječnoj razlici osvjjetljenja od 100 : 1. Tako je zvijezda 1. veličine 100 puta sjajnija od neke zvijezde 6. veličine i razlika 1. veličine odgovara odnosu u sjaju od 2,5 prema 1. Zvijezda Aldebarana na pr. ili Crveno Oko zvijezda Bika, a tako i Altair, najljepša zvijezda Orla, jesu zvijezde 1. veličine, a Polarna zvijezda, koja je 2. veličine, dva i po puta je manje svjetlija od spomenutih zvijezda.

S okularom, koji povećava 10.000 puta pomoću orijaša na Mount Palomaru približit će se slika našeg Mjeseca na udaljenost od svega 40 kilometara. Sjetimo se, da je Mjesec udaljen od naše Zemlje otprilike 384.000 kilometara, a to znači da na Mjesecu možemo pomoću ovog orijaškog teleskopa razlikovati predmete veličine od 37 metara ili predmete pod uglom od 2 stotinke sekunde. Luk od jedne sekunde znači vidjeti vlas ljudske kose debelu samo desetinku milimetra slabim okom na udaljenosti od 20 metara...

Jedan od problema, koje će nesumnjivo rješavati veliki teleskop, jest problem »kanala na Marsu« kao i preciznija promatranja planeta i njihovih satelita. Tu se kriju još mnoge tajne i nepoznanice, koje će nesumnjivo zapaziti »orijaško oko«, a fotografija objektivno fiksirati.

Najveću svoju snagu teleskop će upotrebiti za otkrića udaljenih maglica u beskrajnem svemiru, kao i za probleme spektrografskog studiranja zvijezda naše Kumovske Slame zahvaljujući njegovoj ogromnoj snazi disperzije.

U oblasti drugih kozmičkih svjetova otkrit će se točnije dimenzije nama pristupačnog svemira, količina tamne i svijetle materije u kozmičkom prostoru, a u vezi s njim i utvrditi uzroke famozne »ekspanzije svemira« u oblasti ekstragalaktika.

\*

Astronomi Adams i Hubble odmah su pristupili pokusnim ispitivanjima, i prvi snimci već su nam poznati. Satima je ranije astronom Hubble snimao mnogobrojne ekstragalaktičke maglice u zvijezdu Beneričina Kosa, s orijaškim teleskopom snimio ih je za svega 6 minuta. Između brojnih pokusnih snimaka snimljena je i znamenita spiralna maglica Messier 81 u Velikome Medvjedu. Ova maglica udaljena je od nas — prema istraživanjima E. Hubblea i K. Lundmarka — oko 3 milijuna godina svjetlosti, a njene linearne dimenzije iznose preko



14.000 godina svjetlosti. Maglica se udaljava od nas brzinom od 30 kilometara u sekundi, a prema istraživanjima A. Van Maanena okrene se oko svoje osovine za 58.000 godina. I u ovoj maglici razabiru se pruže i naslage crne materije, a prema Hubbleovim istraživanjima i u njoj postoje globularne stelarne formacije kao i u našoj galaktici. Na snimcima s orijaškim teleskopom na Mount Palomaru jasno se razabiru ne samo osnovne konture maglice, nego i njezini divovski spiralni rukavi s mnogobrojnim zvijezdama, plavim supergigantima i još neistraženim formacijama, koje će vjerojatno samo potvrditi i produbiti pretpostavke astronoma Hubblea, iskazane još godine 1932., o postojanju globularnih formacija zvijezda, kakve se nalaze na periferiji našeg Kumovske Slame, u našoj galaktici.

Međutim ne smijemo smetnuti s uma, da je prethodnik orijaša na Mount Palomaru, Hookerov teleskop na Mount Wilsonu montiran 1918. godine, a tek 10 godina kasnije, 1928/1930. g. postigao je maksimalno savršenstvo i dao prekrasne rezultate, koji su se i očekivali.

Kod pokusnih snimanja Adams i Hubble utvrdili su činjenicu, da se orijaško zrcalo nije toliko savilo, koliko je bilo teoretski pretpostavljeno, i zbog čega je na užem, vanjskom rubu bilo ostavljeno za debljanje za ovako moguće savijanje. Praksa je ovu pretpostavku opovrgla. Stoga je zrcalo bilo ponovo demontirano, da se na tome rubu izbrusi njegova površina za nekoliko 10-tisućinka dijelova milimetra. Teleskop će astrofizici pružiti dragocjene podatke o sastavu svjetlosti zvijezda i maglica, i ta svjetlost, koja nam poslije stotina, desetina tisuća i milijuna godina dolazi iz dubina svemira, ne smije da na našim neusavršenim instrumentalnim sredstvima doživi transformacije, koje bi u netočnom, neobjektivnom svijetlu prikazale stanje materije na tim udaljenim svjetovima. Ako je naša nauka i tehnika u stanju da pomoću najpreciznijih mjerenja i točnim instrumentima doznaje ovu stvarnost, onda mora nastojati da ovu preciznost i savršenstvo podigne na najviši mogući stupanj. Eto s kolikim naporima i mogućnostima nauka ostvaruje danas svoj veliki program rada na spoznajni objektivne istine...

Isto tako bilo je potrebno poboljšati i protutežu na konstrukciji teleskopa kao i usavršiti sistem hlađenja. Krajem 1949. godine sva ova tehnička usavršavanja bila su izvedena i teleskop je ponovo montiran u veliku kupolu. Radovi na ispitivanju i istraživački radovi uporedo se nastavljaju.

Nakon što su stručnjaci proučili prve fotografije, direktor Dr. Ira Bowen rekao je: »Te fotografije izvan svake sumnje pokazuju,

da je Hale-teleskop uspješno sagrađen instrumentat i da će dobro poslužiti radovima, za koje je i konstruiran. Puna prednost ovog teleskopa od 200 palaca iznad onog od 100 palaca na Mt. Wilsonu, dosad najvećeg teleskopa na svijetu, ne će se moći utvrditi, dok Rossova korektivna leća, koja je već gotova, ne bude montirana i instalirana u teleskopu. Pomoću ove korektivne leće teleskop na Mount Palomaru postići će isto žarište kao i teleskop Hookera na Mount Wilsonu, pa ćemo na taj način dobiti komparativne fotografije.« Žarište teleskopa na Mount Wilsonu je 42 stope (ili 500 palaca = 12,83 m) a na Mount Palomaru 55 stopa (666 palaca ili 16,95 m). Svojedobni planovi da se Hale-teleskop konstruira s istom žarišnom udaljenošću kao teleskop od 100 palaca napušteni su, ali je primijenjena Rossova korektivna leća radi proučavanja velikih strukturnih problema Svemira.

Činjenica je, da ova izvanredna pomoćna sredstva, koja moraju još biti dovršena i instalirana, ne će zadržati započete radove na proučavanju Svemira, ali mnogi novi radovi, koje su planirali astronomi ne će se još moći započeti. Međutim izvest će se neposredni planovi na fotografiranju standardnih objekata, kao što su nama relativno bliske i udaljene galaktičke i ekstragalaktičke maglice, zvijezdani oblaci, globularne skupine i drugi objekti, koji su obrađivani sa 100-palčanim teleskopom.

Prvi spektrografski radovi započeli su u mjesecu ožujku 1950. i to u primarnom žarištu teleskopa, jer t. zv. Coudé-spektrograf još nije kompletiran. Ovaj rad ima za cilj, da se dobiju informacije o brzini maglica, kojom se ovi svemirski kontinenti, kao i naša Kumovska Slama ili galaktika kreću u svemirskom prostoru i udaljuju od našeg galaktičkog sistema. To će biti direktan fotografski rad u primarnom žarištu teleskopa, određenom da se dobije više informacija o broju maglica i njihovoj raspodjeli u prostoru i neki dodatni radovi o oblicima planetarnih maglica. Prema izjavi direktora Dr. Bowena rad će se izvršiti u prvoj godini rada teleskopa.

Teški problemi, koji su mučili astronome, skinuti su s dnevnoga reda, čim je teleskop iskušan u radu. To je na prvome mjestu bilo naknadno brušenje i poliranje ruba teleskopa u širini od 20 palaca prošlog ljeta, a zatim prilagodivanje teleskopa na temperaturne razlike, što je prebrođeno s instalacijom sistema lepeza u prostoru, koji drži veliki disk i prema vanjskom rubu instalacije zrcala. Svi kritični problemi potpuno su savladani i riješeni i teleskop dobro radi. Isto tako i sistem podupirača, koji je zadavao brige prošle godine, uspješno je rekonstruiran i sada radi kako treba.



Ostaje još da se instaliraju pomoćni instrumenti, a to će biti u naredne 2—3 godine, što ne će zadržati rad teleskopa. To će samo ograničiti njegovu upotrebu, dok ta dodatna postrojenja budu kompletirana i instalirana. Jedan od najvećih pomoćnih instrumenata je nesumnjivo spektrograf Coudé.

Tako je glasila prošlogodišnja informacija Kalifornijskog tehnološkog instituta.

»Big Eye« ili »Orijaško Oko«, kako Amerikanci prozvaše veliki teleskop, tek je »zažmurilo« prema nebu, i već se naslućuju nove mogućnosti i izvanredna otkrića, a kad se ovo »oko« potpuno otvori, koliko će nam novih iznenađenja u Velikom Svemiru pokazati...

U međuvremenu, dok je trajalo usavršavanje »Orijaškog Oka«, teleskop satelit »Big S« — »Veliki Schmidt«, koji je montiran krajem 1948. godine započeo je svoj program rada.

Kakav je teleskop »Big S« i kakav je njegov program rada?

Ovaj teleskop je poboljšana konstrukcija teleskopa po sistemu Bernhardta Schmidta.

Teleskop Bernhardta Schmidta ima zadatak, da za program rada Orijaškog teleskopa izvrši velika snimanja neba, a njegova konstrukcija mu to i omogućuje.

B. Schmidt bio je optičar, suradnik zvjezdarnice u Hamburgu. Kako da se usavrše sferni reflektori i refraktori, da se odstrani njihov nedostatak, koji se očituje u t. zv. sfernoj aberaciji svojstvenoj obadvema sistemima — to je bila tema studija Bernhardta Schmidta. Na osnovu svojih teoretskih istraživanja i eksperimentalnih radova Schmidt je zaključio, da je potrebna jedna nova »leća«, koja bi sfernu aberaciju mogla odstraniti.

U čemu se sastoji sferna aberacija, glavni nedostatak teleskopa? Zrake svjetlosti, koje prolaze kroz leću objekta ili se reflektiraju u sfernom ogledalu, ne ukrštavaju se podjednako u žarištu teleskopa. Periferijske zrake i središnje nemaju isti fokus ukrštavanja — središnje zrake ukrštavaju se dalje od žarišta periferijskih zraka i obratno. Istina je, kod vrlo dobrih objekta ili sfernih zrcala sferna aberacija toliko je mala, da ne kvari sliku, ali suvremena astronomija i astrofizika, kao što smo istakli, zahtijevaju najpreciznije snimke, da bi se mogla obaviti najpreciznija mjerenja i istraživanja.

Schmidtu je konačno 1930. g. pošlo za rukom da sa gradi posebnu asferičnu ploču, koja je, stavljena ispred žarišta objekta ili sfernog zrcala, potpuno odstranila sfernu aberaciju.

Jedna od prvih takvih većih asferičnih ploča, napravljena 1930. godine, imala je promjer od 35 centimetara i uspješno je iskušana na zrcalnom teleskopu zvjezdarnice u Bergedorfu kod Hamburga s promjerom zrcala od jednog metra.

Baker i Hendrix, konstruktori teleskopa sistema Schmidta, napravili su 1936. godine jedan teleskop promjera 45 cm iskušan na Mount Wilsonu i Mount Palomaru, gdje se nalazi i sada, a 1948. g. sagradili su poseban teleskop istog sistema, čiji je promjer sferičnog zrcala 180 cm, napravljen kao i Orijaški teleskop od pyrex-stakla, a korektivna ploča ima promjer od 132,5 centimetra. Efektivni otvor ovog teleskopa iznosi 122 cm pa je za 22 cm veći od znamenitog objekta refraktora zvjezdarnice Yerkes. Astrokomora za snimanje ima objektiv sa svjetlosnom snagom od 1 : 2,5 cm, a žarišnu udaljenost od 302,5 cm. Teleskopska cijev »Big S« dugačka je 6 metara, a pokretni dijelovi teški su 12 tona. Pokretni mehanizam teleskopa leži na kugličnim ležajima.

Dragocjena osobina ovog teleskopa sastoji se u tome, da posjeduje ogromno vidno polje od  $6^{\circ} \times 6^{\circ}$ , ili 36 četvornih stupnjeva neba može se snimiti na jednoj fotografskoj ploči formata  $36 \times 36$  cm. Znači, da je vidno polje ovog teleskopa 1000 puta veće od vidnog polja Orijaša.

Astronomi na Mount Palomaru i Mount Wilsonu riješili su, da s ovim teleskopom snime čitavo nebo za srednje širine sjeverne hemisfere, što znači  $\frac{3}{4}$  cjelokupne nebeske površine, dok se sličan teleskop ne montira i za snimanje neba južne hemisfere, što je koncem 1950. godine i ostvareno.

Program ovog snimanja trajat će 4 godine. Palomar Observatory Sky Atlas, veliki palomarski fotografski atlas neba, kao rezultat ovog snimanja, sadržavat će 2.000 fotografija s originalnih fotoploča. Svaki rajon neba fotografirat će se dvaput: jedamput s plavim filtrom, a drugi put s crvenim filtrom, da bi se mogle točno odrediti boje svih zvijezda u vidnome polju.

Meteorološki uslovi, koji su na Mount Palomaru inače odlični, kao i nemogućnost rada u noćima, kada se Mjesec nalazi iznad horizonta Mount Palomara, ograničavaju vrijeme snimanja. Uz najbolje uvjete astronomi na Mount Palomaru neće moći snimiti više od 4 ploče u jednoj noći; dvije u plavoj a dvije u crvenoj svjetlosti. U plavoj svjetlosti snimanje jedne ploče traje 30 minuta a u crvenoj čitav sat.



Na pločama će se snimiti zvijezde do 20. veličine, a maglice do 19,5 veličine, što znači, da će snimci obuhvatiti preko 500 milijuna zvijezda i oko 10 milijuna spiralnih ekstragalaktičkih maglica, zvjezdanih sistema sličnih našem zvjezdanom sistemu.

Novi fotografski atlas neba imat će 20 knjiga s originalnim snimcima kopiranim na najboljem fotografskom papiru formata  $36 \times 36$  centimetara, a s oznakom ekvatorijalnih koordinata.

Ne samo za astronome na Mount Palomaru i na Mount Wilsonu, nego i za astronome čitavoga svijeta ovaj atlas bit će pravi priručnik. Američko geografsko društvo financiralo je ovaj poduhvat i predsjednik društva Gilbert Grosvenor rekao je, da će »ovo djelo predstavljati pravi spomenik za buduće generacije, putokaz u otkrivanju neba«. Astronomi na Mount Wilsonu i Mount Palomaru kao i astronomi mnogobrojnih zvjezdarnica svijeta koristiti će ovaj atlas za studiranje i rješavanje problema Velikoga Svemira.

Prema izvaji Dr. Ira Bowena, direktora zvjezdarnice na Mt. Wilsonu i Mt. Palomaru ovaj će atlas biti doprinos astronomiji, jer je rezultat maksimuma, što može da nam pruži suvremena optika i suvremena fotografija...

\*

Velike teleskope sistema Schmidta, osim zvjezdarnice na Mount Palomaru, imaju već zvjezdarnice:

Harvardska u Oak-Ridgeu (S. A. D.) od 61 cm promjera,

Tonanzintla u Meksiku od 66 cm promjera,

Cleveland (S. A. D.) od 61 cm promjera,

a u Harvardovoj filijali, u Bloemfonteinu u Južnoj Africi, montira se od 81 cm promjera. Za zvjezdarnicu Harvard u Oak Ridgeu projektira se najveći teleskop sistema Schmidt od 152 cm promjera, pa će do 1955. i ovaj teleskop biti gotov.

Slične teleskope sistema Maksutova projektiraju i grade za sovjetske zvjezdarnice u Pulkovu, Abastumani, za veliku astrofizičku zvjezdarnicu u Bahčisaraju na Krimu, sjevernokavkasku i srednje azijsku astrofizičku zvjezdarnicu. Teleskop ovog sistema montira se već za zvjezdarnicu u Bahčisaraju na Krimu i to od 50 cm promjera a upotrebit će se za elektrofoto metričke radove.

Veliki Schmidt na Mount Palomaru jeste prava »desna ruka« orijaškom teleskopu — u vidnom polju toga teleskopa mogu se uočiti i odabrati brojni objekti za istraživanje pojedinačnih objekata i čitavih zvjezdanih sistema.

## 8. Veliki teleskopi u modernoj astronomiji

Prekrasno, vedro nebo Istoka s rijetkim oblacima i još rjeđim kišama utjecalo je na stvaranje kulta zvijezda u Egiptu, Grčkoj, Babiloniji, što je odigralo ne samo važnu ulogu u razvitku astralnih religija, nego je istovremeno utjecalo i na stvaranje nauke, koja je u razvitku čovječanstva odigrala i odigrati će još veću ulogu. U svom početnom stadiju svela se nauka samo na sakupljanje promatračkog materijala i filozofsko tumačenje prirodnih pojava, a u novije doba stvaralačkim naporima najboljih umova čovječanstva nauka je otkrila i velike zakone, koji upravljaju materijom i njenim gibanjima u svemiru.

Prva mjerila prostora i vremena stvorili su nam stari Egipćani, Babilonci, Kinezi, Acteki i drugi narodi stvaraoci prvih kulturnih vrijednosti, ali prve naučne, stvarne, ali još mutne konture materijalnih sistema dali su nam genijalni Grci, koji su golim okom i pro-nicljivim umom dokučili teško dokučivo i još nepoznato.

Velika nauka astronomija s nesigurnih staza lutanja došla je na širok put stvaranja i razvoja tek izumom pribora, koji su naoružali ljudsko oko i tako mu pružili mogućnost da sagleda nove, daleke svemirske horizonte i ne samo da otkrije Zemlju i ograničeno planetarno nebo, nego i beskrajne dubine svemira, da otkrije istinski svijet zvijezda, svjetove zvijezda i svemire svemira, Veliki Svemir.

Prvi je neumrlji Galilei s malim dalekozorom otkrio konture planetarnog svijeta, istinski izgled pratioća Sunca i minijaturnu sliku planetarnog sistema u Jupiterovom sistemu.

Krajem XVIII. stoljeća velikan ljudske misli Newton otkriva da se pomoću konkavnog zrcala mogu sagledati udaljeni nebeski objekti i Huyghens pomoću takvog teleskopa otkriva nove pojedinosti u planetarnom svijetu — veliki Saturnov prsten i Titan, najveći Saturnov satelit. Cassini s istim teleskopom otkriva 4 Saturnova satelita i po-djelu prstena na vanjski i unutarnji prsten...



Prvi rezultati ovih otkrića ohrabрили su ljubitelje neba i profesionalne astronome, da pokušaju izgradnju većih i boljih teleskopa.

William Herschel, genijalni amater astronomije, koji je sam gradio svoje instrumente, bio je pravi majstor. Njegovim teleskopima nije bila dorasla tehnika vremena — najveći teleskop bio je 12 metara dugačak, metalno zrcalo toga teleskopa imalo je promjer od 1 metra i 47 centimetara a težinu preko 1000 kilograma. Cilindrična cijev teleskopa bila je od željeza i, kako priča njegov sin, astronom John Herschel, u nju je mogla da se smjesti njegova čitava obitelj od 8 osoba... Uprkos sjajnom mehanizmu ovaj su teleskop morala poslušati 3 čovjeka. Ljudsko oko i um sagledali su novo, još udaljenije nebo — Herschel je otkrio Uran, planet udaljen od Sunca 2.858 milijuna kilometara, skupine zvijezda i maglica, koje je prema teleskopskom izgledu pokušao po prvi put da klasificira.

Najveći teleskop XIX. stoljeća bio je teleskop reflektor Parsonsa Lorda Rossa, sagrađen u njegovom parku u Parsonstornu kod Corka u Irskoj. Ovaj teleskop bio je dugačak 16 metara i 76 centimetara, a zrcalo promjera 1 metra i 83 centimetara imalo je težinu od 3.809 kilograma.

I ovim orijaškim teleskopom otkrivene su mnoge maglice i utvrđeno njihovo spiravno ustrojstvo.

Međutim ovi orijaški amaterski teleskopi bili su samo prethodnica usavršenih suvremenih teleskopa: upravljanje ovim teleskopima, ogromnim mašinama bilo je veoma komplicirano, a zrcala su se brzo kvarila.

Opći progres nauke i tehnike, mehanike i optike, omogućio je da se izgrade veliki refraktori, a u novije vrijeme divovski reflektori, koji su savladali pogreške refraktora i omogućili nam da s njima dobijemo svjetlosne zrake svih valnih dužina, t. j. svih boja, što ima prednost ne samo za fotografiju, nego i za astronomsku spektrofotografiju.

Sjajan razvoj reflektora omogućio je stvaranje orijaških super-teleskopa s najvećim teleskopom na svijetu na zvjezdarnici Mount Palomar, što je za danas vrhunac postignuća u izgradnji astronomskih instrumenata.

Od Galilejeva dalekozora u Firenci do orijaškog teleskopa Georga Ellery Halea na Mount Palomaru, to nije samo put tehničkog progressa, to je put naučne spoznaje svemira, koja je zamijenila primitivna religiozna shvatanja svijeta.

Grci su se smijali filozofu Plutarhu, koji je tvrdio da je Sunce veće od Grčke njegova vremena. Galilejev dalekozor omogućio je

Galileju da jasno vidi predmete udaljene 50 milja kao da su daleko samo 5 milja. Orijaški teleskop s Mount Palomara proširuje naš pogled na horizont udaljen 1 milijardu godina svjetlosti. A jedna svjetlosna godina je 9.468 milijarda milijardi kilometara!

Kada su Newton, Herschel i Lord Rosse gradili teleskope, to su bili izuzetni slučajevi — ni astronomija ni tehnika nisu u to vrijeme pružali ni mnogo skromnije mogućnosti graditeljima teleskopa.

I ma da orijaški teleskop na Mount Palomaru svojom veličinom dvostruko nadvisuje najveći suvremeni teleskop, postoji čitava plejada velikih odličnih teleskopa širom Zemlje i ova činjenica omogućuje astronomskoj nauci, da na širokom frontu ide naprijed zajedničkim naporima stotina astronoma, fizičara i matematičara. Nismo u mogućnosti, da na ograničenom prostoru istaknemo uspjehe mnogih drugih zvjezdarnica, koje se ili nalaze u isto tako povoljnim klimatskim uslovima ili raspolazu prvoklasnim kadrom naučnih radnika. Mora se podvući kao važna činjenica, da se veliki naučni rezultati mogu postići i skromnijim sredstvima, jer to zavisi od naučnih kadrova, talentiranih ljudi, koji se tim sredstvima u naučnim istraživanjima koriste, i od toga, kakvim se metodama i teorijama služe.

Da spomenemo sada samo najveće teleskope, kojima se ponosi suvremena astronomija.

Zvjezdarnica Radcliffe (u Engleskoj) sagrađila je za zvjezdarnicu na južnoj hemisferi u Pretoriji (Južna Afrika) teleskop reflektor sa zrcalom promjera od 1 m 88 cm.

Zvjezdarnica u Victoriji (Kanada) posjeduje teleskop-reflektor sa zrcalom promjera od 1 m 83 cm sagrađen 1919. godine.

Zvjezdarnica Perkinsa u Delaware (S. A. D., Ohio) dobila je 1932. godine teleskop reflektor sa zrcalom od 1 m 75 cm promjera.

Zvjezdarnica Harvard univerziteta (S. A. D.) dobila je 1937. godine teleskop reflektor sa zrcalom od 1 m 55 cm promjera za svoju zvjezdarnicu u Oak Ridgeu (Massachusetts) a drugi od 1 m 52 cm promjera godine 1933. za zvjezdarnicu filijalu u Bloemfonteinu u Južnoj Africi.

Bogati Amerikanin Mr. W. J. McDonald dao je za izgradnju zvjezdarnice Texas-univerziteta 1 milijun dolara, i njezin glavni teleskop ima promjer od 2 metra i 8 cm. Ova zvjezdarnica sagrađena je na Mount Lockeu planine Davis a nalazi se pod naučnim rukovodstvom zvjezdarnice Yerkes. Pokretni dijelovi ovog orijaškog teleskopa teški su 45 tona, a zgrada (kupola), u kojoj se nalazi teleskop, visoka je 22 metra, i ima promjer od 19 metara.



Zvezdarnica Dunlop u Kanadi dobila je 1933. godine teleskop-reflektor od 188 cm promjera, Cordoba u Argentini od 152 cm.

Sada se u gradnji nalaze ovi teleskopi reflektori:

promjera od 193 cm za zvezdarnicu Haute Provence u Francuskoj,
" " 245 " za zvezdarnicu Hurst Monceaux u Engleskoj,
" " 305 " za zvezdarnicu Lick na Mount Hamiltonu,
" " 188 " za zvezdarnicu Canberra (Mount Stramlo) u Australiji,
" " 188 " za zvezdarnicu Helwan u Egiptu,
" " 125 " za zvezdarnicu Bahčisaraj na Krimu,
a projektiraju se
promjera od 250 cm za zvezdarnicu Pulkovo kraj Lenjingrada,
" " 250 " za zvezdarnicu Alma Ata, Srednja Azija.

Najveći teleskopi, uključivši tu i teleskope reflektore na Mount Wilsonu, onaj od 152 cm i Hookerov od 254 cm kao i Mount Palomarski, nalaze se na teritoriju Sjedinjenih američkih država, i to 11 teleskopa. Izvjesni teleskopi se još ne iskorišćuju punim kapacitetom, jer nije dovoljan samo program za njihov rad, nego i naučni kadrovi, astronomi i fizičari, astrofizičari, visokokvalificirani naučni suradnici. Zato se izvjesne zvezdarnice i stavljaju pod zajedničko naučno rukovodstvo, da bi se prvoklasna tehnička sredstva mogla iskoristavati što racionalnije.

Evropa u pogledu izgradnje velikih teleskopa znatno zaostaje, ma da raspolaže s dovoljno visoko kvalificiranih kadrova — astronomima, astrofizičarima, fizičarima i matematičarima. Izgradnjom postojećih zvezdarnica, koje dobijaju nove, usavršenije i veće instrumente, i podizanjem nekih novih zvezdarnica, ovaj će se nedostatak djelomično nadoknaditi.

Nema sumnje, da će samo mirna izgradnja Evrope omogućiti evropskoj nauci a posebno astronomiji i astrofizici, da može u stopu pratiti razvitak astronomije i astrofizike u S. A. D., a vjerojatno ovu i prestiži na mnogim sektorima, i tako nastaviti svijetlu tradiciju, kojoj su postavili temelje stvaraoci ovih nauka, genijalni astronomi i matematičari prošlosti na našem kontinentu.

### 9. Postignuća i perspektive

Astronomska obračunavanja mogu se vršiti metodama, kakve su primijenili osnivači klasične nebeske mehanike Leonard Euler (1707.—1783.), Alexis Claude Clairaut (1713.—1765.), a posebno Joseph Louis Lagrange (1763.—1813.) i Pierre Simon Laplace (1749.—1827.). Upravo nadljudskim naporima tih matematičara stvorena je ona nebeska mehanika, koju danas zovemo klasičnom nebeskom mehanikom.

Lagrange, Laplace i nastavljač njihovih djela Poisson (1781.—1840.) zajedno s Leverrierom (1811.—1877.) i Adamsom (1819.—1892.) tvorci su i graditelji upravo divovske građevine nebeske mehanike.

U iskusnim rukama Leverriera, poslije Laplaceove smrti, ta se mehanika preporodila i ponovo dala sjajne dokaze plodnosti svojih metoda.

Nadčovječni napor Leverriera sastojao se u objavljivanju niza novih, izvanredno točnih tablica o Suncu i planetima, koje su proračunali on i njegovi saradnici, a gdje su iznova preračunane sve glavne nejednakosti u gibanju planeta, iznova obračunane njihove mase i svi elementi njihovih putanja. U tom kolosalnom radu Leverriere je najprije stvorio analitičke teorije gibanja svih planeta koristeći elegantne metode Lagrangea, a ne glomazne i teške, kakve je upotrebio »francuski Newton« Laplace u svojoj »Nebeskoj mehanici«.

Na taj način metode Lagrangea, koje su i sada primjenjive, bile su odlične u proračunskoj praksi i isto kao i Laplaceove u najvećem stupnju pogodne za sastavljanje velikih planetarnih tablica.

Na stvaranju teorija i tablica gibanja velikih planeta Sunčevog sistema Leverriere je utrošio 27 godina svoga života, neumornih, trudoljubivih 27 godina, dane i noći, ali su one zato bile i ostale neuništiv spomenik velikom matematičaru, teoretičaru i praktičaru. Osnovni je problem na taj način bio riješen, i tablice gibanja planeta stvorene.



Obračunavanja u astronomiji obavljaju se i metodama matematičke analize, kakve su poslije spomenutih matematičara stvorili Henri Poincaré (1854.—1912.), američki astronom-teoretičar G. W. Hill (1838.—1914.) i njihovi prethodnici Gylden, Linstedt i Baklund, koji su omogućili dalja sjajna istraživanja Georga Darwina, de Sittera, Zeipela, Moultona, Brauna i astronoma S. Newcomba.

Da bi se olakšao rad astronomima, pri opservatorijima se danas organiziraju posebni birovi za obračunavanje, pa čak i samostalni naučni instituti za obračunavanje.

Ljudski je genij stvorio međutim i strojeve, mašine za računanje, koje olakšavaju i ubrzavaju slične teške i dugotrajne obračunske operacije, koje traju mjesecima, a kao što smo vidjeli i godine.

Još je francuski filozof, geometar, fizičar i književnik, znameniti Blaise Pascal (1623.—1662.) sanjao o takvim strojevima i stvarao njihove prve modele.

Od Pascalova stroja za računanje, kojim se međutim nisu služili ni osnivači klasične nebeske mehanike, pa do elektronskih kalkulatora — Selective Sequence Electronic Calculator — u New York Cityu, čiji strojevi upravo obračunavaju 12 milijuna aritmetičkih operacija u cilju točnog proračuna, revizije i kontrole gibanja pet vanjskih velikih planeta pod nadzorom i rukovodstvom U. S. Naval Observatory u Washingtonu i Yale University Observatory — to je put, koji je u relativno kratko vrijeme prošla ljudska misao i tehnika obračunavanja od Pascala do naših dana.

Taj važni, novi element u naučnom istraživačkom radu, kojim se već služe mnogi naučni centri u Americi i Evropi, ne samo što omogućava mehanizaciju zamršenih i dugotrajnih obračunavanja, nego i primjenu svih starih metoda genijalnih matematičara, njihovih formula, jednadžbi, teorema, varijacija diferencijalnih i integralnih metoda, kao i primjenu i provjeravanje novih kako poznatih, tako i još nepoznatih metoda. Primjenom multiregistar-strojeva ubrzava se dobijanje konačnih rezultata važnih za spoznaju povezanosti i međusobnih utjecaja materijalnih odnosa, sistema i konstrukcija u prirodi, Svemiru, ma kako udaljeni bili od nas, kao i za izračunavanje onih sjajnih i zamršenih ljudskih tvorevina, koje još ne postoje, ali se zamislljaju i grade.

Takvi elektronski kalkulatori postoje još i u Los Angelesu, a njima se služe Kalifornijski tehnološki institut, odnosno obračunski biro opservatorija Mt. Wilson i Mt. Palomar u Pasadeni.

\*

Zahvaljujući osnivačima i graditeljima klasične nebeske mehanike i promatračkoj astronomiji XIX. stoljeća, Newtonov zakon gravitacije provjeren je ne samo na planetarnom sistemu, nego su pokušaji da se gravitacijom objasne gibanja u sistemima dvojnih zvijezda omogućili dokazati, kako se Newtonov zakon gravitacije može proširiti i na cjelokupan zvijezdani svemir. Tako su silom gravitacije postala objašnjiva gibanja zvijezdanih sistema, gibanja tih sistema u pod-sistemima i u divovskom sistemu, kakav je na pr. sistem naše galaktike, Kumovske Slame, i drugih galaktika, pa čak i gibanja samih galaktika.

Taj zaključak ima ogromnu principijelnu važnost i svjedoči o jedinstvu zakona gibanja materijalnih sistema Svemira.

Može li se Newtonov zakon gravitacije proširiti i na beskrajni Veliki Svemir i na supersisteme toga Svemira? Neki matematičari i teoretičari-astronomi tvrde i dokazuju, da ne može. Einsteinova opća teorija relativnosti, koja ne priznaje Newtonov zakon, nego zakon, koji je u biti mnogo složeniji — u odnosu na Euklidov prostor i uopće trodimenzionalni svijet — uvodi tu problematiku u oblast kozmoloških problema. Rješavanje tih problema bit će omogućeno novim otkrićima u oblasti promatračke astronomije uz pomoć orijanskog teleskopa na Mt. Palomaru, ili onih na Mt. Wilsonu i drugim astronomskim i astrofizičkim opservatorijima i institutima, kao i fizičkim metodama, koje su primjenjive u radu s ovim teleskopima i njihovim brojnim pomoćnim instrumentima.

Einsteinov, Eddingtonov, de Sitterov i Lemaitrov Svemir nije međutim beskonačan, nego je ograničen dimenzijama u radijusu od 2 milijarde godina svjetlosti...

Galilejev kozmos, otkriven Galilejevim teleskopom, ima promjer od svega nekoliko minuta svjetlosti — ako računamo do Mjeseca, samo nešto više od sekunde, do Sunca 8 minuta i 18 sekundi, a do granica planetarnog svijeta, do krajnjih granica Plutonove putanje, svega 5 sati i 30 minuta. U kilometrima su granice tog sistema sugeštivnije, iznose 5.920.300.000 kilometara, dakle ogromnu udaljenost, ali u poređenju s Velikim Svemirom one su sasvim male, upravo ništavne. Naš se pogled fotografskim metodama proširuje i produbljuje u svemirske dubine do radijusa od milijarde godina svjetlosti. Što se nalazi u njima?

Nesumnjivo novi i nama još nepoznati zvijezdani svjetovi Velikoga Svemira. Možda ćemo sagledati i višu strukturu sistema spirarnih maglica, što bi potvrdilo Charlierovu hipotezu o strukturi



Velikog Svemira, koja nije u suprotnosti s Newtonovim zakonom opće gravitacije, a odbacilo bi paradoksalnu hipotezu Einstein - de Sitter - Eddingtonovog i Lemaitrovog konačnog Svemira.

Orijaško Oko s Mount Palomara svojim prodornim pogledom u dubine svemira i svojim pomoćnim oštromno konstruiranim instrumentima približava se već granicama takvog hipotetičkog Svemira i može se već jasnije postaviti i pitanje o ekspanziji Velikog Svemira, o tome kuda bježe zvjezdani sistemi spiralnih maglica kada dođu do tih hipotetičkih granica, i što se nalazi iza tih granica proširenog a konačnog materijalnog svijeta, (čije su sfere već jednom razbili Kopernik, Galilei i Giordano Bruno). Možda Bog i anđeoski korovi, raj i pakao srednjevjekovne skolastičke filozofije, možda viši elementi i formacije Velikog Svemira, ili možda apstraktna viša religiozna svijest, bog bez ljudskih crta u 4- i više dimenzionalnom kontinuumu ograničenog Svemira, za koji pledira genijalni tvorac teorije relativnosti Albert Einstein...

Astronom Edwin Hubble, koji je godine 1929. prvi otkrio, kako gigantske akumulacije zvjezdane materije u obliku spiralnih maglica kao da bježe od nas, nesumnjivo je zainteresiran da dozna, da li se u dubinama Velikog Svemira i iza udaljenosti od 500 milijuna godina svjetlosti zapažaju slične pojave ili neke nove, koje će nas možda još više zbuniti i još više zamrsiti složene probleme strukture Velikog Svemira, koje se tek mutno naziru, ali nam istovremeno i otkriti nove još neslućene horizonte spoznaje beskrajnog Velikog Svemira. Od Velikog Schmidta astronom Hubble očekuje da pronade nove prozore u te beskrajne svemirske dubine, a od Orijaškog Oka, da objekte u tim dubinama direktno registrira na fotografskoj ploči ili pomoću fotometra...

Hale i njegovi brojni saradnici, astronomi i astrofizičari Shapley, Humason, Struve, Wilson, Bowen, Stebbins, Hubble i drugi ne vjeruju u hipoteze, kao što nije vjerovao ni Newton. Oni vjeruju u teleskope, fotografske ploče, fotoelektrometre, laboratorijske strojeve i instrumente i u teoriju, koja ide samo korak ispred tih moćnih savremenih oruđa nauke i tehnike...

Nasuprot matematičkim apstrakcijama — stvarnost, činjenice, materija. Matematičari su skloni tome da, zaneseni teoretskim mogućnostima a i ideološkim potrebama, češće hipertrofiraju složen matematički aparat, pa im se često dešava da »materija iščezava, nestaje, a ostaju same jednadžbe« — kako je primijetio Lenin.

Objektivna stvarnost može biti objašnjena samo na temelju stvarnosti, a ne matematičkih apstrakcija.

\*

Za razliku od starih predstava o »vječnosti i nepromjenljivosti neba« danas smatramo, da se svaka zvijezda jednom »rodila«, pomikla, i da će jednom »umrijeti«, nestati, prošavši dug, složen i ni izdaleka još neodgonetnut proces svoga razvitka. Svaka se zvijezda mijenja, njezin organizam kao da »živi« snažnim i kompliciranim životom pod utjecajem različitih sila i materijalnih odnosa, često sasvim suprotnih. To jedinstvo suprotnosti, ta dinamička protivrječnost zvjezdanog života i uslovljava razvoj zvijezda — katkada neprekidan i izvanredno spor, a katkada buran, skokovit.

Ogromno je važan zadatak, oslanjajući se na opće zakone fizike, izgraditi sliku procesa, koji nastaju u zvijezdi, dobiti makar i približne konture puta njezina razvitka. To i jeste jedan od najvažnijih zadataka ne samo teoretske astrofizike, čija bi nam rješenja pružila na pr. vrlo dragocjen materijal za prosuđivanje o prošlosti i budućnosti najbliže nam zvijezde — Sunca, nego time u krajnjoj liniji i o budućoj sudbini naše Zemlje.

Ovo je shvatio odmah još u početku svog naučnog rada George Ellery Hale. Ideja o evoluciji kozmičkih objekata, Sunca i zvijezda, i veliki rad na rješavanju problema te evolucije bili su osnova naučne i životne djelatnosti velikog astrofizičara, astronoma i organizatora. Na tom ogromnom i tek započetom poslu Hale je mobilizirao naučnjake Evrope i Amerike, kada je potkraj prošlog stoljeća (1895.) s velikim naučnim autoritetima Staroga svijeta, Crookesom, Janssenom, Hug- ginsom i Dewarom, osnovao savjet za izdavanje internacionalne revije za spektroskopiju i astronomsku fiziku »The Astrophysical Journal«, koji i danas izlazi u Chicagu, a u kome saraduju teoretičari i praktičari, fizičari i astrofizičari 50 zemalja svijeta...

U cilju saznanja stanja, u kome se nalazi materija Sunca, on je, kao što smo vidjeli, mobilizirao i stvorio potrebna sredstva astrofizike i astronomije i izgradio veliki Sunčev opservatorij s fizičkim laboratorijima na Mt. Wilsonu i u Pasadeni.

Spektralni radovi velikim Sunčevim teleskopima-tornjevima na Mt. Wilsonu i u Pasadeni, kao i oni pomoću velikih teleskopa od 152,4 i 254 cm (Hookerov teleskop), potakli su razvoj laboratorijskih radova u Pasadeni vezanih za njih proučavanjem kemijskog sastava i



fizičkog ustrojstva Sunca i zvijezda. Samo na bazi takvog kompleksnog naučnog instituta i uspješnog razvoja rada u njemu, moglo se poći dalje u izgradnji novog velikog opservatorija.

Bitni dio savremenog astrofizičkog opservatorija jesu dakle posebni astrofizički laboratoriji, u kojima se mogu eksperimentalno obavljati metodski radovi, i metodama laboratorijske fizike rješavati problemi, koji se pojavljuju u procesu astrofizičkih istraživanja. Takvi laboratoriji moraju imati najuži kontakt s fizičkim institutima, u kojima se proučava materija u različitim uslovima, stanjima i odnosima, i stvaraju nove metode i pribori.

Atomska fizika i fizika atomske jezgre — nuklearna fizika — omogućila je, da se u mnogome razmrse i pravilno interpretiraju zvjezdani spektri i spektralne analize materije Sunca.

Zašto Sunce svijetli? Zašto se nije već ugasilo, kada nam je prema geološkim istraživanjima na Zemlji poznato, da je, sudeći po ostacima bilinskog svijeta, svijetlilo prije 500 milijuna pa i milijardu godina kao i danas?

Gori li Sunce možda kao što drvo ili ugljen gori? Gorenje je proces spajanja gorive tvari s kisikom. Da je sastavljeno od najboljeg antracita, Sunce bi davno već izgorjelo — prije više milijuna godina — i ne bi imalo što da nas grije. Znači li, da Sunce ne gori?!

Eksperimentalnim putem proučavajući atom i njegovu konstituciju, a isto tako i teoretskim proračunima utvrđeno je prije nešto više od 10 godina, da u dubinama Sunca, kao i u zvijezdama, nastaju reakcije atomskih jezgara, koje proizvode toliku energiju, da će sunčane topline dostajati još za mnogo i mnogo milijarda godina...

Kako smo to doznali? Nisu uzalud Hale, Abbot i drugi brojni fizičari i astrofizičari toliku pažnju obratili Suncu. Opažanjem i proučavanjem Sunčeve mase, promjera, gibanja, zračenja s njegove površine, kao i zračenja s jedne jedinice njegove površine (količina kalorija topline, koju zrači svaki kvadratni metar Sunčeve površine), primjenjujući zakone i jednadžbe fizike, koji su utvrđeni i provjereni eksperimentalnim putem u laboratorijima, postupno, korak po korak prodiremo u dubine Sunca i nalazimo, kako su raspoređene gustoća, pritisak i temperatura u materiji Sunca.

Eksperimentalnim istraživanjima u astrofizičkim laboratorijima u Pasadeni Anderson je postigao temperaturu od 20.000°C, eksperimentalnim istraživanjima jezgrih sila atoma dobijene su temperature od nekoliko milijuna stupnjeva i objasnio se, da u dubinama Sunca temperatura približno dostiže 20 milijuna stupnjeva. Na toj tempe-

raturi mogu nastajati samo izvjesne nuklearne reakcije, i proračunavanja su pokazala, da se promatrano zračenje Sunca može objasniti samo takvim nuklearnim reakcijama, pri kojima se putem složenih međuformacija dobija iz vodika helij. To je onaj isti element, koji su spektralnom analizom otkrili 1868. godine Janssen i Norman Lockyer najprije na Suncu, a tek kasnije 1895. godine Ramsay u mineralu »clivitu« na Zemlji.

Međutim, nisu u svima zvijezdama uslovi, u kojima se nalazi materija, jednaki. Kod nekih zvijezda je moguća i druga reakcija, na pr. reakcija nastajanja teškog vodika. Takva reakcija je na pr. izvor energije crvenih zvijezda patuljaka...

Kod raznih zvijezda, raznočlono razmještenih u Galaktici u kuglastim i drugim skupovima, u zvjezdanim oblacima i drugim formacijama prostorno raspoređenim u raznim podsystemima Galaktike, djeluju razni izvori atomske energije, razne reakcije. Znači li, da je i porijeklo tih zvijezda, tih podistema u Galaktici stvarno različito? Astrofizički i zvjezdano-astronomski rezultati istraživanja tu se vežu i ukršavaju te nam pružaju a i pružit će zaključke, koji se međusobno dopunjavaju, koji će se dopunjavati i ne će protivriječiti jedni drugima...

Ali ako bismo proučavali samo naše Sunce i naše zvijezde u našoj Galaktici, u Kumovskoj Slami, ograničili bismo naučna istraživanja i »vidjeli samo mnogo drveća, a ne bismo primijetili šumu«. Proučavajući druge galaktike, fantastičke zvjezdane svjetove i njihove sisteme, slične našoj Galaktici i njezinim sistemima, mi i našu Galaktiku kao da vidimo izvana i u cjelini, ma da još ne sasvim podrobno. Ta plodotvorna kombinacija proučavanja galaktičkih i vangalaktičkih sistema otvara nam ogromne vidike u saznanju o ustrojstvu Velikog Svemira.

Tako nam ni pojave u našoj atmosferi, a posebno u njezinim gornjim slojevima — od Sunca udaljenim samo 8 minuta i 18 sekundi svjetlosti — ne mogu biti objašnjene, ako ne shvatimo tajanstvene procese zračenja Sunca i njegova utjecaja ne samo na naš planet, nego i na atmosfere drugih planeta. Heliofizika i geofizika rade na istom polju saznanja odnosa između Sunca i planeta.

Oruđa savremene atomske fizike — ciklotroni, synchro-cyklotroni, betatroni i synchrotroni — i druga moćna naučna sredstva i pomagala fizičkih laboratorija pomažu nam da proučimo i prodremo u građu i odnose jedinstvene materije Svemira, iste na našem planetu, Zemlji, kao na Suncu, zvijezdama i zvjezdanim sistemima. Tim divov-



skim strojevima suvremene nauke, koji su u stanju da ubrzaju gibanje protona energijom od nekoliko stotina milijuna elektrono-volti, povećavaju se dakle ne samo one sitne i oku nedokučive dubine atomske građe materije, nego i orijaški zvjezdani sistemi, koje nam teleskopi i spektrografi savremenih astronomskih i astrofizičkih opservatorija približuju i omogućuju da ih dokučimo i njihovu materiju analiziramo.

\*

Razna nova otkrića u fizici donose, kao što vidimo, dalji razvoj i uspon u astronomiji. To se dogodilo s izumom teleskopa, spektralne analize te fotografije, koja je omogućila da se dođe do takvih sjajnih saznanja u suvremenoj astronomiji.

Danas je fotografska ploča — poslije više od 100 godina izuma i primjene — postigla kulminaciju svojih mogućnosti. Optika, obična i elektronska, nastoji da joj pomogne doprijeti do novih područja, dokučiti ih i stvarati nova senzacionalna otkrića ne samo u dubini molekularnih struktura materije i strukture atoma, nego i u onoj materiji, koja se kreće u beskrajinim dubinama Svemira. Orijaški teleskop na Mount Palomaru omogućit će fotografiji da više nego udvostruči onu udaljenost, do koje smo pomoću nje mogli prodrijeti u Svemir s velikim teleskopom na Mount Wilsonu.

Fizičari su 1887. godine otkrili novu pojavu, t. zv. fotoelektricitet. Astronomija ga je primijenila prvi put 1907., primijenio ga je Joel Stebbins pri proučavanju Mjesečeve svjetlosti upotrebiši najprije samo jedan od elemenata s najlabavijim elektronima — selen. Zatim su izumljeni savršeniji fotoelementi, u kojima su primijenjeni cesij, natrij, kalij . . ., a potom i elektronske cijevi, ili t. zv. multiplikatori, koji gibanje elektrona pojačavaju za milijune puta i tako uspijevaju registrirati upravo nevidljiva zračenja zvijezda iz dubina Svemira, zračenja nevidljivih zvjezdanih sistema i spirarnih maglica. Danas zvjezdani fotoelektrometri ne samo što otkrivaju i registriraju »nevidljive« zvijezde i zvjezdane sisteme i svjetove nepristupačne fotografiji, oni broje zvijezde na fotografskim pločama, registriraju i mjere spektralne linije, vode automatski teleskop i omogućuju da se na ploči eksponiranoj čitav niz sati akumuliraju i fiksiraju ogromno udaljeni zvjezdani svjetovi najslabijeg zračenja, da mjere temperature užarenih i slabo užarenih nevidljivih zvijezda, za koja se mjerenja upotrebljavaju i posebne fotoploče osjetljive za infracrvena zračenja.

Temperatura Sunčeve površine je 6000°C, a najužarenije zvijezde usijane su do 100.000°C, dok najhladnije dosad nam poznate zvijezde imaju temperaturu oko 1.000°C. One »svijetle« hladnom svjetlošću, infracrvenim zrakama. I, kada bi na mjestu našega Sunca bila na pr. zvijezda S iz zvijezda Zlatne Ribice, na površini Zemlje bila bi veća temperatura, nego što je na Suncu (7.000°C), a kada bi na njezinu mjestu stajao pratilac zvijezde Lalande No 21258, na ekvatoru našeg planeta bilo bi toliko topline, koliko od zračenja krijesa udaljenog 10 kilometara . . .

Elektronska fotografija, koja je već s elektronskim mikroskopom prodrila do granica žive tvari i koja je na pragu da nam otkrije, učini vidljivim i fotografira atom — primijenjena na teleskopiju u stanju je da proдре ne samo do granica Einstein-Eddingtonovog ograničenog Svemira, nego i da daleko prijeđe te hipotetičke granice . . . Elektro-fotometar A. E. Whitforda i Joel Stebbinsa na Mount Palomaru ne-sumnjivo će pokušati da s orijaškim teleskopom prijeđe tu granicu.

Elektrofotometar sa spektrofotometrom sistema M. Lyota, pomoću kojeg se već mjeri intenzitet Sunčevih koronalnih zraka i zvijezda, otkrit će nam možda u kakvom se stanju nalaze zvjezdani sistemi u udaljenim dijelovima Velikog Svemira.

\*

Tako radi poznavanja dalekog Svemira i orijaških zvjezdanih sistema u njemu, koje proučavaju astronomi i astrofizičari, moramo upoznati i najsitnije čestice materije, kojima se bave fizičari, jer Svemir i jest cjelokupnost svih nebeskih sistema i tjelesa — planeta, zvjezdanih sistema i sistema zvjezdanih sistema — kao i najsićušnjih dijelova atoma.

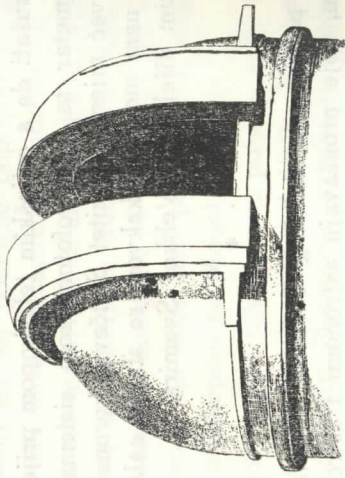
Proučavanje Svemira je dakle grandiozan zadatak, i za sve postignute rezultate istraživanja i za podatke prikupljene do danas bili su potrebni napori čitavih pokoljenja. Moćnim oruđima nauke i tehnike astronomi i astrofizičari sve dublje prodiru u tajne Svemira, beskrajnog u prostoru i vremenu, vječnog u gibanju neuništive i sveobuhvatne materije.

Orijaški teleskopi na Mt. Palomaru, na Mt. Wilsonu i drugim velikim astrofizičkim i astronomskim opservatorijima, njihovi pomoćni instrumenti i nove metode isprobane na manjim teleskopima na Mt. Wilsonu i drugim opservatorijima, elektronski kalkulatori — strojevi za računanje — i moćna suvremena laboratorijska tehnika nuklearne



fizike, kao i druge metode, izdižu na dosad neslućenu visinu naša znanja o svijetu, koji nas okružuje, o Prirodi i o Velikom Svemiru. Na više, ogromne visine izdižu se i nove teoretske mogućnosti u spoznaji materije. Nesumnjivo je, da stojimo na pragu novih velikih otkrića, o kojima nisu mogli ni pomisljati ni sanjati veliki mudraci i učenjaci-prirodnjaci prošlih stoljeća.

Tekovine i metode savremene nauke i tehnike, kao što vidimo to nam omogućuju.



## 10. Noći na Mount Palomaru

Mount Palomar je naseljen. Tu je stručno osoblje opservatorija, astronomi i astrofizičari opservatori, inženjeri, električari, optičari, konstruktori i ostali stručnjaci potrebni jednom tako složenom i odgovornom pogonu. »Samostan«, dvokatnicu u pošumljenoj udolini ispod kupole Velikoga Schmidta, naselili su astronomi-promatrači.

Prema obavijesti američkog časopisa »Sky and Telescope« preko 100.000 ljudi posjetilo je 1950. godine Mount Palomar, na kome se može razgledati astronomski muzej i kroz staklenu galeriju motriti orijaški teleskop. U velikoj dvorani, gdje se nalazi teleskop, i na galeriji, kao i u svim ostalim prostorijama u velikoj kupoli, stavljen je u pogon klimatizacijski uređaj, i posjetioci, koji ulaze u te prostorije, osjete hladnoću u poređenju s vanjskim zrakom; u čitavom prostoru oko teleskopa, koji se nalazi u radu, vlada konstantno pro hladna noćna temperatura. Zračenje ljudskih tijela regulira se stalnom, automatskom ventilacijom; klimatski uslovi, u kojima se nalazi i u kojima radi teleskop, moraju biti što je najviše moguće konstantni ...

Ali ne posjećuju Palomar samo brojni ljubitelji astronomije, poštovaoci nauke i radoznali svijet iz Kalifornije i susjednih država, njemu hodočaste i astronomi, matematičari i fizičari iz čitavoga svijeta. Tu ćete naići i na vrlo rijetkoga gosta iz naše domovine, kao što je na pr. bio profesor matematike zagrebačkog Sveučilišta Dr. Đuro Kurepa, a češće na astronomima i astrofizičarima iz ostalih evropskih zemalja. Među takvima je nedavno bio i znameniti talijanski astrofizičar prof. Giorgio Abetti, direktor astrofizičkog opservatorija u Arcetriju kraj Firenze. U Arcetriju, nedaleko od samostana, u kome je činio i umro sužanj »Svete Inkvizicije« Galileo Galilei, podignut je zaslugom uzajamne saradnje Georga Ellery Halea i Giorgia Abettija 1921. godine moderan astrofizički opservatorij sa solarnim tornjem i svim potrebnim naučnim instrumentima, coelostatima i spektrografima. Svoju monografiju o Suncu »Il Sole« posvetio je Abetti velikom astro-



fizičaru. S Abettijem posjetit ćemo Mount Palomar i pouzdano doznati, što se »promatralo« orijaškim teleskopom jedne novembarske noći 1950. godine...

Iz zadimljenog, bučnog Los Angelesa i ne manje bučne Pasadene na podnožju planine Mount Wilson put nas vodi najprije ravno prema istoku širokim bulevarima i avenijama, koje vezuju gradiće Arcadiju, Alhambru, Monroviiju, Azusu i mnoge druge u neprekidlan lančić, sve dok ne nestane drvoreda, četvrti vila i bujnih suprotropskih vrtova oko njih, i dok asfaltna cesta ne probije put prema jugu kroz nepregledne gajeve narancí, limunova, vinograda i nasada avocadosa. Iza Elsinore, koja se ogleda u istoimenom jezeru, Wildomara i Murriete, vegetacija je siromašnija, ali se iza Temecule u daljini crne šume, koje se srećom, kao nacionalni rezervat, ne uništavaju. Naskoro se cesta izdiže u planinsku oblast, gdje se u planinskom masivu Santa Rose nalazi i Palomar. Iza gradića Pala protežu se šume crnogorice na padinama gore, i pogledom ne možemo sagledati vrh, ali se uskoro pojavljuju raskrsnica i putokaz na širokoj, novoj asfaltiranoj cesti, koja se blagim serpentinama uspinje na Mount Palomar. Usječena u stijene, cesta vodi do samoga planinskog platoa, a zatim se preko njega kroz šumu vraća ponovo na glavnu cestu prema San Diegu i Meksiku... Plodna crljenica izbija po gdje gdje između stijena i curi duž ceste; na takvoj zemlji bujaju guste, visoke planinske trave, džbunje, borovi i jele.

Ma da s nove ceste, kada pukne vidik na blještavu srebrnu kupolu orijaškog teleskopa, kupola ne izgleda u tom ogromnom planinskom prostoru toliko velika, kada joj se približimo, ona je široka i visoka kao oblakoder od 15 katova, koji nas iznenađuje svojom veličanstvenom ogromnošću. Građena od masivnih čeličnih ploča i armiranog izolacionog materijala, sa širokim monumentalnim vratima, koja kao i niski rešetkasti prozori u visini vrata oko kupole, izgledaju malena, ona čini dojam ogromne kule šutnje, u kojoj se događaju nepoznate, tajnovite stvari... I stvarno, da bi se povećala tišina u toj kuli, zidovi, podovi i vrata pokriveni su zelenom, mekanom gumom, po kojoj se nečujno hoda... Na svima vratima u kupoli piše »No Admittance« — Ulaz zabranjen, a na nekima i sugestivnije »Positively No Admittance« — Ulaz strogo zabranjen!

Nebo nad kupolom je duboko i plavo, planinski zrak čist i hladan.

Sunce zalazi iza šume i brežuljaka prema Pacifiku, polako se spušta sumrak i noć, a isto se tako polagano i nečujno otvaraju na

kupolama Velikog i Malog Schmidta, a zatim i na orijaškoj kupoli, široke vratnice...

Svuda vlada mrak i tišina. Opservatori su već na svojim mjestima, rukuju instrumentima, rade...

»Ira Bowen i O. Wilson — priča nam profesor Abetti — prošle su noći u velikoj kaverni od armiranog betona, dvorani, u kojoj vlada apsolutna tišina i perfektna konstantna temperatura bez i najmanjih zvučnih i toplinskih šumova i vibracija, snimali na posebnim pločama spektar zvijezde Mirae Ceti i jedne planetarne maglice. Na nebu je sjao Mjesec i nije dopuštao da se upotrebi direktno fotografiranje u prvom, osnovnom žarištu teleskopa, nego sa spektrogramom. Kada se upotrebljava taj instrument pri snimanju zvijezde, s koje astronom želi uzeti spektrogram, njezina svjetlost prodire kroz uski otvor spektrografa, i zato što prelazi preko tako uske pukotine, malo je smeta Mjesečeva svjetlost, koja vlada na nebu. Kada se snima na taj način, ploča nema onaj karakterističan veo, koji se dobija na izravnim snimcima. Astronomi su razvili oba spektrograma. Spektrograf, koji su upotrebili, zove se *coudé* s velikom disperzijom. U njemu svjetlost zvijezde reflektira najprije od velikog zrcala 5 metara promjera, i poslije refleksa kroz dva druga zrcala dolazi duž polarne osi teleskopa ispod velike kupole u podzemne prostorije, u kojima se slika zvijezde fiksira na otvor spektrografa. Snop raspršenih zraka zvijezde, koji ulazi kroz otvor, sabire se pomoću jednog sferičnog zrcala i vraća se paralelno na jednu difrakcionu rešetku. Spektar, koji se dobija na rešetki, sabire jedno drugo sferično zrcalo s velikim otvorom u veličini fotografskih ploča, na koje se snima.

Dovoljno je reći da na ploči 2,3 jedinice angströma (angström je jedinica, kojom se mjere dužine valova, a iznosi svega  $10^{-8}$  centimetara) zauzimaju svega jedan milimetar. Tako se na jednu ploču dugačku oko 40 cm može fotografirati oko 1.000 angströma u raznim oblastima spektra. S tom disperzijom, t. j. takvom, kakva se upotrebljava za Sunce na Sumčevim tornjevima, jasno je, da se mogu utvrditi i precizno mjeriti dužine valova apsorpcionih i emisijskih linija, koje nam pokazuju zvijezde, njihov intenzitet, profil tih linija i eventualne varijacije, u kojima zrači zvijezda. Proučavanje zvjezdanih spektara s modernim spektrogramima otkriva nam važne razlike, koje postoje na zvijezdama, a koje se s spektrogramima male disperzije jedva mogu nazreti i fiksirati.«



I stvarno, mnogobrojni spektri su toliko različiti, i izvanredno je važno promatrati i registrirati te razlike; one nam dokazuju postojanje grandioznih pojava, koje se zbivaju u zvijezdama i u atmosferama, koje pokrivaju te zvijezde. To su prave gigantske eksplozije, koje potresaju novim zvijezdama, kada mase njihova plina zapljuskuju druge zvijezde, ako su dvojne i višestruke; tu su i razlike u obujmu i temperaturi u slučaju, kada su to pulzirajuće zvijezde... Razumije se, da su takve pojave svojevremeno već proučavane i dalje se proučavaju s manjim instrumentima, ali je važnost tog velikog teleskopa i njegova rada u tome, što se njime omogućuje doseg do mnogo udaljenijih zvijezda našeg galaktičkog sistema, i zato mnogo slabijih, čime se i proširuje tako važno polje istraživanja. Dovoljno je reći, da orijski teleskop dopušta u određenoj mjeri upotrebu jedne posebne, t. zv. »mozaične rešetke«, koja se sastoji od 4 rešetke na aluminiziranom zrcalu promjera oko 15 : 20 cm s 10.000 linija na 2½ cm širine. Ove difrakcione rešetke i ove linije napravljene su i urezane u optičkim radionicama opservatorija Mt. Wilson u Pasadeni. Četiri rešetke montirane su na jednome stalku i podešene tako, da mogu dati vrlo svijetlo i dobro razlučen spektar. Spektrogrami, kao što su spektrogrami Mirae Ceti i planetarne maglice, mogu zaposliti astronome mjerenjem i proučavanjem nekoliko mjeseci, i tako je možda shvatljivo kakvim su radom ispunjene mnogobrojne tih, mirne noći, koje će na Mt. Palomaru omogućiti astronomima da prikupe toliki i takav materijal za proučavanje, koji će, nesumnjivo, biti i proučen.

»Kada Mjesečevo svijetlo ne uznemiruje astronome, veliki se teleskop upotrebljava za izravno snimanje maglica i galaktičkih zvijezdanih oblaka i skupova, kao i onih maglica, koje se nalaze izvan naše Galaktike. Astronom W. Baade posebno je sada zauzet proučavanjem Andromedine maglice. Ta maglica, koja se sastoji od bezbrojnih zvijezda i koja je slična našoj Kumovskoj Slami, godinama je već veliko polje rada astronoma, koji nastoje, koliko im to polazi za rukom, da je razluče na sastavne dijelove i podrobnije analiziraju. Orijski će teleskop razlučiti na toj maglici još više zvijezdanih rukava i vanjskih dijelova maglice, u kojima su otkriveni globularni skupovi zvijezda, kakvi postoje i u našoj Galaktici. Centar, t. j. jezgra maglice Andromede, čak i na orijskom teleskopu izgleda tako kompaktno, da se ne će moći proučiti drukčije nego kao kompaktni sastav maglice, ali su nedaleko od te jezgre pronađene dvije nove formacije zvijezda, koje, izgleda, naseljavaju tu maglicu. Jedna od tih vrsta je mnogo-

poznija od Sunca (K5 prema Draperovoj klasifikaciji), a sastoji se od skupine gigantskih zvijezda, koje na fotografiji izgledaju kao zvijezdane prašina, što zrači iz jezgre na veliku udaljenost od centra maglice. Čak i maglice sateliti, onakve kakvi su Magellanovi oblaci naše Galaktike, prate maglicu Andromede, a sastoje se isto tako od zvijezda.«

»Prema razmještanju spiralnih rukava te maglice počinjemo naslućivati i razmještanje radijalnih gibanja tih rukava, koja je otkrio astronom Mayall na Lickovu opservatoriju. Precizna slika glavnih gibanja, o kojima astronomi imaju razna suprotna shvaćanja, nesumnjivo će se moći utvrditi uskoro na temelju tih istraživanja, što će pridonijeti i konačnoj suglasnosti astronoma.«

»Izvanredno interesantne direktne snimke Novae Herculis 1950 i Novae 1604 dobio je Baade u raznim bojama; one pokazuju, da su te zvijezde okružene slabom plinovitom maglicom eliptičnog oblika, a zrače zrake raznog intenziteta. Nova Herculis u emisiji dušika predstavlja kao neko svijetlo vreteno; Nova 1604 ima izgled skupine magličastih vlakana, koja daju spektar s emisivnim linijama.

Astronom Edwin Hubble dobio je već izravne snimke, na kojima sve više i više raste broj vangalaktičkih maglica svih oblika i znatnih veličina (s manjim instrumentima i onako je snimljen ogroman broj). Čak i na ovome polju, kao i na polju zvijezda, pojavljuje se neizmjerena količina različitih objekata, koji će staviti na probu strpljenje i inteligenciju astronoma. Napominjemo, da su Hubble i Humason postavili problem rasporeda, broja i radijalnog gibanja tih galaktičkih maglica. Humason je upotrebio u prvom žarištu orijskog teleskopa izvanredno jak i svijetao spektrograf, s kojim se može doprijeti do vangalaktičkih maglica na udaljenosti od milijarde godina svjetlosti, na spektrima kojih se mjeri Dopplerov efekt, pomak spektralnih linija u crvenu stranu, kojima se očituju radijalna gibanja s brzinama na desetke tisuća kilometara u sekundi.«

Astrofizičar prof. Giorgio Abetti smatra, da su potrebni preduslovi za rad ovakvog divovskog teleskopa i osjetljivih mu pomoćnih instrumenata sretno izabrani zahvaljujući prije svega položaju opservatorija, čistoći neba i mirnoći atmosfere. Rezultati rada u ovakvim uvjetima baziraju na savršenosti objekta zrcala i općem preciznom funkcioniranju teleskopa, a posebno njegovog gibanja. Zrcalo poslije finalnog brušenja i poliranja rezultat je maksimalnih optičkih uspjeha i najstrožih zahtjeva, a njegova komplicirana montaža omogućava mu da gibanjem dođe u razne položaje, horizontalne i vertikalne —



izravno prema horizontu i prema zenitu — po potrebi. Mehanički dijelovi, veliki i mali, upravo su perfektni. Takozvano dnevno gibanje nebeskih objekata prati teleskop pokretan motorom od svega 1/12 HP brzinom i točnošću, koja se podčšava posebnim satom s izvanredno brzim oscilacijama. Čim pomoćnik, koji se nalazi za stolom upravljanja u kupoli, fiksira traženu zvijezdu, astronom, koji se nalazi u kabini na vrhu teleskopa ili na krajnjem dijelu polarne osi, gdje se nalaze uređaji spektrografa *coudé*, nema mnogo posla, osim da snima na fotoploče. Satima i satima prati teleskop gibanje zvijezda, i samo kadkada potrebno je kontrolirati savršene instrumente i provjeriti da li se pomaklo polje promatranja u okularu upravljanja.

Ne može se napustiti Palomar, a da se ne posjeti kupola nešto manjeg omjera, u kojoj je smješten reflektor tipa Schmidt od 48 palaca, koji je pravi saradnik svoga orijaskog druga. O njegovu programu rada govorili smo već opširnije. Njegov bliznac nešto manjih razmjera započeo je svoj 18-mjesečni posao u Južnoj Africi pod rukovodjenjem ekspedicije astronoma harvardskog opservatorija. Započeo je radom i novi planinski opservatorij u St. Michelu u Francuskoj, ubrzanim tempom gradi se novi u Hurst-Monceauxu u južnoj Engleskoj...

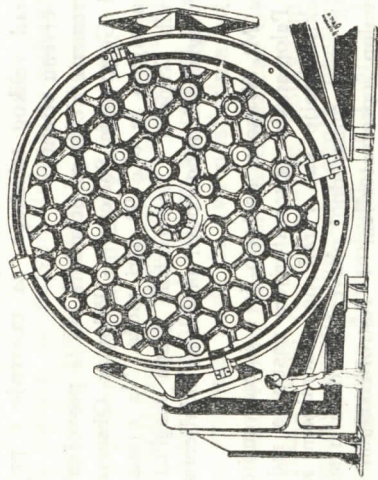
»Običan, neuk svijet — kaže dalje prof. Abetti — očekuje od ovog orijaskog instrumenta i njegovih pomoćnika hitna, senzacionalna saopćenja i iznenađuje se, što o njima ništa ne objavljuju svijetu astronomi sa Mt. Wilsona i Mt. Palomara. Moramo vas podsjetiti, da nismo daleko od vremena Galileja, koji je svojim dalekozorom od nekoliko centimetara otkrio planine na Mjesecu, Venerine faze, Jupiterove satelite i t. d. Danas se pojava jedne nove zvijezde može otkriti i golim okom, a otkrića veličine i konstitucije, strukture Svestra plodovi su dugih i strpljivih proučavanja i, prije nego što astronomi objave rezultate svoga rada, očekuje se i poželjno je, da njihovi radovi budu sigurni, objektivni, da mogu izdržati sve prigovore i provieravanja. Nije ni malo čudnovato, da će rezultati i otkrića, koja se očekuju od velikog teleskopa, stizati polagano s vremenom, a nestrpeljivce savjetujemo, da proučavaju, kako je na pr. dugo trajao rad astronoma na Mt. Wilsonu s teleskopom od 100 palaca (od g. 1918.) i kako su postupno pristizali rezultati i još uvijek pristižu.»

»Obavljena je međutim i masa poslova golemih i važnih, koji su povećali baštinu saznanja postignutu dugotrajnim proučavanjima i

Ijubaviju astronoma čitavoga svijeta i sa sredstvima, koja su više manje i mnogo skromnija.»

Ovom zaključku prof. Abettija možemo dodati samo nekoliko riječi.

Širom kulturnoga svijeta astronomske naučne ustanove velikih i malih zemalja pridonose u opću riznicu znanja kulturnoga čovječanstva. Palomarskim noćima pridružuju se mnoge noći velikih i malih opservatorija, u kojima provode nesane sate u neumornom radu astronomi, astrofizičari i njihovi saradnici. Njima se širom svijeta pridružuju i mnogi amateri, ljubitelji neba, i svojim skromnim sredstvima dolaze do važnih otkrića i opažanja, koja astronomima izmaknu ili ih i ne stignu da obave, jer je ogromno polje rada u Prirodi i beskrajinom Velikom Svemiru pristupačno svima.





## DODATAK

Dok se ovaj osvrt na izgradnju i perspektive rada Palomarske zvjezdarnice nalazio u štampi, dobili smo Obavijesti Pacifičkog astronomskeg društva (Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 63, 1951), u kojima Ira S. Bowen, direktor opservatorija Mt. Palomar & Mt. Wilson daje pregled rada obiju zvjezdarnica za prošlu godinu.

Mt. Palomarska zvjezdarnica započela je radom 12. novembra 1949. godine, i za 8 mjeseci, do 20. juna 1950., snimljeno je svega 510 direktnih fotografija. Te su fotografije prvi korak u izvođenju opširnog programa, planiranog u cilju proširenja našeg poznavanja velike strukture Svemira. Na tom programu rade astronomi Baade, Hubble, Humason i Minkowski. Za taj program snimane su u velikom broju i ekstragalaktičke maglice NGC 2403, NGC 3031, NGC 5194, NGC 5487, Sextans sistem i t. d., a otkriveni su i novi članovi lokalne grupe. Kao što navodi i prof. Abetti, broj ekstragalaktičkih maglica u dubinama Velikog Svemira raste prema granicama dosega velikog teleskopa. Citavi oblaci galaktika otkriveni su na snimcima Velikoga Schmidta, i ti će snimci poslužiti kao materijal za rad velikog teleskopa, za mjerenje i proučavanje pomaka spektralnih linija u crvenu stranu.

Pretežni dio vremena Velikoga Schmidta bio je posvećen radu na izvršenju programa National Geographic Society — Palomar Observatory Sky Survey. Do kraja godine snimljeno je oko 90 pari ploča. Na njima je već otkriveno preko 350 globularnih skupova i kompaktnih grupa maglica, među kojima su mnoge na granici fotografskih mogućnosti ploča, na udaljenosti od 300 milijuna godina svjetlosti...

Opservatorij na Mt. Wilsonu nastavio je s istraživanjima Sunca, a pored toga u zajednici s Palomarskim opservatorijem nastavlja rad na opširnijem programu stelarne spektroskopije kao i rad na generalnom katalogu radijalnih brzina zvijezda, koji po međunarodnoj obavezi izrađuju u suradnji s Lickovim opservatorijem, Dunlop opservatorijem i Astrofizikalnim opservatorijem u Simeizu na Krimu.

Na opservatoriju Mt. Wilson započeli su ili nastavili svoja istraživanja i astronomi s nekih drugih opservatorija i univerziteta. S obzirom na povećan broj instrumenata obiju zvjezdarnica omogućeno je brojnim istraživačima s drugih naučnih ustanova, da se za potrebne snimke posluže odgovarajućim instrumentima, ali obrada i tumačenje rezultata njihovog rada pada na institute istraživača-gostiju. Mnogi su istraživači iz Amerike i Evrope prošle godine koristili te mogućnosti...

## PRILOG

Smatrao sam, da je korisno uz ovaj prostorom ograničeni prikaz donijeti i listu najvećih teleskopa, refraktora, reflektora i teleskopa Schmidtova sistema, koji su sagrađeni od godine 1820. do danas i koji se grade i projektiraju.

Datum u ovim tablicama, t. j. godina, označuje početak djelovanja dotičnog teleskopa.

Instrumenti, koji se malo upotrebljavaju ili su izvan uporabe, obilježeni su u zagradi. U napomeni su dani podrobniji podaci.

U I. tabeli su najveći teleskopi-refraktori sagrađeni od 1824. do 1933.

U II. tabeli nalaze se najveći teleskopi-reflektori sagrađeni u razdoblju od 1867. do 1950. Posljednja tri instrumenta nalaze se u gradnji i bit će u pogonu najkasnije u godini 1955.

U III. tabeli sadržani su teleskopi Schmidtova sistema s otvorom većim od 60 cm (osim dva prva), koji su sagrađeni poslije godine 1930. Nije još utvrđeno vrijeme, kada će dva posljednja biti uvedena u rad.

Ove tablice sastavio je francuski astrofizičar G. de Vaucouleurs na temelju podataka Miss A. M. Clerke, objavljenih u »A popular history of astronomy during the nineteenth century«, 4e ed. 1908, A. Koniga »Handbuch der Astrophysik«, t. I. gl. 2, 1933, A. Danjona i A. Coudera »Lunettes et télescopes«, 1935, G. Z. Dimitroff i J. G. Bakera »Telescopes and accessories«, 1945 i iz podataka u suvremenoj astronomskoj literaturi objavljenju u časopisima.



I. NAJVEĆI REFRAKTORI SAGRAĐENI OD 1824. DO 1933.

Red. br.	Godina	Promjer (cm)	Optičar ili graditelj	Za zvjezdarnicu	Napomena
1	1824	24	Fraunhofer	Dorpat (Rusija)	
2	1835	32	Cauchy	Cambridge (Engleska)	Eq. Northumberland
3	1839	38	Merz	Pulkovo (Rusija)	
4	1847	38	Merz	Harvard, Cambridge (S. A. D.)	
5	1855	38	Lerebours	Pariz (Francuska)	Tour de l'Est; objektiv smijenjen 1883
6	1862	47	Clark	Chicago (1864), kasnije Dearborn 1889 (S. A. D.)	
7	1862 (56)		Wray	Edinburgh 1898 (Engleska)	
8	1870	63	Cooke	Newall, kasnije Cambridge 1889 (Engleska)	
9	1873	66	Clark	Washington (S. A. D.)	Remontiran 1893
10	1880	68	Grubb	Beč (Austrija)	
11	1881	66	Clark	McCormick (S. A. D.)	
12	1885	76	Clark	Pulkovo (Rusija)	
13	1886	76	Henry	Bischoffheim, Nice (Francuska)	Univerzitet Pariz (1899)
14	1888	91	Clark	Lick (S. A. D.)	
15	1891	60	Henry	Pariz, kasnije Pic du Midi (1943)	Grand coude
16	1891	81	Henry	Meudon (Francuska)	62 cm fotografski
17	1893	61	Clark	Harvard, Aréquiqa 1896, kasnije Bloemfontein Južna Afrika (1927) (S. A. D.)	Teleskop Bruce
18	1894	71	Grubb	Greenwich (Engleska)	
19	1896	70	Steinheil	Treptow (Njemačka)	Javna zvjezdarnica
20	1896	61	Clark	Lowell (S. A. D.)	
21	1897	102	Clark	Yerkes (S. A. D.)	
22	1897	66	Grubb	Greenwich (Engleska)	Equatorial Thompson
23	1898	61	Grubb	Le Cap (Južna Afrika)	Teleskop Victoria
24	1899	80	Steinheil	Potsdam (Njemačka)	Preizgrađen 1916
25	1900 (125)		Gautier	Pariz (Francuska)	Izložba 1900
26	1902	61	Grubb	Radcliffe, Oxford, kasnije London 1935 (Engleska)	
27	1911	60	Steinheil	Hamburg—Bergedorf (Njemačka)	Thaw Teleskop
28	1911	61	Brashear	Sproul (S. A. D.)	
29	1914	76	Brashear	Allegheny (S. A. D.)	
30	1914	65	Zeiss	Berlin—Babelsberg (Njemačka)	
31	1926	67	Grubb	Johannesburg (Južna Afrika)	Union Observatory
32	1926	60	Zeiss	Potsdam (Njemačka)	
33	1927	60	Zeiss	Lembang (Java)	

Red. br.	Godina	Promjer (cm)	Optičar ili graditelj	Za zvjezdarnicu	Napomena
34	1927	69	McDowell	Univ. Michigan, Bloemfontein (S. A. D.) — Južna Afrika	Lamont-Hussey Obs.
35	1930	65	Zeiss	Mitaka (Japan)	
36	1930	65	Zeiss	Beograd (Jugoslavija)	
37	1931	61	Grubb	Stockholm, Saltsjöbaden (Švedska)	
38	1933	61	Grubb	Santiago (Čile, Južna Amerika)	

Bilješka. Ostali refraktori, koji su malo ili nisu nikako bili upotrebljavani: 33 cm Cauchoix (Dublin, 1929), 52 cm Porro (Paris, 1855?) 55 cm Dien (Paris, Izložba 1856), 45 cm Mertz (Paris, Izložba 1867)

II. NAJVEĆI REFLEKTORI SAGRAĐENI OD 1867. DO 1955.

Red. br.	Godina	Promjer (cm)	Optičar ili graditelj	Za zvjezdarnicu	Napomena
1	1867	81	Foucault	Marseille (Francuska)	
2	1875	(120)	Martin	Paris (Francuska)	Remontiran 1943; vidi br. 27
3	1879	(91)	Common	Common, Ealing (Engleska)	Remontiran 1895; br. 8
4	1886	(100)	Henry	Meudon (Francuska)	
5	1887	83	Gautier	Toulouse (Francuska)	
6	1890	91	Calver	Cambridge (Engleska)	
7	1891	(152)	Common	Common, Ealing (Engleska)	Remontiran 1933; br. 22
8	1895	(91)	Common	Lick (S. A. D.)	Teleskop Crossley; br. 3
9	1908	152	Ritchey	Mount Wilson (S. A. D.)	
10	1911	100	Zeiss	Hamburg—Bergedorf (Njemačka)	
11	1911	111	Clark	Lowell (S. A. D.)	
12	1918	254	Ritchey	Mount Wilson (S. A. D.)	Teleskop Hooker
13	1919	183	Brashear	Victoria B. C. (Kanada)	
14	1920	(100)	Schaer	Ženeva (Švicarska)	
15	1926	101	Zeiss	Merate (Italija)	
16	1926	125	Zeiss	Berlin—Babelsberg (Njemačka)	
17	1928	101	Grubb	Simeiz (S. S. R.)	
18	1931	101	Grubb	Stockholm, Saltsjöbaden (Švedska)	
19	1932	100	Zeiss	Uccle (Belgija)	
20	1932	175	Pecker	Perkins (S. A. D.)	
21	1933	188	Grubb	Dunlap (Kanada)	



Red. br.	Godina	Promjer (cm)	Optičar ili graditelj	Za zvjezdarnicu	Napomena
22	1933	152	Pecker	Harvard—Bloemfontein (S. A. D. — Južna Afrika)	Br. 7 preizgrađen Teleskop Wyeth
23	1937	155	Pecker	Harvard, Oak Ridge (S. A. D.)	
24	1939	208	Lundin	Mac Donald (S. A. D.)	
25	1942	125	Galilei	Asiago (Italija)	
26	1942	152	Pecker	Cordoba (Argentina)	
27	1943	(120)	Couder	Haute-Provence (Francuska)	Br. 2 preizgrađen
28	1948	(188)	Grubb	Radcliffe, Pretorija, Južna Afrika	
29	1949	508	Anderson	Palomar (S. A. D.)	Teleskop Hale
30	1955	193	Couder	Haute Provence (Francuska)	
31	1955	244	—	Hurstmanceaux (Engleska)	
32	1955	305	—	Lick (S. A. D.)	Newton Memorial Tel.

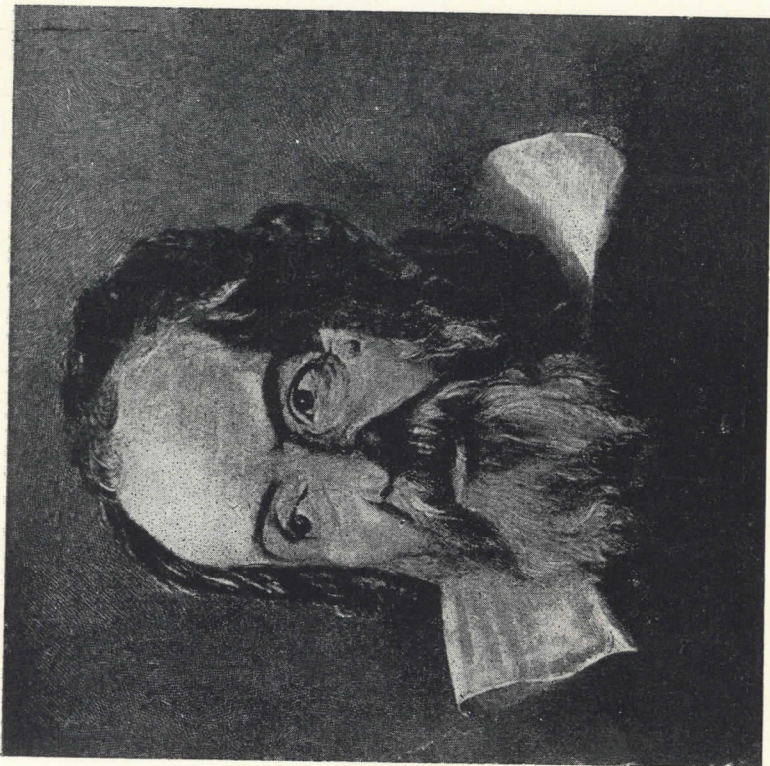
*Bitješka.* Postoje još nemontirana teleskopska zrcala od 152 cm (Common, 1900) u Harvardu i od 157 cm (Peate, 1897) u Washingtonu (Smithsonian Institution).

Teleskop od 122 cm sa zrcalom od bronze u Melbournu (Grubb, 1867) moderniziran je i snabdjeven zrcalom od stakla te otpremljen u Canberru (Mt. Stromlo, u Australiji), za koju je istovremeno u izgradnji jedan teleskop od 188 cm (Grubb). Istovremeno je za zvjezdarnicu u Helwanu (Egipat) naručen kod Grubba teleskop-reflektor istih razmjera (188 cm).

### III. NAJVEĆI TELESKOPI SISTEMA SCHMIDT OD 1930. DO 1955.

Red. br.	Godina	Promjer (cm)	Optičar ili graditelj	Za zvjezdarnicu	Napomena
1	1930	35	Schmidt	Hamburg—Bergedorf (Njemačka)	
2	1936	45	Hendrix	Palomar (S. A. D.)	
3	1940	61	Perkin-Elmer	Harvard, Oak-Ridge (S. A. D.)	Jewett Teleskop
4	1942	66	Perkin-Elmer	Tonanzintla (Meksiko)	
5	1943	61	Lundin	Warner & Swasey, Cleveland (S. A. D.)	Burrell Teleskop
6	1949	122	Hendrix	Palomar (S. A. D.)	
7	1950	81	—	Harvard—Armagh—Dunsink, Bloemfontein (Južna Afrika)	
8	1955	152	—	Harvard, Oak-Ridge (S. A. D.)	



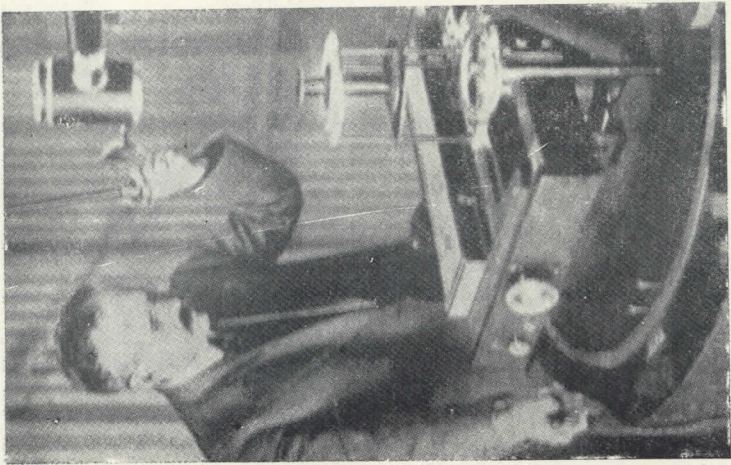


Galileo Galilei (1564.—1642.)

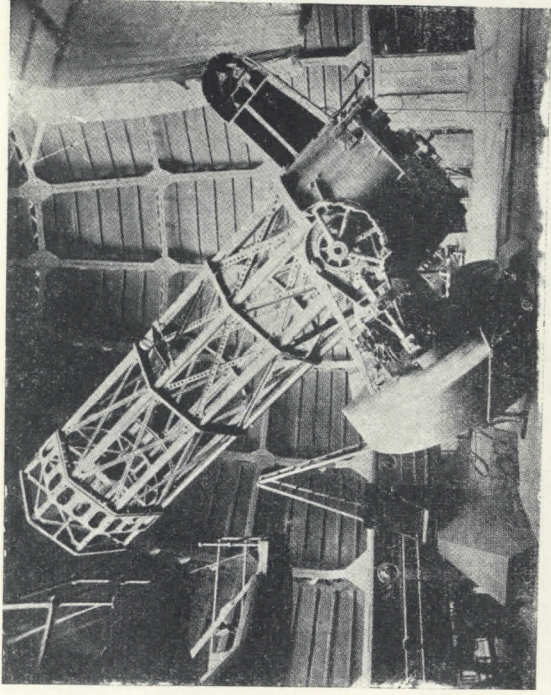


Teleskop Galilea Galileja na terasi astrofizičkog opservatorija u Areetriu kraj Firenze

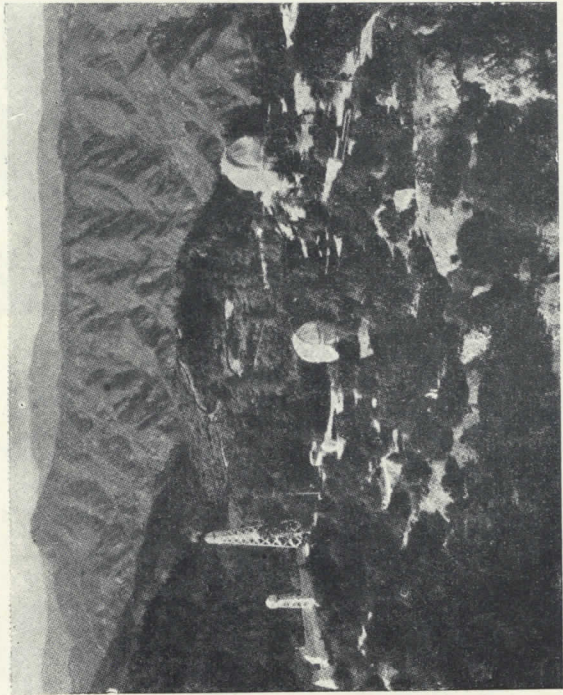




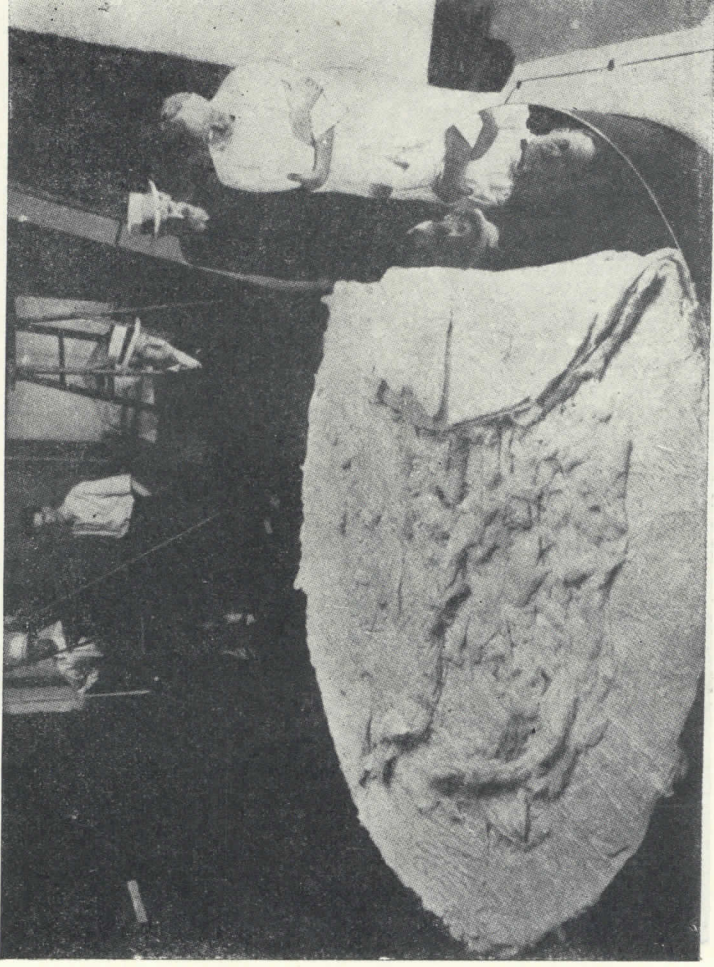
George Ellery Hale (1868.—1938.)



Teleskop-reflektor od 60 palaca u opservatoriju na Mt. Wilsonu



Astronomski opservatorij na Mt. Wilsonu, u planinskom lancu Sierra Madre u Kaliforniji

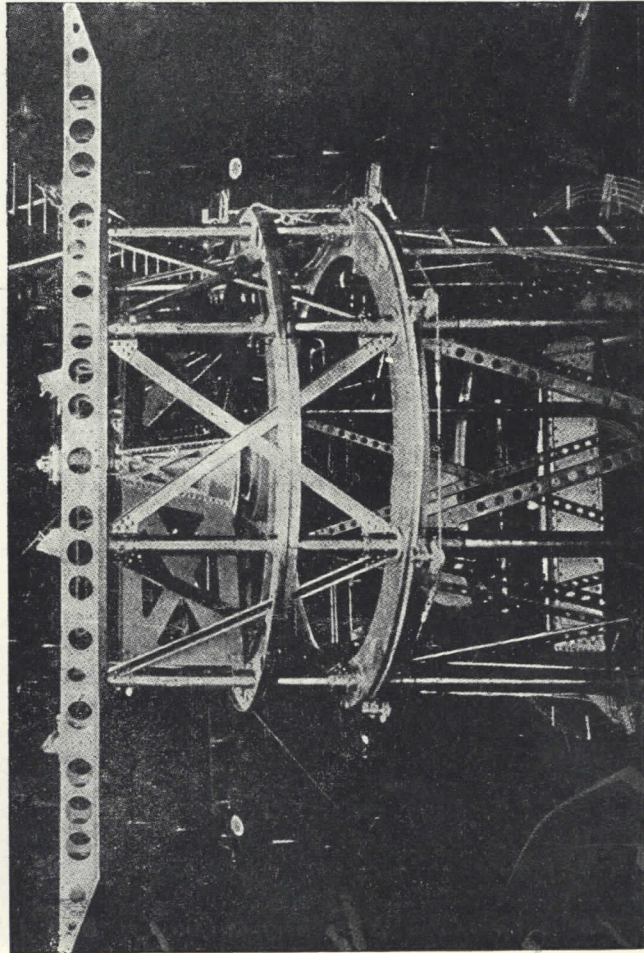


Zrcalo s promjerom od 254 cm za Hookerov teleskop-reflektor na Mt. Wilsonu

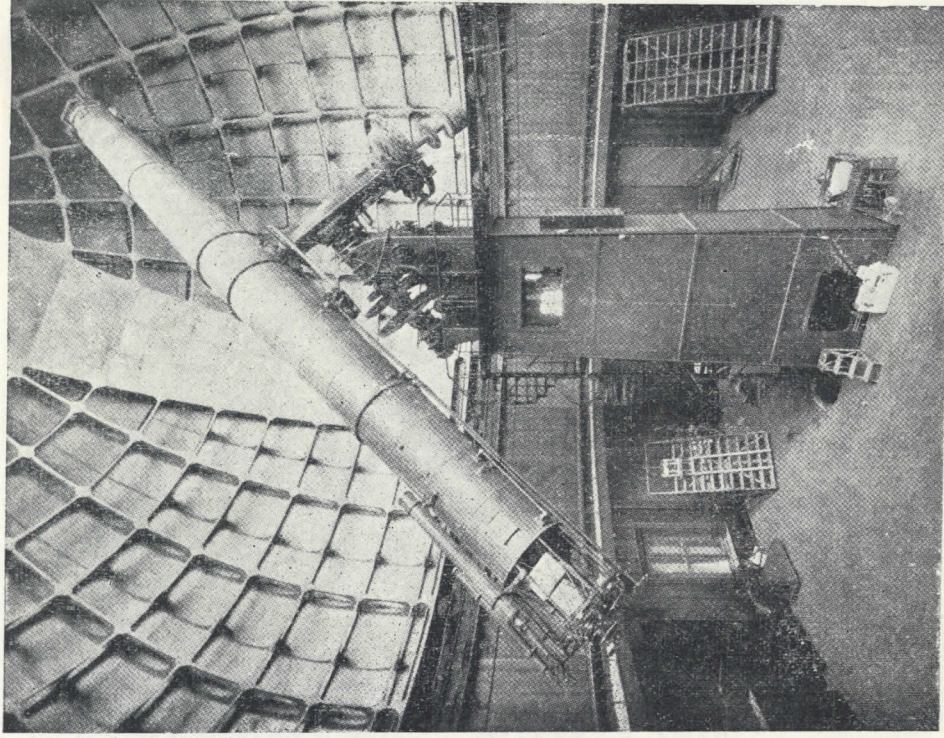




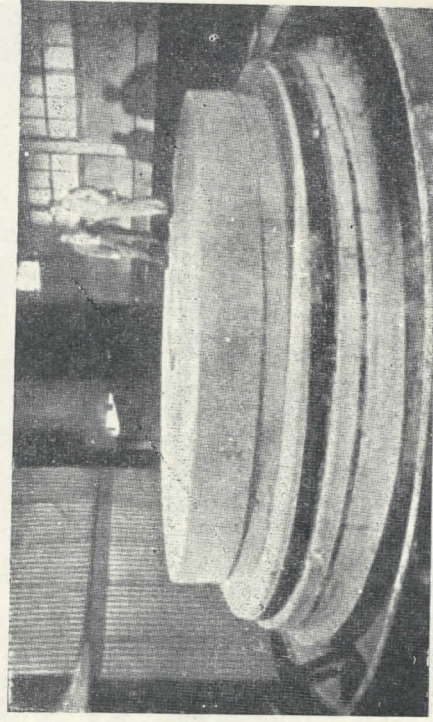
Sunčeva korona — Foto-snimak astronomske ekspedicije Lickova opservatorija 21. septembra 1922.



Interferometar od 20 stopa, sa kojim su na opservatoriju Mt. Willson mjerili promjere zvijezda

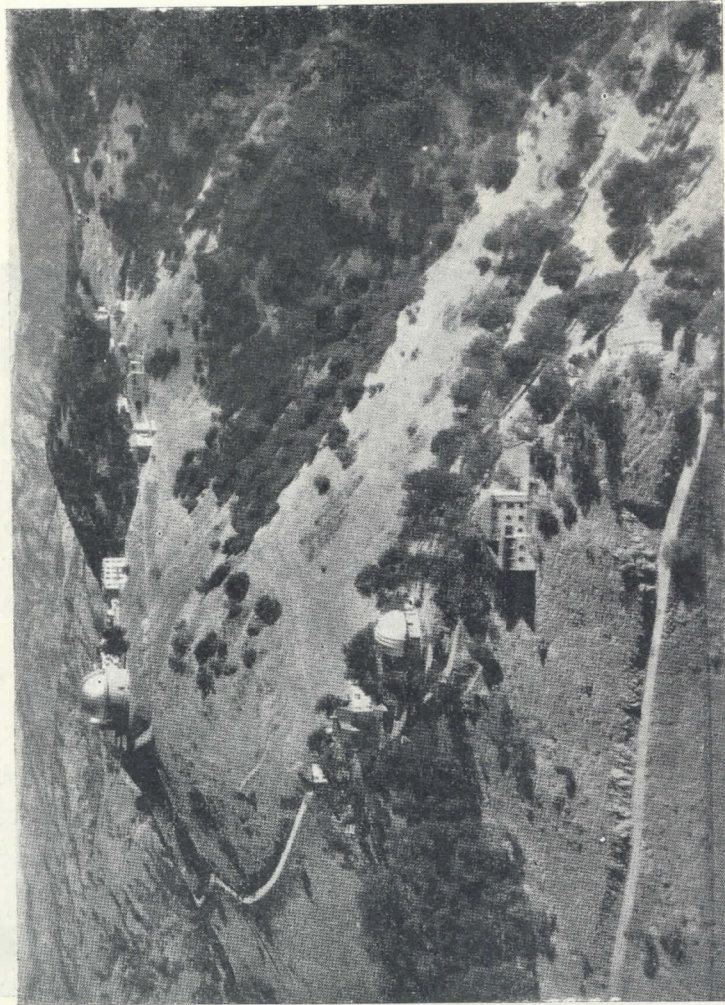


Teleskop-refraktor Lickova opservatorija s objektivom od 36 palaca promjera

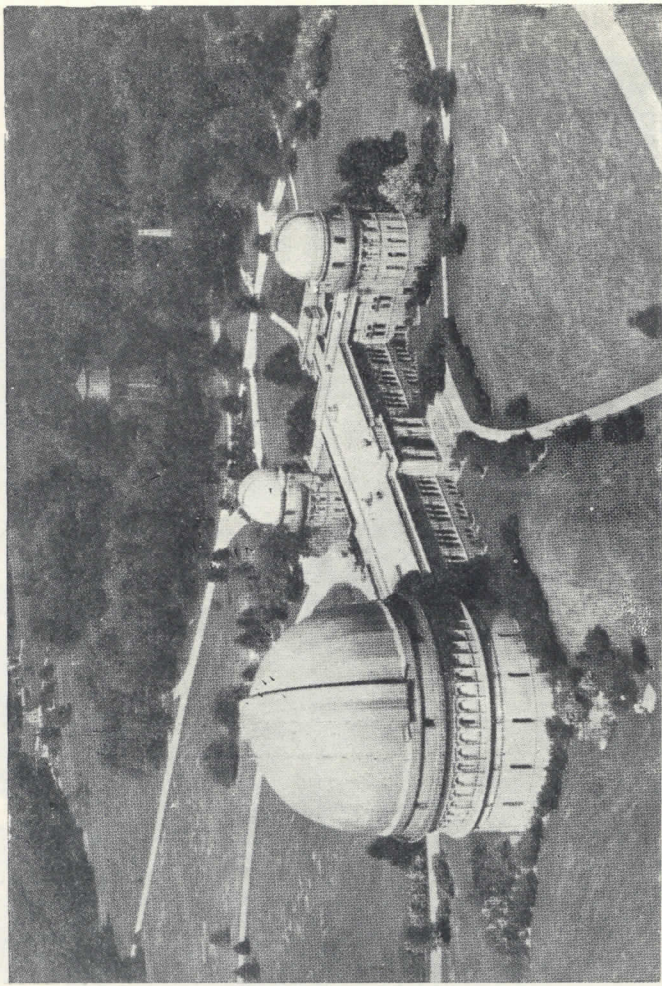


Prvi disk od pyrexa s promjerom od 200 palaca (508 cm) u tvornici stakla Corning

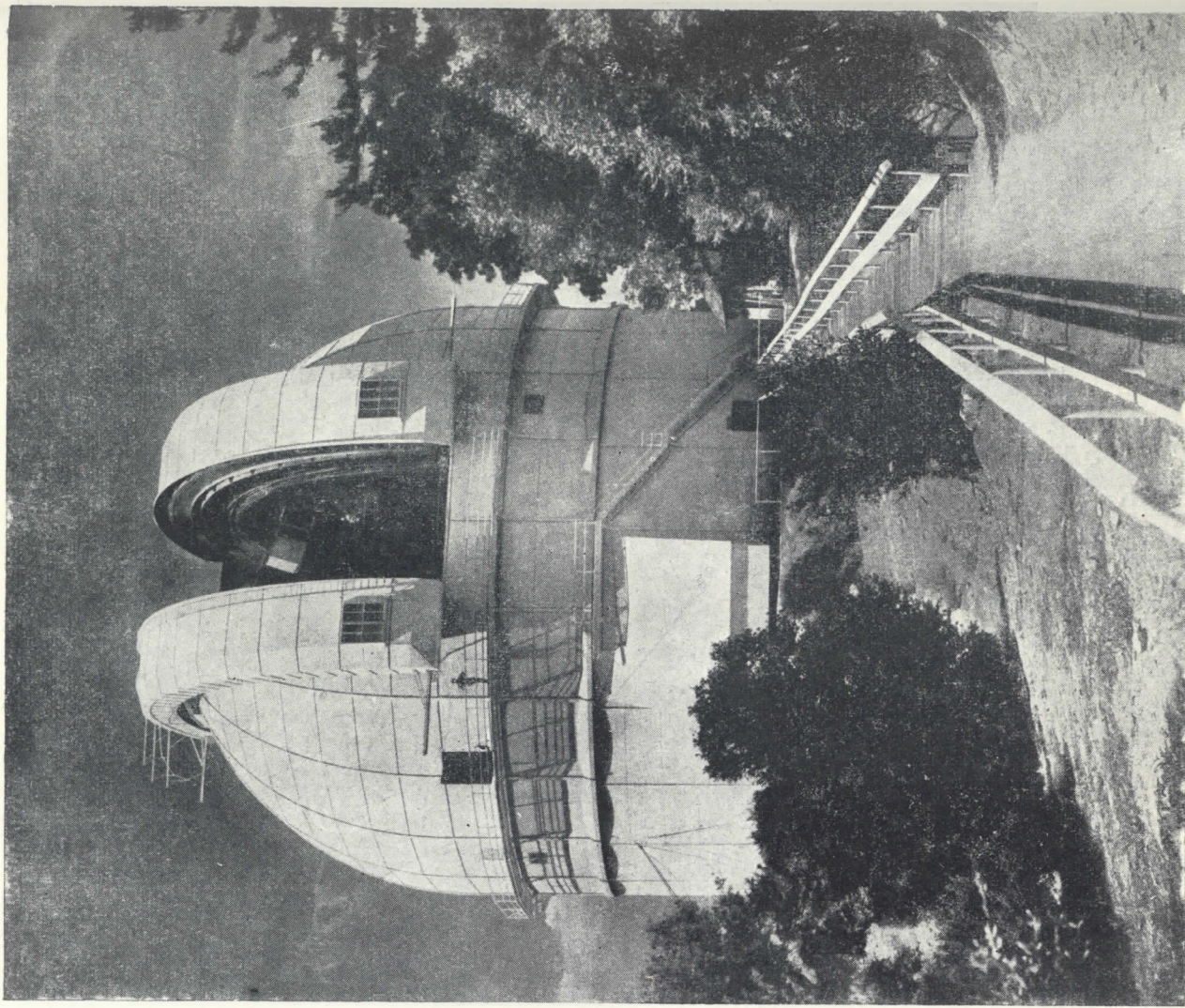




Lickov astronomski opservatorij na Mt. Hamiltonu u sjev. Kaliforniji

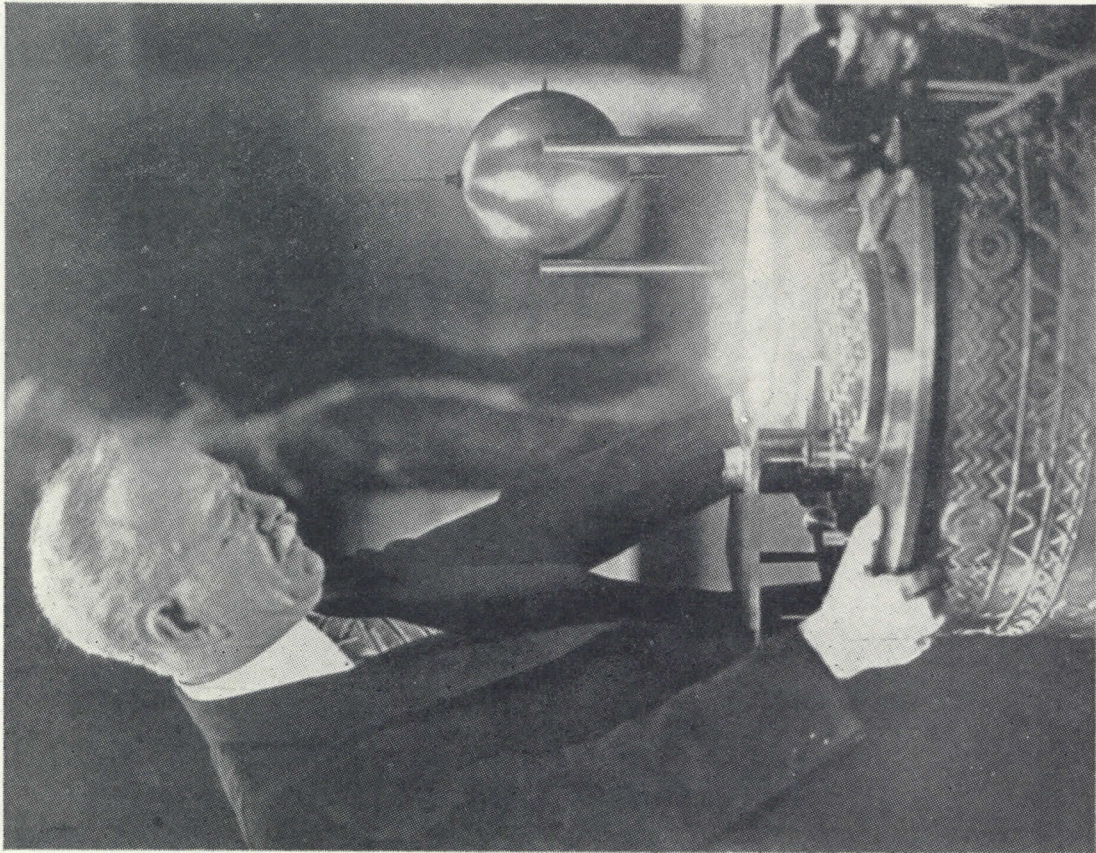


Yerkesov astronomski opservatorij kod Williams Baya, Wisconsin. Opservatorij pripada Sveučilištu u Chicagu

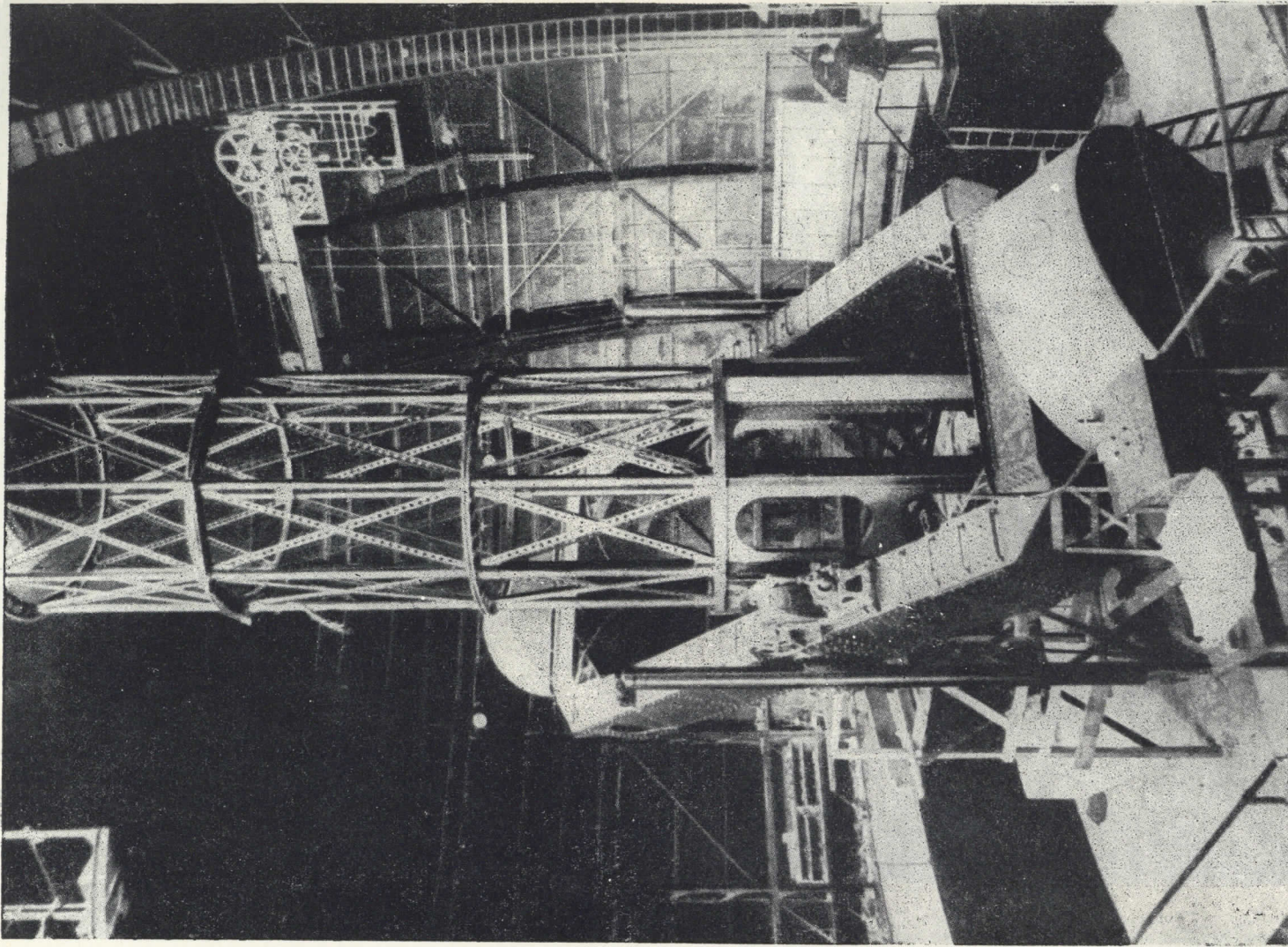


Kupola na Mt. Wilsonu, u kojoj se nalazi teleskop-reflektor sa zrcalom od 254 cm promjera (100 palaca)



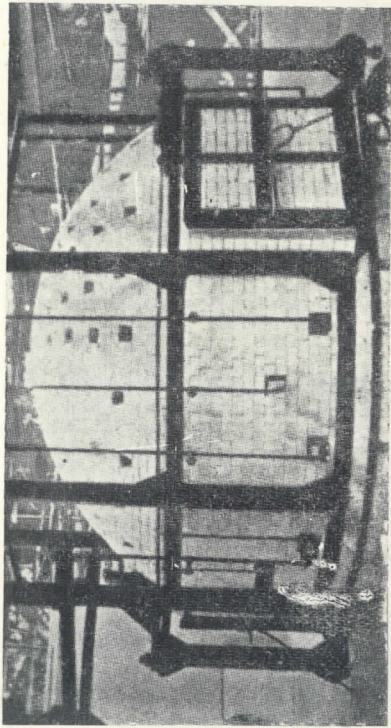


George Ellery Hale u svom laboratoriju u Pasadent

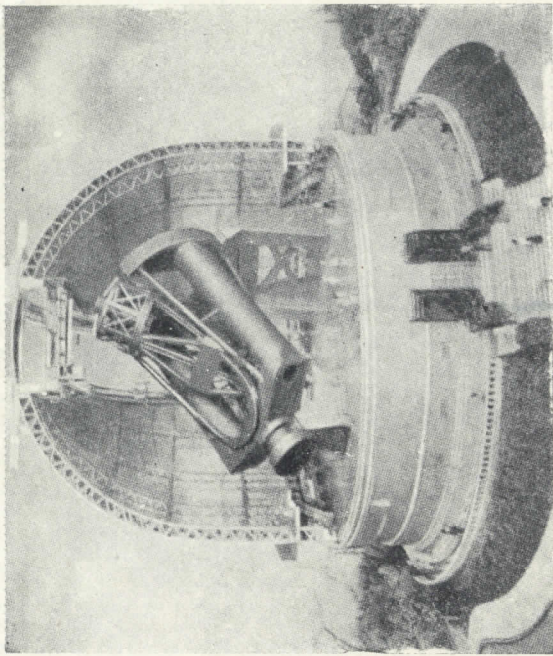


Hookerov teleskop-reflektor sa zrcalom-objektivom od 254 cm promjera (100 palaca) i sa žarišnom daljinom od 12,9 metara

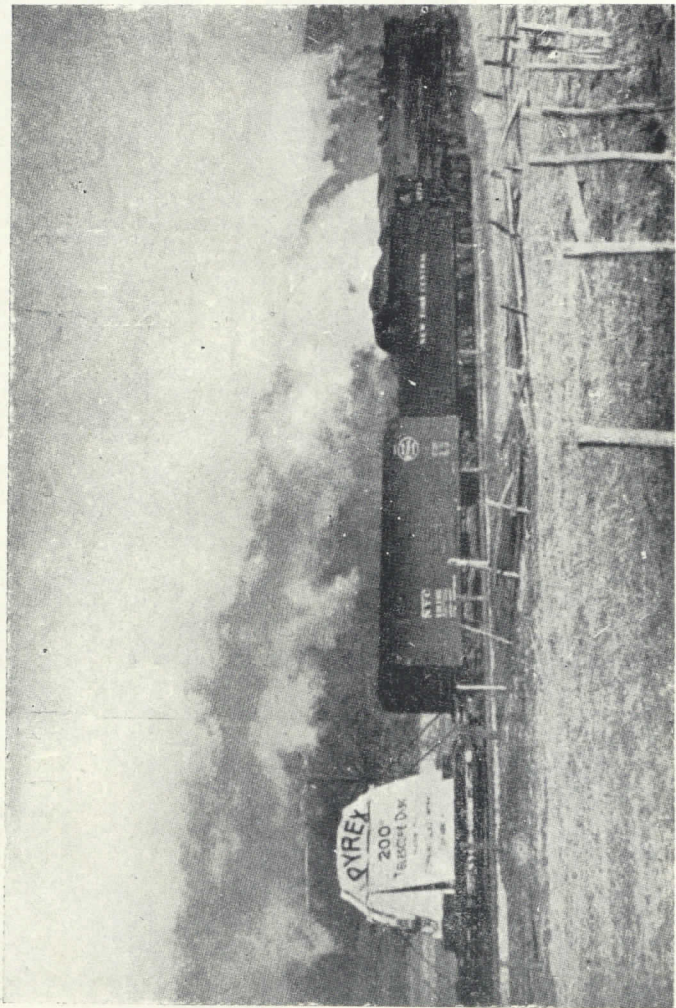




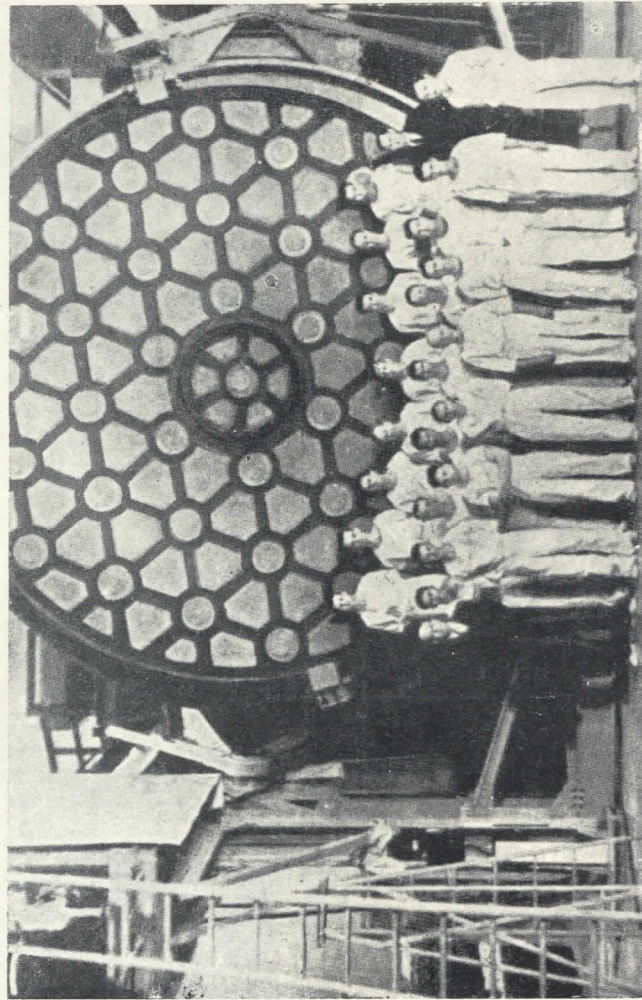
Peć, u kojoj je topljen probni stakleni disk od pyrexa, promjera 380 cm



Model teleskopa i kupole na Mt. Palomaru

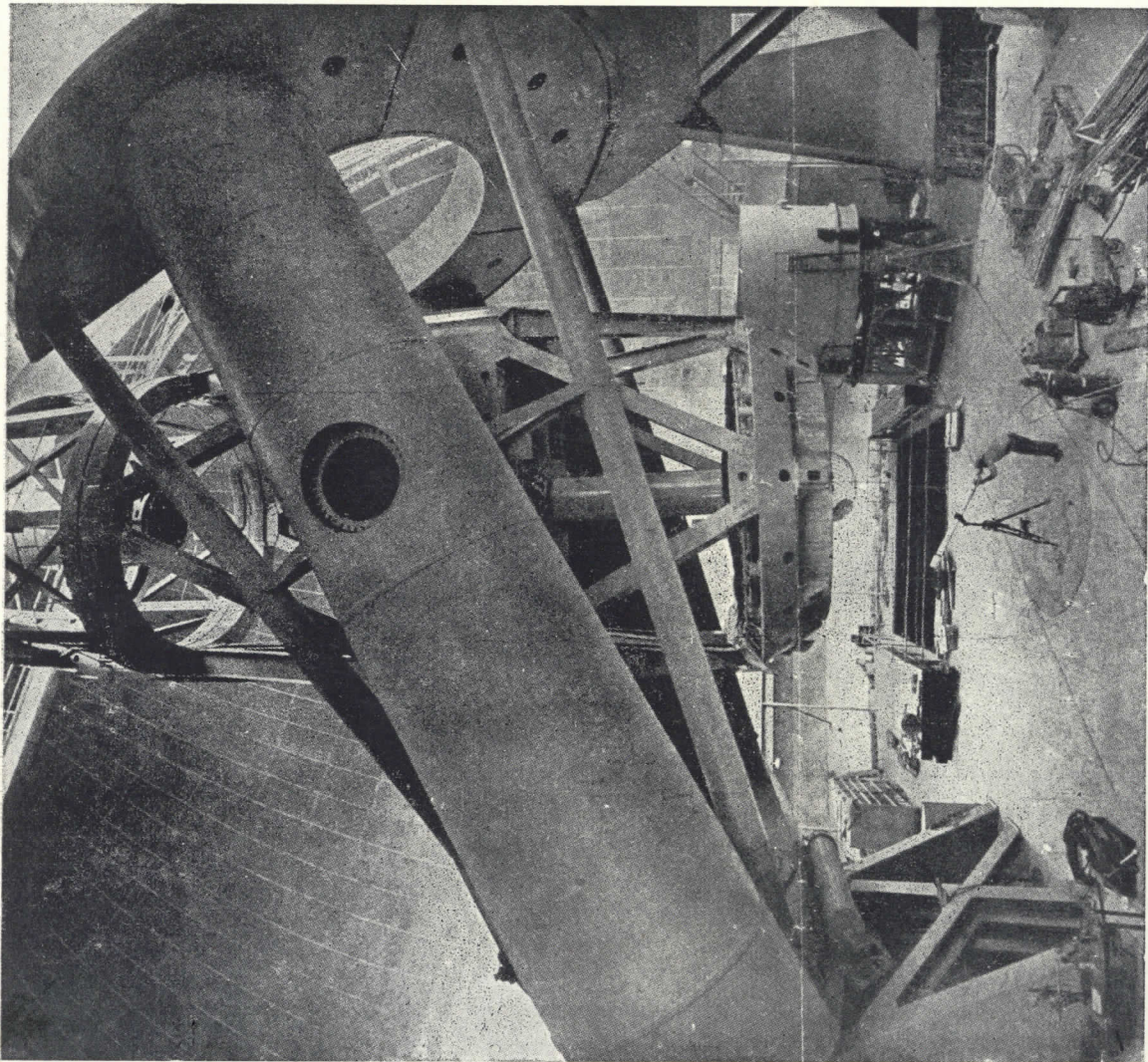


Disk od pyrexa s promjerom od 508 cm (200 palaca) otprema se iz tvornice Corning (država New York) u Kaliforniju, 5000 km daleko

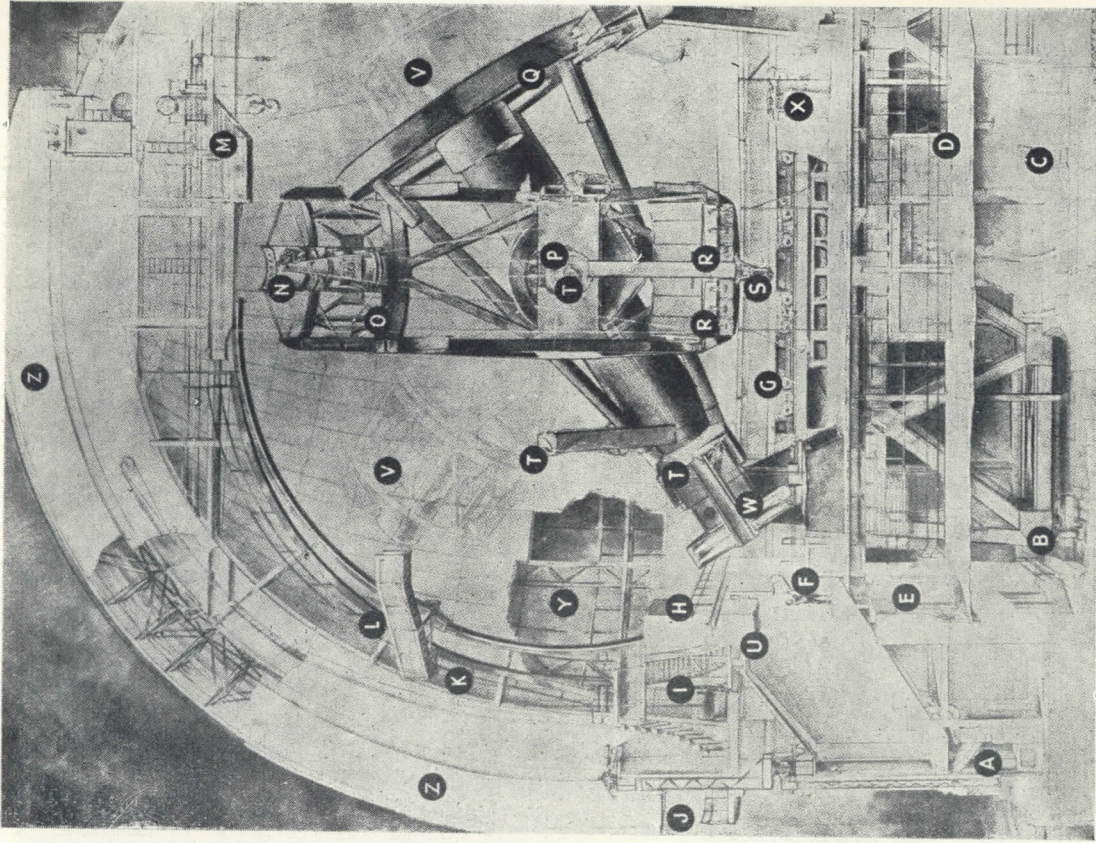


Stražnji dio zrcala, koje ima 508 cm promjera i optičari, koji su zrcalo obradili



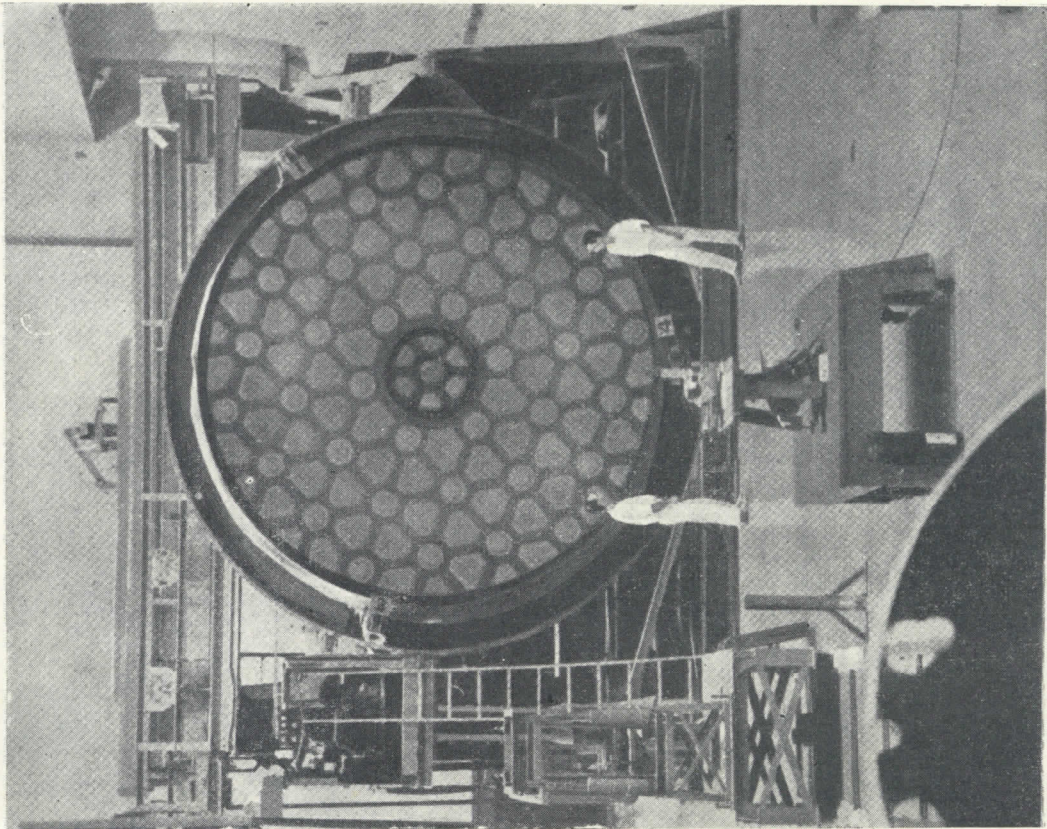


Instaliranje novog orijaškog teleskopa na Mt. Palomatu. U sredini pada amaterski teleskop od 4 palca s promatračem radi uporedjenja

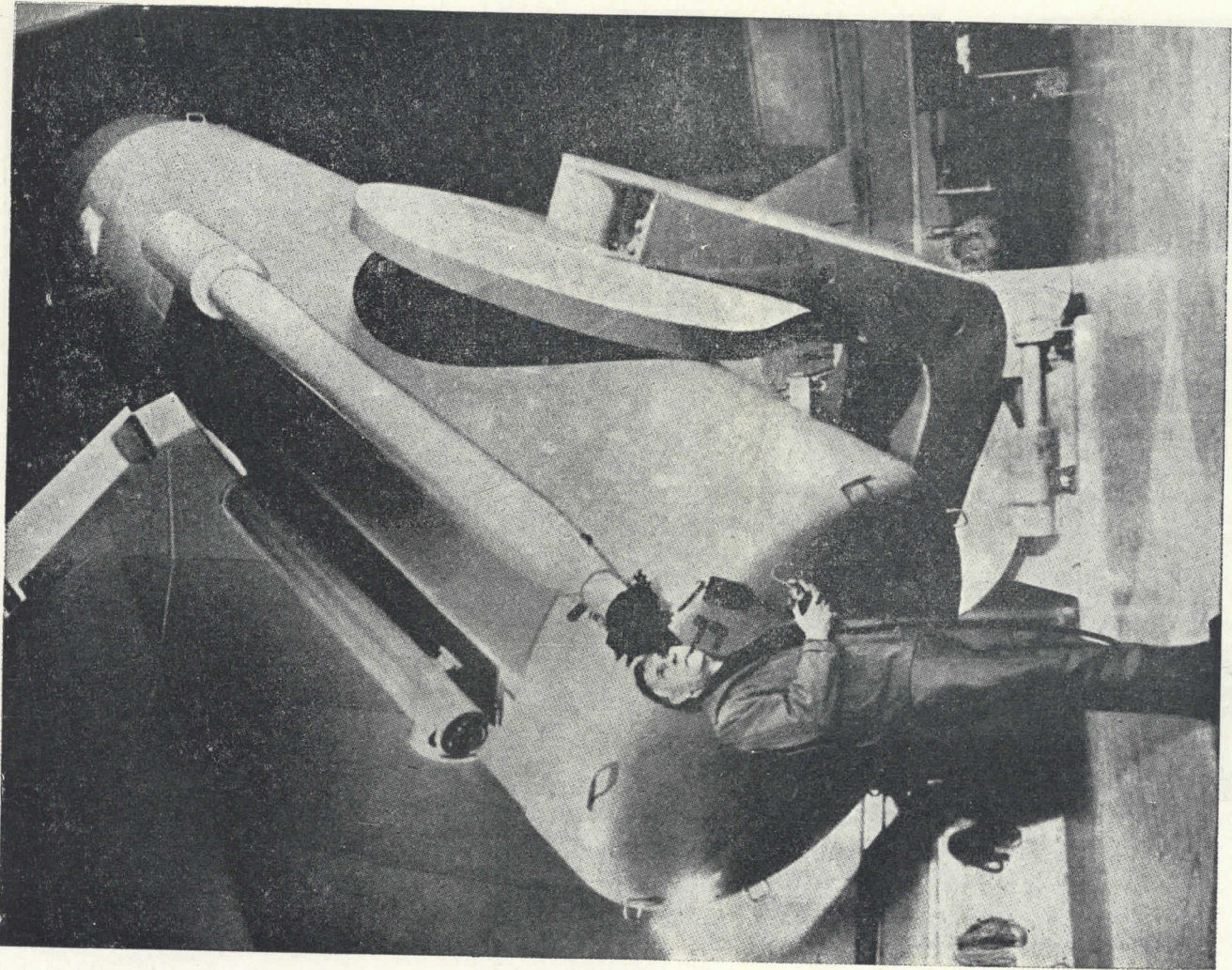


Kupola i teleskop od 280 palaca na Mt. Palomaru u presjeku  
 A — aklimatizacioni uredaj, B — uredaj temelja velikog teleskopa, C — fotokomora,  
 D — medukat i raspodjela električne energije, E — dizalo, F — promatračnica,  
 G — rotirajući dio kupole, H — kontrolna galerija, I — stube do prvog žarišta, tele-  
 skopa, J — vanjska pomoćna staza (balkon), K — nastavak stuba do prvog žarišta,  
 L — platforma, dizala za prvo žarište, M — dizalica od 80 tona, N — promatračko  
 mjesto prvog žarišta, O — teleskopska cijev, P — deklinacioni nosilac, Q — prosjek  
 sjevernog jarma, R — zrcalo, S — Cassegrainovo žarište, T — refle. zrcala za condé-  
 žarište, U — prostori za condé instrumente, V — orježi raznih položaja teleskopa,  
 W — južni dio jarma, X — pokretni uredaj kupole, Y — donje i unutarnje zaštitne  
 ploče kupole, Z — zatvaraajući uredaj kupole



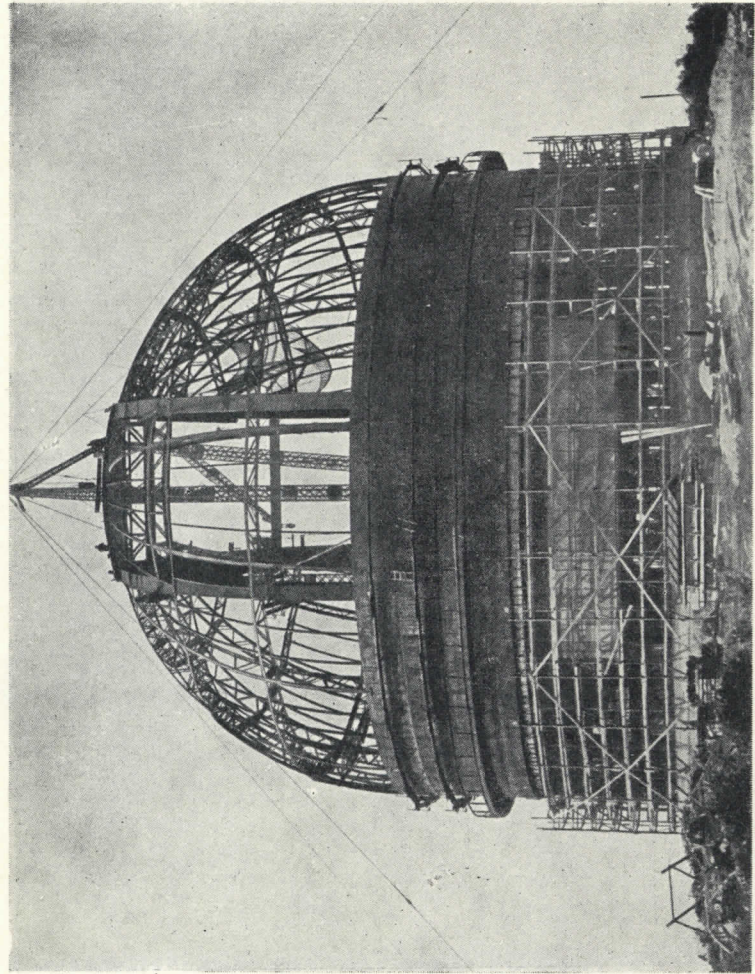


Orijaško zrcalo je dovršeno u optičkim radionicama u Pasadeni i montirano u svod okvir

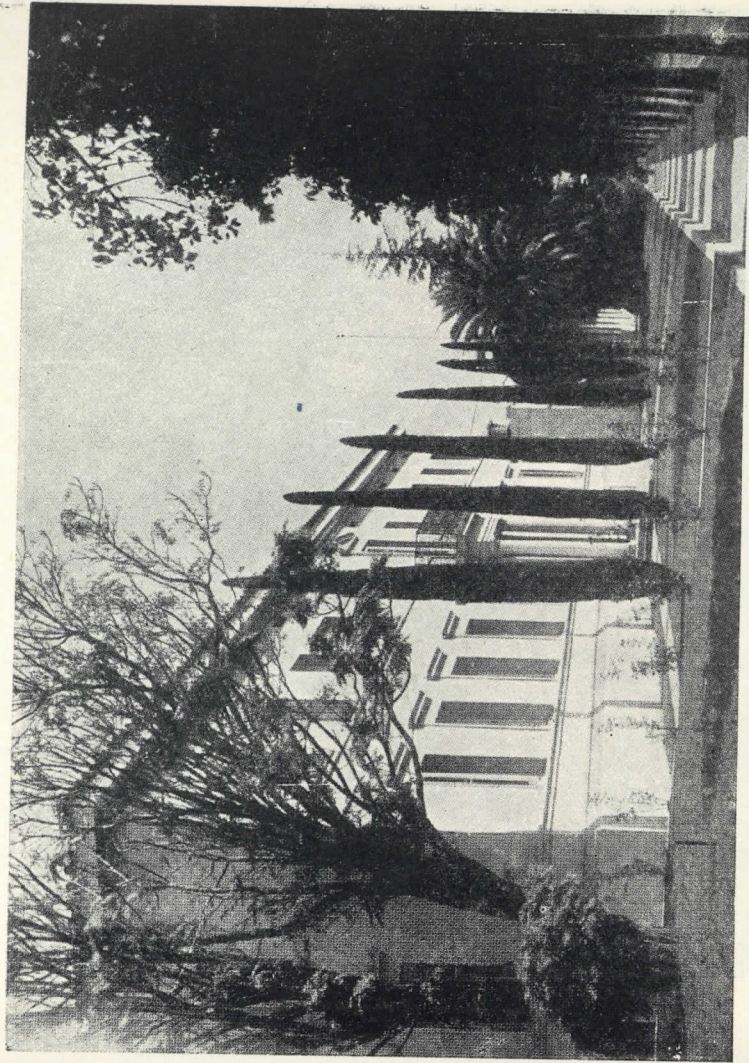


Veliki Schmidtov teleskop na Mt. Palomaru. Pored njega stoji astronom Edwin Hubble

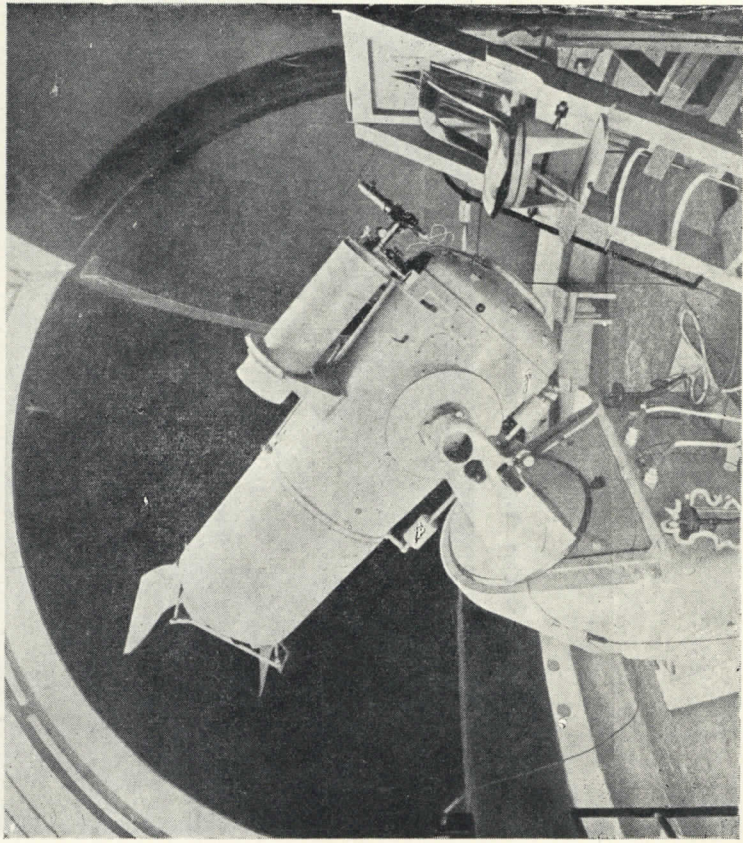




Kupola za orijski teleskop na Mt. Palomaru u gradnji.

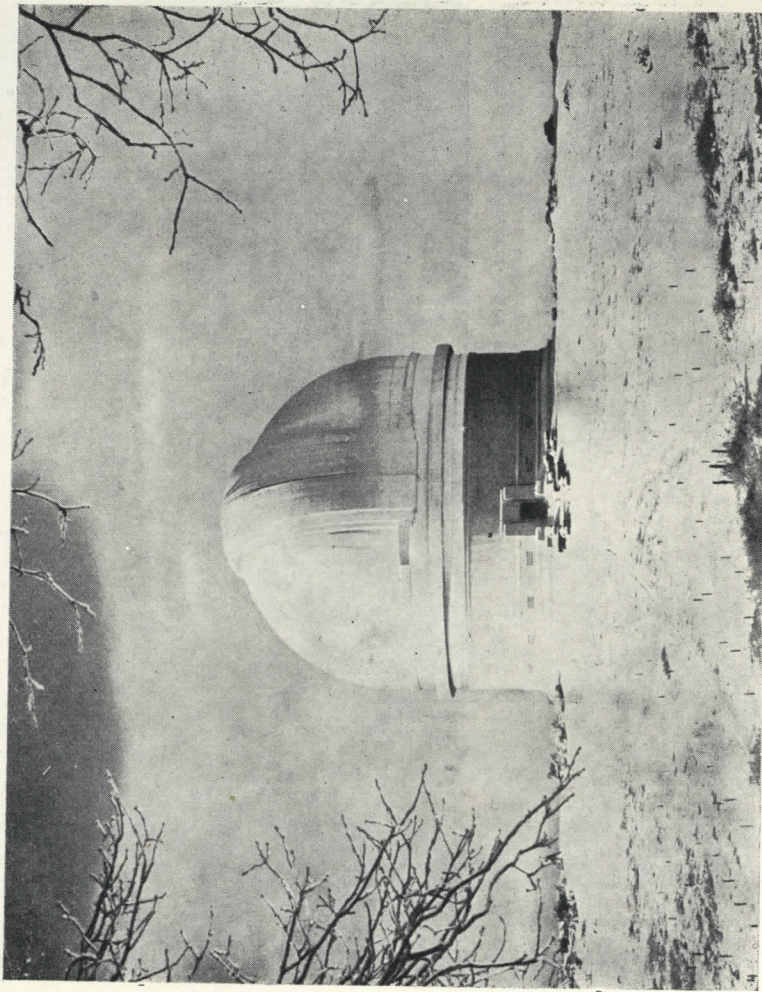


»Glavni štab« opservatorijskog kombinata Mt. Wilson—Pasadena—Mt. Palomar sa opservatorijskim i obračunskim uredima, laboratorijima i radionicama u Pasadeni, gradu na podnožju planine Mt. Wilson



Mali teleskop Schmidtova sistema na Mt. Palomaru

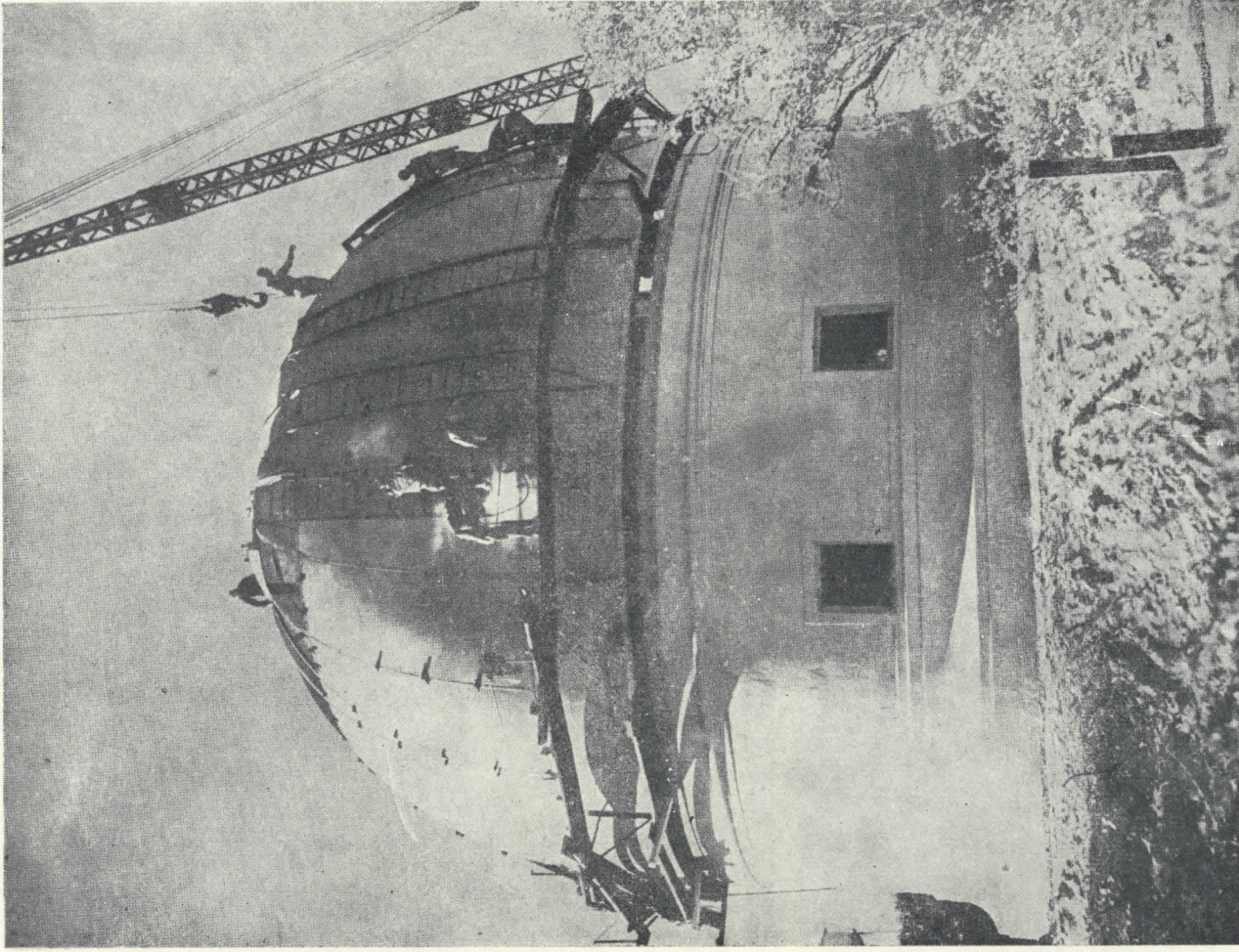
XVI



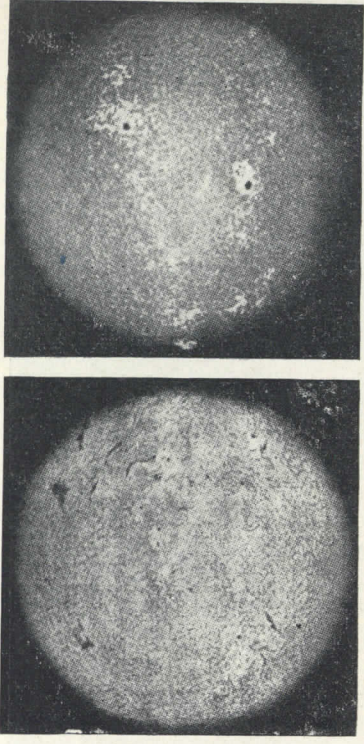
U mjesecu januaru 1939. dovršena kupola za veliki teleskop na Mt. Palomaru

XVII

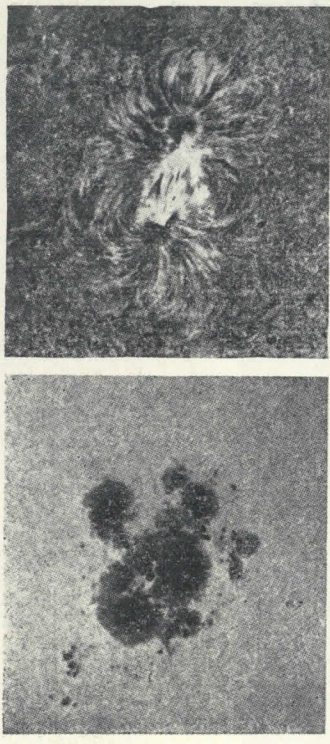




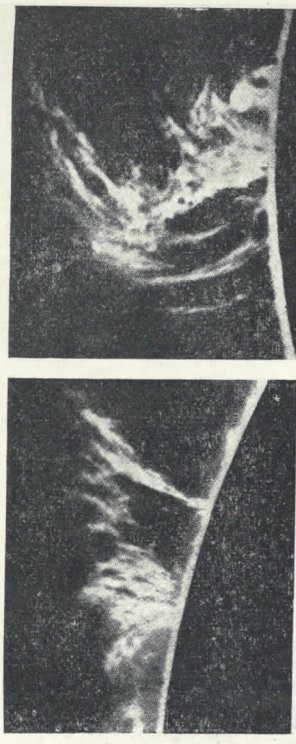
Kupola za Veliki Schmidtoy teleskop na Mt. Palomaru



Spektroheliogram u vodikovoj i kalcijevoj svjetlosti

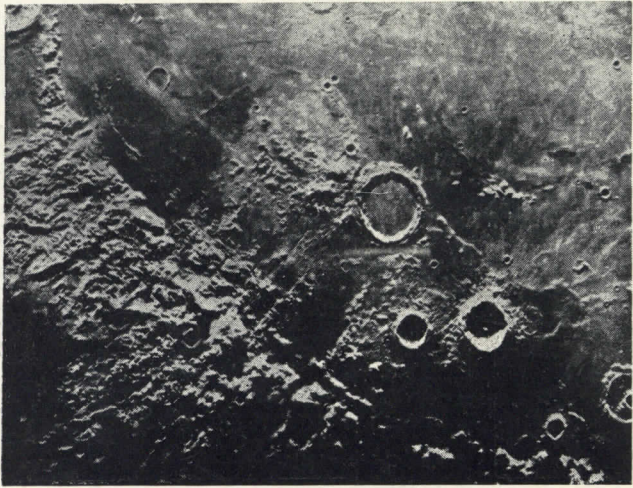


Pjege na Suncu — izravna fotografija i vodikov spektroheliogram

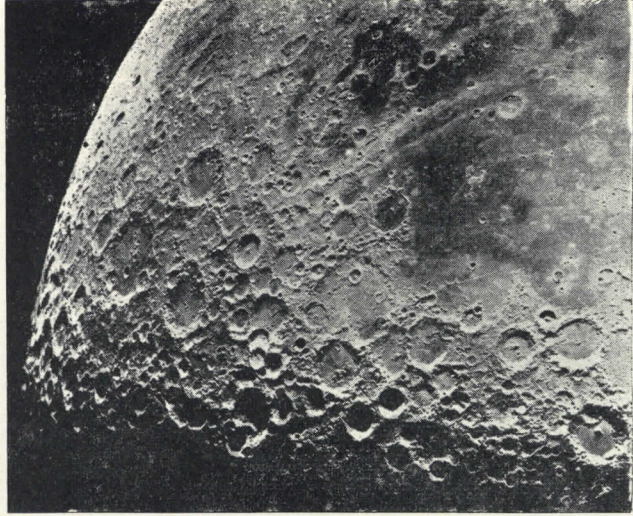


Sunčeve protuberance

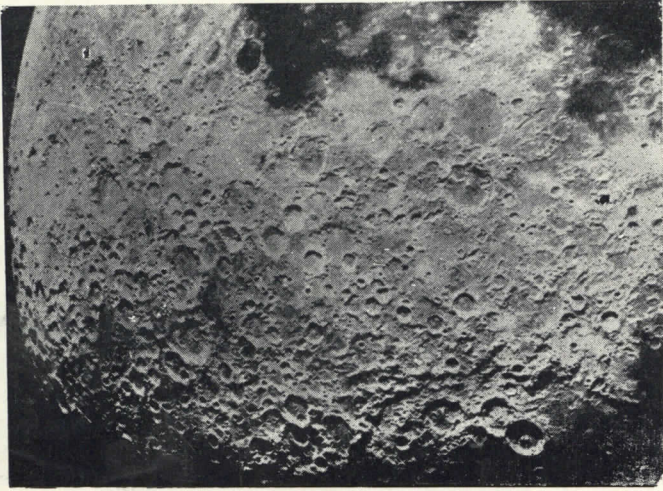




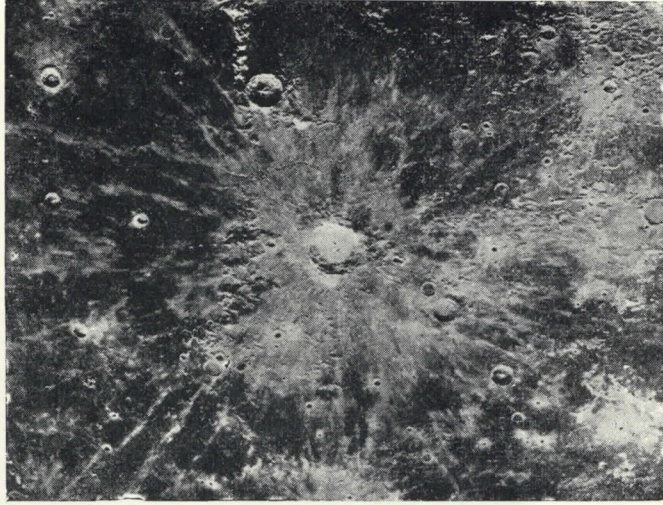
Planine Apenini na Mjesecu



Južni dio Mjeseca



Jugozapadni, planinski dio Mjeseca



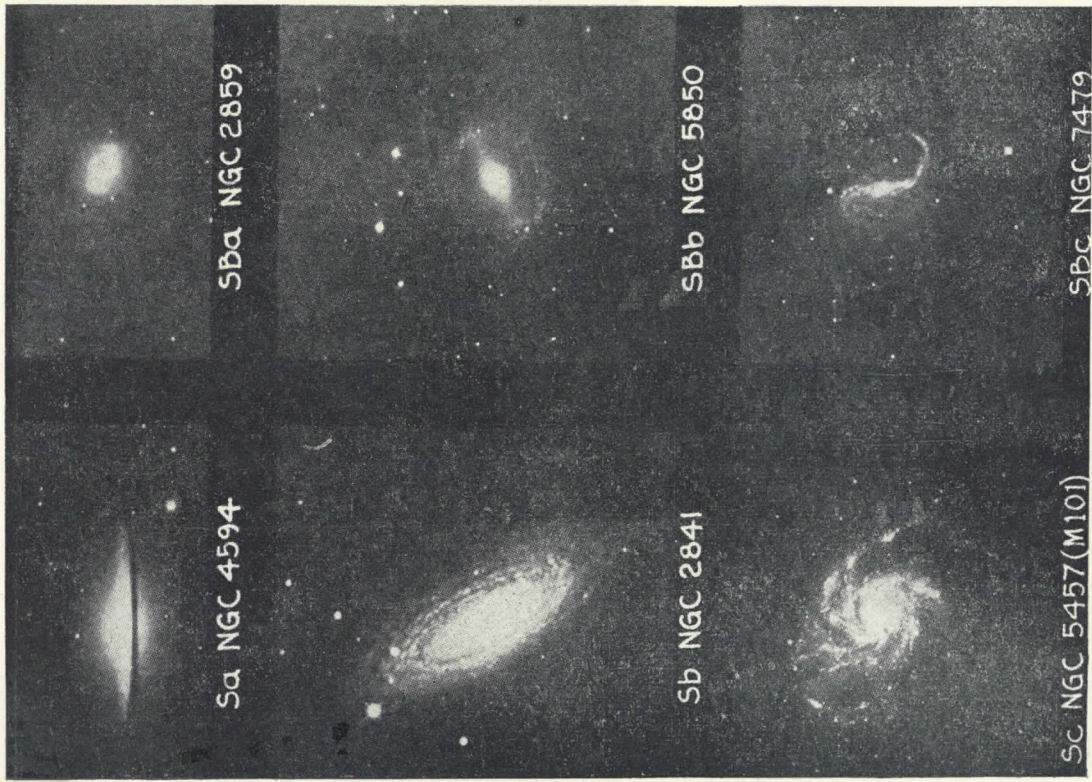
Krater Kopernika i njegova okolica



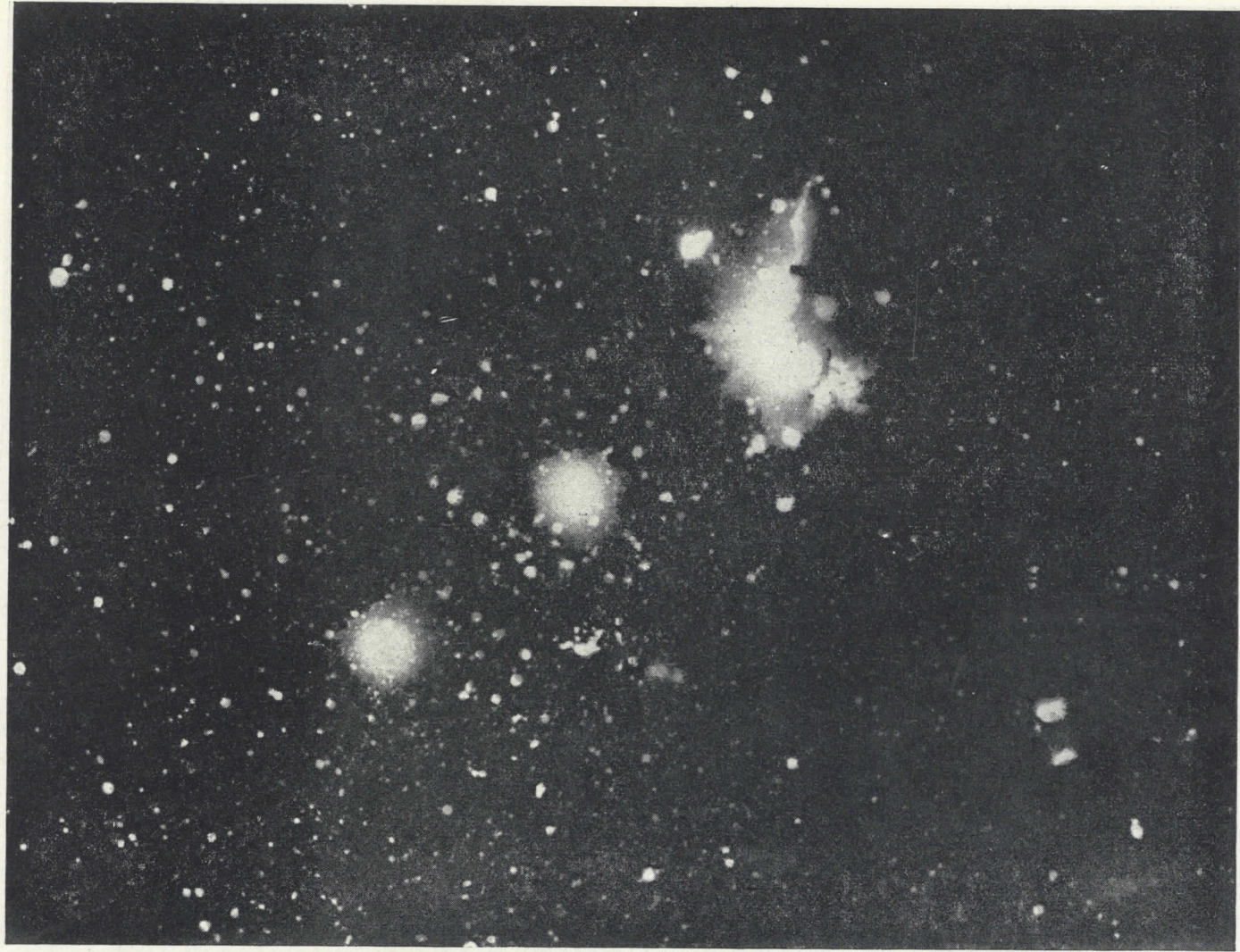
Morehousov komet 16. novembra 1908. (lijevo), Halleyev komet 6. maja 1910. (desno)







Razni tipovi spiralnih maglica (snimci opservatorija na Mt. Wilsonu)

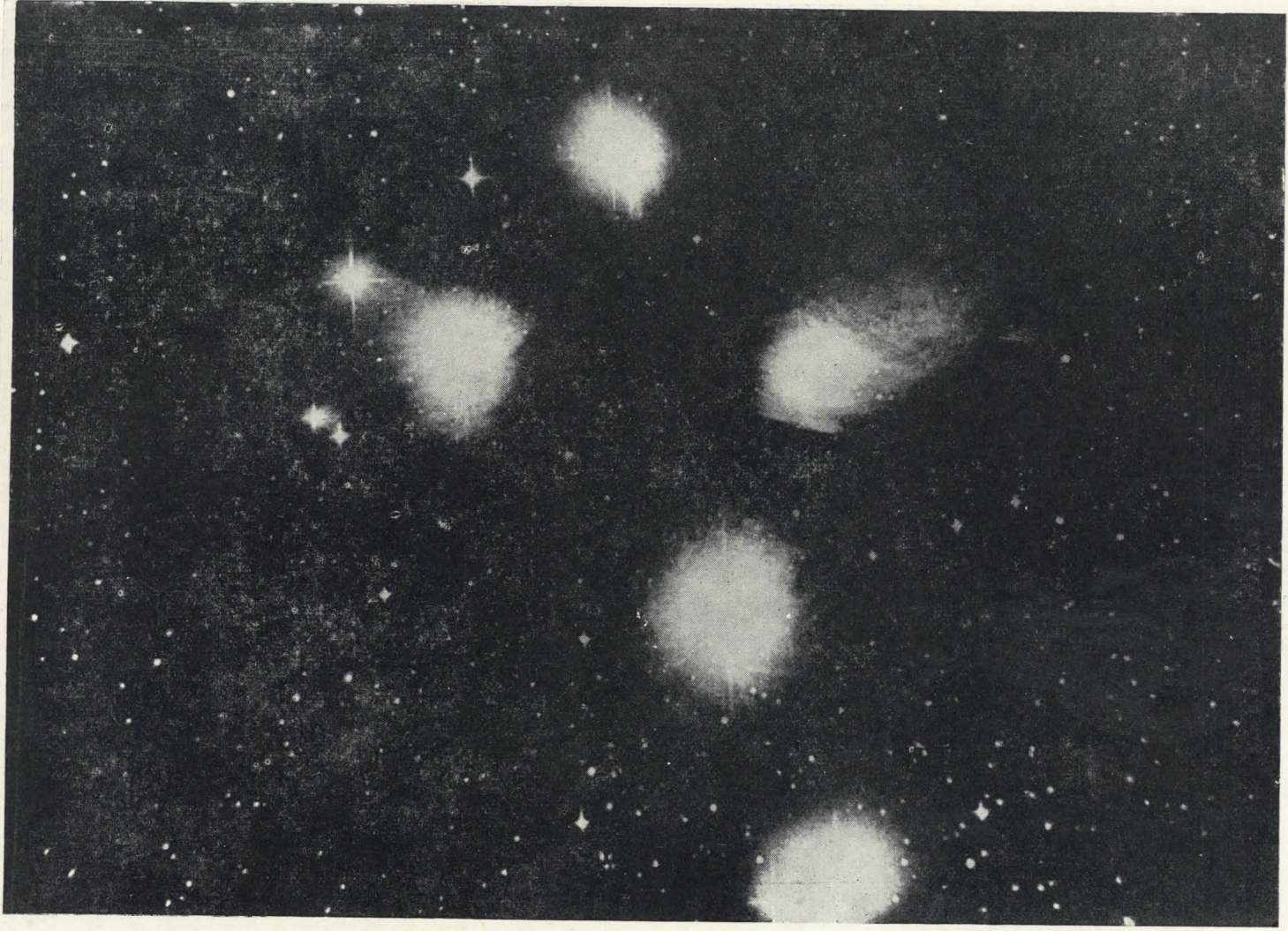


Oblast oko zvijezda  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$  Oriona — Fotografirao M.Kerolyr na astrofizičkom opservatoriju u Foccalquieru teleskopom, kojemu je promjer objektiva 12 cm





Maglica u zviježđu Auriga — Snimio M. Kerolyr na astrofizičkom opservatoriju u Folcalquieru teleskopom-reflektorom, kojemu je promjer zrcala 80 cm. Snimanje je trajalo 13 sati, a izvršeno je 18., 20. i 21. januara 1933.



Maglice u Plejadama — Snimak M. Wolfa na opservatoriju u Heidelbergu. Snimanje je trajalo 2 sata. Udaljenost Plejada (Vlašića) iznosi 500 godina svjetlosti, a linearni promjer ove skupine 17 godina svjetlosti





Maglice u Plejadama — Snimio M. Kerolyr na astrofizičkom opservatoriju Foicalquier u Donjim Alpama teleskopom-reflektorom, kojemu je promjer zrcala 80 cm. Snimanje je trajalo 6 sati



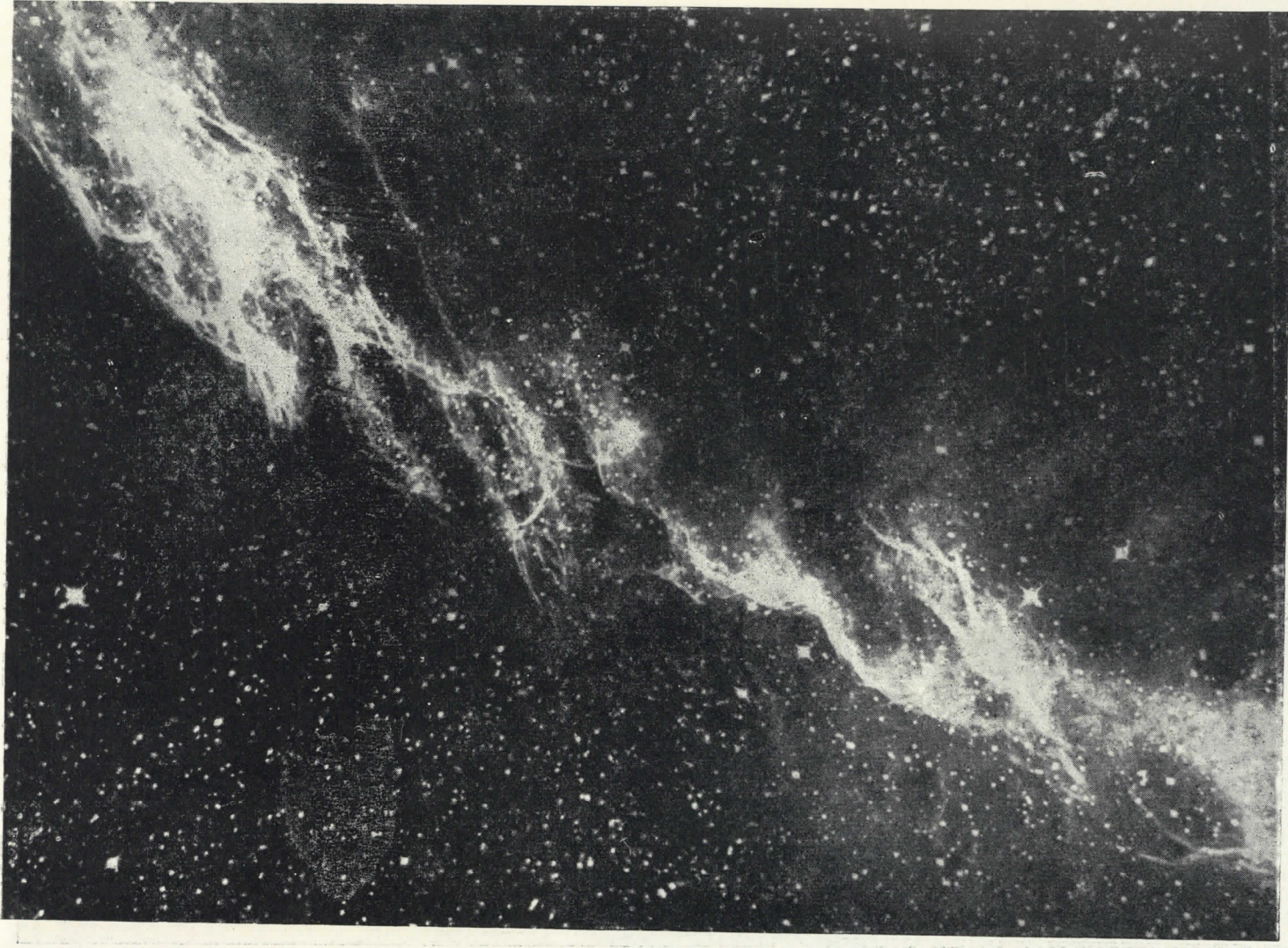
Grupa zvijezda i maglica u Monocerosu N. G. C. 2237—38—39 — Snimio M. Kerolyr na astrofizičkom opservatoriju Foicalquier. Promjer objektivna teleskopa-reflektora 80 cm. Trajanje snimanja 3 sata





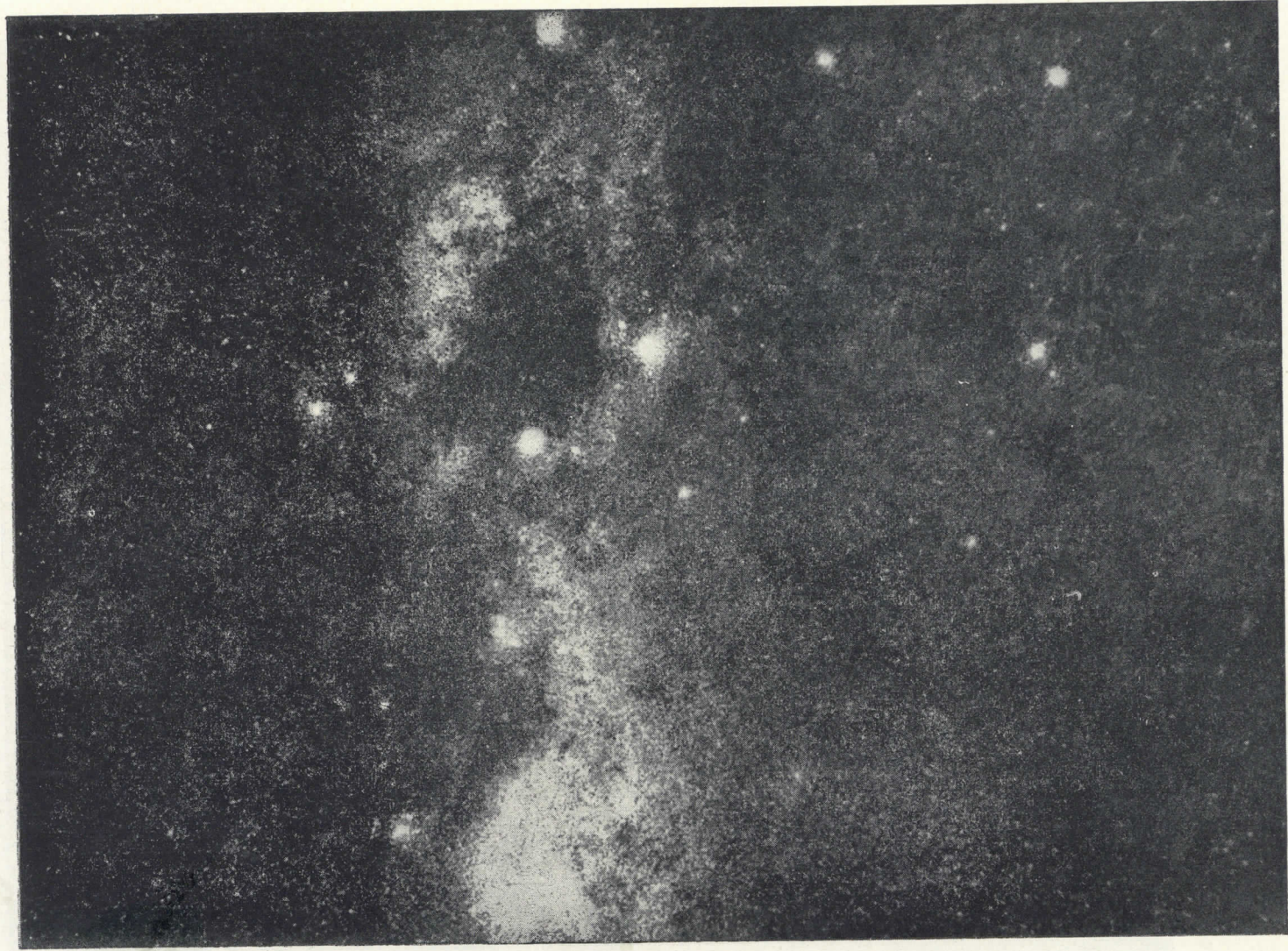
Maglice N. G. C. 3372 i N. G. C. 2197 kod  $\zeta$  Carinae na južnoj hemisferi neba

Snimak  
kojem

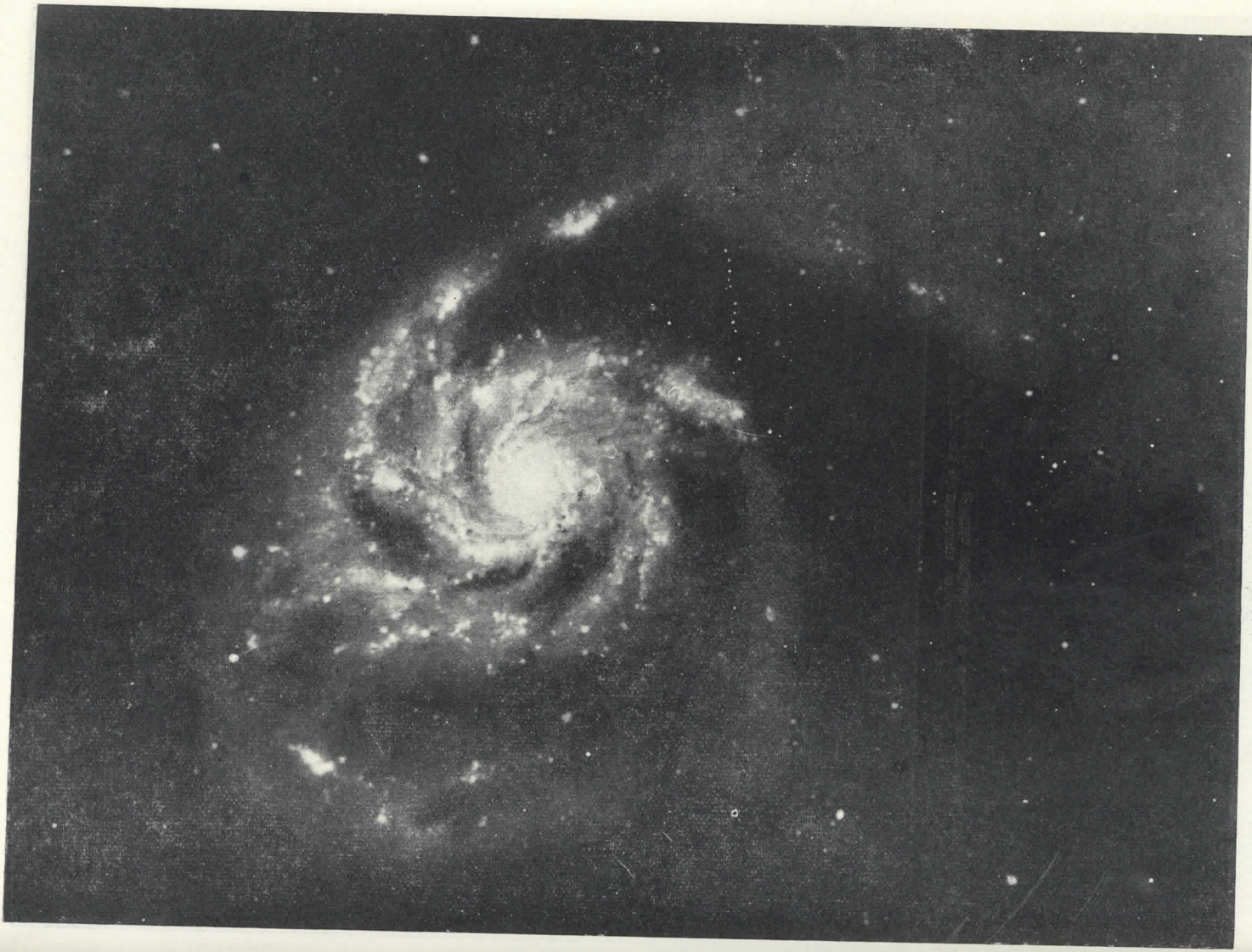


«Čipkasta» maglica u Labudu N. G. C. 6392 — Snimak G. W. Ritcheya na Mt. Wilsonu teleskopom-reflektorom s objektivom od 60 palaca promjera





Kumovska Slama u Centauru i Južni Križ — Snimak Miss Harwood u Arequipu (Peru) Cookeovim teleskopom 12., 13. i 18. maja 1923. Trajanje ekspozicije 11 sati i 30 minuta

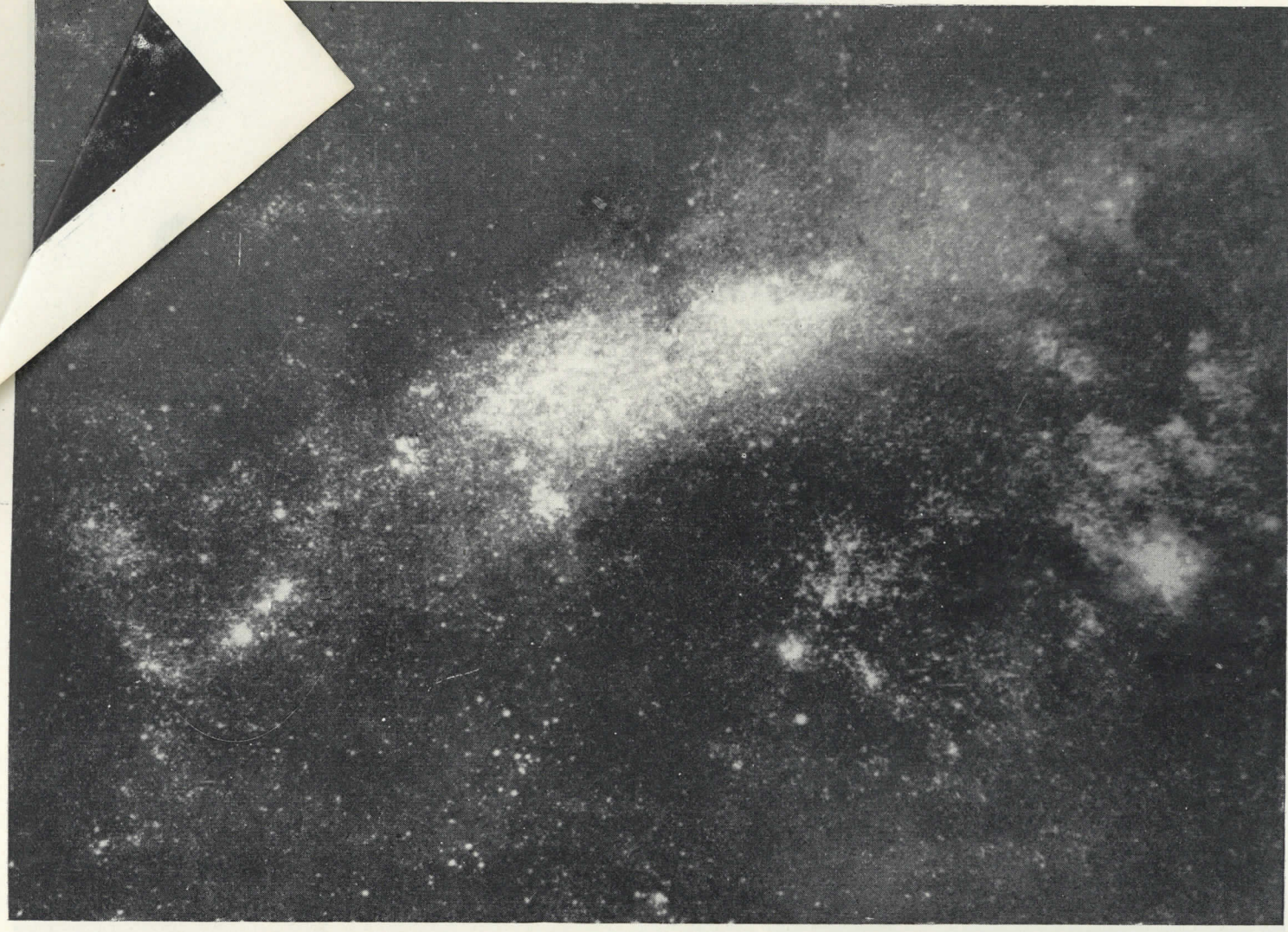


Velika spiralna maglica u Velikom Medvedju N. G. C. 5457 — Snimak G. W. Ritchey na opservatoriju Mt. Wilson teleskopom od 60 palaca. Ova spiralna maglica prema K. Lundmarku udaljena je od nas 3 milijuna godina svjetlosti. Oko svoje osi, prema A. van Maanen, okrene se za 85,000 godina svjetlosti



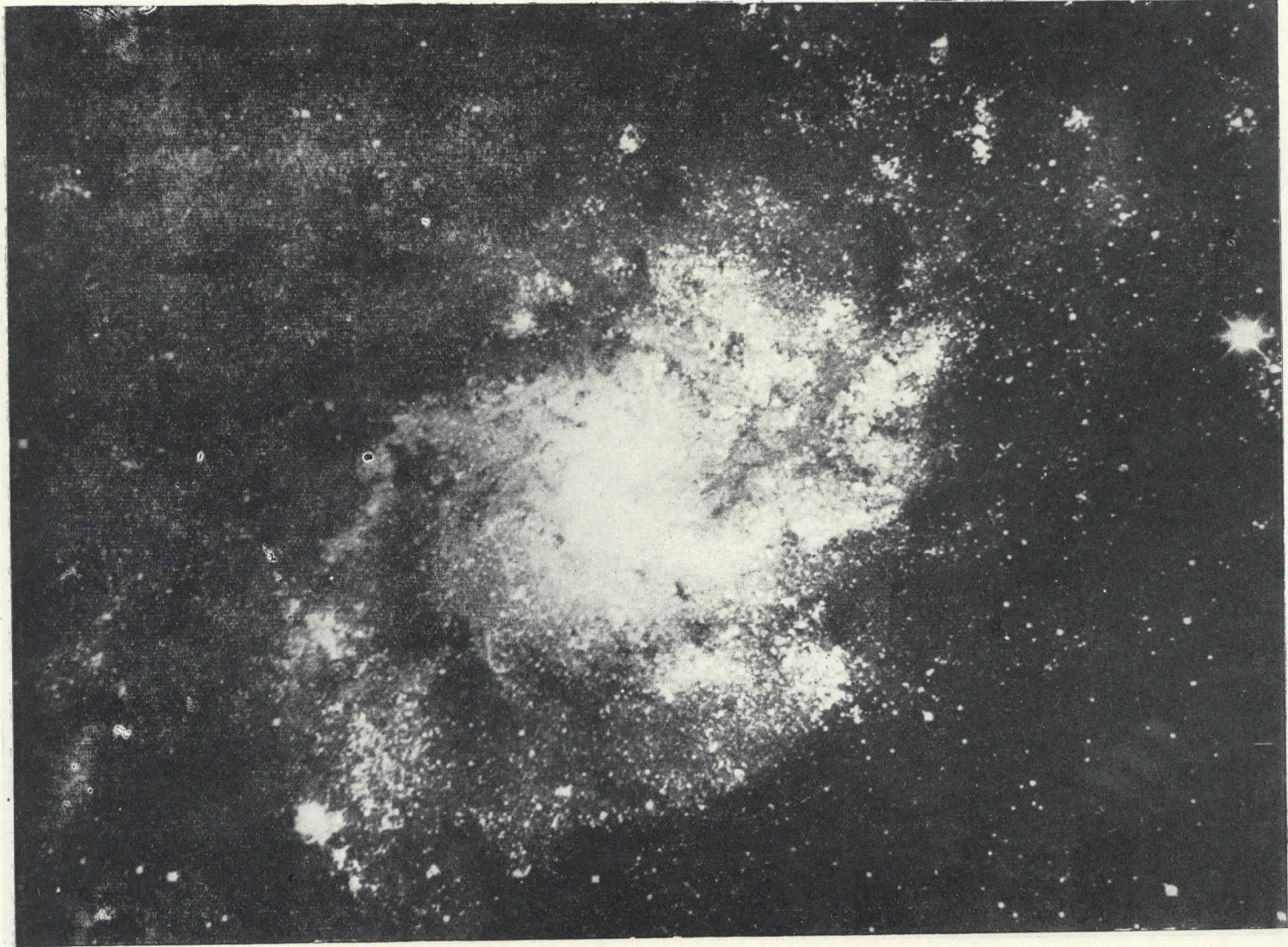


Veliki Magellanov oblak — Snč'mak S. I. Baileya na planinskom opservatoriju Arquiija u Peruu. Prema H. Shapleyu ovaj zvjezdani svijet udaljen je od nas 86.200 godina svjetlosti, a nalazi se u relativnoj blizini naše galaktike — Kumovske Slame, kao njezin pratilac



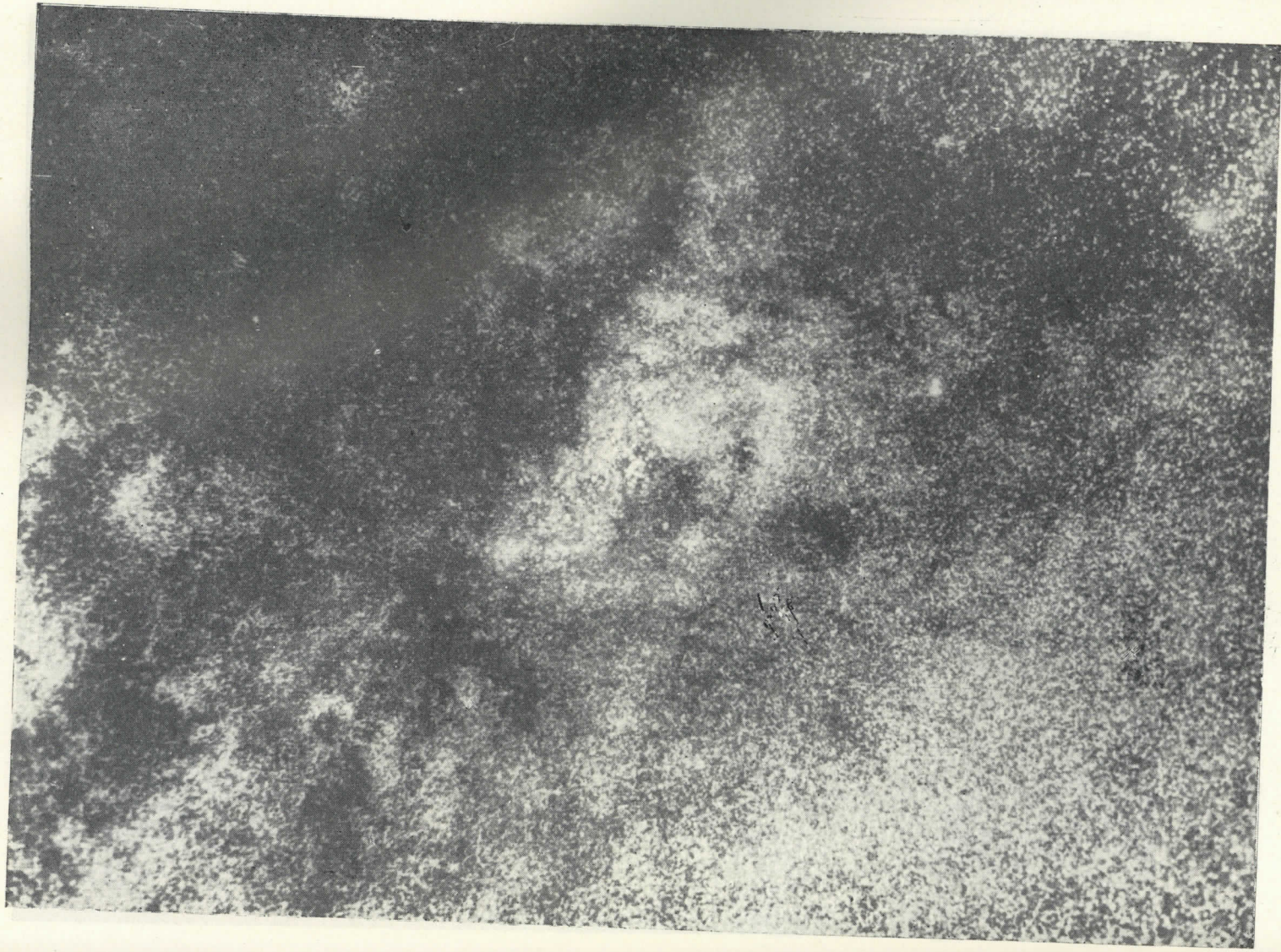
Veliki Magellanov oblak — Povećan prednji snimak. Veliki Magellanov oblak je čitav zvjezdani sistem, jedan od najbližih nam svemirskih zvjezdanih otoka, linearni promjer kojega iznosi 11.000 godina svjetlosti





Velika spiralna maglica u zviježđu Trokuta, N. G. C. 598 — Snimak na opservatoriju Mt. Wilson teleskopom od 60 palaca. To je zvjezdani svijet sličan našem, Kuovskoj Slami, udaljen od nas prema mjerenjima E. Hubblea 1 i po milijuna godina svjetlosti. Snimanje je trajalo 8 i pol sati

XXXIV



Oblaci zvijezda u Scorpiusu i Sagittariusu. Snimak E. E. Barnarda na opservatoriju Mt. Wilson Bruceovim teleskopom. Snimanje je trajalo 3 sata i 18 minuta

XXXV





Globularna skupina zvijezda u  $\omega$  Centauri — Snimak opservatorija Boyden Station Harvard College. Udaljenost ove skupine prema mjerenju H. Shapleya iznosi 22.000 godina svjetlosti



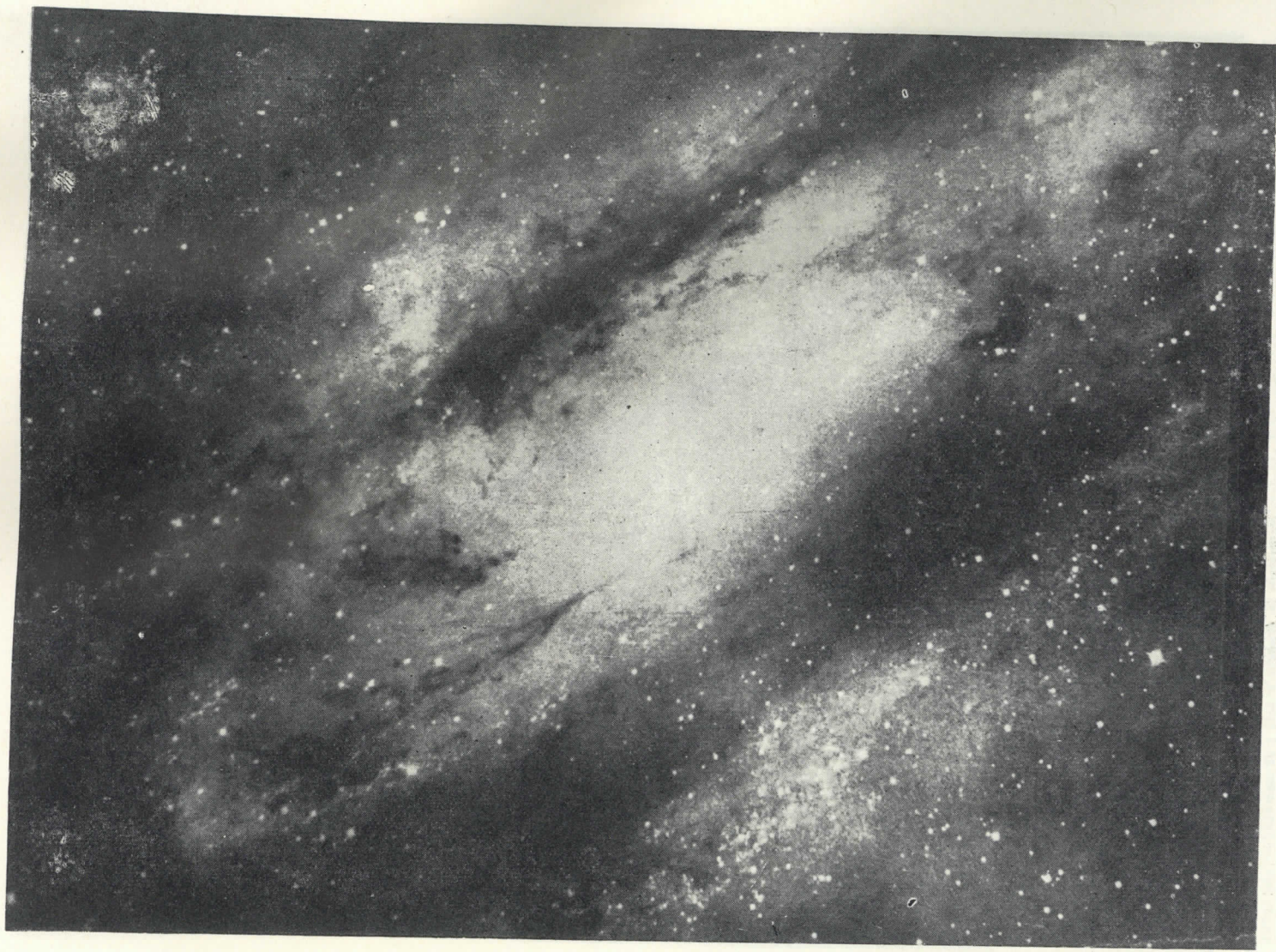
Velika globularna skupina zvijezda u zvijezdu Herkulesa M. 13, N. G. C. 6205 — Udaljenost ove skupine prema mjerenju H. Shapleya iznosi 34.000 godina svjetlosti. Snimljeno na opservatoriju Mt. Wilson teleskopom-reflektorom od 60 palaca, Snimio G. W. Ritchey 6., 7. i 8. juna 1910. g. za svega 10 sati





Velika spiralna maglica u zvijezdu Andromede Messier 31 ili N. G. C. 224. Fotografija Bruceovim teleskopom od 10 palaca na Yerkesovu opservatoriju kod Chicaga. To je najbliža nam spiralna maglica, zvjezdani svijet sličan našem zvjezdanom svijetu, Kumovskoj Slami. Udaljenost ove maglice iznosi oko 750,000 godina svjetlosti

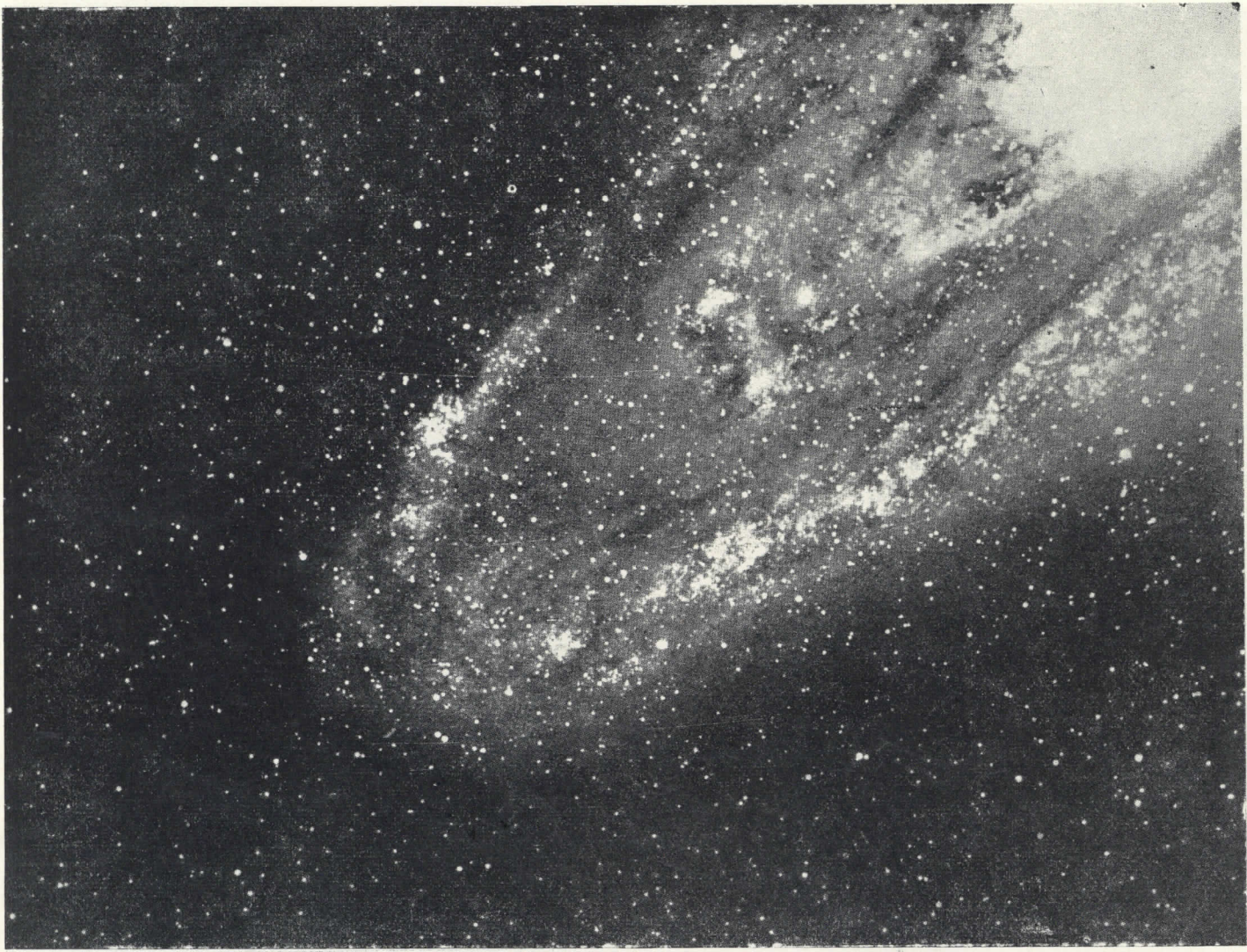
XXXVIII



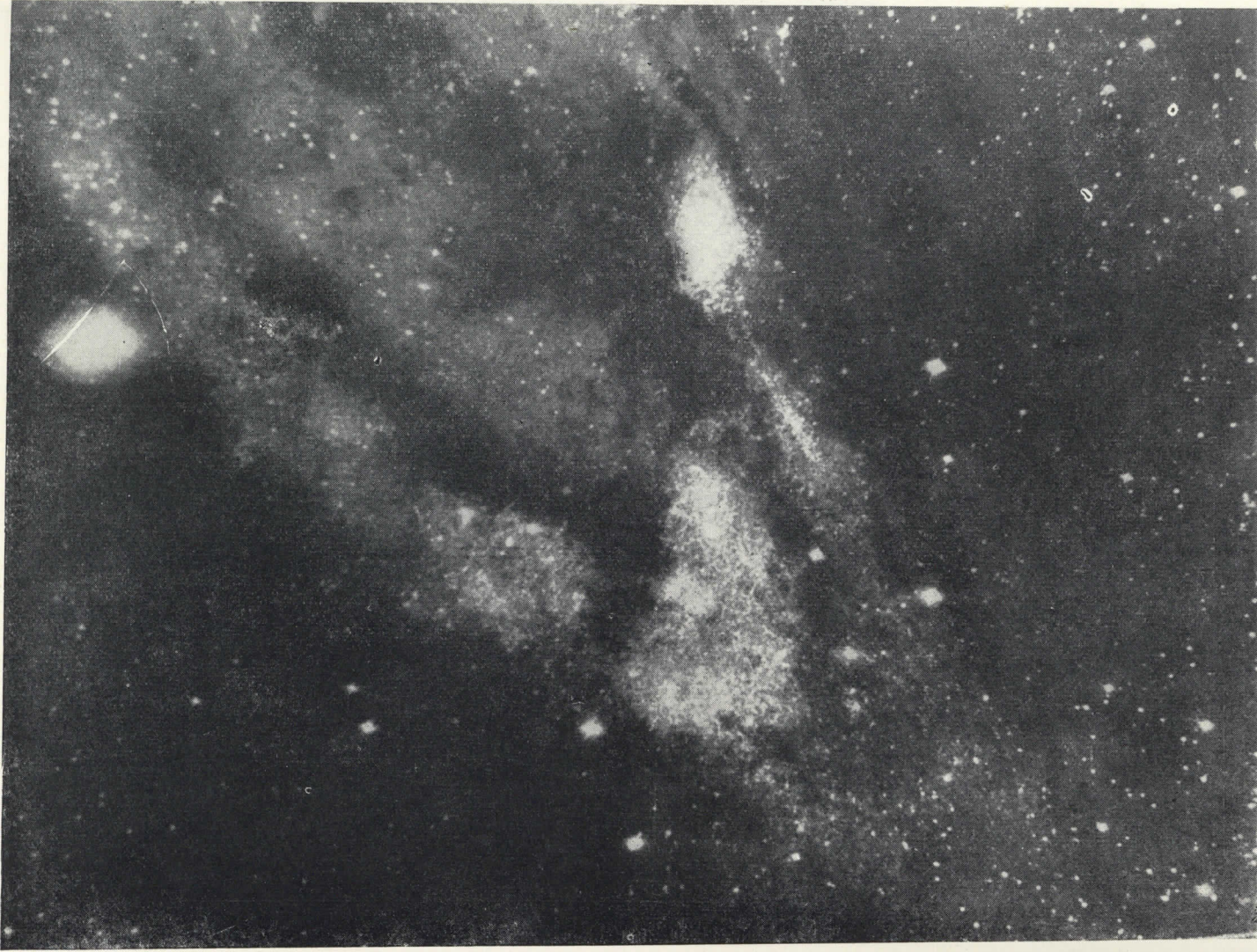
Centralni dio velike maglice u Andromedi — Snimak J. C. Duncana pomoću teleskopa-reflektora s objektivom od 234 cm promjera

XXXIX



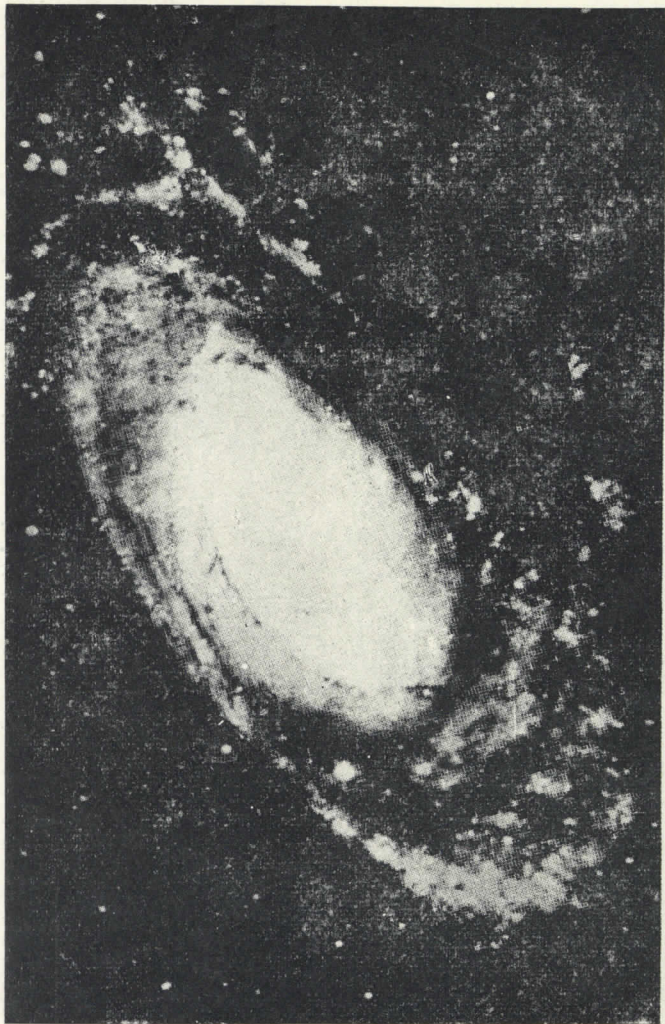


Sjeverni dio maglice u Andromedi — Fotografirao M. Kerolyr teleskopom-reflektorom s objektivom od 80 cm promjera na astrofizičkom opservatoriju Focatquier. Snimanje je trajalo 8 sati i 30 minuta

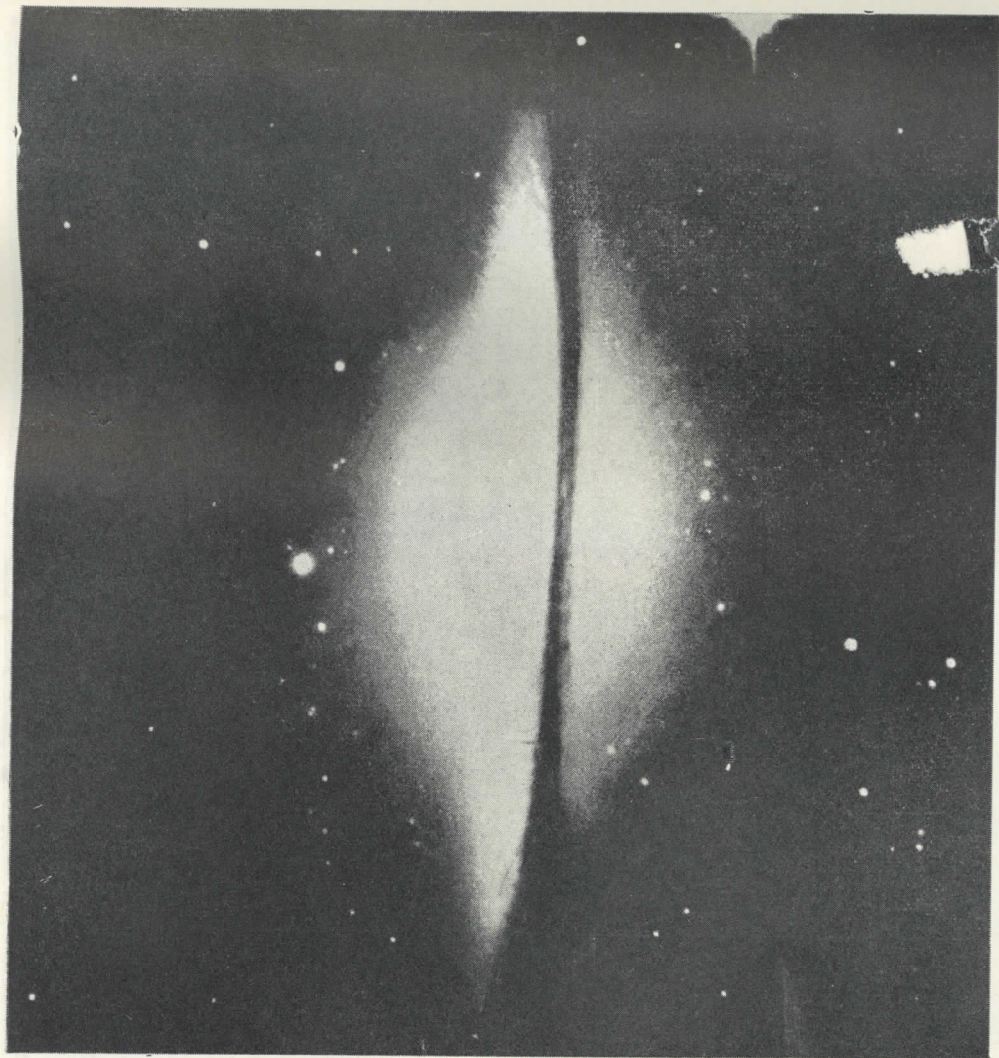


Južni dio velike maglice u Andromedi — Fotografirao J. C. Duncana teleskopom-reflektorom s objektivom od 234 cm promjera. Ova prekrasna slika pokazuje detalje velikih spiralnih rukava maglice, na periferiji kojih se prema E. Hubbleru nalaze i globularne skupine zvijezda kao i u našem zvjezdanom svijetu





Jedan od prvih snimaka velikog teleskopa na Mt. Palomaru — Gornji snimak pokazuje maglicu Messier 81 snimljenu teleskopom-reflektorom od 200 palaca. Donji snimak pokazuje istu maglicu snimljenu teleskopom-reflektorom od 100 palaca (254 cm) na Mt. Wilsonu. Ova maglica je prema E. Hubbleru i K. Lundmarku udaljena od nas oko 3 milijuna godina svjetlosti

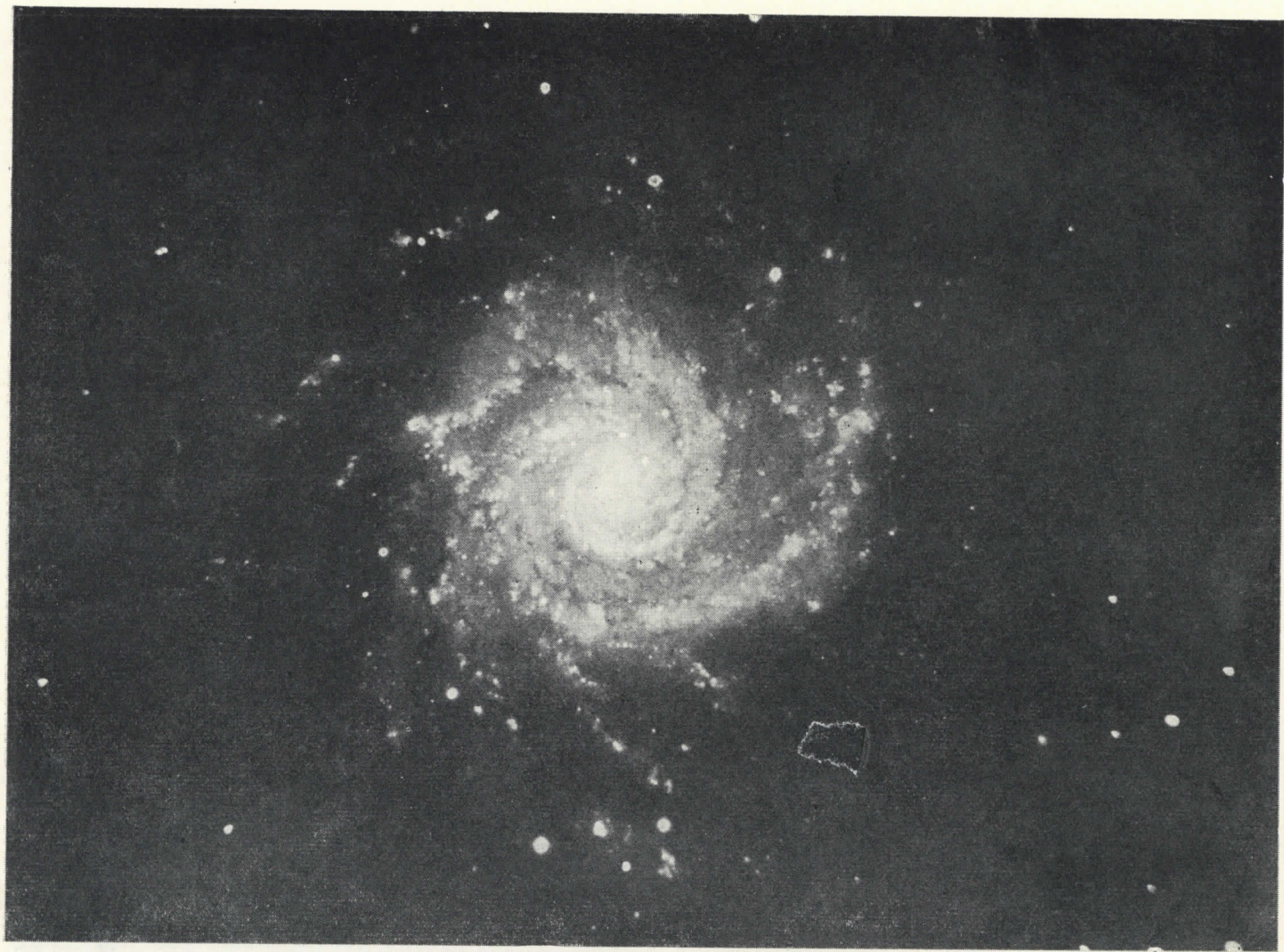


Spiralna maglica N. G. C. 4594 u zvijezdu Djevice snimljena teleskopom od 200 palaca na Mt. Palomaru. Crni rub oko ekvatorijalne ravnini ove maglice predstavlja neprozirnu materiju kakve ima u obliku crnih oblaka i u našoj galaktici, Kumovskoj Slami



POPIS SLIKA

- I Galileo Galilej — Teleskop Galileja
- II George Ellery Hale — Astronomski opservatorij na Mt. Wilsonu
- III Teleskop-reflektor od 60 palaca u opservatoriju Mt. Wilson — Zrcalo s promjerom od 254 cm za Hookerov teleskop-reflektor na Mt. Wilsonu
- IV Sunčeva korona, foto-snimak — Interferometar od 20 stopa na Mt. Wilsonu
- V Teleskop-refraktor Lickova opservatorija s objektivom od 36 palaca promjera — Prvi disk od pyrexa s promjerom od 200 palaca (508 cm)
- VI Lickov astronomski opservatorij — Yerkesov astronomski opservatorij
- VII Kupola na Mt. Wilsonu za teleskop-reflektor od 254 cm promjera
- VIII George Ellery Hale u svom laboratoriju u Pasadeni
- IX Hookerov teleskop-reflektor s objektivom od 254 cm promjera
- X Peć, u kojoj je topljen probni stakleni disk od pyrexa — Prijevoz velikog diska od pyrexa iz tvornice Corning u Pasadenu
- XI Model teleskopa i kupole na Mt. Palomaru — Stražnji dio velikog zrcala
- XII Instaliranje orijskog teleskopa na Mt. Palomaru
- XIII Kupola i teleskop od 200 palaca (508 cm) na Mt. Palomaru u presjeku
- XIV Orijsko zrcalo montirano u svoj okvir
- XV Veliki Schmidtov teleskop na Mt. Palomaru i astronom Hubble
- XVI Kupola za orijski teleskop u gradnji — Mali Schmidtov teleskop
- XVII »Glavni štab« opservatorijskog kombinata u Pasadeni — Kupola za veliki teleskop na Mt. Palomaru
- XVIII Kupola za Veliki Schmidtov teleskop na Mt. Palomaru
- XIX Spektroheliogram — Sunčeve pjege — Sunčeve protuberance
- XX Mjesec: Planine Apenini, Južni dio, Jugozapadni dio, Krater Kopernika
- XXI Morehousov i Halleyev komet
- XXII Razni tipovi spiralnih maglica
- XXIII Oblast oko zvijezda  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\zeta$  Oriona
- XXIV Maglica u zviježđu Auriga
- XXV Maglice u Plejadama
- XXVI Grupa zvijezda i maglica u Monocerosu
- XXVII Maglice N. G. C. 3372 i N. G. C. 2197 kod  $\zeta$  Carinae
- XXIX »Čipkasta« maglica u Labudu
- XXX Kumovska Slama u Centauru i Južni Križ
- XXXI Velika spiralna maglica u Velikom Medvjedu
- XXXII Veliki Magellanov oblak
- XXXIII Velika spiralna maglica u zviježđu Trokuta
- XXXIV Oblaci zvijezda u Scorpionsu i Sagittariusu
- XXXV Globularna skupina zvijezda u  $\omega$  Centauri
- XXXVI Velika globularna skupina zvijezda u zviježđu Herkulesa
- XXXVII Velika spiralna maglica u zviježđu Andromede
- XXXVIII Centralni dio velike maglice u Andromedi
- XXXIX Sjeverni dio maglice u Andromedi
- XL Južni dio velike maglice u Andromedi
- XLII Maglica Messier 81 (snimke opservatorija Mt. Palomar i Mt. Wilson)
- XLIII Spiralna maglica N. G. C. 4594 u zviježđu Djevice
- XLIV Spiralna galaktika N. G. C. 628 u zviježđu Riba



Spiralna galaktika N. G. C. 628 u zviježđu Riba — Jedna od najsjajnijih i najvećih spiralnih maglica, udaljena od nas oko 5 milijuna godina svjetlosti. Prema pomaku spektralnih linija utvrđeno je da se od nas udaljuje brzinom od 500 km u sekundi. Ovaj snimak napravljen je orijskim teleskopom na Mt. Palomaru, a trajao je svega 20 minuta!



SADRŽAJ

1. Od Galileja Galileja do Georga Ellery Halea . . . . .	5
2. Izgradnja astronomskih opservatorija . . . . .	8
3. George Ellery Hale i njegova uloga u suvremenoj astronomiji . . . . .	12
4. Mali izlet u Svemir . . . . .	17
5. Uspjesi planinskih opservatorija . . . . .	20
6. Projektiranje i izgradnja nove astrofizičke zvjezdarnice na Mount Palomaru . . . . .	27
7. Program i mogućnosti rada zvjezdarnice na Mount Palomaru . . . . .	48
8. Veliki teleskopi u modernoj astronomiji . . . . .	55
9. Postignuća i perspektive . . . . .	59
10. Noći na Mount Palomaru . . . . .	69
Dodatak . . . . .	76
Prilog (lista najvećih teleskopa) . . . . .	77

Slike na tablama (60 slika na 44 table)